



ადამიანის ანატომია და  
ფიზიოლოგია ექთნებისთვის

თბილისი 2023

**ადამიანის ანატომია  
და ფიზიოლოგია**



მასალა მომზადებულია **სოფიო კაკალიაშვილი-ძაგნიძის, ნინო ბუცხრიკიძის, ირინა წირქვაძისა და ეკა აბუანდაძის** მიერ

რეცენზირებულია **მარიკა თოიძის** მიერ

ტექსტის რედაქტორი: **სალომე ჭინჭარაული**

ყდის დიზაინერი: **სალომე ჭინჭარაული**

# სარჩევი

თავი 1. სხეულის აგებულება და ზოგადი სტრუქტურა.....	5
თავი 2. ბაზისური ქიმია.....	24
თავი 3. უჯრედები.....	51
თავი 4. ქსოვილები და გარსები.....	73
თავი 5. კანი და მისი წარმონაქმნები/დანამატები.....	93
თავი 6. ძვალ-სახსროვანი სისტემა.....	106
თავი 7. კუნთოვანი სისტემა.....	130
თავი 8. ნერვული სისტემა.....	158
თავი 9. შეგრძნებები.....	194
თავი 10. ენდოკრინული სისტემა.....	218
თავი 11. სისხლი.....	245
თავი 12. გული.....	264
თავი 13. სისხლძარღვოვანი სისტემა.....	282
თავი 14. ლიმფური სისტემა და იმუნიტეტი.....	309
თავი 15. რესპირატორული სისტემა.....	330
თავი 16. საჭმლის მომნელებელი სისტემა.....	354
თავი 17. სხეულის ტემპერატურა და მეტაბოლიზმი.....	380
თავი 18. საშარდე სისტემა.....	405
თავი 19. მუავა-ტუტოვანი წონასწორობა.....	424
თავი 20. ქალისა და მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემა.....	437



# თავი 1

## სხეულის აგებულება და ზოგადი სტრუქტურა

ადამიანის სხეული წარმოადგენს ქიმიური ნივთიერებებისა და ქიმიური რეაქციების სტრუქტურულ კონტეინერს. ოდესმე გიფიქრიათ ამ მხრივ? ალბათ არა, თუმცა სტრუქტურული და ფუნქციური თვალსაზრისით სწორედ ამას წარმოვადგენთ თითოეული ჩვენგანი.

სხეული/ორგანიზმი შედგება ტრილიონობით ატომისგან, რომელიც შეადგენს სპეციფიკურ ქიმიურ ნივთიერებებსა და ათასობით ქიმიურ რეაქციას, რომლებიც მიმდინარეობს მოწესრიგებული წესით.

ეს სიტყვა-სიტყვით აღწერს ჩვენს ორგანიზმს, თუმცა იგი არ არის სრული. ადამიანის ცნობიერების და თვითშემეცნების გააზრება ჩვენს შესაძლებლობებს ჯერ კიდევ სცილდება.

ჩვენთვის არ არის ცნობილი რა გვაძლევს საკუთარი თავის შესწავლის საშუალებას - სხვა ცხოველები, რამდენადაც ვიცით, ასე არ იქცევიან - მაგრამ ჩვენ გვაქვს დიდი ცოდნა იმის შესახებ, თუ რა სტრუქტურებისგან ვართ შექმნილი და როგორ მუშაობს ეს ყველაფერი. ამ ცოდნის ნაწილი ქმნის ადამიანის ანატომიისა და ფიზიოლოგიის კურსს, რომლის გავლასაც თქვენ აპირებთ.

ანატომია არის მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ადამიანის ორგანიზმის ფორმასა და აგებულებას, რაც მოიცავს ზომას, შემადგენლობას, შეფერილობას და ა.შ. ფიზიოლოგია არის მეცნიერება ორგანიზმის ფუნქციების შესწავლის შესახებ. მაგალითად, სისხლის წითელი უჯრედების ფიზიოლოგია შეისწავლის ამ უჯრედების ფუნქციას, თუ როგორ სრულდება ეს ფუნქცია და როგორ არის ის დაკავშირებული სხეულის/ორგანიზმის სხვა ფუნქციებთან. ფიზიოლოგია პირდაპირ კავშირშია ანატომიასთან. მაგალითად, სისხლის წითელი უჯრედები შეიცავს მინერალურ რკინას ცილის მოლეკულაში, რომელსაც ჰემოგლობინი ეწოდება; ეს მათი ანატომიის (სტრუქტურული) ასპექტია. რკინის არსებობა სისხლის წითელ უჯრედებს საშუალებას აძლევს ჟანგბადი გადაიტანონ, რაც მათი ფუნქციაა. სხეულის/ორგანიზმის ყველა უჯრედს სათანადო ფუნქციონირებისთვის ჟანგბადით მომარაგება სჭირდება, ამიტომ სისხლის წითელი უჯრედების ფიზიოლოგია აუცილებელია მთლიანი სხეულის/ორგანიზმის ფიზიოლოგიისთვის.

პათოფიზიოლოგია არის სხეულის/ორგანიზმის ფუნქცი(ებ)ის დარღვევების შესწავლა და ნორმალური ფიზიოლოგიის ცოდნა აადვილებს პათოლოგიის გაგებას. მაგალითად, თქვენთვის ნაცნობი უნდა იყოს ანემია, რომელიც შეიძლება რკინადეფიციტური ანემია გახლდეთ.

კვებაში რკინის არასაკმარისი შემცველობა იწვევს სისხლის წითელ უჯრედებში ჰემოგლობინის შემცირებას, რაც თავის მხრივ ამცირებს ჟანგბადის მომარაგებას ორგანიზმში, რისი შედეგიცაა რკინადეფიციტური ანემიის სიმპტომები. ეს მაგალითი გვიჩვენებს კავშირს ანატომიას, ფიზიოლოგიასა და პათოფიზიოლოგიას შორის.

ამ სახელმძღვანელოს მიზანია საშუალება მოგცეთ გაეცნოთ ანატომიასა და ფიზიოლოგიას ადამიანის სხეულის/ორგანიზმის ნორმალურ სტრუქტურასა და ფუნქციაზე აქცენტირებით. თუმცა პათოფიზიოლოგიის მრავალი მაგალითი იქნა გამოყენებული დაავადების და ნორმალური ფიზიოლოგიის კავშირის საილუსტრაციოდ, ისევე როგორც აღწერილია ზოგიერთი პროცედურა დაავადების დიაგნოსტიკისთვის. მრავლადაა კლინიკური კორელაციების მაგალითი, რომლებიც დაგეხმარებათ ნასწავლის გამოყენებაში.

## ორგანიზაციის დონეები

ადამიანის სხეული/ორგანიზმი ორგანიზებულია სტრუქტურული და ფუნქციური დონეების მიხედვით და სირთულის ზრდადობით. ყოველი შემდეგი დონის შემადგენლობაში შედის წინა დონის სტრუქტურები და ფუნქციები. ჩვენ დავინყებთ უმარტივესი, ქიმიური დონის შესწავლით და გავაგრძელებთ უჯრედებით, ქსოვილებით, ორგანოებითა და ორგანოთა სისტემებით. ორგანიზაციის ყველა დონე გამოსახულია სურათზე 1-1.

## ქიმიური ნივთიერებები

შეგახსენებთ, რომ სხეული/ორგანიზმი არის ქიმიური ნივთიერებების კონტეინერი. ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც ქმნიან სხეულს/ორგანიზმს, შეიძლება დაიყოს ორ მთავარ კატეგორიად: არაორგანული და ორგანული ნივთიერებები. არაორგანული ქიმიური ნივთიერებები, როგორც წესი, არის მარტივი მოლეკულები, რომლის შემადგენლობაში შედის ერთი ან ორი ქიმიური ელემენტი, გარდა ნახშირბადისა (რამდენიმე გამონაკლისის გარდა). არაორგანული ქიმიური ნივთიერებების მაგალითებია წყალი ( $H_2O$ ); ჟანგბადი ( $O_2$ ); ერთ-ერთი გამონაკლისია ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ); და მინერალები, როგორცაა რკინა ( $Fe$ ) არსებული ჰემოგლობინში, ნატრიუმი ( $Na$ ) წარმოდგენილი სუფრის მარილში ( $NaCl$  - ნატრიუმის ქლორიდი), რომელიც ცრემლს მარილიანობას სძენს და კალციუმი ( $Ca$ ) წარმოდგენილი კალციუმის მარილებში, რომლებიც ძვლებს სიმკვრივეს ანიჭებს. ორგანული ქიმიური ნივთიერებები ხშირად ძალიან რთული ნაერთებია და ყოველთვის შეიცავს ნახშირბადის და წყალბადის ელემენტებს. ორგანული ნივთიერებების კატეგორიას მიეკუთვნება ნახშირწყლები, ცხიმები, ცილები და ნუკლეინის მჟავები.

## უჯრედები

უჯრედი წარმოადგენს სტრუქტურისა და ფუნქციის ყველაზე პატარა ცოცხალ ერთეულს, ხოლო ადამიანის სხეული/ორგანიზმი შედგება 200 – ზე მეტი სხვადასხვა ტიპის უჯრედისგან. წარმოადგენს სხეული/ორგანიზმი, როგორც უჯრედების ქალაქი. ისევე, როგორც დიდ ქალაქში მილიონობით ადამიანი, რომლებიც ასრულებენ სხვადასხვა სამუშაოს, სხეული/ორგანიზმი შედგება ტრილიონობით უჯრედისაგან, რომლებიც ასრულებენ 200 – ზე მეტ ფუნქციას. ამ განსხვავებული ფუნქციების მიუხედავად, ადამიანის უჯრედებს აქვთ გარკვეული სტრუქტურული მსგავსება. უჯრედების თითოეული ტიპი შედგება სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებისგან და ახორციელებს სპეციფიკურ ქიმიურ რეაქციებს. უჯრედის სტრუქტურა და ფუნქცია განხილულია მე -3 თავში.

## ქსოვილები

მსგავსი სტრუქტურის და ფუნქციის მქონე უჯრედების ერთობლიობას ქსოვილი ეწოდება. ისევე, როგორც ქალაქში ინდივიდების ცალკეული ჯგუფები ერთად მუშაობენ (მაგალითად, სახანძრო სამსახურში) ქალაქის ფუნქციონირების შესანარჩუნებლად, მსგავსი უჯრედების ჯგუფები ერთად ფუნქციონირებენ სხეულში/ორგანიზმში.

არსებობს ქსოვილების ოთხი ჯგუფი:

ეპითელიური ქსოვილი - ფარავს ან გარს აკრავს სხეულის ზედაპირებს; ასევე აქვს სეკრეტორული (გამომყოფი) ფუნქციები. კანის ზედაპირული შრე და საოფლე ჯირკვლები ეპითელიური ქსოვილების მაგალითებია. ღრმა ეპითელიუმის ქსოვილი წარმოდგენილია კაპილარების კედლებში (ბრტყელი ეპითელიუმი) და თირკმლის მილაკებში (კუბური ეპითელიუმი), როგორც ჩანს სურათზე 1-1.

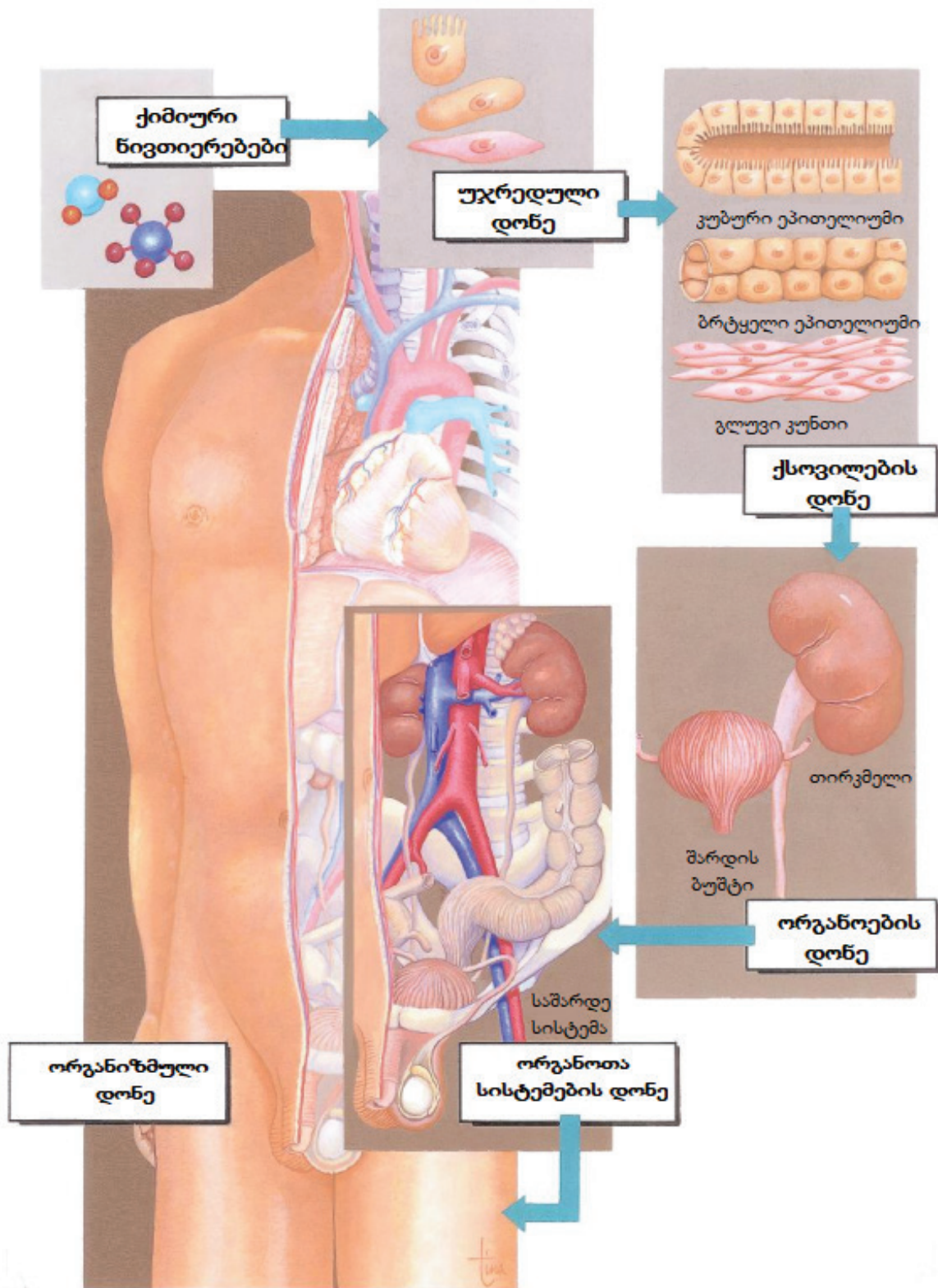
შემაერთებელი ქსოვილი - ასრულებს სხეულის/ორგანიზმის ნაწილების დაკავშირების და საყრდენ, ისევე როგორც სატრანსპორტო და შემნახველ ფუნქციას. შემაერთებელი ქსოვილის მაგალითებია სისხლი, ძვალი, ხრტილი და ცხიმოვანი ქსოვილი.

კუნთების ქსოვილი - მისი მთავარი თვისება არის კუმშვაობა, რაც სხეულს მოძრაობაში უწყობს ხელს. ჩონჩხის (განივზოლიანი) და გულის კუნთები ზემოაღნიშნული ქსოვილის მაგალითებია. სურათი 1-1 აჩვენებს გლუვ კუნთოვან ქსოვილს, რომელიც გვხვდება ისეთ ორგანოებში, როგორცაა შარდის ბუშტი და კუჭი.

ნერვული ქსოვილი - მისი ძირითადი ფუნქცია გაღიზიანებაზე აგზნებითი პასუხის წარმოქმნა და ელექტროქიმიური იმპულსების სხვადასხვა უბანზე გადაცემაა რომლებიც არეგულირებენ სხეულის/ორგანიზმის ფუნქციებს. ნერვული ქსოვილის მაგალითებია თავის ტვინი და მხედველობის ნერვი.

ოთხივე ტიპის ქსოვილები და მათი სპეციფიკური ფუნქციები განხილულია მეოთხე თავში.





**სურათი 1-1** ადამიანის სხეულის სტრუქტურული ორგანიზაციის დონეები, უმარტივესიდან (ქიმიური) რთულამდე (ორგანიზმი), ამ სურათში ნაჩვენებია საშარდე სისტემა

**კითხვა:** რომელი სხვა ორგანოთა სისტემა მუშაობს უშუალოდ საშარდე სისტემასთან?

## ორგანოები

ორგანო არის სხვადასხვა ქსოვილთა ერთობლიობა, რომელიც ასრულებს განსაზღვრულ ფუნქციას. ორგანოების მაგალითია თირკმელები, ცალკეული ძვლები, ღვიძლი, ფილტვები და კუჭი. კუჭი ამოფენილია ეპითელიური ქსოვილით, რომელიც გამოყოფს კუჭის წვენს საჭმლის, განსაკუთრებით ცილების, მონელებისთვის. კუჭის კედელში წარმოდგენილი გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი იკუმშება კუჭის წვენთან საკვების შერევისა და წვრილ ნაწილაკებში გადაცემის მიზნით. ნერვული ქსოვილი გადასცემს იმპულსებს, რომლებიც ზრდის ან ამცირებს კუჭის შეკუმშვას. ორგანო შეიძლება ჩაითვალოს “ქსოვილების თანამშრომლობად”, სადაც მთლიანობაში მისი ნაწილების ანატომიური ჯამი გაცილებით მეტია, ვიდრე ფიზიოლოგიური ჯამი. თირკმლის არცერთ ცალკეულ ქსოვილს არ შეუძლია წარჩენი პროდუქტების გამოყოფა სისხლიდან, თუმცა თირკმლის ყველა ქსოვილის ერთობლივი ფუნქციონირება ამას აღწევს. ანალოგიურად, კუჭის არც ერთ ქსოვილს არ შეუძლია ინდივიდუალურად მოახდინოს ცილის მონელება, თუმცა მთლიან კუჭს შეუძლია (იხ. სამახსოვრო 1-1: ქსოვილებისა და ორგანოების ჩანაცვლება).

## ორგანოთა სისტემები

ორგანოთა სისტემა არის ორგანოთა ჯგუფი, რომლებიც ასრულებს ერთნაირ ფუნქციას.

ორგანოთა სისტემების მაგალითებია საშარდე სისტემა, საჭმლის მომნელებელი სისტემა და სასუნთქი სისტემა. სურათში 1-1 გამოსახულია საშარდე სისტემა, რომელიც შედგება თირკმელების, შარდსანვეთების, შარდის ბუშტისა და შარდსადენისგან.

ყველა ზემოხსენებული ორგანო ხელს უწყობს შარდის წარმოქმნასა და გამოყოფას.

ცხრილში 1-1 ჩამოთვლილია ადამიანის სხეულის ორგანოთა სისტემები, ზოგადი ფუნქციებით და ზოგიერთი შემავალი ორგანოთი, ხოლო სურათი 1-2 ასახავს ორგანოთა ყველა სისტემას. მათგან ბევრი თქვენთვის უკვე ცნობილია. ზოგიერთი ორგანო ორგანოთა ორი სისტემის ნაწილია;

მაგალითად, პანკრეასი (კუჭუკანა ჯირკვალი), არის საჭმლის მომნელებელი და ენდოკრინული სისტემის ორგანო, ხოლო დიაფრაგმა არის როგორც კუნთოვანი, ასევე სასუნთქი სისტემის ორგანო. ორგანოთა ყველა სისტემა ქმნის ორგანიზმს და ერთად ფუნქციონირებს; ანუ ისინი ურთიერთდამოკიდებულები არიან.

სხეულის ყველა უჯრედი საჭიროებს ჟანგბადს. სასუნთქი სისტემა ატმოსფეროდან იღებს ჟანგბადს, ხოლო სისხლის მიმოქცევის სისტემა ანაწილებს ჟანგბადს ორგანიზმში. ყველა უჯრედს სჭირდება საკვები ნივთიერებები. საჭმლის მომნელებელი სისტემა იღებს საკვებ ნივთიერებებს, სისხლის მიმოქცევის სისტემა ანაწილებს მათ. ყველა უჯრედი ქმნის წარჩენ პროდუქტებს. სისხლის მიმოქცევის სისტემა აგროვებს წარჩენ პროდუქტებს, ხოლო საშარდე სისტემა გამოყოფს მათ სისხლიდან. წიგნში მთლიანობაში უფრო დეტალურად განიხილება თითოეული სისტემა და მათი ურთიერთქმედება.

## სხვა შემადგენლობა

ჩვენ არ ვართ მარტო. ყველა ადამიანი თანაცხოვრობს ბაქტერიებთან და სხვა მიკროორგანიზმებთან ერთად, რომლებიც წარმოადგენს ჩვენი მიკრობიოტის უზარმაზარ პოპულაციას. დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში არსებული ყველა ბაქტერიის რაოდენობა აღემატება 10-ჯერ ჩვენი უჯრედების რაოდენობას, ბაქტერიების ყველაზე მეტი განაწილებით ნაწილაკებში. ამ პოპულაციის ძველი სახელია ნორმალური ფლორა და არსებობს ასობით სახეობის მიკროორგანიზმი სხვადასხვა ადამიანის ორგანიზმში, რომელიც მათ თავიანთ სახლად აქციეს. სხეულის თითოეული ადგილი, სადაც ბაქტერიები სახლობენ, ითვლება მცირე ეკოსისტემად, რომელსაც მიკრობიომი ეწოდება.

ცნობილია, რომ ნაწლავის ზოგიერთი ბაქტერია წარმოქმნის ვიტამინებს, რომლებსაც ორგანიზმში ითვისებს, მაგალითად ვიტამინი K.

ასევე ცნობილია, რომ ეს ბაქტერიები, (კანის ზედაპირი, პირის ღრუ, საშო, სხვა მიკრობიომებთან ერთად) ხელს უწყობენ პათოგენების ზრდის თავიდან აცილებას. ბოლო პერიოდში ამ ცოდნას იყენებენ ანტიბიოტიკორეზისტენტული *Clostridium difficile* შტამით გამოწვეული ნაწლავის ინფექციის სამკურნალოდ, ოჯახის ჯანმრთელი წევრისგან ნაწლავის ბაქტერიების “განავლის” გადანერგვით (კაფსულის ფორმით).

## სამახსოვრო 1–1. ქსოვილებისა და ორგანოების ჩანაცვლება

სისხლის გადასხმა “სხეულის ნაწილების ჩანაცვლების”, ალბათ, ყველაზე მეტად ნაცნობი და ხშირი ფორმაა ადამიანებში. სისხლი ქსოვილია და როდესაც სისხლის ჯგუფი სწორად არის განსაზღვრული და შესატყვისია (სისხლის ჯგუფები განიხილება მე-11 თავში), შესაძლებელია მისი უსაფრთხოდ გადასხმა იმავე ტიპის ან თავსებადი სისხლის ჯგუფის მქონე ადამიანებში.

ორგანოები, ბევრად უფრო რთული სტრუქტურებია. ორგანოს გადანერგვისას, ყოველთვის არსებობს რისკი მიმღები ორგანიზმის იმუნური სისტემის მიერ ორგანოს უარყოფისა (განადგურება) (თავი 14). თუმცა უფრო ეფექტური იმუნოსუპრესიული (დამთრგუნველი) მედიკამენტების აღმოჩენის და გამოყენების შედეგად, მრავალი სახის ორგანოთა გადანერგვის წარმატების მაჩვენებელი გაიზარდა. ორგანოები, რომლის გადანერგვა შესაძლებელია მოიცავს რქოვანას, თირკმლებს, გულს, ღვიძლს და ფილტვებს.

კანიც ორგანოა, მაგრამ სხვა ადამიანისგან გადანერგილი კანი ძალიან დიდხანს ვერ გადარჩება. უკვე ხელმისაწვდომია რამდენიმე სახის ხელოვნური კანი დაზიანებული კანის დიდი უბნების დროებით დაფარვის მიზნით. მაგალითად, მაღალი ხარისხის დამწვრობის მქონე პაციენტებს საბოლოოდ დასჭირდებათ კანის გადანერგვა საკუთარი შენარჩუნებული კანიდან, რათა დამწვრობის ადგილებზე შეიქმნას ახალი მუდმივი კანი. ლაბორატორიულ კულტურაში შესაძლებელია პაციენტის კანის “გაზრდა”. კულტურაში მოყვანილი სხვა უჯრედებია ხრტილები, ძვლები, პანკრეასი, ღვიძლი და ჩონჩხის კუნთები.

ასეთმა იმპლანტანტებმა შეიძლება შეამციროს ან აღმოფხვრას ადამიანის დონორის საჭიროება. ქსოვილთა ინჟინერია ასევე გამოიყენება ტრაქეების, არტერიების, შარდის ბუშტისა და გულის სარქველების შესაქმნელად.

ასევე შემუშავებულია მრავალი ხელოვნური შემცვლელი ნაწილი. ისინი დამზადებულია პლასტმასის ან ლითონისგან და მიმღების იმუნური სისტემა არ უარყოფს მათ. დაზიანებული გულის სარქველები ან არტერიების მონაკვეთები შეიძლება შეიცვალოს სინთეზური მასალებისგან დამზადებული გრაფტებით. ხელოვნური სახსრები ხელმისაწვდომია სხეულის ყველა სახსრისთვის, ისევე როგორც ხელოვნური ძვალი რეკონსტრუქციულ ქირურგიაში. კოხლვარული იმპლანტები არის პატარა ხელსაწყოები, რომლებიც ხმის ტალღებს ელექტრულ იმპულსებად აქცევენ, რომლის ინტერპრეტაციაც ტვინს შეუძლია ისწავლოს და გარკვეული ტიპის სმენა უზრუნდება ადამიანებს. რქოვანას იმპლანტი ხელმისაწვდომია ასაკთან დაკავშირებული მაკულარული დეგენერაციის მქონე ადამიანისთვის (იხ. თავი 9), რომელსაც დაკარგული აქვს ცენტრალური მხედველობა. იმპლანტანტი საშუალებას აძლევს ადამიანს ამოიცნოს სახეები და წაიკითხოს დიდი ბეჭდვითი წიგნები. ასევე მიმდინარეობს სამუშაოები მონოვიზიონობებზე, რომლებიც ეხმარება დაზიანებულ გულს სისხლის უფრო ეფექტურად გადატუმბვაში და პატარა, თვითკმარ ხელოვნურ გულებზე. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ახალ ტექნიკას და ხელოვნურ ნაწილებს დიდი მომავალი აქვს, რეალისტები უნდა ვიყოთ, რადგან ისინი ძალიან ძვირია და მათი უმეტესობა არ გახდება მოვლის სტანდარტი ან ფართო გამოყენება მრავალი წლის შემდეგ იქნება შესაძლებელი.

უკანასკნელი გამოკვლევების თანახმად, საკვების ნარჩენების ფერმენტაციით, რომელსაც ორგანიზმი ვერ ინელებს (ბოჭკოვანი მცენარეების რთული ნახშირწყლები), ნაწლავის ბაქტერიები ხელს უწყობენ ნაწლავების გარსის შემქმნელი ეპითელიური უჯრედების კვებას. ეს არამარტო ინარჩუნებს ამომფენი ზედაპირის მთლიანობას და ხელს უშლის ნაწლავის შიგთავსის გაჟონვას სხეულის ქსოვილებში, არამედ ასევე ხელს უწყობს ანთების ჩაქრობას, რაც შეიძლება საზიანო იყოს. სხვა მკვლევარების ვარაუდით, ორგანიზმის მიკრობიოტა ხელს უწყობს იმუნუ-



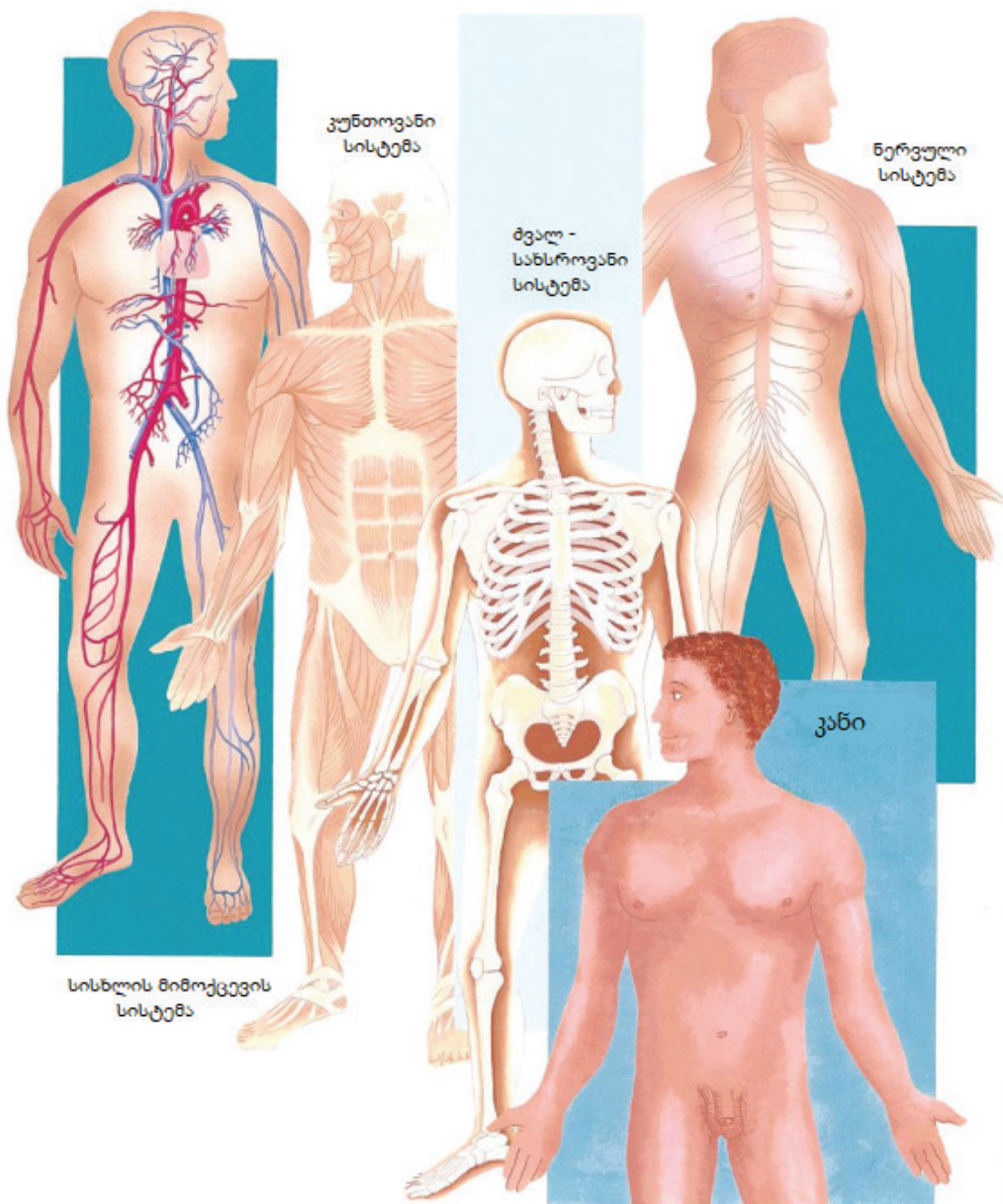
რი სისტემის და სისხლის თეთრი უჯრედების გარჩევადობის ფუნქციის ჩამოყალიბებას. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ალერგიის (მცდარი იმუნური პასუხი) და მისი პოტენციურად სერიოზული შედეგების, მაგალითად, ასთმის, შეზღუდვისთვის. სხვა კვლევები კი შეისწავლიან, თუ რა წვლილი შეაქვს ორგანიზმის მიკრობიოტას წონის კლება-მომატებაში. ეს ყველაფერი მნიშვნელოვანია, თუმცა არ არის სრული სურათი.

ორგანიზმის მიკრობიოტის არსებობას უარყოფითი მხარეებიც აქვს. ზოგიერთი ბაქტერიული პროდუქტი არაა სასარგებლო ადამიანისთვის. ზოგი მათგანი, შენთვის შემთხვევაში, შეიძლება საზიანო იყოს ორგანიზმისთვის, ამის მაგალითია კარნიტინისგან წარმოქმნილი ქიმიური ნივთიერებები (გვხდება წითელ ხორცში, მაგალითად, საქონლის ხორცში), რომელსაც შეუძლია ხელი შეუწყოს გულის დაავადებების განვითარებას.

### ცხრილი 1-1. ორგანოთა სისტემები

სისტემა	ფუნქციები	ორგანოები*
საფარი სისტემა	<ul style="list-style-type: none"> <li>ქმნის ბარიერს პათოგენებისა და ქიმიური ნივთიერებებისთვის</li> <li>ხელს უშლის წყლის გადაჭარბებულ კარგვას</li> </ul>	კანი, კანქვეშა ქსოვილი
ძვალ-სახსროვანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ამაგრებს და იცავს სხეულის რბილ ქსოვილებს</li> <li>პასუხისმგებელია სახსრების მოძრაობაზე</li> </ul>	ძვლები, იოგები
კუნთოვანი	<ul style="list-style-type: none"> <li>უზრუნველყოფს მოძრაობას</li> <li>უზრუნველყოფს საყრდენს და სითბოს წარმოებას</li> </ul>	კუნთები, მყესები
ნერვული	<ul style="list-style-type: none"> <li>ინტერპრეტირებას უკეთებს სენსორულ ინფორმაციას და წყვეტს, როგორ გამოიყენოს იგი</li> <li>არეგულირებს სხეულის ფუნქციებს, როგორცაა მოძრაობა ელექტროქიმიური იმპულსების საშუალებით</li> </ul>	თავის ტვინი, ზურგის ტვინი, ნერვები, თვალეები, ყურები
ენდოკრინული	<ul style="list-style-type: none"> <li>ჰორმონების საშუალებით არეგულირებს სხეულის ფუნქციებს, როგორცაა ზრდა და გამრავლება</li> <li>არეგულირებს მეტაბოლიზმს ჰორმონების საშუალებით</li> </ul>	ფარისებრი ჯირკვავი, ჰიპოფიზი, საკვერცხეები ან სათესლე ჯირკვავლები, პანკრეასი
სისხლის მიმოქცევის	<ul style="list-style-type: none"> <li>მიაქვს ჟანგბადი, საკვები ნივთიერებები და სხვა ნივთიერებები უჯრედში და უჯრედებიდან გამოაქვს ნარჩენები, ნახშირორჟანგი და სხვა ნივთიერებები;</li> </ul>	გული, სისხლი, არტერიები, ვენები
ლიმფური	<ul style="list-style-type: none"> <li>აბრუნებს ქსოვილოვან სითხეს სისხლში</li> <li>ანადგურებს ორგანიზმში მოხვედრილ პათოგენებს და უზრუნველყოფს იმუნიტეტს</li> </ul>	ელენთა, ლიმფური კვანძები, თიმუსის ჯირკვავი
სასუნთქი	<ul style="list-style-type: none"> <li>იღებს მონანილეობას ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის ცვლაში ჰაერსა და სისხლს შორის</li> </ul>	ფილტვები, ტრაქეა, ხორხი, დიაფრაგმა

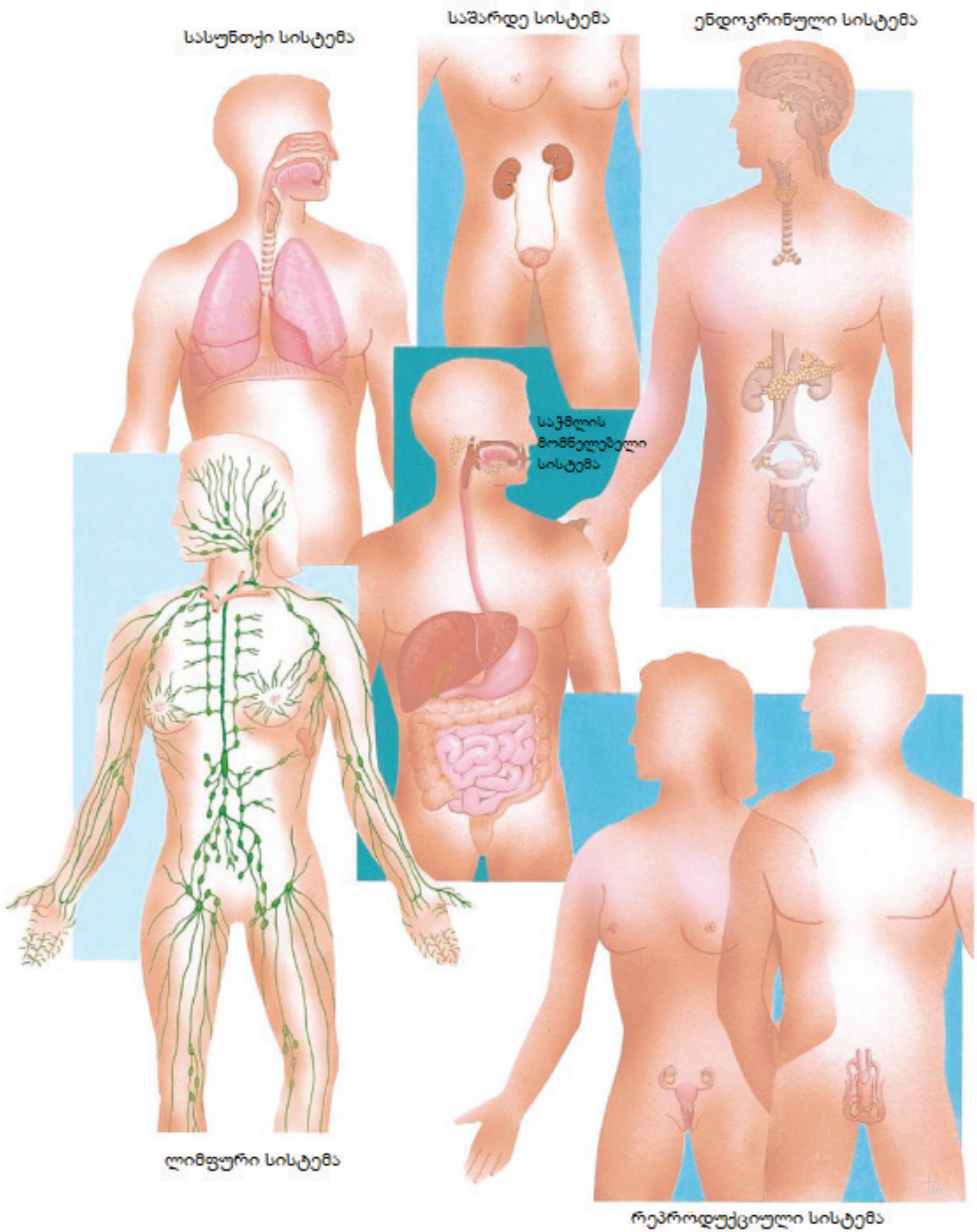
საჭმლის მომნელებელი	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ამუშავებს საკვებს და შთანთქავს საკვებ ნივთიერებებს</li> </ul>	კუჭი, მსხვილი ნაწლავი, ღვიძლი, პანკრეასი
საშარდე	<ul style="list-style-type: none"> <li>• გამოაქვს ნარჩენი პროდუქტები სისხლიდან</li> <li>• არეგულირებს სისხლის და ქსოვილის სითხის მოცულობასა და pH-ს</li> </ul>	თირკმლები, შარდის ბუშტი, შარდსადენი
რეპროდუქციული	<ul style="list-style-type: none"> <li>• წარმოქმნის კვერცხუჯრედებს ან სპერმატოზოიდებს</li> <li>• ქალებში უზრუნველყოფს ემბრიონ-ნაყოფის განვითარებას</li> </ul>	ქალი: საკვერცხეები, საშვილოსნო მამაკაცი: სათესლე ჯირკვლები, პროსტატის ჯირკვალი
*ეს არ არის სრული სია, მხოლოდ რამდენიმე მაგალითია.		



სურათი 1-2 ორგანოთა სისტემები. შეადარეთ თითოეული სისტემის გამოსახვა მის ადრეერილობას მოყვანილი ცხრილში 1-1.

**კითხვა:** დაასახელეთ მინიმუმ ერთი ორგანო შემავალი თითოეულ ორგანოთა სისტემაში.





სურათი 1-2. გაგრძელება

ზემოხსენებული ყველა ბაქტერიის გენების საერთო რაოდენობა რამდენიმე მილიონს შეადგენს (შედარებისთვის, ადამიანის უჯრედების გენების რაოდენობაა დაახლოებით 22,000). ამ გენების ბაქტერიული პროდუქტების უმეტესი ნაწილი ჯერ კიდევ არ არის აღმოჩენილი და კიდევ ბევრი სამუშაოა, სანამ გავიგებთ ჩვენს მიკრობიოტასთან რთულ ურთიერთ დამოკიდებულებას.

## მეტაბოლიზმი და ჰომეოსტაზი

**მეტაბოლიზმი** არის შემკრები არსებითი სახელი, რომელიც განსაზღვრავს ორგანიზმში არსებულ ყველა ქიმიურ რეაქციას და ფიზიკურ პროცესს. მეტაბოლიზმი მოიცავს ზრდას, გალიზიანებადობას და გამრავლებას - სიცოცხლის ყველა მახასიათებელს. მეტაბოლიზმის ათასობით ასპექტის რამდენიმე მაგალითია: გულის კუმშვადობა, საკვების მონელება კუჭში, ფილტვებში და ქსოვილებში აირების დიფუზია და სხეულის თითოეულ უჯრედში ენერჯის გამომუშავება. მეტაბოლიზმი ბერძნული სიტყვაა და "ცვლილებას" ნიშნავს. სხეული/ორგანიზმი მუდმივად ცვლილების პროცესშია ხილულად (ქუჩაში სიარული), მიკროსკოპულ დონესა (კანში გაყოფილი უჯრედები ქმნიან ახალ ეპიდერმისს) და სუბმიკროსკოპიულ ან მოლეკულურ დონეზე (რნმ-ისა და ახალი ცილების შექმნა). მასთან დაკავშირებული ცნებაა **მეტაბოლიზმის სიჩქარე**, ყველაზე ხშირად გამოიყენება სხეული ენერჯისა და სითბოს წარმოების სიჩქარის აღსანიშნავად, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ენერჯის წარმოება დროის ერთეულის მანძილზე, მაგალითად, 24 საათში. მეტაბოლიზმის სიჩქარე მეტაბოლიზმის ერთ-ერთი ასპექტია.

ჯანმრთელი ადამიანი **ჰომეოსტაზის** მდგომარეობაშია. კარგი ჯანმრთელობა ნორმალური მეტაბოლიზმის შედეგია და ჰომეოსტაზი ასახავს სხეულის უნარს შეინარჩუნოს შედარებით სტაბილური მეტაბოლიზმი და იფუნქციონიროს ნორმალურად, მიუხედავად მრავალი მუდმივი ცვლილებისა. ცვლილებები, რომლებიც ნორმალური მეტაბოლიზმის ნაწილია, შეიძლება იყოს შინაგანი ან გარეგანი და ორგანიზმმა უნდა მოახდინოს სათანადო რეაგირება.

მაგალითად, საუზმის მიღება იწვევს შინაგან ცვლილებას. იწყება კუჭში მომხდარი საკვების მონელება, ანუ დაშლა მარტივ ქიმიურ ნივთიერებად, რომელიც სხეულს/ორგანიზმს შეუძლია, რომ გამოიყენოს. მოხარშული კვერცხის ცილა მოინელება ამინომჟავებად, რომელიც გამოიყენება სხეულის/ორგანიზმის უჯრედების მიერ საკუთარი პროტეინების წარმოებისთვის.

გარე ცვლილების მაგალითია გარემოს ტემპერატურის მომატება. ცხელ ამინდში სხეულის ტემპერატურაც იმატებს, თუმცა ტემპერატურა უნდა შენარჩუნდეს თავის ნორმალურ დიაპაზონში, დაახლოებით  $97^{\circ} - 99^{\circ} \text{ F}$  ( $36^{\circ} - 38^{\circ} \text{ C}$ ) ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად. სხეულის გარეგანი ტემპერატურის მომატებაზე ორგანიზმის ერთ-ერთი პასუხია ოფლიანობის დონის მომატება, რათა კანის ზედაპირზე ოფლის აორთქლებით დაიკარგოს ზედმეტი სითბო. ამ რეაქციამ შეიძლება გამოიწვიოს არასასურველი შინაგანი ცვლილება, დეჰიდრატაცია (გაუნყლოება). ორგანიზმში წყლის დონის შემცირებისთანავე ადამიანი გრძნობს წყურვილს და იწყებს სითხეების მიღებას ოფლიანობის დროს დაკარგული წყლის შესავსებად.

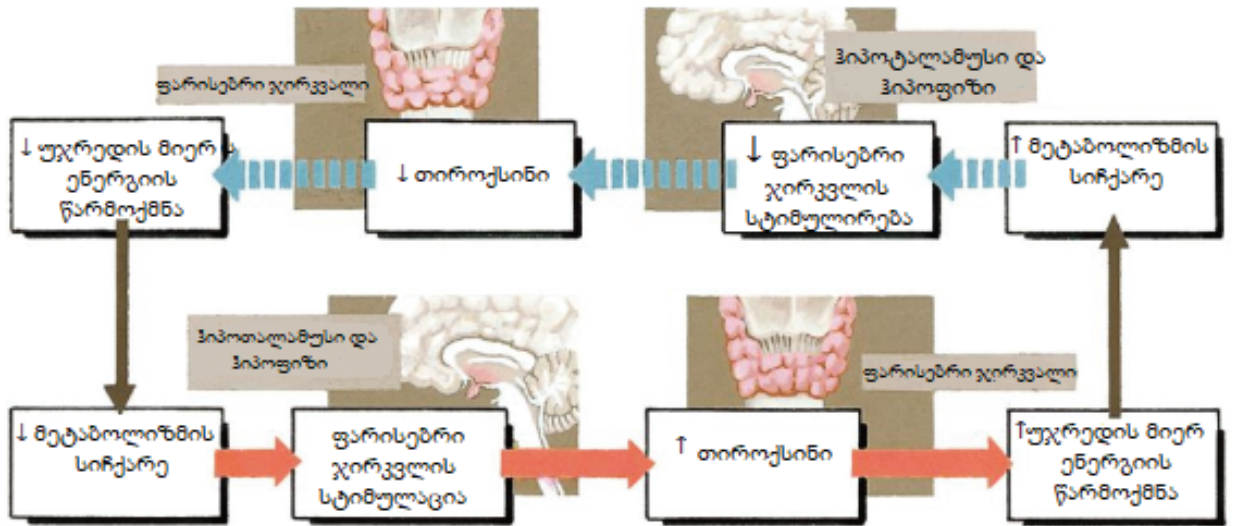
გასათვალისწინებელია, რომ სხეულის/ორგანიზმის გარკვეული რეაქციები ცდილობენ შეაბრუნონ თავიანთი გამომწვევი მიზეზი. წინა მაგალითში სხეულის ტემპერატურის მომატება აძლიერებს ოფლიანობას, რაც აქვეითებს სხეულის ტემპერატურას, რაც თავის მხრივ ამცირებს ოფლიანობას, ანუ ამცირებს ზედმეტ ოფლიანობას, რომელიც წარმოადგენს ორგანიზმისთვის წყლის საშიში რაოდენობით ხარჯვას. ეს არის უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმის მაგალითი, რომელშიც სხეულის რეაქცია უკუაგდებს სტიმულს (ფაქტობრივად, მისი გამორთვა გარკვეული დროით) და სხეულის მეტაბოლიზმის ზოგიერთ ასპექტს თავის ნორმალურ დიაპაზონში ინარჩუნებს, ამასთანავე ხელს უშლის ზედმეტ ოფლიანობას, რომელიც წყლის მავნე ხარჯვაა. ეს არის უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმის მაგალითი, რომელშიც სხეულის რეაქცია ცდილობს შეაბრუნოს სტიმული (ფაქტობრივად, ხდება მისი გამორთვა გარკვეული დროით) და ინარჩუნებს სხეულის მეტაბოლიზმის ასპექტებს ნორმალურ დიაპაზონში. სურათი 1-3 უარყოფითი უკუკავშირის კიდევ ერთი მექანიზმია, რომელშიც ჰორმონი თიროქსინი არეგულირებს სხეულის მეტაბოლიზმის სიჩქარეს.

მეტაბოლიზმის სიჩქარის შემცირებისთანავე, ჰიპოთალამუსი (თავის ტვინის ნაწილი) და ჰიპოფიზი ავლენენ ამ ცვლილებას და გამოყოფენ ჰორმონებს, რომელიც თავის მხრივ ასტიმულირებენ ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციას, რათა გამოიყოს ჰორმონი თიროქსინი. თიროქსინი თავის მხრივ ასტიმულირებს უჯრედის ფერმენტულ სისტემებს, რომლებიც საკვებიდან გამოიმუშავენ ენერჯის, რაც ზრდის მეტაბოლურ სიჩქარეს. ენერჯისა და სითბოს წარმოების ზრდა აღინიშნება ტვინისა და ჰიპოფიზის მიერ. შემდეგ ისინი ამცირებენ თავიანთი ჰორმონების გამოყოფას, რაც თავის მხრივ თრგუნავს თიროქსინის შემდგომ გამოყოფას, სანამ

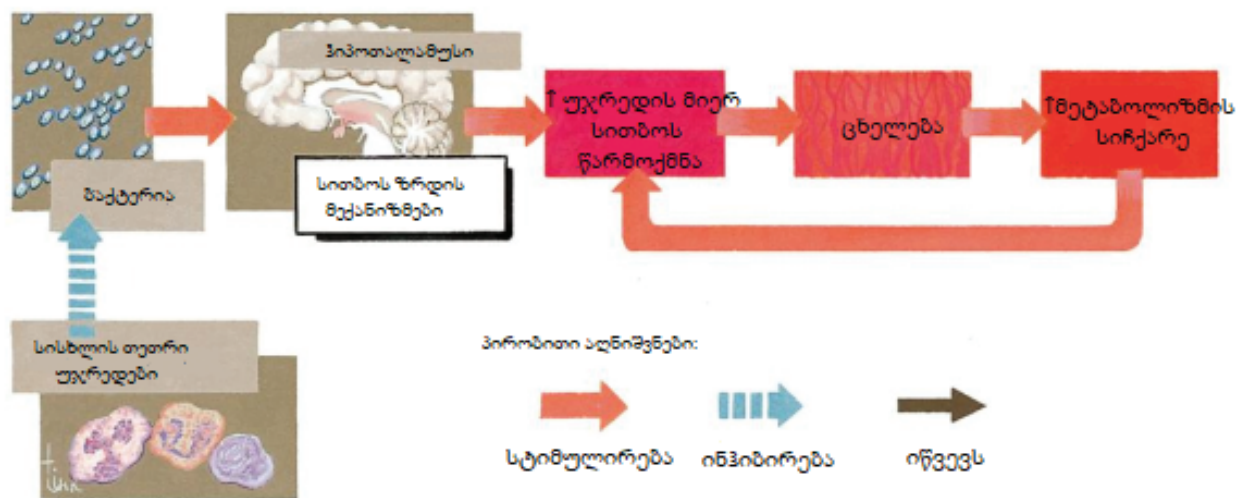
მეტაბოლური სიჩქარე კვლავ არ შემცირდება. მეტაბოლური მაჩვენებელი მუდმივი ცვლილების პროცესშია, თუმცა ის მაინც ნარჩუნდება ნორმის ფარგლებში.

შეიძლება გაგიჩნდეთ კითხვა, არსებობს თუ არა დადებითი უკუკავშირის მექანიზმი. არსებობს, თუმცა ასეთი მექანიზმები იშვიათია ორგანიზმში და საკმაოდ განსხვავდება უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმებისგან. დადებითი უკუკავშირის მექანიზმის შემთხვევაში, სტიმულზე რეაგირება არ აჩერებს ან არ ცვლის სტიმულს, არამედ ინარჩუნებს მოვლენების თანმიმდევრობას მანამ, სანამ მას რაიმე გარე მოვლენა არ შეწყვეტს. კარგი მაგალითია მშობიარობა, რომელშიც მოვლენების თანმიმდევრობა, შემდეგია: ოქსიტოცინი ასტიმულირებს საშვილოსნოს კუნთის შეკუმშვას, რაც იწვევს საშვილოსნოს ყელის უფრო ძლიერ დაჭიმვას, რაც თავის მხრივ ასტიმულირებს მეტი ოქსიტოცინის გამოყოფას და, შესაბამისად, მეტ შეკუმშვას. მექანიზმი ჩერდება ბავშვისა და პლაცენტის მშობიარობით. ეს არის “მუხრუჭი”, ანუ შეწყვეტა.

ნებისმიერი დადებითი უკუკავშირის მექანიზმი მოითხოვს გარე “დამუხრუჭებას”, რამაც უნდა გააჩეროს უკუკავშირი. სისხლის შედედება ასეთი მექანიზმის კარგი მაგალითია და გარე კონტროლის გარეშე, შედედების მექანიზმი გარდაიქმნება მანკიერ წრედ, რაც გაცილებით მეტ ზიანს აყენებს, ვიდრე მოაქვს სარგებელი (შედედება განხილულია მეთერთმეტე თავში).



ა



ბ

სურათი 1-3 უკუკავშირის მექანიზმები. (ა) თიროქსინის მიერ მეტაბოლიზმის სიჩქარის რეგულირების უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმი. (ბ) ცხელების მიერ გამოწვეული დადებითი უკუკავშირის მექანიზმი (იხილეთ ტექსტი)

**კითხვა:** თითოეული მექანიზმისთვის სად არის „მუხრუჭის“ ან ინჰიბირების წყარო?



ანთება, სხეულის რეაგირებაა ნებისმიერი სახის დაზიანებაზე, სასარგებლოა და აუცილებელია ქსოვილის შეხორცების დასაწყებად, თუმცა პროცესი შეიძლება გადაიზარდოს დაზიანების ციკლად და მის შეჩერებას გარე კონტროლი სჭირდება. ცხელების მატებამ შეიძლება გამოიწვიოს დადებითი უკუკავშირის მექანიზმი. ბაქტერიებმა იმოქმედეს ჰიპოთალამუსში არსებულ თერმოსტატზე და გამოიწვიეს ცხელება, იხ. სურათი 1–3. სხეულის ტემპერატურის მომატება ზრდის მეტაბოლურ სიჩქარეს, რაც კიდევ უფრო ზრდის სხეულის ტემპერატურას და იკვრება ციკლი. სად არის დათრგუნვა, „მუხრუჭი“? ამ ინფექციისთვის, „სამუხრუჭე“ არის სისხლის თეთრი უჯრედები, რომლებიც ანადგურებენ ბაქტერიებს. ციკლის გარედან შეწყვეტა აუცილებელია.

სწორედ იმ მიზეზით, რომ დადებითი უკუკავშირის მექანიზმებს თვითგაძლიერებისა და ზიანის მიყენების პოტენციალი აქვთ, ორგანიზმში იშვიათია.

უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმები შეიცავს საკუთარ დათრგუნვას, რადგან ამ ციკლების დათრგუნვა ბუნებრივი ნაწილია და ორგანიზმს აქვს მრავალი ასეთი მექანიზმი. ჰორმონების უმეტესობის გამოყოფა (თავი 10) რეგულირდება უარყოფითი უკუკავშირის მექანიზმებით. გულისცემისა (თავი 12) და არტერიული წნევის (თავი 13) რეგულირება მოიცავს უარყოფითი უკუკავშირის რამდენიმე მექანიზმს. ყველა ამ მექანიზმის ერთად მუშაობის შედეგია ის, რომ სხეულის ფუნქციონირების, ანუ მეტაბოლიზმის ყველა ასპექტი შენარჩუნებულია ნორმალურ, სტაბილურ ან განონასწორებულ მდგომარეობაში. ეს არის ჰომეოსტაზი.

თითოეული ორგანოსა და ორგანოთა სისტემის გამართული ფუნქციონირება ხელს უწყობს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას. გაითვალისწინეთ, რომ მეტაბოლიზმის ნორმალურ მაჩვენებლებს ვუნოდებთ ხშირად არა ცალკეულ რიცხვებს, არამედ დიაპაზონს. სხეულის ნორმალური ტემპერატურის დიაპაზონია 97 ° -დან 99 ° F (36 ° - 38 ° C). პულსის ნორმალური სიხშირის დიაპაზონია 60–80 დარტყმა წუთში; ნორმალური სუნთქვის სიხშირეა 12-20 სუნთქვა წუთში. ნორმალური დიაპაზონის ვარიაციები ნორმალური მეტაბოლიზმის შემადგენელი ნაწილია.

## ტერმინოლოგია და სხეულის ზოგადი სტრუქტურა

ანატომიისა და ფიზიოლოგიის კურსის ფარგლებში თქვენ შეისწავლით ბევრ ახალ სიტყვას და/ან ტერმინს. ზოგჯერ შეიძლება იფიქროთ, რომ სხვა ენას სწავლობთ, ზოგჯერ ნამდვილად ასეცაა. თითოეულ ტერმინს ზუსტი მნიშვნელობა აქვს, რომლის გაგებაც ყველას შეუძლია, ვინც ეს ენა ისწავლა. თქვენი პროფესიის ტერმინოლოგიის დაუფლება აუცილებელია თქვენს თანამშრომლებთან და მომავალ პაციენტებთან ეფექტური კომუნიკაციისთვის. მიუხედავად იმისა, რომ თავიდან ახალი ტერმინების რაოდენობა შეიძლება გადაჭარბებული გეჩვენოთ, ნახავთ, რომ ამ ტერმინების გამოყენება მალე თქვენთვის ჩვეულებრივი კომუნიკაციის საშუალება გახდება.

ამ თავში წარმოდგენილი ტერმინოლოგია გამოყენებული იქნება მთელ ტექსტში ორგანოთა სისტემების განხილვისას. ეს ხელს შეუწყობს ამ ტერმინების მნიშვნელობების განმტკიცებას და ამ ახალ სიტყვებს გარდაქმნის ცოდნად.

## სხეულის ნაწილები და არეები/უბნები

თითოეული ტერმინი ჩამოთვლილი ცხრილში 1–2 და ნაჩვენები სურათი 1–4 აღწერს სხეულის კონკრეტულ ნაწილს ან არეს. მაგალითად, ტერმინი „femoral“ ყოველთვის აღნიშნავს ბარძაყს, ხოლო „brachial“ - ბრაქიალური ყოველთვის აღნიშნავს ზედა კიდურს. ბარძაყის არტერია „femoral artery“ არის სისხლძარღვი, რომელიც გადის ბარძაყში, ხოლო „quadriceps femoris“ არის ბარძაყის კუნთების დიდი ჯგუფი. მხრის (brachial, ბრაქიალური) არტერია გადის მხრის ზედა ნაწილში, ხოლო biceps brachii და triceps brachii წარმოადგენენ მხრის ძირითად კუნთებს.

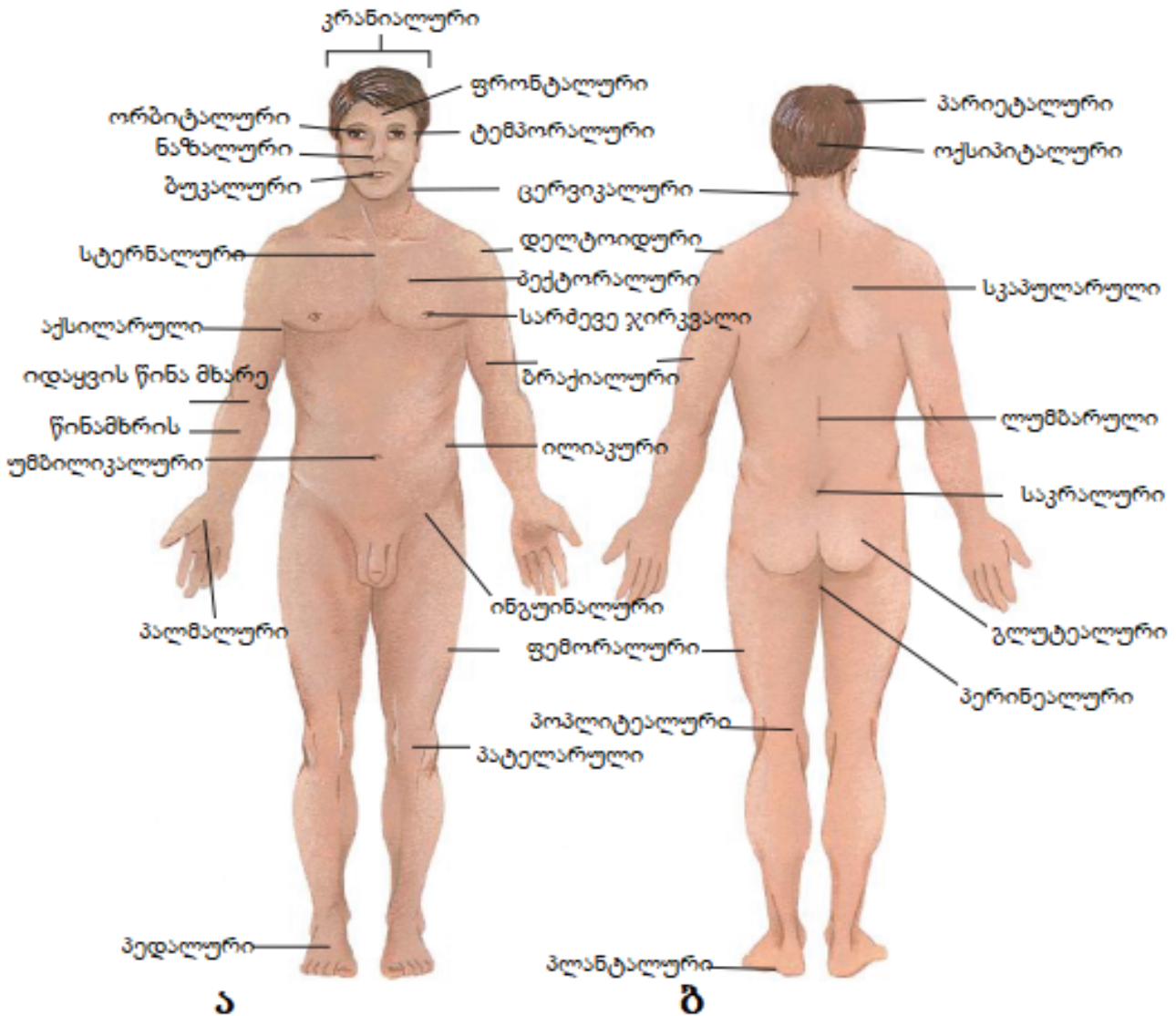
**ცხრილი 1–2. სხეულის ნაწილებისა და არეების/უბნების აღწერითი ტერმინები**

ტერმინი	განმარტება (მიმართებით)	ტერმინი	განმარტება (მიმართებით)
ანტებრაქიალური (Antebrachial)	წინამხრის	გლუტეალური (Gluteal)	დუნდულის
Antecubital	იდაყვის წინა მხარე	ჰეპატური (Hepatic)	ღვიძლის
აქსილარული (Axillary)	ილღის ფოსოში	ილიაკის (Iliac)	თეძოს
ბრაქიალური (Brachial)	მხრის	ინგუინალური (Inguinal)	საზარდულის
ბუკალური (ორალური) (Buccal (oral))	პირის	ლუმბარული (Lumbar)	წელის
კარდიული (Cardiac)	გულის	Mammary	ძუძუს, სარძევე ჯირკვალთან დაკავშირებული
ცერვიკალური (Cervical)	ყელის	ნაზალური (Nasal)	ცხვირის
კრანიალური (Cranial)	თავის	ოქსიპიტალური (Occipital)	კეფის
კუტანური (Cutaneous)	კანის	ორბიტალური (Orbital)	თვალის ფოსოსთან დაკავშირებული
დელტოიდური (Deltoid)	მხრის კუნთი	პარიესული (Parietal)	კედლის ამყოლი
ფემორალური (Femoral)	ბარძაყის	პატელარული (Patellar)	მუხლის თავის ძვლის, კვირისტავის
ფრონტალური (Frontal)	შუბლის	პექტორალური (Pectoral)	მკერდის
გასტრალური (Gastric)	კუჭის	პედალური (Pedal)	ტერფის
პერინეალური (Perineal)	შორისის	სკაპულარული (Scapular)	ბეჭის
პლანტარული (Plantar)	ტერფის გულის მიდამო	სტერნალური (Sternal)	მკერდის ძვლის
პოპლიტეალური (Popliteal)	მუხლქვეშა მიდამო	ტემპორალური (Temporal)	საფეთქლისმხრივი
პულმონური (Pulmonary)	ფილტვის	უმბილიკური (Umbilical)	ჭიპის, ჭიპთან დაკავშირებული
რენალური (Renal)	თირკმლის	პალმარული (Volar (Palmar))	ხელის (მტევნის) გულის
საკრალური (Sacral)	გავის		



# სხეულის ნაწილები და არეები/უბნები

## ანატომიური პოზიცია



**სურათი 1-4** სხეულის ნაწილები და ადგილები. სხეული ნაჩვენებია ანატომიურ მდგომარეობაში. (ა) წინა ხედი. (ბ) უკანა ხედი. (შეადარეთ ცხრილი 1-2.)

**კითხვა:** დაასახელეთ სხეულის არე, რომელიც შეიცავს მვალს მსგავსი დასახელებით. შეგიძლიათ დაასახელოთ კიდევ ორი ?

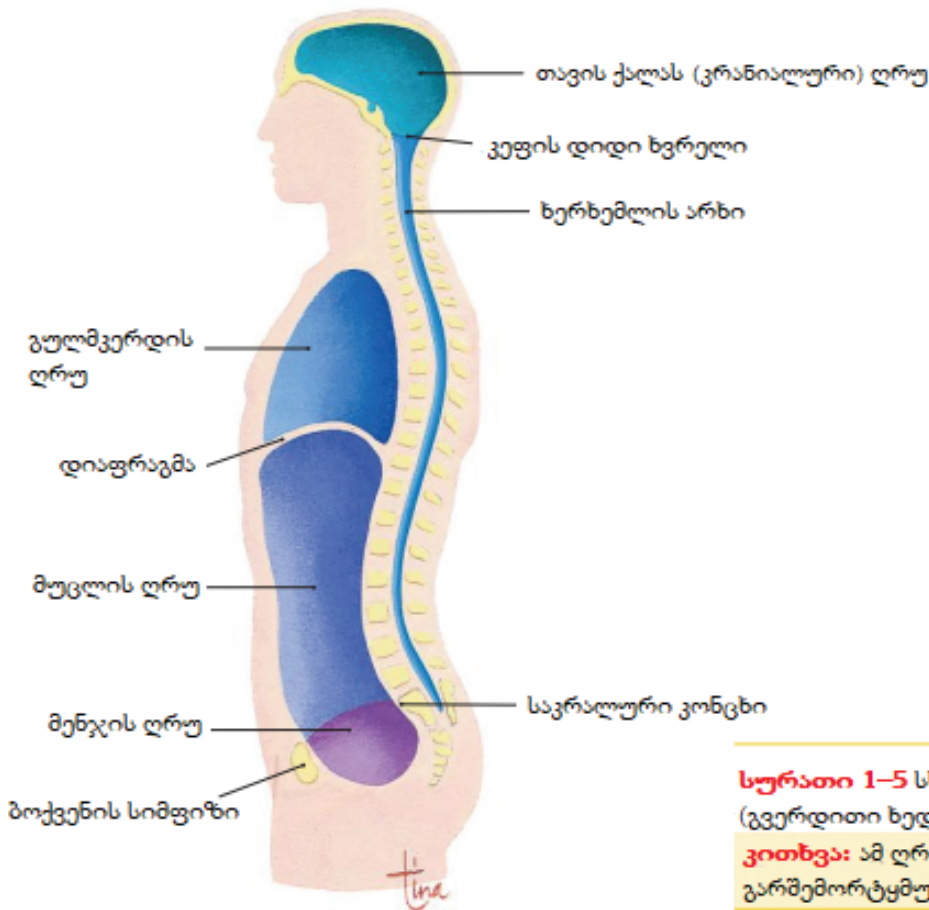
კიდევ ერთი მაგალითია ტერმინი პულმონური (pulmonary), რომელიც ყოველთვის აღნიშნავს ფილტვებს, მაგ., pulmonary artery - ფილტვის არტერია, pulmonary edema - ფილტვის შეშუპება და pulmonary embolism - ფილტვის ემბოლია.

## მდებარეობის/პოზიციის ტერმინები

ადამიანის სხეული, ნაწილების/ორგანოების აღწერისას, ყოველთვის იმყოფება ანატომიურ პოზიციაში: ადამიანი ფეხზე დგას; თავი აწეულია და წინ იყურება; ხელები ჩამოშვებულია, ხელის გულებით წინ. სხეულის მდებარეობის ტერმინები ჩამოთვლილია ცხრილში 1-3, თავისი განსაზღვრებითა და მაგალითით. თითოეული ტერმინის ნაკითხვისას მონახეთ სხეულის ნაწილები, რომლებიც გამოყენებულია მაგალითებად სურათზე 1-4 და 1-5. გაითვალისწინეთ, რომ მდებარეობის ტერმინები წარმოდგენილია ანტონიმებთან ერთად.

ცხრილი 1–3 | ადგილმდებარეობისა და პოზიციის ტერმინოლოგია

ტერმინი	განმარტება	მაგალითი
Superioris	ზემო, ზედა, მაღლა	გული ღვიძლზე მაღლა მდებარეობს.
Inferioris	ქვემო, ქვედა, დაბლა	ღვიძლი ფილტვის დაბლა მდებარეობს.
Anterioris	წინა მხარე	გულმკერდი სხეულის წინა მხარეს მდებარეობს.
Posterioris	უკანა მხარეს	წელის მიდამო ჭიპის უკან მდებარეობს.
Ventralis	წინა მხარე, მუცლის მხარე	სარძევე ჯირკვლები სხეულის წინა მხარეს მდებარეობს.
Dorsalis	უკანა მხარე, ზურგის მხარე	დუნდულა კუნთები სხეულის უკანა მხარეს მდებარეობენ.
Medialis	შუა ხაზისკენ, შუასკენ	გული ფილტვებზე მედიალურად მდებარეობს.
Lateralis	დაშორებული შუა ხაზიდან	მხრების კისრის ლატერალურად მდებარეობს.
Internalis	შიგნით ან შინაგანი	ტვინი თავის ქალას შიგნით მდებარეობს.
Externalis	გარეთ ან გარეგანი	ნეკნები ფილტვების გარეთ მდებარეობს.
Superficialis	ზედაპირული	კანი ყველაზე ზედაპირული ორგანოა.
Profunda	ღრმა	ფეხების ღრმა ვენები გარშემორტყმულია კუნთებით.
Centralis	ძირითადი ნაწილი, ცენტრალური	ტვინი ცენტრალური ნერვული სისტემის ნაწილია.
Peripheral	ცენტრალურიდან შორს, პერიფერიული	მკლავში არსებული ნერვები პერიფერიული ნერვული სისტემის ნაწილია.
Proximalis	საწყის ნაწილთან ახლოს	მუხლი ტერფზე პროქსიმალურად მდებარეობს.
Distalis	საწყისი ნაწილიდან შორს	მტევანი იდაყვისგან დისტალურად მდებარეობს.
Parietalis	ღრუს კედელთან მდებარე	პარიეტული პლევრა ამოფენს გულმკერდის ღრუს.
Visceralis	ორგანოსთან მდებარე	ვისცერული პლევრა ფარავს ფილტვებს.



**სურათი 1–5** სხეულის ღრუები (გვერდითი ხედი მარცხენა მხრიდან).

**კითხვა:** ამ ღრუებიდან რომელია გარშემორტყმული ძვლით?

## სხეულის ღრუები/წიაღები და მათი გარსები

სხეულის დახურული ღრუები გვხვდება თავის ქალაში, ხერხემლის სვეტსა და ტანში; თითოეული შეიცავს სპეციფიკურ ორგანოებსა და გარსებს. ეს ღრუებია: თავის ქალა, ზურგის, გულმკერდის, მუცლისა და მენჯის, იხ. სურათი 1–5.

## თავის ქალას და ხერხემლის სვეტის ღრუები

თავის ქალას და ხერხემლის სვეტის ღრუები მოიცავს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას და მთლიანად შემოფარგლულია ძვლით. ეს ორი ღრუ უწყვეტია; ანუ მათ კედელი ან საზღვარი არ ყოფს. თავის ქალას ღრუ მოიცავს თავის ტვინს. ხერხემლის სვეტის ღრუ მოიცავს ზურგის ტვინს. გარსები, რომლებიც ამ ღრუებშია და ფარავს თავის და ზურგის ტვინს მენინგები ეწოდება.

## გულმკერდის, მუცლისა და მენჯის ღრუები

გულმკერდის, მუცლისა და მენჯის ღრუები შეადგენს ტანს და მასში არსებული შინაგანი ორგანოები ნაწილობრივ დაცულია ძვლოვანი ქსოვილით. გულმკერდის ღრუ მდებარეობს ტორსის ზედა დონეზე და მუცლის ღრუსგან გამოყოფილია დიაფრაგმით. დიაფრაგმა არის დიდი, გუმბათის ფორმის კუნთი, რომელიც მონაწილეობს სუნთქვაში. მას გააჩნია ხვრელები საყლაპავის და მსხვილი სისხლძარღვებისთვის. მენჯის ღრუ მდებარეობს ტორსის ყველაზე ქვედა დონეზე და შეიძლება ჩაითვალოს მუცლის ღრუს ქვედანაყოფად (ამ ორს შორის კედელი არ არის) ან ცალკეულ ღრუად.

გულმკერდის ღრუში არსებულ ორგანოებს მიეკუთვნება გული და ფილტვები. პლევრა გულმკერდის ღრუს ორმრიანი სეროზული გარსია. პარიესული პლევრა ამოფენს გულმკერდის კედელს და ვისცერიული პლევრა ფარავს ფილტვებს. გულს აქვს საკუთარი სეროზული გარსი, რომელსაც პერიკარდიუმს უწოდებენ. პერიკარდიუმის გარე შრეს პარიესული პერიკარდიუმი ეწოდება, ხოლო ვისცერიული პერიკარდიუმი ფარავს გულის კუნთს.

მუცლის ღრუს ორგანოებს მიეკუთვნება ღვიძლი, კუჭი და ნაწლავები. მუცლის ღრუს ასევე გააჩნია სეროზული გარსები, რომელსაც ეწოდება პერიტონეუმი და ჯორჯალი (მეზენტერიუმი). პერიტონეუმი (პარიესული, ანუ კედლის ამყოლი) არის გარსი, რომელიც ამოფენს მუცლის ღრუს მთელ კედელს, ხოლო ჯორჯალი (ანუ ვისცერალური, ორგანოს მფარავი, პერიტონეუმი) ამ გარსის გაგრძელებაა და ფარავს მუცლის ღრუს ორგანოების გარე ზედაპირებს.

მენჯის ღრუ მუცლის ღრუს გაგრძელებაა. მიუხედავად იმისა, რომ პერიტონეუმი არ ამოფენს მენჯის ღრუს, იგი ფარავს მენჯის რამდენიმე ორგანოს ზედაპირებს. მენჯის ღრუს ორგანოებს მიეკუთვნება შარდის ბუშტი და სასქესო ორგანოები, როგორცაა საშვილოსნო (ქალებში) და პროსტატის ჯირკვალი (მამაკაცებში).

## სიბრტყეები და კვეთები

შინაგანი ანატომიური სტრუქტურების აღწერისას, სხეული ან ორგანო ხშირად იჭრება ან იკვეთება სპეციფიკური მეთოდით, რომ კონკრეტული სტრუქტურები ადვილად გამოჩნდნენ. სიბრტყე - წარმოსახვითი ბრტყელი ზედაპირია, რომელიც სხეულს ან ორგანოს ყოფს ორ ნაწილად. ეს სიბრტყეები და კვეთები ნაჩვენებია სურათზე 1-6.

**ფრონტალური (შუბლის პარალელური) სიბრტყე/კვეთა** - გაივლის მარჯვენა-მარცხენა მიმართულებით და ყოფს სხეულს წინა უკანა ნაწილებად.

**საგიტალური სიბრტყე/კვეთა** - ყოფს სხეულს მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებად, ხოლო მედიანა (შუასაგიტალური სიბრტყე/კვეთი) გაივლის სხეულის შუა ნაწილში და ყოფს სხეულის ორ სიმეტრიულ მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებად.

**ჰორიზონტალური სიბრტყე/განივი კვეთა** - ორგანოს ვერტიკალური ღერძის პერპენდიკულარული სიბრტყე. წვრილი ნაწლავის ჰორიზონტალური/განივი კვეთი (რომელიც მილის წარმოადგენს) წრედ გამოიყურება, რომლის ცენტრშია ნაწლავის ღრუ.

**გრძივი კვეთა** - სიბრტყე, რომელიც გადის ორგანოს ვერტიკალური ღერძის პარალელურად. ნაწლავის გრძივი კვეთი ნაჩვენებია სურათზე 1-6B, ხოლო ბარდაყის ძვლის ფრონტალური კვეთი ასევე გრძივი კვეთი იქნება (იხ. მე -6 თავში ნახ. 6-1).

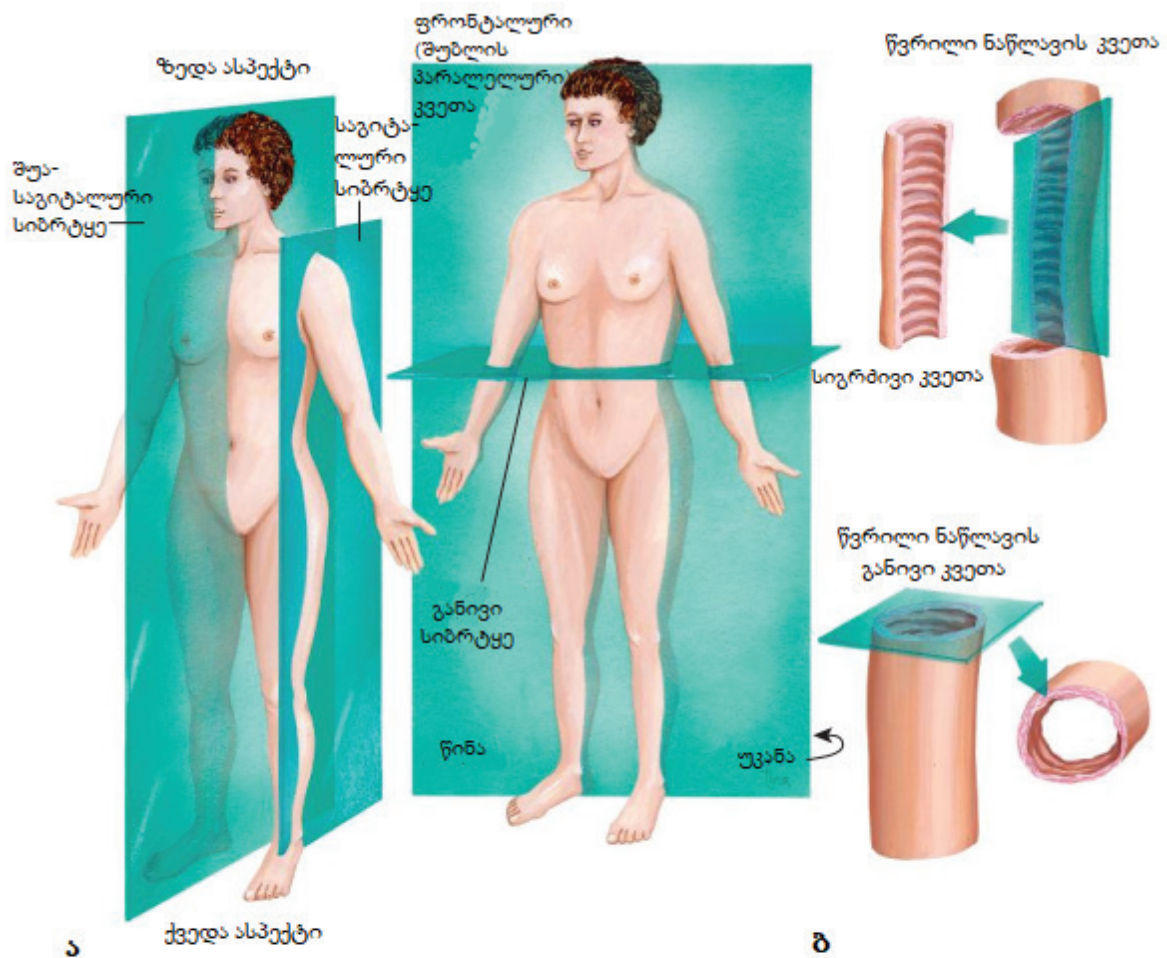
განივი კვეთა - ჰორიზონტალური სიბრტყე სხეულს (ან ნაწილს) ყოფს ზედა და ქვედა ნაწილებად. გადახედეთ სურათს 1-6 გ ნაწილს; მუცლის ზედა ნაწილის განივი კვეთია. თუ ამ სურათს უყურებთ, სურათზე გამოსახული სხეული ორიენტირებულია ისე, როგორც თქვენი სხეული. წინა ან ვენტრალური მხარე მდებარეობს ილუსტრაციის ზედა ნაწილში, თქვენგან შორს. მოათავსეთ მარჯვენა ხელი ნეკნების ქვედა კიდზე; ეს არის განივი კვეთის დონე. ყურადღება მიაქციეთ ამ დონეზე არსებულ ყველა ორგანოს და როგორ “ერგება” ისინი მუცლის ღრუს. იპოვნეთ აორტა; ეს არის მთავარი სისხლძარღვი და დაცული უნდა იყოს. სად არის? ხერხემლის პირდაპირ, სხეულის თითქმის ცენტრში, ძალიან კარგად დაცული.

## მუცლის არეები/უბნები

მუცელი შეადგენს სხეულის ქვედა ტორსის დიდ ფართობს. თუ პაციენტი აღნიშნავს მუცლის ტკივილს, ექიმმა ან ექთანმა უფრო ზუსტად უნდა გაიგოს სად იყო ტკივილი. ამის დასადგენად, მუცელი შეიძლება დაიყოს უფრო მცირე რეგიონებად/არეებად/უბნებად, რომლებიც ნაჩვენებია სურათზე 1-7.

კვადრატები - განივი და შუასაგიტარული სიბრტყეები, რომლებიც გადიან ჭიპის რგოლის დონეზე, მუცელს ყოფენ ოთხ კვადრანტად. კლინიკურად, ეს უფრო ხშირად გამოყენებული გაყოფაა. ნაღვლის ბუშტის კენჭების(კალკულოზი) ტკივილი შეიძლება აღწერილი იყოს, როგორც ტკივილი მარჯვენა ზედა კვადრანტში.

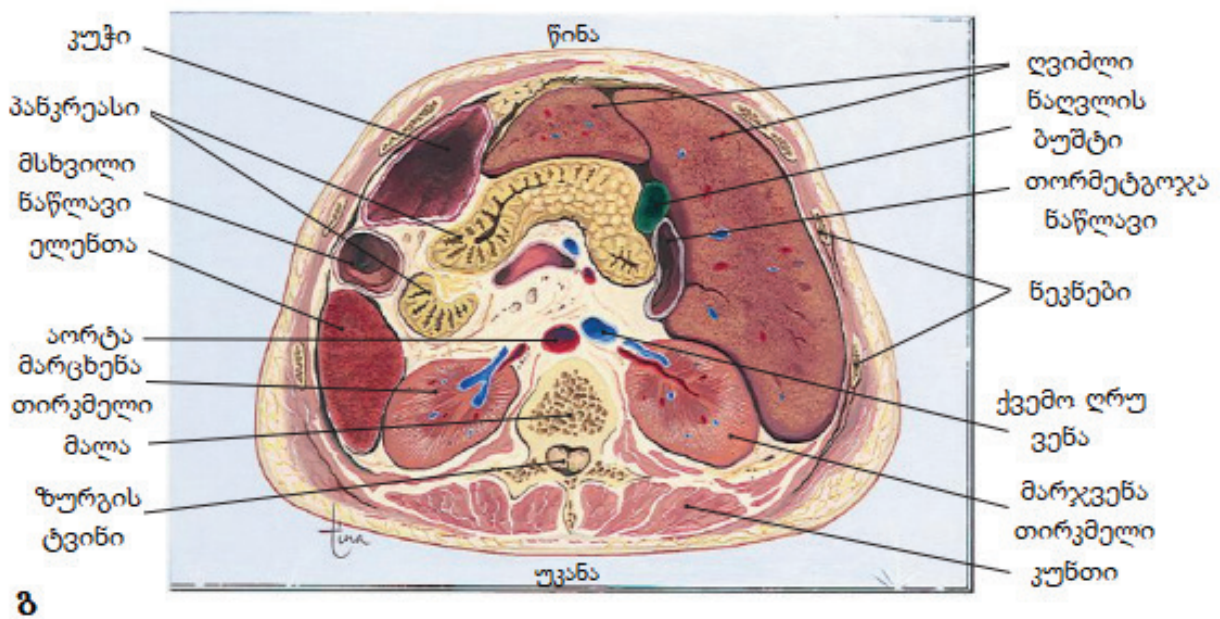




სურათი 1-6 (ა) სხეულის სიბრტყეები და კვეთები. (ბ) წვრილი ნაწლავის განივი და სიგრძივი კვეთები.

**კითხვა:** კიდევ რომელ ორგანოებს ექნებათ წვრილი ნაწლავის მსგავსი კვეთები?

გაგრძელება



სურათი 1-6 — გაგრძელება (გ) მუცლის ზედა არეში განივი კვეთა.



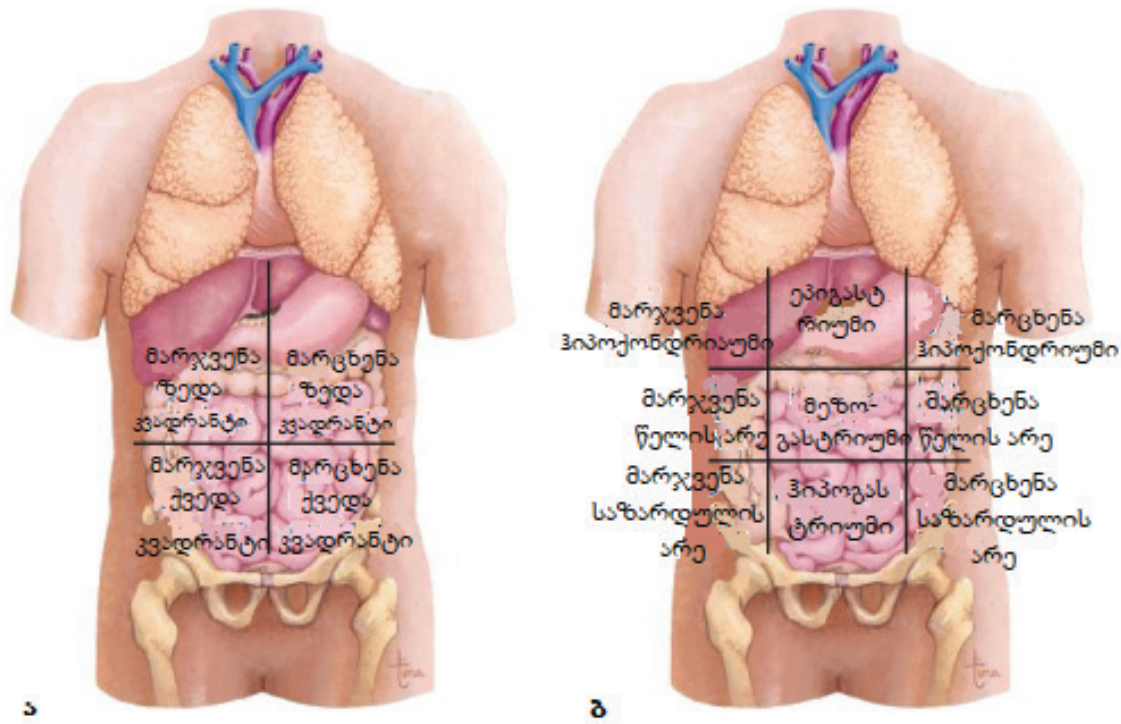
**ცხრა არე/უბანი** - ორი განივი და ორი საგიტალური სიბრტყე ყოფს მუცელს ცხრა არედ/უბნად:

ზედა არეები/უბნები - ნეკნების ხრტილების ქვედა დონის ზემოთ არის მარცხენა და მარჯვენა ჰიპოქონდრიუმი და ეპიგასტრიუმი.

შუა არეები/უბნები - მარცხენა და მარჯვენა წელი და ჭიპი (მეზოგასტრიუმი).

ქვედა არეები/უბნები - მენჯის ძვლის ზედა დონის ქვემოთ არის მარცხენა და მარჯვენა საზარდული და ჰიპოგასტრიუმი.

ამ გაყოფას ხშირად იყენებენ ანატომიაში ორგანოების მდებარეობის აღსანიშნავად. ღვიძლი, მაგალითად, მდებარეობს ეპიგასტრიუმსა და მარჯვენა ჰიპოქონდრიულ არეებში.



**სურათი 1-7** მუცლის არეები: (ა) ოთხი კვადრანტი, (ბ) ცხრა რეგიონი.

**კითხვა:** არსებობს თუ არა მუცლის ოთხივე კვადრანტში რომელიმე ორგანო?

## სამახსოვრო 1–2. სხეულის შიდა ორგანოების ვიზუალიზაცია

ვიზუალიზაციის ტექნოლოგიებს ხშირად შეუძლიათ ჩაანაცვლონ ქირურგიული ჩარევები, როგორც დიაგნოსტიკური საშუალებები. მიუხედავად მათი სიძვირისა, ეს საშუალებები პაციენტებს დიდ სარგებელს ანიჭებს: სხეულის ძალიან დეტალური გამოსახულებები მიიღება ქირურგიული ჩარევის და პრაქტიკულად დისკომფორტის გარეშე.

კომპიუტერული ტომოგრაფიის (CT) სკანირება იყენებს ვიწროდ ფოკუსირებულ რენტგენის სხივს, რომელიც სწრაფად ტრიალებს სხეულის გარშემო.

მაგნიტურ - რეზონანსული ტომოგრაფია (MRI) განსაკუთრებით გამოყენებადია რბილი ქსოვილების, თავის ტვინის, ზურგის ტვინის და ინდივიდუალური ნერვების ვიზუალიზაციისათვის.

პაციენტი მოთავსებულია ძლიერ მაგნიტურ ველში და სხეულის ქსოვილები რადიოტალღებით მუშავდება. იმის გამო, რომ თითოეულ ქსოვილს აქვს სხვადასხვა ატომების განსხვავებული პროპორციები, რომლებიც განსხვავებულად რეაგირებენ, თითოეულ ქსოვილს ახასიათებს სპეციფიკური სიგნალი. შემდეგ კომპიუტერი ამ სიგნალებს გარდაქმნის გამოსახულებად (ნაწილი ბ).

შემდეგ დეტექტორი ზომავს, თუ რა რაოდენობის გამოსხივება გადის სხვადასხვა ქსოვილებში და კომპიუტერი ქმნის სხეულის წვრილი კვეთების გამოსახულებას. რამდენიმე გამოსახულების გაკეთება შეიძლება სხვადასხვა დონეზე - თითოეულს მხოლოდ რამდენიმე წამი სჭირდება - ორგანოს ან სხეულის ნაწილის უფრო სრულყოფილი სურათის მისაღებად. სურათები გაცილებით დეტალურია, ვიდრე ჩვეულებრივი რენტგენის მიერ წარმოებული გამოსახულებები (სამახსოვრო სურათი 1 – ა, ნაწილი ა).

პოზიტრონული ემისიური ტომოგრაფიული (PET) სკანირება ქმნის გამოსახულებებს, რომლებიც ასახავს ფიზიოლოგიური პროცესების სიჩქარეს, როგორცაა სისხლის მიმოქცევა, ჟანგბადის გამოყენება ან გლუკოზის მეტაბოლიზმი. შედარებითი სიჩქარის მაჩვენებლები ასახულია ფერების მიხედვით: ნივთილი წარმოადგენს ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს, შემდეგ მოდის ყვითელი, შემდეგ მწვანე და ბოლოს ლურჯი, რაც წარმოადგენს ყველაზე დაბალი სიჩქარის მაჩვენებელს (ნაწილი გ).

**სამახსოვრო 1–3. თავის ტვინის ფუნქციონირების ვიზუალიზაცია (გაგრძელება)**

სამახსოვრო სურათი 1 – ბ, თითოეული ნაწილი (ა ან ბ) მსგავსია ფილმში არსებული „უძრავი“ ან ერთი კადრისა და გვიჩვენებს, თუ როგორ შეიძლება ფუნქციური მაგნიტურ - რეზონანსული ტომოგრაფიის ტვინის თხემის და კეფის წილის ორი უკანა ხედიდან გამოსახულება (კეფის წილების ქვემოთ ვარდისფერი სტრუქტურა - ნათხემი).

ტვინის მომატებული აქტივობა მანქანის მართვის დროს (სიმულატორში) ასახულია ა ნაწილში; ეს საქმიანობა ხედვას და სივრცული ურთიერთობების ანალიზს მიეკუთვნება.

ბ ნაწილში ჩანს ტვინი, რომელიც მანქანას მართავს და საუბრობს მობილურ ტელეფონზე. შესამჩნევია, რომ ტვინის აქტივობა, რომელიც მანქანის მართვას ასახავს, შემცირებულია.

რატომ შეიძლება ეს მოხდეს? იმიტომ, რომ როდესაც ტელეფონით ვსაუბრობთ, ჩვენ ვქმნით იმ ადამიანის გონებრივ სურათებს, ვისთანაც ვსაუბრობთ და, ალბათ, ვფიქრობთ იმაზე, თუ რას ვიტყვით შემდეგ.

ამიტომ, ტვინის ის ნაწილები, რომლებიც სატელეფონო ზარით არის დაკავებული, ვერ აანალიზებენ გზას. მანქანის მართვის დროს დიდი ნაწილი მოითხოვს აზროვნებას, როგორცაა: "რას ნიშნავს ის, რასაც ვხედავ და რას გავაკეთებ ამ ინფორმაციასთან დაკავშირებით?"

ადამიანის ტვინი საუკეთესოდ მოქმედებს, როდესაც ის ფოკუსირებულია ერთ ამოცანაზე; ტვინი, რომელიც გადართულია სხვა ამოცანაზე, სულაც არ არის ეფექტური ინტერპრეტაციისა ან მოულოდნელ საფრთხეებზე რეაგირებისა და არც ერთს ასრულებს კარგად.

ტვინის ასეთი აქტივობის შეფასება ბევრ რამეს გვეუბნება ტვინის ნაწილების ფუნქციონირების შესახებ და ასევე შეიძლება ძალიან სასარგებლო იყოს გარკვეული სახის ტვინის დაზიანების ან დაავადების დიაგნოზირების ან მონიტორინგისთვის.

**შეჯამება**

ამ თავში წარმოდგენილი ტერმინოლოგია გამოიყენება მთელ ტექსტში ორგანოების ანატომიის და მათი ნაწილების დასახელების აღსაწერად. სხეულის ყველა ორგანო ხელს უწყობს ჰომეოსტაზს, სხეულის ჯანმრთელ მდგომარეობას, რომელიც შენარჩუნებულია შინაგანი და გარეგანი ცვლილებების მუდმივი და შესაბამისი რეაგირებით. მომდევნო თავებში ნახავთ დეტალურ აღწერას თითოეული ორგანოს და ორგანოთა სისტემის ფიზიოლოგიის შესახებ და იმის შესახებ, თუ რატომაა საჭირო თითოეული მათგანის მეტაბოლიზმი ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად. ჩვენ დავუბრუნდებით ორგანიზმის სტრუქტურული ორგანიზაციის განხილვას და მისი ორგანიზაციული დონის უფრო ფართო აღწერას. პირველი მათგანი, ქიმიური ნივთიერებების დონე, შემდეგ თავშია განხილული.

## თავი 2

### ბაზისური ქიმია

როდესაც ისმენთ ან ხედავთ სიტყვას “ქიმია”, შეიძლება გაგახსენდეთ სინჯარები ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებში. ადამიანის ორგანიზმის შესწავლისთვის, წარმოვიდგინოთ ჩვენი ლაბორატორია, როგორც სამზარეულო, ქვაბებითა და ტაფებით და კარგი საკვებით, რომელიც იხარშება გაზქურაზე ან ცხვება ლუმელში. ამ საკვების სუნები ჰაერში ტრიალებს, ეს არის აირად მდგომარეობაში მყოფი ქიმიური ნივთიერებების ნარევი, რომელსაც შევისუნთქავთ და ამოვისუნთქავთ. ქვაბები და ტაფები, აგრეთვე მზარეულის წიგნის ქალაქი არის ქიმიური ნივთიერებები მყარ მდგომარეობაში. წყალი თხევადი ქიმიური ნივთიერებაა და ყველა ჩვენი საკვები ქიმიურ ნივთიერებებს წარმოადგენს. გავისხენოთ პირველი თავიდან, რომ ორგანიზაციის ყველაზე მარტივი დონეა ქიმიური დონე. ჩვენი სხეულები წარმოადგენს ათასობით ქიმიური ნივთიერებების რთულ შემადგენლობას. საიდან მივიღოთ ახალი ქიმიური ნივთიერებები ორგანიზმის ახალი ნაწილების შესაქმნელად ან ენერჯის მომარაგების მიზნით? მართალია: საკვებიდან. კარგი მზარეულობა არის მეცნიერება და ხელოვნება. და ჭამა? ეს ყველაფერი ქიმიაა. ეს თავი მოიცავს ქიმიის ზოგიერთ ძალიან მნიშვნელოვან ასპექტს, რადგან ისინი დაკავშირებულია ცოცხალ ორგანიზმებთან და განსაკუთრებით ეხება ადამიანის ორგანიზმის ფუნქციონირებას. ამიტომ შეეცადეთ იფიქროთ ქიმიაზე არა როგორც რთულ მეცნიერებაზე, არამედ როგორც ჰაერზე, წყალზე და საკვებზე, რომელიც გვჭირდება და ყველა ნივთიერება, რომელიც ჩვენი ორგანიზმის ნაწილია. საკვების ჯგუფების აღწერამდე, დავინყოთ ქიმიური სტრუქტურის საფუძვლებიდან: ელემენტების ატომები და ბმები, რომლებიც მათ ერთმანეთთან აკავშირებს.

### ელემენტები

ყველა მატერია, ცოცხალიც და არა ცოცხალიც, შედგება ელემენტებისგან, უმარტივესი ქიმიური ნივთიერებებისგან. ელემენტი არის ნივთიერება, რომელიც შედგება მხოლოდ ერთი ტიპის ატომისგან (შესაბამისად, ატომი ელემენტის ყველაზე მცირე ნაწილია). ჩვენს გარშემო სამყაროში 92 ბუნებრივი ელემენტია. მაგალითად, წყალბადის (H), რკინა (Fe), ჟანგბადი (O), კალციუმი (Ca), აზოტი (N) და ნახშირბადი (C). ბუნებაში, ელემენტი, როგორც წესი, თავისთავად არ არსებობს, თუმცა იგი გაერთიანებულია სხვა ელემენტების ატომებთან და ქმნის ნაერთებს. ადამიანის ორგანიზმის შესწავლისთვის ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ნაერთის მაგალითია წყალი (H<sub>2</sub>O), რომელშიც წყალბადის ორი ატომი გაერთიანებულია ჟანგბადის ერთ ატომთან; ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>), რომელშიც ნახშირბადის ატომი ერწყმის ჟანგბადის ორ ატომს; და გლუკოზა (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), რომელშიც ექვსი ნახშირბადის ატომი და ექვსი ჟანგბადის ატომი გაერთიანებულია 12 წყალბადის ატომთან. ნახშირბადის, წყალბადის, ჟანგბადის, აზოტის, ფოსფორისა და გოგირდის ელემენტები გვხვდება ყველა ცოცხალ არსებაში. კალციუმის გათვალისწინებით, ეს შვიდი ელემენტი შეადგენს ადამიანის ორგანიზმის (წონის) დაახლოებით 99% -ს. ადამიანის ორგანიზმში 20-ზე მეტი სხვადასხვა ელემენტი გვხვდება, სხვადასხვა რაოდენობით. ზოგი მათგანი ჩამოთვლილია ცხრილში 2-1. თითოეულ ელემენტს აქვს სტანდარტული ქიმიური სიმბოლო. ეს უბრალოდ არის ელემენტის ინგლისური ან ლათინური სახელის პირველი (და ზოგჯერ მეორე) ასო. თქვენ უნდა იცოდეთ ამ ცხრილში მოყვანილი ელემენტების სიმბოლოები, რადგან ისინი გამოიყენება სახელმძღვანელოებში, სტატიებში, საავადმყოფოს ლაბორატორიის ანალიზებში და ა.შ. გაითვალისწინეთ, რომ თუ ელემენტისთვის გამოიყენება ორი ასოს შემადგენელი სიმბოლო, მეორე ასო ყოველთვის პატარა ზომისაა და არა დიდი. მაგალითად, კალციუმის სიმბოლოა Ca და არა CA. CA არის აბრევიატურა, რომელიც ხშირად გამოიყენება კიბოს დროს.

ცხრილი 2-1| ადამიანის ორგანიზმში არსებული  
ელემენტები

ელემენტი	სიმბოლო	ატომური ნომერი*	პროცენტი სხეულის წონის მიხედვით
წყალბადი	H	1	9.5
ნახშირბადი	C	6	18.5
აზოტი	N	7	3.3
ჟანგბადი	O	8	65.0
ფტორი	F	9	მიკროელემენტი
ნატრიუმი	Na	11	0.2
მაგნიუმი	Mg	12	0.1
ფოსფორი	P	15	1.0
გოგირდი	S	16	0.3
ქლორი	Cl	17	0.2
კალიუმი	K	19	0.4
კალციუმი	Ca	20	1.5
მანგანუმი	Mn	25	მიკროელემენტი
რკინა	Fe	26	მიკროელემენტი
კობალტი	Co	27	მიკროელემენტი
სპილენძი	Cu	29	მიკროელემენტი
თუთია	Zn	30	მიკროელემენტი
იოდი	I	53	მიკროელემენტი

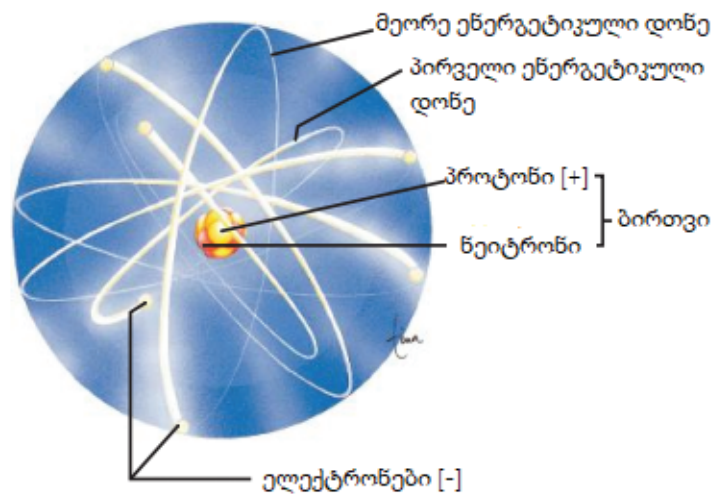
\* ატომური ნომერი არის პროტონების რაოდენობა ატომის ბირთვში. ასევე არის ელექტრონების რაოდენობა, რომლებიც ბირთვის გარშემო ბრუნავენ.

### ატომები

ატომები არის ელემენტის ყველაზე პატარა ნაწილები, რომლებსაც აქვთ ამ ელემენტის მახასიათებლები. ატომი შედგება სამი ძირითადი ქვედანაყოფისაგან ან ნაწილაკისგან: პროტონები, ნეიტრონები და ელექტრონები (ნახ. 2-1). პროტონს აქვს დადებითი ელექტრული მუხტი და გვხვდება ატომის ბირთვში (ან ცენტრში). ნეიტრონი არის ელექტრონულად ნეიტრალური (არ აქვს მუხტი) და ასევე გვხვდება ბირთვში. ელექტრონს აქვს უარყოფითი ელექტრული მუხტი და ის გვხვდება ბირთვის გარეთ, ის ბრუნავს ორბიტაზე. ორბიტას ასევე ეწოდება ელექტრონული ღრუბელი. პროტონის რაოდენობა ატომში განსაზღვრავს მის ატომურ ნომერს. პროტონებსა და ნეიტრონებს გააჩნიათ მასა და წონა, რომელიც ატომს ანიჭებენ ატომურ წონას. ატომში, პროტონის რაოდენობა (+) უდრის ელექტრონების რაოდენობას (-); ამიტომ, ატომი არის ელექტ-



რონულად ნეიტრალური. ელექტრონები მნიშვნელოვანია იმით, რომ მათ შეუძლიათ ატომს სხვა ატომებთან შეუერთონ და შექმნან მოლეკულები. მოლეკულა არის ატომების ერთობლიობა (ჩვეულებრივ ერთზე მეტი ელემენტისა), რომლებიც ისე მჭიდროდ არიან დაკავშირებული (ბმული) ერთმანეთთან, რომ მოლეკულა ფუნქციონირებს როგორც სრული ერთეული. თითოეულ ატომს აქვს ბმების შექმნის უნარი მხოლოდ სპეციფიკური გზით. ეს შესაძლებლობა დამოკიდებულია ატომის ელექტრონების რაოდენობაზე და განლაგებაზე. ელექტრონები ბრუნავენ ატომის ბირთვის ორბიტაზე, ანუ ენერგეტიკულ გარსებზე/დონეზე. პირველი ენერგეტიკული დონე შეიძლება შეიცავდეს მაქსიმუმ ორ ელექტრონს, რაც ითვლება სტაბილურ კონფიგურაციად. მეორე ენერგეტიკული დონე სტაბილურია, როდესაც ის შეიცავს მაქსიმალურ რვა ელექტრონს. დარჩენილი ენერგეტიკული დონეები, რომლებიც მდებარეობენ ბირთვიდან უფრო შორს, ასევე ყველაზე სტაბილურია, როდესაც ისინი შეიცავს რვა ელექტრონს, ან რვის ჯერადს. რამდენიმე ატომი (ელემენტი) ბუნებრივად სტაბილურია, რადგან მათი ყველაზე გარე ენერგეტიკული დონე უკვე შეიცავს ელექტრონების მაქსიმალურ რაოდენობას. აირები ჰელიუმი და ნეონი ამ სტაბილური ატომების მაგალითებია, რომლებიც ჩვეულებრივ არ შედიან რეაქციაში სხვა ატომებთან. ატომების უმეტესობა არ არის სტაბილური და მათ აქვთ ელექტრონების მოპოვების, დაკარგვის ან გაზიარების უნარი, რათა მოხდეს გარე დონეების (გარსების) შევსება. ასეთი გზით ატომს შეუძლია შექმნას ერთი ან მეტი ქიმიური ბმა სხვა ატომებთან. ატომი ხდება სტაბილური, რადგან მისი ყველაზე გარე ელექტრონული გარსია შევსებული. სწორედ ეს რეაქტიული ატომებია ყველაზე მეტად საინტერესო ანატომიისა და ფიზიოლოგიის შესწავლისას.



**ნახაზი 2-1** ნახშირბადის ატომი. ბირთვი შეიცავს ექვს პროტონს და ექვს ნეიტრონს (აქ ყველა არ ჩანს). ექვსი ელექტრონი ბირთვის გარშემო ბრუნავს, ორი პირველ ენერგეტიკულ დონეზე და ოთხი მეორე ენერგეტიკულ დონეზე.

**კითხვა:** რა არის ამ ატომის ელექტრული მუხტი?

## ქიმიური ბმები

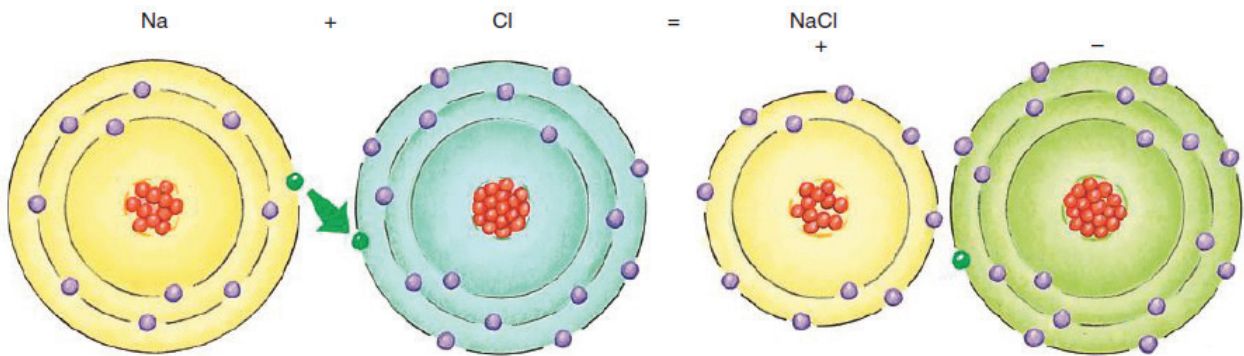
ქიმიური ბმა არ არის სტრუქტურა, არამედ არის ძალა ან მიზიდულობა დადებით და უარყოფით ელექტრონულ მუხტებს შორის. ქიმიური ბმა მჭიდროდ აკავშირებს ორ ან მეტ ატომს ერთმანეთთან და ქმნის მოლეკულას. შედარებისას გავითვალისწინოთ გრაფიტაცია. ჩვენ ვიცით, რომ გრაფიტაცია არ არის “ნივთი/სტრუქტურა”, არამედ ეს არის ძალა, რომელიც ჩვენ გვაკავშირებს დედამიწასთან. ქიმიური რეაქციით წარმოქმნილ მოლეკულებს ხშირად აქვთ ფიზიკური მახასიათებლები, რომლებიც განსხვავდება ორიგინალური ელემენტების ატომების მახასიათებლებისგან. მაგალითად, წყალბადის და ჟანგბადის ელემენტები არის გაზები, მაგრამ თითოეული

მათგანის ატომები შეიძლება ქიმიურად შეერთდნენ და წარმოქმნან წყლის მოლეკულები, რაც სითხეა. მაგალითად, წყალბადის და ჟანგბადის ელემენტები არის აირები, მაგრამ თითოეული მათგანის ატომები შეიძლება ქიმიურად შეერთდნენ და წარმოქმნან წყლის მოლეკულები, რაც სითხეა. ქიმიური ბმების ტიპი დამოკიდებულია ატომების ელექტრონების გაზიარების უნარზე. ოთხი სახის ბმა მნიშვნელოვანია ორგანიზმის ქიმიისთვის: იონური ბმები, კოვალენტური ბმები, დისულფიდური ბმები და წყალბადის ბმები.

## იონური ბმები

იონური ბმა გულისხმობს ერთ ატომში ერთი ან მეტი ელექტრონის დაკარგვას ან/და მიღებას სხვა ატომის ან ატომების მიერ. იხილეთ ქვემოთ მოყვანილი სურ. 2-2.

ნატრიუმის ატომს (**Na**) აქვს ერთი ელექტრონი გარე შრეზე და სტაბილურობის მისაღწევად ის კარგავს ამ ელექტრონს, რის შედეგადაც ნატრიუმის ატომს აქვს ელექტრონების რაოდენობაზე ერთით მეტი პროტონი. აქედან გამომდინარე ნატრიუმს აქვს **+1** მუხტი (ან ვალენტობა) და მას ეწოდება ნატრიუმის იონი (**Na<sup>+</sup>**). ქლორის ატომს აქვს შვიდი ელექტრონი მის გარე შრეზე და იმისათვის, რომ გახდეს სტაბილური, ის იმატებს ერთ ელექტრონს. ამის შედეგად ქლორის ატომს აქვს პროტონების რაოდენობაზე ერთით მეტი ელექტრონი და აქვს **-1** მუხტი (ვალენტობა). მას ეწოდება ქლორიდის იონი (**Cl<sup>-</sup>**).



**სურ. 2-2** იონური ბმის ფორმირება. ნატრიუმის ატომი კარგავს ელექტრონს ქლორის ატომის სასარგებლოდ. წარმოქმნილ ორ იონს განსხვავებული მუხტი აქვს, ისინი იზიდავენ ერთმანეთს და ქმნიან ნატრიუმის ქლორიდის მოლეკულას.

**კითხვა:** რატომ არის ნატრიუმის იონის მუხტი +1?

როდესაც ნატრიუმის ატომი კარგავს ელექტრონს ქლორის ატომის სასარგებლოდ, მათ იონებს აქვთ განსხვავებული მუხტები (დადებითი და უარყოფითი) და ამის გამო ისინი იზიდავენ ერთმანეთს. ამის შედეგად წარმოიქმნება ნატრიუმის ქლორიდის მოლეკულა: **NaCl**, ანუ ჩვეულებრივი სუფრის მარილი. ბმას, რომელიც აკავშირებს ამ იონებს, ეწოდება იონური ბმა.

კიდევ ერთი მაგალითია ქლორისა და კალციუმის ბმა. კალციუმის ატომს აქვს ორი ელექტრონი გარე შრეზე და სტაბილურობისთვის მიდრეკილია ამ ელექტრონების დაკარგვისკენ (კალციუმის იონი, **Ca<sup>+2</sup>**). თუ ქლორის ორი ატომი თითოეულ ელექტრონს დაიკავშირებს, ისინი იქცევიან ქლორიდის იონებად. დადებითი და უარყოფითი იონები შემდეგ იზიდავენ ერთმანეთს და ქმნიან კალციუმის ქლორიდის მოლეკულას, **CaCl<sub>2</sub>**, რომელიც ასევე არის მარილი. **მარილი** არის მოლეკულა, რომელიც შედგება იონებისგან, გარდა წყალბადის (**H<sup>+</sup>**) ან ჰიდროქსიდის (**OH<sup>-</sup>**) იონებისა.

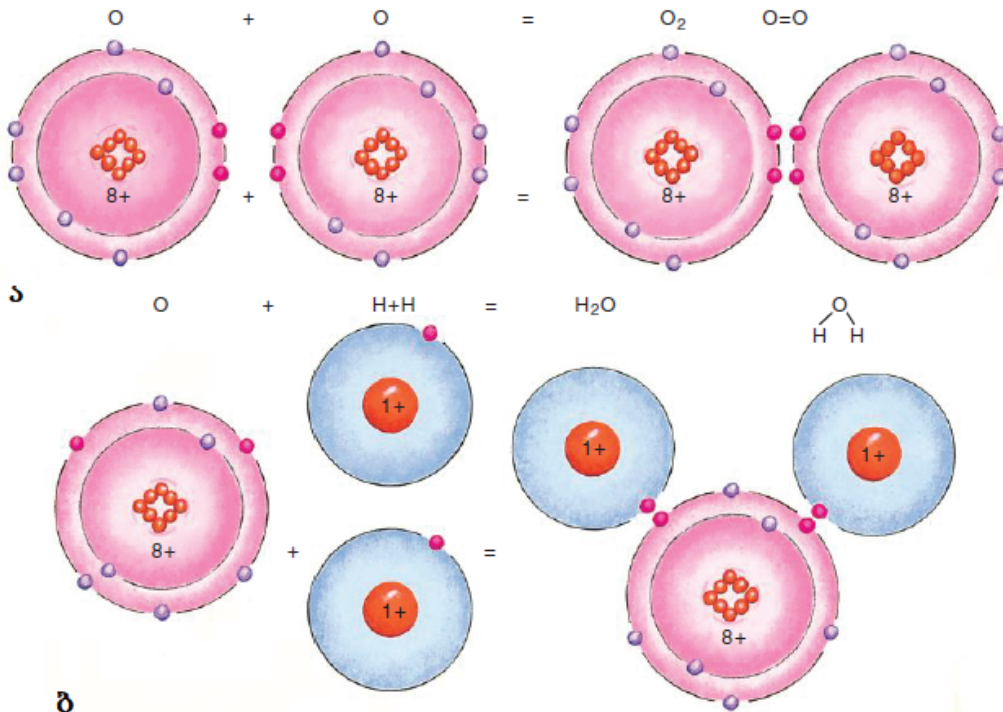
დადებითი მუხტის მქონე იონებს **კათიონები** ეწოდება, მაგ. **Na<sup>+</sup>**, **Ca<sup>+2</sup>**, **K<sup>+</sup>**, **Fe<sup>+2</sup>** და **Mg<sup>+2</sup>**. უარყოფითი მუხტის მქონე იონებს უწოდებენ **ანიონებს**, მაგ. **Cl<sup>-</sup>**, **SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>** (სულფატი) და **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** (ბიკარბონატი). იონური კავშირის შედეგად წარმოქმნილი ნაერთების ტიპებია არაორგანული მარილები, მჟავები და ფუძეები.

მყარ მდგომარეობაში იონური ბმები შედარებით ძლიერია. ჩვენი ძვლების შემადგენლობაში შედის კალციუმის კარბონატის ( $\text{CaCO}_3$ ) მარილი, რომელიც ძვალს აძლევს სიმტკიცეს. თუმცა, წყალხსნარში (სითხე) მრავალი იონური ბმა სუსტდება. ბმები შეიძლება გახდეს იმდენად სუსტი, რომ მოლეკულის შეკრული იონები განცალკევდეს და წარმოიქმნას თავისუფალი დადებითი და უარყოფითი იონების ხსნარი. მაგალითად, თუ ნატრიუმის ქლორიდი წყალში ხვდება, ის იხსნება, შემდეგ იონიზირდება და წყალი შეიცავს  $\text{Na}^+$  და  $\text{Cl}^-$  იონებს. **იონიზაცია**, რომელსაც ასევე **დისოციაციას** უწოდებენ, მნიშვნელოვანია ცოცხალი ორგანიზმებისთვის, რადგან წარმოქმნილი იონები თავისუფლად მონაწილეობენ ორგანიზმის სხვადასხვა ქიმიურ რეაქციაში. კუჭის ლორწოვანი გარსის უჯრედები შეიცავენ  $\text{Cl}^-$  იონებს მარილმჟავას ( $\text{HCl}$  -ქლორწყალბადის მჟავა) წარმოქმნისთვის.  $\text{NaCl}$ -ში შემავალი ქლორიდი ვერ იღებს თავისუფალ მონაწილეობას რეაქციებში, რადგან ის მჭიდროდ არის დაკავშირებული ნატრიუმის ატომთან. თუმცა,  $\text{Cl}^-$  იონები, რომლებიც ხელმისაწვდომია იონიზებული  $\text{NaCl}$ -დან უჯრედში არსებულ წყალში, შეიძლება გამოყენებულ იქნას კუჭში  $\text{HCl}$ -ის **სინთეზის**თვის (ქიმიური წარმოებისთვის).

### კოვალენტური ბმები

კოვალენტური ბმა მოიცავს ატომებს შორის ელექტრონების გაზიარებას. როგორც სურ. 2-3-ზეა ნაჩვენები, ჟანგბადის ატომს სჭირდება ორი ელექტრონი, რომ გახდეს სტაბილური. მას შეუძლია თავისი ორი ელექტრონი გააზიაროს ჟანგბადის სხვა ატომთან, რომელიც ასევე აზიარებს თავის ორ ელექტრონს. ისინი ერთად ქმნიან ჟანგბადის აირის ( $\text{O}_2$ ) მოლეკულას, რომელიც არსებობს ატმოსფეროში.

ჟანგბადის ატომს ასევე შეუძლია გაიზიაროს მისი ორი ელექტრონი წყალბადის ორ ატომთან, თითოეული იზიარებს ჟანგბადის ერთ ელექტრონს (იხ. სურათი 2-3). ისინი ერთად ქმნიან წყლის მოლეკულას ( $\text{H}_2\text{O}$ ). ქიმიური მოლეკულების სტრუქტურული ფორმულების დანერისას, საზიარო ელექტრონების წყვილი მითითებულია ერთი ხაზით, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 2-3-ზე, წყლის ფორმულა; ეს არის ერთჯერადი კოვალენტური ბმა.



**სურათი 2-3** კოვალენტური ბმების ფორმირება. (ა) ჟანგბადის ორი ატომი აზიარებს ორ ელექტრონს და ქმნის ჟანგბადის აირის მოლეკულას. (ბ) ჟანგბადის ატომი აზიარებს თითო ელექტრონს წყალბადის ორ ატომთან, ხოლო თითოეული წყალბადის ატომი აზიარებს თავის ელექტრონებს. იქმნება წყლის მოლეკულა.

**კითხვა:** აქ ნაჩვენები ბმებიდან რომელია ორმაგი კოვალენტური ბმა?



ელემენტი ნახშირბადი ყოველთვის ქმნის კოვალენტურ ბმებს; ნახშირბადის ატომს ოთხი ელექტრონი აქვს სხვა ატომებთან გასაზიარებლად. თუ ეს ოთხი ელექტრონი გაზიარებულია წყალბადის ოთხ ატომთან, სადაც თითოეული წყალბადის ატომი აზიარებს თავის ერთ ელექტრონს, წარმოიქმნება მეთანის აირის მოლეკულა (CH<sub>4</sub>). ნახშირბადს შეუძლება შექმნას კოვალენტური ბმები სხვა ნახშირბადის ატომებთან, წყალბადთან, ჟანგბადთან, აზოტთან ან სხვა ელემენტებთან. ორგანული ნაერთები, როგორცაა ცილები და ნახშირწყლები, არის ამ ატომების რთული და ზუსტი განლაგება, რომლებიც კოვალენტურად არის დაკავშირებული ერთმანეთთან. კოვალენტური ბმები შედარებით ძლიერია და არ სუსტდება წყალხსნარში. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან ორგანიზმის მიერ წარმოებული ცილები, მაგალითად, კუნთებსა და კანში, უნდა დარჩეს ხელუხლებელი, რათა სწორად იფუნქციონიროს ჩვენს უჯრედებსა და სისხლში. ორგანული ნაერთების ფუნქციები მოგვიანებით განიხილება ამ თავში.

## დისულფიდური და წყალბადური ბმები

ორგანიზმის ქიმიისთვის მნიშვნელოვანი ორი სხვა ტიპის ბმაა: დისულფიდური და წყალბადური ბმები. **დისულფიდური ბმები** გვხვდება ზოგიერთ ცილაში, ხოლო **წყალბადური ბმები** მრავალი სხვადასხვა მოლეკულის ნაწილია.

**დისულფიდური ბმა** (მას ასევე დისულფიდურ ხიდაკს უწოდებენ) არის კოვალენტური კავშირი, რომელიც წარმოიქმნება გოგირდის ორ ატომს შორის, ჩვეულებრივ ერთი და იმავე დიდი ცილის მოლეკულაში. მაგალითად, ჰორმონი ინსულინი არის ცილა, რომელსაც უნდა ჰქონდეს ძალიან სპეციფიკური სამგანზომილებიანი სტრუქტურა, რათა სწორად იფუნქციონიროს სისხლში გლუკოზის დონის დასარეგულირებლად. ინსულინის თითოეულ მოლეკულას აქვს ორი დისულფიდური ბმა, რაც ხელს უწყობს მისი სწორი სტრუქტურისა და ფუნქციის შენარჩუნებას. ცილების სხვა ტიპები, რომლის სტრუქტურაც დამოკიდებულია დისულფიდურ ბმებზე, არის იმუნური სისტემის ანტისხეულები (იხ. სურათი 14–8, თავი 14), კანისა და თმის კერატინი.

თმის ღერი ინარჩუნებს თავის ფორმას (გენეტიკურ მახასიათებელს) დისულფიდური ბმების არსებობის გამო. ბუნებრივად ხვეული თმის გასწორებისას კერატინის მოლეკულებში დისულფიდური ბმები იშლება. როდესაც ბუნებრივად სწორი თმა დახვეულია, კერატინის დისულფიდური ბმები ჯერ იშლება, შემდეგ კი ხელახლა ყალიბდება დახვეულ თმაში. არცერთი პროცესი არ მოქმედებს თმის ცოცხალ ნაწილზე, ანუ თმის ძირზე, ამიტომ თმა თავდაპირველ ფორმას უბრუნდება. არ არის სასურველი, რომ ამ პროცესმა გავლენა მოახდინოს ჩვენი ორგანიზმის ინსულინზე ან ანტისხეულების მოლეკულებზე, რადგან ეს შეაფერხებს მათ ფუნქციონირებას.

**წყალბადური ბმა** არ გულისხმობს ელექტრონების გაზიარებას ან გაცვლას, არამედ გამომდინარეობს წყალბადის ატომების ქიმიური თვისებებიდან. როდესაც წყალბადის ატომი აზიარებს თავის ერთ ელექტრონს სხვა ატომთან კოვალენტურ კავშირში, მისი პროტონის მხარეს იქმნება ოდნავ დადებითი მუხტი, რაც შემდეგ მიიზიდავს ახლომდებარე ჟანგბადის ან აზოტის ატომს, რომელსაც აქვს მცირე უარყოფითი მუხტი.

მიუხედავად იმისა, რომ ისინი სუსტი ბმებია, წყალბადის ბმები მნიშვნელოვანია რამდენიმე თვალსაზრისით. დიდ ორგანულ მოლეკულებს, როგორცაა ცილები და დნმ-ი ჩვენს ქრომოსომებში, აქვთ ძალიან სპეციფიკური ფუნქციები, რომლებიც დამოკიდებულია მათ სამგანზომილებიან სტრუქტურაზე (იხ. სურათი 2–10). ამ მოლეკულების სტრუქტურები, რომლებიც გადაამწყვეტია მათი ნორმალური ფუნქციონირებისთვის, ხშირად შენარჩუნებულია წყალბადური ბმებით.

წყალბადური ბმები ასევე წყალს ხდიან კოჰეზიურს (შეკრული, შეჭიდული). კოჰეზია არის მსგავსი მოლეკულების ერთმანეთთან „შეკვრა/მიზიდულობა“. მაგალითად, წყალში, თითოეული წყლის მოლეკულა იზიდავს მიმდებარე წყლის მოლეკულებს. ერთი წყლის მოლეკულა აყალიბებს ოთხამდე წყალბადურ ბმას ოთხი სხვადასხვა წყლის მოლეკულასთან. ამ ოთხი მოლეკულიდან თითოეულს შეუძლია შექმნას ოთხი წყალბადური ბმა და ასე შემდეგ, რაც მიაჩნებს წყალს შეჭიდულობას. წყალი ასევე შეიძლება იყოს ადჰეზიური სხვა მოლეკულებთან. **ადჰეზია** არის ერთი სახის მოლეკულების მეორისკენ მიზიდვა. წყლის მოლეკულების კოჰეზია და ადჰეზიაც არის ის, რაც ქვიშის ციხესიმაგრის მარცვლებს ერთმანეთთან აკავშირებს. წყლის კოჰეზია ჩანს, წყლის სუფთა მინაზე დაღვრისას; წყალბადური ბმებით შექმნილი ზედაპირული დაჭიმულობა



წყალს სამგანზომილებიან მძივებად აყალიბებს. ორგანიზმში წყლის კოჰეზია ხელს უწყობს სისხლის უწყვეტი ნაკადის შენარჩუნებას, რადგან ის მიედინება სისხლძარღვებში და ასევე ინარჩუნებს ქსოვილურ სითხეს უჯრედების გარშემო. წყალბადური ბმები ასევე პასუხისმგებელია წყლის სხვა მნიშვნელოვან მახასიათებლებზე, რომლებიც განხილულია შემდეგ ნაწილში.

## ქიმიური რეაქციები

ქიმიური რეაქცია არის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია ქიმიური ბმების წარმოქმნით ან რღვევით. არსებობს რეაქციების ორი ზოგადი ტიპი: სინთეზის რეაქციები და დაშლის რეაქციები.

**სინთეზის რეაქციაში** წარმოიქმნება ბმები ორ ან მეტ ატომს ან მოლეკულას შორის ახალი ნაერთის შესაქმნელად. სისხლის წითელ უჯრედებში ჰემოგლობინის ცილის შექმნა სინთეზის რეაქციის კარგი მაგალითია. ცილები სინთეზი ხდება მრავალი ამინომჟავის, ცილების საშენი მასალის, შეერთებით. სინთეზის რეაქციები მოითხოვს ენერგიას ბმების ფორმირებისთვის.

**დაშლის რეაქციისას** ბმები იშლება და დიდი მოლეკულა იყოფა ორ ან მეტ ნაწილად. ერთ-ერთი მაგალითია სახამებლის დიდი მოლეკულების დაშლა გლუკოზის ბევრ პატარა მოლეკულად. ზოგიერთი დაშლის რეაქცია გამოყოფს ენერგიას; ეს აღწერილია უჯრედების სუნთქვის ნაწილში. უჯრედებში, სინთეზი ხშირად დაკავშირებულია დაშლასთან.

უჯრედებში, სინთეზის რეაქციები ხშირად დაკავშირებულია დაშლის რეაქციებთან. მემბრანების ან უჯრედის სხვა ნაწილების დაშლისას საჭიროა მოხდეს მათი ჩანაცვლება. ძველი ან დაზიანებული სტრუქტურები შეიძლება გადამუშავდეს მათი მცირე ნაწილებისთვის ან ქვედანაყოფების მისაღებად. ეს ნაწილები შეიძლება იყოს მინერალები (მაგალითად, რკინა) ან ორგანული მოლეკულები (როგორცაა ამინომჟავები) და შეიძლება გამოყენებულ იქნას შემდგომი სინთეზის რეაქციებში. როდესაც ძველი ჰემოგლობინი იშლება, მაგალითად, მისი რკინა შეიძლება გამოყენებულ იქნას უსასრულოდ ახალი ჰემოგლობინის სინთეზისთვის სისხლის წითელი უჯრედებისთვის (ეს განხილული იქნება მე-11 თავში).

ამ და მომდევნო თავებში, გახსოვდეთ, რომ ტერმინი რეაქცია ეხება ქიმიური ბმების შექმნას ან დაშლას და, შესაბამისად, ცვლილებებს მოლეკულების ფიზიკურ და ქიმიურ მახასიათებლებში.

## მნიშვნელოვანი არაორგანული ნაერთები

არაორგანული ნაერთები ჩვეულებრივ მარტივი მოლეკულებია, რომლებიც ხშირად შედგება მხოლოდ ერთი ან ორი განსხვავებული ელემენტისგან. მიუხედავად მათი სიმარტივისა, ზოგიერთი არაორგანული ნაერთი აუცილებელია ორგანიზმის ნორმალური სტრუქტურისა და ფუნქციონირებისთვის.

## წყალი

წყალი შეადგენს ადამიანის ორგანიზმის 55-70%-ს და აუცილებელია სიცოცხლისთვის რამდენიმე მიზეზის გამო:

1. წყალი არის უნივერსალური **გამხსნელი**; ანუ ბევრი ნივთიერება (ე.წ. ხსნადი) შეიძლება გაიხსნას წყალში. საკვები ნივთიერებები, როგორცაა გლუკოზა (შაქარი), იხსნება სისხლის პლაზმაში (რომლის ძირითადი შემადგენლობა წყალია), რათა მოხდეს მისი ტრანსპორტი მთელი ორგანიზმის უჯრედებში. ნარჩენების გამოყოფა შესაძლებელია, რადგან ნარჩენი პროდუქტები იხსნება თირკმელების მიერ წარმოქმნილ შარდში, რომელიც ასევე ძირითადად წყალს შეიცავს. ნერწყვი გახსნილი საკვების მოლეკულები ასტიმულირებს ენაზე არსებულ გემოვნების რეცეპტორებს. აორთქლებული საკვების მოლეკულები (განსაკუთრებით ცხელი საკვებიდან) შეისუნქება ცხვირის ზედა ღრუში, სადაც ისინი იხსნება წყლის თხელ ფენაში და ასტიმულირებს ყნოსვის რეცეპტორებს. ცხელი საკვები ხშირად უფრო გემრიელად გამოიყურება, ვიდრე ცივი, რადგან ყნოსვის გრძნობა უფრო მეტად უწყობს ხელს მათ აღქმას.
2. წყალი არის **ლუბრიკანტი (საპოხი)**, რომელიც ამცირებს ზედაპირებზე ხახუნის ძალას.

საჭმლის მომწელებელ ტრაქტში ყლაპვის პროცესი დამოკიდებულია ნერწყვის არსებობაზე, ხოლო ლორწო არის სრიალა სითხე, რომელიც ნაწლავებში საკვების შეუფერხებელ გავლის საშუალებას იძლევა. სახსრებში არსებული სინოვიალური სითხე ამცირებს ხახუნის ძალას ძვლების მოძრაობისას.

3. ნყალი ნელა **ცვლის ტემპერატურას**. ნყალს აქვს მაღალი თბოტევადობა, რაც ნიშნავს, რომ მისი ტემპერატურის მნიშვნელოვნად მატება-შემცირებისთვის შესაბამისად უამრავი რაოდენობა სითბოს შთანთქმა ან დაკარგვაა საჭირო. ეს წარმოადგენს ერთ-ერთ ფაქტორს, რომელიც ეხმარება ორგანიზმს მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებაში. ნყალს ასევე აქვს მაღალი აორთქლების კუთრი სითბო, რომელიც საჭიროა წყლის თხევადი მდგომარეობიდან აირად გარდაქმნისთვის. ეს მნიშვნელოვანია ოფლის გამოყოფის პროცესისთვის. ორგანიზმის ზედმეტი სითბო ორთქლდება კანის ზედაპირებიდან ოფლის მეშვეობით, და წყლის მაღალი აორთქლების კუთრი სითბოს გამო, დიდი რაოდენობის სითბო გამოიყოფა შედარებით მცირე რაოდენობის წყლის დაკარგვით.

## წყლის განყოფილებები

ორგანიზმში არსებული ნყალი განუწყვეტილად მოძრაობს, მაგრამ ნყალს სხვადასხვა სახელები ენიჭება, როდესაც ის იმყოფება ორგანიზმის კონკრეტულ ადგილებში, რომელსაც ეწოდება განყოფილებები (სურ. 2–4):

**უჯრედშიდა/უჯრედული სითხე** - წყლის რაოდენობა არსებული უჯრედებში; ორგანიზმში არსებული მთლიანი წყლის რაოდენობის დაახლოებით 65%-ია.

**უჯრედგარე სითხე (ECF)** - დარჩენილი წყლის რაოდენობა ორგანიზმში, შეადგენს საერთო წყლის რაოდენობის დაახლოებით 35%-ს. უჯრედგარე სითხის სპეციფიკური განყოფილებებია:

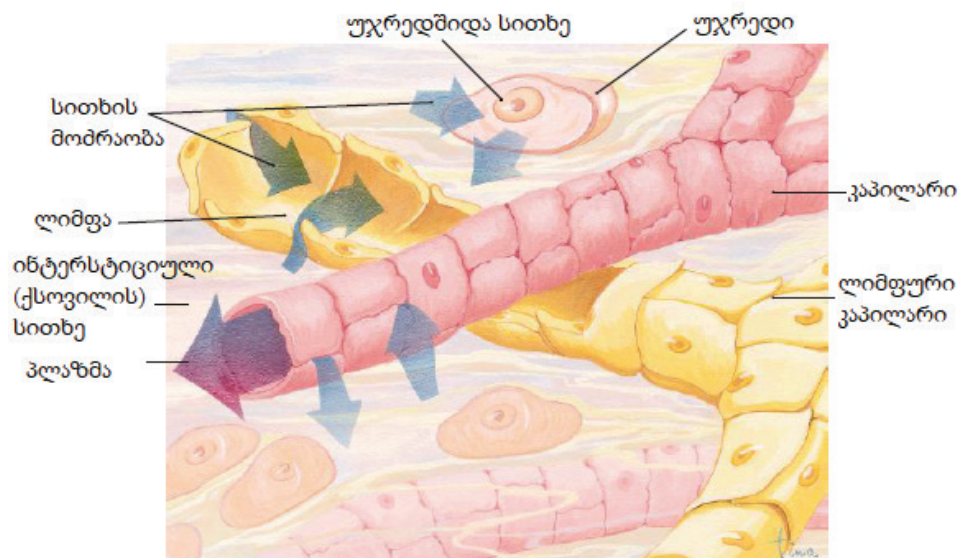
**პლაზმა** - სისხლძარღვებში არსებული ნყალი.

**ლიმფა** - ნყალი, რომელიც გვხვდება ლიმფურ ძარღვებში.

**ქსოვილის/ინტერსტიციული სითხე** - ნყალი, რომელიც გვხვდება უჯრედებს შორის არსებულ მცირე სივრცეებში.

**სპეციალიზებული სითხეები** - სინოვიალური სითხე სახსრებში, ცერებროსპინალური (თავზურგტვინის) სითხე თავის ტვინისა და ზურგის ტვინის ირგვლივ, თვალშიდა სითხე და სხვა.

წყლის გადაადგილება ორგანიზმში და სპეციალიზებული სითხეების ფუნქციებს შორის განხილული იქნება შემდგომ თავებში.



**სურათი 2–4** წყლის განყოფილებები, რომლებიც წარმოადგენილია ორგანიზმის სხვადასხვა სტრუქტურაში.

**კითხვა:** წარჩვენები სითხეებიდან რომელია უჯრედგარე სივრცეში არსებული სითხე?

## ჟანგბადი

ჟანგბადი ( $O_2$ ) აირის სახით (რომელსაც ჩვენ ვსუნთქავთ) შეადგენს ატმოსფეროს დაახლოებით 21%-ს. ჟანგბადის მნიშვნელობა ყველასთვის ცნობილია, თუმცა ზუსტად რა ფუნქცია აქვს მას? ჟანგბადი მნიშვნელოვანია უჯრედული სუნთქვის პროცესში, რომლის დროსაც ენერჯის წარმოქმნის მიზნით უჯრედები იყენებენ მარტივ საკვებ ნივთიერებებს, როგორცაა გლუკოზა. ჩვენი სუნთქვის პროცესის მიზეზი არის უჯრედის სუნთქვისთვის საჭირო ჟანგბადის მიღება და უჯრედის სუნთქვისას წარმოქმნილი ნარჩენი პროდუქტის, ნახშირორჟანგის, ამოსუნთქვა (ეს იქნება განხილული მომდევნო ნაწილში). ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ენერჯია, რომელიც გამოიყოფა უჯრედული სუნთქვის რეაქციის დროს, წარმოდგენილია ატფ (ადენოზინ ტრიფოსფატი) მოლეკულაში. შემდეგ ატფ-ი გამოიყენება სხვა უჯრედულ პროცესებში, რომლებიც საჭიროებენ ენერჯიას.

## ნახშირორჟანგი

ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ) წარმოიქმნება უჯრედების მიერ, როგორც უჯრედული სუნთქვის ნარჩენი პროდუქტი. რა არის ამის მნიშვნელობა? გთხოვთ გაითვალისწინეთ, რომ “მნიშვნელოვანი” ყოველთვის არ ნიშნავს “სასარგებლოს”; ამის ნაცვლად, ეს შეიძლება ნიშნავდეს “არსებითს”. ორგანიზმში ნახშირორჟანგის რაოდენობის მომატება იწვევს სითხეების მჟავიანებას გაზრდას. აქედან გამომდინარე ნახშირორჟანგი უნდა გამოიყოს იგივე სიჩქარით, რა სიჩქარითაც ხდება მისი წარმოქმნა, რათა ორგანიზმში ნორმალურ ფარგლებში შენარჩუნდეს ნახშირორჟანგის რაოდენობა. ჩვეულებრივ ასე ხდება, თუმცა ფილტვის მძიმე დაავადებების შემთხვევაში, როგორცაა პნევმონია ან ემფიზემა, ფილტვებში აირების გაცვლა მცირდება, რაც იწვევს ნახშირორჟანგის დაგროვებას სისხლში. ასეთ შემთხვევაში, ითვლება რომ ადამიანი იმყოფება აციდოზის მდგომარეობაში, რამაც შეიძლება სერიოზულად დაარღვიოს ორგანიზმის ფუნქციონირება (იხილეთ განყოფილებები pH-ისა და ფერმენტების შესახებ ამ თავში, ასევე იხ. სამახსოვრო 2-1: სისხლის აირები).

### სამახსოვრო 2-1: სისხლის აირები

პაციენტი შემოიყვანეს გადაუდებელ განყოფილებაში შესაძლო გულის შეტევით (ინფარქტი) და პასუხისმგებელი ექიმი უკვეთავს “სისხლის აირების” ანალიზს. პნევმონიით ჰოსპიტალიზირებულ სხვა პაციენტს ასევე აქვს “სისხლის აირების” მონიტორინგი ხშირი ინტერვალებით. რა არის სისხლის აირები და რა ინფორმაციას გვაძლევს მათი მნიშვნელობების ცოდნა? სისხლის აირებია ჟანგბადი და ნახშირორჟანგი და მათი დონე არტერიულ სისხლში გვაძლევს ინფორმაციას რესპირატორული და სისხლის მიმოქცევის სისტემების ფუნქციონირების შესახებ. ჩვეულებრივ, არტერიულ სისხლში ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციაა, ხოლო ნახშირორჟანგის დაბალი კონცენტრაციაა. ეს დონეები შენარჩუნებულია ფილტვებში აირების გაცვლით და სისხლის სათანადო მიმოქცევით.

თუ სისხლში ჟანგბადის კონცენტრაცია შემცირდება, მოხდება ჟანგბადის მიცემა; თუ სისხლში ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია გაიზრდება, მოხდება სისხლის pH-ის შესწორება სერიოზული აციდოზის თავიდან ასაცილებლად.

გულის დაზიანებამ ასევე შეიძლება გამოიწვიოს სისხლის აირების, განსაკუთრებით ჟანგბადის კონცენტრაციის ცვლილება. ჟანგბადს იღებენ სისხლის ნითელი უჯრედები, როდესაც ისინი ცირკულირებენ ფილტვის კაპილარებში; როდესაც სისხლის ნითელი უჯრედები ცირკულირებენ ორგანიზმში, ისინი ათავისუფლებენ ჟანგბადს ქსოვილებში. რა უწყობს ხელს სისხლის მიმოქცევას ან მოძრაობას? გულის მიერ სისხლის ტუმბვა.

მსუბუქ გულის შეტევას, როდესაც გულის უკმარისობა ნაკლებად სავარაუდოა,

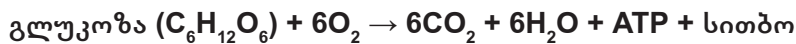
ფილტვის დაავადება, როგორცაა პნევმონია, ხელს უშლის ფილტვებში აირების ეფექტურ ცვლას. ამის შედეგად, სისხლში ჟანგბადის კონცენტრაცია შეიძლება შემცირდეს, ხოლო ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია გაიზარდოს. სისხლის აირების რომელიმე ზემოაღნიშნული ცვლილება შეიძლება გახდეს საშიში პაციენტისთვის, ამიტომ სისხლის აირების მონიტორინგი მნიშვნელოვანია.

ხშირად ახასიათებს სისხლში ჟანგბადის დაბალი დონე, თუმცა მაინც ნორმალურ ფარგლებში. უფრო მძიმე ინფარქტის დროს, რომელიც სერიოზულად აფერხებს გულის ფუნქციას, მცირდება სისხლში ჟანგბადის დონე. ამას ჰიპოქსემია ჰქვია. შედეგი არის ჰიპოქსია, რაც ნიშნავს, რომ ძალიან ცოტა ჟანგბადი აღწევს ქსოვილებში. როდესაც ზამოაღნიშნული განისაზღვრება სისხლში, შეიძლება დაიწყოს შესაბამისი ჟანგბადის თერაპია ჰიპოქსიის გამოსასწორებლად და ქსოვილების სიკვდილის თავიდან ასაცილებლად.

## უჯრედული სუნთქვა

უჯრედული სუნთქვა არის უჯრედებში ენერჯის წარმოების პროცესი და მოიცავს სასუნთქ აირებს, როგორცაა ჟანგბადი და ნახშირორჟანგი. ამ პროცესში ჩართულია მრავალი ქიმიური რეაქცია, რომელთაგან ზოგიერთი ხდება უჯრედის ორგანელებში, როგორცაა მიტოქონდრიები.

უჯრედული სუნთქვის პროცესი მარტივად შეიძლება შეჯამდეს შემდეგი განტოლებით:



ეს რეაქცია გვიჩვენებს, რომ გლუკოზა და ჟანგბადი შედის რეაქციაში, რათა წარმოიქმნას ატფ-ი (ენერჯია), ნახშირორჟანგი, წყალი და სითბო. გლუკოზის მოლეკულის პოტენციური ენერჯია გამოიყოფა ორი ფორმით: ადენოზინ ტრიფოსფატი და სითბო. ამ პროცესის ოთხივე პროდუქტს აქვს თავისი დანიშნულება ან მნიშვნელობა ორგანიზმში. ნახშირორჟანგი წარმოადგენს ნარჩენ პროდუქტს, რომელიც გადადის უჯრედებიდან სისხლში, ხოლო შემდეგ ტრანსპორტირდება ფილტვებში, რომ მოხდეს მისი გამოყოფა. წარმოქმნილი წყალი სასარგებლოა და ხდება უჯრედშიდა სითხის ნაწილი. წარმოქმნილი სითბო ხელს უწყობს ორგანიზმის ნორმალურ ტემპერატურას. ატფ-ი გამოიყენება უჯრედული პროცესებისთვის, როგორცაა მიტოზი, ცილის სინთეზი და კუნთების შეკუმშვა, რაც მოითხოვს ენერჯიას და შემდგომში იქნება განხილული ტექსტში.

## მიკროელემენტები

მიკროელემენტები არის ის, რაც ორგანიზმს სჭირდება ძალიან მცირე რაოდენობით. როდესაც ისინი გვხვდება საკვებში ან საკვებ დანამატებში, ჩვენ მათ ხშირად ვუწოდებთ მინერალებს. მაგალითებია რკინა (გვხვდება ხორცსა და პარკოსნებში), კობალტი (მხოლოდ ცხოველურ საკვებშია, როგორცაა ღვიძლი და თევზი), მაგნიუმი (მოიპოვება მწვანე ბოსტნეულში, რადგან ის ქლოროფილის ნაწილია) და იოდი (ის ზღვის პროდუქტებში და იოდირებულ მარილში). მიუხედავად იმისა, რომ მიკროელემენტები არ მოიპოვება უხვი რაოდენობით ორგანიზმში, როგორც ნახშირბადი, წყალბადი და ჟანგბადი, ისინი მაინც აუცილებელია. ცხრილში 2-2 ჩამოთვლილია ყველა მნიშვნელოვანი მიკროელემენტი და მათი ფუნქციები. კალციუმი და ფოსფორი (ნაპოვნია რძეში, ყველში, ხორცსა და თევზში) მოცემულია ამ ცხრილში, თუმცა ისინი უფრო დიდი რაოდენობითაა საჭირო, ვიდრე სხვა. (იხილეთ აგრეთვე სამახსოვრო 2-2: აზოტის ოქსიდი.)



ელემენტი	ფუნქცია
კალციუმი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უზრუნველყოფს ძვლებსა და კბილებს სიმტკიცეს</li> <li>■ აუცილებელია სისხლის შედედებისთვის</li> <li>■ აუცილებელია კუნთების შეკუმშვისთვის</li> </ul>
ფოსფორი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უზრუნველყოფს ძვლებისა და კბილებს სიმტკიცეს</li> <li>■ დნმ-ის, რნმ-ის და ატფ-ის ნაწილია</li> <li>■ უჯრედული მემბრანის ნაწილი (ფოსფოლიპიდები)</li> </ul>
რკინა	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ჰემოგლობინის ნაწილი სისხლის წითელ უჯრედებში; ახორციელებს ჟანგბადის ტრანსპორტირებას; მيوგლობინის ნაწილი კუნთებში; ინახავს ჟანგბადს</li> <li>■ უჯრედებში მიტოქონდრიის ნაწილი; აუცილებელია უჯრედების სუნთქვისთვის</li> </ul>
სპილენძი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უჯრედებში მიტოქონდრიის ნაწილი; აუცილებელია უჯრედული სუნთქვისთვის</li> <li>■ აუცილებელია ჰემოგლობინის სინთეზისთვის</li> </ul>
მაგნიუმი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ აუცილებელია ენერჯის გამომუშავებისა და ძვლის</li> </ul>
ნატრიუმი და კალიუმი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ აუცილებელია კუნთების შეკუმშვისა და ნერვული იმპულსების გადაცემისთვის</li> <li>■ აუცილებელია წყლის სათანადო გადაადგილებისთვის (ოსმოსი) განყოფილებებს შორის</li> </ul>
ზოგირდი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ზოგიერთი ცილის ნაწილია, როგორცაა ინსულინი, კერატინი და ანტისხეულები</li> </ul>
კობალტი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ვიტამინი B12-ის ნაწილი</li> </ul>
იოდი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონების ნაწილი (თიროქსინი); აუცილებელია ნორმალური გონებრივი და ფიზიკური განვითარებისთვის</li> </ul>

## სამახსოვრო 2-2: აზოტის ოქსიდი

აზოტის ოქსიდი არის აირი შემდეგი მოლეკულური ფორმულით NO (N=O, ორმაგი კოვალენტური ბმა). ალბათ გსმენიათ მისი, როგორც ჰაერის დაბინძურების და სიგარეტის კვამლის კომპონენტის შესახებ, მაგრამ ის სინთეზირებულია ადამიანის რამდენიმე ქსოვილის მიერ და ამ მარტივ მოლეკულას აქვს მნიშვნელოვანი ფუნქციები. აზოტის ოქსიდი წარმოიქმნება სისხლძარღვების ენდოთელიუმში და ხელს უწყობს არტერიოლების ვაზოდილაციას (გაფართოებას), რაც საშუალებას აძლევს უფრო მეტ სისხლის ნაკადს და ჟანგბადის მიწოდებას ქსოვილებში. ის მონაწილეობს ტვინში ნერვული იმპულსების გადაცემაში და ხელს უწყობს მეხსიერების შენახვას.

იმუნური სისტემის ზოგიერთი უჯრედი წარმოქმნის აზოტის ოქსიდს, როგორც ციტოტოქსიკურ (უჯრედის მომნამვლელ) აგენტს, რომელიც დაეხმარება უცხო უჯრედების განადგურებას, როგორცაა ბაქტერიები.

აზოტის ოქსიდი ასევე გამოიყენება თერაპიულად. აღმოჩნდა, რომ ის სასარგებლოა ფილტვის ჰიპერტენზიის სამკურნალოდ, ფილტვებში ზედმეტად შეკუმშული არტერიების მოდუნების მიზნით, რათა მოხდეს აირების ნორმალური ცვლა. სხვა კვლევებმა აჩვენა, რომ აზოტის ოქსიდი ეხმარება სუნთქვაში ზოგიერთ დღენაკლულ ბავშვებს. მოკლევადიანი მკურნალობით, სერიოზული გვერდითი ეფექტები ჯერ არ არის აღმოჩენილი.

## მჟავები, ფუძეები და pH

მჟავა შეიძლება განისაზღვროს, როგორც ნივთიერება, რომელიც ზრდის წყალბადის იონების ( $H^+$ ) კონცენტრაციას წყალხსნარში. ფუძე არის ნივთიერება, რომელიც ამცირებს  $H^+$  იონების კონცენტრაციას, რასაც წყლის შემთხვევაში აქვს იგივე ეფექტი, რაც ჰიდროქსიდის იონების ( $OH^-$ ) კონცენტრაციის გაზრდას. ხსნარის მჟავიანობა ან ფუძიანობა (ტუტიანობა) იზომება pH-ის (parts Hydrogen) სკალის მეშვეობით. pH-ის სკალა წარმოადგენს 0-დან 14-მდე მნიშვნელობებს, სადაც 0-ით განისაზღვრება ყველაზე ძლიერი მჟავა, ხოლო 14 ყველაზე ძლიერი ტუტე (ფუძე). pH 7-ის მქონე ხსნარი ნეიტრალურია, რადგან შეიცავს ერთნაირი რაოდენობის  $H^+$  და  $OH^-$  იონებს. სუფთა წყალს აქვს pH 7.  $H^+$  იონების უფრო მაღალი კონცენტრაციის მქონე ხსნარი, ვიდრე  $OH^-$  იონები, არის მჟავე ხსნარი, რომლის pH 7-ზე დაბალია. ამრიგად, ტუტე ხსნარს აქვს  $OH^-$  იონების უფრო მაღალი კონცენტრაცია, ვიდრე  $H^+$  იონები და აქვს pH 7-ზე მაღალი.

pH-ის სკალა,  $H^+$  და  $OH^-$  იონების შედარებითი კონცენტრაციით, ნაჩვენებია სურ. 2-5-ზე. ერთი pH ერთეულის ცვლილება უდრის  $H^+$  იონების კონცენტრაციის 10-ჯერად ცვლილებას. ეს ნიშნავს, რომ pH = 4 ხსნარს აქვს 10-ჯერ მეტი  $H^+$  იონი, ვიდრე ხსნარში, რომლის pH = 5 და 100-ჯერ მეტი  $H^+$  იონები, ვიდრე pH = 6 ხსნარში. სურათი 2-5 ასევე გვიჩვენებს სხეულის ზოგიერთი სითხის და სხვა ნაცნობი ხსნარების pH-ს. გაითვალისწინეთ, რომ კუჭის წვენს აქვს pH=1, ხოლო ყავის pH=5. ეს ნიშნავს, რომ კუჭის წვენში 10000-ჯერ მეტი  $H^+$  იონია, ვიდრე ყავაში. მიუხედავად იმისა, რომ ყავა მჟავაა, ის სუსტია და არ გააჩნია კუჭის წვენის, ძლიერი მჟავის კოროზიული ეფექტი.

ადამიანის ორგანიზმის უჯრედებისა და შინაგანი სითხეების pH ნეიტრალურთან ახლოსაა. უჯრედული სითხის pH არის 6.8 -დან 7.0 -მდე, ხოლო სისხლის ნორმალური pH - 7.35-7.5. სითხეები, როგორცაა კუჭის წვენი და შარდი, ტექნიკურად გარე სითხეებია, რადგან ისინი არსებობს ორგანიზმის ტრაქტებში, რომლებიც იხსნება გარეთ. ამ სითხეების pH შეიძლება იყოს უფრო მჟავე ან ტუტე, ორგანიზმისთვის ზიანის მიყენების გარეშე.

თუმცა, სისხლის pH უნდა შენარჩუნებული იყოს ძალიან ვიწრო ფარგლებში, ოდნავ ტუტე დიაპაზონში. მხოლოდ ერთი pH ერთეულის დაქვეითება, რაც 10-ჯერ მეტი  $H^+$  იონების რაოდენობას წარმოადგენს, დაარღვევს სისხლის ქიმიურ რეაქციებს და გამოიწვევს ინდივიდის სიკვდილს. ნორმალური მეტაბოლიზმი მიდრეკილია სხეულის სითხეები უფრო მჟავე გახადოს და ეს ტენდენცია აციდოზისადმი მუდმივად უნდა გამოსწორებული იქნას. თირკმელები, რესპირატორული და ბუფერულ სისტემები ინარჩუნებენ შინაგანი სითხეების ნორმალურ pH.

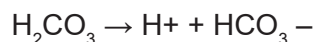
მიუხედავად იმისა, რომ მჟავა-ტუტოვანი ბალანსი იქნება მე-19 თავის მთავარი თემა, აქ მოკლედ აღვნიშნავთ ბუფერულ სისტემებს.

## ბუფერული სისტემები

ბუფერული სისტემა არის ქიმიური ნივთიერება ან ქიმიური ნივთიერებების წყვილი, რომელიც ამცირებს pH-ის ცვლილებებს ძლიერ მჟავებთან ან ძლიერ ფუძეებთან რეაქციაში შესვლით, რათა გარდაქმნას ისინი ისეთ ნივთიერებებად, რომლებიც მკვეთრად არ შეცვლიან pH-ს. სხვაგვარად ამის ახსნა შეიძლება შემდეგნაირად, ბუფერი შეიძლება დაუკავშირდეს  $H^+$  იონებს, როდესაც ორგანიზმის სითხის მჟავიანობა იზრდება, ან გამოანთავისუფლოს  $H^+$  იონები, როდესაც სითხის ტუტიანობა იზრდება.

მაგალითისთვის გამოვიყენებთ ბიკარბონატის ბუფერულ სისტემას. ეს სისტემა შედგება ნახშირმჟავის ( $H_2CO_3$ ), სუსტი მჟავისა და ნატრიუმის ბიკარბონატისგან ( $NaHCO_3$ ), სუსტი ტუტისგან. ეს ქიმიური ნივთიერებები გვხვდება ორგანიზმის ყველა სითხეში, მაგრამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სისხლისა და ქსოვილის სითხის ბუფერული უზრუნველყოფისთვის.

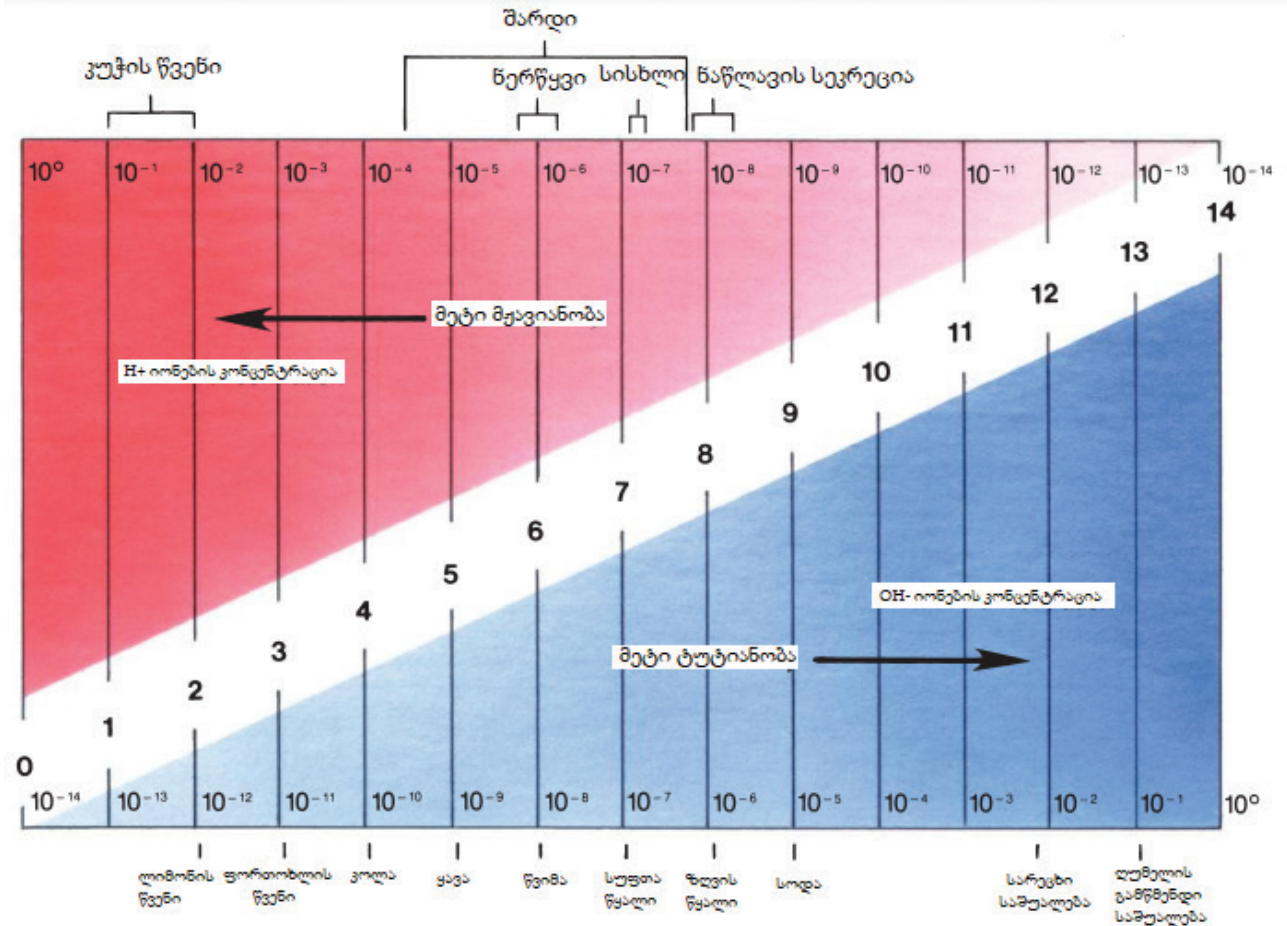
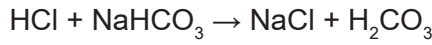
ნახშირმჟავა იონიზირებს შემდეგნაირად (მაგრამ გახსოვდეთ, რადგან ის სუსტი მჟავაა არ უწყობს ხელს ბევრ  $H^+$  იონის გამოთავისუფლებას ხსნარში):



ნატრიუმის ბიკარბონატი იონიზირდება შემდეგნაირად:



თუ უფრედგარე სითხეს დაემატება ძლიერი მჟავა, როგორცაა HCl, შემდეგი რეაქცია მოხდება:



**სურათი 2-5** pH სკალა. ორგანიზმის სითხეების pH მაჩვენებლები (მასშტაბის ზემოთ); ზოგიერთი ნაცნობი ხსნარის pH მნიშვნელობები (სკალის ქვემოთ).

**კითხვა:** შეადარეთ სისხლის და შარდის pH მაჩვენებლები.

ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, ძლიერი ტუტე, რომელიც მნიშვნელოვნად გაზრდის pH-ს, შედის რეაქციაში ნახშირმჟავასთან. ამ რეაქციის პროდუქტებია წყალი, რომელიც არ მოქმედებს pH-ზე და ნატრიუმის ბიკარბონატი, სუსტი ტუტე, რომელიც მხოლოდ ოდნავ ზრდის pH-ს. ეს ყოველივე ხელს უშლის უფრედგარე სითხის pH-ის მკვეთრ ცვლილებას.

ორგანიზმში ასეთი რეაქციები ხდება ნამზე ნაკლებ დროში, როდესაც იქმნება მჟავები ან ფუძეები, რომლებიც მნიშვნელოვნად შეცვლიან pH-ს. იმის გამო, რომ ორგანიზმი უფრო მჟავე ხდება, აციდოზის გამოსწორების მოთხოვნილება უფრო ხშირია. ბიკარბონატის ბუფერულ სისტემასთან დაკავშირებით, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ საჭიროა მეტი NaHCO<sub>3</sub> ვიდრე H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. ამ მიზეზით, ამ ბუფერების ჩვეულებრივი თანაფარდობაა 20:1 (NaHCO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

### მნიშვნელოვანი ორგანული ნაერთები

ორგანული ნაერთები ყველა შეიცავს კოვალენტურად დაკავშირებულ ნახშირბადის და წყალბადის ატომებს და შესაძლოა სხვა ელემენტებსაც. ადამიანის ორგანიზმში ორგანული ნა-

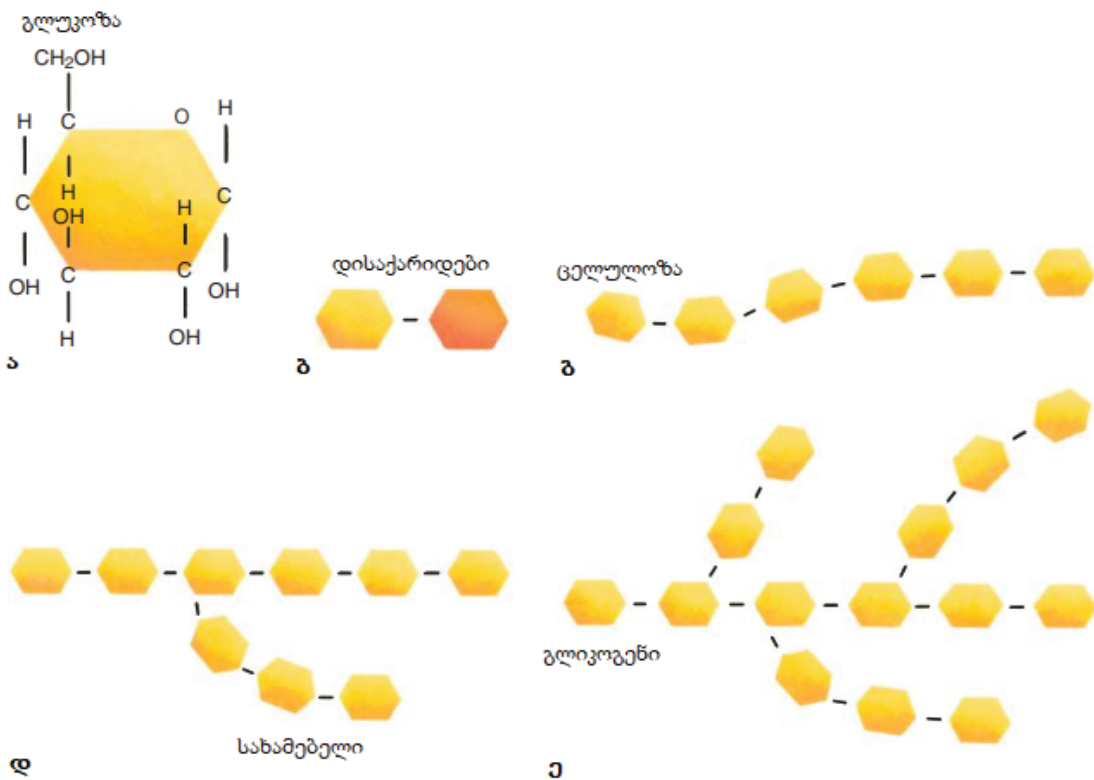


ერთების ოთხი ძირითადი ჯგუფია: ნახშირწყლები, ლიპიდები (ცხიმები), ცილები (პროტეინები) და ნუკლეინის მჟავები (დნმ და რნმ).

## ნახშირწყლები

ნახშირწყლების ძირითადი ფუნქციაა ენერგიის წყარო უჯრედულ სუნთქვაში. ყველა ნახშირწყალი შეიცავს ნახშირბადს, წყალბადს და ჟანგბადს და კლასიფიცირდება როგორც მონოსაქარიდები, დისაქარიდები, ოლიგოსაქარიდები და პოლისაქარიდები. სიტყვა საქარიდი ნიშნავს "შაქარს", ხოლო პრეფიქსი მიუთითებს რაოდენობაზე.

**მონოსაქარიდები**, ანუ ერთი შაქრის ნაერთები, უმარტივესი შაქრებია. გლუკოზა არის ჰექსოზა, ანუ ექვს ნახშირბადის შაქარი, მისი ფორმულაა  $C_6H_{12}O_6$  (სურ. 2-6). ფრუქტოზას და გალაქტოზას ასევე აქვთ იგივე ფორმულა, მაგრამ ნახშირბადის, წყალბადის და ჟანგბადის ატომების ფიზიკური განლაგება თითოეულში განსხვავდება გლუკოზისგან. ეს თითოეულ ჰექსოზურ შაქარს აძლევს განსხვავებულ სამგანზომილებიან სტრუქტურას. ფუტკრის მიერ წარმოებული თაფლი შეიცავს ფრუქტოზას და გლუკოზას. ტკბილი ხილი შეიცავს ფრუქტოზას (გლუკოზას ძალიან ტკბილი გემო არ აქვს ჩვენთვის). გალაქტოზა ჩვეულებრივ არის რძეში შემავალი დისაქარიდის ლაქტოზის ნაწილი. ღვიძლს შეუძლია გარდაქმნას ფრუქტოზა და გალაქტოზა გლუკოზად, რომელიც შემდეგ გამოიყენება უჯრედების მიერ უჯრედული სუნთქვის პროცესში ატფ-ის წარმოებისთვის.



**სურათი 2-6** ნახშირწყლები. (ა) გლუკოზა სტრუქტურული ფორმულა. (ბ) დისაქარიდი - საქაროზა. (გ) ცელულოზა, პოლისაქარიდი. (დ) სახამებელი, პოლისაქარიდი. (ე) გლიკოგენი, პოლისაქარიდი. თითოეული ექვსკუთხედი წარმოადგენს ჰექსოზურ შაქარს, როგორცაა გლუკოზა.

**კითხვა:** რა არის გლუკოზის ქიმიური ფორმულა?

მონოსაქარიდის კიდევ ერთი სახეობაა პენტოზა, ანუ ხუთნახშირბადიანი შაქარი. ისინი არ მონაწილეობენ ენერგიის წარმოებაში, არამედ წარმოადგენენ ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურულ კომპონენტებს. დეოქსირიბოზა ( $C_5H_{10}O_4$ ) არის დნმ-ის ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს ქრომოსომების გენეტიკურ მასალას. რიბოზა ( $C_5H_{10}O_5$ ) არის რნმ-ის ნაწილი, რომელიც აუცილებელია ცილის სინთეზისთვის.



ჩვენ დავუბრუნდებით ნუკლეინის მუავებს მოგვიანებით ამ თავში.

**დისაქარიდები** არის ორმაგი შაქრები, რომელიც დამზადებულია ორი მონოსაქარიდისგან, რომლებიც დაკავშირებულია კოვალენტური კავშირით. როდესაც ეს ბმა იქმნება, წყლის მოლეკულა ( $H-O-H$ ) ამოვარდება, ამიტომ დისაქარიდის ზოგადი ფორმულა არ არის მთლად გაორმაგებული გლუკოზის მოლეკულა; ეს არის  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . მაგალითად, საქაროზა ან ლერწმის შაქარი მზადდება ერთი გლუკოზისა და ერთი ფრუქტოზისგან; ის ასევე გვხვდება ქარხალში და სხვა ბოსტნეულში.

ლაქტოზა შედგება ერთი გლუკოზისა და ერთი გალაქტოზის მოლეკულისაგან; ის გვხვდება რძეში, ნაყინში, იოგურტში და სხვა რძის პროდუქტებში. მარცვლეული შაქრის მალტოზა შედგება ორი გლუკოზის მოლეკულისგან. ჩვენს საკვებში არსებული დისაქარიდები მონელებისას იშლება მონოსაქარიდებად, რომლებიც შემდეგ გამოიყენება ენერგიის წარმოებისთვის.

პრეფიქსი ოლიგო ნიშნავს “ცოტას”; **ოლიგოსაქარიდები** შედგება 3-დან 20-მდე მონოსაქარიდისგან. სხვა ნახშირწყლებისაგან განსხვავებით, ოლიგოსაქარიდები არ წარმოადგენენ ენერგიის წყაროს ჩვენთვის, რადგან ჩვენ არ შეგვიძლია მათი მონელება. ადამიანის უჯრედებში ოლიგოსაქარიდები გვხვდება უჯრედის მემბრანების გარე ზედაპირზე. ისინი მოქმედებენ როგორც **ანტიგენები**, ქიმიური მარკერები (ან “ნიშნები”), რომლებიც განსაზღვრავენ უჯრედებს. მაგალითად, A, B და AB სისხლის ჯგუფები არის ოლიგოსაქარიდული ანტიგენების შედეგი სისხლის ნითელი უჯრედების მემბრანების გარე ზედაპირზე. ჩვენს ყველა უჯრედს აქვს “საკუთარი” განმსაზღვრელი ანტიგენები, რომლებიც მიეკუთვნება ინდივიდს. ჩვენს უჯრედებზე “საკუთარი” ანტიგენების არსებობა უზრუნველყოფს იმუნური სისტემის სისხლის თეთრი უჯრედების შედარებას უცხო მასალასთან; სისხლის თეთრი უჯრედები შემდეგ შეძლებენ ამოცნონ ანტიგენები, რომლებიც არიან „არასაკუთარი“. ასეთი უცხო ანტიგენები, რომელიც მოიცავს ბაქტერიებს და ვირუსებს და იმუნიტეტი იქნება მე-14 თავის მთავარი თემა.

სხვადასხვა ოლიგოსაქარიდები წარმოიქმნება სარძევე ჯირკვლების უჯრედების მიერ და ხდება დედის რძის ნაწილი. ეს ნახშირწყლები განკუთვნილია არა ბავშვის ძუძუთი კვებისათვის (რძე შეიცავს ლაქტოზას ბავშვისთვის), არამედ ხელს უწყობს სასარგებლო ბაქტერიების ზრდას ბავშვის ნაწლავებში (ახალშობილის ნაწლავები სტერილურია). გავისხენოთ 1-ლი თავიდან, რომ ასეთი ბაქტერიები, ჩვენი მიკრობიოტა ან ნორმალური ფლორა, ითვლება, რომ ხელს უწყობს ნაწლავის ჯანმრთელობას მთელი ცხოვრების განმავლობაში, ისევე როგორც იმუნიტეტის ასპექტებს. (იხილეთ აგრეთვე სამახსოვრო 2–3: ბოსტნეული: ცრემლები და აირი.)

**პოლისაქარიდები** შედგება ათასობით გლუკოზის მოლეკულისგან, რომლებიც დაკავშირებულია ერთმანეთთან და იღებს სხვადასხვა სტრუქტურას (იხ. სურათი 2-6). სახამებელი გლუკოზის განშტოებული ჯაჭვებია და წარმოიქმნება მცენარეთა უჯრედების მიერ ენერგიის შესანახად. კარტოფილი, ბრინჯი, სიმინდი და ხორბალი შეიცავს სასარგებლო სახამებელს. ჩვენ ვიყენებთ სახამებელს, როგორც პურის, მაკარონის, პიცის, კარტოფილი ფრის და პელმენის ნაწილად, ასევე ფუნთუშებს, ნამცხვრებს და ღვეზელებს. ადამიანებს აქვთ საჭმლის მომნელებელი ფერმენტები, რომლებიც შლიან სახამებლის მოლეკულთაშორის ბმებს და ათავისუფლებენ გლუკოზას. შემდეგ გლუკოზა შეინოვება და გამოიყენება უჯრედების მიერ ატფ-ის წარმოებისთვის.

**გლიკოგენი**, გლუკოზის მოლეკულების უაღრესად განშტოებული ჯაჭვი, არის გლუკოზის შენახვის ჩვენი საკუთარი ფორმა. ნახშირწყლებით მდიდარი ქამის შემდეგ სისხლში გლუკოზის დონე იმატებს. თუ გლუკოზის დონე მაღალი რჩება, იგი დაიკარგება თირკმელებით გამოყოფილი შარდით (ასე ხდება დიაბეტის დროს). მაგრამ ჰორმონი ინსულინის არსებობით, სისხლში ქარბი გლუკოზა სწრაფად გარდაიქმნება გლიკოგენად და ინახება ღვიძლში და ჩონჩხის კუნთებში. როდესაც სისხლში გლუკოზის დონე ქვეითდება საკვების მიღებებს შორის, გლიკოგენი გარდაიქმნება გლუკოზად, რომელიც გამოიყოფა სისხლში (ეს რეაქციები რეგულირდება სხვა ჰორმონებით). სისხლში გლუკოზის დონე ნარჩუნდება ნორმალურ ფარგლებში და უჯრედებს შეუძლიათ გამოიყენონ ეს გლუკოზა ენერგიის გამომუშავებისთვის.

## სამახსოვრო 2–3: ბოსტნეული: ცრემლები და აირი

ხახვის დაჭრა ხშირად მზარეულს ატირებს. ბოსტნეული, რომელიც ჯანსაღი დიეტის ნაწილია, როგორცაა ლობიო, კომბოსტო, ბროკოლი და ყვავილოვანი კომბოსტო, ბევრს უქმნის დისკომფორტს ნაწლავებში დაგროვილი აირისა და შებერილობის გამო. რატომ ხდება ეს? ახლა უკვე თქვენ იცით; ყველაფერი მათ ქიმიურ სტრუქტურასა და თვისებებშია.

ხახვის უჯრედების ზოგიერთი ამინომჟავა შეიცავს გოგირდს. ხახვის დაჭრა არღვევს უჯრედებს და გამოყოფს გოგირდის ნაერთს, რომელიც ადვილად ორთქლდება. როდესაც ეს გოგირდის ნაერთი ურთიერთობს წყალთან, რომელიც ფარავს თვალის ზედაპირს (ცრემლები), ის იხსნება და წარმოქმნის ძალიან განზავებულ გოგირდმჟავას, რომელიც გამაღიზიანებელია. საცრემლე ჯირკვლები სტიმულირდება, რათა უფრო სწრაფად წარმოქმნან ცრემლები, ხოლო თვალის ხამხამი იზრდება ცრემლების გავრცელების მიზნით.

ორივე ეს პასუხი ეხმარება გამაღიზიანებელი მჟავის მოშორებას.

სხვა მრავალ ბოსტნეულთან ერთად, ლობიო და ბროკოლი შეიცავს ოლიგოსაქარიდებს, რომელთა მონელებაც ჩვენ არ შეგვიძლია. ჩვენი ნაწლავის ბაქტერიები, რომლებიც ჩვენი ნორმალური ფლორის ნაწილია, განსაკუთრებით მსხვილ ნაწლავში, წარმოქმნიან ფერმენტებს, რომლებიც ოლიგოსაქარიდების დუდილის პროცესს იწვევენ. დუდილის ერთ-ერთი პროდუქტი არის აირი (სინამდვილეში რამდენიმე აირი, ზოგი უსიამოვნო სუნით).

ალბათ გაინტერესებთ მუშაობს თუ არა “აირების შემამსუბუქებელი” პროდუქტები. ნებისმიერი, რომელიც შეიცავს ფერმენტ ალფა-გალაქტოზიდაზას, ხელს უშლის ამ ტიპის აირის წარმოქმნას. ეს ფერმენტი შთანთქავს ოლიგოსაქარიდებს, სანამ ისინი მსხვილი ნაწლავის ბაქტერიამდე მიაღწევენ. ოლიგოსაქარიდების დუდილი პროცესი აღარ იწყება და ამიტომ აირი არ წარმოიქმნება.

**ცელულოზა** არის გლუკოზის მოლეკულების თითქმის სწორი ჯაჭვი, რომელიც წარმოიქმნება მცენარეთა უჯრედების მიერ, როგორც მათი უჯრედის კედლების ნაწილი. ადამიანებს არ გააჩნიათ ფერმენტი ცელულოზის მოსანელებლად, რომელიც მოიპოვება ბოსტნეულში (როგორცაა ლობიო, ბროკოლი და ბარდა), მარცვლეულსა და თხილში, ამიტომ ის უცვლელი გადის საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში. ბევრი უმი ბოსტნეული და თხილი, როგორცაა სტაფილო ან ნიგოზი, ხრაშუნაა, რადგან შეიცავს ცელულოზას. ხილიც კი, რომელიც არ არის განსაკუთრებით ხრაშუნა, როგორცაა ატამი ან მარწყვი, შეიცავს საკმაოდ დიდ რაოდენობა ცელულოზას. დიეტური ცელულოზის კიდევ ერთი სახელია “**ბოჭკოები/უჯრედისი**” და მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ არ შეგვიძლია მისი გლუკოზის გამოყენება ენერჯისთვის, მას აქვს ფუნქცია. ბოჭკოები/უჯრედისი უზრუნველყოფენ მსხვილი ნაწლავის ღრუში ფეკალური მასის წარმოქმნას. ის ხელს უწყობს ეფექტურ პერისტალტიკას, შეკუმშვის ტალღებს, რომლებიც ეხმარება მოუნელებელი მასალის გავლას მსხვილ ნაწლავში. ბოჭკოები/უჯრედისით ღარიბი დიეტა ვერ უზრუნველყოფს მსხვილ ნაწლავს დიდ დატვირთვით, მსხვილი ნაწლავის კუნთოვანი ქსოვილი სუსტად იკუმშება, და როგორც შედეგი მსხვილი ნაწლავის კუნთოვანი ქსოვილი სუსტდება, იგივენაირად როგორც ჩონჩხის კუნთები ვარჯიშის გარეშე. ბოჭკოები/უჯრედისით მდიდარი დიეტა უზრუნველყოფს მსხვილი ნაწლავის კუნთის დატვირთვას და შეიძლება დაეხმაროს ქრონიკული შეკრულობის

თავიდან აცილებას. მცენარეული ბოჭკოები/უჯრედისი ასევე უზრუნველყოფს საკვებს ჩვენი ნაწლავის ბაქტერიებისთვის; მათ აქვთ ფერმენტები ამ რთული ნახშირწყლების დასაშლელად. ნახშირწყლების სტრუქტურა და ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 2-3.

ცხრილი 2-3		ნახშირწყლები
დასახელება	სტრუქტურა	ფუნქცია
<b>მონოსაქარიდები</b>	<b>შაქრის ერთი მოლეკულა</b>	უჯრედების ენერჯის ყველაზე მნიშვნელოვანი წყარო
გლუკოზა	ექვსნახშირბადიანი შაქარი	ღვიძლში გარდაიქმნება გლუკოზად და შემდეგ გამოიყენება ენერჯის წარმოებისთვის
ფრუქტოზა და გალაქტოზა	ექვსნახშირბადიანი შაქარი	დნმ-ის ნაწილი, გენეტიკური კოდი უჯრედების ქრომოსომებში
დეოქსირიბოზა	ხუთნახშირბადიანი შაქარი	რნმ-ის ნაწილი, რომელიც საჭიროა უჯრედებში ცილის სინთეზისთვის
რიბოზა	ხუთნახშირბადიანი შაქარი	მოიპოვება საკვებში; მონივლეება მონოსაქარიდებამდე, რომლებიც შემდეგ გამოიყენება ენერჯის წარმოებისთვის
<b>დისაქარიდები</b>	<b>ორმაგი შაქრის მოლეკულა</b>	
საქაროზა, ლაქტოზა, და მალტოზა	ორი ექვსნახშირბადიანი შაქარი	
<b>ოლიგოსაქარიდები</b>	<b>რამოდენიმე შაქრის მოლეკულა</b>	
	3-დან 20-მდე მონოსაქარიდი	უჯრედის მემბრანებზე "საკუთარი" ანტიგენების ფორმირება; მნიშვნელოვანია, რომ იმუნურ სისტემას საშუალება მისცეს განასხვავოს „საკუთარი“ უცხო ანტიგენებისგან (პათოგენებისგან) წარმოიქმნება სარმევე ჯირკვლების უჯრედებში; ხელს უწყობს სასარგებლო ბაქტერიების ზრდას ჩვილის ნაწლავის ტრაქტში
<b>პოლისაქარიდები</b>	<b>ბევრი შაქარი (ათასობით)</b>	
სახამებელი	გლუკოზის მოლეკულების განშტოებული ჯაჭვები	გვხვდება მცენარეულ საკვებში; მონივლეება მონოსაქარიდებამდე და გამოიყენება ენერჯის წარმოებისთვის
გლიკოგენი	გლუკოზის მოლეკულების ძლიერ განშტოებული ჯაჭვები	ღვიძლში და ჩონჩხის კუნთებში ჭარბი გლუკოზის შესანახი ფორმა
ცელულოზა	გლუკოზის მოლეკულების სწორი ჯაჭვები	მცენარეთა უჯრედის კედლების ნაწილი; უზრუნველყოფს ბოჭკოებს პერისტალტიკის გასაუმჯობესებლად, განსაკუთრებით მსხვილი ნაწლავის მხრივ, და ნაწლავის მიკრობიოტის კვებას

## ლიპიდები/ცხიმები

ლიპიდები შეიცავს ისეთ ელემენტებს როგორცაა ნახშირბადი, წყალბადი და ჟანგბადი; ზოგი ასევე შეიცავს ფოსფორს. ორგანული ნაერთების ამ ჯგუფში შედის სხვადასხვა ტიპის ნივთიერებები ძალიან განსხვავებული ფუნქციებით. აქ განვიხილავთ სამ ტიპს: ქემმარიტ ცხიმებს, ფოსფოლიპიდებსა და სტეროიდებს (ნახ. 2-7).

**ქემმარიტი ცხიმები** (ასევე უწოდებენ ნეიტრალურ ცხიმებს) შედგება **გლიცეროლის** ერთი მოლეკულისა და **ცხიმოვანი მჟავის** ერთი, ორი ან სამი მოლეკულისგან. გლიცეროლი არის პატარა სამნახშირბადიანი მოლეკულა ( $C_3H_8O_3$ ). ცხიმოვანი მჟავა არის გრძელი მოლეკულა, რომელსაც აქვს ნახშირბადების ლუნი (12-დან 24-მდე) რაოდენობა, რომელთანაც დაკავშირებულია წყალბადები. პირველ ნახშირბადთან არის კარბოქსილის ჯგუფი:  $COOH$ . თუ სამი ცხიმოვანი მჟავის მოლეკულა უკავშირდება ერთ გლიცეროლს, წარმოიქმნება **ტრიგლიცერიდი**. ორი ცხიმოვანი მჟავა და გლიცეროლი ქმნიან **დიგლიცერიდს**, ხოლო ერთი ცხიმოვანი მჟავა და გლიცეროლი ქმნიან **მონოგლიცერიდს**.

ცხიმოვანი მჟავები ქემმარიტ ცხიმში შეიძლება იყოს ნაჯერი ან უჯერი. იხილეთ სურ. 2-7, სადაც ნაჩვენებია, რომ ერთ-ერთ ცხიმოვან მჟავას აქვს ერთი კოვალენტური ბმა ნახშირბადის

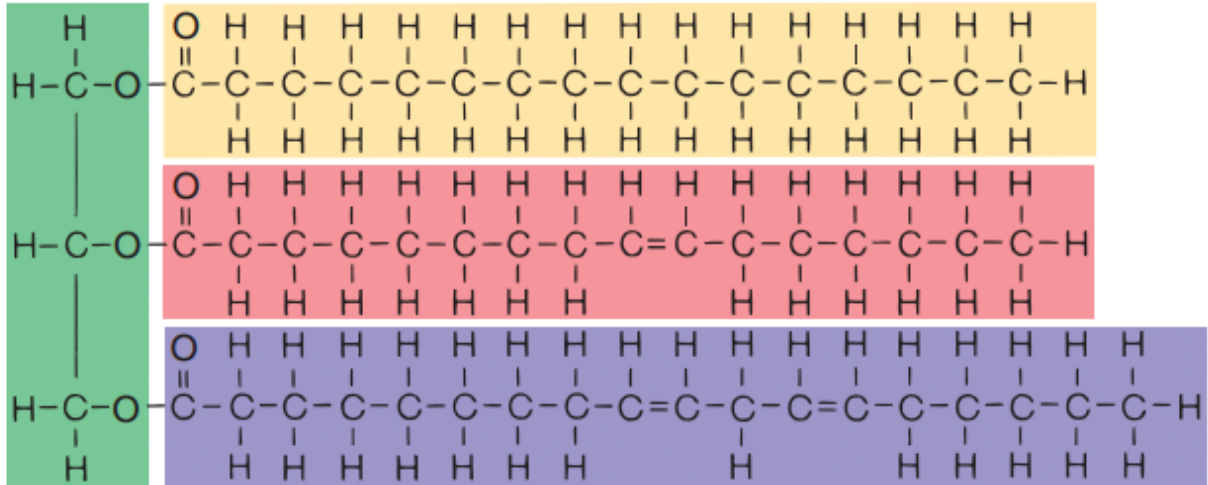


ყველა ატომს შორის. ყოველი ეს ნახშირბადი შემდეგ უკავშირდება წყალბადის მაქსიმალურ რაოდენობას; ეს არის ნაჯერი ცხიმოვანი მჟავა, რაც ნიშნავს წყალბადით გაჯერებულს. დანარჩენ ცხიმოვან მჟავებს აქვთ ერთი ან მეტი (პოლი) ორმაგი კოვალენტური ბმა მათ ნახშირბადებს შორის და წყალბადების რაოდენობა მაქსიმალურზე ნაკლები; ეს არის უჯერი ცხიმოვანი მჟავები.

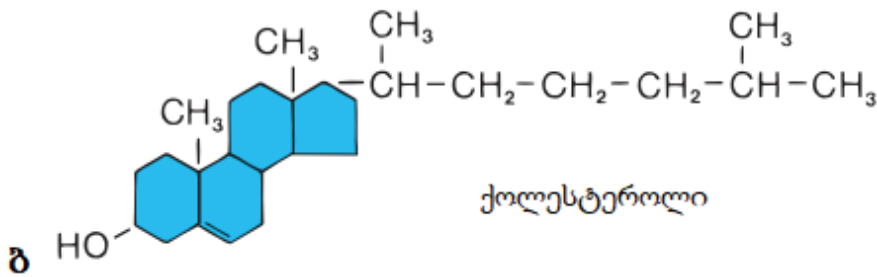
## ტრიგლიცერიდი

გლიცეროლი

3 ცხიმოვანი მჟავა



ა



**სურათი 2-7** ლიპიდები/ცხიმები. (ა) ტრიგლიცერიდი, რომელიც შედგება ერთი გლიცეროლისა და სამი ცხიმოვანი მჟავისგან. (ბ) სტეროიდული ქოლესტერინი. ჰექსაგონები და პენტაგონი წარმოადგენს ნახშირბადის და წყალბადის რგოლებს.

**კითხვა:** როგორი სტრუქტურა ექნება დიგლიცერიდს?

ბევრი ტრიგლიცერიდი შეიცავს როგორც ნაჯერ, ასევე უჯერ ცხიმოვან მჟავებს თუმცა ეს არ არის ზუსტი, ხშირად უფრო ადვილია საუბარი ნაჯერ და უჯერ ცხიმებზე, რაც მიუთითებს ცხიმოვანი მჟავების ამა თუ იმ ტიპის დომინირებაზე.

ოთახის ტემპურატურაზე, ნაჯერი ცხიმები ხშირად მყარ ფორმაშია, ხოლო უჯერი ცხიმები ხშირად (არა ყოველთვის) თხევადია. ნაჯერი ცხიმები გვხვდება ცხოველური წარმოშობის საკვებში, როგორცაა საქონლის ხორცი, ღორის ხორცი, ქათამი, კვერცხი და ყველი, მაგრამ პალმის ზეთი და ქოქოსის ზეთი ასევე შეიცავს ნაჯერ ცხიმებს.

უჯერი ცხიმები გვხვდება სხვა მცენარეულ ზეთებში, როგორცაა სიმინდის და მზესუმზირის ზეთი, მაგრამ ზოგიერთი თევზის ქონი ასევე უჯერია და ღორის ხორციც კი შეიცავს ზოგიერთ უჯერ ცხიმოვან მჟავებს. უჯერი ცხიმები შეიძლება შეიცვალოს ნაჯერ ცხიმებად, რათა საკვებს მიენიჭოს უფრო სასიამოვნო ტექსტურა ან გემო, ან შეინარჩუნოს ისინი უფრო დიდხანს მაცივრის გარეშე (უფრო ხანგრძლივი შენახვის ვადა). ეს არის ჰიდროგენირებული ცხიმები (იგულისხმება, რომ დამატებულია წყალბადები), რომელსაც ასევე უწოდებენ ტრანს ცხიმებს.

ტრანს ცხიმები მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს არტერიების ათეროსკლეროზული დაავადების განვითარებას; ანუ არანორმალური ქოლესტერინის დეპოზიტების წარმოქმნას ღორწოვან გარსში, რამაც შეიძლება დაახლოს არტერიები, განსაკუთრებით გულის კორონარული არტერიები.



2014 წლის დასაწყისიდან, სურსათისა და წამლების ადმინისტრაცია განიხილავდა მზა საკვებში ტრანს ცხიმების გამოყენების აკრძალვას. (აგრეთვე იხილეთ სამახსოვრო 2-4: ლიპიდები/ცხიმები სისხლში.)

ჭეშმარიტი ცხიმების ტრიგლიცერიდული ფორმები წარმოადგენს საკვების შესანახ ფორმას; ანუ ისინი წარმოადგენენ შენახულ ენერჯიას (პოტენციური ენერჯია). ნებისმიერი სახის საკვები, რომელიც მოხმარდება ორგანიზმის კალორიულ მოთხოვნილებებზე ჭარბი რაოდენობით, გარდაიქმნება ცხიმად და შეინახება ცხიმოვან ქსოვილში. ცხიმოვანი ქსოვილის უმეტესობა კანქვეშ მდებარეობს, კანსა და კუნთებს შორის. თუმცა, ზოგიერთი ორგანო, როგორცაა თვალები და თირკმელები, ჩასმულია ცხიმის ფენაში, რომელიც მოქმედებს როგორც ბალიში შოკის შთანთქმისთვის. (ცხიმოვანი ქსოვილის სხვა ფუნქციებს განვიხილავთ მე-4 თავში.)

**ფოსფოლიპიდები** არის დიგლიცერიდები, ხოლო გლიცერიდის მე-3 ნახშირბადთან დაკავშირებულია ფოსფატის ჯგუფი (PO<sub>4</sub>). მიუხედავად იმისა, რომ სტრუქტურის მიხედვით ისინი მსგავსია ჭეშმარიტ ცხიმებთან, ფოსფოლიპიდები არ წარმოადგენენ დაგროვილი ენერჯიის მოლექულებს, არამედ უჯრედების სტრუქტურული კომპონენტებია. ლეციტინი არის ფოსფოლიპიდი, რომელიც ჩვენი უჯრედის მემბრანების ნაწილია (იხ. სურ. 3-1 მე-3 თავში; ფოსფოლიპიდის თითოეული მოლექულა ჰგავს სფეროს ორი კუდით; სფეროს წარმოადგენს გლიცეროლი და ფოსფატი, ხოლო კუდებს ორი ცხიმოვანი მჟავა). კიდევ ერთი ფოსფოლიპიდი არის **მიელინი**, რომელიც ქმნის მიელინის გარსს ნერვული უჯრედების გარშემო და უზრუნველყოფს ელექტრო იზოლაციას ნერვული იმპულსების გადაცემისთვის.

**სტეროიდების** სტრუქტურა ძალიან განსხვავდება სხვა ლიპიდების სტრუქტურისგან. **ქოლესტეროლი** მნიშვნელოვანი სტეროიდია; იგი დამზადებულია ნახშირბადისა და წყალბადის ოთხი რგოლისგან (არა ცხიმოვანი მჟავებისა და გლიცერინის) და ნაჩვენებია სურ. 2-7.

#### სამახსოვრო 2-4: ლიპიდები/ცხიმები სისხლში

ტრიგლიცერიდების და ქოლესტეროლის სისხლში გადატანა ხდება ცილებთან ერთად. წვრილი ნაწლავის მიერ წარმოქმნილ ასეთ მოლექულებს ქილომიკრონები ეწოდება. ღვიძლის მიერ წარმოქმნილ მოლექულებს ეწოდება ლიპოპროტეინები და კლასიფიცირებულია მათი სიმკვრივით, რაც ასახავს პროტეინის პროპორციას ქოლესტეროლთან. დაბალი სიმკვრივის ლიპოპროტეინებს (LDL, რომელშიც პროტეინების დაბალი, ხოლო ქოლესტეროლის მაღალი პროპორციაა) ქოლესტეროლი გადააქვს ქსოვილებში, სადაც გამოიყენება უჯრედის მემბრანების ან სეკრეტის სინთეზისთვის. LDL-ებს ასევე უწოდებენ “ცუდ ქოლესტეროლს”, რადგან ამ ფორმით ქოლესტეროლი უფრო მეტად ლაგდება სისხლძარღვების კედლებში, რაც იწვევს ათეროსკლეროზს. მაღალი სიმკვრივის ლიპოპროტეინებს (HDL, რომელშიც უფრო მაღალია პროტეინის და დაბალია ქოლესტეროლის პროპორციები, ვიდრე LDL-ში) ქოლესტეროლი ქსოვილებიდან ღვიძლში გადააქვთ.

HDL-ებს ასევე უწოდებენ “კარგ ქოლესტეროლს”, რადგან ამ ფორმით ქოლესტეროლი უფრო ადვილად ამოიღება სისხლიდან ღვიძლის მიერ და გამოიყოფა ნალველში.

ცხიმის დაბალი შემცველობა საკვებში, უმეტესობა უჯერი ცხიმებით, ზრდის HDL დონეს და ამცირებს LDL დონეს. ითვლება, რომ ეს დონე აფერხებს ათეროსკლეროზისა და კორონარული არტერიის დაავადების განვითარებას. მარტივ სისხლის ტესტს, რომელსაც ეწოდება ლიპიდური პროფილი (ან ლიპიდური პანელი) შეუძლია განსაზღვროს მთლიანი ქოლესტეროლის, ტრიგლიცერიდების, HDL და LDL დონეები. HDL მაღალი დონე, 50 მგ/დლ-ზე მეტი, ითვლება კარგ მაჩვენებლად (60 მგ/დლ-ზე მეტი ითვლება კიდევ უფრო დამცავად), ისევე როგორც დაბალი LDL დონე, 100 მგ/დლ-ზე ქვემოთ.

სხვა ფაქტორები, რომელიც ხელს უწყობს კორონარული არტერიის დაავადების განვითარებას არის: მემკვიდრეობა, მონევა, ჭარბი წონა და ვარჯიშის ნაკლებობა.

მხოლოდ სწორი კვება ვერ დაგვიცავს ათეროსკლეროზისაგან. თუმცა, საკვები მდიდარი უჯერი ცხიმებით უკვე კარგი დასაწყისია.

ღვიძლი ასინთეზირებს ქოლესტეროლს, გარდა იმისა, რომელსაც ჩვენ ვიღებთ საკვებიდან. ქოლესტეროლს შეიცავს მხოლოდ ცხოველური საკვები, როგორცაა საქონლის ხორცი, ღორის ხორცი, რძის პროდუქტები და კვერცხის გული. ვეგეტარიანელებს ვერ იღებენ ქოლესტეროლს საკვებიდან, ამიტომ ქოლესტეროლის არსებობა დამოკიდებულია ღვიძლის სინთეზზე. ქოლესტეროლი არის უჯრედის მემბრანების კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი და წარმოადგენს წინამორბედს (ნედლეულს) სხვა სტეროიდების სინთეზისთვის. საკვერცხეებში ან სათესლე ჯირკვალში ქოლესტეროლი გამოიყენება სტეროიდული ჰორმონების ესტროგენის ან ტესტოსტერონის სინთეზისთვის. ასევე ქოლესტეროლი კანში გარდაიქმნება D ვიტამინად მზის სხივების ზემოქმედებისას. ღვიძლის უჯრედები იყენებენ ქოლესტეროლს ნაღვლის სინთეზისთვის, რომლებიც ცხიმების მონელებაში იღებენ მონაწილეობას. კორონარული არტერიის დაავადებასთან და გულის შეტევასთან კავშირის მიუხედავად, ქოლესტეროლი ადამიანისათვის აუცილებელი ნივთიერებაა.

ლიპიდების სტრუქტურა და ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 2-4.

**ცხრილი 2-4**

**ლიპიდები/ცხიმები**

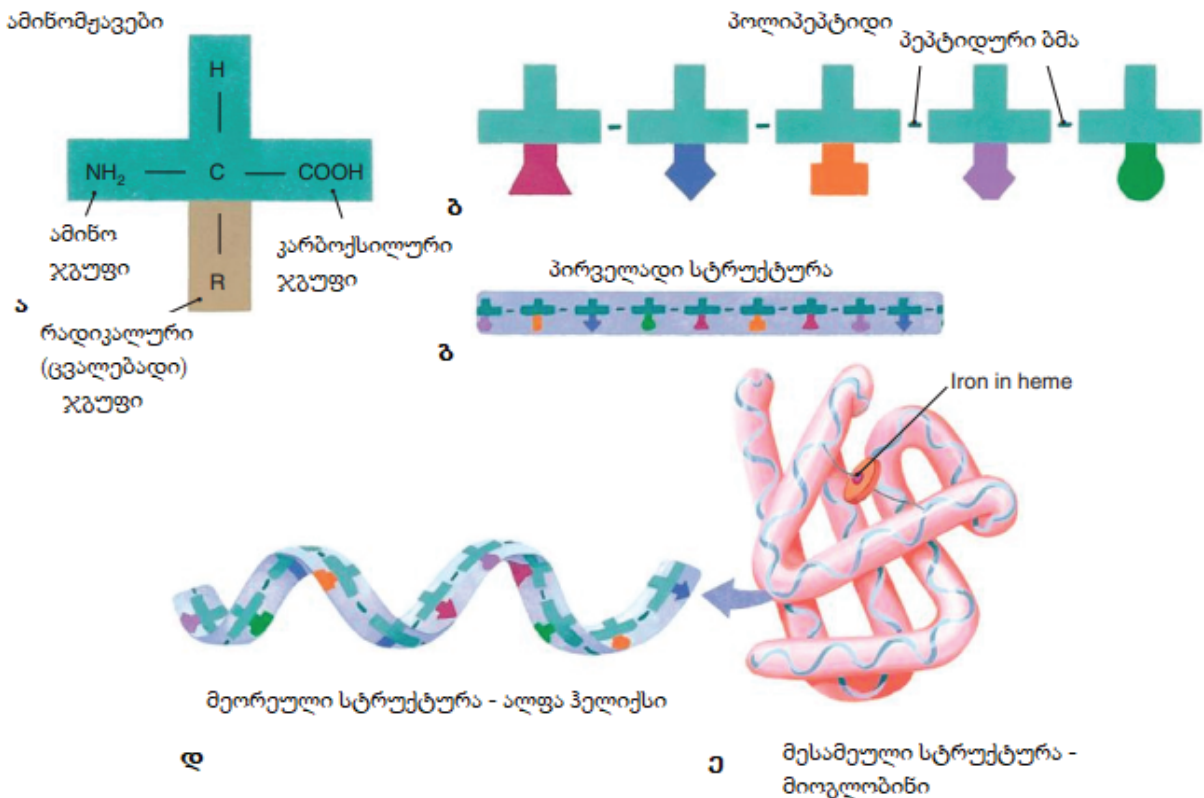
დასახელება	სტრუქტურა	ფუნქცია
ჭიმარტი ცხიმები	ტრიგლიცერიდი შედგება სამი ცხიმოვანი მჟავის მოლეკულისგან, რომლებიც დაკავშირებულია გლიცეროლის მოლეკულასთან (ზოგიერთი მონოგლიცერიდია, ხოლო ზოგიერთი დიგლიცერიდია)	<ul style="list-style-type: none"> <li>კანქვეშა ქსოვილში ჭარბი საკვების მოლეკულების შენახვის ფორმა.</li> <li>ისეთი ორგანოების დაცვა, როგორცაა თვალები და თირკმელები.</li> </ul>
ფოსფოლიპიდები	დიგლიცერიდები გლიცეროლის მოლეკულასთან დაკავშირებული ფოსფატის ჯგუფით	<ul style="list-style-type: none"> <li>უჯრედის მემბრანების ნაწილი (ლექციტინი).</li> <li>აყალიბებს მიელინის გარსს და უზრუნველყოფს ნეირონების ელექტრო იზოლაციას.</li> </ul>
სტეროიდები (ქოლესტეროლი)	ნახშირბად-წყალბადის ოთხი რგოლი	<ul style="list-style-type: none"> <li>უჯრედის მემბრანების ნაწილი;</li> <li>გარდაიქმნება D ვიტამინად კანში მზის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით;</li> <li>გარდაიქმნება ღვიძლში ნაღვლის მარილებად,</li> <li>რომლებიც იღებენ მონაწილეობას ცხიმების ემულსიფიკაციაში საჭმლის მონელების დროს;</li> <li>სტეროიდული ჰორმონების წინამორბედი, როგორცაა ესტროგენი ქალებში (საკვერცხეები) ან ტესტოსტერონი მამაკაცებში (სათესლე ჯირკვლები)</li> </ul>

**ცილები**

ცილები (პროტეინები) შედგება მცირე ქვედანაყოფებისგან ან სამშენებლო ბლოკებისგან, რომელსაც ეწოდება **ამინომჟავები**, რომლებიც შეიცავს ელემენტებს როგორცაა ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი და აზოტი. ზოგიერთი ამინომჟავა შეიცავს გოგირდს, რომელიც იძლევა ცილებში (ინსულინი და ანტისხეულები) დისულფიდური ბმების წარმოქმნის საშუალებას. დაახლოებით 20 ამინომჟავაა, რომლებიც ქმნიან ადამიანის ცილებს. ამ ამინომჟავებს ვიღებთ ცხოველური ცილებისაგან, როგორცაა საქონლის ხორცი, ქათამი, ღორის ხორცი და თევზი, და მცენარეული ცილებისაგან, როგორცაა ლობიო, ბარდა, თხილი, სიმინდი და სხვა მარცვლეული.

ამინომჟავების სტრუქტურა ნაჩვენებია სურ. 2-8-ზე და შესამჩნევია, რომ მათ აქვთ რამდენიმე საერთო ნაწილი. თითოეულ ამინომჟავას აქვს ნახშირბადის ცენტრალური ატომი კოვალენტურად დაკავშირებული წყალბადის ატომთან, ამინოჯგუფთან (NH<sub>2</sub>) და კარბოქსილის ჯგუფთან (COOH). ცენტრალური ნახშირბადის მეოთხე ბმაზე არის ამინომჟავის ცვლადი ნაწილი, რომელიც წარმოადგენილია R ჯგუფით. R ჯგუფი შეიძლება იყოს წყალბადის ერთი ატომი, ან CH<sub>3</sub> ჯგუფი, ან ნახშირბადის და წყალბადის და შესაძლოა გოგირდის უფრო რთული კონფიგურაცია. ეს აძლევს თითოეულ 20 ამინომჟავას ოდნავ განსხვავებულ ფიზიკურ ფორმას. ორ ამინომჟავას შორის კავშირს ეწოდება **პეპტიდური ბმა**, ხოლო ამინომჟავების მოკლე ჯაჭვი, რომელიც დაკავშირებულია პეპტიდური ბმებით არის **პოლიპეპტიდი**.

ცილა შეიძლება შედგებოდეს ათასობით ამინომჟავისგან. ამინომჟავების თანმიმდევრობა სპეციფიკური და უნიკალურია თითოეული ცილისთვის. ეს უნიკალური თანმიმდევრობა და წყალბადის და დისულფიდური ბმები, რომლებიც წარმოიქმნება ამინომჟავის ჯაჭვში, განსაზღვრავს, თუ როგორ დაიკეცება ცილა მისი სინთეზის დასასრულელად. ცილის დაკეცვა შეიძლება იყოს მარტივი, სპირალი (სპირალი) ან დაკეცილი ფურცელი, რომელსაც ეწოდება მეორადი სტრუქტურა, ან უფრო რთული დაკეცვის დონე შეიძლება წარმოქმნას, გლობულარული ცილა, რომელსაც ეწოდება მესამეული სტრუქტურა. მიოგლობინი, რომელიც გვხვდება კუნთებში, არის გლობულარული ცილა (სურ. 2–8 ე).



**სურათი 2-8** ამინომჟავისა და ცილის სტრუქტურა. (ა) ამინომჟავის სტრუქტურული ფორმულა. "R" წარმოადგენს მოლეკულის ცვლად ნაწილს. (ბ) პოლიპეპტიდი, რამდენიმე ამინომჟავა, რომლებიც წარმოადგენილია სხვადასხვა ფორმით, დაკავშირებულია პეპტიდური ბმებით. (გ) ცილის პირველადი სტრუქტურა. (დ) ცილის მეორეული სტრუქტურა. (ე) მიოგლობინის ცილის მესამეული სტრუქტურა. იხილეთ ტექსტი დამატებითი აღწერილობისთვის.

**კითხვა:** რა მინერალი შეადგენს მიოგლობინის ნაწილს და რა ფუნქცია აქვს მას?

სრულყოფილი სტრუქტურის შემთხვევაში, თითოეულ ცილას აქვს დამახასიათებელი სამგანზომილებიანი ფორმა, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს მის ფუნქციას. ზოგიერთი ცილა შედგება ერთზე მეტი ამინომჟავის ჯაჭვისგან (მეოთხეული სტრუქტურა). მაგალითად, ჰემოგლობინს აქვს ოთხი ამინომჟავის ჯაჭვი (იხ. სამახსოვრო 3–2; მე-3 თავში). გაითვალისწინეთ, რომ მიოგლობინი შეიცავს რკინის ატომს (ჰემოგლობინის მოლეკულას აქვს ოთხი რკინის ატომი). ზოგიერთი ცილა მოითხოვს მიკროელემენტებს, როგორცაა რკინა ან თუთია, რათა შეავსოს მათი სტრუქტურა და უზრუნველყოს მათი სათანადო ფუნქციონირება.

ჩვენი ორგანიზმის ცილებს მრავალი ფუნქცია გააჩნიათ; ზოგიერთი მათგანი ჩამოთვლილია ცხრილში 2-5 და კვლავ იქნება ნახსენები შემდეგ თავებში. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ ჩვეულებრივ არ ვფიქრობთ ცილებზე, როგორც ენერგიის წყაროზე, თუ ჩვენი საკვები რაციონი შეიცავს უფრო მეტ ამინომჟავას, ვიდრე საჭიროა ჩვენს ორგანიზმში ცილის სინთეზისთვის, ეს ჭარბი ამინომჟავები გარდაიქმნება მარტივ ნახშირწყლად, ან თუნდაც ცხიმად, რათა შენახულ იქნეს პოტენციურ ენერგიად. (იხილეთ სამახსოვრო 2–5: ცილის საიდუმლო: პროინები, როგორც დაავადების გამომწვევი ცილები)



ცილების ერთი ძალიან მნიშვნელოვანი ფუნქცია შემდგომ იქნება განხილული: ცილების როლი, როგორც ფერმენტები.

## ფერმენტები

ფერმენტები წარმოადგენენ კატალიზატორებს, რაც ნიშნავს, რომ ისინი აჩქარებენ ქიმიურ რეაქციებს ენერჯის გარეგანი წყაროს (სითბო) გამოყენების გარეშე. მრავალი რეაქცია, რომელიც გვხვდება ორგანიზმში, კატალიზირებულია სპეციფიკური ფერმენტების მიერ; ყველა ეს რეაქცია წარიმართება ორგანიზმის ტემპერატურაზე.

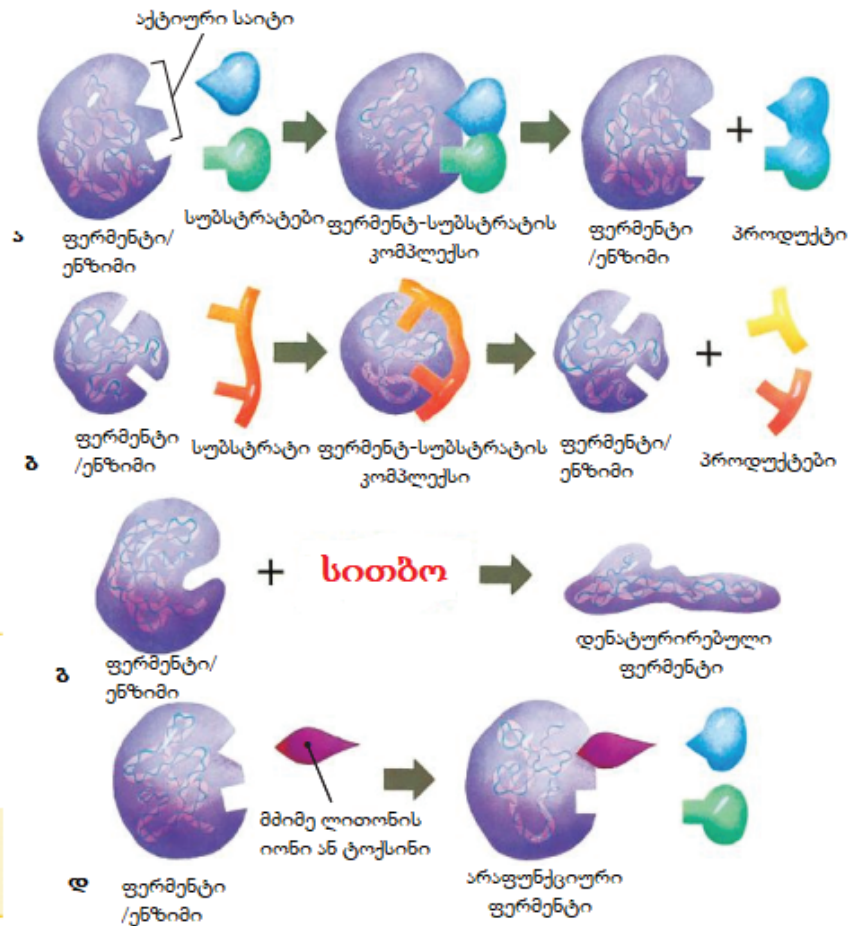
ფერმენტების კატალიზატორად ფუნქციონირების გზას ეწოდება აქტიური ცენტრის თეორია. გაითვალისწინეთ, რომ "თეორია" არ ნიშნავს ვარაუდს; მეცნიერული თეორია არის საუკეთესო ახსნა ყველა არსებული მტკიცებულებისათვის. ფერმენტის ფუნქციონირების ყველა მტკიცებულება მხარს უჭერს აქტიური ცენტრის თეორიას, რომელიც აცხადებს, რომ ფერმენტის ფორმა განსაზღვრავს მის ფუნქციას. სპეციფიკური ფუნქცია ასევე ითვალისწინებს მოლეკულების ფორმებს, რომლებსაც სუბსტრატები ეწოდება. მარტივი სინთეზის რეაქცია გამოსახულია სურ. 2-9ა-ზე. გაითვალისწინეთ, რომ როგორც ფერმენტის, ისევე სუბსტრატის მოლეკულას აქვს სპეციფიკური ფორმა. ფერმენტის აქტიური ცენტრი არის ის ნაწილი, რომელიც ემთხვევა სუბსტრატების ფორმას. სუბსტრატები უნდა „შეესაბამებოდეს“ ფერმენტის აქტიურ ცენტრს და დროებითი ბმების ჩამოყალიბებას შესაძლებელია ფერმენტსა და სუბსტრატს შორის. ამას ეწოდება ფერმენტ-სუბსტრატის კომპლექსი. ამ შემთხვევაში, სუბსტრატის ორი მოლეკულა ერთმანეთთან იმდენად ახლოს ხვდება, რომ მათ შორის წარმოიქმნება ქიმიური ბმები, რაც ქმნის ახალ ნაერთს. რეაქციის პროდუქტი, წარმოქმნილი ახალი ნაერთი, შემდეგ გამოიყოფა, რის შედეგადაც ფერმენტი უცვლელი რჩება და შეუძლია იგივე ტიპის შემდეგი რეაქციის კატალიზება.

სურ. 2-9 ბ-ზე ნაჩვენებია დაშლის რეაქცია. როდესაც სუბსტრატის მოლეკულა უკავშირდება ფერმენტის აქტიურ ცენტრს, მის შიდა ბმებზე მოქმედებს დაძაბულობა, რომელიც შლის ამ ბმებს და წარმოქმნის ორ მოლეკულას (პროდუქტი) და კვლავ ფერმენტი რჩება უცვლელად. თითოეული ფერმენტი სპეციფიკურია იმით, რომ ის ახდენს მხოლოდ ერთი ტიპის რეაქციის კატალიზებას. მაგალითად, ფერმენტი, რომელიც შლის ცილებს საკვებში, აქვს ამ რეაქციის შესაბამისი ფორმა, მაგრამ არ შეუძლია სახამებლის დაშლა. სახამებლის მონელებისთვის საჭიროა სხვა ფერმენტი აქტიური ცენტრის განსხვავებული ფორმით. ორგანიზმში ათასობით ქიმიური რეაქცია იღებს მონაწილეობას და, შესაბამისად, არსებობს ათასობით ფერმენტი, თითოეულს კი აქვს თავისი ფორმა და აქტიური ცენტრი. ფერმენტების ფუნქციონირების უნარი შეიძლება შეიზღუდოს ან განადგურდეს უჯრედშიდა ან უჯრედგარე სითხეებში, რომლებშიც ისინი გვხვდება. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია pH-ისა და ტემპერატურის ცვლილებები. შეგახსენებთ, რომ უჯრედული სითხის pH არის დაახლოებით 6.8-დან 7.0-მდე და რომ pH-ის დაქვეითება ნიშნავს, რომ მეტი H<sup>+</sup> იონი არსებობს. თუ pH მნიშვნელოვნად შემცირდება, ჭარბი H<sup>+</sup> იონები რეაგირებს უჯრედული ფერმენტების აქტიურ ცენტრებზე, შეცვლის მათ ფორმებს და ხელს უშლის მათ რეაქციების კატალიზებაში. სწორედ ამიტომ აციდოზის მდგომარეობამ შეიძლება გამოიწვიოს უჯრედების სიკვდილი, რადგან უჯრედების ფერმენტები ვერ ფუნქციონირებენ. რაც შეეხება ტემპერატურას, ადამიანის ფერმენტების უმეტესობა ოპტიმალურად ფუნქციონირებს ორგანიზმის ტემპერატურის ნორმალურ ფარგლებში: 97 °-დან 99 ° F- მდე (36 ° დან 38 ° C- მდე). 106°F ტემპერატურამ, მაღალმა ცხელებამ, შეიძლება დაარღვიოს ქიმიური ბმები, რომლებიც ინარჩუნებენ ფერმენტების სტრუქტურებს (იხ. სურ. 2-9გ). თუ ფერმენტის სტრუქტურა იშლება, ასეთ ცილას უწოდებენ დენატურირებულს, ის კარგავს კატალიზატორის ფუნქციას. ზოგიერთი ადამიანის ფერმენტი, როდესაც დენატურირებულია მაღალი სიცხის გამო, შეიძლება დაუბრუნდეს პირვანდელ სტრუქტურას, თუ ცხელება სწრაფად დაიკლებს. თუმცა არა ყველა (შეუქცევადი დენატურაციის მაგალითია კარგად მოხარშული კვერცხი; კვერცხის ცილა და გული არასოდეს დაუბრუნდება მის თავდაპირველ სტრუქტურას). მაღალმა სიცხემ შეიძლება გამოიწვიოს ტვინის დაზიანება ან სიკვდილი, რადგან ტვინში არსებული ფერმენტები შეუქცევადად დენატურირებულია.

როგორც იცით, ლითონები, როგორცაა ტყვია და ვერცხლისწყალი, საზიანოა ადამიანისთვის და რომ ორივემ შეიძლება სერიოზული ზიანი მიაყენოს ნერვულ სისტემას და ორგანი-



ზმის სხვა ქსოვილებს. ეს მძიმე ლითონები საზიანოა ჩვენთვის, რადგან ისინი ძალიან რეაქტიულები არიან და აინჰიბირებენ/ბლოკავენ ჩვენი ფერმენტების მოქმედებას. სურ. 2-9-დ ასახავს ზუსტად რა ხდება. ყურადღება მიაქციეთ, რომ მძიმე მეტალის იონი უკავშირდება ფერმენტის აქტიური ცენტრის ნაწილს და იცვლის ფორმას. სუბსტრატის მოლეკულა ვეღარ ეტევა აქტიურ ცენტრში და ფერმენტი უსარგებლოა. ბევრი სხვა ქიმიური ნივთიერება ჩვენთვის შხამიანია იმავე მიზეზით: ისინი ანადგურებენ ჩვენი ფერმენტების ფუნქციონირებას.



**სურათი 2-9** აქტიური საიტის თეორია. (ა) სინთეზის რეაქცია. (ბ) დაშლის რეაქცია. (გ) სითბოს ეფექტი. (დ) ტოქსინების ეფექტი. იხილეთ ტექსტი აღწერისთვის.

**კითხვა:** ამ ოთხი სურათიდან რომელი ასახავს მყავე pH-ის გავლენას ფერმენტზე და რატომ?

ცილის/პროტეინის ტიპი	ცილების ფუნქციები
სტრუქტურული ცილები	<ul style="list-style-type: none"> <li>ქმნიან არხებს, გადამტანებს, უჯრედშორის შეერთებებს და რეცეპტორულ უბნებს უჯრედულ მემბრანებში</li> <li>კერატინი - თმის, ფრჩხილების და კანის ეპიდერმისის ნაწილი</li> <li>კოლაგენი - მყესები, იოგები და კანი</li> </ul>
ჰორმონები	<ul style="list-style-type: none"> <li>ინსულინი - საშუალებას აძლევს უჯრედებს მიიღონ გლუკოზა; ამცირებს სისხლში გლუკოზის დონეს</li> <li>ზრდის ჰორმონი - ზრდის ცილების სინთეზს და უჯრედების გაყოფას</li> </ul>
ჰემოგლობინი	<ul style="list-style-type: none"> <li>საშუალებას აძლევს სისხლის წითელ უჯრედებს გადაიტანონ ჟანგბადი</li> </ul>
მიოგლობინი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ინახავს ჟანგბადს კუნთის უჯრედებში</li> </ul>
ანტისხეულები	<ul style="list-style-type: none"> <li>წარმოებულია ლიმფოციტების მიერ (სისხლის თეთრი უჯრედები); ეხმარება პათოგენების განადგურებაში</li> </ul>
მიოსინი და აქტინი	<ul style="list-style-type: none"> <li>კუნთების სტრუქტურა და შეკუმშვა</li> <li>ციტოჩონჩხის ნაწილი, რომელიც ფორმას აძლევს უჯრედებს</li> </ul>
ფერმენტები	<ul style="list-style-type: none"> <li>რეაქციების კატალიზება: სინთეზი, დაშლა, ენერჯის გამომუშავება, უჯრედული რეპროდუქცია</li> </ul>

## სამახსოვრო 2–5: ცილის საიდუმლო: პრიონები

პრიონები არის ცილოვანი ინფექციური ნაწილაკები, რომლებიც ადამიანებში და ცხოველებში ინვევენ ნერვული სისტემის ლეტალური დაავადებების. გარდა კრეიცფელდტ-იაკობის დაავადებისა (Creutzfeldt-Jakob; CJD), „შეშლილი ძროხის“ დაავადება ალბათ ყველაზე ცნობილია; მისი ოფიციალური სახელია ხარის სპონგიფორმული ენცეფალოპათია.

სახელწოდება თვითონ გვეუბნება დაავადების შესახებ: ენცეფალოპათია მიგვითითებს თავის ტვინის დაზიანებაზე, ხოლო სპონგიფორმული ნიშნავს ღრუბლისებრს, და მიუთითებს, რომ ტვინის ქსოვილში ჩნდება ხვრელები. ხარის სპონგიფორმული ენცეფალოპათიის შექმნა შეიძლება მოხდეს ძროხის ინფიცირებული ტვინის ჭამით. ასეთ შემთხვევაში განვითარდება კრეიცფელდტ-იაკობის დაავადება.

კრეიცფელდტ-იაკობის დაავადებას ახასიათებს კოორდინაციის და მეხსიერების დაკარგვა და სიკვდილი რამდენიმე თვეში. მკურნალობა არ არსებობს.

როგორ ინვევენ პრიონები ამ დაავადებას?

ამაზე სრული პასუხი არ გვაქვს. ცნობილია, რომ პრიონები ბუნებრივი ცილებია; ისინი ფუნქციონირებენ ნერვულ ქსოვილში და, როგორც ჩანს, მონაწილეობენ მიელინის გარსების შექმნაში და მეხსიერების წარმოქმნაში. მაგრამ ისევე როგორც ცოცხალი ორგანიზმის ნებისმიერი სხვა ნაწილი, მათ შეიძლება ვერ იფუნქციონირონ.

ითვლება, რომ გაუმართავი პრიონები ცვლის ტვინის სხვა ცილების სტრუქტურას, რაც ინვევს მათ არასწორ დაკეცვას.

არასწორად დაკეცილი ცილები განიხილება როგორც ძველი ან დაზიანებული პროტეინები: უჯრედი იყენებს ფერმენტებს და მექანიზმებს მათ მოსაშორებლად, მაგრამ გაუმართავი ცილების სიჭარბე ინვევს ამ მექანიზმების გადატვირთვას და ინვევს ტვინის ქსოვილის მეტ დაზიანებას.

სამწუხაროდ, ჯერ კიდევ არ არის ცნობილი როგორ შეიძლება პრიონების განადგურება.

პრიონი არ წარმოადგენს ცოცხალ ორგანიზმს; ის არ შეიცავს გენეტიკურ მასალას და არ ახორციელებს პროცესებს, რომლებიც შეიძლება დაირღვეს ანტიბიოტიკებით ან ანტივირუსული მედიკამენტებით. მაღალ ტემპერატურებზე დამუშავება მათზე გავლენას არ ახდენს.

სტანდარტული სტერილიზაციის პრაქტიკა, რომელიც კლავს ბაქტერიებსა და ვირუსებს, როგორც ჩანს, არ ახდენს პრიონების ინაქტივაციას.

პრიონის დაავადების პრევენცია დამოკიდებულია ცხოველის ტვინის ქსოვილის დაცვაზე ადამიანის ან ცხოველის მოხმარებისთვის განკუთვნილი ხორცის დაბინძურებისგან.

დიდ ბრიტანეთში, სადაც გაჩნდა „შეშლილი ძროხის“ დაავადების ადამიანის ფორმა და დაიღუპა თითქმის 100 ადამიანი, ყასბობის პრაქტიკა ახლა მკაცრად რეგულირდება.

ბოლო დროინდელი მონაცემებით, ინფიცირებული პირუტყვი ნაპოვნი იქნა ჩრდილოეთ ამერიკაში, მაგრამ ადამიანებში კრეიცფელდტ-იაკობის დაავადება არ დაფიქსირებულა.

# ნუკლეინის მჟავები

## დნმ და რნმ

ნუკლეინის მჟავები, დნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა) და რნმ (რიბონუკლეინის მჟავა), არის დიდი მოლეკულები, რომლებიც შედგება მცირე ქვედანაყოფებისგან, რომელსაც ეწოდება ნუკლეოტიდები. **ნუკლეოტიდი** შედგება პენტოზური შაქრისგან, ფოსფატის ჯგუფისა და რამდენიმე აზოტოვანი ფუძისაგან. დნმ-ის ნუკლეოტიდებში შაქარი ნარმოდგენილია დეზოქსირიბოზით, ხოლო ფუძეებია - ადენინი, გუანინი, ციტოზინი ან თიმინი. რნმ-ის ნუკლეოტიდებში არსებული შაქარი რიბოზაა, ხოლო ფუძეები არის ადენინი, გუანინი, ციტოზინი ან ურაცილი. დნმ-ისა და რნმ-ის მოლეკულები ნაჩვენებია სურ. 2-10-ში. გაითვალისწინეთ, რომ დნმ გარკვეულწილად ჰგავს ხვეულ კიბეს; ეს კიბე ნარმოდგენილია ნუკლეოტიდების ორი ჯაჭვით, რომელსაც ეწოდება ორმაგი სპირალი (ორი ხვეული). ფოსფატისა და შაქრის მოლეკულები ქმნიან კიბის გვერდებს, ხოლო აზოტოვანი ფუძეების წყვილები ქმნიან კიბის საფეხურებს. ფუძეების ზომა და წყალბადის ბმების რაოდენობა დამოკიდებულია აზოტოვანი ფუძეების კომპლიმენტარობაზე (ერთმანეთის შევსება დაწყვილებისას). დნმ-ში ადენინი ყოველთვის დაწყვილებულია თიმინთან (ორმაგი წყალბადური ბმით), ხოლო გუანინი ყოველთვის დაწყვილებულია ციტოზინთან (სამმაგი წყალბადური ბმით).

დნმ ქმნის უჯრედების ქრომოსომებს და, შესაბამისად, ნარმოდგენს მემკვიდრეობითი მასალისათვის **გენეტიკურ კოდს**. დნმ -ის ძაფებში არსებული ფუძეთა თანმიმდევრობა ნარმოდგენს მრავალი სახის ცილების კოდს; კოდი იგივეა მცენარეებში, ცხოველებსა და მიკრობებში. ერთი ცილის მაკოდირებელი ფუძეების თანმიმდევრობას გენი ეწოდება. ადამიანის გენები არის ადამიანის უჯრედების მიერ წარმოებული ცილების კოდი (თუმცა ამ გენების უმეტესობა გვხვდება სიცოცხლის ყველა სხვა ფორმაშიც - ყველა ცოცხალი ორგანიზმი მსგავსია). დნმ-ის ფუნქციონირება უფრო დეტალურად იქნება განხილული შემდეგ თავში.

რნმ სინთეზირდება დნმ-დან უჯრედის ბირთვში და არსებობს მისი რამდენიმე ფორმა. ყველა ასრულებს თავის ფუნქციებს ციტოპლაზმაში. რნმ აკოპირებს გენეტიკურ კოდს დნმ-დან და უდიდეს როლს თამაშობს ცილების წარმოქმნაში. ცილის სინთეზზე ასევე განხილული იქნება მომდევნო თავში.

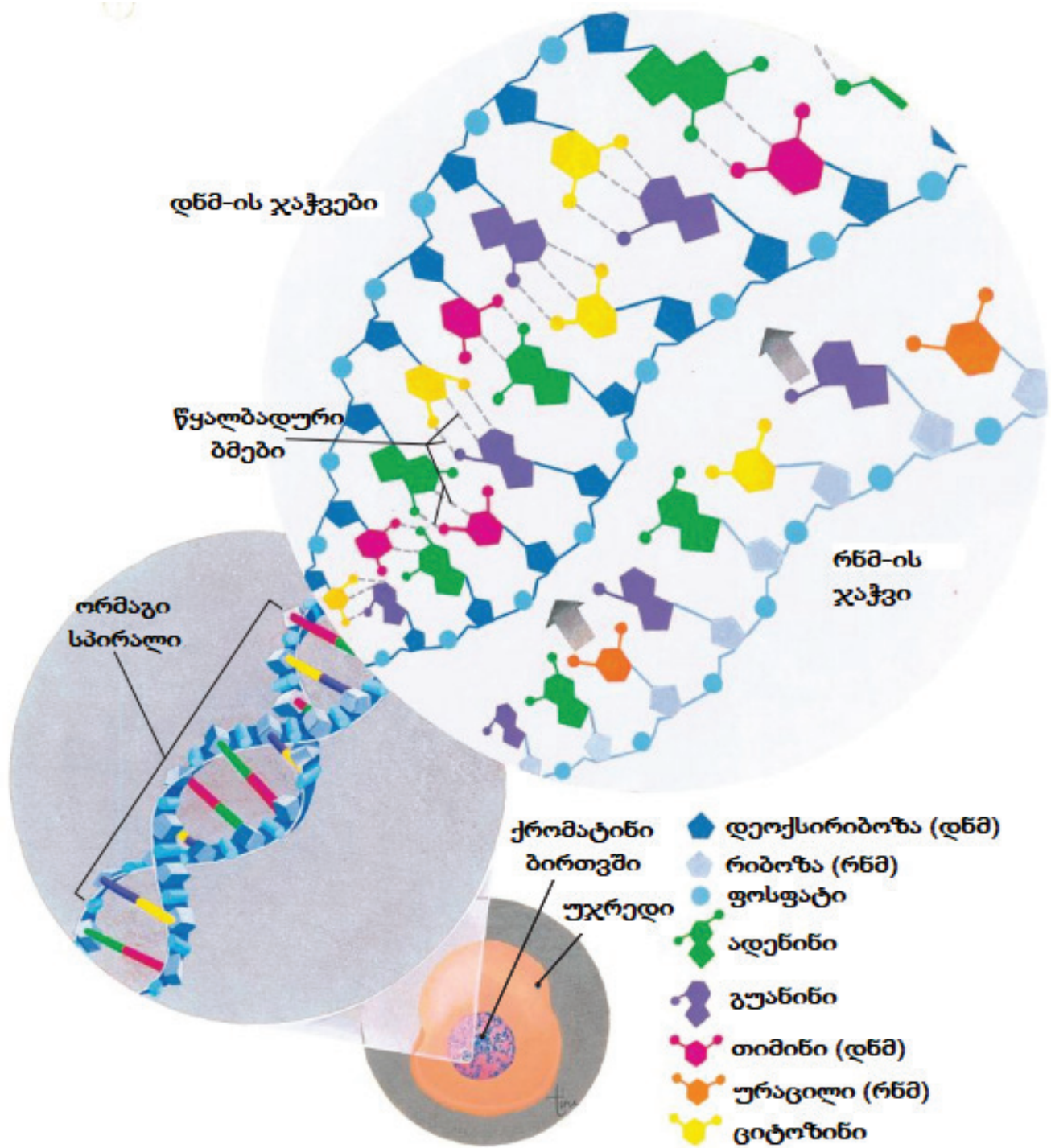
## ატფ

ატფ-ი (ადენოზინ ტრიფოსფატი) ნარმოდგენს სპეციალიზებულ ნუკლეოტიდს, რომელიც შედგება ადენინის ფუძისგან, რიბოზისა (შაქარი) და სამი ფოსფატის ჯგუფისგან (იხ. სურათი 2-11). უკვე აღინიშნა, რომ ატფ-ი ნარმოდგენს უჯრედული სუნთქვის პროდუქტს, რომელიც შეიცავს ბიოლოგიურად სასარგებლო ენერგიას. ატფ-ი არის ერთერთი “ენერგიის გადაცემის” მოლეკულა უჯრედებში, რომელიც გადასცემს საკვებში არსებულ პოტენციურ ენერგიას უჯრედულ პროცესებში. როდესაც გლუკოზის მოლეკულა იშლება წყლის და ნახშირორჟანგის მოლეკულებად და ხდება ენერგიის გამოყოფა, უჯრედი ამ ენერგიას იყენებს ატფ-ის სინთეზისთვის. უჯრედებში ასევე ნარმოდგენილია ადფ-ის მოლეკულა (ადენოზინ დიფოსფატი) და თავისუფალი ფოსფატის ჯგუფის მოლეკულები. გლუკოზისგან გამოთავისუფლებული ენერგია გამოიყენება მესამე ფოსფატის ადფ-თან დასაკავშირებლად და ამის შედეგად წარმოიქმნება ატფ-ი (სურ. 2-11). მესამე ფოსფატის კავშირის დაშლისას ისევე გამოიყოფა ენერგია (სურ. 2-11) და ატფ-ის მოლეკულა ხდება ენერგიის წყარო უჯრედული პროცესებისთვის, როგორცაა მიტოზი, კუნთების შეკუმშვა ან ცილის სინთეზი ზრდისა და რეგენერაციისთვის.

ყველა უჯრედს აქვს ფერმენტები, რომლებსაც შეუძლიათ მესამე ფოსფატის გათავისუფლება ატფ-დან და ენერგიის გათავისუფლება, შედეგად წარმოიქმნება ადფ-ისა და ფოსფატის მოლეკულები. როცა უჯრედის სუნთქვის პროცესი გრძელდება, ატფ-ის მოლეკულები ხელახლა სინთეზირდება ადფ-სა და ფოსფატიდან. ატფ-ის წარმოქმნა და დაშლა ნარმოდგენს უჯრედებში უწყვეტ ციკლს.

ნუკლეინის მჟავების სტრუქტურა და ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 2-6.

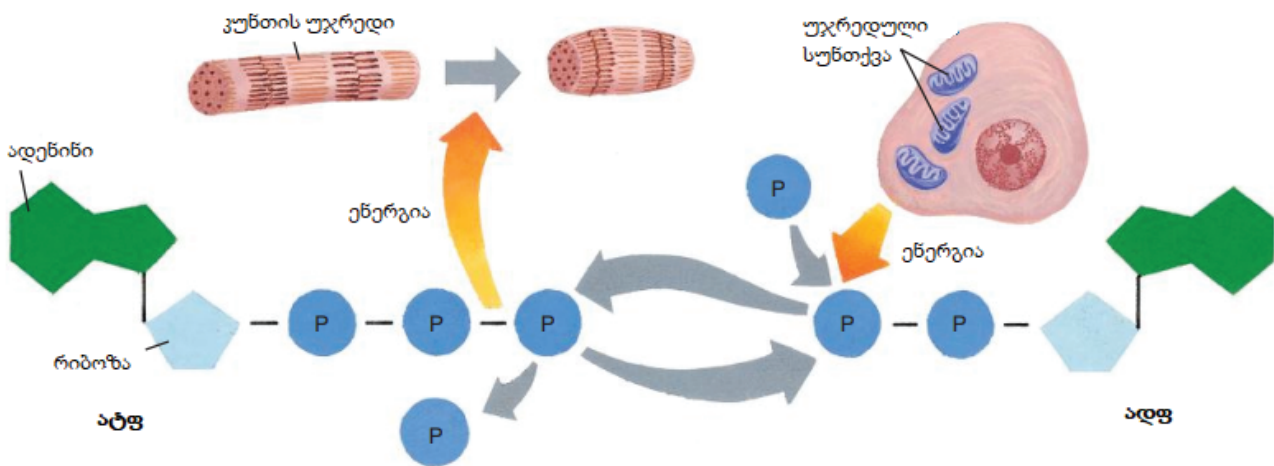




**სურათი 2-10** დნმ და რნმ. ორივე მოლეკულა ნაჩვენებია, ნუკლეოტიდის თითოეული ნაწილი წარმოდგენილია განსხვავებული ფორმით და ფერით, გაითვალისწინეთ დნმ-ის კომპლიმენტარული ფუძეების წყვილები (A -T და G -C), როდესაც რნმ სინთეზირდება, ის წარმოადგენს დნმ-ის მოლეკულის ერთი ჯაჭვის ასლი (თუმცა, T-ის ნაცვლად U).

**კითხვა:** რატომ არ შეიძლება ადენინი გუანინთან დაწყვილდეს დნმ-ის ჯაჭვის საფეხურის შესაქმნელად?





**სურათი 2-11** ატფ-ი. ატფ-ის მოლეკულა წარეგენება მარცხნივ, ხოლო ადფ + ფოსფატი წარეგენება მარჯვნივ. გაითვალისწინეთ, რომ ეს არის ციკლი.

**კითხვა:** ატფ-ის ენერგია გამოიყენება კუნთოვანი უჯრედის შეკუმშვისთვის. კიდევ რისთვის შეიძლება იყოს გამოყენებული ენერგია?

**ცხრილი 2-6**

**ნუკლეინის მჟავები**

დასახელება	სტრუქტურა	ფუნქცია
დნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა)	ნუკლეოტიდების ორმაგი სპირალი; ადენინი დაწყვილებული თიმიინთან და გუანინი დაწყვილებული ციტოზინთან; სპირალის ორი ჯაჭვი დაკავშირებულია წყალბადური ბმებით	<ul style="list-style-type: none"> <li>გვხვდება ქრომოსომებში უჯრედის ბირთვის</li> <li>ფუმეების თანმიმდევრობა არის მემკვიდრეობითი მახასიათებლების გენეტიკური კოდი</li> </ul>
რნმ (რიბონუკლეინის მჟავა)	ნუკლეოტიდების ერთი ჯაჭვი; ადენინი, გუანინი, ციტოზინი და ურაცილი	<ul style="list-style-type: none"> <li>აკვირებს დნმ -ის გენეტიკურ კოდს უჯრედების ციტოპლაზმაში ცილის სინთეზისთვის</li> <li>მონაწილეობას იღებს ცილების წარმოქმნაში</li> </ul>
ატფ (ადენოზინტრიფოსფატი)	ერთი ადენინის ნუკლეოტიდი სამი ფოსფატის ჯგუფით	<ul style="list-style-type: none"> <li>ენერგიის გადამტანი მოლეკულა</li> <li>წარმოიქმნება, როდესაც უჯრედული სუნთქვა ათავისუფლებს ენერგიას საკვებიდან</li> <li>გამოიყენება უჯრედული პროცესებისთვის</li> </ul>

**შეჯამება**

ქიმიური ნივთიერებები შეიძლება იყოს არაორგანული, როგორცაა წყალი, ჟანგბადი და რკინა, ან ორგანული, როგორცაა ნახშირწყლები, ლიპიდები, ცილები და ნუკლეინის მჟავები. ყველა ქიმიური ნივთიერება, რომელიც ჩვენ აღვწერეთ ამ თავში, ითვლება არაცოცხალ სტრუქტურად, მიუხედავად იმისა, რომ ისინი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის არსებითი ნაწილია.

მიუხედავად იმისა რომ ჩვენი ორგანიზმის უჯრედები ამ არაცოცხალი სტრუქტურების ზუსტი წყობის შედეგია, უჯრედი მაინც ცოცხალ მატერიად ითვლება. ამრიგად, უჯრედები წარმოადგენენ ორგანიზაციის შემდეგ დონეს, რომელსაც ჩვენ განვიხილავთ.

## თავი 3

### უჯრედები

გავიხსენოთ, პირველ თავში ვივარაუდეთ, რომ ორგანიზმი შეიძლება ჩაითვალოს „უჯრედების ქალაქად“ და „ქიმიური ნივთიერების კონტეინერად“. ქიმიური ნივთიერებები არაცოცხალი სტრუქტურებია. უჯრედები კი ცოცხალი ორგანიზმებია. რა არის ის, რამაც შეიძლება გარდაქმნას არაცოცხალი ქიმიური ნივთიერებები ცოცხალ სტრუქტურად, უჯრედად, რომელსაც გააჩნია გამრავლების ფუნქცია? ეს არ არის ცნობილი. თუმცა გასაგებია, რომ ასეთი ტრანსფორმაცია ერთხელ მაინც მოხდა რამდენიმე მილიარდი წლის წინ - და ამ მილიარდობით წლის შემდეგ, აქ ვართ, თითოეული ჩვენგანი - მშვენიერი ქალაქი ტრილიონ უჯრედის მოსახლეობით.

უჯრედები მრავალუჯრედიან ორგანიზმში, ისეთში როგორც ადამიანია, წარმოადგენენ უმცირეს ცოცხალ სტრუქტურებს. უჯრედი არის წინა თავში განხილული ორგანული და არაორგანული ქიმიური ნივთიერებების ნაერთი და ის ახორციელებს კონკრეტულ ფუნქციებს. მიკროორგანიზმები, როგორცაა ამებები და ბაქტერიები, წარმოადგენენ ცალკეულ უჯრედებს, რომლებიც დამოუკიდებლად ფუნქციონირებენ. თუმცა, მრავალუჯრედიანი ორგანიზმის, მაგალითად ადამიანის, უჯრედები ურთიერთდამოკიდებულად ფუნქციონირებენ. ჰომეოსტაზი დამოკიდებულია ყველა უჯრედის შეთანხმებულ ფუნქციონირებაზე. ადამიანის უჯრედები განსხვავდება ზომის, ფორმისა და ფუნქციის მიხედვით. ადამიანის უჯრედების უმეტესობა ზომით იმდენად პატარაა, რომ მათი დანახვა შესაძლებელია მხოლოდ მიკროსკოპის დახმარებით და იზომება ერთეულებში, რომელსაც ეწოდება მიკრომეტრები (ადრე ეწოდებოდა მიკრონი). ერთი მიკრომეტრი = 1/1,000,000 მეტრი ან 1/25,000 ინჩი (იხ. დანართი ა: საზომი ერთეულები). ერთ-ერთი გამონაკლისი არის ადამიანის კვერცხუჯრედი, რომლის დიამეტრი დაახლოებით 1 მილიმეტრია და ჩანს შეუიარაღებელი თვალით. ზოგიერთი ნერვული უჯრედი, თუმცა დიამეტრით მიკროსკოპულია, შეიძლება საკმაოდ გრძელი იყოს. მაგალითად, ის, რომელიც ჩვენს ზედა და ქვედა კიდურებშია, მინიმუმ 60 სმ სიგრძისაა. ფორმის მიხედვით, ადამიანის უჯრედები ძალიან განსხვავდება. ზოგი მრგვალი ან სფერულია, ზოგი მართკუთხაა, ზოგი კი უფორმო. სისხლის თეთრი უჯრედები კი იცვლიან ფორმას მოძრაობისას.

უჯრედის ფუნქციები ასევე განსხვავდება და რადგან ჩვენი უჯრედები დამოუკიდებლად არ მოქმედებენ, ჩვენ განვიხილავთ უჯრედის სპეციალიზებულ ფუნქციებს, როგორც ქსოვილის ფუნქციების ნაწილს თავში 4. ფუნქციის ტიპის მიხედვით, გამოირჩევა 200-ზე მეტი სხვადასხვა სახის ადამიანის უჯრედი. ეს თავი ეხება უჯრედების ძირითად სტრუქტურას და უჯრედულ ფუნქციებს, რომლებიც საერთოა ჩვენი უჯრედების ყველა ან უმეტესი ნაწილისთვის.

### უჯრედის სტრუქტურა

მიუხედავად მრავალი განსხვავებისა, ადამიანის უჯრედებს აქვთ რამდენიმე მსგავსი სტრუქტურული მახასიათებელი: უჯრედის მემბრანა, ბირთვი, ციტოპლაზმა და უჯრედის ორგანელები. სისხლის წითელი უჯრედები გამონაკლისია, რადგან მომნიშვნისას მათ არ გააჩნია ბირთვი. უჯრედის მემბრანა ქმნის უჯრედის გარე საზღვარს და გარსს აკრავს ციტოპლაზმას, ორგანელებსა და ბირთვს.

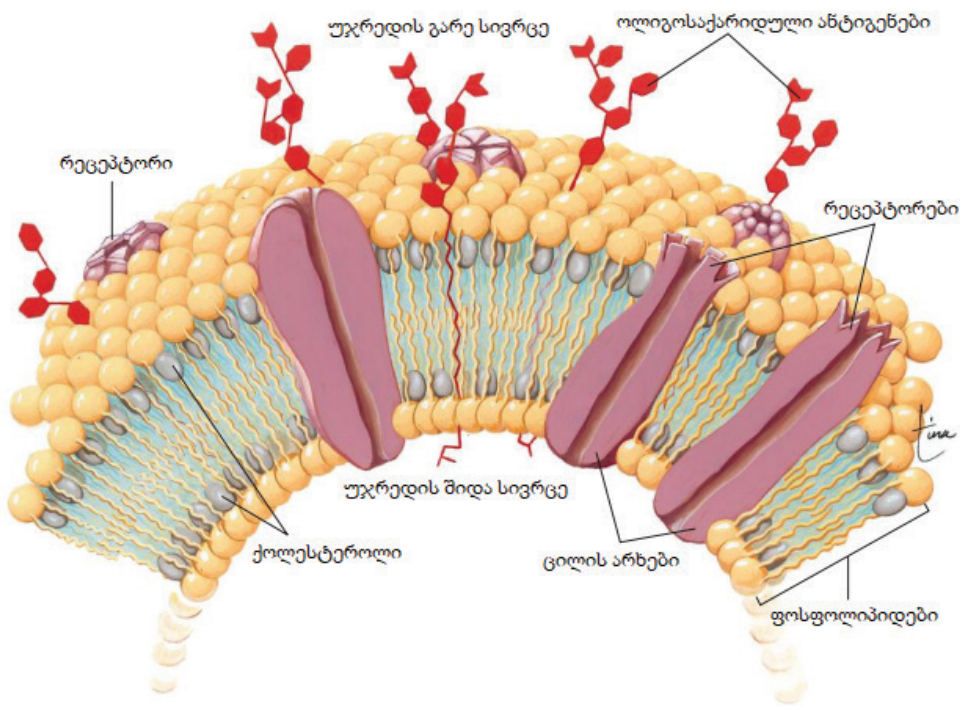
### უჯრედის მემბრანა

უჯრედის მემბრანა, რომელსაც ასევე პლაზმურ მემბრანას უწოდებენ, არის უჯრედის გარე საზღვარი და შედგება ფოსფოლიპიდებისგან, ქოლესტერინისა და ცილებისგან. ამ ორგანული მოლეკულების განლაგება ნაჩვენებია სურ. 3-1-ში. ფოსფოლიპიდები არის დიგლიცერიდები და ისინი ქმნიან ორ ფენას, ანუ ორმაგ ფენას, რომელიც შეადგენს მემბრანის უმეტეს ნაწილს. ფოსფოლიპიდები საშუალებას აძლევს დიფუზიის გზით ცხიმში ხსნად ნივთიერებებს ადვილად შევიდნენ ან დატოვონ უჯრედი უჯრედის მემბრანის მეშვეობით. ქოლესტერინის არსებობა ამცირებს მემბრანის თხევადობას, რის შედეგადაც მემბრანა უფრო სტაბილური ხდება. ცილებს

აქვთ რამდენიმე ფუნქცია: ზოგიერთი აცალიბებს არხებს ისეთი ნივთიერებების გავლისთვის, როგორიცაა წყალი ან იონები; სხვები კი წარმოადგენენ ფერმენტებს ან გადამტანებს, რომლებიც ასევე ეხმარებიან უჯრედში ნივთიერებების შეღწევაში. სხვა ტიპის ცილები დაკავშირებული ოლიგოსაქარიდებთან მათი გარე ზედაპირზე, წარმოადგენენ ანტიგენებს, მარკერებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ინდივიდის უჯრედებს, როგორც „საკუთარს“. ეს „საკუთარი“ ანტიგენები გამოიყენება იმუნური სისტემის სისხლის თეთრი უჯრედებით, რათა განასხვავონ პათოგენები (უცხო ანტიგენები) ორგანიზმში მყოფი უჯრედებისგან. მემბრანის სხვა ცილები ქმნიან უჯრედშორის კავშირებს, მიმაგრების ნერტილებს მეზობელ უჯრედებთან; ეს ხელს უწყობს ზოგიერთი ქსოვილის სიმტკიცეს და იცავს გაცვეთისაგან. ცილების კიდევ ერთი ჯგუფი წარმოადგენს რეცეპტორებს ჰორმონების, ზრდის ფაქტორების და სხვა სასიგნალო ქიმიური ნივთიერებებისათვის. ეს ქიმიური ნივთიერებები აღწევენ თავის ეფექტს უჯრედის მემბრანის კონკრეტულ, შესაბამისი ფორმის, რეცეპტორთან შეერთებით. ეს შეკავშირება, ანუ მორგება, შემდეგ იწვევს ქიმიურ რეაქციებს უჯრედის მემბრანაში ან უჯრედის შიგნით (იხ. სამასსოვრო 10–3 მე-10 თავში, ჰორმონ ინსულინის მოქმედების ილუსტრაციით). ერთი ადამიანის უჯრედის მემბრანას აქვს ასობით განსხვავებული რეცეპტორი.

ყველა ეს მოლეკულა, რომელიც უკავშირდება უჯრედის მემბრანებს, არის ჩვენი უჯრედების ქიმიური საკომუნიკაციო ქსელების ნაწილი. ქიმიური კომუნიკაციისთვის ამდენი რეცეპტორის არსებობის გარდაუვალი შედეგია ის, რომ ზოგიერთ პათოგენს აქვს ისეთი ფორმები, რომლებიც გარკვეულ რეცეპტორებს ემთხვევა. მაგალითად, ადამიანის იმუნოდეფიციტური ვირუსი (აივ), შიდსის გამომწვევი ვირუსი, შემთხვევით ერგება სისხლის თეთრ უჯრედებზე არსებულ კონკრეტულ ზედაპირულ რეცეპტორს. როდესაც ვირუსი ამყარებს კავშირს, რეცეპტორი ხდება უჯრედის არხი, რომელიც უშვებს ვირუსს უჯრედში და ხდება მისი ინფიცირება.

ყველა შემთხვევაში უჯრედის მემბრანა წარმოადგენს ძალიან მნიშვნელოვან სტრუქტურას. მიუხედავად იმისა, რომ უჯრედის მემბრანა ქმნის უჯრედის გარე საზღვარს, ის არ წარმოადგენს სტატიკურ ან კედლის მსგავს საზღვარს, არამედ მემბრანა არის ძალიან აქტიური და დინამიური. უჯრედის მემბრანა შერჩევითად განვლადია; ანუ, გარკვეული ნივთიერებების გავლანებადართულია, ზოგის კი არა. უჯრედული ტრანსპორტის ეს მექანიზმები მოგვიანებით იქნება განხილული ამ თავში. უჯრედის მემბრანას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კუნთოვანი და ნერვული უჯრედებისთვის, რადგან ისინი ატარებენ ელექტრო იმპულსებს. ეს თემა განხილული იქნება მე-7 და მე-8 თავებში.



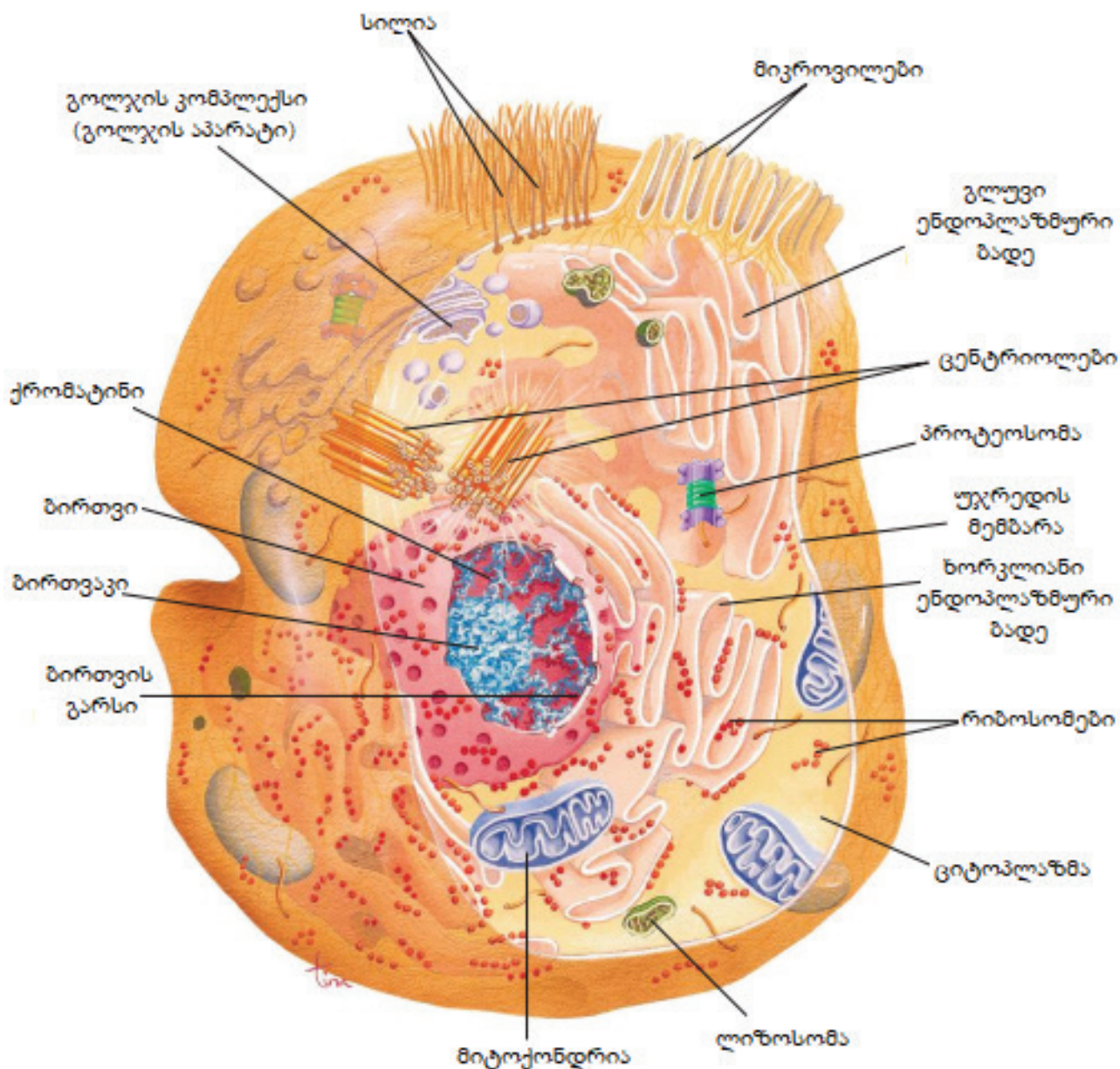
**სურათი 3-1** უჯრედის (პლანური) მემბრანა, რომელიც ასახავს არსებული მოლეკულების ტიპებს.

**კითხვა:** რა ტიპის ორგანული მოლეკულა წარმოადგენს რეცეპტორებს?



## ბირთვი

სისხლის წითელი უჯრედების გარდა, ადამიანის ყველა უჯრედს გააჩნია ბირთვი. ბირთვი ციტოპლაზმაში მდებარეობს და შემოსაზღვრულია ორშრიანი ბირთვის გარსით, რომელსაც მრავალი ფორა გააჩნია. იგი შეიცავს ერთ ან მეტ ბირთვაკს და უჯრედის ქრომოსომებს (სურ. 3-2). ბირთვაკი წარმოადგენს პატარა სფეროს, რომელიც შედგება დნმ-ის, რნმ-ისა და ცილისაგან. ბირთვაკი ქმნის რიბოსომულ რნმ-ს, რომელიც უკავშირდება ცილებს და ქმნის რიბოსომებს ცილის სინთეზში ჩართული უჯრედულ ორგანელებს.



**სურათი 3-2** ადამიანის უჯრედი, რომელიც ზოგადად ასახავს სტრუქტურულ კომპონენტებს. აღწერილობისთვის იხილეთ ტექსტი და ცხრილი 3-1.

**კითხვა:** რა განსხვავებაა ცილების აგებულებაში სილიასა და მიკროვილებს შორის?

ბირთვი წარმოადგენს უჯრედის კონტროლის ცენტრს, რადგან ის შეიცავს ქრომოსომებს. ადამიანის უჯრედის 46 ქრომოსომა 23 წყვილს ქმნის. 1-დან 22-მდე წყვილებს ეწოდება აუტოსომები; დარჩენილი წყვილი შედგება სასქესო ქრომოსომებისაგან (XX ქალების, ხოლო XY მამაკაცების). მიკროსკოპის ქვეშ, როგორც წესი, ადამიანის უჯრედის ქრომოსომა არ ჩანს; ისინი წარმოადგენენ გრძელ ძაფებს, რომლებსაც ქრომატინი ეწოდება (უჯრედის 46 ქრომოსომის დნმ-ი



დაახლოებით 183 სმ სიგრძე იქნება). ქრომოსომა შედგება დნმ-ისა და ცილისაგან. ზოგიერთი ქრომოსომული ცილა უზრუნველყოფს ქრომატინის ქრომოსომებად დახვევას, უჯრედების ნორმალური გაყოფისთვის. სხვა ქრომოსომული ცილები კი წარმოადგენენ ფერმენტებს, რომლებიც არეგულირებენ დნმ-ის აქტივობას. გახსოვდეს, რომ დნმ არის უჯრედის მახასიათებლებისა და აქტივობის გენეტიკური კოდი. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული უჯრედის ბირთვში არსებული დნმ შეიცავს გენეტიკურ ინფორმაციას ადამიანის ყველა მახასიათებლის შესახებ, გენების მხოლოდ მცირე რაოდენობა (გენი არის ერთი ცილის გენეტიკური კოდი) არის რეალურად აქტიური ან „ჩართული“ კონკრეტულ ფუნქციაში. ეს აქტიური გენები წარმოადგენენ ცილების კოდს, რომელიც აუცილებელია კონკრეტული უჯრედის ტიპისა და მისი ფუნქციებისთვის. მაგალითად, ინსულინის გენი არის ადამიანის ყველა უჯრედში, მაგრამ გენი აქტიურია მხოლოდ პანკრეასის ცალკეულ კუნძულოვან უჯრედებში. მხოლოდ ამ უჯრედებში წარმოიქმნება ინსულინი. ანალოგიურად, ანტისხეულების წარმოქმნის გენები არის ადამიანის ყველა უჯრედში, თუმცა მხოლოდ გარკვეულ ლიმფოციტებში (სისხლის თეთრ უჯრედებში) ეს გენები აქტიურია; მხოლოდ ეს ლიმფოციტები წარმოქმნიან ანტისხეულებს. ის, თუ როგორ ითარგმნება ქრომოსომებში გენეტიკური კოდი ცილებად, მოგვიანებით იქნება განხილული.

## ციტოპლაზმა და უჯრედის ორგანოები

**ციტოპლაზმა** წარმოადგენს მინერალების, აირების, ორგანული მოლეკულების და უჯრედული ორგანოების წყალხსნარს, რომელიც გვხვდება უჯრედის მემბრანასა და ბირთვს შორის. **ციტოზოლი** არის ციტოპლაზმის წყლის ნაწილი და მასში მრავალი ქიმიური რეაქცია მიმდინარეობს. უჯრედის ორგანოები (ლათინურიდან “პატარა ხელსაწყოები”) წარმოადგენენ უჯრედშიდა სტრუქტურებს, რომლებიც ხშირად შემოიფარგლება საკუთარი მემბრანებით, რომლებსაც აქვთ სპეციფიკური ფუნქციები უჯრედულ მეტაბოლიზმში. ისინი ნაჩვენებია სურ. 3-2-ში.

**ენდოპლაზმური ბადე** არის მემბრანით შემოფარგლული მილაკების ფართო ქსელი, რომელიც ვრცელდება ბირთვის გარსიდან უჯრედის მემბრანამდე. ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეს გააჩნია მრავალი რიბოსომა მის ზედაპირზე, ხოლო გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეს არ გააჩნია რიბოსომები. ენდოპლაზმური ბადე წარმოადგენს უჯრედის ფუნქციონირებისთვის საჭირო მასალების სატრანსპორტო ქსელს. ის მოიცავს ცილებს, რომლებიც სინთეზირებულია რიბოსომების მიერ ხორკლიან ენდოპლაზმურ ბადეზე და ცხიმებს, რომლებიც სინთეზირებულია გლუვ ენდოპლაზმურ ბადეზე.

**რიბოსომები** წამორდგენენ ძალიან მცირე სტრუქტურებს, რომლებიც შედგება ცილისა და რიბოსომური რნმ-ისგან. ზოგიერთი გვხვდება ხორკლიანი ენდოპლაზმური ბადის ზედაპირზე, ზოგი კი თავისუფლად ცურავს ციტოპლაზმაში. რიბოსომები წამორდგენენ ცილების სინთეზის ადგილს. წარმოებული ცილები შეიძლება იყოს სტრუქტურული ცილები, როგორიცაა კოლაგენი კანში, ფერმენტები ან ჰორმონები, როგორიცაა ინსულინი, რომლებიც არეგულირებენ უჯრედულ პროცესებს. ეს ცილები შეიძლება ფუნქციონირებდეს უჯრედში ან მის გარეთ.

ჩვენი ცილის მოლეკულები ექვემდებარება დაზიანებას და ზოგიერთი უჯრედული ცილა, განსაკუთრებით მარეგულირებელი ცილები, უჯრედებს შეიძლება დასჭირდეთ ძალიან მოკლე დროში. ყველა ასეთი ცილა უნდა განადგურდეს და ეს არის პროტეოსომების ფუნქცია. **პროტეოსომა** წარმოადგენს კასრის ფორმის ორგანელას, რომელიც შედგება ფერმენტებისგან, რომლებიც ჭრიან ცილის მოლეკულებს (პროტეაზას ფერმენტები). ცილები, რომლებიც უნდა განადგურდეს; ანუ ის, რაც აღარ არის საჭირო, ან ის, რაც დაზიანებულია ან არასწორად არის დაკეცილი, მონიშნება პროტეინის მიერ, რომელსაც ეწოდება **უბიკვიტინი** (უჯრედის ცოცხი) და გადადის პროტეოსომაში. ცილა იყოფა პეპტიდებად ან ამინომჟავებად, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას რიბოსომებზე ცილის სინთეზისთვის. პროტეოსომები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია უჯრედების გაყოფისა და ემბრიონის განვითარების დროს, როდესაც უჯრედების სპეციალიზაციის დროს ძალიან სწრაფად ხდება დიდი ცვლილებები.

ჩვენს ბევრ უჯრედს აქვს სეკრეტორული (გამომყოფი) ფუნქციები; ანუ ისინი აწარმოებენ სპეციფიკურ პროდუქტებს, რომლებიც გამოიყენება სხვა ქსოვილებში. სეკრეცია გოლჯის აპარატის ერთ-ერთი ამოცანაა. **გოლჯის აპარატი** წარმოადგენს ბრტყელ, მემბრანულ ტომსიკების სერიას, რომელიც გარკვეულწილად ჰგავს თევზების დასტას. ნახშირწყლები სინთეზირდება

გოლჯის აპარატში და სხვა მასალებთან ერთად შეფუთულია უჯრედიდან სეკრეციისთვის. ცილები რიბოსომებიდან ან ცხიმები გლუვი ენდოპლაზმური ბადიდან შეიძლება ასევე გამოიყოფა ამ გზით. ნივთიერების გამოსაყოფად გოლჯის მემბრანის პატარა ტომსიკები უჯრედის მემბრანას ერწყმის, რის შედეგადაც ნივთიერება უჯრედის გარეთ გამოიყოფა. ეს არის ეგზოციტოზი, ეგზო ნიშნავს “გამოსვლას” უჯრედიდან.

**მიტოქონდრია** წამოადგენს ოვალურ ან სფერულ ორგანოებს, რომლებიც შემოსაზღვრულია ორმაგი გარსით. შიდა მემბრანას აქვს ნაკეციები, რომელსაც ეწოდება კრისტები (მხ. კრისტა). მიტოქონდრიაში ხდება უჯრედების სუნთქვის აერობული (ყანგბადის) რეაქციები. ამიტომ, მიტოქონდრია არის ატფ-ის (და, შესაბამისად, ენერჯის) წარმოების ადგილი. უჯრედებს, რომლებსაც ესაჭიროებათ ატფ-ის დიდი რაოდენობა, როგორცაა კუნთოვანი უჯრედები, გააჩნია მრავალი მიტოქონდრია ენერჯის მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად. ვარჯიში ზრდის მიტოქონდრია რაოდენობას კუნთების უჯრედში. ყავისფერ ცხიმოვან ქსოვილს აქვს უხვი მიტოქონდრია, რადგან ის სითბოს წარმომქმნელი ქსოვილია (იხ. თავი 4).

მიტოქონდრია შეიცავს საკუთარ გენებს (37 ცალს) ერთ წრიულ დნმ-ის მოლეკულაში. ისინი დუბლირებენ საკუთარ თავს, როდესაც უჯრედი იყოფა. ინდივიდის მიტოქონდრია დნმ (mtDNA) დედის წარმოშობისაა; ანუ მიტოქონდრიაში, რომლებიც იმყოფებოდა კვერცხუჯრედში, რომელიც შემდეგ განაყოფიერდა სპერმის უჯრედით. სპერმის უჯრედის (სპერმატოზოიდი) მიტოქონდრია არ შედის კვერცხუჯრედში განაყოფიერების დროს, რადგან ისინი არ გვხვდება სპერმატოზოიდის თავში ქრომოსომებთან ერთად (იხ. სურ. 20-1 თავში 20).

**ლიზოსომები** წამოადგენენ ერთმემბრანიან სტრუქტურებს, რომლებიც შეიცავს საჭმლის მომნელებელ ფერმენტებს. როდესაც სისხლის თეთრი უჯრედები შთანთქავენ ბაქტერიებს, ბაქტერიები იშლება და ნადგურდება ამ ლიზოსომური ფერმენტების მიერ. გაცვეთილი უჯრედის ნაწილები, ძველი ცილები და მკვდარი უჯრედები ასევე იშლება ამ ფერმენტებით; პროდუქტები, მარტივი ქიმიური ნივთიერებები, შეიძლება შემდეგ გადაამუშავდეს. ეს არის **აუტოფაგია** („თვითშთანთქმა“), სასარგებლო პროცესი, რომელიც აუცილებელია უჯრედების ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად. აუტოფაგია ასევე ასუფთავებს დაზიანებულ ნაწილებს, რათა დაინყოს ქსოვილის აღდგენა. თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ ლიზოსომური მონელება ხელს უწყობს დაზიანებულ ქსოვილებში ანთებას. ძლიერი ანთების გამო შეიძლება დაინყოს მანკიერი ციკლი, დადებითი გამოხმაურების (უკუკავშირის) მექანიზმი, რაც იწვევს ქსოვილის კიდევ უფრო ფართო დაზიანებას. საპირისპიროდ, დაქვეითებული აუტოფაგია, შეიძლება გამოიწვიოს დაზიანებული ცილების ან უჯრედის ნაწილების უჯრედებში დაგროვება. ითვლება, რომ ნერვული სისტემის და გულ-სისხლძარღვთა სისტემის ზოგიერთი დეგენერაციული დაავადება ნაწილობრივ ლიზოსომური გაუმართაობის შედეგია, ისევე როგორც ზოგიერთი აუტოიმუნური დაავადება და დაბერების პროცესი.

ჩვენი ორგანიზმის ბევრ უჯრედს შეუძლია გაყოფა ან გამრავლება. ცენტრიოლები არის სვეტის ფორმის წყვილი სტრუქტურები, რომლებიც ერთმანეთის პერპენდიკულარულია და მდებარეობს ბირთვის გარეთ. მათი ფუნქციაა უჯრედის გაყოფის დროს მიტოზური თითისტარას ჩამოყალიბება. მიტოზური თითისტარა წამოადგენს კუმშვად პროტეინებს, რომლებიც ყოფს ქრომოსომების ორ კომპლექტს, საწყისი უჯრედის ბოლოებისკენ, რადგან ის ორ ახალ უჯრედად იყოფა. ყოველ ახალ უჯრედს აქვს ქრომოსომების სრული ნაკრები.

**ფლაგელა** და **ცილია** არის ძაფის მსგავსი უჯრედის მემბრანის წარმომადგენელი ნაწილი (წანაზარდი); თითოეული მათგანი მიმაგრებულია მემბრანის შიდა ზედაპირს ბაზალური სხეულით. ფლაგელა ჩვეულებრივ გრძელია; ცილია კი უფრო მოკლეა. ბაქტერიების და პროტოზოების ბევრ სახეობას აქვს ერთი ან რამდენიმე ფლაგელა, რომელიც მათ გადაადგილების საშუალებას აძლევს. ადამიანის ერთადერთი უჯრედი, რომელსაც გააჩნია ფლაგელა, არის სპერმატოზოიდი და ფლაგელა უზრუნველყოფს მოძრაობას.

ადამიანის უჯრედებს გააჩნიათ ორი სახის **ცილია** (წამნამები). მოძრავი ცილია გვხვდება ერთი ტიპის ეპითელური უჯრედების თავისუფალ ზედაპირზე, მსგავსად ხორბლის პატარა მიწველებისა. ცილია უნისონში მოძრაობს (იხრება) და ასუფთავებს უჯრედის ზედაპირს. მაგალითად, ტრაქეაში (სასუნთქ მილში) არსებულ უჯრედებს გააჩნიათ ცილია ლორწოს და მტვერის მოსაშორებლად. ქალებში, ფალოპის მილების ამომფენ უჯრედებს გააჩნიათ ცილია, რომლებიც ამოძრავებენ კვერცხუჯრედს საშვილოსნოსკენ.

ადამიანის უფრედების უმეტესობას აქვს სენსორული ცილია, რომელსაც ეწოდება **პირველადი ცილია**; ეს ერთი ცილია არის უფრედის საკომუნიკაციო სისტემის ნაწილი და შედარებულია ანტენასთან. ისევე, როგორც რადიოს ანტენას შეუძლია მიიღოს სიგნალები ასობით სადგურიდან, პირველად ცილიას შეუძლია აღმოაჩინოს სხვადასხვა სახის ცვლილებები უფრედში და მის გარეთ. ზოგიერთი ასეთი ცვლილება წარმოადგენს სხვა უფრედების მიერ წარმოქმნილ ქიმიურ ნივთიერებებს; სხვა ცვლილებები მექანიკურია, როგორცაა უფრედის გარშემო სისხლის ან ქსოვილის სითხის ნაკადის ცვლილება. როგორც ჩანს, პირველადი ცილია აუცილებელია ემბრიონის სათანადო მიტოზისა (უფრედის გაყოფისა) და განვითარებისთვის (გულმკერდისა და მუცლის ღრუს ორგანოების ორმხრივი ასიმეტრიის ჩათვლით) და ასევე უკვე განვითარებულ ქსოვილებში მრავალი ფუნქციისთვის. მაგალითად, თვალის ბადურის ჩხირები და კოლბები, ფოტორეცეპტორები (სინათლის რეცეპტორები), წარმოადგენენ პირველად ცილიას.

**მიკროვილი, ანუ მიკროხაოები** წარმოადგენს ნანაზარდებს უფრედის მემბრანის ზედაპირზე. ეს ნანაზარდები საგრძნობლად ზრდის მემბრანის ზედაპირის ფართობს და წარმოადგენს ორგანოების ამომფენ ნაწილს, რომელიც იღებს მონაწილეობას **აბსორფციაში (შენოვებაში)**. მაგალითად, წვრილი ნაწლავი საჭიროებს დიდ ზედაპირს საკვები ნივთიერებების შესაწოვად, ამ ფუნქციის შესასრულებლად წვრილი ნაწლავის ყველა უფრედს აქვს მიკროხაოები. თირკმლის მილაკების ზოგიერთ უფრედს ასევე აქვს მიკროხაოები (იხ. ნახ. 1-1 თავში 1), რომლებიც უზრუნველყოფენ სასარგებლო ნივთიერებებს ეფექტურ აბსორბციას/შენოვას სისხლში.

**ციტოჩონჩხი** წარმოადგენს ზუსტად იმას, რასაც მისი სახელი გვთავაზობს: უფრედის ჩარჩოს ან საყრდენს. ცილა **აქტინისგან** შექმნილი მიკროფილამენტები ხელს უწყობენ უფრედის მემბრანის (და მიკროხაოების) ფორმას და მოძრაობას. მოძრაობის ხსენებისას, გვახსენდება კუნთების უფრედები; როგორც მე-7 თავში ნახავთ, აქტინი არის კუნთების უფრედის ერთ-ერთი შემკუმშველი ცილა. სხვა ცილის ფილამენტები უზრუნველყოფენ უფრედის შიგნით ორგანოების საყრდენს და ხელს უწყობენ მეზობელ უფრედებს შორის შეერთების ან დაკავშირებების ფორმირებას. უფრედის ორგანოების ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 3-1.

## უფრედული ტრანსპორტის მექანიზმები

ცოცხალი უფრედები მუდმივად ურთიერთქმედებენ მათ გარშემო არსებულ სისხლთან ან ქსოვილის სითხესთან, იღებენ ზოგიერთ ნივთიერებას და გამოყოფენ სხვებს. ტრანსპორტის რამდენიმე მექანიზმი საშუალებას აძლევს უფრედებს გადაიტანონ მასალები უფრედშიგნით და/ან მის გარეთ: დიფუზია, ოსმოსი, გაადვილებული დიფუზია, აქტიური ტრანსპორტი, ფილტრაცია, ფაგოციტოზი და პინოციტოზი. ზოგიერთი მათგანი ხდება უფრედების მიერ ენერჯის დახარჯვის გარეშე. თუმცა, სხვებს სჭირდებათ ენერჯია, ხშირად ატფ-ის სახით. თითოეული ეს მექანიზმი აღწერილია შემდეგ თავებში და მოყვანილია მაგალითი იმის საჩვენებლად, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია თითოეული ორგანიზმისთვის.

### დიფუზია

**დიფუზია** წარმოადგენს მოლეკულების მოძრაობას მაღალი კონცენტრაციის არიდან დაბალი კონცენტრაციის არისკენ (ანუ **კონცენტრაციული გრადიენტის** შესაბამისად). დიფუზია წარმართება იმის გამო, რომ მოლეკულებს გააჩნიათ თავისუფალი ენერჯია; ანუ მუდამ მოძრაობაში არიან. მოლეკულები მყარ მდგომარეობაში მოძრაობენ ძალიან ნელა; სითხეში მყოფი მოლეკულები უფრო სწრაფად მოძრაობენ; ხოლო აირად მდგომარეობაში მყოფი მოლეკულები ყველაზე სწრაფად მოძრაობენ, მაგალითად, როდესაც ყინული შთანთქავს სითბოს ენერჯიას, დნება და შემდეგ ორთქლდება. წარმოიდგინეთ ერთი ჭიქა წყლის ძირში მწვანე შაქრის კუბი (მწვანე იმიტომ, რომ კარგად დავინახავთ). როცა შაქარი იხსნება, შაქრის მოლეკულები ეჯახება ერთმანეთს ან წყლის მოლეკულებს და მწვანე ფერი თითქოს მატულობს ჭიქაში. ეს შეჯახებები ავრცელებს შაქრის მოლეკულებს, სანამ ისინი თანაბრად არ განაწილდებიან წყლის მოლეკულებს შორის (ამას ძალიან დიდი დრო დასჭირდება) და წყალი საბოლოოდ გახდება მთლიანად მწვანე. მოლეკულები კვლავ მოძრაობენ, თუმცა ზოგი ჭიქის ზევით მოძრაობს, ზოგი კი ქვევით და ა.შ. ამრიგად, მიიღწევა ნონასნორობა (ან სტაბილური მდგომარეობა).



ორგანოები	ფუნქცია
ენდოპლაზმური ბადე	<ul style="list-style-type: none"> <li>უჯრედში ნივთიერებების ტრანსპორტირება</li> <li>ცხიმების სინთეზი</li> </ul>
რიბოსომები	<ul style="list-style-type: none"> <li>ცილების სინთეზის ადგილი</li> </ul>
პროტეასომები	<ul style="list-style-type: none"> <li>არასწორად დაკეცილი ან დაზიანებული ცილების განადგურების ადგილი</li> </ul>
გოლჯის აპარატი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ნახშირწყლების სინთეზი</li> <li>უჯრედიდან სეკრეციისთვის მასალის შეფუთვა</li> </ul>
მიტოქონდრია	<ul style="list-style-type: none"> <li>უჯრედის აერობული სუნთქვის ადგილი - ატფ-ის და სიტბოს წარმოება</li> </ul>
ლიზოსომები	<ul style="list-style-type: none"> <li>ფერმენტების კონტეინერები, რომლებიც შთანთქავენ უცხო სტრუქტურებს (როგორცაა ბაქტერიები) ან/და დაზიანებულ ქსოვილებს/უჯრედებს (აუტოფაგია)</li> </ul>
ცენტრიოლები	<ul style="list-style-type: none"> <li>ქრომოსომების განაწილებისთვის მიტოზური თითისტარა ძაფების ჩამოყალიბება უჯრედების გაყოფის დროს</li> </ul>
სილია	<ul style="list-style-type: none"> <li>მომრავი სილია ასუფთავებს უჯრედის ზედაპირს</li> <li>სენსორული ან პირველადი სილია აღმოაჩენს სხვა უჯრედებიდან ქიმიურ ან მექანიკურ სიგნალებს</li> </ul>
ფლაგელა	<ul style="list-style-type: none"> <li>გრძელი წანაზარდი, რომელიც უჯრედს გადაადგილების საშუალებას აძლევს</li> </ul>
მიკროვილი	<ul style="list-style-type: none"> <li>უჯრედის მემბრანის წანაზარდები, რომლებიც ზრდის უჯრედის ზედაპირზე აბსორბციას</li> </ul>
ციტოჩონჩი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ცილის მიკროვილამენტები, რომლებიც უჯრედს ანიჭებენ ფორმას, ქმნიან მემბრანის და მიკროვილების საყრდენს და უზრუნველყოფენ მიმაგრებას და მოძრაობას</li> </ul>

დიფუზია ძალიან ნელი პროცესია, თუმცა ეფექტური სატრანსპორტო მექანიზმია მიკროსკოპულ დისტანციებზე. ორგანიზმში, ჟანგბადი და ნახშირორჟანგი მოძრაობენ დიფუზიით. მაგალითად, ფილტვების ალვეოლებში (საჭაერო ტომსიკებში) წარმოდგენილია ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაცია, ხოლო ფილტვის კაპილარების სისხლში ჟანგბადის დაბალი კონცენტრაცია (იხ. სურ. 3-3ა). საპირისპიროა ნახშირორჟანგი: დაბალი კონცენტრაცია - ალვეოლების ჰაერში და მაღალი კონცენტრაცია ფილტვის კაპილარების სისხლში. ეს აირები საპირისპირო მიმართულებით დიფუზირდება და თითოეული მოძრაობს მაღალი კონცენტრაციის არედან დაბალი კონცენტრაციის არეში. ჟანგბადი მიედინება ჰაერიდან სისხლში, რათა შემდგომ მოხდეს მისი გადატანა მთელ ორგანიზმში. ნახშირორჟანგი კი დიფუზირდება სისხლიდან ჰაერში, შემდგომ კი ხდება მისი ამოსუნთქვა

### ოსმოსი

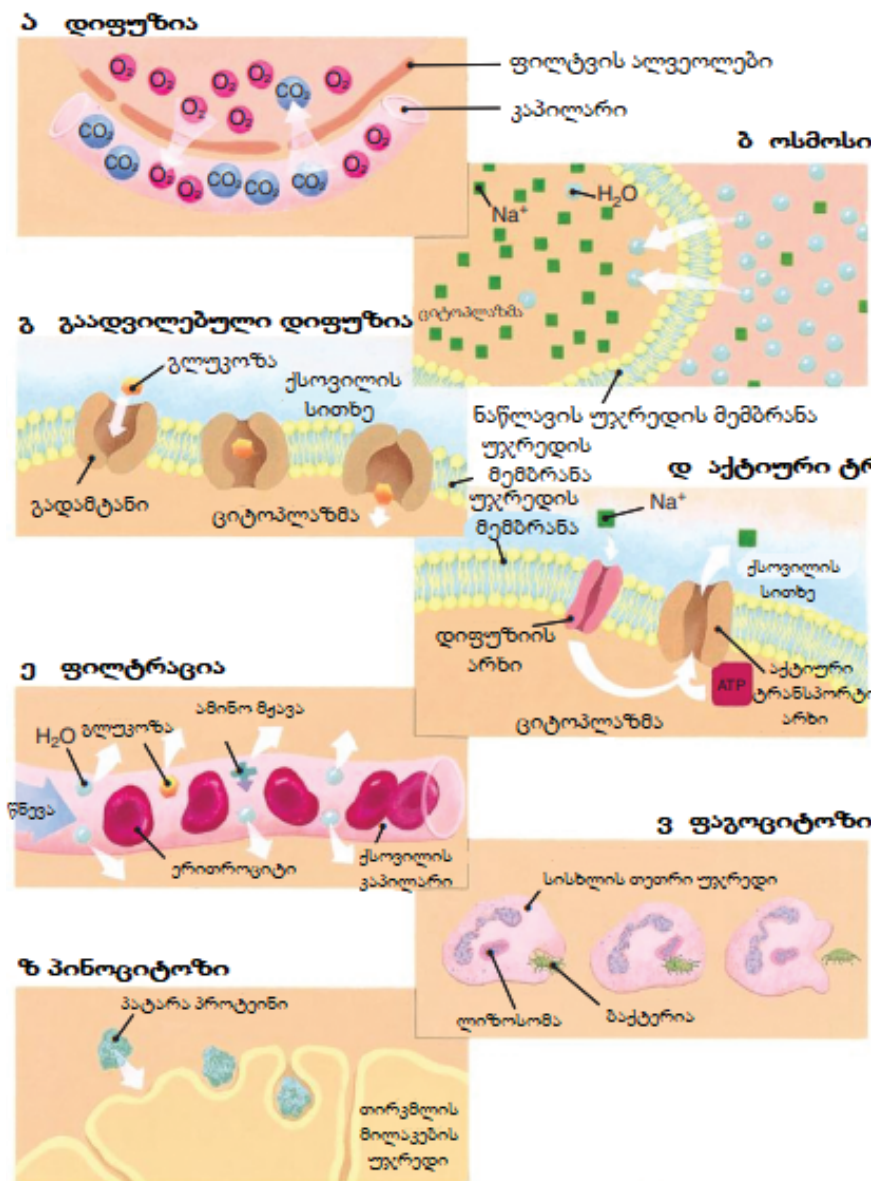
ოსმოსი განისაზღვრება, როგორც წყლის დიფუზია შერჩევით გამტარ მემბრანაში. წყალი იმ არედან, სადაც მეტი წყლის რაოდენობაა გადავა იმ არეში, სადაც ნაკლებია წყლის რაოდენობა. ამის აღწერის კიდევ ერთი გზა არის ის, რომ წყალი ბუნებრივად გადადის იმ არეში, სადაც მეტი გახსნილი ნივთიერებაა, როგორცაა მარილი ან შაქარი. თუ 2%-იანი მარილის ხსნარი და 6%-იანი მარილის ხსნარი გამოყოფილია მემბრანით, რომელიც საშუალებას აძლევს წყალს, მაგრამ არა მარილს, გავიდეს მასში, წყალი 2%-იანი მარილის ხსნარიდან 6%-იანი მარილის ხსნარში გავრცელდება. შედეგი არის ის, რომ 2%-იანი ხსნარი გახდება უფრო კონცენტრირებული, ხოლო 6%-იანი ხსნარი უფრო განზავებული, სანამ კონცენტრაცია წონასწორობას არ მიაღწევს. ორგანიზმში წვრილი ნაწლავის ამომფენი უჯრედები შთანთქავენ წყალს მონელებული საკვებიდან ოსმოსის გზით. უჯრედები ჯერ შეინოვენ მარილებს, გახდებიან მეტად „მარილიანები“ და მარილს წამოჰყვება წყალი (იხ. სურ. 3-3ბ). ოსმოსის პროცესი ასევე მიმდინარეობს თირკმელებში, რომლებიც შეინოვენ დიდი რაოდენობით წყალს (დღეში ბევრი ლიტრი), რათა თავიდან აიცილონ შარდში მისი დაკარგვა. სამახსოვრო 3-1: ხსნარების ტერმინოლოგიაში ჩამოთვლილია ზოგიერთი ტერმინი, რომელსაც ვიყენებთ ხსნარებისა და უჯრედებზე სხვადასხვა ხსნარების ეფექტების განხილვისას.



## გაადვილებული დიფუზია

სიტყვა გაადვილება გულისხმობს “დახმარებას”. გაადვილებული დიფუზიის დროს მოლეკულები მემბრანაში გადადიან უფრო დიდი კონცენტრაციის არედან ნაკლები კონცენტრაციის არეში, თუმცა ამისთვის მათ სჭირდებათ დახმარება. ორგანიზმში, ჩვენს უჯრედებს სჭირდებათ გლუკოზა, რომ გამოიყენონ ატფ-ის წარმოებისთვის. თუმცა, უმეტესწილად გლუკოზა თავისთავად ვერ შეაღწევს უჯრედში მემბრანის გავლით, მაშინაც კი, თუ უჯრედის გარეთ გლუკოზის კონცენტრაცია უფრო მეტია უჯრედის გარეთ, ვიდრე შიგნით. გლუკოზის უმეტესობას უჯრედებში დიფუზიისთვის საჭიროა გლუკოზის სპეციალური ცილები, **გადამტანები**, რომელსაც ასევე შეიძლება ეწოდოს **გადამტანი ფერმენტები**.

ეს გადამტანები წარმოადგენენ ცილებს, რომლებიც უჯრედის მემბრანის ნაწილია. გლუკოზა უკავშირდება გადამტანს (იხ. სურ. 3-3გ) და ამით ცვლის ცილის ფორმას. ეს ფიზიკური ცვლილება გლუკოზას უჯრედის შიგნით აწვება. სხვა გადამტანები სპეციფიკურია სხვა ორგანული მოლეკულებისთვის, როგორიცაა ამინომჟავები.



**სურათი 3-3** უჯრედის ტრანსპორტის მექანიზმები.  
(ა) დიფუზია ფილტვის ალვეოლში.  
(ბ) ოსმოზი წერილ ნაწლავში.  
(გ) გაადვილებული დიფუზია კუნთოვან უჯრედში.  
(დ) აქტიური ტრანსპორტი კუნთოვან უჯრედში.  
(ე) ფილტრაცია კაპილარში.  
(ვ) ფაგოციტოზი სისხლის თეთრი უჯრედებით.  
(ზ) პინოციტოზი თირკმლის მილაკების უჯრედით, იზილეთ ტექსტი აღწერისთვის.

**კითხვა:** რომელი მექანიზმია დამოკიდებული არტერიულ წნევაზე? რა არის დამოკიდებული უჯრედის მოძრაობაზე?

## აქტიური ტრანსპორტი

**აქტიური ტრანსპორტი** მოითხოვს ატფ-ის ენერგიას მოლეკულების დაბალი კონცენტრაციის არედან მეტი კონცენტრაციის არეში გადასატანად. გაითვალისწინეთ, რომ ეს არის დიფუზიის საპირისპირო პროცესი, რომელშიც მოლეკულების თავისუფალი ენერგია იწვევს მათ გადაადგილებას. ამრიგად, აქტიური ტრანსპორტი ითვლება მოლეკულების მოძრაობად კონცენტრაციის გრადიენტის საწინააღმდეგოდ.

### სამახსოვრო 3-1: ხსნარების ტერმინოლოგია

ადამიანის უჯრედები ან სხეულის სხვა სითხეები შეიცავს ბევრ გახსნილ ნივთიერებას (**ხსნარი**), როგორცაა მარილები, შაქარი, მჟავები და ფუძეები.

სითხეში გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაცია ქმნის ხსნარის **ოსმოსურ წნევას**, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს წყლის მოძრაობას მემბრანებში.

მაგალითისთვის აქ გამოვიყენებთ ნატრიუმის ქლორიდს (**NaCl**). ადამიანის უჯრედებში **NaCl** კონცენტრაცია შეადგენს **0,9%**. თუ მივიღებთ ადამიანის უჯრედებში არსებულ ნატრიუმის ქლორიდის კონცენტრაციას ათვლის ნერტილად, სხვა ხსნარებში **NaCl**-ის ფარდობითი კონცენტრაციები შეიძლება აღწერილი იყოს შემდეგი ტერმინებით:

**იზოტონური** - ხსნარი, რომლის მარილის კონცენტრაცია ტოლია უჯრედებში არსებული კონცენტრაციის. სისხლის პლაზმა იზოტონურია სისხლის წითელი უჯრედების მიმართ.

**ჰიპოტონური** - ხსნარი, რომლის მარილის კონცენტრაცია უფრო დაბალია, ვიდრე უჯრედებში.

გამოხდილი წყალი (**0%** მარილი) ჰიპოტონურია ადამიანის უჯრედებთან შედარებით.

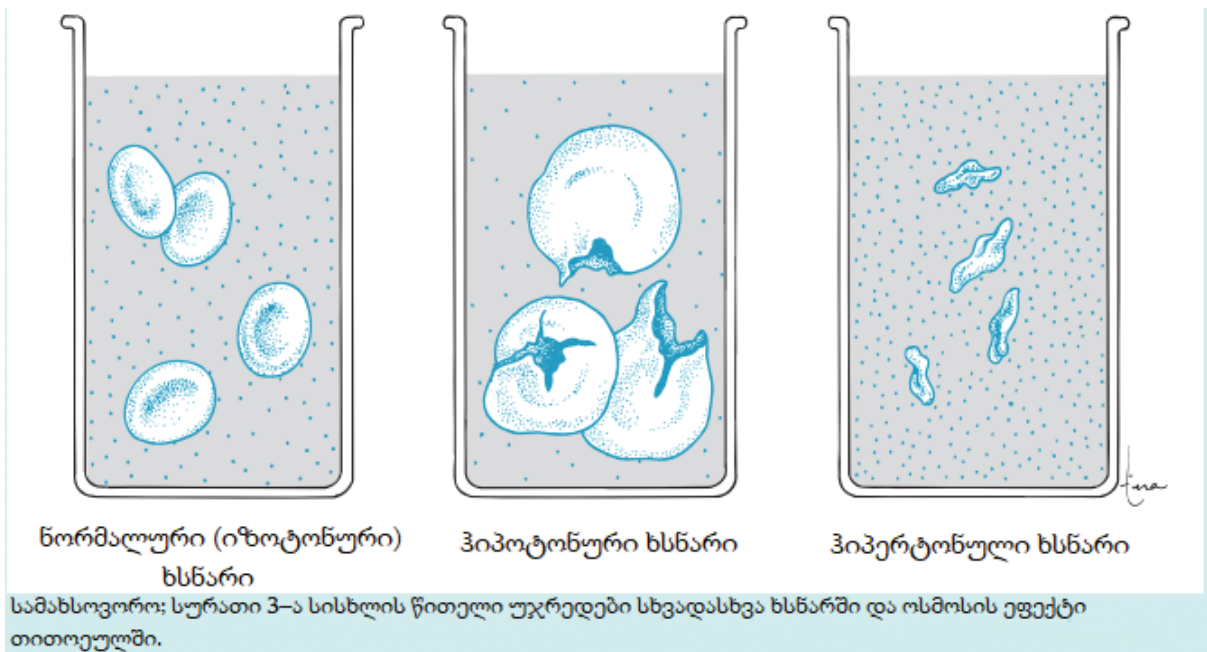
**ჰიპერტონური** - ხსნარი, რომლის მარილის კონცენტრაცია უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედებში.

ზღვის წყალი (**3%** მარილი) ჰიპერტონურია ადამიანის უჯრედებთან შედარებით.

ახლა იხილეთ დიაგრამები, რომლებიც ნაჩვენებია სურათზე **3-ა** სისხლის წითელი უჯრედები (ერიტროციტები) თითოეული სხვადასხვა ტიპის ხსნარში და აღწერეთ თითოეულის გავლენა ოსმოსზე:

- როდესაც სისხლის წითელი უჯრედები პლაზმაშია, წყალი თანაბარი სიჩქარით მოძრაობს უჯრედის შიგნით და გარეთ, და უჯრედები ნორმალური ზომითა და წყლის შემცველობით რჩება.
- თუ ერიტროციტები მოთავსებულია გამომხდილ წყალში, უფრო მეტი წყალი იმოძრაებს უჯრედის შიგნით, ვიდრე ტოვებს მას, აქედან გამომდინარე უჯრედი იზრდება ზომაში და შეიძლება გასკდეს.
- თუ ერიტროციტები მოთავსებულია ზღვის წყალში, უჯრედებს უფრო მეტი წყალი დატოვებს, ვიდრე შევა და როგორც წესი უჯრედები შეიჭმუხნება და კვდება.

ეს ცოდნა ოსმოსური წნევის შესახებ გამოიყენება, როდესაც საჭიროა სითხეების აღდგენა დეჰიდრატირებულ პაციენტებში. ჩვეულებრივ გამოიყენება იზოტონური ხსნარები; ამის მაგალითია ნორმალური ფიზიოლოგიური ხსნარი და რინგერის ხსნარი. ეს უზრუნველყოფს რეჰიდრატაციას უჯრედების ოსმოსური დაზიანების ან სისხლსა და ქსოვილებს შორის სითხის ფართო გადაადგილების გარეშე.



ორგანიზმში ნერვულ და კუნთოვან უჯრედებს გააჩნიათ „ნატრიუმის ტუმბოები“ უჯრედებიდან ნატრიუმის იონების ( $\text{Na}^+$ ) გამოტანისთვის. ნატრიუმის იონები უფრო უხვადაა უჯრედების გარეთ და (სპეციფიკური დიფუზიური არხების მეშვეობით) ისინი მუდმივად მოედინება უჯრედში, მათი ნაკლები კონცენტრაციის არეში (იხ. სურ. 3-3დ). ნატრიუმის ტუმბოების გარეშე, შემომავალი ნატრიუმის იონები გამოიწვევს არასასურველ ნერვულ იმპულსს ან კუნთების შეკუმშვას. ნერვული და კუნთოვანი უჯრედები მუდმივად ანარმოებენ ატფ-ს, რათა მათი ნატრიუმის ტუმბოები (და მსგავსი კალიუმის ტუმბოები) ფუნქციონირებდნენ და თავიდან აიცილონ სპონტანური იმპულსები.

აქტიური ტრანსპორტის კიდევ ერთი მაგალითია გლუკოზისა და ამინომჟავების შეწოვა ნვრილი ნაწლავის უჯრედების მიერ. უჯრედები იყენებენ ატფ-ს, რათა შეინოვონ ეს საკვები ნივთიერებები მონელელებული საკვებიდან, მაშინაც კი, როდესაც მათი უჯრედშია კონცენტრაცია აღემატება უჯრედგარე კონცენტრაციას.

## ფილტრაცია

ფილტრაციის პროცესი ასევე მოითხოვს ენერგიას, მაგრამ საჭირო ენერგია არ გამოიყენება პირდაპირ ატფ-დან. ეს არის მექანიკური წნევის ენერგია. ფილტრაცია ნიშნავს, რომ წყალი და მასში გახსნილი ნივთიერებები მემბრანის გავლით გადადის უფრო მაღალი წნევის არედან უფრო დაბალი წნევის არეში.

სხეულში **არტერიული წნევა** იქმნება გულის გადატუმბვით. **ფილტრაცია** გვხვდება, როდესაც სისხლი მიედინება კაპილარებში, რომელთა კედლები მხოლოდ ერთი უჯრედის სისქისაა და ძალიან გამტარია. კაპილარებში არსებული არტერიული წნევა უფრო მაღალია ვიდრე უჯრედგარე სითხის წნევა. მთელი ორგანიზმის კაპილარებში, არტერიული წნევა ზენოლას ახდენს პლაზმასა (წყალს) და მასში გახსნილ ნივთიერებებზე, რათა მოხდეს მათი მოძრაობა კაპილარული გარსების მეშვეობით მიმდებარე ქსოვილის სივრცეებში (იხ. სურ. 3-3ე). ეს ქმნის ქსოვილში მეტ სითხეს და უჯრედები იღებენ გლუკოზას, ამინომჟავებს და სხვა საკვებ ნივთიერებებს. თირკმელების კაპილარებში არტერიული წნევა ასევე იწვევს ფილტრაციას, რაც პირველი ნაბიჯია შარდის წარმოქმნაში.

## ფაგოციტოზი და პინოციტოზი

ეს ორი პროცესი მსგავსია იმით, რომ ორივე მოიცავს უჯრედის მიერ რაღაცის შთანთქმას და ორივე არის **ენდოციტოზის** ფორმა, ენდო რაც ნიშნავს “უჯრედში შეყვანას”. ფაგოციტოზის მაგალითია სისხლის თეთრი უჯრედები, რომლებიც შთანთქავენ ბაქტერიას. სისხლის თეთრი



უჯრედი დაცურავს ბაქტერიის ირგვლივ (იხ. სურ. 3–3ვ), შთანთქავს მას შიგნით და საბოლოოდ ითვისებს მას. შთანთქმული სტრუქტურების მონელება ხდება უჯრედის ლიზოსომების ფერმენტების მეშვეობით.

სხვა უჯრედებმა, რომლებიც უმოძრაოა, შეიძლება შთანთქონ მცირე მოლეკულები, რომლებიც მიმაგრებულია მათ მემბრანაზე. თირკმლის მილაკების უჯრედები შთანთქავენ მცირე ცილებს პინოციტოზის გზით (იხ. სურ. 3–3ზ), რათა ცილა არ დაიკარგოს შარდში. ცხრილი 3-2 აჯამებს უჯრედის ტრანსპორტის მექანიზმებს.

**ცხრილი 3-2 უჯრედული ტრანსპორტის მექანიზმები**

მექანიზმი	განმარტება	ორგანიზმში არსებული მაგალითი
დიფუზია	მოლეკულების მოძრაობა მაღალი კონცენტრაციის არედან ნაკლები კონცენტრაციის არეში	აირების გაცვლა ფილტვებში ან სხვა ქსოვილებში
ოსმოსი	წყლის დიფუზია	წყლის შეწოვა წვრილი ნაწლავის ან თირკმელების მიერ
გაადვილებული დიფუზია	გადამტანებს მოლეკულები გადააქვთ უჯრედის მემბრანების გავლით.	გლუკოზის შტანტკმა უმეტესობა უჯრედების მიერ
აქტიური ტრანსპორტი	მოლეკულების მოძრაობა ნაკლები კონცენტრაციის არედან მაღალი კონცენტრაციის არეში (საჭიროებს ატფ-ს)	ამინომჟავების და გლუკოზის შეწოვა საკვებიდან წვრილი ნაწლავის უჯრედების მიერ ნატრიუმის და კალიუმის ტუმბოები კუნთებსა და ნერვულ უჯრედებში
ფილტრაცია	წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერებების მოძრაობა მაღალი წნევის არედან დაბალი წნევის არეში (არტერიული წნევა)	ქსოვილის სითხის ფორმირება მთელ სხეულში; თირკმელების კაპილარებში შარდის წარმოქმნის პირველი ნაბიჯი
ფაგოციტოზი	მოძრავი უჯრედი შთანთქავს სტრუქტურებს	სისხლის თეთრი უჯრედები შთანთქავს ბაქტერიებს.
პინოციტოზი	უმოძრაო უჯრედი შთანთქავს სტრუქტურებს	თირკმლის მილაკების უჯრედები შთანთქავენ მცირე ზომის ცილებს.

## გენეტიკური კოდი და ცილის სინთეზი

დნმ-ის, რნმ-ის და ცილის სტრუქტურა აღწერილი იყო მე-2 თავში. ამ თავში აღვწერთ, თუ როგორ არის ჩართული ყველა ეს ორგანული მოლეკულა ცილის სინთეზის პროცესში.

### დნმ და გენეტიკური კოდი

დნმ წარმოადგენს ნუკლეოტიდების **ორმაგ სპირალს**, რომელიც ძალიან ჰგავს სპირალურ კიბეს. კიბის საყრდენები შედგება ფოსფატის ჯგუფებისა და დეზოქსირიბოზის შაქრის მოლეკულებისგან. კიბის საფეხურები შედგება ოთხი აზოტოვანი ფუძისგან, რომლებიც ყოველთვის გვხვდება კომპლიმენტარული წყვილებში: ადენინი თიმინთან (A–T) და გუანინი ციტოზინით (G–C). მიუხედავად იმისა, რომ დნმ შეიცავს მხოლოდ ამ ოთხ ფუძეს, ფუძეები შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვა თანმიმდევრობით. ამ ფუძეების თანმიმდევრობა, **A, T, C და G**, წარმოადგენს გენეტიკურ კოდს. ჩვენი 46 ქრომოსომის დნმ-ს შეიძლება ასევე ეწოდოს **გენომი**, რაც არის ტერმინი, რომელიც აღწერს კონკრეტული სახეობის მთლიან გენეტიკურ ინფორმაციას. ითვლება, რომ ადამიანის გენომი შეიცავს დაახლოებით 3,2 მილიარდ აზოტოვანი ფუძეების წყვილს, ხოლო ჩვენი გენების რაოდენობა დაახლოებით 22000-ს შეადგენს.

შეგახსენებთ, რომ მე-2 თავში ნაიკითხეთ, რომ გენი არის ერთი ცილის გენეტიკური კოდი. თუმცა გენების ფუნქციონირება ხშირად გაცილებით რთული პროცესია. ჩვენი გენები სეგმენტებად არის განაწილებული, რომლებიც შეიძლება იყოს შერეული ან ასოცირებული მრავალი კომბინაციით, ან შეიძლება ფუნქციონირებდნენ როგორც ქსელები, კიდევ ბევრი ცილის კოდი-

რების პოტენციალით. მარტივი სიტყვებით რომ ვთქვათ, გენი არის ერთი ცილის დნმ-ის კოდი. ასევე შეგახსენებთ, რომ ცილა არის ამინომჟავების სპეციფიკური თანმიმდევრობა. მაშასადამე, გენი, ან დნმ-ის სეგმენტი, არის კოდი კონკრეტულ ცილაში ამინომჟავების თანმიმდევრობისთვის.

ერთი ამინომჟავის კოდი შედგება დნმ-ის მოლეკულაში არსებული სამი ფუძისგან; ფუძეების ამ სამეულს, ანუ **ტრიპლეტს**, ეწოდება **კოდონი** (იხ. სურ. 3-4). ცილის თითოეული ამინომჟავისთვის დნმ-ში არსებულია ფუძეების ტრიპლეტი. თუ ცილა შედგება 100 ამინომჟავისგან, ამ ცილის მაკოდირებელი გენი შედგებოდა 100 ტრიპლეტისაგან, ანუ 300 ფუძისგან. ზოგიერთი ტრიპლეტი ბევრჯერ შეიძლება განმეორდეს, რადგან ერთი და იგივე ამინომჟავა შეიძლება არსებობდეს ცილის რამდენიმე ადგილას. ასევე გენის ნაწილია სხვა ტრიპლეტები, რომლებიც იწყებენ და აჩერებენ ცილის წარმოქმნის პროცესს, ისევე როგორც დიდი ასოების ან პუნქტუაციის ნიშნები წინადადებაში. გენებზე შესაძლოა გავლენა იქონიოს ქიმიურმა აქტივობამ, რომელსაც **ეპიგენეტიკა** ეწოდა და ჩვენ ამას მოკლედ განვიხილავთ ცილების სინთეზის განხილვამდე.

## ეპიგენეტიკა

პრეფიქსი *epi* ნიშნავს “ზემოდან, გარედან, თავზე ან დამატებით”. ამრიგად, *ეპიგენეტიკა* ნიშნავს „დნმ-ის ქრომოსომებში დანამატი“. ეს შეიძლება იყოს ცვლილებები უჯრედულ სტრუქტურაში ან ქიმიკაში, ან ცვლილებები თავად ქრომოსომებში, როდესაც გარკვეული გენები ჩართულია ან გამორთულია. ეს არ არის მუტაციები, რადგან დნმ-ის გენები უცვლელი რჩება. მაგრამ გენების აქტივობა იცვლება, ანუ **გენის გამობატვა (ექსპრესია)**. გენის გამობატვა ნიშნავს, რომ გენის პროდუქტი ჩვენთვის ამკარაა, ჩვენ შეგვიძლია დავინახოთ ან გავზომოთ ის. მაგალითები იქნება ყავისფერი ან ცისფერი თვალები, ან ნაწლავური ფერმენტის ლაქტაზას გამომუშავება ან არ გამომუშავება რძეში არსებული შაქრის მოსანელებლად.

გენის გამობატვა შეიძლება შეიცვალოს რამდენიმე გზით. რნმ-ის მოლეკულების გარკვეულ ტიპებს შეუძლიათ დათრგუნონ დნმ-ის გენების აქტივობა. ქრომოსომების ნაწილები, რომლებიც არ წარმოადგენენ ცილების კოდებს, სახელწოდებით არამაკოდირებელი დნმ, ასევე მოქმედებენ როგორც ცილების გენების გადამრთველები (ამ არაკოდირებულ დნმ-ს ოდესღაც „უსარგებლო“ დნმ-ს ეძახდნენ, სანამ მოხდებოდა მისი ფუნქციის აღმოჩენა). გენის ექსპრესიაზე ასევე შეიძლება გავლენა იქონიოს ქრომოსომაზე მარტივი ქიმიური ნივთიერებების მიმაგრებამ. მაგალითად, მეთილის ჯგუფები ( $\text{CH}_3$ ) არის გადამრთველები, რომლებიც გენების გამორთვაში იღებენ მონაწილეობას, ხოლო აცეტილის ჯგუფები ( $\text{C}_2\text{H}_5$ ) არის გადამრთველები, რომლებიც გენების ჩართვაში (გააქტიურებაში) იღებენ მონაწილეობას. ბოლო კვლევების მიხედვით, გარემო ფაქტორებს ასევე აქვთ შესაძლებლობა გავლენა მოახდინონ გენის აქტივობის მოდიფიკაციაზე. ითვლება, რომ ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა მონევა ან სიმსუქნე, მავნე ზეგავლენას ახდენენ გენის ექსპრესიაზე, მაგალითად, ხელს უწყობს არტერიებში ლიპიდების დაგროვებას, ხოლო ისეთი ფაქტორი, როგორიცაა რეგულარული ვარჯიში, სასარგებლოდ ცვლის გენის ექსპრესიას და ხელს უშლის ასეთ დაგროვებას. ჩვენ კიდევ ბევრი რამ გვაქვს სასწავლი იმის შესახებ, თუ როგორ მოქმედებს კვება, ვარჯიში და ჰაერიც კი, რომელსაც ჩვენ ვსუნთქავთ, ჩვენს გენებზე, მაგრამ მოდით, ახლა დავუბრუნდეთ ცილების სინთეზს.

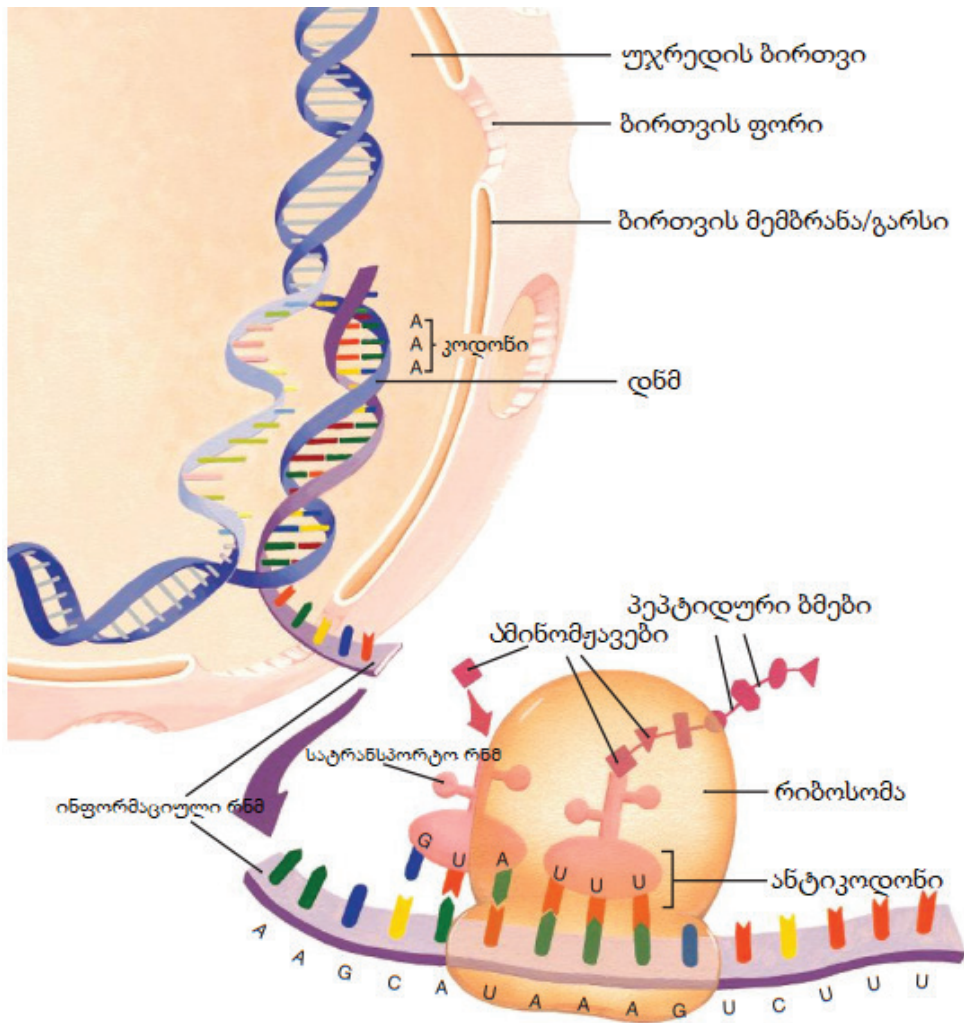
## რნმ და ცილების სინთეზი

რნმ-ს მრავალი ფუნქცია გააჩნია; ის ხელს უწყობს დნმ-ის აღდგენას და მონაწილეობს გენის ექსპრესიაში/გამობატვაში. მიუხედავად იმისა, რომ რნმ-ის ეს ფუნქციები ძალიან მნიშვნელოვანია, დეტალები ჩვენი წიგნის ფარგლებს სცილდება, ამიტომ ჩვენი ყურადღება იქნება ფოკუსირებული რნმ-ის როლზე ცილების სინთეზის პროცესში.

დნმ-ში გენეტიკური კოდის ცილებად ტრანსკრიფცია და ტრანსლაცია მოითხოვს რნმ-ის რამდენიმე ტიპს. დნმ გვხვდება უჯრედის ბირთვის ქრომოსომებში, მაგრამ ციტოპლაზმის რიბოსომებზე ხდება ცილის სინთეზი. ინფორმაციული რნმ (**mRNA**) არის შუამავალი მოლეკულა ამ ორ ადგილს შორის. როდესაც ცილა უნდა შეიქმნას, დნმ-ის სეგმენტი, რომელიც მაკოდირებელია, იხსნება და წყალბადური ბმები ფუძე წყვილებს შორის იშლება (იხ. სურ. 3-4). ბირთვში არის რნმ ნუკლეოტიდები (**A, C, G, U**) და ნუკლეოტიდების ერთი ჯაჭვის შესაქმნელად საჭირო

ფერმენტები, რომელიც წარმოადგენს დნმ-ის ნახევარი ჯაჭვის გენის კომპლიმენტარულ ასლს (თიმინის ნაცვლად ურაცილით). ამ პროცესს ეწოდება **ტრანსკრიფცია**, ან კოპირება და გენის ასლი წარმოდგენილია ინფორმაციული რნმ-ის (mRNA) სახით, რომელსაც ახლა აქვს ცილის ამინომჟავების კოდონები და ის შემდეგ გამოეყოფა დნმ-ს. გენი თავიდან იხვევა ორმაგ სპირალში და ინფორმაციული რნმ-ი (mRNA) ტოვებს ბირთვს, შედის ციტოპლაზმაში და ემაგრება რიბოსომებს.

როგორც გენის ასლი, ინფორმაციული რნმ-ი (mRNA) არის ფუძეების ტრიპლეტების სერია/თანმიმდევრობა; თითოეული ტრიპლეტი არის კოდონი, კოდი ერთი ამინომჟავისთვის. რნმ-ის კიდევ ერთი ტიპი, რომელსაც ეწოდება **სატრანსპორტო რნმ-ი (tRNA)**, ასევე გვხვდება ციტოპლაზმაში. თითოეულ სატრანსპორტო რნმ-ის მოლეკულას აქვს **ანტიკოდონი**, ტრიპლეტი, რომელიც კომპლიმენტარულია ინფორმაციულ რნმ-ზე არსებული ტრიპლეტის. სატრანსპორტო რნმ-ი ატარებს სპეციფიკურ ამინომჟავებს (რომლებიც ჩვენს საკვებში შემავალი ცილებიდან მოდის) და მიჰყავთ ინფორმაციული რნმ-ით შესაბამის ტრიპლეტამდე. ამ პროცესს ეწოდება **ტრანსლაცია** (თარგმანი); ანუ თითქოს ერთი ენიდან მეორეზე ითარგმნება ინფორმაცია - ნუკლეოტიდური ფუძეების ენა ამინომჟავების ენაზე. რიბოსომები შეიცავს სტრუქტურულ ცილებს და **რიბოსომულ რნმ-ს (rRNA)**, რომელიც ფუნქციონირებს როგორც ფერმენტი, რომელსაც ეწოდება **რიბოზიმი**, ამინომჟავებს შორის **პეპტიდური ბმების** წარმოქმნის კატალიზებისთვის. როდესაც ამინომჟავა მიტანილი იქნება ინფორმაციულ რნმ-ის თითოეულ ტრიპლეტზე და ყველა პეპტიდური ბმა ჩამოყალიბდება, ცილის სინთეზი სრულდება.



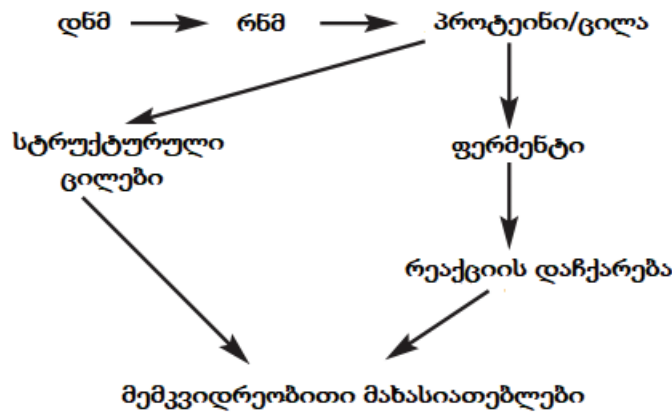
**სურათი 3-4** ცილის სინთეზი. ინფორმაციული რნმ-ი წარმოიქმნება როგორც დნმ-ის ასლი უჯრედის ბირთვში. ციტოპლაზმაში ინფორმაციული რნმ-ი მიმდგრებულია რიბოსომაზე. იზილეთ ტექსტი დამატებითი ადწერილობისთვის.

**კითხვა:** სატრანსპორტო რნმ-ის მოლეკულას აქვს ორი მიმდგრების ადგილი; რისთვის არის თითოეული?



შემდეგ ცილა ტოვებს რიბოსომებს და მისი გადატანა ხდება ენდოპლაზმური ბადით იქ, სადაც საჭიროა უჯრედში, ან შეიძლება შეფუთული იყოს გოლჯის აპარატით უჯრედიდან სეკრეციისთვის. ცილის სინთეზის პროცესის შეჯამება მოცემულია ცხრილში 3-3.

ამრიგად, გენეტიკური კოდის ექსპრესია შეიძლება აღწერილი იყოს შემდეგი თანმიმდევრობით:



თითოეული ჩვენგანი არის ჩვენი გენეტიკური მახასიათებლების ჯამი. სისხლის ტიპის, თმის ფერის, კუნთების ცილების, ნერვული უჯრედების და ჩვენი სტრუქტურისა და ფუნქციონირების ათასობით სხვა ასპექტის საფუძვლად უდევს დნმ-ის გენეტიკურ კოდი. თუ დნმ-ში არის „შეცდომა“, ანუ არასწორი ფუძე ან ტრიპლეთი, ამ შეცდომის ასლი გადავა ინფორმაციული რნმ-ზე. შედეგი არის გაუმართავი ან არაფუნქციონირებადი ცილის ფორმირება. ამას გენეტიკური ან მემკვიდრეობითი დაავადება ეწოდება და კონკრეტული მაგალითი აღწერილია სამახსოვრო 3-2: გენეტიკური დაავადება — ნამგლისებური ანემია.

### ცხრილი 3-3

### ცილის სინთეზი

მოლეკულა ან ორგანელა	ფუნქცია
<b>დნმ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ნუკლეოტიდების ორმაგი ჯაჭვი (სპირალი), რომელიც წარმოადგენს გენეტიკურ კოდს უჯრედების ქრომოსომებში</li> <li>■ გენი არის აზოტოვანი ფუძეების თანმიმდევრობა (დნმ-ის სეგმენტი), რომელიც წარმოადგენს ერთი ცილის კოდს.</li> </ul>
<b>ინფორმაციული რნმ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ნუკლეოტიდების ერთი ჯაჭვი, რომელიც იკმნება დნმ-ში გენის კომპლიმენტარული ასლის სახით</li> <li>■ შეიცავს კოდის ტრიპლეტს: სამი აზოტოვანი ფუძე არის კოდი ერთი ამინომჟავისთვის (კოდონი)</li> <li>■ ტოვებს დნმ-ს ბირთვში, შედის უჯრედის ციტოპლაზმაში და მიმაგრებულია რიბოსომებზე</li> </ul>
<b>რიბოსომები</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უჯრედის ორგანელები, რომლებიც ცილის სინთეზის ადგილია</li> <li>■ ემაგრება ინფორმაციული რნმ-ის მოლეკულაზე</li> <li>■ შეიცავს რიბოსომულ რნმ-ს, რიბოზიმს, რომელიც ქმნის პეპტიდურ ბმებს ამინომჟავებს შორის</li> </ul>
<b>სატრანსპორტო რნმ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ იღებს ამინომჟავებს (საკვებიდან) ციტოპლაზმაში და გადააქვს მათ შესაბამის ადგილებში, როგორცაა ინფორმაციული რნმ-ის მოლეკულა; აქვს ანტიკოდონები ინფორმაციული რნმ-ის კოდონების შესატყვისად</li> </ul>

**გენეტიკური დაავადება** წარმოადგენს მემკვიდრეობით დაავადებას, რომელიც შეიძლება გადაეცეს თაობიდან თაობას. მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს ასობით გენეტიკური დაავადება, მათ ყველას ერთი და იგივე საფუძველი აქვს: შეცდომა დნმ-ში. იქიდან გამომდინარე, რომ დნმ ქმნის ქრომოსომებს, რომლებიც გვხვდება კვერცხუჯრედსა და სპერმაში, ეს გენეტიკური შეცდომა შეიძლება მშობლებისგან გადაეცეს შვილებს.

ნამგლისებური ანემია ყველაზე გავრცელებული გენეტიკური დაავადებაა აფრიკული წარმოშობის ადამიანებს შორის და გავლენას ახდენს სისხლის წითელ უჯრედებში არსებულ ჰემოგლობინზე. ნორმალური ჰემოგლობინი, რომელსაც ჰემოგლობინი **A (HbA)** უწოდებენ, არის ცილა, რომელიც შედგება ორი ალფა ჯაჭვისგან (თითოეულში 141 ამინომჟავა) და ორი ბეტა ჯაჭვისგან (თითოეულში 146 ამინომჟავა). ნამგლისებურ ჰემოგლობინში (**HbS**), მეექვსე ამინომჟავა თითოეულ ბეტა ჯაჭვში შეცდომითაა; ეს ამინომჟავა არის ვალინი, რომელიც გლუტამინის მჟავის ნაცვლადაა წარმოდგენილი. ეს განსხვავება უმნიშვნელო ჩანს - მხოლოდ 2 არასწორი ამინომჟავა 500-ზე მეტიდან - მაგრამ შედეგები ადამიანის ორგანიზმისთვის ძალიან სერიოზულია.

**HbS**-ს აქვს კრისტალიზაციის დიდი ტენდენცია, როდესაც ჟანგბადის დონე დაბალია, რაც გვხვდება კაპილარებში. როდესაც **HbS** კრისტალიზდება, სისხლის წითელი უჯრედები დეფორმირდება

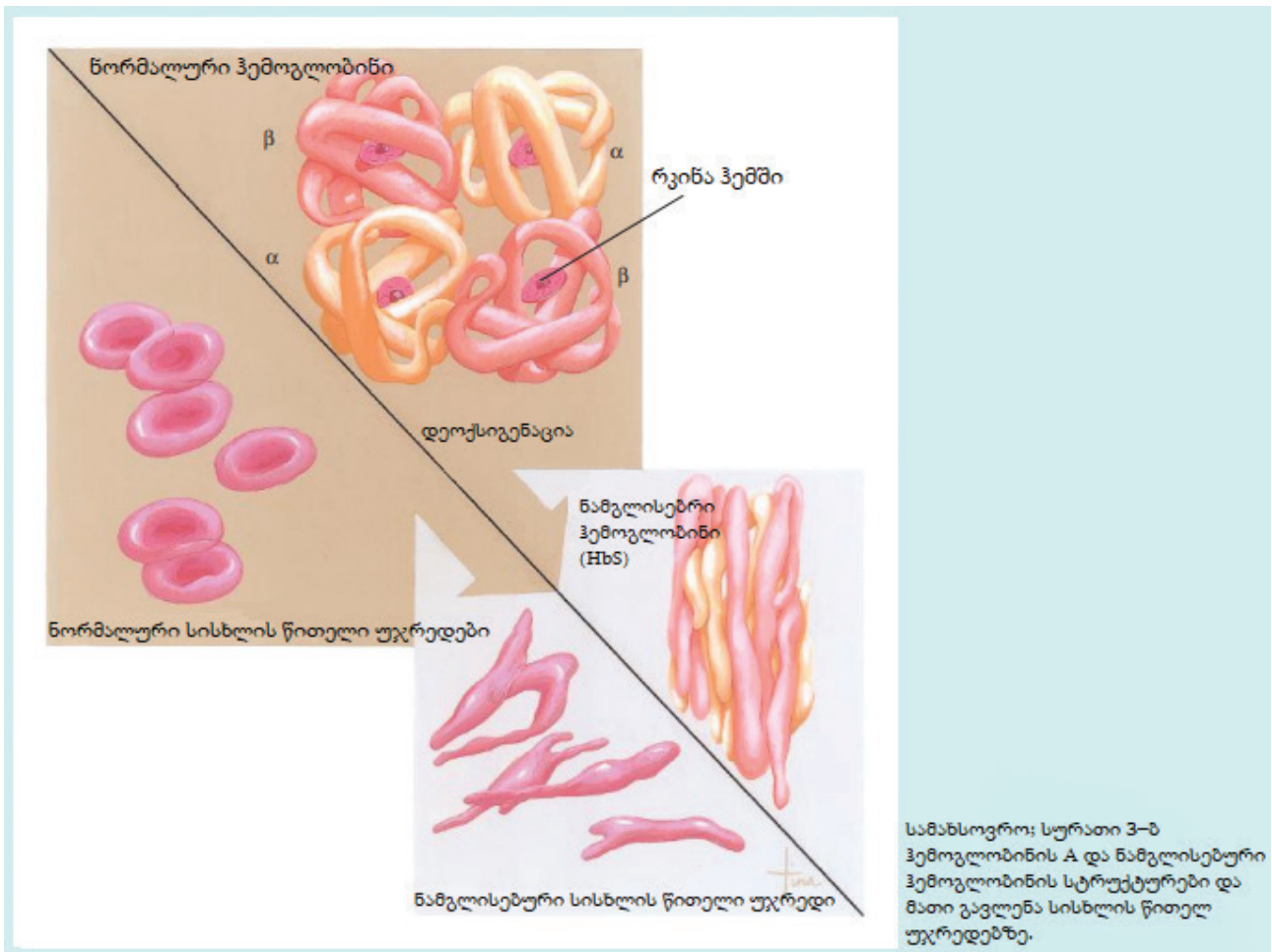
ნახევარმთვარეებად (ნამგალი) და სხვა არარეგულარულ ფორმებად.

ეს ხისტი და უფორმო სისხლის წითელი უჯრედები ბლოკავს და აზიანებს კაპილარებს, რაც იწვევს შინაგან სისხლდენას და ძლიერ ტკივილს. ეს უჯრედები ასევე მყიფეა და ადვილად იშლება, რაც იწვევს ანემიას და ჰიპოქსიას (ჟანგბადის ნაკლებობას). ამ დაავადების მკურნალობა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა, თუმცა ის მაინც რჩება განუკურნებლად.

რამ გამოიწვია **HbS**-ის ფორმირება და არა **HbA**? ჰემოგლობინი არის ცილა; მისი ბეტა ჯაჭვის გენი დნმ-შია კოდირებული (ქრომოსომა 11). ბეტა ჯაჭვებში ერთი ამინომჟავა არასწორია; ამიტომ, მის დნმ-ის გენში ერთი ტრიპლეთი არასწორი უნდა იყოს. ამ შეცდომის ასლი გადადის ინფორმაციულ რნმ-ში წითელი ძვლის ტვინის უჯრედებში და სისხლის წითელ უჯრედებში წარმოიქმნება **HbS**.

ნამგლისებური ანემია არის რეცესიული გენეტიკური დაავადება, რაც ნიშნავს, რომ ადამიანს, რომელსაც აქვს ერთი გენი **HbS**-ისთვის და ერთი გენი **HbA**-სთვის, ექნება „ნამგლისებური თვისება“. ასეთ ადამიანს ჩვეულებრივ არ ექნება ნამგლისებური ანემიის მძიმე შედეგები, მაგრამ შეიძლება გადასცეს **HbS**-ის გენი ბავშვებს.

დადგენილია, რომ აფროამერიკელთა 9%-ს აქვს ნამგლისებური თვისება და დაახლოებით 1%-ს აქვს ნამგლისებური ანემია.



## უჯრედების დაყოფა

უჯრედის გაყოფა წარმოადგენს პროცესს, რომლითაც უჯრედი მრავლდება. არსებობს უჯრედების გაყოფის ორი ტიპი, მიტოზი და მეიოზი. მიუხედავად იმისა, რომ ორივე ტიპი მოიცავს უჯრედების რეპროდუქციას (გამრავლებას), მათი მიზნები ძალიან განსხვავებულია.

## მიტოზი და უჯრედული ციკლი

თითოეულმა ჩვენგანმა დაინყო სიცოცხლე, როგორც ერთი უჯრედი, განაყოფიერებული კვერცხუჯრედი. თითოეული ჩვენგანი ახლა შედგება ტრილიონი უჯრედისგან, რომლებიც წარმოიქმნება მიტოზის პროცესის შედეგად. **მიტოზის** დროს, ქრომოსომების **დიპლოიდური** რაოდენობის მქონე ერთი უჯრედი (ადამიანებში ჩვეულებრივ **46** ქრომოსომა) იყოფა ორ იდენტურ უჯრედად, თითოეულს აქვს ქრომოსომების დიპლოიდური რაოდენობა. იდენტური უჯრედების ეს წარმოება აუცილებელია ორგანიზმის ზრდისა და ქსოვილების აღდგენისთვის (იხ. ასევე სამანსოვრო **3-3**: უჯრედების არანორმალური ფუნქციონირება - კიბო). მიტოზის დაწყებამდე უჯრედს უნდა ჰქონდეს ქრომოსომის ორი სრული ნაკრები, რადგან თითოეულ ახალ უჯრედს უნდა ჰქონდეს დიპლოიდური რაოდენობა. **დნმ-ის რეპლიკაციის** პროცესი საშუალებას აძლევს თითოეულ ქრომოსომას (ქრომატინის სახით) შექმნას საკუთარი ასლი. ეს ხდება ინტერფაზის დროს, ანუ მიტოზურ გაყოფებს შორის. მიუხედავად იმისა, რომ ინტერფაზას ზოგჯერ უწოდებენ დასვენების სტადიას, დასვენება ნიშნავს “არა გაყოფას” და არა “უმოქმედობას”. უჯრედი საკმაოდ აქტიურად აწარმოებს ქრომოსომების მეორე კომპლექტს და ინახავს ენერგიას ატფ-ის სახით.

გრძელი, თხელი და უხილავი ქრომატინის მოლეკულები შემდეგ იწყებენ ძალიან ზუსტად და მჭიდროდ დახვევას და ცოცხალი უჯრედის ბირთვს რომ ვუყურებდეთ მიკროსკოპის ქვეშ, დავინახავთ, რომ გამოჩნდებიან დუბლირებული ქრომოსომები. თითოეული მათგანი გარკვე-



ულწინადად წააგავს ასო X-ს, რადგან ორიგინალური დნმ-ის მოლეკულა და მისი ასლი (ამჟამად მათ ქრომატიდებს უწოდებენ) ერთმანეთთან დაკავშირებულია.

### სამახსოვრო 3-3 უჯრედის არანორმალური ფუნქციონირება - კიბო

არსებობს კიბოს 200-ზე მეტი სხვადასხვა სახეობა, რომელთაგან ყველა ხასიათდება უჯრედების პათოლოგიური ფუნქციონირებით. ჩვეულებრივ, ჩვენი უჯრედები განიცდიან მიტოზს და ჩერდებიან მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში. მაგალითად, კანის ჭრილობა აღდგება მიტოზით, როგორც წესი, ზედმეტი ქსოვილის წარმოქმნის გარეშე. ახალი უჯრედების რაოდენობა იზრდება დაზიანებულ ზონაში და მიტოზი ნელდება, როდესაც უჯრედები კონტაქტობენ მიმდებარე უჯრედებთან. ამას ეწოდება კონტაქტური დათრგუნვა/ინჰიბიცია, რომელიც ზღუდავს ახალ ქსოვილის წარმოქმნას საჭიროებისამებრ. **ავთვისებიანი (კიბო) უჯრედები**, თუმცა, ხასიათდება უჯრედების უკონტროლო დაყოფით. ჩვენი უჯრედები გენეტიკურად ისეა პროგრამებული, რომ ჰქონდეთ გარკვეული სიცოცხლის ხანგრძლივობა და მოხდეს მათი დაყოფა ან სიკვდილი. ავთვისებიანი უჯრედები აგრძელებენ გაყოფას და მათ ახასიათებთ გავრცელების ტენდენცია.

ავთვისებიანი სიმსივნე იწყება პირველადი უბნიდან, როგორცაა მსხვილი ნაწლავი, შემდეგ შეიძლება გავრცელდეს ან მეტასტაზირება მოახდინოს. ავთვისებიანი უჯრედები ლიმფით ან სისხლით ვრცელდება სხვა ორგანოებში, მაგალითად ღვიძლში, სადაც ვითარდება მეორადი სიმსივნე. **მეტასტაზები** დამახასიათებელია მხოლოდ ავთვისებიანი უჯრედებისთვის; **კეთილთვისებიან** სიმსივნეებს არ ახასიათებთ მეტასტაზები და რჩებიან თავიანთ პირველად უბანზე.

რა ინვესს ნორმალური უჯრედების ავთვისებიანობას? ამჟამად მხოლოდ ნაწილობრივი პასუხები გვაქვს. ავთვისებიანი უჯრედი იქმნება **მუტაციით**, გენეტიკური ცვლილების შედეგად, რომელიც ინვესს უჯრედების არანორმალურ ფუნქციებს ან პასუხებს და ხშირად ინვესს მუტაციების სერიას. გარემოში არსებულ ნივთიერებებს, რომლებიც ინვესს მუტაციებს, ეწოდება **კანცეროგენები**. ერთ-ერთი მაგალითია სიგარეტის კვამლში აღმოჩენილი კუპრი, რომელიც ფილტვის კიბოს გამომწვევია. ულტრაიისფერმა

გენების მუტაციები ისეთ ცილებში, რომლებიც ასწორებენ დნმ-ის რეპლიკაციის დროს ბუნებრივად წარმოქმნილ „შეცდომებს“, ინვესს სხვა გაუმართავი ცილების სინთეზს. ცილას სახელად **p53** აქვს რამდენიმე კრიტიკული ფუნქცია. მათ შორის, **p53** ააქტიურებს გენებს, რომლებიც ხელს უშლიან გადაჭარბებულ მიტოზს და ხელს უწყობს დაზიანებულ უჯრედებში აპოპტოზის გააქტიურებას. ბევრი კიბოს უჯრედი მოიცავს **p53** გენის და მისი ცილის გარკვეულ გაუმართაობას.

კიბოს რამდენიმე სპეციფიკური სახეობის გამომწვევი მიჩნეულია ვირუსული ინფექციები, რომლებიც ინვესს უჯრედულ მუტაციებს. მაგალითად, ჰეპატიტი B -ს ვირუსის მატარებლებს აქვთ ღვიძლის პირველადი კიბოს განვითარების უფრო მაღალი ალბათობა, ვიდრე იმ ადამიანებში, რომლებსაც არასოდეს ჰქონიათ კონტაქტი ამ ვირუსთან. ადამიანის ჰერპესვირუსი 8 ინვესს კაპოშის სარკომას, სისხლძარღვების ავთვისებიან სიმსივნეს.

მას შემდეგ, რაც უჯრედები ხდება ავთვისებიანი, მათი ნორმალური ფუნქციონირების აღდგენა ვეღარ ხდება და მიუხედავად იმისა, რომ იმუნური სისტემა ხშირად ანადგურებს ასეთ უჯრედებს, ზოგჯერ ეს ასე არ ხდება, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც ჩვენ ვბერდებით. აღმოჩენილია, რომ ზოგიერთი კიბოს უჯრედი წარმოქმნის ცილების ბარიერს, რომელიც ბლოკავს რეცეპტორებს, რომლებსაც ლიმფოციტი (სისხლის თეთრი უჯრედების ტიპი) იყენებს ავთვისებიანი უჯრედის ამოსაცნობად და მისი განადგურებისთვის. იმის გამო, რომ ავთვისებიანი უჯრედები არ კვდებიან მაშინ, როცა საჭიროა, კიბოს მკურნალობა მიმართულია პათოლოგიური უჯრედების მოცილებაზე ან განადგურებაზე. ქირურგია, რადიაციული და ქიმიური თერაპიები წარმოადგენენ კიბოს მკურნალობის ყველა ასპექტს.

ახალი ქიმიოთერაპიული მედიკამენტები ბევრად უფრო სპეციფიკური ხდება. მაგალითად, მედიკამენტებმა, რომლის სამიზნეა უჯრედებზე არსებული ზრდის ფაქტორების

სხივმა ასევე შეიძლება გამოიწვიოს მუტაციები, განსაკუთრებით კანში, რომელიც ექვემდებარება მზის ძლიერ დასხივებას.

რეცეპტორები, შეიძლება შეზღუდონ უჯრედების უკონტროლო გაყოფა. კლინიკურ კვლევებს გადის იმუნოთერაპიაც. სისხლის თეთრი უჯრედების აქტივობის გასაზრდელად სინთეზური ანტისხეულების გამოყენებამ ზოგიერთ ბავშვში გამოიწვია ტვინის სიმსივნეების შემცირება. ადამიანის კიბოს უჯრედების „ვაქცინები“ ასტიმულირებს ადამიანის იმუნურ სისტემას, გაანადგუროს ავთვისებიანი უჯრედები. ამ ინდივიდუალურ თერაპიას ნამდვილად აქვს კარგი ეფექტი, მაგრამ ის ძალიან ძვირია და გაცილებით მეტი ტესტირებაა საჭირო.

მიტოზის ფაზებია **პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა და ტელოფაზა**. რა ხდება თითოეულ ფაზაში აღწერილია ცხრილში 3-4. როდესაც კითხულობთ თითოეული ფაზის მოვლენების შესახებ, იხილეთ სურათი 3-5, რომელიც ასახავს მიტოზს უჯრედში, სადაც ქრომოსომების დიპლოიდური რიცხვია ოთხი.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მიტოზი აუცილებელია ქსოვილების აღდგენისთვის, რადგან ის ანაცვლებს დაზიანებულ ან მკვდარ უჯრედებს. ზოგიერთი მაგალითი შეიძლება დაგეხმაროთ ამის გაგებაში. სხეულის რამდენიმე უბანში მიტოზი მუდმივად მიმდინარეობს. ეს ადგილები მოიცავს კანის ეპიდერმისს, კუჭის ლორწოვან გარსს და წითელ ძვლის ტვინს. თითოეული ამ ადგილისთვის არსებობს კონკრეტული მიზეზი, რის გამოც აუცილებელია ეს მუდმივი მიტოზი.

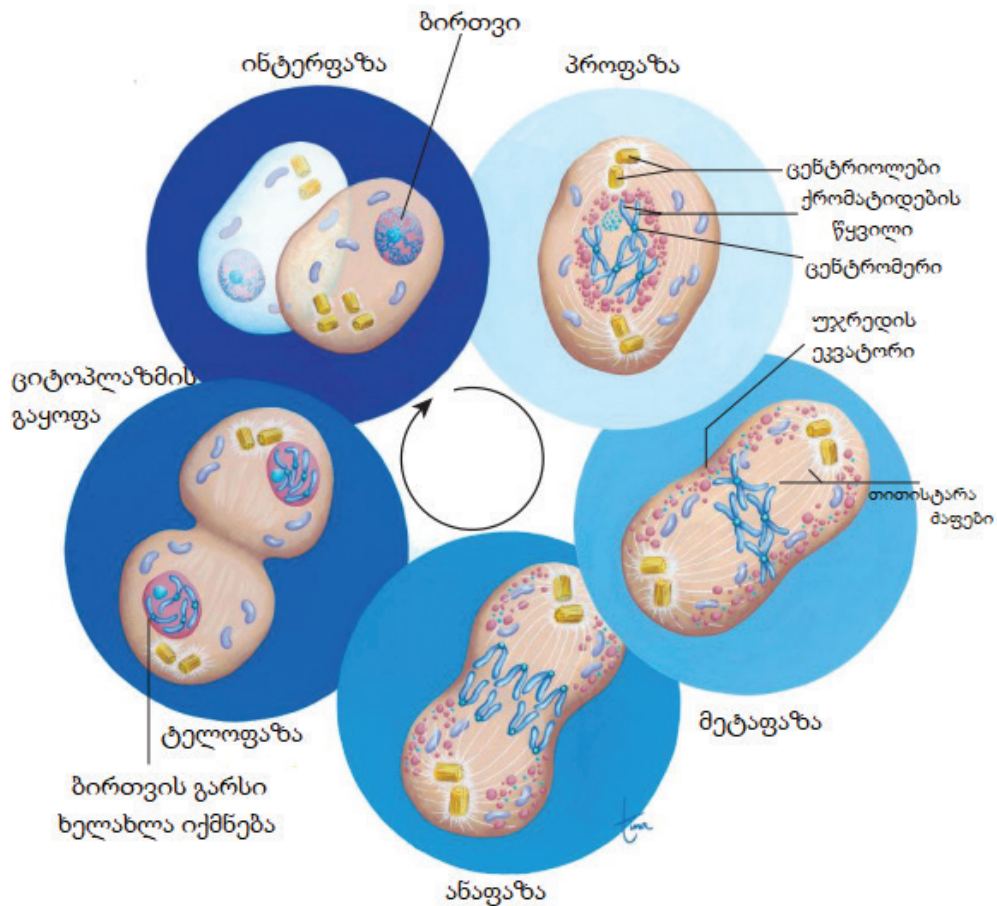
რა ემართება კანის ზედაპირს? მკვდარი, გარე უჯრედები სცილდება კანის ზედაპირიდან გარემოსთან კონტაქტით. ქვედა ცოცხალი შრის ეპიდერმული უჯრედების მიტოზი ანახლებს ამ უჯრედებს და ეპიდერმისი ინარჩუნებს ნორმალურ სისქეს.

### ცხრილი 3-4

### მიტოზის ფაზები

ფაზა	მოვლენები
<b>პროფაზა</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. იწყება ქრომოსომების დახვევა და ისინი ხდება ხილული მოკლე ღეროების სახით. თითოეული ქრომოსომა წარმოადგენს ორ ქრომატიდს (ორიგინალური დნმ პლუს მისი ასლი), რომლებიც ერთმანეთზეა მიმაგრებული ცენტრომერის უბანში.</li> <li>2. ზირთვოს გარსი/მემბრანა ქრება.</li> <li>3. ცენტრიოლები მოძრაობენ უჯრედის საპირისპირო პოლუსებისკენ და ქმნიან თითისტარა ძაფებს, რომლებიც ვრცელდება უჯრედის ეკვატორის პერპენდიკულარულად.</li> </ol>
<b>მეტაფაზა</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ქრომატიდების წყვილი განლაგდება უჯრედის ეკვატორზე. თითოეული წყვილის ცენტრომერი მიმაგრებულია თითისტარა ძაფებზე.</li> <li>2. ცენტრომერები ახლა იყოფა.</li> </ol>
<b>ანაფაზა</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ყოველი ქრომატიდი ახლა ცალკე ქრომოსომად ითვლება; არის ორი სრული და გაყოფილი კომპლექტი.</li> <li>2. თითისტარა ძაფები იკუმშება და ათრევს ქრომოსომებს, უჯრედის თითოეული პოლუსისკენ.</li> </ol>
<b>ტელოფაზა</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ქრომოსომების ორი ნაკრები აღწევს უჯრედის პოლუსებს და ხდება გაურჩეველი, რადგან მათი დნმ იხსნება და წარმოიქმნება ქრომატინი.</li> <li>2. ზირთვის გარსი/მემბრანა ხელახლა იქმნება ქრომოსომების თითოეული ნაკრების გარშემო.</li> </ol>
<b>ციტოკინეზი</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ციტოპლაზმა იყოფა; იქმნება ახალი უჯრედის მემბრანა.</li> </ol>

კუჭის ლორწოვანი გარსი, მიუხედავად იმისა, რომ არის შიდა ამომფენი გარსი, ასევე მუდმივად „ცვდება“. კუჭის წვენი, განსაკუთრებით მარილმყავა, ძალიან აზიანებს უჯრედებს. რამდენიმე სახის ლორწოვანი უჯრედების სწრაფი მიტოზი ანაცვლებს დაზიანებულ უჯრედებს და ინარჩუნებს კუჭის ლორწოვან გარსს ხელუხლებლად.



**სურათი 3-5** მიტოზის ფაზები ასახავს მიტოზს უჯრედში, სადაც ქრომოსომების დიპლოიდური რიცხვია ოთხი. აღწერილობისთვის იხილეთ ცხრილი 3-4  
**კითხვა:** რისგან შედგება ქრომატიდების წყვილი პროფაზაში?

წითელი ძვლის ტვინის ერთ-ერთი ფუნქციაა სისხლის წითელი უჯრედების წარმოება. იმის გამო, რომ სისხლის წითელ უჯრედებს აქვთ სიცოცხლის ხანგრძლივობა მხოლოდ 120 დღის განმავლობაში, საჭიროა ახალი უჯრედების წარმოქმნა, რათა მოხდეს ძველი უჯრედების ჩანაცვლება ახლით. წითელ ძვლის ტვინში ძალიან სწრაფი მიტოზი წარმოქმნის დაახლოებით 2 მილიონ ახალ სისხლის წითელ უჯრედს ყოველ წამში. წითელ ძვლის ტვინში ის უჯრედები, რომლებიც იყოფა განთავსებულია იმავე ქსოვილში არსებულ **ღეროვან უჯრედებს** შორის. ღეროვანი უჯრედი არის არასპეციალიზებული უჯრედი, რომელიც შეიძლება გარდაიქმნას რამდენიმე სხვადასხვა ტიპის უჯრედად. წითელ ძვლის ტვინში ღეროვანი უჯრედები შეიძლება გახდეს სისხლის წითელი უჯრედები, სისხლის თეთრი უჯრედები ან თრომბოციტები. ტვინის ამ ღეროვან უჯრედებს ხშირად უწოდებენ „ზრდასრულ“ ღეროვან უჯრედებს და სხეულის ბევრ, თუ არა ყველა ორგანოს აქვს ასეთი უჯრედები. ემბრიონის ღეროვანი უჯრედები აღწერილი იქნება შემდგომ თავში; ეს არის უჯრედები, რომლებშიც დნმ-ს ჯერ კიდევ აქვს აქტიური მოქმედების პოტენციალი. ისინი გარდაიქმნან 200-ზე მეტი სხვადასხვა ტიპის ადამიანის უჯრედად. ახალშობილთა ჭიპლარში აღმოჩენილი ღეროვანი უჯრედები თავიანთი პოტენციალით მოზრდილ და ემბრიონის უჯრედებს შორისაა.

ასევე მნიშვნელოვანია იცოდეთ ორგანიზმის ის სტრუქტურები, სადაც მიტოზი არ ხდება. მოზრდილებში კუნთოვანი უჯრედები და ნეირონები (ნერვული უჯრედები) არ მრავლდებიან.



თუ უჯრედები ილუპებიან, მათი ფუნქციებიც იკარგება. ზურგის ტვინის დაზიანების დროს პაციენტს ექნება დაზიანების დონის ქვემოთ დამბლა და მგრძობელობის დაკარგვა. ზურგის ტვინის ნეირონები არ განიცდიან მიტოზს დაკარგული ნეირონების ჩასანაცვლებლად და ასეთი დაზიანება მუდმივია. ჩონჩხის კუნთების უჯრედებს მხოლოდ შეზღუდული მიტოზის უნარი აქვთ. გული შედგება გულის კუნთის უჯრედებისგან, რომლებსაც, ისევე როგორც ბევრ ნეირონს, არ გააჩნიათ მიტოზის უნარი. გულის შეტევა (მიოკარდიუმის ინფარქტი) ნიშნავს, რომ გულის კუნთის ნაწილი კვდება ჟანგბადის ნაკლებობის გამო. ამ უჯრედების ჩანაცვლება ვერ ხერხდება და გულის ტუმბოს ფუნქცია ხდება ნაკლებად ეფექტური.

თუ გულის კუნთის საკმარისად დიდი ფართობია დაზიანებული, გულის შეტევა ფატალურია. კვლევებისას აღმოჩენილია მტკიცებულება გულში მიმდინარე მიტოზის შესახებ და მიტოზის პოტენციალი როგორც ცენტრალური ნერვული სისტემის, ასევე გულის დაზიანების შემდეგ. ასეთი უჯრედების დაყოფა შეიძლება გვხვდებოდეს ნეირონების ან კუნთოვანი უჯრედების შემთხვევაში, როდესაც მათი სტიმულირება ხდება მიმდებარე დაზიანებული ქსოვილის ქიმიური ნივთიერებებით. ან გაყოფაში მონაწილე უჯრედები შეიძლება იყოს ღეროვანი უჯრედები, რომლებიც სპეციალიზებულ უჯრედებს შორის მდებარეობენ. (ტვინის რეგიონი, რომლის უჯრედებსაც აქვთ გაყოფის შესაძლებლობა, არის ჰიპოკამპი - სტრუქტურა, რომელიც გვხვდება თავის ტვინის ორივე მხარეს და რომელიც აუცილებელია ახალი მეხსიერების შესაქმნელად და ძველის შესანარჩუნებლად.) ამჟამად გვაქვს შემდეგი სურათი, რომ გულის ან ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებისას უმეტესობა პაციენტში მიტოზი არ ხდება სწრაფად ან საკმარისად სწრაფად, რათა ჩანაცვლოს დაზიანებული უჯრედები და შეინარჩუნოს ან აღდგეს ორგანოს ნორმალური ფუნქციონირება. კვლევა გრძელდება და საბოლოოდ შეიძლება აღმოჩენილი იქნას სტიმული, რომელიც აუცილებელია გახანგრძლივებული მიტოზის წარმოქმნისთვის, რაც გამოიწვევს ქსოვილების აღდგენას.

## უჯრედული ციკლი

უჯრედის სიცოცხლის ხანგრძლივობა სპეციფიკურია და გენეტიკურად დაპროგრამებულია. ზოგიერთი უჯრედი იყოფა სასიცოცხლო ციკლის ფარგლებში. ზოგი უჯრედი არა; ისინი უბრალოდ ასრულებენ თავიანთ ფუნქციებს. უჯრედის სიცოცხლის ხანგრძლივობის ბოლოს, უჯრედის სიკვდილიც დაპროგრამებულია. ქიმიური სიგნალები იწვევს უჯრედს ფერმენტების წარმოქმნას, რომლებიც ანადგურებენ მის ბირთვს. დაზიანებული უჯრედი იწყებს შეკუმშვას და ფაგოციტური სისხლის თეთრი უჯრედები ასუფთავებენ უჯრედულ ნარჩენებს. ამ თვითგანადგურებას ან დაპროგრამებულ უჯრედულ სიკვდილს ეწოდება **აპოპტოზი** და აუცილებელია ქსოვილების, ორგანოების და, საბოლოოდ, მთელი სხეულის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. მოგეხსენებათ, თმა იზრდება მილაკოვან სტრუქტურებში, რომელსაც ფოლიკულებს უწოდებენ. თმის ბოლქვი ფოლიკულში აქტიურია გარკვეული დროის განმავლობაში და შემდეგ ხდება უმოქმედო. თმის ძირში არსებული უჯრედები კვდება აპოპტოზით; ძველი თმა ცვივა და ახალი თმა იწყებს ზრდას. უფრო დიდი მნიშვნელობის მაგალითია ტვინის განვითარება. ჩვილის ტვინი შეიცავს ბევრ “ზედმეტ” ნეირონს. ნეირონები, რომლებიც არ ამყარებენ კავშირს სხვა ნერვულ უჯრედებთან, კვდებიან აპოპტოზით. ეს პროცესი “ასუფთავებს” ტვინის ნერვულ გზებს ყველაზე ეფექტური ფუნქციონირებისთვის. მესამე მაგალითი, რომელსაც ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს, არის ნაყოფის იმუნური სისტემა, რომელსაც მას უწევს განასხვავოს „არასაკუთარი“ პათოგენები უჯრედებისგან, რომლებიც „საკუთარი“ არიან; ანუ სხეულის ნაწილი. სისხლის თეთრი უჯრედები (ლიმფოციტები), რომლებიც არ სწავლობენ სხეულის საკუთარი უჯრედების „აღიარებას“, უნდა განადგურდნენ.

აპოპტოზის კიდევ ერთი ასპექტი მნიშვნელოვანია: მიუხედავად იმისა, რომ პროცესი აზიანებს უჯრედებს და იზიდავს ფაგოციტებს, ანთება არ ხდება, როგორც ეს მოხდება, თუ იგივე უჯრედები დაზიანდება ინფექციით ან ფიზიკური ტრავმით, როგორცაა დამწვრობა. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ანთება სასარგებლო პროცესია, მაგრამ ძლიერმა ანთებამ შეიძლება დააზიანოს ჯანსაღი მიმდებარე ქსოვილი. ასეთი დაზიანება არ გვხვდება უჯრედების ირგვლივ, რომლებიც კვდებიან აპოპტოზით.

## მეიოზი

მეიოზი წარმოადგენს უჯრედების გაყოფის უფრო რთულ პროცესს, რომელიც იწვევს **გამეტების** წარმოქმნას, ეს არის კვერცხუჯრედი და სპერმის უჯრედები. უჯრედში, რომელიც აპირებს მეიოზს, ხდება დნმ-ის რეპლიკაცია და შემდეგ უჯრედი იყოფა ორ უჯრედად. თითოეულ ამ უჯრედს ჯერ კიდევ აქვს ქრომოსომების დიპლოიდური რაოდენობა და თითოეული იყოფა კიდევ ორ უჯრედად. მეორე გაყოფამდე დნმ-ის რეპლიკაცია არ ხდება, ამიტომ ოთხი ახალი უჯრედიდან თითოეულს ექნება ქრომოსომების ჩვეული რაოდენობის ნახევარი. მარტივად რომ ვთქვათ, მეიოზის დროს, ქრომოსომების დიპლოიდური რაოდენობის მქონე ერთი უჯრედი ორჯერ იყოფა ოთხ უჯრედად, რომელთაგან თითოეულს აქვს ქრომოსომების **ჰაპლოიდური რიცხვი** (ჩვეული რაოდენობის ნახევარი). ქალებში მეიოზი გვხვდება საკვერცხეებში და მას **ოოგენეზი** ეწოდება. მამაკაცებში მეიოზი გვხვდება სათესლე ჯირკვლებში და მას **სპერმატოგენეზი** ეწოდება.

ოოგენეზსა და სპერმატოგენეზს შორის განსხვავებები განხილული იქნება (და ილუსტრირებული) მე-20 თავში, რეპროდუქციული სისტემა.

მეიოზის შედეგად წარმოქმნილ კვერცხუჯრედსა და სპერმატოზოიდებს აქვთ ქრომოსომების **ჰაპლოიდური რაოდენობა**, რაც ადამიანისთვის წარმოადგენს **23**. მეიოზს ზოგჯერ უწოდებენ რედუქციულ (დაკლების, შემცირების) გაყოფას, რადგან გაყოფის პროცესში ქრომოსომების რაოდენობა კვერცხუჯრედში ან სპერმაში მცირდება. შემდეგ, **განაყოფიერების** დროს, რომელშიც კვერცხუჯრედი სპერმას ერწყმის, სპერმის **23** ქრომოსომა პლუს კვერცხუჯრედის **23** ქრომოსომა აღადგენს განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში დიპლოიდურ რიცხვს, რაც წარმოადგენს **46**. ამრიგად, ახალი ინდივიდის უჯრედებში ქრომოსომის სათანადო რაოდენობა შენარჩუნებულია.

## დაბერება და უჯრედები

მრავალუჯრედოვანი ორგანიზმები, მათ შორის ადამიანები, ბერდებიან და საბოლოოდ კვდებიან; ჩვენს უჯრედებს არ აქვთ უსასრულო სიცოცხლის ხანგრძლივობა. ასევე ცნობილია, რომ ზოგიერთი უჯრედი, რომელსაც შეუძლია მიტოზი, შემოიფარგლება გაყოფის ციკლის გარკვეული რაოდენობით; ანუ, ყოველი დაყოფა ბიოლოგიური საათის ერთგვარი გახარჯვაა. ჩვენ ჯერ არ ვიცით ზუსტად რა არის ეს უჯრედის ბიოლოგიური ათვლა. არსებობს მტკიცებულება, რომ ქრომოსომების ბოლოები, დნმ-ის მოკლე თანმიმდევრობა, რომელსაც **ტელომერები** ეწოდება, შეიძლება იყოს ამის მიზეზი. თითოეული უჯრედის გაყოფისას ტელომერების ნაწილი იკარგება და საბოლოოდ ტელომერები გაქრება. შემდეგი გაყოფით, ქრომოსომების ბოლოები, ფაქტობრივი გენები, იკარგება. ეს შეიძლება იყოს სიგნალი იმისა, რომ უჯრედის სიცოცხლის ხანგრძლივობა დასრულდა.

უჯრედების დაბერება ასევე გულისხმობს მემბრანებისა და უჯრედის ორგანოების გარდაუვალ დაზიანებას. როგორც მანქანის ნაწილები დროში იშლება, ასევე უჯრედებიც. თუმცა, მანქანებისგან განსხვავებით, უჯრედებს ხშირად შეუძლიათ საკუთარი თავის შეკეთება, მაგრამ ამას აქვს შეზღუდვები. უჯრედების დაბერებისას სტრუქტურული ცილები იშლება და არ იცვლება, ან საჭირო ფერმენტები არ სინთეზირდება. ცილები, რომელსაც ეწოდება შაპერონები, პასუხისმგებელი არიან მრავალი სხვა ცილის სწორად დაკეცვაზე და დაზიანებული ცილების აღდგენასა თუ განადგურებაზე. ჩაპერონების გარეშე დაზიანებული ცილები გროვდება უჯრედებში და არღვევს ნორმალურ უჯრედულ პროცესებს. შაპერონების დაზიანებები მოიცავს კატრაქტას (იხ. ჩანართი 9-1 მე-9 თავში) და ნეიროდეგენერაციულ დაავადებებს, როგორცაა ალცჰეიმერის დაავადება, პარკინსონის დაავადება (იხ. 8-6 და 8-7 უჯრედი მე-8 თავში) და ჰანტინგტონის დაავადება (იხ. ცხრილი 21-4 21-ე თავში).

დაბერების პროცესის ქიმიის შესახებ ბევრი რამ საიდუმლოდ რჩება, თუმცა შეგვიძლია აღვწეროთ რა ემართება ორგანოებს და მთლიანად სხეულს. ორგანოთა სისტემების შესახებ ყოველი შემდეგი თავი გთავაზობთ მოკლე განხილვას, თუ როგორ მოქმედებს დაბერება სისტემაზე. გახსოვდეთ, რომ სისტემა არის მისი უჯრედების, ქსოვილებისა და ორგანოების ერთობლიობა, და რომ ყველა დაბერების პროცესი საბოლოოდ ხდება უჯრედულ დონეზე.

## შეჯამება

როგორც აღინიშნა ამ თავის დასაწყისში, ადამიანის უფრედები მჭიდროდ მუშაობენ ერთმანეთთან და ურთიერთდამოკიდებულად ფუნქციონირებენ. თითოეული ტიპის ადამიანის უფრედს ნვლილი შეაქვს სხეული მთლიანობაში. თუმცა, ჩვეულებრივ, უფრედები ფუნქციონირებენ არა ინდივიდუალურად, არამედ ჯგუფურად. მსგავსი სტრუქტურისა და ფუნქციის მქონე უფრედების ჯგუფები ქმნის ქსოვილს, რომელიც არის ორგანიზაციის შემდეგი დონე.



## თავი 4

### ქსოვილები და გარსები

ჩვენს „უჯრედების ქალაქში“, რომელიც წარმოადგენს ადამიანის სხეულს, მსგავსი უჯრედები ერთად და ერთნაირად ფუნქციონირებენ. მსგავსი სტრუქტურისა და ფუნქციის მქონე უჯრედების ჯგუფს **ქსოვილი** ეწოდება. ერთი ნუთით იფიქრეთ საავადმყოფოზე და მის პერსონალზე: ექთნებზე, თანაშემწეებზე, ლაბორატორიის ტექნიკოსებზე, მზარეულებზე, დამლაგებლებზე, ექიმებზე და ბევრ სხვაზე. თუ თითოეულ მედდას წარმოვიდგენთ, როგორც უჯრედს, მაშინ საავადმყოფოში მყოფი ყველა მედდა შეიძლება ჩაითვალოს ქსოვილად, ისევე როგორც ყველა დამხმარე, ყველა მზარეული და ა.შ. თითოეული ქსოვილი ხელს შეუწყობს საავადმყოფოს გამართულ ფუნქციონირებას. მაშინ რა იქნება საავადმყოფო? მართალია - საავადმყოფო იქნება ორგანო, ქსოვილების თანამშრომლობა. გავიხსენოთ პირველი თავიდან, რომ არსებობს ქსოვილების ოთხი ძირითადი ჯგუფი: ეპითელიური, შემაერთებელი, კუნთოვანი და ნერვული ქსოვილები. ორგანო შეიძლება (და ჩვეულებრივ შეიცავს) ოთხივე ჯგუფის ქსოვილებს. ამ თავში წარმოვდგენილია ამ ოთხი ტიპის ქსოვილების უფრო დეტალური აღწერა. თქვენ შეამჩნევდით, რომ ქსოვილის ფუნქციის აღწერა ყველაზე ხშირად მოიცავს კონკრეტულ ორგანოში რა ფუნქციის შესრულებაშიც ეს ქსოვილი ეხმარება. ასევე ამ თავში განიხილება **გარსები**, რომლებიც წარმოადგენს ქსოვილების ფენებს. ზოგიერთი მათგანი ნახსენები იყო პირველ თავში სხეულის ღრუებთან მიმართებაში. მოსალოდნელია, რომ გარსების თითოეულ ტიპს გააჩნია თავისი სპეციფიკური მდებარეობა და ფუნქციები.

### ეპითელიური ქსოვილი

**ეპითელიური ქსოვილი** გვხვდება ზედაპირებზე, როგორც საფარი (გარე ზედაპირები), ისე ამომყოლი (შიდა ზედაპირები). იქიდან გამომდინარე, რომ ამ ქსოვილს არ გააჩნია საკუთარი სისხლძარღვები, ჟანგბადის და საკვები ნივთიერებების მიწოდება ხდება ეპითელიუმის ქვეშ არსებული შემაერთებელი ქსოვილის სისხლით მომარაგების მეშვეობით. ბევრ ეპითელიურ ქსოვილს შეუძლია სეკრეცია და შეიძლება ეწოდოს ჯირკვლოვანი ეპითელიუმი, ან უფრო მარტივად, **ჯირკვლები**.

ეპითელიური ქსოვილების კლასიფიკაცია ეფუძნება უჯრედის ტიპს, რისგანაც ქსოვილი შედგება, უჯრედის დამახასიათებელ ფორმას და უჯრედების ფენების რაოდენობას. არსებობს სამი გამორჩეული ფორმა: **ბრტყელი უჯრედები**, **კუბური უჯრედები** ოთხკუთხედის ფორმის და **ცილინდრული უჯრედები** მაღალი, ვიწრო და ჰგავს სვეტს/ცილინდრს. **ერთშრიანი** ეპითელიუმი წარმოადგენს უჯრედების ერთი ფენის მქონე ქსოვილს, ხოლო **მრავალშრიანი** ქსოვილის უჯრედების მრავალი ფენითაა წარმოდგენილი (სურ. 4-1).

### ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი

**ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი** წარმოადგენს ბრტყელი უჯრედების ერთ ფენას (სურ. 4-2). ეს უჯრედები ძალიან თხელი და გლუვია - ეს წარმოადგენს მნიშვნელოვან ფიზიკურ მახასიათებლებს. ფილტვების ალვეოლებში (საჭაერო ტომსიკები) წარმოდგენილია ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი. უჯრედების სისქე იძლევა აირების გაცვლის საშუალებას ჰაერსა და სისხლს შორის.

ეს ქსოვილი ასევე წარმოდგენილია კაპილარებში, ყველაზე წვრილ სისხლძარღვებში. კაპილარების კედლები მხოლოდ ერთი უჯრედის სისქეა, რაც იძლევა სისხლსა და ქსოვილის სითხეს შორის აირების, საკვები ნივთიერებებისა და ნარჩენების გაცვლას. კაპილარების შიდა ზედაპირი ასევე ძალიან გლუვია (და ეს უჯრედები წარმოდგენილია როგორც არტერიების, ვენების და გულის გარსი); ეს მნიშვნელოვანია, რადგან გლუვი ზედაპირი ხელს უშლის სისხლძარღვებში პათოლოგიური სისხლის შედედებას.



**სურათი 4-1** ეპითელიური ქსოვილების კლასიფიკაცია უჯრედების ფორმისა და უჯრედების ფენების რაოდენობის მიხედვით

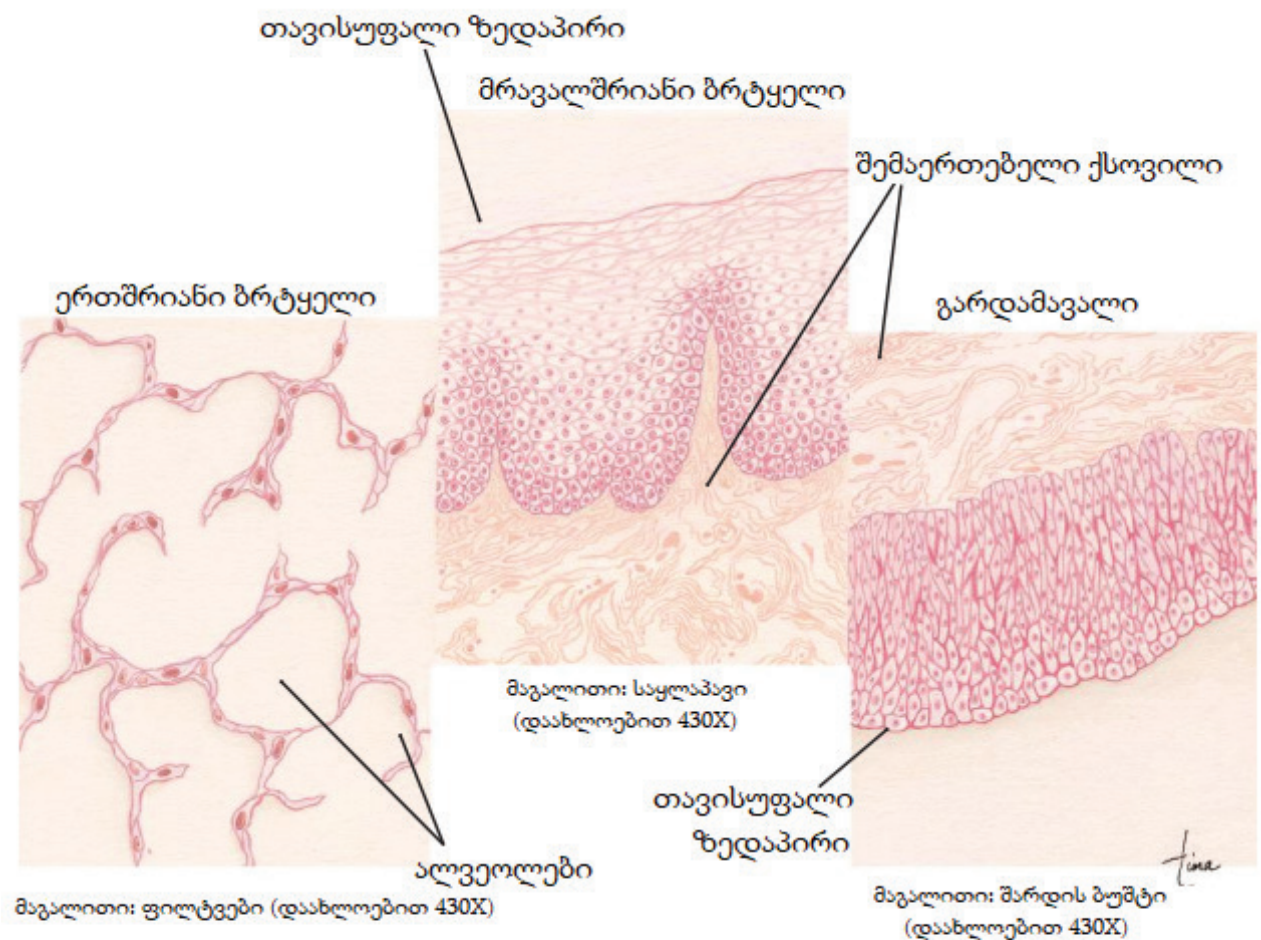
**კითხვა:** აქედან რომელი შეიძლება იყოს ეფექტური დიფუზიისთვის და რატომ?

## მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი

მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი შედგება ძირითადად ბრტყელი უჯრედების მრავალი ფენისგან, თუმცა ქვედა უჯრედები მომრგვალებულია. ქვედა ფენაში მიტოზი ხდება მუდმივად ახალი უჯრედების წარმოქმნის მიზნით, რათა ჩაანაცვლოს ზედაპირიდან ჩამოფცქვნილი უჯრედები (იხ. სურ. 4-2). ამ ტიპის ეპითელიუმი ქმნის კანის ეპიდერმისს, სადაც მას “გარქოვანებულს” უწოდებენ, რადგან წარმოიქმნება ცილა კერატინი და ზედაპირული უჯრედები მკვდარია. არაკერატინიზებული ტიპის მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი ამოფენს პირის ღრუს, საყლაპავ მილს და ქალების შემთხვევაში საშოს. ამ ადგილებში ზედაპირული უჯრედები ცოცხალია და ქმნიან ამ ორგანოების ლორწოვან გარსებს. ორგანიზმის ყველა ადგილას, ეს ქსოვილი წარმოადგენს ბარიერს მიკროორგანიზმებისთვის, რადგან უჯრედები, რომლისგანაც ეს ქსოვილია წარმოდგენილი, ძალიან ახლოს მდებარეობს ერთმანეთთან. ეპიდერმისის უფრო სპეციალიზებული ფუნქციები განხილული იქნება მომდევნო თავში.

## გარდამავალი ეპითელიუმი

გარდამავალი ეპითელიუმი წარმოადგენს მრავალშრიანი ეპითელიუმის ტიპს, რომელშიც ზედაპირული უჯრედები იცვლიან ფორმას მრგვალიდან ბრტყელზე. შარდის ბუშტი ამოფენილია გარდამავალი ეპითელიუმით. როდესაც შარდის ბუშტი ცარიელია, ზედაპირის უჯრედები მრგვალდება (იხ. სურ. 4-2). როგორც კი შარდის ბუშტი ივსება, ეს უჯრედები ბრტყელდება. გარდამავალი ეპითელიუმი საშუალებას აძლევს შარდის ბუშტს აივსოს და გაიჭიმოს ლორწოვანი გარსის განყვეტის გარეშე.



**სურათი 4-2** ეპითელიური ქსოვილები. (ა) ერთშრიანი ბრტყელი. (ბ) მრავალშრიანი ბრტყელი. (გ) გარდამავალი.

**კითხვა:** ამ ორი ქსოვილიდან რომელია ყველაზე მეტად დავაგვირებული სტრუქტურაში?

## ერთშრიანი კუბური ეპითელიუმი

ერთშრიანი კუბური ეპითელიუმი წარმოადგენს კუბური (ოთხკუთხედის) ფორმის უჯრედების ერთ ფენას (სურ. 4-3). ამ ტიპის ქსოვილი ქმნის ფარისებრი და სანერწყვე ჯირკვლების ფუნქციურ ერთეულებს. ეს არის **ჯირკვლოვანი ეპითელიუმის** მაგალითები; მათი ფუნქციაა **სეკრეცია**. ამ ჯირკვლებში კუბოიდური უჯრედები განლაგებულია პატარა სფეროებად და წარმოქმნილი ქიმიური ნივთიერებები გამოიყოფა სფეროს მიერ წარმოქმნილ ღრუში. ფარისებრ ჯირკვალში კუბური ეპითელიუმი გამოყოფს ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონებს; თიროქსინი წარმოადგენს მაგალითს. სანერწყვე ჯირკვლებში კუბური უჯრედები გამოყოფენ ნერწყვს. კუბური ეპითელიუმი ასევე ამოფენს თირკმლის მილაკების ზედაპირს.

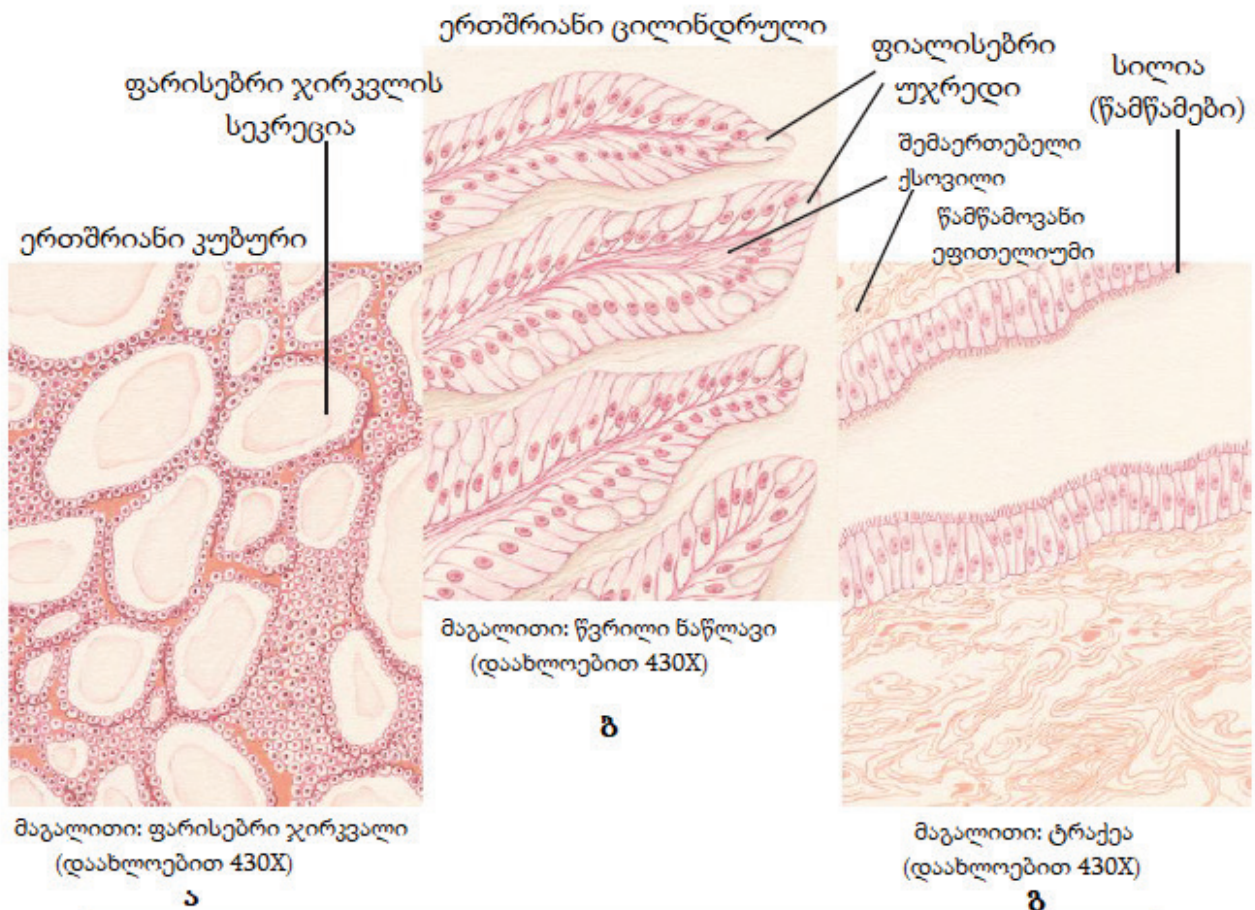
აქ უჯრედებს აქვთ მიკროხაოები (იხ. ნახ. 1-1 თავში 1) და მათი ფუნქციაა სასარგებლო ნივთიერებების შენოვა სისხლში.

## ერთშრიანი ცილინდრული ეპითელიუმი

ცილინდრული უჯრედები სიგრძეში მეტია ვიდრე სიგანეში და სპეციალიზირებულია სეკრეციასა და შთანთქმავზე. კუჭის ლორწოვანი გარსი შედგება **ცილინდრული ეპითელიუმისგან**, რომელიც გამოყოფს კუჭის წვენს საჭმლის მონელებისთვის. წვრილი ნაწლავის ლორწოვანი გარსი (იხ. სურ. 4-3) გამოყოფს საჭმლის მომნელებელ ფერმენტებს, მაგრამ ეს უჯრედები ასევე



შეინოვენ საჭმლის მონელების საბოლოო პროდუქტებს ნაწლავის ღრუდან სისხლში და ლიმფაში. საკვები პროდუქტის ეფექტური შენოვისათვის, წვრილი ნაწლავის ცილინდრულ უჯრედებს გააჩნიათ **მიკროსაოები**, რომლებიც შეიძლება გახსოვთ, არის უჯრედის მემბრანის ნანაზარდები თავისუფალ ზედაპირებზე (იხ. სურ. 3-2, თავი 3). ეს მიკროსკოპული ნანაზარდები მნიშვნელოვნად ზრდის შენოვის ზედაპირის ფართობს.



**სურათი 4-3** ეპითელური ქსოვილები. (ა) ერთშრიანი კუბური. (ბ) ერთშრიანი ცილინდრული. (გ) წამწამოვანი.  
**კითხვა:** რა ფუნქციას ასრულებს სილია (წამწამები), რომელიც ამოფენს ტრაქეას (სასუნთქ მილს)?

ცილინდრული უჯრედის კიდევ ერთი ტიპია ფილისებრი უჯრედი, რომელიც წარმოადგენს ერთუჯრედიან ჯირკვალს. ფილისებრი უჯრედები გამოყოფენ ლორწოს და გვხვდება ნაწლავების ლორწოვან გარსში და სასუნთქი გზების ნაწილებში, როგორცაა ტრაქეა (სასუნთქ). ლორწოვანი გარსები მოგვიანებით იქნება აღწერილი.

### წამწამოვანი ეპითელიუმი

**წამწამოვანი ეპითელიუმი** წარმოადგენს ცილინდრულ უჯრედებს, რომლებსაც თავისუფალ ზედაპირებზე აქვთ მოძრავი წამწამები („ხორბლის მინდვრები“) (იხ. სურ. 4-3). გავიხსენოთ მე-3 თავიდან, რომ ამ მოძრავი წამწამების ფუნქციაა უჯრედის ზედაპირზე ნივთიერებების/სტრუქტურების გადატანა. **წამწამოვანი ეპითელიუმი** ამოფენს ცხვირის ღრუებს, ხორხს, ტრაქეას (სასუნთქ) და დიდ ბრონქულ მილებს. წამწამები ასუფთავებს ლორწოს, რომელმაც მიიკრო ჩასუნთქული ჰაერიდან დაგროვილ მტვერი და ბაქტერიები, ხორხისკენ, რომელიც შემდგომ უნდა გადაიყლაპოს. შემდეგ ბაქტერიებს ანადგურებს კუჭში არსებული მარილმჟავა. ჰაერი,

რომელიც აღწევს ფილტვებში, თითქმის მთლიანად თავისუფალია პათოგენებისა და დაბინძურებული ნაწილაკებისაგან.

წამნამოვანი ეპითელიუმის კიდევ ერთი ადგილმდებარეობა ქალების ორგანიზმის შემთხვევაში წარმოდგენილია ფალოპის მილების ლორწოვანი გარსით. სილია (წამნამები) აქ ამოძრავებენ კვერცხუჯრედს საშვილოსნოსკენ. ეპითელიური ქსოვილის აღწერილობა წარმოდგენილია ცხრილში 4-1.

## ჯირკვლები

**ჯირკვლები** წარმოადგენენ უჯრედებს ან ორგანოებს, რომლებსაც გააჩნია სეკრეტორული (გამომყოფი) ფუნქცია.

### ერთუჯრედიანი ჯირკვლები

ერთუჯრედიანი ნიშნავს “მხოლოდ ერთ უჯრედს”. ფიალისებრი უჯრედები წარმოადგენენ ერთუჯრედიანი ჯირკვლების მაგალითს. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ფიალისებრი უჯრედები გვხვდება სასუნთქი და საჭმლის მომნელებელი სისტემების ლორწოვან გარსში. მათი სეკრეციის პროდუქტს წარმოადგენს ლორწო (იხ. აგრეთვე სამახსოვრო 4-1: კისტოზური ფიბროზი).

### მრავალუჯრედიანი ჯირკვლები

ჯირკვლების უმეტესობა შედგება მრავალი მსგავსი უჯრედისგან, რომლებიც გამოყოფენ ერთიდაიგივე ქიმიურ ნივთიერებებს. **მრავალუჯრედიანი ჯირკვლები** შეიძლება დაიყოს ორ დიდ ჯგუფად: ეგზოკრინული და ენდოკრინული ჯირკვლები.

**ეგზოკრინულ ჯირკვლებს** აქვთ **სადინარები** (მილები), რომლებსაც გადააქვთ გამოყოფილი ქიმიური ნივთიერება (სეკრეტი) ჯირკვლიდან მისი ფუნქციის ადგილზე. სანერწყვე ჯირკვლები, მაგალითად, გამოყოფენ ნერწყვს, რომელიც სადინარებით პირის ღრუში გამოიყოფა. საოფლე ჯირკვლები გამოყოფენ ოფლს, რომელიც სადინარებით გამოიყოფა კანის ზედაპირზე, სადაც აორთქლდება სხეულის ჭარბი სითბოს გამო. კუჭის ლორწოვან გარსში არსებული კუჭის ჯირკვლები შეიცავს სხვადასხვა სახის უჯრედებს (იხ. სურ. 16-5 თავში 16), რომლებიც გამოიმუშავებენ და გამოყოფენ მარილმჟავას და ფერმენტ პეპსინს. ეს ორივე ქიმიური ნივთიერება შედის კუჭის წვენის შემადგენლობაში.

**ენდოკრინული ჯირკვლები** წარმოადგენენ უსადინრო ჯირკვლებს. ენდოკრინული ჯირკვლების გამოყოფილი პროდუქტი წარმოადგენს ქიმიური ნივთიერებების ჯგუფს, რომლებსაც ეწოდებათ **ჰორმონები**, რომლებიც გამოიყოფა კაპილარებში და ცირკულირებენ მთელ სხეულში. შემდეგ ჰორმონები კონკრეტულ გავლენას/ეფექტს ახდენენ მათ სამიზნე ორგანოებზე. ეს ეფექტები მოიცავს ზრდის ასპექტებს, მინერალებისა და სხვა საკვები ნივთიერებების გამოყენებას და არტერიული წნევის რეგულირებას და ისინი უფრო დეტალურად იქნება განხილული მე-10 თავში. ენდოკრინული ჯირკვლების მაგალითებია ფარისებრი ჯირკვალი, თირკმელზედა ჯირკვლები და ჰიპოფიზი.

პანკრეასი წარმოადგენს ორგანოს, რომელიც არის როგორც ეგზოკრინული, ასევე ენდოკრინული ჯირკვალი. ეგზოკრინული ნაწილები გამოყოფენ საჭმლის მომნელებელ ფერმენტებს, რომლებიც გამოიყოფა სადინარებით თორმეტგოჯა ნაწლავში, მათი მოქმედების ადგილზე. პანკრეასის ენდოკრინული ნაწილი, რომელსაც ეწოდება პანკრეასის კუნძულები ან ლანგერჰანსის კუნძულები, გამოყოფს ჰორმონებს ინსულინს და გლუკაგონს პირდაპირ სისხლში.

ტიპი	სტრუქტურა	მდებარეობა და ფუნქცია
ერთშრიანი ბრტყელი	ბრტყელი უჯრედების ერთი ფენა	<ul style="list-style-type: none"> <li>ფილტვის ალვეოლები - თხელი, რათა მოხდეს აირების დიფუზია</li> <li>კაპილარები - თხელი, რათა მოხდეს ნივთიერებების ცვლა;</li> <li>გლუვი ზედაპირით სისხლის პათოლოგიური შედედების თავიდან ასაცილებლად</li> </ul>
მრავალშრიანი ბრტყელი	უჯრედების მრავალი ფენა; ზედაპირული უჯრედები ბრტყელია; ქვედა უჯრედები მომრგვალებული; ქვედა ფენა განიცდის მიტოზს	<ul style="list-style-type: none"> <li>ეპიდერმისი - ზედაპირული უჯრედები მკვდარია; ბარიერი პათოგენებისთვის</li> <li>საყლაპავის და საშოს ლორწოვანი გარსი - ზედაპირული უჯრედები ცოცხალია; ბარიერი პათოგენებისთვის</li> </ul>
გარდამავალი	უჯრედების მრავალი ფენა; ზედაპირის უჯრედები იცვლება მომრგვალებულიდან ბრტყელამდე	<ul style="list-style-type: none"> <li>შარდის ბუშტის ლორწოვანი გარსი - იძლევა გაფართოების საშუალებას ლორწოვანი გარსის დაზიანების გარეშე</li> </ul>
კუბური	კუბური ფორმის უჯრედების ერთი ფენა	<ul style="list-style-type: none"> <li>ფარისებრი ჯირკვავი - გამოყოფს თიროქსინს</li> <li>სანერწყვე ჯირკვლები - გამოყოფს ნერწყვს</li> <li>თირკმელების მილაკები - სასარგებლო ნივთიერებების რეაბსორბცია სისხლში</li> </ul>
ცილინდრული	ცილინდრული ფორმის უჯრედების ერთი ფენა	<ul style="list-style-type: none"> <li>კუჭის ლორწოვანი გარსი - გამოყოფს კუჭის წვენს</li> <li>წვრილი ნაწლავის ლორწოვანი გარსი - გამოყოფს ფერმენტებს და შთანთქავს საჭმლის მონელების საბოლოო პროდუქტებს (გააჩნია მიკროვილი)</li> </ul>
სილია (წამწამოვანი)	ცილინდრული უჯრედების ერთი ფენა მოძრავი წამწამებით თავისუფალ ზედაპირზე	<ul style="list-style-type: none"> <li>ტრაქეის ლორწოვანი გარსი - გადააქვს ლორწო და მტვერი ხორხისკენ</li> <li>ფალოპის მილის ლორწოვანი გარსი - ამოძრავებს კვერცხუჯრედს საშვილოსნოსკენ</li> </ul>

**სამახსოვრო 4-1: ცისტური ფიბროზი (CF)**

ცისტური ფიბროზი (CF) წარმოადგენს გარკვეული ეგზოკრინული ჯირკვლების გენეტიკურ დარღვევას (არსებობს ამ დაავადების მრავალი ფორმა), მათ შორის სანერწყვე და საოფლე ჯირკვლები, პანკრეასი და სასუნთქი გზების ლორწოვანი ჯირკვლები.

პანკრეასში, სქელი ლორწო ბლოკავს სადინრებს და ხელს უშლის პანკრეასის ფერმენტების გამოყოფას წვრილ ნაწლავში, რითაც აფერხებს საჭმლის მონელებას, განსაკუთრებით ცხიმების. მაგრამ კისტური ფიბროზის ყველაზე სერიოზული შედეგები ფილტვებს ეხება. ცისტურ ფიბროზში გენეტიკური შეცდომა ხშირად მოიცავს გენს, სახელად CFTR, რომელიც აკოდირებს ქლორიდის იონის არხებს (ცილებს) ეპითელური უჯრედების მემბრანებში. ფილტვებში დეფექტური არხები ნადგურდება (პროტეოსომებში პროტეაზას ფერმენტებით), რაც იწვევს

სისხლის თეთრი უჯრედები ვერ გადიან სქელ ლორწოს და მათი აქტივობა შეცდომით ანადგურებს ფილტვის ქსოვილს.

ცისტური ფიბროზის მქონე ადამიანს აქვს ჩაკეტილი ბრონქული მილები, პნევმონიის ხშირი ეპიზოდები და, საბოლოო ჯამში, ფილტვებს აღარ შეუძლიათ აირების გაცვლა.

ცისტური ფიბროზი წარმოადგენს ქრონიკულ, პროგრესირებად დაავადებას, რომელიც საბოლოოდ ფატალურია, თუ არ ჩატარდება ფილტვის ტრანსპლანტაცია.

ცისტური ფიბროზი წარმოადგენს რეცესიულ დაავადებას; ბავშვმა გენი ორივე მშობლისგან უნდა დაიმკვიდროს.

ცისტური ფიბროზი არის ყველაზე გავრცელებული გენეტიკური დაავადება კავკასიური წარმოშობის ადამიანებში. ის არის ერთ-ერთი დაავადება, რომელიც შეიძლება



უჯრედების ირგვლივ ქსოვილოვანი სითხის შემადგენლობის ცვლილებას.

ეს ცვლილება ბლოკავს დეფენსინს, ბუნებრივ ანტიბიოტიკს, რომელიც წარმოიქმნება ფილტვის ქსოვილში. დეფენსინის არარსებობის შემთხვევაში, ბაქტერია, სახელწოდებით *Pseudomonas aeruginosa*, ასტიმულირებს ფილტვის უჯრედებს უხვად სქელი ლორწოს წარმოქმნას, რაც იდეალური გარემოა ბაქტერიების ზრდისთვის.

გამოსწორებული იქნას გენური თერაპიით, მაგრამ რადგან ეს თერაპია ეხება ადამიანებს, ასეთი სამუშაო ძალიან ნელა მიმდინარეობს.

შემუშავებულია მედიკამენტები ქლორიდის იონების ტრანსპორტირების გასაუმჯობესებლად (რომელიც ათხელებს ლორწოს და ამით ამცირებს ბაქტერიული ინფექციას).

## შემაერთებელი ქსოვილი

არსებობს შემაერთებელი ქსოვილის რამდენიმე სახეობა, რომელთაგან ზოგიერთი შეიძლება თავიდან ჩანდეს უფრო განსხვავებული, ვიდრე მსგავსი. შემაერთებელი ქსოვილის ტიპებს მიეკუთვნება ფაშარი, ცხიმოვანი, ფიბროზული და ელასტიური ქსოვილი, ასევე სისხლი, ძვალი და ხრტილი; ეს შეჯამებულია ცხრილში 4-2. მახასიათებელი, რომელიც ყველა შემაერთებელ ქსოვილს აქვს საერთო, არის უჯრედების გარდა ქსოვილის მატრიქსის არსებობა. **მატრიქსი** წარმოადგენს უჯრედშორისი ნივთიერებების სტრუქტურულ ქსელს ან ხსნარს. თითოეული ტიპის შემაერთებელ ქსოვილს გააჩნია საკუთარი სპეციფიკური შემადგენლობის უჯრედშორისი მატრიქსი. მაგალითად, სისხლის მატრიქსი წარმოადგენილია სისხლის პლაზმით, რომლის ძირითადი შემადგენლობა წყალია. ძვლის უჯრედშორისი მატრიქსი ძირითადად კალციუმის მარილებისგან შედგება, რომლებიც წარმოადგენენ მყარ და ძლიერ მასალას. ვინაიდან შემაერთებელი ქსოვილის თითოეული ტიპი აღწერილია შემდეგ სექციებში, მეტი აღწერა იქნება უჯრედების და უჯრედშორისი მატრიქსის ტიპებზე.

## სისხლი

მიუხედავად იმისა, რომ სისხლი აღწერილია მე-11 თავში, აქაც წარმოადგენილია მისი მოკლე აღწერა. სისხლი შედგება უჯრედებისა და პლაზმისგან; უჯრედები წარმოადგენენ სისხლის ცოცხალ ნაწილს. სისხლის მატრიქსს კი წარმოადგენს **პლაზმა**, რომელიც შეადგენს სისხლის მთლიანი მოცულობის დაახლოებით 52%-62%-ს. პლაზმაში არსებული წყალი შეიცავს მასში გახსნილ მარილებს, საკვებ ნივთიერებებს, აირებს და ნარჩენ პროდუქტებს. პლაზმის ერთ-ერთ მთავარ ფუნქციას წარმოადგენს ამ მასალების ტრანსპორტირება ორგანიზმში.

სისხლის უჯრედები წარმოიქმნება ნითელი ძვლის ტვინში ღეროვანი უჯრედებიდან, რაც წარმოადგენს სხეულის პირველად **ჰემატოპოეტურ ქსოვილს** (სისხლმზადი ქსოვილი), რომელიც გვხვდება ბრტყელ და შერეული ფორმის ძვლებში, როგორცაა ბარდაყის ძვალი და ხერხემლის მალეები. სისხლის უჯრედები წარმოადგენილია სისხლის ნითელი უჯრედებით, თრომბოციტებით და ხუთი ტიპის სისხლის თეთრი უჯრედებით: ნეიტროფილები, ეოზინოფილები, ბაზოფილები, მონოციტები და ლიმფოციტები (იხ. სურ. 4-4 და ასევე სურ. 11-2; მე-11 თავი). ლიმფოციტები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს და იყოფა ლიმფურ ქსოვილში, რომელიც ქმნის ელენთას, ლიმფურ კვანძებს და მკერდუკანა ჯირკვალს. მკერდუკანა ჯირკვალი ასევე შეიცავს ღეროვან უჯრედებს, მაგრამ ისინი წარმოქმნიან მხოლოდ ლიმფოციტებს. ღეროვანი უჯრედები გვხვდება ასევე ელენთასა და ლიმფურ კვანძებში, თუმცა მათ მიერ წარმოქმნილი ლიმფოციტების რაოდენობა ძალიან მცირეა. სისხლის უჯრედები შეადგენენ მთლიანი სისხლის 38%-48%-ს და თითოეული ტიპის უჯრედს აქვს თავისი სპეციფიკური ფუნქცია. **სისხლის ნითელი უჯრედები (ერიტროციტები)** ატარებენ ჟანგბადს, რომელიც დაკავშირებულია რკინასთან მათ ჰემოგლობინში. **სისხლის თეთრი უჯრედები** ანადგურებენ პათოგენებს ფაგოციტოზით, ანტისხეულების წარმოქმნით ან სხვა ქიმიური მეთოდებით და უზრუნველყოფენ იმუნიტეტს ზოგიერთი დაავადების მიმართ. **თრომბოციტები** ხელს უშლიან სისხლის დაკარგვას; სისხლის შედედების პროცესი მოიცავს თრომბოციტებს.

## ცხრილი 4-2 შემაერთებული ქსოვილის სახეები

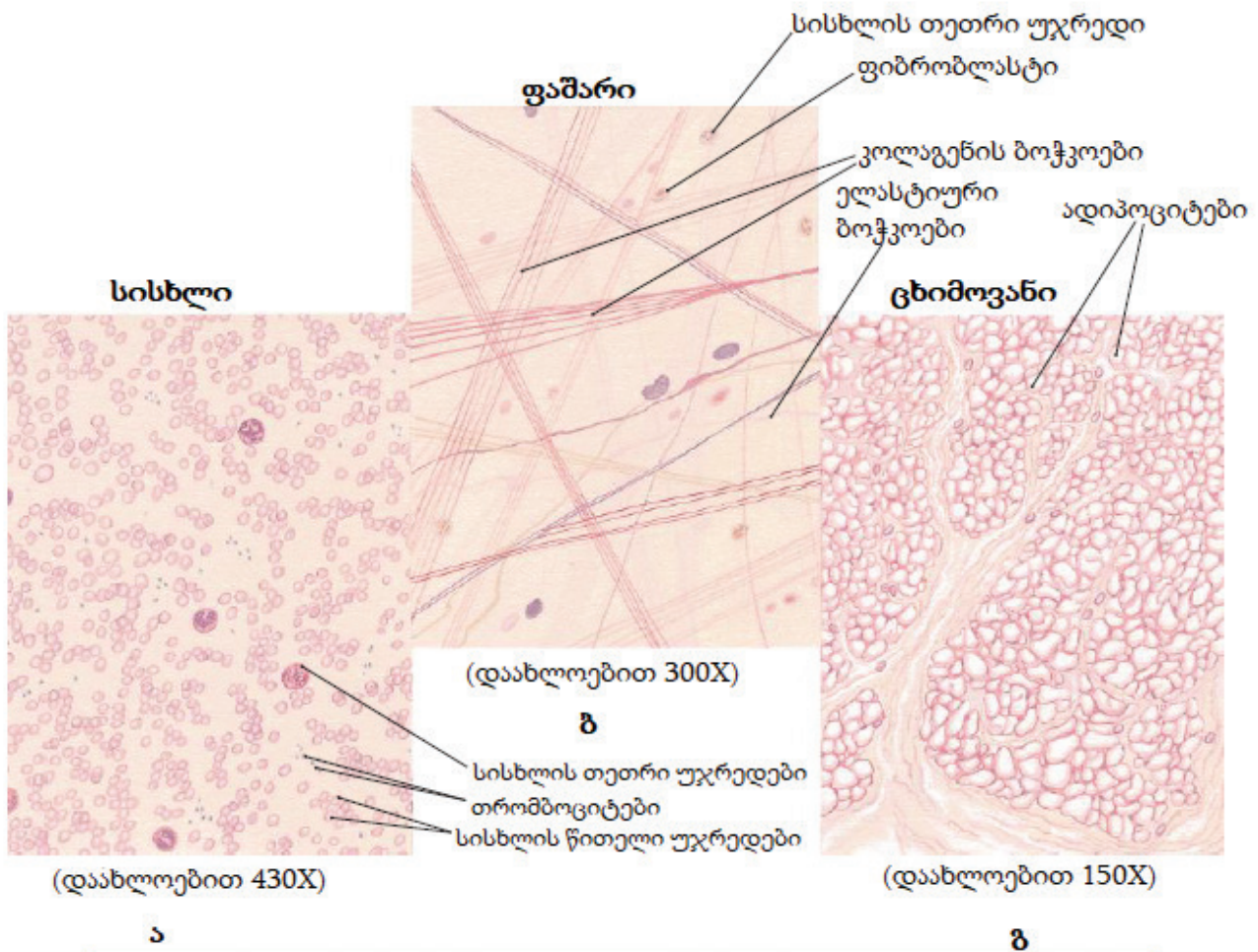
ტიპი	სტრუქტურა	მდებარეობა და ფუნქცია
სისხლი	პლაზმა (მატრიქსი) და სისხლის წითელი და თეთრი უჯრედები და თრომბოციტები	სისხლძარღვებში <ul style="list-style-type: none"> <li>■ პლაზმა-ნივთიერებების ტრანსპორტი</li> <li>■ სისხლის წითელი უჯრედები - ჯანგბადის ტრანსპორტი</li> <li>■ სისხლის თეთრი უჯრედები - ანადგურებს პათოგენებს</li> <li>■ თრომბოციტები - ხელს უშლის სისხლის დაკარგვას</li> </ul>
ფაშარი	ფიბრობლასტები და ქსოვილის სითხის მატრიქსი, კოლაგენის და ელასტინის ბოჭკოები	კანქვეშა <ul style="list-style-type: none"> <li>■ აკუმულირებს კანს კუნთებთან; სისხლის თეთრი უჯრედები ანადგურებენ პათოგენებს</li> <li>■ ლორწოვანი გარსების ქვეშ (საკმლის მომწელებელი, სასუნთქი, საშარდე, რეპროდუქციული ტრაქტი)</li> <li>■ სისხლის თეთრი უჯრედები ანადგურებენ პათოგენებს</li> </ul>
ცხიმოვანი	ადიპოციტები, რომლებიც ინახავს ცხიმს (მატრიქსის ცოტა რაოდენობა)	კანქვეშა (თეთრი) ცხიმოვანი <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ენერჯის შენახველი</li> <li>■ აწარმოებს ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც გაფლენას ახდენენ მადანზე, საკვები ნივთიერებების გამოყენებაზე და ანთებაზე</li> <li>■ თვალებისა და თირკმელების ირგვლივ</li> <li>■ შალიშები</li> <li>■ ყვისფერი ცხიმი წარმოქმნის სითხის</li> <li>■ ჩვილებში ინარჩუნებს სხეულის ტემპერატურას</li> <li>■ რაოდენობა იზრდება მოზრდილებში ვარჯიშისას</li> </ul>
ფიბროზული	ძირითადად კოლაგენის ბოჭკოები (მატრიქსი) რამდენიმე ფიბრობლასტებით	მყესები და იოგები (რევულარული, პარალელური ბოჭკოებით) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ მღიერი, რათა გაუძლოს სახსრების მოძრაობის ძალას</li> <li>■ დერმისი (პარარევულარული, ევარედიანი ბოჭკოებით)</li> <li>■ კანის მღიერი შიდა ფენა</li> </ul>
ელასტიური	ძირითადად ელასტინის ბოჭკოები (მატრიქსი) რამდენიმე ფიბრობლასტებით	დიდი არტერიების კედლებში <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ხელს უწყობს არტერიული წნევის შენარჩუნებას ფილტვებში ალვეოლების გარშემო</li> <li>■ ხელს უწყობს ნორმალურ ამოსუნთქვას</li> </ul>
ძვალი	ოსტეოციტები; კალციუმის მარილების და კოლაგენის მატრიქსი	ძვლები <ul style="list-style-type: none"> <li>■ სხეულის საყრდენი და კუნთების მიმაგრება</li> <li>■ შინაგანი ორგანოების დაცვა მექანიკური დაზიანებისგან</li> <li>■ კალციუმის შენახვა</li> <li>■ წითელი ძვლის ტვინის არსებობა</li> </ul>
ხრტილი	ქონდროციტები; მოქნილი ცილოვანი მატრიქსი	ტრაქეის კედელი <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ინარჩუნებს სასუნთქ გზების გამტარობას სახსრების ზედაპირები</li> <li>■ ხახუნის თავიდან ასაცილებლად ცხვირის წვერი და ყურის გარეთა ნაწილი</li> <li>■ მხარდაჭერა, ფორმის შენარჩუნება</li> <li>■ ხერხემლის ძალებს შორის</li> <li>■ შთანთქმავს დარტყმის ძალას, მოძრაობის დაშავება</li> </ul>

### ფაშარი შემაერთებული ქსოვილი

ფაშარი შემაერთებული ქსოვილის უჯრედებს ფიბრობლასტები ეწოდება. „ბლასტური“ ნიშნავს “ნარმომქმნელ” უჯრედს, ხოლო ფიბრობლასტები ნარმომქმნიან ფიბროზული ცილების ბოჭკოებს. ყველაზე უხვი რაოდენობის ბოჭკოებია კოლაგენი და ელასტინი. კოლაგენის ბოჭკოები ძალიან ძლიერია; ელასტინის ბოჭკოები ელასტიურია ანუ დაჭიმვის შემდეგ მათ შეუძლიათ სანყისი სიგრძის დაბრუნება. ფიბრობლასტებს აქვთ დაზიანებულ ადგილებში მიგრაციის



საშუალება რათა წარმოქმნან ამ ცილის ბოჭკოები, რათა აღდგენის პროცესში მიიღონ მონაწილეობა. კოლაგენი, ელასტინი და ქსოვილური სითხე ქმნის ფაშარი შემაერთებული ქსოვილის მატრიქსს, ანუ ქსოვილის არაცოცხალ ნაწილს (იხ. სურ. 4-4).



**სურათი 4-4** შემაერთებული ქსოვილის ტიპები: (ა) სისხლი; (ბ) ფაშარი; (გ) ცხიმოვანი.

**კითხვა:** რა არის სისხლის პლაზმა და რა მოიპოვება ადიპოციტებში?

ასევე მატრიქსში წარმოდგენილია პოხიერი უჯრედები, რომლებიც გამოყოფენ ანთების ქიმიურ ნივთიერებებს ქსოვილის დაზიანებისას და ბევრი სისხლის თეთრი უჯრედი, რომელსაც შეუძლია მოძრაობა. მათი მნიშვნელობა აქ დაკავშირებულია ფაშარი შემაერთებული ქსოვილის ფუნქციასთან. ფაშარი შემაერთებული ქსოვილი გვხვდება კანის დერმისის ქვეშ და ყველა ორგანოთა სისტემის ეპითელური ქსოვილის ქვეშ, რომლებიც იხსნება გარემოში. შეგახსენებთ, რომ სისხლის თეთრი უჯრედების ერთ-ერთი ფუნქცია პათოგენების განადგურებაა. როგორ აღწევენ პათოგენები სხეულში? ბევრი ამას აკეთებს კანის ზედაპირის დაზიანების გამო. ბაქტერიები და ვირუსები ასევე აღწევენ ჰაერით და საკვებთან ერთად, და ზოგიერთმა შეიძლება შეაღწიოს სასუნთქი და საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში ეპითელური გარსის გავლით და გამოიწვიოს ქსოვილის დაზიანება. ფაშარი შემაერთებული ქსოვილი პოხიერ უჯრედებთან და სისხლის მრავალ თეთრ უჯრედთან ერთად სტრატეგიულად არის განთავსებული პათოგენების შესაჩერებლად, სანამ ისინი სისხლში მოხვდებიან და იცირკულირებენ მთელ სხეულში.



## ცხიმოვანი ქსოვილი

ადამიანს გააჩნია ორი სახის **ცხიმოვანი ქსოვილი**. მეტად უხვი რაოდენობის სახეობაა თეთრი ცხიმოვანი ქსოვილი (რომელსაც ჩვენ ვუნოდებთ “ცხიმოვან ქსოვილს” ან “თეთრ ცხიმს”). ნაკლებად გავრცელებული სახეობაა ყავისფერი ცხიმოვანი ქსოვილი (რომელსაც ჩვენ ვუნოდებთ “ყავისფერ ცხიმს”). ორივე ტიპის ქსოვილის უჯრედებს **ადიპოციტები** ეწოდება. ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედები სპეციალიზებულია ცხიმის მიკროსკოპული ნვეთების შესანახად, ხოლო ცხიმები წარმოადგენენ ენერჯის შენახვის ქიმიურ ფორმას. ჭარბი საკვები ნივთიერებები შეიცავენ კალორიებს, რომლებიც არ იხარჯება, მაგრამ გარდაიქმნება ცხიმად, რათა მოხდეს შენახვა და გამოყენება, როდესაც საკვების მიღება მცირდება. ჭარბი კალორიების ნებისმიერი ფორმა, იქნება ეს ცხიმები, ნახშირწყლები ან ცილოვანი ამინომჟავები, შეიძლება გარდაიქმნას ტრიგლიცერიდებად ენერჯის შენახვის მიზნით. ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედშორისი მატრიქსის რაოდენობა მცირეა და შედგება ქსოვილის სითხისა და რამდენიმე კოლაგენური ბოჭკოსაგან (იხ. სურ. 4-4).

ცხიმის უმეტესობა ინახება კანქვეშ არსებულ ფაშარ შემადგენელ ქსოვილში დერმისსა და კუნთებს შორის. ეს ფენა განსხვავდება სისქის მიხედვით ადამიანებში; რაც უფრო მეტი ჭარბი კალორია მოიხმარება და ინახება, მით უფრო სქელია ფენა. ადიპოციტები მრავლდება მიტოზით და ითვლება, რომ ორგანიზმში ადიპოციტების რაოდენობა შედარებით მუდმივი რჩება ადამიანის სიცოცხლის განმავლობაში. თუმცა, თითოეული ადიპოციტი შეიძლება შეიცვალოს ზომაში, გახდეს უფრო დიდი, თუ მეტი ცხიმია შესანახი ან უფრო პატარა, თუ ცხიმი გამოიყენება უჯრედული ენერჯის მიწოდებისთვის. როგორც მე-2 თავში აღინიშნა, ცხიმოვანი ქსოვილი ასევე ამარაგებს ორგანიზმს, როგორცაა თვალეები და თირკმელები.

ცხიმოვანი ქსოვილი ასევე ითვლება ენდოკრინულ ქსოვილად, რადგან ის გამოიმუშავებს მინიმუმ ერთ ჰორმონს. **ლექტინი** არის მაღის დამთრგუნველი ჰორმონი, რომელიც გამოიყოფა ადიპოციტების მიერ, რათა მიაწოდოს თავის ტვინის ჰიპოთალამუსს ინფორმაცია იმის შესახებ, რომ ცხიმის შენახვა საკმარისია (იხილეთ ასევე თავი 17). როდესაც ლექტინის სეკრეცია მცირდება, მადა იზრდება. ლექტინი ასევე ასტიმულირებს ძვლის მატრიქსის წარმოქმნას უჯრედების მიერ, რომელსაც ოსტეობლასტები ეწოდება და აქვს სხვა გავლენა ძვლოვან ქსოვილზე. ადიპოციტები გამოყოფენ მინიმუმ ორ ქიმიურ ნივთიერებას, რომლებიც ხელს უწყობენ ინსულინის გამოყენების რეგულირებას გლუკოზისა და ცხიმის მეტაბოლიზმში. ცხიმოვანი ქსოვილი ასევე მონაწილეობს ანთების პროცესში, დაზიანებაზე სხეულის პირველი პასუხი, რადგან ის წარმოქმნის ციტოკინებს, ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც ააქტიურებენ სისხლის თეთრ უჯრედებს. ჩვენი ცხიმოვანი ქსოვილი არ არის უბრალოდ ცხიმის ინერტული საცავი; პირიქით, ეს არის რთული სისტემების ნაწილი, რომელიც უზრუნველყოფს ჩვენს სწორად კვებას და გვიცავს კანში მოხვედრილი პათოგენებისგან.

ყავისფერი ცხიმი უხვად გვხვდება ჩვილებში და უფრო მცირე რაოდენობით მოზრდილებში. თეთრი ცხიმოვანი ქსოვილისგან განსხვავებით, ყავისფერი ცხიმი არ არის ენერჯის შემნახველი ქსოვილი; ეს არის თერმოგენული (სითბოს წარმომქმნელი) ქსოვილი, რომელშიც უჯრედები სწრაფად იყენებენ გლუკოზას (ან ცხიმს) უჯრედულ სუნთქვაში. თუმცა, ამ უჯრედებში გლუკოზის დაშლა არ არის დაკავშირებული ატფ-ის სინთეზთან და ენერჯის უმეტესი ნაწილი გამოიყოფა სითბოს სახით. როდის გვჭირდება მეტი სითბო? როცა ორგანიზმი ხვდება გრილი გარემოში. ერთი-ერთი ავტომატური პასუხი გარეგან სიცივეზე არის კანკალი. ჩვილებში კანკალის რეფლექსი არ არის ეფექტური და სხეულის შემცივნება ასტიმულირებს მიტოქონდრიებს ყავისფერ ცხიმში.

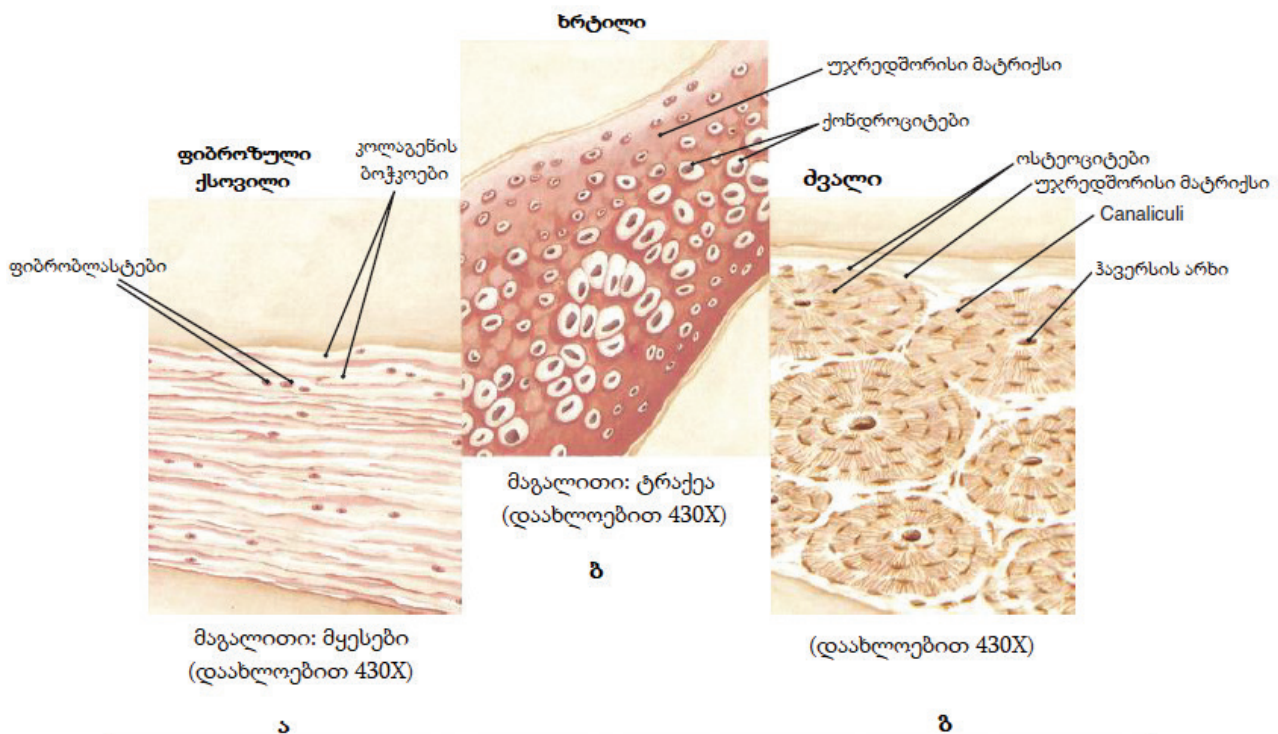
რაც უფრო იზრდება ჩვილი, კანკალი უფრო ეფექტური ხდება და ყავისფერი ცხიმის რაოდენობა მცირდება. მოზრდილებში ყავისფერი ცხიმი შეიძლება მდებარეობდეს კისრისა და მხრების მიდამოებში და ხერხემლის გასწვრივ. რამდენადაც ცნობილია, გამხდარ მოზრდილებს უფრო მეტი ყავისფერი ცხიმი აქვთ, ვიდრე ჭარბწონიანებს, და ზრდასრულ ადამიანებში ეს რაოდენობა არ არის მუდმივი. თუმცა, ის კვლავ სითბოს წარმომქმნელი ქსოვილია და შეიძლება ხელი შეუწყოს ადამიანის უნარს შეინარჩუნოს ნორმალური სხეულის წონა. რეგულარული ვარჯიში ან სიცივის ზემოქმედება ასტიმულირებს კუნთების უჯრედებს, გამოათავისუფლონ ჰორმონი **ირისინი**, რომელიც გარდაქმნის თეთრ ადიპოციტებს ყავისფერ ადიპოციტებად. გული ასევე

გამოყოფს ჰორმონებს, ნატრიუმულ პეპტიდებს, რომლებიც ხელს უწყობენ თეთრი ცხიმოვანი უჯრედების გარდაქმნას ყავისფერ ცხიმოვან უჯრედებად. ყავისფერი ცხიმოვანი უჯრედები მოიხმარენ მეტ საკვები ნივთიერებების ენერგიას (არ ინახავენ მათ ტრიგლიცერიდების სახით), აქედან გამომდინარე მოიხმარენ მეტ კალორიას და გამოიმუშავენ სითბოს. შეიძლება გაინტერესებთ, რა აძლევს ყავისფერ ცხიმს ფერს.

მრავალრიცხოვანი მიტოქონდრია შეიცავს რკინას, რომელიც აფერადებს ცხიმოვან ქსოვილს მონითალო-ყავისფერად, ისევე როგორც კუნთების ქსოვილს.

## მკვრივი (ბოჭკოვანი/ფიბროზული) შემაერთებული ქსოვილი

მკვრივი შემაერთებული ქსოვილი ძირითადად შედგება პარალელური (რეგულარული) კოლაგენური ბოჭკოებისგან, მათ შორის მიმოფანტული რამდენიმე ფიბრობლასტისგან (სურ. 4-5). კოლაგენის ეს პარალელური განლაგება იძლევა სიმტკიცე, თუმცა ქსივილი საკმაოდ მოქნილია.



სურათი 4-5 შემაერთებული ქსოვილები. (ა) ფიბროზული; (ბ) ხრტილი; (გ) ძვალი.

**კითხვა:** რა არის ფიბროზული და ძვლის ქსოვილის მატრიქსი?

ამ ქსოვილის ადგილმდებარეობა დაკავშირებულია როგორც მოქნილობასთან, ისე ძალის საჭიროებასთან. არტერიების გარე კედლები გამაგრებულია მკვრივი შემაერთებული ქსოვილით, რადგან ამ სისხლძარღვებში სისხლი მაღალი წნევის ქვეშ იმყოფება. ძლიერი გარე კედელი ხელს უშლის არტერიის გახეთქვას (იხ. აგრეთვე სამახსოვრო 4-2: გამოტოვებული კავშირები). მყესები და იოგები ასევე შედგება მკვრივი შემაერთებული ქსოვილისგან. მყესები აკავშირებს კუნთს ძვალთან; იოგები კი აკავშირებს ძვალს ძვალთან. როდესაც ჩონჩხი მოძრაობაშია, ამ სტრუქტურებმა უნდა გაუძღონ მათზე მოქმედ დიდ მექანიკურ ძალებს.

მკვრივ შემაერთებულ ქსოვილს აქვს შედარებით მცირე სისხლის მომარაგება, რაც აღდგენით პროცესებს ანელებს. თუ ოდესმე გქონიათ ტერფის ძლიერი დაჭიმვა (რაც ნიშნავს, რომ იოგები ზედმეტად დაჭიმულია), მაშინ გეცოდინებათ, რომ სრულ გამოჯანმრთელებას შეიძლება რამდენიმე თვე დასჭირდეს.

მკვრივი არარეგულარული შემაერთებული ქსოვილი წარმოდგენილია კანის დერმისსა და კუნთების საკუთარ ფასციებში. მიუხედავად იმისა, რომ კოლაგენური ბოჭკოები აქ არ არის ერ-

თმანეთის პარალელურად (სანაცვლოდ ისინი ჯვარედინადაა განლაგებული ქსოვილში), ქსოვილი მაინც ძლიერია. დერმისი განსხვავდება სხვა ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილისგან იმით, რომ მას აქვს კარგი სისხლით მომარაგება.

## ელასტიური შემაერთებული ქსოვილი

როგორც მისი სახელი გვეუბნება, **ელასტიური შემაერთებული ქსოვილი** ძირითადად ელასტინის ბოჭკოებისგან შედგება; ასევე მნიშვნელოვანია ცილის **ფიბრილინის** მასტაბილიზებული ბოჭკოები. ამ ქსოვილის ერთ-ერთი ადგილმდებარეობაა დიდი არტერიების კედლები, როგორცაა აორტა (რომელიც გამოდის გულის მარცხენა პარკუჭიდან) და მისი ტოტები. ამ სისხლძარღვების კედლები იჭიმება, როდესაც გული იკუმშება და სისხლს ტუმბავს, შემდეგ კი პირვანდელ მდგომარეობაში ბრუნდება, როცა გული მოდუნდება. ეს უკუქცევა ხელს უწყობს გულიდან სისხლის შემდგომ მოძრაობას ნორმალური არტერიული წნევის შესანარჩუნებლად.

ელასტიური შემაერთებული ქსოვილი ასევე გვხვდება ფილტვების ალვეოლების ირგვლივ. ელასტიური ბოჭკოები იჭიმება ჩასუნთქვის დროს და შემდეგ უბრუნდება თავის პირვანდელ მდგომარეობას ამოსუნთქვისას, რათა ფილტვებიდან გამოვიდეს ჰაერი. თუ რამდენიმე წამით ყურადღებას მიაქცევთ თქვენს სუნთქვას, შეამჩნევთ, რომ ნორმალური ამოსუნთქვა არ საჭიროებს „შრომას“ და ენერგიას. ეს ხდება ფილტვების ნორმალური ელასტიურობის გამო.

## ძვალი

პრეფიქსი არის “ოსტეო”, აღნიშნავს ძვალს, ამიტომ ძვლის უჯრედებს უწოდებენ ოსტეოციტებს. ძვლის ქსოვილის მატრიქსი შედგება კალციუმის მარილებისა და კოლაგენისგან და არის ძლიერი, მყარი და არა მოქნილი. ლულოვან ძვლებში, როგორცაა ბარძაყის ძვალი, ოსტეოციტები, მატრიქსი და სისხლძარღვები ძალიან ზუსტ სტრუქტურაში არიან განლაგებულები, რომლებსაც **ჰავერსიულ სისტემებს** ან **ოსტეონებს** უწოდებენ (იხ. სურ. 4-5). ძვალს აქვს კარგი სისხლით მომარაგება, რაც მას ხდის კალციუმის შემნახველ ორგანოდ და შესაძლებლობას აძლევს შედარებით სწრაფად აღდგეს მარტივი მოტეხილობის შემთხვევაში.

ზოგიერთი ძვალი, როგორცაა მკერდის (**sternum**) და მენჯის ძვლები, შეიცავენ ნითელ ძვლის ტვინს, პირველად ჰემოპოეზურ ქსოვილს, რომელიც გამოიმუშავებს სისხლის უჯრედებს.

ძვლოვანი ქსოვილის სხვა ფუნქციები დაკავშირებულია ძვლის მატრიქსის სიძლიერესთან. ჩონჩხი ამყარებს სხეულს და ზოგიერთი ძვალი იცავს შინაგან ორგანოებს მექანიკური დაზიანებისგან. ძვლის შესახებ უფრო სრულყოფილი განხილვა მოცემულია მე-6 თავში.

## ხრტილი

**ხრტილის** ცილოვან-ნახშირწყლების მატრიქსი არ შეიცავს კალციუმის მარილებს და ის ასევე განსხვავდება ძვლისგან იმით, რომ შეიცავს მეტ წყალს, რაც მას ელასტიურს ხდის. ის არის მტკიცე, მაგრამ გლუვი და მოქნილი. ხრტილი გვხვდება სახსრებში ძვლების ზედაპირებზე, სადაც მისი გლუვი ზედაპირი ხელს უწყობს ხახუნის შემცირებას. ცხვირის ნვერი და გარე ყური შედგება ხრტილოვანი ქსოვილისგან. ტრაქეის, სასულეს, კედელი, შეიცავს ხრტილის მყარ რგოლებს სასუნთქი გზების ღიაობის შესანარჩუნებლად. ხრტილის დისკები გვხვდება ხერხემლის მალეებს შორის.

აქ ხრტილი წარმოადგენს მტკიცე ბალიშს; ის შთანთქავს დატვირთვას, რომელიც წარმოიქმნება მოძრაობისას.

ხრტილოვან მატრიქსში მდებარეობენ ქონდროციტები, ანუ ხრტილის ქსოვილის უჯრედები (იხ. სურ. 4-5). ხრტილის მატრიქსი არ შეიცავს კაპილარებს, ამიტომ ეს უჯრედები იკვებება დიფუზიით მატრიქსიდან, რაც წარმოადგენს შენელებულ პროცესს. ეს ხდება კლინიკურად მნიშვნელოვანი, როდესაც ხრტილი დაზიანებულია, რადგან ხრტილის აღდგენა ან ძალიან ნელა ხდება ან საერთოდ არა. სპორტსმენებს ზოგჯერ უზიანდებათ მუხლის სახსარში არსებული ხრტილები. ასეთი დაზიანებული ხრტილი ჩვეულებრივ შორდება ქირურგიული გზით, რათა შენარჩუნდეს რაც შეიძლება მეტი სახსრის მობილურობა.



## კუნთოვანი ქსოვილი

**კუნთოვანი ქსოვილი** სპეციალიზირებულია შეკუმშვაზე. როდესაც კუნთების უჯრედები (მათ ასევე ენოდებათ კუნთების ბოჭკოები ან მიოციტები) იკუმშება, ისინი მოკლდება და ინვეეს გარკვეული სახის მოძრაობას. არსებობს კუნთოვანი ქსოვილის სამი ტიპი: ჩონჩხის, გლუვი და გულის (ცხრილი 4-3). მოძრაობებს, რომლებიც თითოეულს შეუძლია წარმოქმნას, ძალიან განსხვავებული დანიშნულება აქვს.

ცხრილი 4-3 კუნთოვანი ქსოვილის ტიპები

ტიპი	სტრუქტურა	მდებარეობა და ფუნქცია	ნერვული ეფექტი
<b>ჩონჩხის</b>	დიდი ცილინდრული განივზოლიანი უჯრედები რამოდენიმე ბირთვით	მიმაგრებულია ძვლებზე <ul style="list-style-type: none"> <li>ამოძრავებს ჩონჩხს და გამოიმუშავებს სიტბოს</li> </ul>	აუცილებელია შეკუმშვის გამოწვევისთვის (ნებაყოფლობითი)
<b>გლუვი</b>	მცირე ზომის უჯრედები ზოლების გარეშე და თითო ბირთვით	არტერიების კედლები <ul style="list-style-type: none"> <li>არტერიული წნევის შენარჩუნება</li> </ul> კუჭისა და ნაწლავების კედლები <ul style="list-style-type: none"> <li>პერისტალტიკა</li> </ul> თვალის ფერადი გარსი <ul style="list-style-type: none"> <li>არეგულირებს გულის ზომას</li> </ul>	შეკუმშვის სიხშირის რეგულირება (უნებლიე)
<b>გულის</b>	განშტოებული უჯრედები სუსტი ზოლებით და თითო ბირთვით	ქმნის გულის კამერების/საკუნების კედლებს <ul style="list-style-type: none"> <li>სისხლის ტუმბო</li> </ul>	არეგულირებს მხოლოდ შეკუმშვის სიხშირეს (უნებლიე)

## ჩონჩხის კუნთი

ჩონჩხის კუნთს ასევე შეიძლება ენოდოს განივზოლიანი კუნთი ან ნებაყოფლობითი კუნთი. თითოეული სახელი აღწერს ამ ქსოვილის კონკრეტულ ასპექტს. ჩონჩხის კუნთების უჯრედები ცილინდრულია, თითოეულს აქვს რამდენიმე ბირთვი და გამოიყურება ზოლიანად (სურ. 4-6). ზოლები უჯრედებში კუმშვადი ცილების ზუსტი განლაგების შედეგია.

ჩონჩხის კუნთოვანი ქსოვილი ქმნის კუნთებს, რომლებიც მიმაგრებულია ძვლებზე. ეს კუნთები მარაგდება მოტორული (მამოძრავებელი) ნერვებით და ასე ხდება ჩონჩხის მოძრაობა. მნიშვნელოვანი გამონაკლისი არის დიაფრაგმა, რომელიც არ ინვეეს ძვლების მოძრაობას, არამედ აფართოებს გულმკერდის ღრუს და ხელს უწყობს ჩასუნთქვას. ჩონჩხის კუნთები ასევე გამოიმუშავებს სიტბოს მნიშვნელოვან რაოდენობას, რაც მნიშვნელოვანია სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შესანარჩუნებლად. თითოეულ კუნთოვან უჯრედს აქვს საკუთარი მოტორული (მამოძრავებელი) ნერვული დაბოლოება. ნერვული იმპულსები, რომლებსაც შეუძლიათ გადაადგილება კუნთებისკენ, აუცილებელია შეკუმშვის გამოწვევისთვის.

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ არ გვინვეს შეგნებულად დაგეგმვა ყველა ჩვენი მოძრაობის, ნერვული იმპულსები წარმოიქმნება თავის ტვინში, “აზროვნების” ნაწილში.

მოდით დავუბრუნდეთ ამ ქსოვილის სამ დასახელებას: ჩონჩხი აღწერს მის ადგილმდებარეობას, ზოლიანი აღწერს მის გარეგნობას და ნებაყოფლობითი აღწერს მის ფუნქციონირებას. ჩონჩხის კუნთები და მათი ფუნქცია მე-7 თავის საგანია.

## გლუვი კუნთი

**გლუვი კუნთს** ასევე შეიძლება ენოდოს უნებლიე კუნთი ან ვისცერალური (შინაგანი) კუნთი. გლუვი კუნთების უჯრედებს გააჩნიათ ერთი ბირთვი და არ გააჩნიათ ზოლები (იხ. სურ. 4-6). მიუხედავად იმისა, რომ ნერვული იმპულსები ინვეეს შეკუმშვას, ეს არ არის ის, რისი გაკონტ-

როლებაც ჩვენ შეგვიძლია, აქედან გამომდინარეობს კუნთის დასახელება უნებლიე. ტერმინი ვისცერალური ეხება შინაგან ორგანოებს, რომელთაგან ბევრი შეიცავს გლუვ კუნთებს. გლუვი კუნთების ფუნქციები სინამდვილეში არის იმ ორგანოების ფუნქციები, რომლებშიც კუნთი გვხვდება.

კუჭსა და ნაწლავებში გლუვი კუნთები იკუმშება ტალღისებურად, რომელსაც ეწოდება პერისტალტიკა, რათა მოხდეს საკვების გადაადგილება მომწინებელ ტრაქტში. არტერიების და ვენების კედლებში გლუვი კუნთები იკუმშება ან დუნდება, და იწვევს ამ სისხლძარღვების შესაბამის შევიწროებას ან გაფართოებას, რათა მოხდეს ნორმალური არტერიული წნევის შენარჩუნება. თვალის ფერად გარსს გააჩნია გლუვკუნთოვანი ბოჭკოების ორი ნაკრები გუგის შეკუმშვის ან გაფართოების მიზნით, რაც არეგულირებს სინათლის რაოდენობას, რომელიც ეცემა ბადურას.

გლუვი კუნთების სხვა ფუნქციები მოხსენიებულია შემდეგ თავებში. იგი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ქსოვილს, რომელსაც კვლავ შევხვდებით ადამიანის სხეულის შესწავლისას.

## გულის კუნთი

**გულის კუნთის უჯრედები, კარდიომიოციტები,** ნაჩვენებია სურ. 4-6-ში. ისინი განშტოებულია, გააჩნიათ თითო ბირთვი და სუსტი ზოლები. უჯრედების მემბრანები ამ უჯრედების ბოლოებზე ვრცლად არის დაკეცილი და ჯდება მეზობელ უჯრედების მემბრანების შესატყვის ნაკეცებში, რაც უზრუნველყოფს კარდიომიოციტების მჭიდრო კავშირს (იხ. სურ. 12-1 მე-12 თავში). ამ გადაჯაჭვულ ნაკეცებს ეწოდება **ჩართული დისკოები** და საშუალებას აძლევს კუნთების შეკუმშვისთვის საჭირო ელექტრულ იმპულსებს სწრაფად გადავიდნენ უჯრედიდან უჯრედში. ეს საშუალებას აძლევს გულის შეკუმშვის წარმოქმნას ძალიან ზუსტი ტალღით ზედა კამერებიდან ქვედა კამერამდე. გულის კუნთს მთლიანობაში **მიოკარდიუმი** ეწოდება და ქმნის გულის კამერების, წინაგულებისა და პარკუჭების, კედლებს. მისი ფუნქცია, შესაბამისად, გულის, როგორც ორგანოს, ფუნქცია: სისხლის გადატუმბვაა. მიოკარდიუმის შეკუმშვა ქმნის არტერიულ წნევას და ინარჩუნებს სისხლის მიმოქცევას მთელს სხეულში, რათა სისხლმა შეასრულოს თავისი მრავალი ფუნქცია. გულის კუნთის უჯრედებს აქვთ დამოუკიდებლად შეკუმშვის უნარი. ამრიგად, გული ახდენს საკუთარ შეკუმშვებს.

ნერვული იმპულსების როლი არის გულისცემის გაზრდა ან შემცირება, იმისდა მიხედვით, თუ რა სჭირდება სხეულს კონკრეტულ სიტუაციაში. გულს უფრო დეტალურად დავუბრუნდებით მე-12 თავში.

### სამახსოვრო 4-2: გამოტოვებული კავშირები

ზოგიერთი შემაერთებული ქსოვილი ამყარებს ნამდვილ კავშირებს. კოლაგენი და ელასტინი წარმოადგენენ ცილებს, რომლებიც ამას აკეთებენ. რა მოხდება, თუ ეს კავშირები სუსტია ან არ არსებობს, როგორც ეს ხდება სურავანდის დროს, **C** ვიტამინის კვებითი დეფიციტი, და მარფანის სინდრომის შემთხვევაში (გენეტიკური დაავადება).

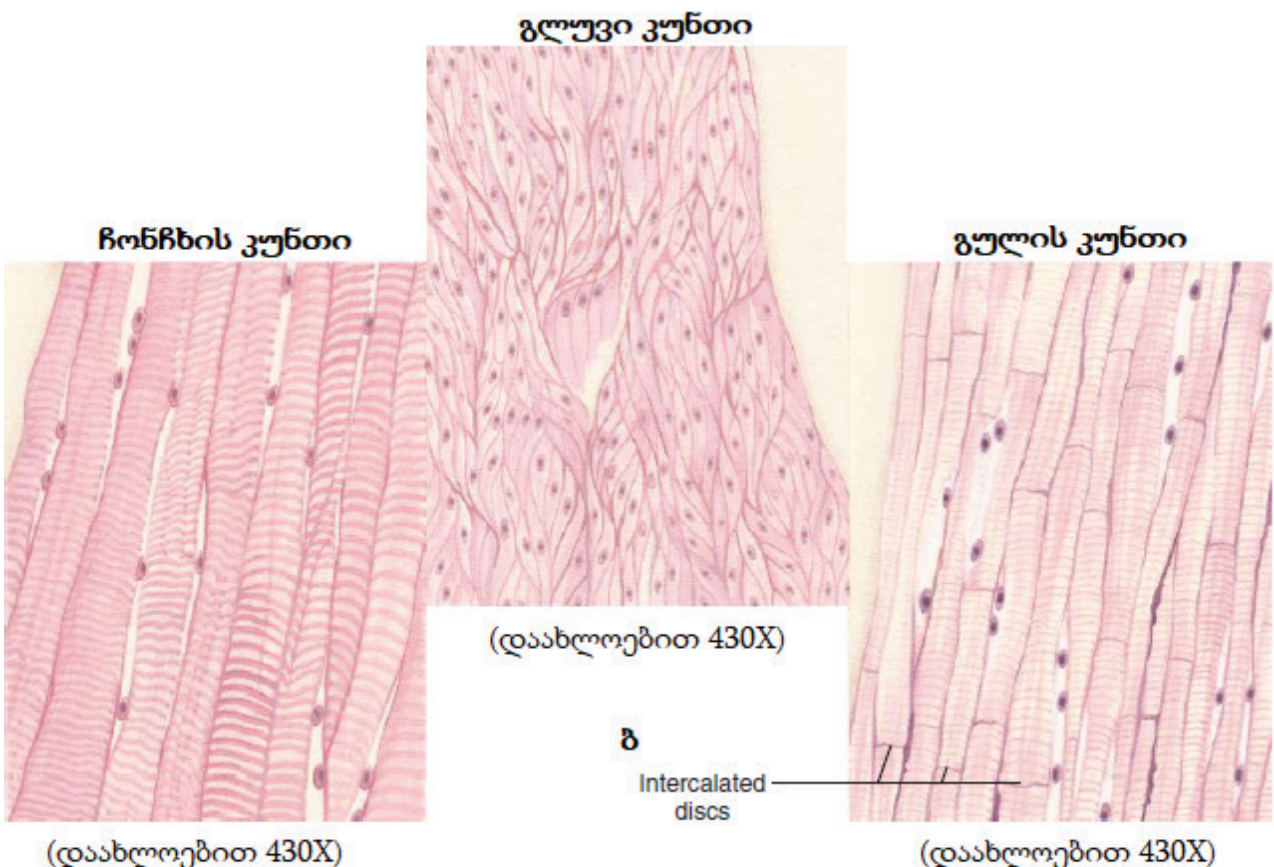
ბევრი ადამიანი იღებს დამატებით **C** ვიტამინს, სხვადასხვა მიზეზის გამო. ვიტამინ **C**-ს აქვს რამდენიმე ფუნქცია და მნიშვნელოვანი არის კოლაგენის სინთეზი. კოლაგენი არის ცილა, რომელიც შედის მყესების, იოგების და სხვა შემაერთებული ქსოვილების

**1753** ნელს ჯეიმს ლინდმა, შოტლანდიელმა ქირურგმა, ბრიტანეთის საზღვაო ფლოტს ურჩია ლაიმის წვენი მიეღოთ ხანგრძლივ მოგზაურობებში, რათა თავიდან აიცილონ სურავანდი მეზღვაურებში (რომელთა ძირითად საკვებს წარმოადგენდა ღორის ან საქონლის ხორცი პური და მარილი). ლაიმის წვენმა თავიდან აიცილა ეს პოტენციურად ფატალური დაავადება, ისევე როგორც ახალი ხილისა და ბოსტნეულის მოხმარება, თუმცა იმ დროს არავინ იცოდა რატომ. ვიტამინი **C** საბოლოოდ გამოყოფილი იქნა ლაბორატორიაში **1928** ნელს.

შემადგენლობაში. ნარმოიდგინეთ ცილოვანი კოლაგენი, როგორც კიბე, რომელსაც აქვს სამი საყრდენი და საფეხური, რომლებიც აკავშირებს მეზობელ საყრდენებს. ვიტამინი C აუცილებელია “საფეხურების” ფორმირებისთვის, რომლის გარეშეც საყრდენები ვერ გაჩერდება ერთად. C ვიტამინის არარსებობის დროს ნარმოქმნილი კოლაგენი სუსტია და სუსტი კოლაგენის ეფექტი მკვეთრად შეიმჩნევა დაავადებაში, რომელსაც ეწოდება სურავანდი, რომელიც ცნობილი იყო (თუმცა არა მისი მიზეზი) საუკუნეების განმავლობაში.

სურავანდს ახასიათებს ღრძილებიდან სისხლდენა და კბილების დაკარგვა, ქროილობების ცუდად შეხორცება, მოტეხილობები და სისხლდენა კანში, სახსრებში და სხეულის სხვა ადგილებში.

მარფანის სინდრომი გენეტიკური დაავადებაა; მუტაციური გენი არის პროტეინის ფიბრილინის კოდი, ელასტიური შემაერთებელი ქსოვილის სტაბილიზაციის პროტეინი. მარფანის სინდრომის მქონე ადამიანი ხშირად მაღალი და გამხდარია, სახსრები ზედმეტად მოქნილი აქვს (იდაყვების ან მუხლების ჰიპერექსტენზია, მაგალითად), რადგან მყესები და იოგები ზედმეტად იჭიმება. ძალიან სერიოზული შესაძლო შედეგია აორტის კედლის გადაჭიმვა და გარღვევა; ჩვენი უმსხვილესი არტერიის რღვევა გულმკერდის ღრუში შეიძლება სწრაფად ფატალური იყოს. ამ გენეტიკური შეცდომის მკურნალობა ჯერ არ არის შესაძლებელი. მარფანის სინდრომი დომინანტური გენეტიკური მდგომარეობაა, რაც იმას ნიშნავს, რომ მხოლოდ ერთი გენის მემკვიდრეობა საკმარისია დაავადების წარმოქმნისთვის.



**სურათი 4-6** კუნთოვანი ქსოვილი: (ა) ჩონჩხის; (ბ) გლუვი; (გ) გულის.

**კითხვა:** კუნთების რომელ უჯრედებს აქვთ ზოლები? რა ქმნის ამ ზოლებს?



## ნერვული ქსოვილი

**ნერვული ქსოვილი** შედგება ნერვული უჯრედებისგან, რომელსაც **ნეირონები** ეწოდება და ზოგიერთი სპეციალიზებული უჯრედისგან, რომელიც მხოლოდ ნერვულ სისტემაში მოიპოვება. ნერვულ სისტემას აქვს ორი განყოფილება: ცენტრალური ნერვული სისტემა (ცნს) და პერიფერიული ნერვული სისტემა (პნს). თავისა და ზურგის ტვინი ცნს-ის ორგანოებია. ისინი შედგება ნეირონებისა და სპეციალიზებული უჯრედებისგან, რომლებსაც ნეიროგლია ეწოდება.

ცენტრალური ნერვული სისტემა და ნეიროგლია დეტალურად არის განხილული მე-8 თავში. პერიფერიული ნერვული სისტემა შედგება ყველა ნერვისგან, რომელიც გამოდის ცნს-დან და ამარაგებს სხეულის დანარჩენ ნაწილებს. ეს ნერვები შედგება ნეირონებისა და სპეციალიზებული უჯრედებისგან, რომლებსაც შვანის უჯრედები ეწოდება. შვანის უჯრედები ქმნიან მიელინის გარსს (მიელინი არის ფოსფოლიპიდი) ნეირონების ელექტრული იზოლაციისთვის.

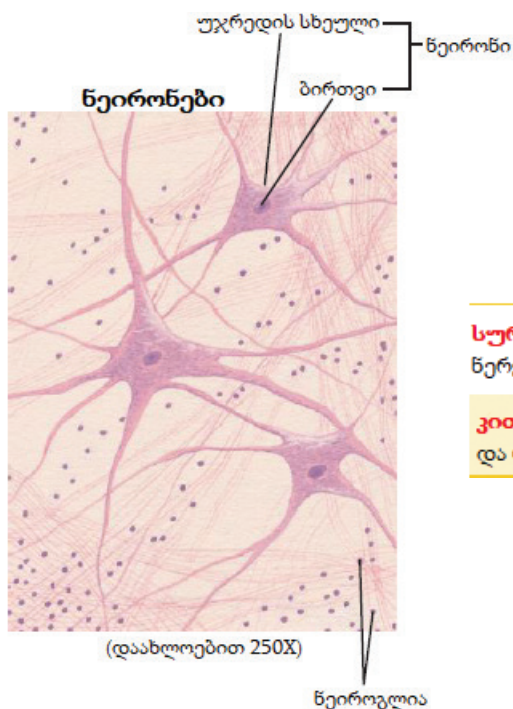
ნეირონებს შეუძლიათ ელექტროქიმიური იმპულსების წარმოება და გადაცემა. არსებობს მრავალი სხვადასხვა სახის ნეირონები, მაგრამ მათ ყველას აქვთ საერთო ძირითადი სტრუქტურა (სურ. 4-7). **უჯრედის სხეული** შეიცავს ბირთვს და აუცილებელია ნეირონის სიცოცხლის შესანარჩუნებლად. **აქსონი** არის გრძელი მორჩი (ტერმინი მორჩი ამ შემთხვევაში ნიშნავს “რამეს, რაც გამოდის”, უჯრედის წანაზარდი), რომელიც ატარებს ელექტრულ იმპულსებს უჯრედის სხეულიდან; ნეირონს აქვს მხოლოდ ერთი აქსონი. **დენდრიტები** არის მოკლე მორჩები, რომლებიც ატარებენ იმპულსებს უჯრედის სხეულისკენ; ნეირონს შეიძლება ჰქონდეს რამდენიმე ან თუნდაც ბევრი დენდრიტი. ელექტრული ნერვული იმპულსი მოძრაობს ნეირონის უჯრედის მემბრანის გასწვრივ. თუმცა იქ, სადაც ნეირონები ხვდებიან ერთმანეთს, წარმოდგენილია მცირე სივრცე, რომელსაც **სინაფსი** ეწოდება, რომელსაც ელექტრული იმპულსი ვერ გადალახავს.

სინაფსში, ერთი ნეირონის აქსონსა და შემდეგი ნეირონის დენდრიტს ან უჯრედულ სხეულს შორის, იმპულსის გადაცემა დამოკიდებულია ქიმიურ ნივთიერებებზე, რომლებსაც **ნეიროტრანსმიტერები** ეწოდება. ნერვული ქსოვილის შეჯამება მოცემულია ცხრილში 4-4.

ნერვული ქსოვილი ქმნის თავის ტვინს, ზურგის ტვინს და პერიფერიულ ნერვებს (იხ. აგრეთვე სამახსოვრო 4-3: ტეი-საქსის დაავადება). ნერვული სისტემა არის სხეულის ერთ-ერთი მარეგულირებელი (კონტროლი) სისტემა და სისტემის თითოეულ სტრუქტურას აქვს ძალიან სპეციფიკური ფუნქციები. ნერვული სისტემის ეს ასპექტები უფრო დეტალურად არის აღწერილი მე-8 თავში.

ჯერჯერობით აღვნიშნავთ მხოლოდ ნერვული ქსოვილის ფუნქციების კატეგორიებს.

ეს მოიცავს შეგრძნებების აღქმასა და მათ ინტერპრეტაციას, მოძრაობის დაწყებას, სხეულის ფუნქციების სწრაფ რეგულირებას, როგორცაა გულისცემა და სუნთქვა, და ინფორმაციის ორგანიზება სწავლისა და მეხსიერებისთვის.



**სურათი 4-7** ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) ნერვული ქსოვილი.

**კითხვა:** რამდენი პროცესი აქვს ცენტრალურ ნეირონს და რა ჰქვია მათ?

## გარსები

**გარსები** წარმოადგენენ ქსოვილის ფურცლებს, რომლებიც ფარავს ან ამოფენს ზედაპირებს ან გამოყოფს ორგანოებს ან ორგანოების ნაწილებს (წილებს) ერთმანეთისგან. ბევრი გარსი გამოყოფს ნივთიერებებს, რომლებსაც გააჩნიათ სპეციფიური ფუნქციები. გარსების ორი ძირითადი კატეგორიაა ეპითელიური ქსოვილის გარსები და შემაერთებული ქსოვილის გარსები.

### ეპითელიური ქსოვილის გარსები

არსებობს ორი სახის ეპითელიური გარსები, სეროზული და ლორწოვანი. თითოეული ტიპი გვხვდება სხეულის სპეციფიკურ ადგილებში და გამოყოფს სითხეს. ამ სითხეებს შესაბამისად უწოდებენ სეროზულ სითხეს და ლორწოს.

### სეროზული გარსები

**სეროზული გარსები** წარმოადგენენ ერთშირიანი ბრტყელი ეპითელიუმის ფურცლებს, რომლებიც ამოფენენ სხეულის ზოგიერთ დახურულ ღრუს და ფარავს ამ ღრუში არსებულ ორგანოებს (ნახ. 4-8). **პლევრის გარსები** გულმკერდის ღრუს სეროზული გარსებია. პარიესული პლევრა ამოფენს გულმკერდის კედელს, ხოლო ვისცერული პლევრა ფარავს ფილტვებს. (გაითვალისწინეთ, რომ „ამოფენს“ ნიშნავს „შიგნიდან“ და „ფარავს“ ნიშნავს „გარედან“. ეს ტერმინები არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას ურთიერთშენაცვლებით, რადგან თითოეული მიუთითებს განსხვავებულ მდებარეობაზე.) პლევრის გარსები გამოყოფენ **სეროზულ სითხეს**, რაც ხელს უშლის მათ შორის ხახუნს, რადგან ფილტვები ფართოვდება და ბრუნდა სანყის მდგომარეობაში სუნთქვისას.

გულს, რომელიც ფილტვებს შორის გულმკერდის ღრუშია მოთავსებული, აქვს სეროზული გარსების საკუთარი ნაკრები. პარიესული პერიკარდიური ამოფენს ფიბროზულ პერიკარდიუმს (შემაერთებული ქსოვილის გარსი), ხოლო ვისცერული პერიკარდიური, ანუ ეპიკარდიური, არის გულის კუნთის ზედაპირზე (იხ. აგრეთვე სურ. 12-1 თავში 12). სეროზული სითხე წარმოიქმნება ხახუნის თავიდან ასაცილებლად, როდესაც გული იკუმშება და დუნდება.

მუცლის ღრუში, პერიტონეუმი წარმოადგენს სეროზულ გარსს, რომელიც ამოფენს მუცლის ღრუს. **მეზენტერიუმი**, ანუ ვისცერული პერიტონეუმი, იკეთებს ნაკეცებს და ფარავს მუცლის ღრუს ორგანოებს. აქ სეროზული სითხე ხელს უშლის ხახუნს, რადგან კუჭის და ნაწლავების კუნთები იკუმშება და სრიალებს სხვა ორგანოების ზედაპირებზე (იხ. აგრეთვე სურ. 16-4 თავში 16).

### ლორწოვანი გარსები

**ლორწოვანი გარსები** ამოფენენ სხეულის ტრაქტებს (მილები), რომლებიც იხსნებიან გარემოში. ესენია სასუნთქი, საჭმლის მომნელებელი, საშარდე და რეპროდუქციული გზები. ლორწოვანი გარსის (**ლორწო**) ეპითელიუმი განსხვავდება სხვადასხვა ორგანოების მიხედვით. საყლაპავისა და საშოს ლორწოვანი გარსი არის მრავალშირიანი ბრტყელი ეპითელიუმი, ტრაქტის ლორწოვანი გარსი წამწამოვანი ეპითელიუმი, ხოლო კუჭის ლორწოვანი გარსი წარმოადგენილია ცილინდრული ეპითელიუმით.

ამ გარსების მიერ გამოყოფილი **ლორწო** ინარჩუნებს ეპითელიური უჯრედების სველ (ნამიან) ზედაპირს. გახსოვდეთ, რომ ეს არის ცოცხალი უჯრედები, ამიტომ მათი ამოშრობა სიკვდილის ტოლფასია. საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში ლორწო ასევე ატენიანებს ზედაპირს, რათა უზრუნველყოს საკვების გლუვი გავლა. სასუნთქ გზებში ლორწო იჭერს მტვერს და ბაქტერიებს, რომლებიც შემდეგ მოციმციმე ეპითელიუმით ხორხისკენ გადადის.

**ცხრილი 4-4**

**ნერვული ქსოვილი**

წაწილი	სტრუქტურა	ფუნქცია
ნეირონი (ნერვული უჯრედი)		
უჯრედის სხეული	შეიცავს ბირთვს	არეგულირებს ნეირონის მუშაობას
აქსონი	უჯრედის მორჩი (გრძელი)	ატარებს ელექტრულ იმპულსებს უჯრედის სხეულიდან
დენდრიტები	უჯრედის მორჩი (მოკლე)	ატარებენ ელექტრულ იმპულსებს უჯრედის სხეულისკენ
სინაფსი	სივრცე ერთი ნეირონის აქსონსა და მომდევნო ნეირონის დენდრიტს ან უჯრედულ სხეულს შორის	გადასცემს იმპულსებს ერთი ნეირონიდან მეორეზე ქიმიური ნივთიერებების საშუალებით
ნეიროტრანსმიტერები	აქსონების მიერ გამოთავისუფლებული ქიმიური ნივთიერებები	იმპულსების გადაცემა სინაფსებში
ნეიროგლია	სპეციალიზირებული უჯრედები ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში	მიელინის გარსების ფორმირება და სხვა ფუნქციების
შვანის უჯრედები	სპეციალიზირებული უჯრედები პერიფერიულ ნერვულ სისტემაში	მიელინის გარსების ჩამოაყალიბება ნეირონების გარშემო

**სამახსოვრო 4-3: ტეი-საქსის დაავადება**

მე-3 თავში შეიტყვეთ ლიზოსომების ფუნქციის შესახებ; ეს უჯრედის ორგანოები აშორებს უჯრედის დაზიანებულ ან გაცვეთილ ნაწილებს. ლიზოსომების მნიშვნელობა ჩანს ტეი-საქსის დაავადებაში, სადაც ერთ-ერთი ლიზოსომური ფერმენტი აკლია და ძველი გარსების ლიპიდები, როგორცაა მიელინის გარსი, გროვდება უჯრედებსა და ნერვულ ქსოვილში. წარმოიდგინეთ მანქანის ძრავის დაზიანებული ნაწილების შეცვლა, მაგრამ ძრავში ძველი ნაწილების დატოვება - ძალიან მალე ძრავა დაიბლოკება ძველი ნაწილებით და არ იმუშავებს. უჯრედებში ლიპიდების დაგროვებით გამოწვეულ ზიანს ღრმა გავლენა აქვს ნერვული სისტემის უჯრედებზე. ტეი-საქსის დაავადების მქონე ბავშვი 6 თვის ასაკში ჩვეულებრივ ავლენს სიმპტომებს: შეძენილი მოტორული უნარების რეგრესია და გონებრივი სიმახვილის დაქვეითება. ეს დანაკარგები პროგრესირებს სრულ ფიზიკურ და ფსიქიკურ გაუარესებამდე, ვეგეტატიურ (უგონო)

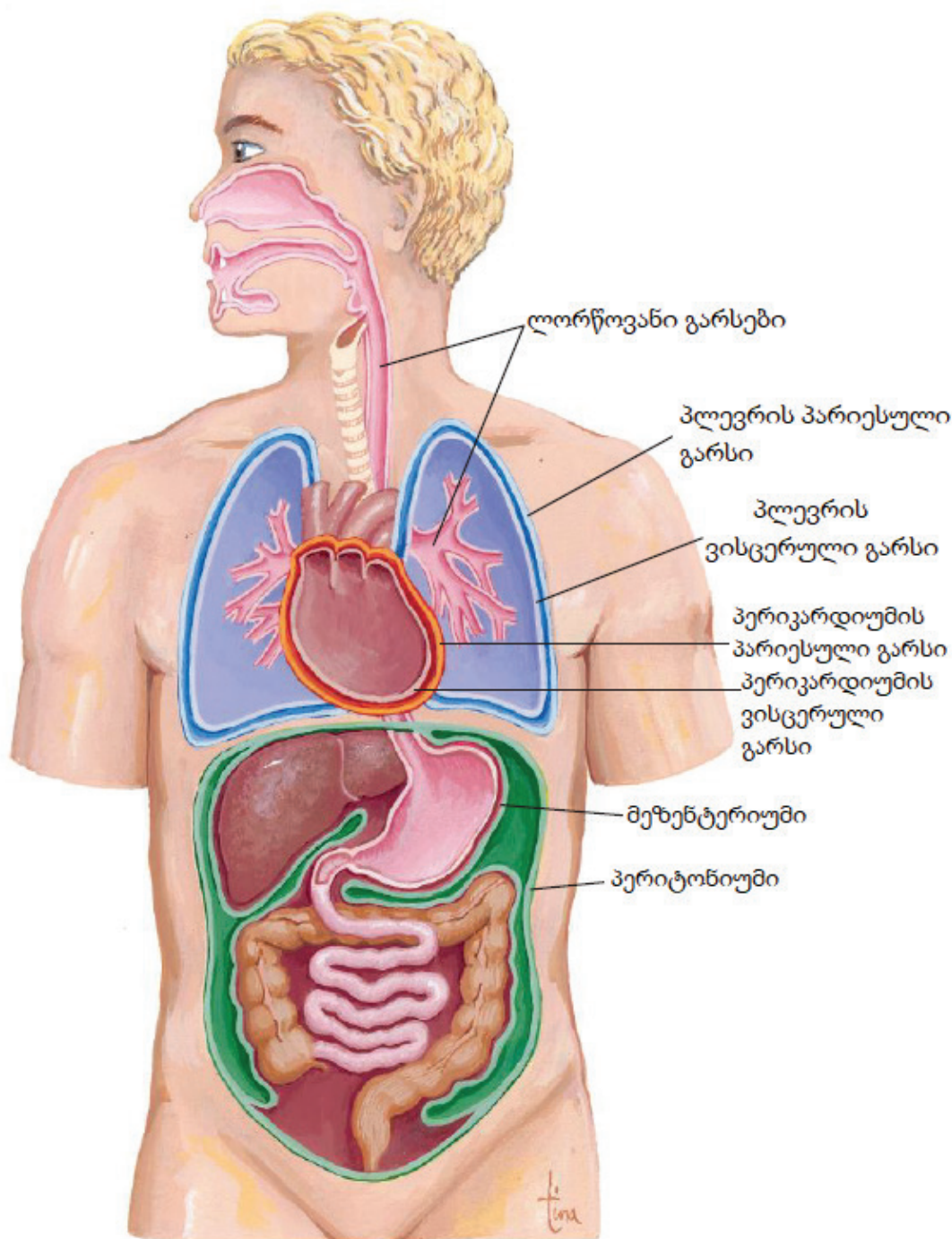
მდგომარეობამდე და სიკვდილამდე რამდენიმე წელიწადში.

მკურნალობა არ არსებობს. რა ინვესტია ამ დაავადებას? პრობლემა არის ლიზოსომური ფერმენტის ნაკლებობა. ფერმენტები წარმოადგენენ ცილებს. რატომ წარმოქმნის უჯრედი გარკვეულ ცილებს და არა სხვას? მისი დნმ-ის გამო. ცილის სინთეზი დამოკიდებულია დნმ-ზე, ცილების გენეტიკურ კოდზე. ტეი-საქსი არის რეცესიული გენეტიკური დაავადება (მუტაციური გენი მე-15 ქრომოსომაზე), რაც იმას ნიშნავს, რომ ბავშვს ამისთვის ორი გენი უნდა ჰქონდეს (როგორც კისტოზური ფიბროზის შემთხვევაში). ეს არის ყველაზე გავრცელებული გენეტიკური დაავადება ებრაული წარმოშობის ადამიანებში, მაგრამ პოტენციური მშობლების გენეტიკურმა ტესტირებამ ეს დაავადება იშვიათი გახადა შეერთებულ შტატებში.



## შემაერთებელი ქსოვილის გარსები

ბევრი გარსი შედგება შემაერთებელი ქსოვილისგან. შეიძლება გახსოვთ, რომ მენინგები ნახსენები იყო პირველ თავში; მენინგები ამოფენენ თავის ქალის და ხერხემლის ღრუებს და ფარავს თავისა და ზურგის ტვინს. კიდევ ერთხელ დააკვირდით, რომ ტერმინებს „ამოფენს“ და „ფარავს“ აქვს ძალიან ზუსტი მნიშვნელობა. შემაერთებელი ქსოვილის გარსები განხილული იქნება ორგანოთა სისტემებთან ერთად, რომელის ნაწილებსაც ისინი წარმოადგენენ, ამიტომ მათი მდებარეობა და ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 4-5.



**სურათი 4-8** ეპითელური გარსები. ლორწოვანი გარსები ამოფენს სხეულის ტრაქტებს, რომლებიც იხსნება გარემოთ. სეროზული გარსები გვხვდება სხეულის დახურულ ღრუებში, როგორცაა გულმკერდის და მუცლის ღრუები. იხილეთ ტექსტი დამატებითი აღწერილობისთვის.

**კითხვა:** დაასახელეთ მეზენტერიუმით დაფარული ორგანოები.

გარსი	მდებარეობა და ფუნქცია
ზედაპირული ფასცია	კანსა და კუნთებს შორის; ცხიმოვანი ქსოვილი; სისხლის თეთრი უჯრედები ანადგურებენ პათოგენებს, რომლებიც შედიან კანში
პერიოსტეუმი	ფარავს თითოეულ ძვალს; შეიცავს სისხლძარღვებს, რომლებიც შედიან ძვალში ამაგრებს მყესებს და იოგებს კუნთებიდან
პერიქონდრიუმი	ფარავს ხრტილს; შეიცავს კაპილარებს, ხრტილის ერთადერთ სისხლის მომარაგების გზას
სინოვიალური	ამოფენს სახსრების ღრუებს; გამოყოფს სინოვიალურ სითხეს სახსრების მოძრაობისას ხახუნის შესამცირებლად
ღრმა ფასცია	ფარავს თითოეულ ჩონჩხის კუნთს; ამაგრებს მყესებს
მენინგები	გარს აკრავს თავისა და ზურგის ტვინს (კრანიალური და ხერხემლის ღრუები); შეიცავს ცერებროსპინალურ სითხეს
პერიკარდიუმი	გარს აკრავს გულს; მოფენილია სეროზული პარიეტული პერიკარდიუმით

### დაბერება და ქსოვილები

როგორც წინა თავში აღვნიშნეთ, დაბერება ხდება უჯრედულ დონეზე, მაგრამ ეს, რა თქმა უნდა, აშკარაა უჯრედების ჯგუფებში, რომლებსაც ქსოვილებს ვუწოდებთ. კუნთოვან ქსოვილში, მაგალითად, ცილები, რომლებიც ახორციელებენ შეკუმშვას, ფუჭდებიან და არ აღდგებიან. იგივე ეხება კოლაგენსა და ელასტინის შემთხვევაში, შემაერთებული ქსოვილის ცილებს, რომლების მოიპოვება კანის დერმისში. ქსოვილების დაბერების სხვა ასპექტები უფრო მნიშვნელოვანი იქნება თქვენთვის ორგანოებისა და სისტემების ფუნქციების კონტექსტში, ამიტომ ჩვენ ამაზე ვისაუბრებთ შემდეგ თავებში.

### შეჯამება

ამ თავში აღწერილი ქსოვილები და გარსები უფრო რთული აღნაგობისაა, ვიდრე ცალკეული შემადგენელი უჯრედები. შემდეგი თავები ეხება ორგანოთა სისტემებს, ყველაზე რთულ დონეს. ამ სისტემების ორგანოების აღწერილობაში ნახავთ ქსოვილებს და მათ წვლილს თითოეულ ორგანოსა და ორგანოთა სისტემებში.

## თავი 5

### კანი და მისი წარმონაქმნები/დანამატები

ქავილი, კოლოს ნაკბენი. მტკივნეული მზის დამწვრობა.

**კანი და მისი წარმონაქმნები** წარმოადგენენ ორგანოთა სისტემას. ეს სისტემა მოიცავს სტრუქტურებს, რომელიც ხილულია: კანი, თმა და ფრჩხილები. ამ ორგანოთა სისტემის ნაწილები, რომელიც არ არის ხილული არის ჯირკვლები, მაგ., საოფლე ჯირკვლები, სენსორული რეცეპტორები და კანის ქვეშ არსებული კანქვეშა ქსოვილი. ეს სისტემა წარმოადგენს საფარველს, ის ფარავს სხეულს და წარმოადგენს ბარიერს გარემოსა და სხეულს შორის. კანი შედგება რამდენიმე სხვადასხვა ტიპის ქსოვილისგან და ითვლება ორგანოდ. კანის არაცოცხალი ნაწილი ხელს უშლის მრავალი მავნე ნივთიერების შეღწევას ორგანიზმში. კანის ცოცხალ ნაწილებს აქვთ რამდენიმე ძალიან განსხვავებული როლი ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაში. კანქვეშა ქსოვილი უშუალოდ კანის ქვეშ აკავშირებს მას კუნთებთან და აქვს სხვა ფუნქციებიც.

#### კანი

კანი შედგება ორი ძირითადი ფენისგან: გარე ეპიდერმისი და შიდა დერმისი. თითოეული ეს ფენა შედგება სხვადასხვა ქსოვილისგან და აქვს ძალიან განსხვავებული ფუნქციები.

#### ეპიდერმისი

ეპიდერმისი შედგება მრავალშრიანი ბრტყელი გარქოვანებული/კერატინიზებული ეპითელიური ქსოვილისგან, რომელიც ყველაზე სქელია ხელის და ფეხის გულებზე.

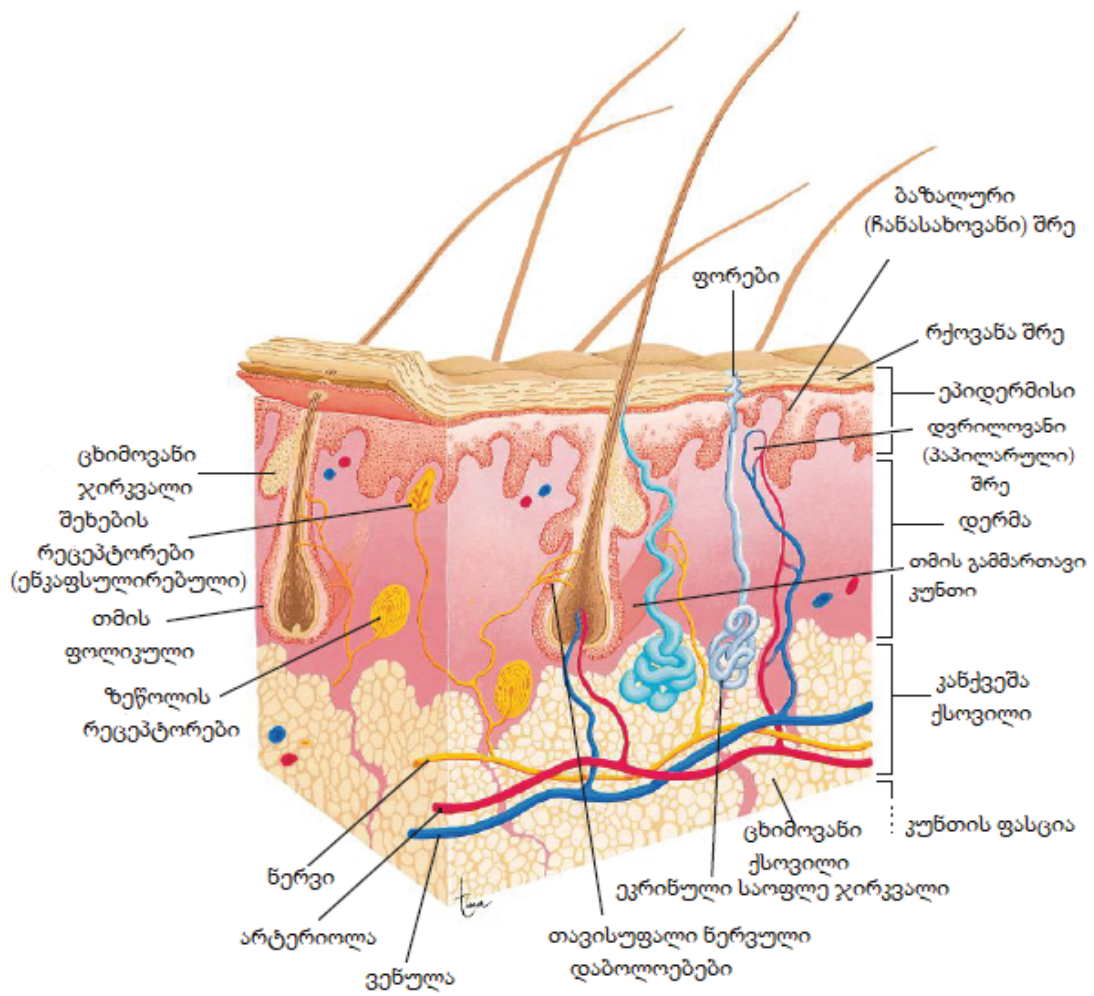
ყველაზე უხვ უჯრედებს **კერატინოციტები** ეწოდება და მათ შორის კაპილარები არ არის. კერატინოციტები ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულია, რასაც ეწოდება “მკვრივი კონტაქტი/ბრმა სარტყელი”, რომელიც შედგება მათი უჯრედის მემბრანების ცილებისგან. მიუხედავად იმისა, რომ ეპიდერმისი შემდგომში შეიძლება დაიყოს ოთხ ან ხუთ ქვეფენად, მათგან ორი უდიდესი მნიშვნელობისაა: ყველაზე შიდა ფენა, ბაზალური შრე და ყველაზე გარე ფენა, რქოვანა შრე (სურ. 5-1).

#### ბაზალური/ჩანასახოვანი შრე

ბაზალურ შრეს ასევე ჩანასახოვანი შრე ეწოდება. თითოეული სახელი რაღაცას გვეუბნება ამ ფენის შესახებ. ჩანასახოვანი ნიშნავს „ზრდას“. ბაზალური ნიშნავს “ფუძეს” ან “შიგნითა ნაწილს”. ბაზალური შრე წარმოადგენს ეპიდერმისის საფუძველს, ყველაზე შიდა ფენას, რომელშიც ხდება მიტოზი. მუდმივად წარმოიქმნება ახალი უჯრედები, რომლებიც უბიძგებს ძველ უჯრედებს კანის ზედაპირისკენ გადასვლას. ეს უჯრედები აწარმოებენ ცილოვან **კერატინს** და რაც უფრო შორდებიან დერმისის კაპილარებს, კვებიან. როდესაც მკვდარი უჯრედები იშლება კანის ზედაპირიდან, ისინი იცვლება ქვედა ფენების უჯრედებით.

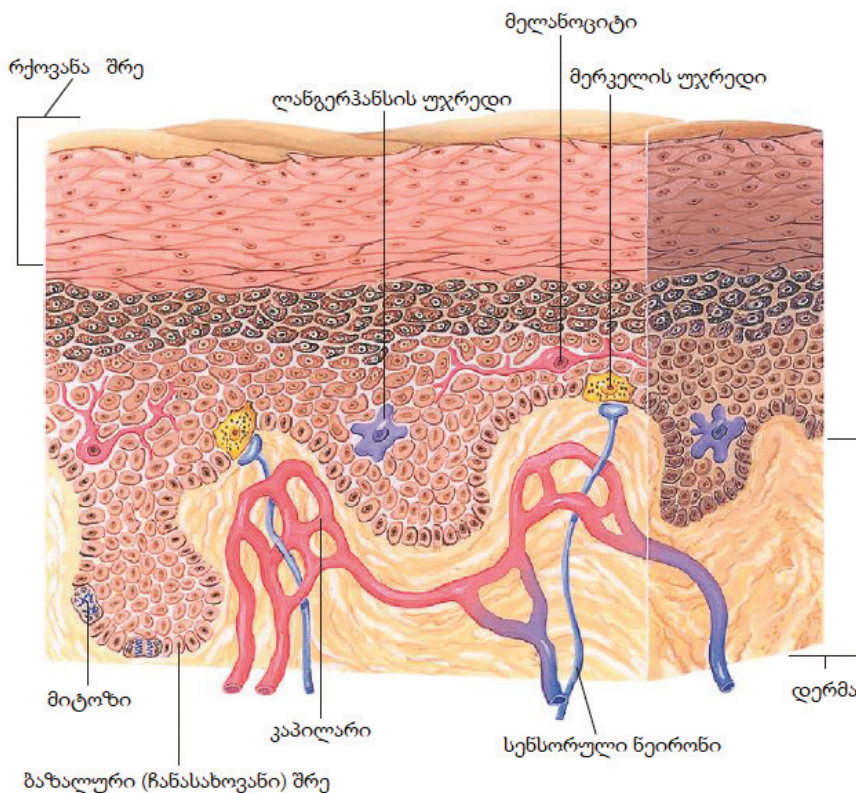
ბაზალური შრის კერატინოციტებს შორის მიმოფანტულია ძალიან განსხვავებული უჯრედები, რომლებსაც **მერკელის უჯრედები** (ან **მერკელის დისკები**) ეწოდება; ესენი ასრულებენ შეხების რეცეპტორების როლს (სურ. 5-2). ცოცხალ კერატინოციტებს შეუძლიათ ანტიმიკრობული პეპტიდების სინთეზირება, რომელსაც ეწოდება **დეფენსინი**; ეს და სხვა ქიმიური ნივთიერებები წარმოიქმნება კანის ნებისმიერი დაზიანების შემდეგ, როგორც ანთების პროცესის ნაწილი. დეფენსინები არღვევენ პათოგენების მემბრანას, როგორცაა ბაქტერიები, რომლებმაც შეიძლება შეაღწიონ დაზიანებულ კანში.





**სურათი 5-1** კანი. კანისა და კანქვეშა ქსოვილის სტრუქტურა.

**კითხვა:** კანის რომელ ფენებს გააჩნიათ სისხლძარღვები?



**სურათი 5-2** ეპიდერმისი, სადაც ნაჩვენებია სხვადასხვა ტიპის უჯრედები და ზედა დერმის სისხლის მიმოქცევა.

**კითხვა:** ნაჩვენები უჯრედებიდან რომელს შეუძლია მოძრაობა და რას ატარებს იგი?

ეპიდემიის ცოცხალი ნაწილი ასევე გამოიმუშავებს ვიტამინს; უჯრედები შეიცავენ ქოლესტერინის ფორმას, რომელიც ულტრაიისფერი შუქის ზემოქმედების დროს იცვლება D ვიტამინად (ფორმა, რომელიც შემდეგ შეცვლილია ღვიძლის მიერ და თირკმელებით გარდაიქმნება მის ყველაზე აქტიურ ფორმად, რომელსაც ეწოდება 1,25-D, ან კალციტრიოლი. ითვლება ჰორმონად). ამიტომ D ვიტამინს ზოგჯერ უწოდებენ “მზის ვიტამინს”. ადამიანი, რომელიც არ იღებს მზის სხივების დიდ რაოდენობას, უფრო მეტად არის დამოკიდებული D ვიტამინის საკვებ წყაროებზე. თუმცა მზის სხივები ალბათ საუკეთესო საშუალებაა D ვიტამინის მისაღებად და დღეში 15 წუთი, კვირაში რამდენჯერმე, ხშირად საკმარისია. ჭარბი ვიტამინი D ინახება ღვიძლში (ვიტამინი D ცხიმში ხსნადია და ჭარბი რაოდენობით მიღების შემთხვევაში შეიძლება გახდეს ტოქსიკური).

D ვიტამინი მნიშვნელოვანია წვრილ ნაწლავში საკვებიდან კალციუმის და ფოსფორის შეწოვისათვის და ეს მინერალები გამოიყენება ძვლებისა და კბილების მატრიქსის შესაქმნელად; ეს ფუნქცია ცნობილია წლების განმავლობაში. ბოლო კვლევებმა აჩვენა, რომ ვიტამინი D ასევე ხელს უწყობს სხეულის სხვა მნიშვნელოვან პროცესებს. ის მონაწილეობს კუნთების სიძლიერის შენარჩუნებაში, განსაკუთრებით ხანდაზმულებში და ინსულინის ფუნქციონირებაში სისხლში გლუკოზის დონის რეგულირებისთვის. ვიტამინმა D შეიძლება უზრუნველყოს ზოგიერთი სახის კიბოსგან და გარკვეული ბაქტერიებით ან ვირუსებით გამოწვეული ინფექციებისგან დაცვა. მაგალითად, D ვიტამინის დეფიციტის მქონე ადამიანები უფრო მგრძობიარენი არიან ტუბერკულოზისა და გრიპის მიმართ. ვიტამინი D ასტიმულირებს კანის უჯრედებსა და სისხლის თეთრ უჯრედებს **კათელიციტინის** წარმოქმნაში, ბუნებრივი ანტიმიკრობული საშუალება, რომელიც არღვევს პათოგენების უჯრედის მემბრანებს ან გარე საფარებს.

## რქოვანა შრე

რქოვანა შრე, ყველაზე ზედაპირული ეპიდერმული შრე, შედგება მკვდარი უჯრედების მრავალი შრისგან; უჯრედში დარჩენილია მხოლოდ **კერატინი**. ცილოვანი კერატინი შედარებით წყალგაუმტარია, რომელიც ხელს უშლის სხეულის სითხის დაკარგვას, ისევე როგორც სითხის შეღწევას სხეულში. წყალგაუმტარი რქოვანას შრის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა აუზში ბანაობა ან თუნდაც შხაპის მიღება უჯრედების დაზიანების გარეშე.

რქოვანა შრე ასევე წარმოადგენს ბარიერს ქიმიური ნივთიერებებისთვის და პათოგენებისთვის. ქიმიური ნივთიერებების უმეტესობა, გარდა ისეთი ნივთიერებებისა, როგორცაა მჟავები, ვერ კვეთს რქოვანა შრის ხელუხლებელ ბარიერს. ერთი მტკივნეული გამონაკლისი არის შხამიანი სუროს წვენი. ეს ფისი მარტივად აღწევს კანში და იწვევს ალერგიულ რეაქციას. ჭინჭრის ციება, რომელსაც ასევე ურტიკარიას ვუწოდებთ, არის ალერგიისთვის დამახასიათებელი ანთებითი რეაქცია. შხამიანი სუროს ჭინჭრის ციებისთვის დამახასიათებელია ბუშტუკები და ძლიერი ქავილი.

გავიხსენოთ პირველი თავიდან, რომ ჩვენი კანის ზედაპირი წარმოადგენს მიკრობიომს, გარემო ბაქტერიებისთვის, რომლებსაც ჩვენ ვუწოდებთ ჩვენს მიკრობიოტას (ანუ ნორმალურ ფლორას). ასობით სახეობის ბაქტერია სახლობს კანის ზედაპირზე; ისინი არ არიან საზიანო, სანამ რჩებიან სხეულის გარეთ. მიკროორგანიზმების შეუღწევადობას ხელს უწყობს ხელუხლებელი რქოვანა შრე თავისი მჭიდრო შეერთებებით. ჩვენი მიკრობიოტის ზოგიერთი სახეობა სასარგებლოა; კანის ზედაპირზე მათი არსებობით და შესაძლო გამოყოფილი ქიმიური ნივთიერებებით ისინი ხელს უშლიან პათოგენური ბაქტერიების და სოკოების კოლონიზაციას კანზე, ინფექციების თავიდან ასაცილებლად. ეპიდემიის თავის როლს ასრულებს ბაქტერიების პოპულაციის კონტროლის შესანარჩუნებლად, რადგან კანის ზედაპირიდან მკვდარი უჯრედების გაფცქვანა ხელს უწყობს მიკროორგანიზმების მოცილებას; ცხიმოვანი მჟავები გამოყოფილი კანის ზედაპირზე ასევე ხელს უწყობს მიკრობული ზრდის შეფერხებას. რქოვანა შრის მნიშვნელობა განსაკუთრებით შესამჩნევი ხდება მისი დაზიანების დროს.

ზოგიერთი უმნიშვნელო ცვლილება ეპიდემიისში უდავოდ თქვენთვის ნაცნობია. როდესაც ადამიანი ატარებს ახალ ფეხსაცმელს, მაგალითად, ფეხის კანი ექვემდებარება ხახუნს. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ეპიდემიის ფენების ამრევება ან მთლიანად ეპიდემიის ამრევება დერმისიდან, სადაც გროვდება ქსოვილის სითხე და წარმოიქმნება ბუშტუკი. თუ კანი ექვემდებარე-

ბა ზენოლას, ეს ინვევს მიტოზის სიჩქარის ზრდას ბაზალურ ფენაში და წარმოიქმნება სქელი ეპიდერმისი; ჩვენ ამას კალუსს ვუწოდებთ. მიუხედავად იმისა, რომ კალუსები უფრო ხშირია ხელის გულებსა და ფეხის ძირებზე, ისინი შეიძლება გაჩნდეს კანის ნებისმიერ ნაწილზე.

ასევე თქვენთვის ნაცნობია ხელის გულებსა და ფეხის ძირებზე, რასაც ჩვენ ანაბექტებს ვუწოდებთ. დერმისთან ეპიდერმული შეერთების ქედები ყველაზე აშკარაა, როგორც თითის ანაბექტები. ამ რგოლების, მარყუჟების და ხაზების ფუნქცია ზუსტად არ არის ცნობილი. ზოგიერთი ბიოლოგი ვარაუდობს, რომ ანაბექტები ხელს უწყობს ხელით დაჭერის ფუნქციას; სხვები ვარაუდობენ, რომ ანაბექტები თითის წვერებს უფრო მგრძობიარეს ხდის საგნების ტექსტურის მიმართ. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული ადამიანის თითის ანაბექტები უნიკალურია, ისინი არ არის უცვლელი. ასაკთან ერთად, ჩვენი ეპიდერმული ქედები ნაკლებად მკაფიო ხდება და ახალი ხაზები ან ნაოჭები წარმოიქმნება თითის წვერზე.

## ლანგერჰანის უჯრედები

ეპიდერმისში წარმოდგენილია ლანგერჰანის უჯრედები, რომლებსაც ასევე უწოდებენ დენდრიტულ უჯრედებს მათი განშტოებული (ნანაზარდები) გარეგნობის გამო (იხ. სურ. 5-2 და ასევე სურ. 14-6 და სამახსოვრო 14-5 თავი 14). ეს უჯრედები წარმოიქმნება წითელ ძვლის ტვინში და საკმაოდ მოძრავია. მათ შეუძლიათ ფაგოციტოზის მეშვეობით უცხო მასალის შთანთქმა, როგორცაა ბაქტერიები, რომლებიც სხეულში შეაღწევენ კანის მთლიანობის გარღვევის შედეგად. ფაგოციტოზის შემდეგ ლანგერჰანის უჯრედები მიგრირებენ ლიმფურ კვანძებში და აწვდიან პათოგენს ლიმფოციტებს, სისხლის თეთრი უჯრედების ტიპს. ეს ინვევს იმუნურ პასუხს, როგორცაა ანტისხეულების წარმოება (ანტისხეულები არის ცილები, რომლებიც პათოგენების განადგურებაში იღებენ მონაწილეობას). რადგან კანი პირდაპირ კავშირშია გარემოსთან, ის წარმოადგენს სხეულის დამცავი რეაქციების მნიშვნელოვან კომპონენტს. ლანგერჰანის უჯრედები არის თანდაყოლილი იმუნური მექანიზმების ნაწილი (იმუნიტეტი დეტალურად არის აღწერილი მე-14 თავში).

## მელანოციტები

ქვედა ეპიდერმისში ნაპოვნი უჯრედის კიდევ ერთი ტიპი არის მელანოციტი, რომელიც ასევე ნაჩვენებია სურათზე 5-2. **მელანოციტები** აწარმოებენ პიგმენტს **მელანინს**, რომელიც ძირითადად იწარმოება ამინომჟავა თიროზინისგან. ერთნაირი სიმაღლის და წონის ადამიანებს აქვთ დაახლოებით იგივე რაოდენობის მელანოციტები, თუმცა ეს უჯრედები შეიძლება განსხვავდებოდეს მათი აქტივობის დონით. მუქი კანის მქონე ადამიანებში მელანოციტები მუდმივად გამოიმუშავენ დიდი რაოდენობით მელანინს. ღია კანის მქონე ადამიანების მელანოციტები გამოიმუშავენ ნაკლებ მელანინს. მელანოციტების აქტივობა რეგულირდება გენეტიკურ დონეზე; კანის ფერი ადამიანების ერთ-ერთი მემკვიდრეობითი მახასიათებელია.

ადამიანში მელანინის გამომუშავება იზრდება კანის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით, რომლებიც მზის სხივის ნაწილია და აზიანებს ცოცხალ უჯრედებს. მეტი ულტრა იისფერი სხივების ზემოქმედებით მეტი მელანინი წარმოიქმნება; მათ ეპიდერმისის უჯრედები იღებენ და კანის ზედაპირისკენ მოძრაობენ. ეს აძლევს კანს მუქ ფერს, რომელიც მოქმედებს როგორც ბარიერი და ამცირებს ცოცხალ ბაზალურ შრეზე და ლანგერჰანის უჯრედებზე ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებას. ღია კანის მქონე ადამიანებს არ აქვთ ბუნებრივი დაცვა ულტრაიისფერი სხივებისგან და მზის სხივები ინვევენ ეპიდერმისში მეტი მელანინის წარმოქმნას და როგორც შედეგი გარუჯვას (იხ. სამახსოვრო 5-2: კანის კიბოს პრევენცია: სალი აზრი და მზისგან დამცავი საშუალებები). მუქი კანის მქონე ადამიანებს უკვე აქვთ კარგი დაცვა ულტრაიისფერი სხივების მავნე ზემოქმედებისგან, მაგრამ სამწუხაროდ ისინი ნაკლებ D ვიტამინს გამოიმუშავენ.

მელანინი ასევე აძლევს შეფერილობას ადამიანის თმას, თუმცა მისი დამცავი ფუნქცია შემოიფარგლება თავის თმაზე. თვალის ორი ნაწილი ლებულობს ფერს მელანინისგან: თვალის ფერადი გარსი (ირისი) და თვალბუდის შიდა ქოროიდული შრე (თვალი განხილულია მე-9 თავში). ეპიდერმისისა და მისი უჯრედების ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 5-1.



## ცხრილი 5-1

## ეპიდერმისი

ნაწილი	ფუნქცია
რქოვანა შრე (კერატინი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ხელს უშლის წყლის დაკარგვას ან მის შეღწევას</li> <li>■ წარმოადგენს ბარიერს პათოგენებისთვის და ქიმიური ნივთიერებებისთვის</li> </ul>
ბაზალური (ჩანასახოვანი) შრე	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უწყვეტი მიტოზი წარმოქმნის ახალ უჯრედებს ზედაპირის უჯრედების შესაცვლელად</li> <li>■ წარმოქმნის ანტიმიკრობულ დეფენსის</li> <li>■ ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებისას კოლესტერინი გარდაიქმნება D ვიტამინად</li> </ul>
ლანგერჰანის უჯრედები	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ უცხო მასალის ფაგოციტოზი და ლიმფოციტების იმუნური პასუხის სტიმულირება</li> </ul>
მერკელის უჯრედები	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ შეხების შეგრძნების რეცეპტორები</li> </ul>
მელანოციტები	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ გამოიმუშავებს მელანინს ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით</li> </ul>
მელანინი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ იცავს კანის ცოცხალ ფენებს ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებისგან</li> </ul>

## დერმა

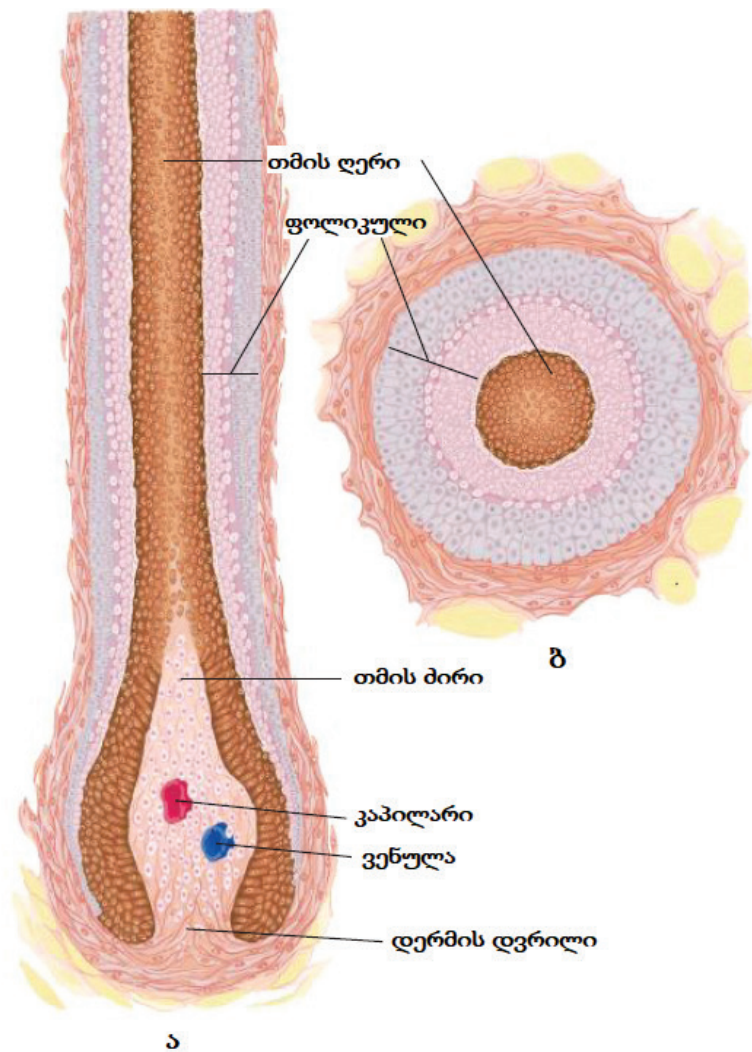
**დერმა** შედგება არარეგულარული ტიპის მკვრივი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილისგან, რაც იმას ნიშნავს, რომ ბოჭკოები არ არის პარალელურად განლაგებული, არამედ ჯვარედინი მიმართულებით. ფიბრობლასტები წარმოქმნიან კოლაგენის და ელასტინის ბოჭკოებს. შეგახსენებთ, რომ კოლაგენის ბოჭკოები ძლიერია და ელასტინის ბოჭკოები კი ელასტიურია. სიძლიერე და ელასტიურობა დერმის ორი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. ასაკთან ერთად ელასტინის ბოჭკოების შემცირება იწვევს კანის ელასტიურობის დაკარგვას. ასაკის მატებასთან ერთად ჩვენ ყველა შეგვიძლია ველოდოთ სულ მცირე რამდენიმე ნაოჭს.

დერმის არათანაბარ/არაერთგვაროვან შეერთებას ეპიდერმისთან ეწოდება დვრილოვანი (პაპილარული) შრე (იხ. სურ. 5-1). აქ უხვად წარმოდგენილია კაპილარები, რომ მოხდეს მომარაგება როგორც დერმის, ისევე ბაზალური შრის. ეპიდერმისს არ აქვს საკუთარი კაპილარები, ხოლო ქვედა შრეებში არსებული ცოცხალი უჯრედებისთვის ჟანგბადისა და საკვები მასალის მიწოდება დამოკიდებულია დერმისში არსებულ სისხლმომარაგებაზე.

დერმაში კანის წარმონაქმნები, თმის და ფრჩხილის ფოლიკულები, სენსორული რეცეპტორები და რამდენიმე ტიპის ჯირკვალი, მდებარეობს. ამ სტრუქტურებიდან ზოგიერთი ეპიდერმისის გავლით კანის ზედაპირზე ვრცელდება, თუმცა მათი აქტიური ნაწილები დერმაშია.

## თმის ფოლიკულები

თმის ფოლიკულები დამზადებულია ეპიდერმისის ქსოვილისგან და თმის ზრდის პროცესი ძალიან ჰგავს ეპიდერმისის ზრდას. ფოლიკულის ძირში არის **დერმის დვრილი**, დერმის შემაერთებელი ქსოვილის პროექცია; შეიცავს სისხლძარღვებს. დერმის დვრილის ზემოთ არის **თმის ფესვი**, რომელიც შეიცავს უჯრედებს, რომელსაც ეწოდება **მატრიქსი**, სადაც ხდება მიტოზი (სურ. 5-3). ახალი უჯრედები წარმოქმნიან კერატინს, იღებენ ფერს მელანინისგან, შემდეგ კვდებიან და შედიან **თმის ლეროში**, რომელიც კანის ზედაპირისკენ იწევს. თმა, რომელსაც ყოველდღიურად ვივარცხნით, შედგება მკვდარი, კერატინიზებული (გარქოვანებული) უჯრედებისგან. თმის ზრდის ყოველთვიური ტემპი საშუალოდ 8-დან 10 მმ-მდეა და საბოლოოდ ფოლიკული მიიძინებს, სანამ დაიწყება ახალი თმის ზრდა, რომელიც ძველ თმას გამოცვლის. ჩვენ ყოველდღიურად გვცვივა თმა; ვარაუდობენ, რომ დღეში 50-დან 100-მდე ღერი თმა იკარგება.



**სურათი 5-3** თმის ფოლიკულის სტრუქტურა.

(ა) გრძივი კვეთა. (B) განივი კვეთა.

**კითხვა:** რა არის თმის ღერის სტრუქტურა?

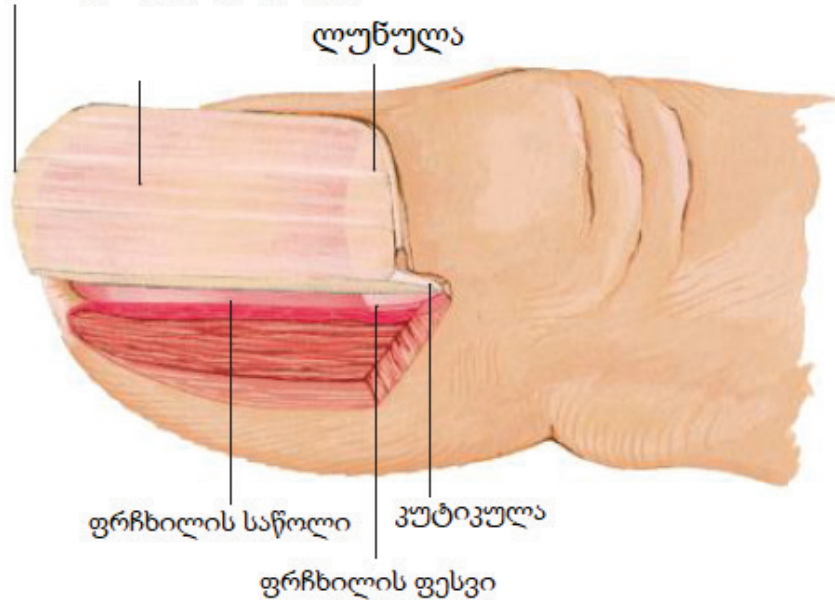
ზოგიერთ სხვა ძუძუმწოვართან შედარებით, ადამიანს ბევრი თმა არ აქვს. ადამიანის თმის ფაქტობრივი ფუნქციები ცოტაა. წამწამები და წარბები ხელს უწყობს მტვრის და ოფლის მოცილებას თვალებიდან, ხოლო ნესტოების შიგნით არსებული თმა ხელს უწყობს მტვრის მოცილებას ცხვირის ღრუდან.

თავზე თმა უზრუნველყოფს თავის იზოლაციას სიცივისგან. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენს სხეულზე თმა აღარ ასრულებს ამ ფუნქციას, მისი ევოლუციური ნარჩენები ჯერ კიდევ შემორჩენილია. თითოეულ თმის ფოლიკულზე მიმაგრებულია პატარა, გლუვი კუნთი, რომელსაც ეწოდება **თმის გამმართავი კუნთი**. როდესაც სტიმულირდება სიცივით ან ისეთი ემოციებით, როგორცაა შიში, ეს კუნთები თმის ვერტიკალურ მდგომარეობაში აყენებს (პილოერექცია - „ბატის კანის ფენომენი“). ბენვის მქონე ცხოველისთვის ეს ფენომენი ეხმარება ჰაერის დაჭერაში და სითბოს უფრო მეტ იზოლაციას უზრუნველყოფს.

## ფრჩხილის ფოლიკულები

ხელის და ფეხის თითების ბოლოებზე ნაპოვნი **ფრჩხილის ფოლიკულები** წარმოქმნიან ფრჩხილებს, ისევე როგორც თმის ფოლიკულები წარმოქმნიან თმას. მიტოზი გვხვდება **ფრჩხილის ფესვში** (სურ. 5-4) და ახალი უჯრედები წარმოქმნიან კერატინს (ამ ცილის უფრო ძლიერ ფორმას, ვიდრე თმაშია) და შემდეგ კვდებიან. მიუხედავად იმისა, რომ ფრჩხილი თავად შედგება კერატინიზებული მკვდარი უჯრედებისგან, ბრტყელი **ფრჩხილის საწოლი** შედგება ცოცხალი ეპიდერმისისა და დერმისგან. ამიტომ ფრჩხილის ძალიან მოკლე მოჭრა შეიძლება საკმაოდ მტკივნეული იყოს. ფრჩხილები იცავს თითების ბოლოებს მექანიკური დაზიანებისგან. თითების ფრჩხილები ასევე კარგია ქავილისთვის. ეს უფრო მნიშვნელოვანია, ვიდრე ერთი შეხედვით ჩანს. კანზე ქავილის შეგრძნება შეიძლება მიუთითებდეს კანზე პარაზიტების არსებობაზე: კოლო, ტკიპა, რწყილი ან ტილი. ეს პარაზიტები (ტკიპის გარდა ყველა მწერი) იკვებება სისხლით და ყველა არის ბაქტერიების, ვირუსების ან პროტოზოების მიერ გამონეული დაავადებების პოტენციური ვექტორებია (გადამტანები). სწრაფმა და ძლიერმა ნაკანრმა შეიძლება მოკლას ეს პარაზიტები და თავიდან აიცილოს დაავადების გადაცემა. ფრჩხილები ყოველთვის ურად იზრდება დაახლოებით 3 მმ-ით, ხოლო ზრდა ოდნავ უფრო სწრაფად ხდება ზაფხულის თვეებში.

ფრჩხილის თავისუფალი კიდე



**სურათი 5-4** ფრჩხილის სტრუქტურა ნაჩვენებია (გრძივი კვეთა).

**კითხვა:** კანის რა ნაწილია ფრჩხილის საწოლი?



## რეცეპტორები

კანის სენსორული რეცეპტორების უმეტესობა გვხვდება დერმაში (მერკელის უჯრედები განლაგებულია ბაზალურ შრეში, ისევე როგორც ზოგიერთი ნერვული დაბოლოება). კანის გრძნობებია შეხება, წნევა, სიცხე, სიცივე, ქავილი და ტკივილი. თითოეული შეგრძნებისთვის არსებობს რეცეპტორის სპეციფიკური ტიპი, რომელიც აღმოაჩენს კონკრეტულ ცვლილებას. სითბოს, სიცივის, ქავილის და ტკივილის შეგრძნებების რეცეპტორები წარმოდგენილია თავისუფალი ნერვული დაბოლოებებით. შეხებისა და წნევისთვის რეცეპტორებს უწოდებენ ენკაფსულირებულ მგრძნობიარე (ნერვული) დაბოლოებებს, რაც ნიშნავს, რომ სენსორული ნერვული დაბოლოების გარშემო არის უჯრედული სტრუქტურა (იხ. სურ. 5-1). ამ რეცეპტორებისა და შეგრძნებების დანიშნულებაა მიაწოდოს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას ინფორმაცია გარემოსა და კანზე მისი ზემოქმედების შესახებ. ამ ინფორმაციამ შეიძლება გამოიწვიოს ისეთი რეაქციების სტიმულირება, როგორცაა მტკივნეული, გაჭრილი თითის დაბანა, მწერის ნაკბენის მოქავება ან სიცივის შეგრძნებაზე რეაგირება სვიტერის ჩაცმით.

კანის არეალის მგრძნობელობა განისაზღვრება იმით, თუ რამდენი რეცეპტორია წარმოდგენილი, ანუ რეცეპტორების სივრცითი სიმკვრივე. ერთი ნუთით დაფიქრდით ქალაქში სახლების სიმჭიდროვეზე სოფლის სახლების მანძილთან შედარებით. თუ მეტეორიტი ქალაქს დაეცემა, დიდი ალბათობით სახლს დაარტყამს. მაგრამ თუ ის ქალაქგარეთ დაეცემა, მეტეორიტი სავარაუდოდ სახლებს შორის მოხვდება. თითის წვერების კანი ქალაქს ჰგავს, რადგან ის ძალიან მგრძნობიარეა შეხებისას, რადგან კვადრატულ მმ-ზე ბევრი რეცეპტორია. მკლავის კანი შეიცავს შეხების რამდენიმე რეცეპტორს კვადრატულ მმ-ზე, ჰგავს უფრო სოფელს და ნაკლებად მგრძნობიარეა.

როდესაც რეცეპტორები აღმოაჩენენ ცვლილებებს, ისინი წარმოქმნიან ნერვულ იმპულსებს, რომლებიც გადაიცემა ტვინში, რაც განმარტავს იმპულსებს, როგორც კონკრეტულ შეგრძნებებს. ამრიგად, შეგრძნება რეალურად ტვინის ფუნქციაა (ამას დაუზღბუნდებით მე-8 და მე-9 თავებში).

## ჯირკვლები

ჯირკვლები შედგება ეპითელიური ქსოვილისგან. კანის ეგზოკრინულ ჯირკვლებს აქვთ სეკრეტორული ნაწილები დერმაში. ზოგიერთი მათგანი ნაჩვენებია სურ. 5-1-ში.

### ცხიმოვანი (ქონის) ჯირკვლები

ცხიმოვანი ჯირკვლების სადინრები იხსნება თმის ფოლიკულებში ან პირდაპირ კანის ზედაპირზე. მათი სეკრეტი მოიცავს ცხიმს, ლიპიდური ნივთიერება, რომელსაც ჩვენ ჩვეულებრივ ზეთს ვუწოდებთ. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ცხიმოვანი მჟავები აფერხებს ბაქტერიების ზრდას კანის ზედაპირზე. ცხიმის კიდევ ერთი ფუნქციაა კანისა და თმის გამომშრობის თავიდან აცილება. ამის მნიშვნელობა შეიძლება აშკარად არ იყოს, თუმცა მშრალი კანი უფრო ადვილად ზიანდება. კანში არსებული ძალიან მცირე ნაპრალებიც კი ბაქტერიებისთვის პოტენციური შესაღწევი ადგილია. ცხიმის გამომუშავების დაქვეითება სიბერის კიდევ ერთი შედეგია და ხანდაზმულ ადამიანებს ხშირად აქვთ მშრალი და უფრო მყიფე კანი.

მოზარდებს შეიძლება ჰქონდეთ ცხიმოვანი ჯირკვლების გადაჭარბებული აქტივობა, რაც იწვევს ანთებით მდგომარეობას, რომელსაც აკნე ეწოდება. ზედმეტმა ცხიმმა შეიძლება შეაჩეროს ბაქტერიები თმის ფოლიკულებში, რაც შეიძლება იყოს ინფექციების გამომწვევი მიზეზი. იმის გამო, რომ ცხიმოვანი ჯირკვლები უფრო მრავალრიცხოვანია ცხვირსა და პირის ირგვლივ, ამიტომ ეს არის მუნუკების გაჩენის ხშირი ადგილები ახალგაზრდებში (იხილეთ აგრეთვე სამახსოვრო 5-3: კანის საერთო დარღვევები).

### ცერუმენის ჯირკვლები

ეს ჯირკვლები განლაგებულია ყურის არხების დერმაში. მათ სეკრეციას ეწოდება ცერუმი ან ყურის ცვილი (რომელიც მოიცავს ყურის არხებში გამოყოფილ ცხიმს). ცერუმენი ინარჩუნებს

ყურის გარე ზედაპირს ელასტიურს და ხელს უშლის გამოშრობას. თუმცა, თუ ყურის არხში ქარბი ცერუმენი გროვდება, მან შეიძლება გამოიწვიოს ყურის აპკის დაფარვა, რამაც შესაძლოა დააქვეითოს სმენის სიმახვილე.

## საოფლე ჯირკვლები

არსებობს ორი სახის საოფლე ჯირკვლები, აპოკრინული და მეროკრინული (ეკრინული). ოფლი ძირითადი შემადგენლობაა წყალი და ნატრიუმის ქლორიდი, ანუ მარილი. ოფლში ასევე გვხვდება ასობით სხვა ქიმიური ნივთიერებები ძალიან მცირე რაოდენობებით, რომელთაგან ბევრი არასტაბილურია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ისინი ადვილად აორთქლდებადია ზომიერ ტემპერატურაზე. თითოეული ინდივიდი წარმოქმნის ამ ქიმიური ნივთიერებების ოდნავ განსხვავებულ კომბინაციას, რაც თითოეულ ადამიანს აძლევს უნიკალურ სურნელს. ცხოველებს, როგორცაა ძაღლები, ადვილად შეუძლიათ განასხვავონ ადამიანები (თუნდაც იდენტური ტყუპები) მათი ინდივიდუალური სურნელების გამო.

**აპოკრინული ჯირკვლები** ყველაზე მრავალრიცხოვანია ილლიის და სასქესო ორგანოების მიდამოებში და ყველაზე აქტიურია სტრესულ და ემოციურ მდგომარეობებში. მიუხედავად იმისა, რომ მათ სეკრეციას სუნი გააჩნია, მისი აღქმა სხვა ადამიანების მიერ ძალიან რთულია. თუმცა, თუ აპოკრინული სეკრეცია კანზე დაგროვდება, ბაქტერიები იყენებენ ოფლში არსებულ ქიმიურ ნივთიერებებს თავიანთი მეტაბოლიზმისთვის და წარმოქმნიან ნარჩენ პროდუქტებს, რომლებსაც აქვთ განსხვავებული სუნი, რომელიც ბევრი ადამიანისთვის უსიამოვნოა.

**მეროკრინული (ეკრინული) ჯირკვლები** გვხვდება მთელი სხეულის ზედაპირზე, მაგრამ განსაკუთრებით ბევრია შუბლზე, ზედა ტუჩზე, ხელისგულებსა და ფეხის ძირებზე. ამ ჯირკვლების სეკრეტორული ნაწილი წარმოადგენს მარტივ, დახვეულ მილს, რომელიც დერმაშია მოთავსებული. ამ მილის სადინარი იხსნება კანის ზედაპირზე, ფორებში. ეკრინული ჯირკვლების მიერ წარმოქმნილი ოფლი მნიშვნელოვანია სხეულის ნორმალური ტემპერატურის შესანარჩუნებლად. თბილ გარემოში ან ვარჯიშის დროს მეტი ოფლი გამოიყოფა კანის ზედაპირზე, საიდანაც შემდეგ აორთქლდება სხეულის ზედმეტი სიცხის წარმოქმნის შედეგად, რაც ნიშნავს რომ დიდი რაოდენობით სითბო შეიძლება დაიკარგოს შედარებით მცირე რაოდენობის წყლის (ოფლის) აორთქლებისას.

მიუხედავად იმისა, რომ ეს არის სითბოს დაკარგვის ძალიან ეფექტური მექანიზმი, მას აქვს პოტენციურად სერიოზული მინუსი. სხეულის ზედმეტი წყლის დაკარგვამ ოფლში შეიძლება გამოიწვიოს **გაუნწყობა (დეჰიდრატაცია)**, განსაკუთრებით ცხელ და ნოტიო დღეებში ვარჯიშის შემდეგ.

გაძლიერებულ ოფლიანობას ვარჯიშის დროს ან თბილ დღეებში ყოველთვის უნდა ახლდეს გაზრდილი სითხის მიღება. ვინც ვარჯიშობს, იცის, რომ მარილიც და წყალიც უნდა ჩაანაცვლოს. ნატრიუმის ქლორიდი ასევე იკარგება ოფლში, ისევე როგორც მცირე რაოდენობით **შარდოვანა** (ამინომჟავების მეტაბოლიზმის აზოტის ნარჩენი პროდუქტი). თუმცა, კანის ეს ექსკრეციული ფუნქცია ძალიან უმნიშვნელოა; თირკმელები უპირველეს ყოვლისა პასუხისმგებელი არიან სისხლიდან ნარჩენი პროდუქტების ამოღებაზე და ორგანიზმის მარილისა და წყლის სათანადო პროპორციის შენარჩუნებაზე.

## სისხლძარღვები

გარდა დერმის კაპილარებისა, სხვა დიდი მნიშვნელობის სისხლძარღვებია არტერიოლები. **არტერიოლები** მცირე არტერიებია და მათ კედლებში არსებული გლუვი კუნთები მათ შეკუმშვის (შევიწროების) ან გაშლის (გაფართოების) საშუალებას აძლევს. ეს მნიშვნელოვანია სხეულის ტემპერატურის შესანარჩუნებლად, რადგან სისხლი ატარებს სითბოს, რაც წარმოადგენს ენერჯის ერთ-ერთ ფორმას.

თბილ გარემოში არტერიოლები ფართოვდება (**ვაზოდილატაცია**), რაც ზრდის სისხლის ნაკადს დერმაში და ზედმეტი სითბო იკარგება სხეულის ზედაპირიდან. თუმცა, ცივ გარემოში, სხეულის სითბო უნდა იყოს შენარჩუნებული, თუ ეს შესაძლებელია, ამიტომ არტერიოლები ვიწროვდება (**ვაზოკონსტრიქცია**), რაც ამცირებს სისხლის ნაკადს დერმაში და ინარჩუნებს სითბოს ორგანიზმში. კორექტირების ეს მექანიზმი აუცილებელია ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებ-

ლად. გარე ტემპერატურის ცვლილებების საპასუხოდ არტერიოლების დიამეტრის ცვლილება რეგულირდება ნერვული სისტემის მიერ. ეს ცვლილებები ხშირად შეინიშნება ღია კანის მქონე ადამიანებში. სინითლე, განსაკუთრებით სახეზე, შეიძლება შეინიშნოს ცხელ ამინდში. სიცხვე-ში კიდურების კანი შეიძლება კიდევ უფრო ფერმკრთალი გახდეს, რადგან დერმაში სისხლის მიმოქცევა ქვეითდება. მუქი კანის მქონე ადამიანებში, ასეთი ცვლილებები არც ისე აშკარაა, რადგან ცვლილებები დაფარულია მელანინის მიერ ეპიდერმისში.

ვაზოკონსტრიქცია დერმაში ასევე შეიძლება გამოწვეული იყოს სტრესული სიტუაციების დროს. ჩვენი წინაპრებისთვის სტრესი, როგორც წესი, მოითხოვდა ფიზიკურ პასუხს: გაქცევა, რათა უსაფრთხო ადგილას მიაღწიოთ. ამას ეწოდება „ბრძოლა-ან-გაქცევის პასუხი“. ჩვენი ნერვული სისტემა ჯერ კიდევ დაპროგრამებულია ისე, რომ რეაგირება მოახდინოს, თითქოს ფი-ზიკური აქტივობა აუცილებელი იყოს სტრესული სიტუაციის დასაძლევად. ვაზოკონსტრიქცია დერმაში იწვევს სისხლმომარაგების გადანაწილებას სტრესული სიტუაციის დაძლევისთვის უფრო სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებში, როგორცაა კუნთები, გული და ტვინი. სტრესის დროს კანი შედარებით უმნიშვნელო ორგანოა და შეუძლია დროებით ფუნქციონირებ-დეს მინიმალური სისხლის ნაკადით. თქვენ ალბათ გსმენიათ გამოთქმა „ცივმა ოფლმა დაასხა“ და შესაძლოა სტრესულ სიტუაციაშიც კი გქონოდათ ასეთი შეგრძნება.

დერმაში სისხლის მიმოქცევა შეიძლება შეჩერდეს კანზე ხანგრძლივი დაჭერით (წნევა). მაგა-ლითად, საავადმყოფოს პაციენტებს, რომლებსაც არ შეუძლიათ თვითონ გადაბრუნება, შეიძლე-ბა განუვითარდეთ **დეკუბიტუსის წყლულები**, რომლებსაც ასევე უწოდებენ **წნევის წყლულებს ან ნაწოლებს**. კანი იჭყლიტება, მაგალითად, საწოლსა და შიგნითა ძვლოვან ნაწილს შორის, როგორც არის ქუსლის ძვალი ან გავის ძვალი. მისი სისხლით მომარაგების გარეშე კანი კვდება და მკვდარი ქსოვილი ბაქტერიული ინფექციის პოტენციური ადგილია. კანის სტრუქტურების ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 5-2.

**ცხრილი 5-2 დერმა**

სტრუქტურა	ფუნქცია
დვრილოვანი (კაპილარული) შრე	■ შეიცავს კაპილარებს, რომლებიც კვებავს ბაზალურ შრეს
თმა (ფოლიკულები)	■ წამწამები და ცხვირის თმა იცავს თვალებს და ცხვირის ღრუს მტვრისგან თავზე არსებული თმა ■ უზრუნველყოფს სიცხვისგან იზოლაციას
ფრჩხილები (ფოლიკულები)	■ ხელის და ფეხის თითების დაცვა მექანიკური დაზიანებისგან
რეცეპტორები	■ ცვლილებების გამოავლინება, რომლებიც იგრძნობა კანის მეშვეობით: შეხება, წნევა, სითბო, სიცხვე, ქავილი და ტკივილი
ცხიმოვანი (ქონის) ჯირკვლები	■ ცხიმის გამომუშავება, რომელიც ხელს უშლის კანისა და თმის გამოშრობას და აფერხებს ბაქტერიების ზრდას



ცერუმენის ჯურკვლები	■ აწარმოებს ცერუმენს, რომელიც ხელს უშლის ყურის გაშრობას
მეროკრინული (ეკრინული) ჯირკვლები	■ გამოიმუშავებს ოფლს, რომელიც ორთქლდება სხეულის ზედაპირიდან, რის შედეგადაც იკარგება ჭარბი სითბო
არტერიოლები	■ ფართოვდება სითბოს საპასუხოდ, რათა მოხდეს სითბოს მეტი დაკარგვა ■ ვიწროვდება სიცვიის საპასუხოდ სხეულის სითბოს შესანარჩუნებლად ■ ვიწროვდება სტრესულ სიტუაციებში, რათა სისხლი უფრო პრიორიტეტულ ორგანოებისკენ გადააწილდეს

## კანქვეშა ქსოვილი

**კანქვეშა ქსოვილს** ასევე შეიძლება ეწოდოს **ზედაპირული ფასცია**, შემაერთებული ქსოვილის ერთ-ერთი გარსი. ფაშარი შემაერთებული ქსოვილისა და ცხიმოვანი ქსოვილისგან დამზადებული ზედაპირული ფასცია აკავშირებს დერმას უფრო ღრმად წარმოდგენილ კუნთებთან.

ფაშარი შემაერთებული ქსოვილი შეიცავს კოლაგენისა და ელასტინის ბოჭკოებს და სისხლის ბევრ თეთრ უჯრედს, რომლებიც მიგრირებს კაპილარებიდან ქსოვილში. ეს სისხლის თეთრი უჯრედები ებრძვიან პათოგენებს, რომლებიც სხეულში აღწევენ კანის რღვევის შედეგად. ასევე წარმოდგენილია **პოხიერი უჯრედები**. ეს უჯრედები წარმოიქმნება წითელ ძვლის ტვინში და გვხვდება მთელი სხეულის შემაერთებულ ქსოვილში. ისინი განსაკუთრებით მრავალრიცხოვანია ფაშარ შემაერთებულ ქსოვილში, სადაც ქმნიან ჰისტამინს, ლეიკოტრინებს და სხვა ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ანთების პროცესს, სხეულის რეაქციას დაზიანებაზე (ანთება აღწერილია მე-10 და მე-14 თავებში).

ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედები (ადიპოციტები) სპეციალიზირებულია ცხიმის შესანახად, ხოლო ჩვენი ცხიმის კანქვეშა ფენა ინახავს ჭარბ საკვებ ნივთიერებებს, როგორც ენერჯის პოტენციურ წყაროს. ეს ფენა ასევე ამაგრებს ძვლოვან ნაწილებს, როგორცაა ჯდომის დროს და უზრუნველყოფს გარკვეულ იზოლაციას სიცვიისგან. ადამიანებისთვის, ეს უკანასკნელი ფუნქცია შედარებით უმნიშვნელოა, რადგან ჩვენ არ გვაქვს ცხიმის სქელი ფენა ცხოველებთან შედარებით (მაგ., ვეშაპები და სელაპები).

როგორც მე-4 თავში აღინიშნა, ცხიმოვანი ქსოვილი მონაწილეობს ჭამის დაწყებაში ან შეწყვეტაში და სხეულის უჯრედების მიერ ინსულინის გამოყენებაში და ხელს უწყობს ანთებას ციტოკინების წარმოქმნით (ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც ააქტიურებენ სისხლის თეთრი უჯრედებს).

ისევე როგორც ეპიდერმისი ქმნის უწყვეტ გარსს, რომელიც ფარავს სხეულის ზედაპირს, კანქვეშა ქსოვილი წარმოადგენს უწყვეტ გარსს, თუმცა ის კანქვეშ მდებარეობს. თუ ეპიდერმისს განვიხილავთ, როგორც პათოგენების წინააღმდეგ თავდაცვის პირველ ხაზს, შეგვიძლია კანქვეშა ქსოვილი მივიჩნიოთ დაცვის მეორე ხაზად. თუმცა, არსებობს მნიშვნელოვანი ანატომიური განსხვავება.

ეპიდერმისის უჯრედები ძალიან მჭიდროდაა ჩალაგებული, ხოლო კანქვეშა ქსოვილის უჯრედები და ცილოვანი ბოჭკოები ერთმანეთისგან უფრო შორს არიან და გაცილებით მეტი ქსოვილის სითხეა წარმოდგენილი. ეს შეიძლება გახდეს მინუსი, რადგან ზოგიერთი ბაქტერიული პათოგენი შეიძლება ძალიან სწრაფად გავრცელდეს კანქვეშა ქსოვილში. მაგალითად, **A ჯგუფის სტრეპტოკოკი** არის ფასციის ნეკროზის მიზეზი. ნეკროზირება ნიშნავს “სიკვდილის გამოწვევას”.

ვას". ეს არის მწვავე ინფექცია ორივე მნიშვნელობით მწვავე: "უეცარი დანყება" და "უკიდურესად სერიოზული". საჭიროა ინფიცირებული ქსოვილის ქირურგიული მოცილება, ან თუნდაც ინფიცირებული კიდურის ამპუტაცია ბაქტერიების გავრცელების შესაჩერებლად.

კანქვეშა ქსოვილის ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 5-3. სამახსოვრო 5-4: მედიკამენტების მიღება აღწერს იმ გზებს, რომლითაც ჩვენ მედიკამენტებს ვაძლევთ კანის მეშვეობით.

ცხრილი 5-3 კანქვეშა ქსოვილი	
სტრუქტურა	ფუნქცია
<p><b>ფაშარი</b> <b>შემაერთებელი ქსოვილი</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ აკავშირებს კანს კუნთებთან</li> <li>■ შეიცავს ბევრ სისხლის თეთრ უჯრედებს, პათოგენებისგან დასაცავად</li> <li>■ შეიცავს პოხიერ უჯრედებს, რომლებიც გამოყოფენ ჰისტამინს, ლეიკოტრიენებს და სხვა ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლებიც მონაწილეობენ ანთეზაში</li> </ul>
<p><b>ცხიმოვანი ქსოვილი</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ შეიცავს დაგროვილ ენერჯიას ცხიმების სახით</li> <li>■ ძვლების ბალიშები</li> <li>■ უზრუნველყოფს გარკვეულ იზოლაციას სიცივისგან ხელს უწყობს ინსულინის გამოყენებას</li> <li>■ გამოიმუშავებს ციტოკინებს, რომლებიც ააქტიურებენ ლეიკოციტებს</li> </ul>

### დაბერება და კანი

ასაკის ზემოქმედება კანზე ხშირად საკმაოდ თვალსაჩინოა. კანის ორივე ფენა თხელი და მყიფე ხდება, რადგან ეპიდერმისში მიტოზი შენელებულია და დერმაში ფიბრობლასტები კვდება და არ ჩანაცვლდება; თუნდაც მცირე ჭრილობების შეხორცება უფრო ნელა მიმდინარეობს. კანი ნაოჭდება, რადგან დერმაში კოლაგენისა და ელასტინის ბოჭკოების რაოდენობა მცირდება.

ცხიმოვანი ჯირკვლები და საოფლე ჯირკვლები ნაკლებად აქტიურები არიან; კანი ხდება მშრალი და ცხელ ამინდში ტემპერატურის რეგულირება რთულდება. თმის ფოლიკულები უმოქმედო ხდება და თმა თავზე და სხეულზე თხელდება. თმის შესამჩნევ ცვენას **ალოპეცია** ეწოდება და ხშირად გენეტიკურად რეგულირდება (შეიძლება დაზარალებულ ქალებს და მამაკაცებს). მელანოციტები კვდებიან და არ ჩანაცვლდება; დარჩენილი თმა თეთრდება. დარჩენილი მელანოციტები შეიძლება არ იყოს საკმარისი მელანინის ეფექტური ბარიერის შესაქმნელად და კანი უფრო მგრძობიარე ხდება მზის დამნვრობის მიმართ. D ვიტამინის გამომუშავების უნარი ასევე მცირდება 50%-დან 70%-მდე და ხანდაზმულმა ადამიანებმა უფრო მეტად უნდა მიიღონ ვიტამინები საკვების მეშვეობით.

ხშირად კანქვეშა ქსოვილში ნაკლები ცხიმია, რამაც შეიძლება ხანდაზმული ადამიანი უფრო მგრძობიარე გახადოს სიცივის მიმართ. ხანდაზმულებმა (და მათზე მზრუნველებმა) მნიშვნელოვანია გააცნობიერონ, რომ ტემპერატურის უკიდურესობა შეიძლება საზიანო იყოს და მიიღონ განსაკუთრებული ზომები ძალიან ცხელ ან ძალიან ცივ ამინდში.

## შეჯამება

კანი და მისი დანამატები არის სხეულის ორგანოთა ყველაზე გარე სისტემა. კანი იცავს სხეულს პათოგენებისა და ქიმიური ნივთიერებებისგან, ამცირებს წყლის დაკარგვას ან შეღწევას, ბლოკავს მზის მავნე ზემოქმედებას და გამოიმუშავებს D ვიტამინს. კანში არსებული სენსორული რეცეპტორები გვანვდიან ინფორმაციას გარემოს შესახებ და კანი ეხმარება სხეულის ტემპერატურის რეგულირებას გარემოს ცვლილებების საპასუხოდ. კანქვეშა ქსოვილი არის მეორეული დაცვის ხაზი პათოგენებისგან და ცხიმის შენახვის ადგილი.



## თავი 6

### ძვალ-სახსროვანი სისტემა

ერთი ნუთით წარმოიდგინეთ, რომ ადამიანებს ჩონჩხი არ ჰქონოდათ. რას ფიქრობთ? ალბათ თითოეული ჩვენგანი იქნება პატარა ქსოვილების გროვა, როგორცაა მედუზა. ეს ასახავს ჩონჩხის ყველაზე მნიშვნელოვან ფუნქციას: სხეულის საყრდენი.

ძვალი ცოცხალი ქსოვილია, რომელიც აქტიურად მონაწილეობს სხეულის შიდა გარემოს შენარჩუნებაში.

**ჩონჩხი** შედგება ძვლებისა და სხვა სტრუქტურებისგან, რომლებიც ქმნიან ჩონჩხის სახსრებს. ჩონჩხში შემავალი ქსოვილის ტიპებია ძვლის ქსოვილი, ხრტილი და მკვრივი შემაერთებული ქსოვილი, რომელიც ქმნის იოგებს (ლიგამენტებს) ძვლების კავშირისთვის.

### ჩონჩხის ფუნქციები

1. ქმნის სხეულის საყრდენს; ძვლებზე მიმაგრებული კუნთები უზრუნველყოფენ ჩონჩხის მოძრაობას.
2. იცავს შინაგან ორგანოს მექანიკური დაზიანებისგან; მაგალითად, ნეკნები იცავენ გულს და ფილტვებს.
3. მოიცავს ძვლის წითელ ტვინს, პირველად ჰემოპოეზურ (სისხლმზად) ქსოვილს.
4. უზრუნველყოფს კალციუმის შენახვას. კალციუმი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სისხლში მისი ნორმალური დონის შესანარჩუნებლად, რაც აუცილებელია სისხლის შედედებისა და კუნთებისა და ნერვების სათანადო ფუნქციონირებისთვის.

### ძვლოვანი ქსოვილის ტიპები

ძვალი არის ქსოვილი, რომელიც შედგება ოსტეოციტებისგან, ხოლო ძვლის უჯრედშორისი მატრიქსი შედგება კალციუმის მარილების და კოლაგენისგან. კალციუმის მარილებია კალციუმის კარბონატი ( $\text{CaCO}_3$ ) და კალციუმის ფოსფატი ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), რომლებიც ძვლებს ანიჭებენ საჭირო ძალას საყრდენი და დამცავი ფუნქციების შესასრულებლად. ძვლის მატრიქსი არ არის ცოცხალი, მაგრამ ის მუდმივად იცვლება, კალციუმი, რომელიც ძვლიდან სისხლში გადადის, იცვლება კალციუმით ადამიანის რაციონიდან. ნორმალურ პირობებში, კალციუმის რაოდენობა მუდმივი რჩება. ეს არის ოსტეოციტების ფუნქცია. ოსტეოციტების ცილია (წამწამები) ავლენს კალციუმის რაოდენობის ცვლილებებს ქსოვილის სითხეში, რაც უჯრედებს საშუალებას აძლევს დაარეგულირონ კალციუმის რაოდენობა, რომელიც დეპონირდება ძვლის მატრიქსში.

ძვალში, როგორც ორგანოში, წარმოდგენილია ორი ტიპის ძვლოვანი ქსოვილი (ნახ. 6 -1). **კომპაქტური ძვალი** არის მთლიანი და გააჩნია ძალიან ზუსტი სტრუქტურა. კომპაქტური ძვალი შედგება **ოსტეონებისგან ან ჰავერსის სისტემებისგან**, რომლებიც წარმოადგენენ ძვლის მატრიქსის მიკროსკოპულ ცილინდრებს, სადაც ოსტეოციტები განლაგებულია ცენტრალურ **ჰავერსის ღრუების** ირგვლივ.

თქვენ ხედავთ, რომ ოსტეოციტები გარკვეულწილად ჰგავს ობობებს, რომლებიც მეზობელ ობობებთან კონტაქტშია პატარა „ფეხუცების“ მეშვეობით. ეს „ფეხუცები“ წარმოადგენენ ოსტეოციტების ციტოპლაზმურ ნანაზარდებს მიკროსკოპული არხების, ანუ „პატარა არხების“ მეშვეობით მატრიქსში.

ჰარისულ არხებში არის სისხლძარღვები; ყველაზე შიდა ოსტეოციტები კონტაქტშია ამ სისხლძარღვებთან და იღებენ საკვებ ნივთიერებებს და ჟანგბადს.

ეს სასარგებლო მასალები შემდეგ გადაეცემა ოსტეოციტებს გარეთა რგოლებში.

მეორე ტიპის ძვლოვანი ქსოვილი არის **ღრუბლისებრი ძვალი**, რომელიც საკმაოდ ჰგავს ღრუბელს თავისი ხილული ნახვრეტებით/ღრუებით. აქ წარმოდგენილია ოსტეოციტები, მატრიქსი და სისხლძარღვები, თუმცა არ ხდება ჰავერსის სისტემაში ჩალაგება. ღრუბლოვანი

ძვლის ღრუები ხშირად შეიცავს წითელ ძვლის ტვინს, რომელიც წარმოქმნის სისხლის წითელ უჯრედებს, თრომბოციტებს და სისხლის თეთრი უჯრედების ხუთ სახეობას.

## ძვლების კლასიფიკაცია

1. **გრძელი ძვლები** (ასევე ცნობილია როგორც **ლულოვანი ძვლები**) - ზედა და ქვედა კიდურები (არა მჯეები და ტერფები). გრძელი ძვლის ცენტრალური ნაწილი არის **დიაფიზი**, ხოლო ძვლის დაბოლოებებს **ეპიფიზები** ეწოდება (იხ. სურ. 6-1). დიაფიზი შედგება კომპაქტური ძვლისგან და მოიცავს ღრუს, რომელიც წარმოადგენს **ძვლის ტვინის** არხს (ანუ მედულარული ღრუ) **ყვითელი ძვლის ტვინით**, რომელიც ძირითადად ცხიმოვანი ქსოვილია. ეპიფიზები შედგება ღრუბლისებრი ძვლისგან, რომელიც დაფარულია კომპაქტური ძვლის თხელი ფენით. მიუხედავად იმისა, რომ **წითელი ძვლის ტვინი** წარმოდგენილია ბავშვთა ძვლების ეპიფიზებში, ის დიდწილად გარდაქმნილია ყვითელ ძვლის ტვინად მოზრდილის ძვლებში.
2. **მოკლე ძვლები** - მჯეის და ტერფის ძვლები.
3. **ბრტყელი ძვლები** - ნეკნები, ბეჭის ძვლები, მენჯის ძვალი და თავის ქალას ძვლები.
4. **შერეული ძვლები** - ხერხემლის და სახის ძვლები.

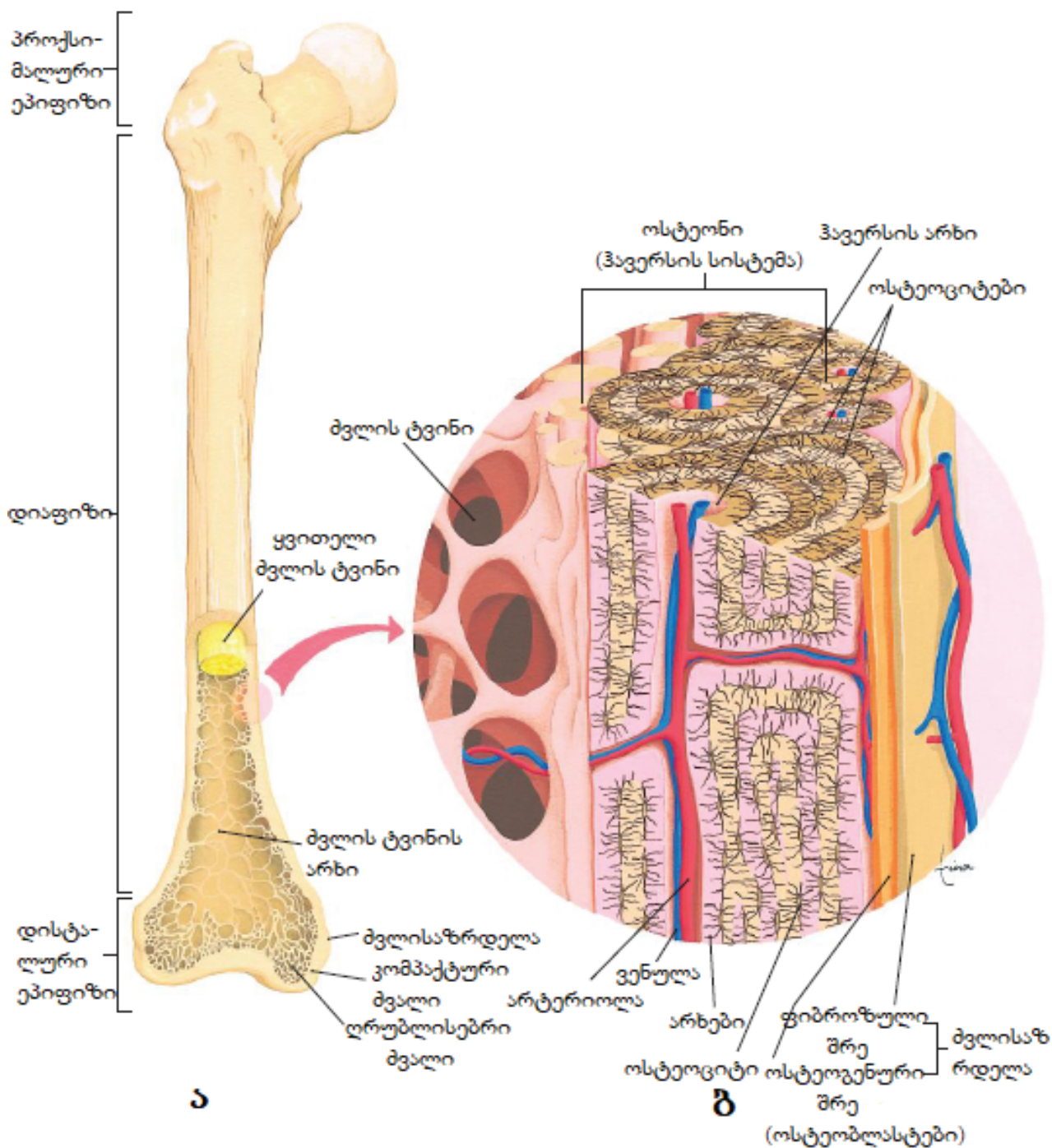
მოკლე, ბრტყელი და შერეული ძვლები შედგება ღრუბლისებრი ძვლისგან, რომელიც დაფარულია კომპაქტური ძვლის თხელი ფენით. წითელი ძვლის ტვინი გვხვდება ღრუბლისებრი ძვლის შიგნით. ძვლების სახსრის ზედაპირები დაფარულია **სასახსრე ხრტილით**, რომელიც უზრუნველყოფს გლუვ ზედაპირს. ძვლის დანარჩენ ნაწილს ფარავს **პერიოსტეუმი (ძვლის-საზრდელა)**, ბოჭკოვანი შემაერთებელქსოვილოვანი გარსი, რომლის კოლაგენური ბოჭკოები ერწყმის ძვალზე მიმაგრებულ მყესებსა და იოგებს. ძვლისსაზრდელა ამაგრებს ამ სტრუქტურებს და შეიცავს როგორც სისხლძარღვებს, რომლებიც შედიან თვით ძვალში, ასევე ოსტეობლასტებს (უჯრედები), რომლებიც გააქტიურდებიან ძვლის დაზიანების შემთხვევაში.

## ძვლის ემბრიონული ზრდა

ემბრიონის განვითარების დროს ჩონჩხი ჯერ ხრტილოვანი და ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილისგან შედგება, რომლებიც თანდათან იცვლება ძვლით. ძვლის მატრიქსს აწარმოებენ უჯრედები, რომლებსაც **ოსტეობლასტები** ეწოდება (**blast-** უჯრედი არის “მზარდი” ან “წარმოქმნილი” უჯრედი, ხოლო **osteo-** ნიშნავს “ძვალს”). ჩონჩხის ემბრიონულ მოდელში ოსტეობლასტები დიფერენცირდება არსებული ფიბრობლასტებისგან. ძვლის მატრიქსის გამომუშავება, რომელსაც ოსიფიკაცია (გაძვალეობა) ეწოდება, იწყება თითოეული ძვლის გაძვალეობის წერტილში.

თავის ქალას და სახის ძვლები თავდაპირველად ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილისგან შედგება. ნაყოფის განვითარების მესამე თვეში ფიბრობლასტები (შემაერთებელი ქსოვილის უჯრედები) უფრო სპეციალიზირებული ხდება და დიფერენცირებულია ოსტეობლასტებად, რომლებიც წარმოქმნიან ძვლის მატრიქსს. გაძვალეობის თითოეული ცენტრიდან ძვლის ზრდა მიმდინარეობს ზედაპირისკენ, რადგან კალციუმის მარილები დეპონირდება ძვლის კოლაგენში. ეს პროცესი არ მთავრდება დაბადებისას; ბავშვს აქვს ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის უბნები, რომლებიც რჩება თავის ქალას ძვლებს შორის. მათ ეწოდება ყიფლიბანდი (სურ. 6-2), რომლებიც იძლევა ბავშვის თავის შეკუმშვის საშუალებას მშობიარობის დროს, ჯერ კიდევ თხელი კრანიალური ძვლების მოტეხვის გარეშე. ყიფლიბანდი ასევე იძლევა ტვინის ზრდის საშუალებას დაბადების შემდეგ. ბავშვის თავის ქალა საკმაოდ მყიფეა და დაცული უნდა იყოს ტრავმისგან. 2 წლის ასაკში ყველა ყიფლიბანდი მყარდება და თავის ქალა უფრო ეფექტური დამცავი საფარი ხდება ტვინისთვის.

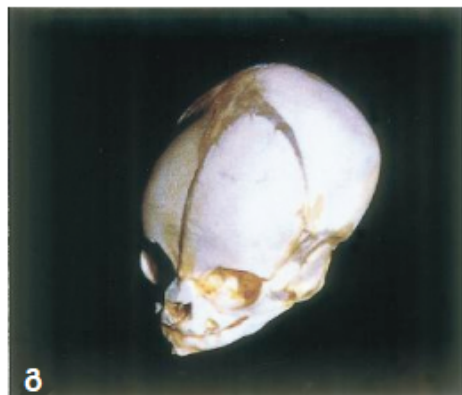
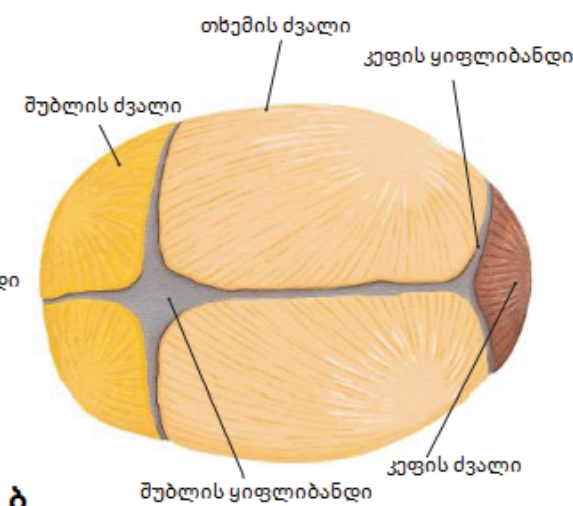
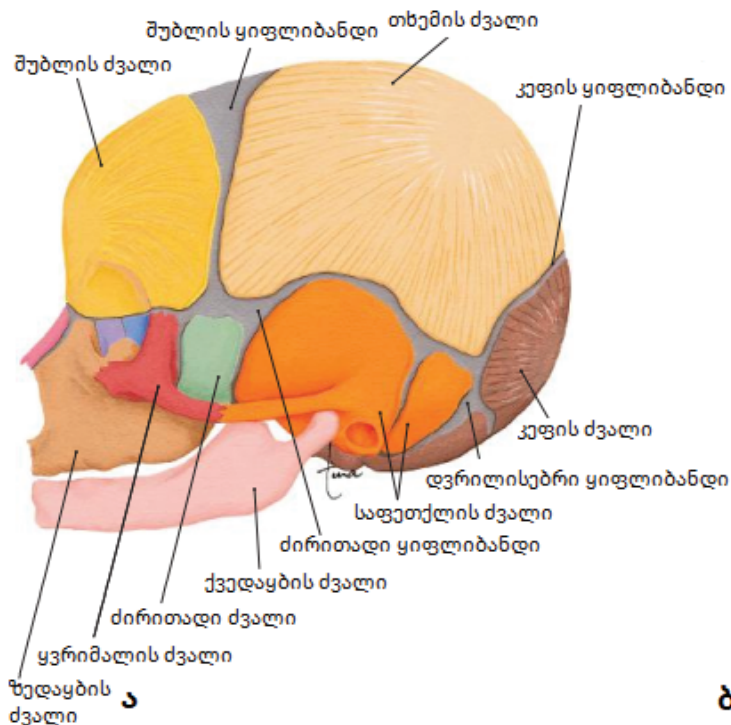
ემბრიონის ჩონჩხის დანარჩენი ნაწილი ჯერ ხრტილისგან შედგება, ხოლო გაძვალეობა გრძელ ძვლებში გესტაციის მესამე თვეში იწყება. ოსტეობლასტები წარმოქმნიან ძვლის მატრიქსს გრძელი ძვლების დიაფიზის ცენტრში და მოკლე, ბრტყელი და შერეული ძვლების ცენტრში. ძვლის მატრიქსი თანდათან ცვლის თავდაპირველ ხრტილს (სურ. 6-3).



**სურათი 6-1** ძვლის ქსოვილი. (ა) ბარძაყის ძვლის დისტალური ბოლოს გრძივი კვეთა; (ბ) კომპაქტური ძვლის ჰავერსის სისტემებით (ოსტეონები).

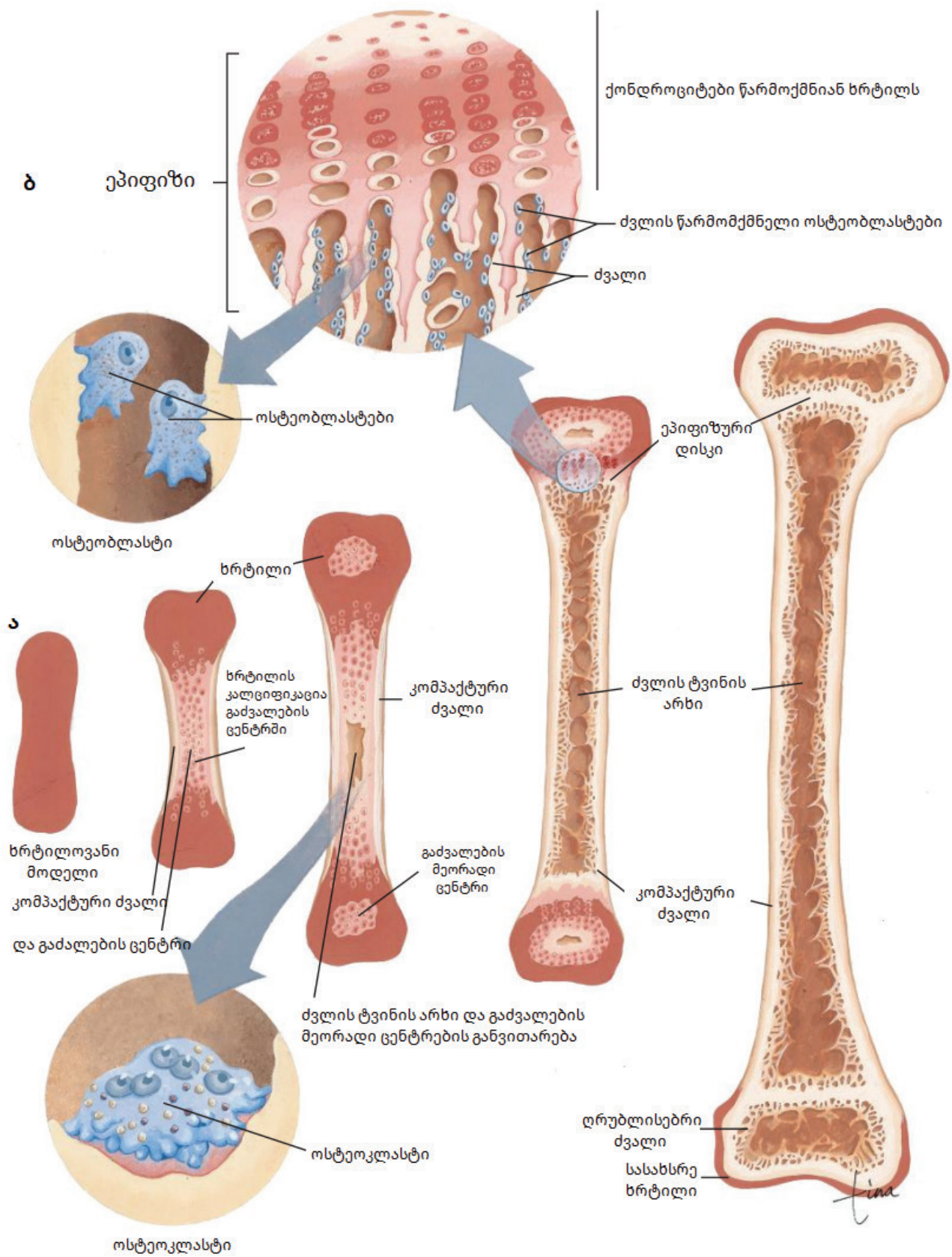
**კითხვა:** რა დანიშნულება აქვს სისხლძარღვებს ძვლოვან ქსოვილში?





**სურათი 6-2** ჩვილის თავის ქალას ციფლიბანდები. (ა) გვერდითი ხედი მარცხენა მხრიდან. (ბ) ზედა ხედი. (ც) ნაყოფის თავის ქალას წინა ზედა ხედი. (დ) ნაყოფის თავის ქალა მარცხენა გვერდითი ხედი. შეეცადეთ დაასახელოთ ძვლები; გამოიყენეთ სურათი ა. ციფლიბანდი წარმოდგენილია გამჭვირვალე შემაერთებული ქსოვილით. (გ და დ სურათები გადაღებულია დენ კაუფმანის მიერ.)

**კითხვა:** რა განსხვავებაა ჩვილის თავის ქალას შუბლის ძვლებსა და ზრდასრულთა თავის ქალას შორის?



**სურათი 6-3** გაძვალეების პროცესი ლულოვან ძვალში. (ა) გაძვალეების პროცესი ემბრიონის სრტილოვანი მოდელიდან ახალგაზრდა ზრდასრულის ძვლამდე. (ბ) ეპიფიზური დისკის მიკროსკოპული ხედი, რომელიც აჩვენებს სრტილის წარმოების და ძვლის ჩანაცვლების პროცესს.

**კითხვა:** ძვლის ეპიფიზური დისკები (მარჯვენა) დახურულია. რას წარმოადგენს ეს?



გრძელი ძვლები ასევე ავითარებენ გაძვალეების ნერტილებს ეპიფიზებში. დაბადებისას გაძვალეა ჯერ კიდევ არ არის დასრულებული და გრძელდება ბავშვობაში. გრძელ ძვლებში ზრდა ხდება ეპიფიზურ დისკებში დიაფიზის თითოეულ ეპიფიზთან შეერთების ადგილზე. ეპიფიზური დისკი ხრტილოვანია და ძვალი იზრდება სიგრძეში, რადგან მეტი ხრტილი წარმოიქმნება ეპიფიზის მხარეს (იხ. სურ. 6-3). დიაფიზის მხარეს, ოსტეობლასტები წარმოქმნიან ძვლის მატრიქსს ხრტილის შესაცვლელად. ზოგიერთი ოსტეობლასტი გარშემორტყმულია ძვლით და გარდაიქმნება შემანარჩუნებელ უჯრედებად, ოსტეოციტებად. 16-დან 25 წლამდე (ესტროგენის ან ტესტოსტერონის ფონზე), ეპიფიზური დისკების ხრტილის ყველა მატრიქსი ჩანაცვლებულია ძვლის მატრიქსით. ამ პროცესს ეწოდება ეპიფიზური დისკების დახურვა და ძვლის ზრდის პროცესი ჩერდება.

ასევე ძვლებში (იხ. სურ. 6-3) არის სპეციალიზებული უჯრედები, რომლებსაც უწოდებენ **ოსტეოკლასტებს** (clast ნიშნავს „გამანადგურებელ“ უჯრედს), რომლებიც წარმოადგენენ მსხვილ უჯრედებს რამდენიმე ბირთვით. ოსტეოკლასტი გამოყოფს მჟავას და ფერმენტებს ძვლის მატრიქსის დასაშლელად და მოსანელებლად და შემდეგ შთანთქავს მინერალებს და ამინომჟავებს; ამ პროცესს **რეზორბცია** (განოვა) ეწოდება. ოსტეოკლასტები ძალიან აქტიურია ემბრიონის გრძელ ძვლებში და ისინი განოვენ ძვლის მატრიქსს დიაფიზის ცენტრში და ქმნიან ტვინის არხს. სისხლძარღვები იზრდება ემბრიონის გრძელი ძვლების ტვინის არხებში და იქმნება წითელი ძვლის ტვინი. დაბადების შემდეგ წითელი ძვლის ტვინი იცვლება ყვითლით. წითელი ძვლის ტვინი რჩება მოკლე, ბრტყელი და არარეგულარული ძვლების ღრუბლისებრ ნაწილში.

ძვლოვანი ქსოვილი და ძვლები, როგორც ორგანოები, არ არის “დასრულებული”. მთელი სიცოცხლის განმავლობაში, ძვლის მატრიქსი გადის პროცესს, რომელსაც ეწოდება რემოდელირება. ოსტეოკლასტების მიერ კალციუმი გამოიყოფა სისხლში კალციუმის დონის ასამაღლებლად, ხოლო ოსტეობლასტების მიერ კალციუმის მარილები წარმოიქმნება და დეპონირდება სისხლში კალციუმის დონის შესამცირებლად. ეს უჯრედები ასევე რეაგირებენ გარემო ფაქტორებზე, როგორცაა სხეულის ზედმეტი წონა. ოსტეოკლასტებისა და ოსტეობლასტების ფუნქციებისთვის ძვლის დაზიანების შემდეგ იხილეთ სამახსოვრო 6-1: მოტეხილობები და მათი შეხორცება.

## სამახსოვრო 6-1 | მოტეხილობები და მათი შეხორცება

**მოტეხილობა** ნიშნავს ძვლის მთლიანობის დარღვევას. არსებობს სხვადასხვა სახის მოტეხილობები, რომლებიც კლასიფიცირებულია დაზიანების ხარისხის მიხედვით (ჩანართი სურ. 6-A):

**მარტივი (დახურული)** - გატეხილი ფრაგმენტები რჩება თავის ანატომიურ პოზიციაში; მიმდებარე ქსოვილის დაზიანება მინიმალურია (კანი არ არის დაზიანებული).

**რთული (ღია)** - ძვლის გატეხილი ფრაგმენტი გადაადგილებულია, რაც აზიანებს კანს; შეიძლება მოხდეს მიმდებარე სისხლძარღვების, ნერვების და კუნთების დაზიანება. კანის მთლიანობის დარღვევა იძლევა ბაქტერიების შეღწევის საშუალებას, რაც შეიძლება გამოიწვიოს ოსტეომიელიტი, ძვლის ინფექცია.

**გრინსტიკის მოტეხილობა** - ძვალი სიგრძეზე გატეხილია/დამოხლეოდა. ბავშვების ძვლები შეიცავს უფრო მეტ კოლაგენს, ვიდრე ზრდასრული ძვლები და იშლება, ვიდრე მთლიანად ტყდება.

**დამსხვრეული** - ძვალი იშლება ორზე მეტ ფრაგმენტად.

ეს ადგილებია ბარძაყის ყელი და წვივის ქვედა მესამედი. სხვა ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ შეხორცებაზე, მოიცავს ადამიანის ასაკს, ჯანმრთელობის ზოგად მდგომარეობას და კვებას. ხანდაზმულებსა და ჯანმრთელობის პრობლემების მქონე პირებს ხშირად ახასიათებთ მოტეხილობების ნელი შეხორცება. ასევე მნიშვნელოვანია დიეტა საკმარისი კალციუმით, ფოსფორით, D ვიტამინით და ცილებით. თუ რომელიმე საკვები ნივთიერება აკლია, ძვლის ადღგენა უფრო ნელი პროცესი ხდება.



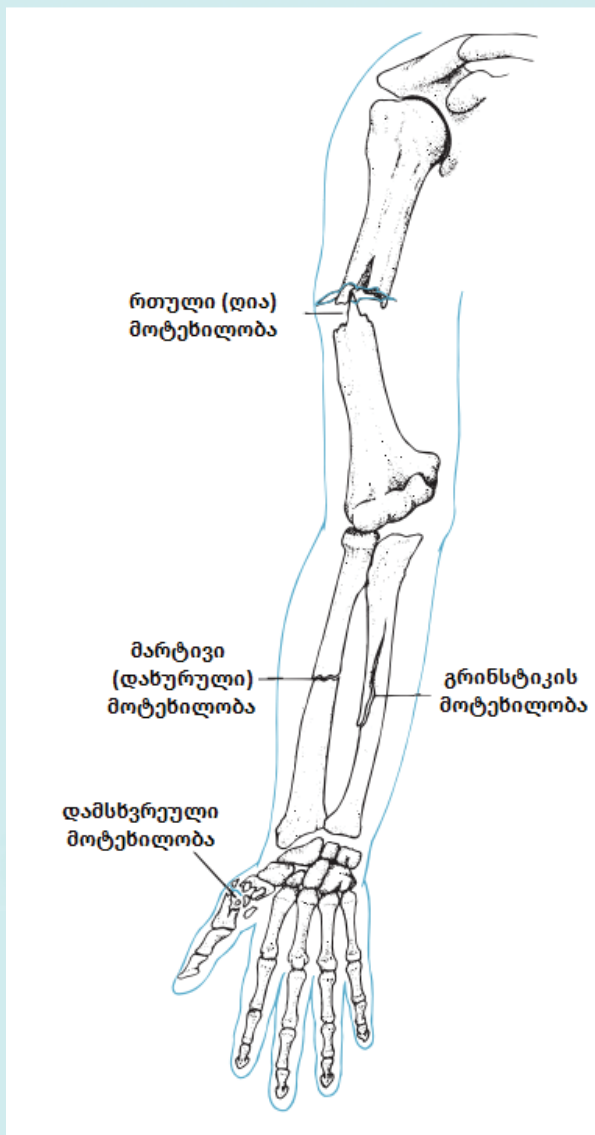
**ზემოქმედებითი/სტრესის** - ძვლის გატეხილი ბოლოები ხვდება ერთმანეთში; შეიძლება შეიქმნას მრავალი ძვლის ფრაგმენტი.

**პათოლოგიური (სპონტანური)** - ძვლის მსხვრევა ტრავმის გარეშეა; შეიძლება თან ახლდეს ძვლის დაავადებები, როგორცაა ოსტეოპოროზი.

**შეხორცების პროცესი**

უბრალო მოტეხილობაც კი წარმოადგენს ძვლის მნიშვნელოვან დაზიანებას, რომელიც უნდა შეხორცდეს, რომ ძვალი ნორმალურ ფუნქციონირებას დაუბრუნდეს. მკვდარი ან დაზიანებული ძვლის ფრაგმენტები ჯერ უნდა მოშორდეს. ამას ახორციელებენ ოსტეოკლასტები, რომლებიც მლიან და შთანთქავენ ძვლის მატრიცის კალციუმის მარილებს. წარმოიდგინეთ შენობა, რომელიც ახლახან ჩამოინგრა; ნანგრევები უნდა დაიშალოს რეკონსტრუქციის დაწყებამდე. ამას აკეთებენ ოსტეოკლასტები. შემდეგ წარმოიქმნება ახალი ძვლის ქსოვილი.

პერიოსტეუმის შიდა შრე შეიცავს ოსტეობლასტებს, რომლებიც აქტიურდებიან ძვლის დაზიანებისას. ოსტეობლასტები აწარმოებენ ძვლის მატრიქსს ძვლის გატეხილი ბოლოების ერთმანეთთან დასაკავშირებლად. ძვლების უმეტესობას აქვს კარგი სისხლით მომარაგება, აღდგენის პროცესი ჩვეულებრივ შედარებით სწრაფია და მარტივი მოტეხილობა ხშირად ხორცდება 6 კვირაში. თუმცა, ძვლების ზოგიერთ ნაწილს აქვს ცუდი სისხლით მომარაგება და მოტეხილობების აღდგენას უფრო მეტი დრო სჭირდება.



სამანსოვროს სურათი 6-A. მოტეხილობების სახეები. მარჯვენა მკლავზე გამოსახულია რამდენიმე სახის მოტეხილობა.

**ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ძვლის ზრდასა და შენარჩუნებაზე**

1. მემკვიდრეობა - თითოეულ ადამიანს აქვს სიმაღლის გენეტიკური პოტენციალი, ანუ მაქსიმალური სიმაღლე ორივე მშობლისგან მემკვიდრეობით მიღებული გენებით. ამაში მონაწილეობს ბევრი გენი და მათი ურთიერთქმედება კარგად არ არის გასაგები. ზოგიერთი გენი, მოიცავს ფერმენტებს, რომლებიც მონაწილეობენ ხრტილისა და ძვლის წარმოებაში, რადგან ამგვარად ძვლები იზრდება.
2. კვება - საკვები არის ნედლეული, რომლისგანაც მზადდება ძვლები. კალციუმი, ფოსფორი და ცილა ხდება თავად ძვლის მატრიქსის ნაწილი. ვიტამინი D საჭიროა წვრილი ნაწლავის მიერ კალციუმის და ფოსფორის ეფექტური შეწოვისათვის. ვიტამინი D-ს დეფიციტი ბავშვებში იწვევს რაქიტს; ძვლები რბილია და წონის მატარებელი ძვლები ხშირად დეფორმირდება. ვიტამინები A და C არ წარმოადგენენ ძვლის ნაწილს, მაგრამ აუცილებელია ძვლის მატრიქსის ფორმირების პროცესისთვის (ოსიფიკაცია ან კალციფიკაცია). ზემოაღნიშნული და სხვა საკვები ნივთიერებების გარეშე ძვლები სათანადოდ ვერ იზრდება. არასრულფასოვანი საკვების მქონე ბავშვები ძალიან ნელა იზრდებიან და შეიძლება ვერ მიაღწიონ სიმაღლეში გენეტიკურ პოტენციალს.

3. ჰორმონები - ენდოკრინული ჯირკვლები გამოიმუშავენ ჰორმონებს, რომლებიც ასტიმულირებენ სპეციფიკურ ეფექტებს გარკვეულ უჯრედებში. რამდენიმე ჰორმონს მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ძვლის ზრდასა და შენარჩუნებაში. ესენია: ზრდის ჰორმონი, თიროქსინი, პარათირეოიდული ჰორმონი და ინსულინი, რომლებიც ხელს უწყობენ უჯრედების გაყოფას, ცილების სინთეზს, კალციუმის მეტაბოლიზმს და ენერჯის გამოიმუშავებას. სასქესო ჰორმონები, ესტროგენი ან ტესტოსტერონი, ხელს უწყობს ძვლის ზრდის შეჩერებას. ჰორმონები და მათი სპეციფიკური ფუნქციები ჩამოთვლილია ცხრილში 6-1.

**ცხრილი 6-1 | ჰორმონები, რომლებიც მონაწილეობენ ძვლის ზრდასა და შენარჩუნებაში**

ჰორმონი (ჯირკვალი)	ფუნქციები
ზრდის ჰორმონი (ჰიპოფიზის წინა წილი/ადენოჰიპოფიზი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ზრდის ქონდროციტების და ოსტეობლასტების მიტოზის სიჩქარეს</li> <li>■ ზრდის ცილების სინთეზის სიჩქარეს (კოლაგენი, ხრტილის მატრიქსი და ფერმენტები ხრტილისა და ძვლის ფორმირებისთვის)</li> </ul>
თიროქსინი (ფარისებრი ჯირკვალი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ზრდის ცილის სინთეზის სიჩქარეს</li> <li>■ ზრდის ენერჯის გამოიმუშავებას ყველა სახის საკვებიდან</li> </ul>
ინსულინი (პანკრეასი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ზრდის გლუკოზისგან ენერჯის გამოიმუშავებას</li> </ul>
პარათირეოიდული ჰორმონი (პარათირეოიდული ჯირკვლები)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ზრდის კალციუმის რეაბსორბციას ძვლებიდან სისხლში (ზრდის კალციუმის დონეს სისხლში)</li> <li>■ ზრდის კალციუმის შეწოვას წვრილი ნაწლავის და თირკმელების მიერ</li> </ul>
კალციტონინი (ფარისებრი ჯირკვალი)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ამცირებს კალციუმის რეაბსორბციას ძვლებიდან (ამცირებს სისხლში კალციუმის დონეს)</li> </ul>
ესტროგენი (საკვერცხეები) ან ტესტოსტერონი (სათესლე ჯირკვლები)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ხელს უწყობს გრძელი ძვლების ეპიფიზების დახურვას (ზრდის შეჩერებას)</li> <li>■ ხელს უწყობს კალციუმის შენარჩუნებას ძვლებში, რათა შეინარჩუნდეს ძლიერი ძვლის მატრიქსი</li> </ul>

4. ქიმიური კომუნიკაცია სხვა ქსოვილებთან - როგორც მე-4 თავშია აღნიშნული, ცხიმოვანი ქსოვილი გამოიმუშავებს ლეპტინს, რომელიც ასტიმულირებს ოსტეობლასტებს ძვლის მატრიქსის გამოიმუშავებისთვის. სხეულის ენერჯის შემნახველი ქსოვილი ურთიერთობს ძვლის ქსოვილთან. ოსტეობლასტები აწარმოებენ პროტეინს, სახელად ოსტეოკალცინი, რომელიც ამცირებს ცხიმის შენახვას ცხიმოვან ქსოვილში და ზრდის პანკრეასის მიერ ინსულინის გამოიმუშავებას. ითვლება, რომ ორივე ეს პროცესი ეხმარება სხეულს ნორმალური წონის შენარჩუნებაში.

წვრილი ნაწლავი ასევე ზემოქმედებს ძვლოვან ქსოვილთან. წვრილი ნაწლავის უჯრედები წარმოქმნიან სეროტონინს (ნაწლავის სეროტონინს); შეიძლება გასმენიან სეროტონინის შესახებ, როგორც ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეიროტრანსმიტერზე, რომელიც გავლენას ახდენს განწყობაზე (ტვინის სეროტონინი). ნაწლავის სეროტონინი გაცილებით მეტია, ვიდრე ტვინის სეროტონინი, მაგრამ ნაწლავის სეროტონინი არ მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე. თუმცა, ის აფერხებს ოსტეობლასტებს ძვლის მატრიქსის წარმოქმნაში, ლეპტინის ეფექტის საპირისპიროდ. ლოგიკურია ითქვას, რომ ძვლის ქსოვილზე გავლენას ახდენს საკვები ნივთიერებების შეწოვაზე ყველაზე პასუხისმგებელი ორგანო, წვრილი ნაწლავი.

5. ვარჯიში ან „სტრესი“ - წონის ტარება წარმოადგენს ვარჯიშს ძვლებისთვის, რადგან ეს არის მათი ფუნქცია. ამ სტრესის გარეშე (რაც ნორმალური და აუცილებელია), ძვლები უფრო სწრაფად კარგავენ კალციუმს, ვიდრე ხდება მისი ჩანაცვლება. ვარჯიში არ უნდა



იყოს დაძაბული; ეს შეიძლება იყოს ისეთივე მარტივი, როგორც ყოველდღიურ საქმიანობაში ჩართული სიარული. დაძაბული ვარჯიში, რომელიც მოიცავს სხეულის წონაზე მეტის ტარებას, განაახლებს ძვლებს; ისინი უფრო სქელდება და ძლიერდება, რაც წარმოადგენს მეტი მატრიქსის დეპონირებას (საკვებში საკმარისი კალციუმის და ფოსფორის გათვალისწინებით). ძვლები, რომლებიც არ ატარებენ თუნდაც მინიმალურ წონას, მწოლიარე პაციენტების შემთხვევაში, ასევე განიცდიან ცვლილებას, თუმცა მატრიქსი ხდება უფრო თხელი და მყიფე. ეს მდგომარეობა შემდგომში განხილული სამასხოვროში 6-2: ოსტეოპოროზი.

## ცხრილი 6-2 | თავის ქალას ძვლები - მნიშვნელოვანი ნაწილები

ძვლის ნიშნების ტერმინოლოგია		
Foramen – ხვრელი	Meatus – ტუნელისებრი სავალი	Condyle – როკი
Fossa – ფოსო	Process – მორჩი (წანაზარდი)	Plate – ფირფიტა (ბრტყელი წანაზარდი)
Crest – ქედი	Facet – ზედაპირი	Tubercle – ბორცვი (მრგვალი წანაზარდი)
ძვალი	ნაწილი	აღწერა
შუბლის	შუბლის ძვლის სინუსი (უბე) საგირგინე/სათაჯე ნაკერი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ჰაერით სავსე დრუ, რომელიც იხსნება ცხვირის დრუში</li> <li>სახსარი შუბლისა და თხემის ძვლებს შორის</li> </ul>
თხემის (2)	საგიტალური ნაკერი	<ul style="list-style-type: none"> <li>სახსარი ორ თხემის ძვალს შორის</li> </ul>
საფეთქლის (2)	ქიცვისებრი/ქიცვებრი ნაკერი გარე სასმენი სავალი დერილისებრი მორჩი დერილისებრი სინუსი ქვედაყბის ფოსო  ყვრიმალის მორჩი	<ul style="list-style-type: none"> <li>სახსარი საფეთქლის და თხემის ძვლებს შორის</li> <li>გვირაბის მსგავსი ყურის არხი</li> <li>ოვალური წანაზარდი ყურის არხის უკან</li> <li>ჰაერის დრუ, რომელიც იხსნება შუა ყურში</li> <li>ოვალური ფოსო ყურის არხის წინ; ქმნის სახსარს ქვედა ყბის ძვალთან</li> <li>წინამდებარე წანაზარდი, რომელიც ასახავს ყვრიმალის ძვალს</li> </ul>
კეფის	კეფის დიდი ხვრელი კეფის როკები  ლამბდისებრი ნაკერი	<ul style="list-style-type: none"> <li>დიდი ხვრელი კეფის ძვალში</li> <li>ოვალური წანაზარდები კეფის დიდი ხვრელის ორივე მხარეს; ქმნიან სახსარს ატლასთან</li> <li>კეფის და თხემის ძვლებს შორის სახსარი</li> </ul>
ძირითადი ან სოლისებრი	დიდი ფრთები  თურქული კეხი სოლისებრი ძვლის სინუსი/წიაღი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ბრტყელი, გვერდითი ნაწილი შუბლისა და საფეთქლის ძვლებს შორის</li> <li>ძვლის ცენტრში არსებული ჩაღრმავება, რომელშიც მოთავსებულია ჰიპოფიზი</li> <li>ჰაერის დრუ, რომელიც იხსნება ცხვირის დრუში</li> </ul>
ცხავის	ცხავის უჯრედები/წიაღები მამლის ბიბილო  დაცხრილული ფირფიტა  პერპენდიკულარული ფირფიტა ცხვირის ნიჟარები (4 არის ცხავის ნაწილი; 2 ქვედა არის ცალკეული ძვლები)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ჰაერის დრუ, რომელიც იხსნება ცხვირის დრუში</li> <li>ზედა წანაზარდი მენინგების მიმაგრებისთვის</li> <li>მამლის ბიბილოს ფუძის ორივე მხარეს; ყნოსვის ნერვის გასასვლელი ხვრელები</li> <li>ცხვირის ძვირის ზედა ნაწილი</li> <li>თაროების მსგავსი წანაზარდები ცხვირის დრუში, რომლებიც ზრდის ცხვირის ლორწოვანის ზედაპირს</li> </ul>
ქვედა ყბა	ქვედა ყბის სხეული როკები  კბილბუდეები	<ul style="list-style-type: none"> <li>U- ფორმის ნაწილი კბილებით</li> <li>ოვალური წანაზარდები, რომლებიც ქმნიან სახსარს საფეთქლის ძვლებთან</li> <li>კონუსური ჩაღრმავებები, რომლებიც მოიცავენ ქვედა ყბის კბილების ფესვებს</li> </ul>

ბაგრძელება



**ცხრილი 6-2 თავის ქალას ძვლები - მნიშვნელოვანი ნაწილები - გაგრძ.**

ძვალი	ნაწილი	აღწერა
ზედაყბის (2)	ზედაყბის სინუსი/წიაღი სასის მორჩი  კბილბუდეები	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ჰაერის ღრუ, რომელიც იხსნება ცხვირის ღრუში</li> <li>■ წანაზარდი, რომელიც ქმნის მყარი სასის წინა ნაწილს</li> <li>■ კონუსური ჩაღრმავებები, რომლებიც მოიცავენ ზედა ყბის კბილების ფესვებს</li> </ul>
ცხვირის (2)	—	■ ქმნის ცხვირს
ცრემლის (2)	საცრემლე არხი	■ ცხვირ-ცრემლის სადინრის გახსნა ცრემლების ცხვირის ღრუში ჩასადენად
ყვრიმალის (2)	—	■ ქმნის ლოყის ზედა ნაწილს; ქმნის სახსარს შუბლის, საფეთქლის და ზედაყბის ძვლებთან
სასის (2)	—	■ ქმნის მყარი სასის უკანა ნაწილს
სახნისი	—	■ ქმნის ცხვირის ძვიდის ქვედა ნაწილს

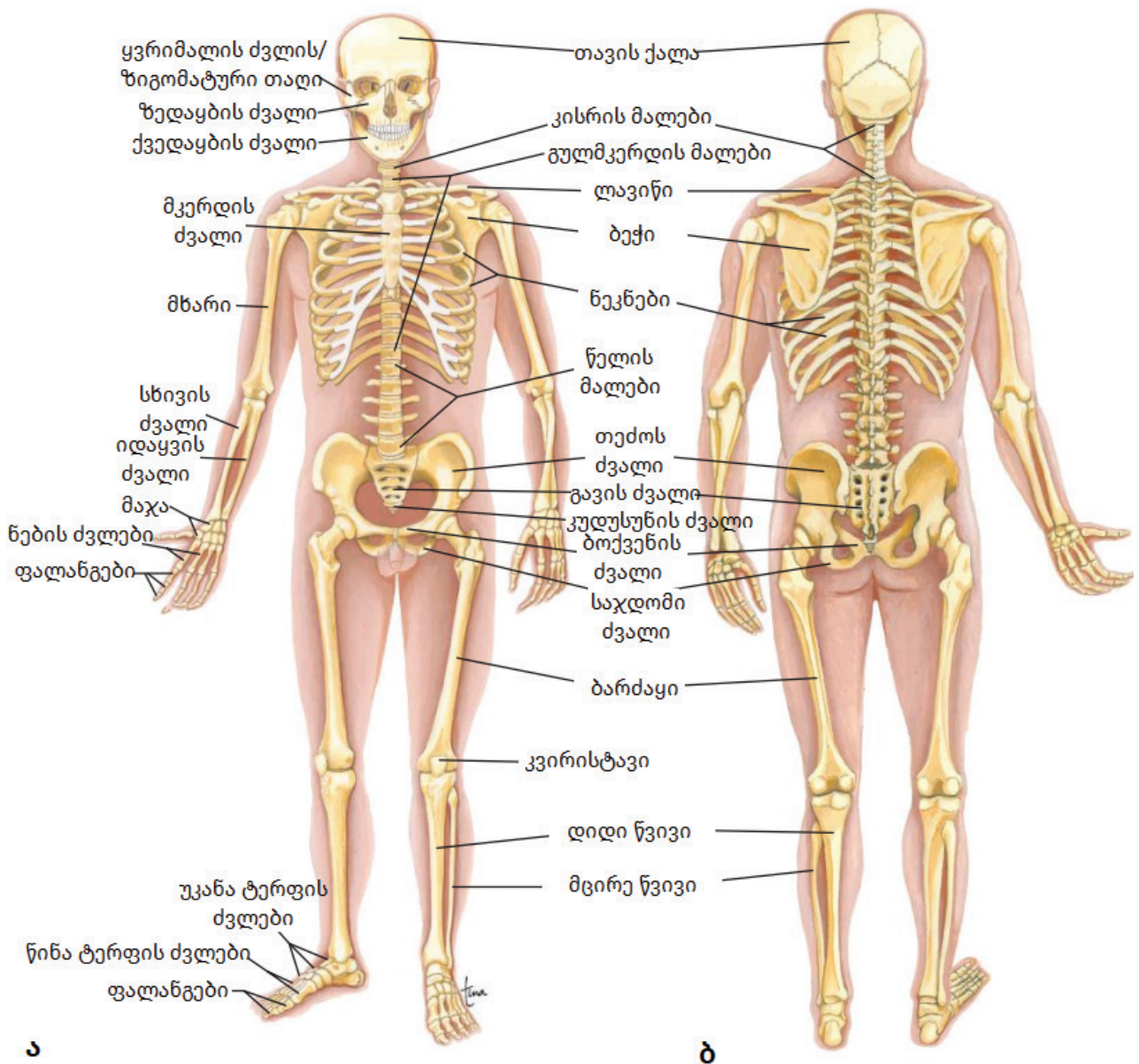
**ჩონჩხი**

ადამიანის ჩონჩხს აქვს ორი ნაწილი: **ღერძულა ჩონჩხი**, რომელიც ქმნის სხეულის ღერძს და **დამატებითი (აპენდიკულარული) ჩონჩხი**, რომელიც მოიცავს კიდურებს. ღერძულა ჩონჩხი შედგება თავის ქალას, ხერხემლის სვეტისა და ნეკნისგან. ზედა და ქვედა კიდურების სარტყელები და ძვლები ქმნიან დამატებით ჩონჩხს. ბევრი ძვალი დაკავშირებულია სხვა ძვლებთან იოგების მეშვეობით, რომლებიც წარმოადგენენ ძლიერ ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის ფენებს. იოგების მნიშვნელობა აშკარა ხდება სახსრის დაჭიმვისას. დაჭიმვა არის სახსრის იოგების გაჭიმვა ან თუნდაც განყვეტა, და მიუხედავად იმისა, რომ ძვლები არ არის მოტეხილი, სახსარი სუსტი და არასტაბილურია. იოგები აუცილებელია ჩვენი ძვლების შესანარჩუნებლად სათანადო პოზიციებზე, რათა შევინარჩუნოთ თავდაყირა ან ავიტანოთ წონა.

სხეულს სულ 206 ძვალი აქვს. სრული ჩონჩხი ნაჩვენებია ნახ. 6-4-ზე.

**თავის ქალას ჩონჩხი**

თავის ქალა შედგება 8 კრანიალური (ტვინის ქალას) ძვლისა და 14 სახის ქალას ძვლისგან. ასევე თავის მიდამოში არის სამი პატარა ძვალი შუა ყურის თითოეულ ღრუში და ინის ძვალი, რომელიც ამაგრებს ენის ფუძეს. ტვინის ქალას ძვლები ქმნიან თავის ტვინის საფარველს (ამოფენილია მენინგებით), რომელიც იცავს თავის ტვინს, თვალებსა და სმენის აპარატს (იხ თავი 1). ეს ძვლებია: შუბლის ძვალი, თხემის ძვლები (ორი), საფეთქლის ძვლები (ორი) და კეფის ძვლები. სოლისებრი (სფენოიდური) ძვალი და ცხავის (ეთმოიდური) ძვალი ქმნის თავის ქალას ფუძის ნაწილი. **შუბლის ძვალი** ქმნის შუბლს და თავის ქალას ზედა ნაწილს. **Parietal** ნიშნავს “კედელს” და ორი დიდი **თხემის ძვალი** ქმნის თავის ქალას უკანა ზედა და გვერდითი კედლების დიდ ნაწილს. თავის ქალას გვერდებზე არსებული **საფეთქლის ძვლები** შეიცავენ გარე სასმენ არხს, შუა ყურის ღრუს და შიდა ყურის ლაბირინთს. **კეფის ძვალი** ქმნის თავის ქალას ქვედა, უკანა ნაწილს. კეფის დიდი ხვრელი მოიცავს ზურგის ტვინს და ორივე მხარეს აქვს ორი როკი (მომრგვალებული სტრუქტურა) უკავშირდება ატლასს (ხერხემლის სვეტის კისრის პირველ მალას). **სოლისებრი (სფენოიდური)** ძვალს ადარებენ ღამურის ფორმას, რომლის დიდი ფრთები მდებარეობს თავის ქალას შუბლისა და საფეთქლის ძვლებს შორის. სოლისებრი ძვლის სხეულს აქვს ჩაღრმავება - თურქული კეხი - რომელშიც მდებარეობს ჰიპოფიზის ჯირკვალი. **ცხავის ძვალს** აქვს ვერტიკალური ამოზნექილობა, რომელსაც ეწოდება **crista galli** („მამლის ბიბილო“), რომელიც ამაგრებს კრანიალურ მენინგებს. ცხავის ძვლის დანარჩენი ნაწილი ქმნის ცხვირის ღრუს სახურავს და ზედა კედლებს, ხოლო მისი პერპენდიკულარული ფირფიტა ქმნის ცხვირის ძვიდის ზედა ნაწილს.

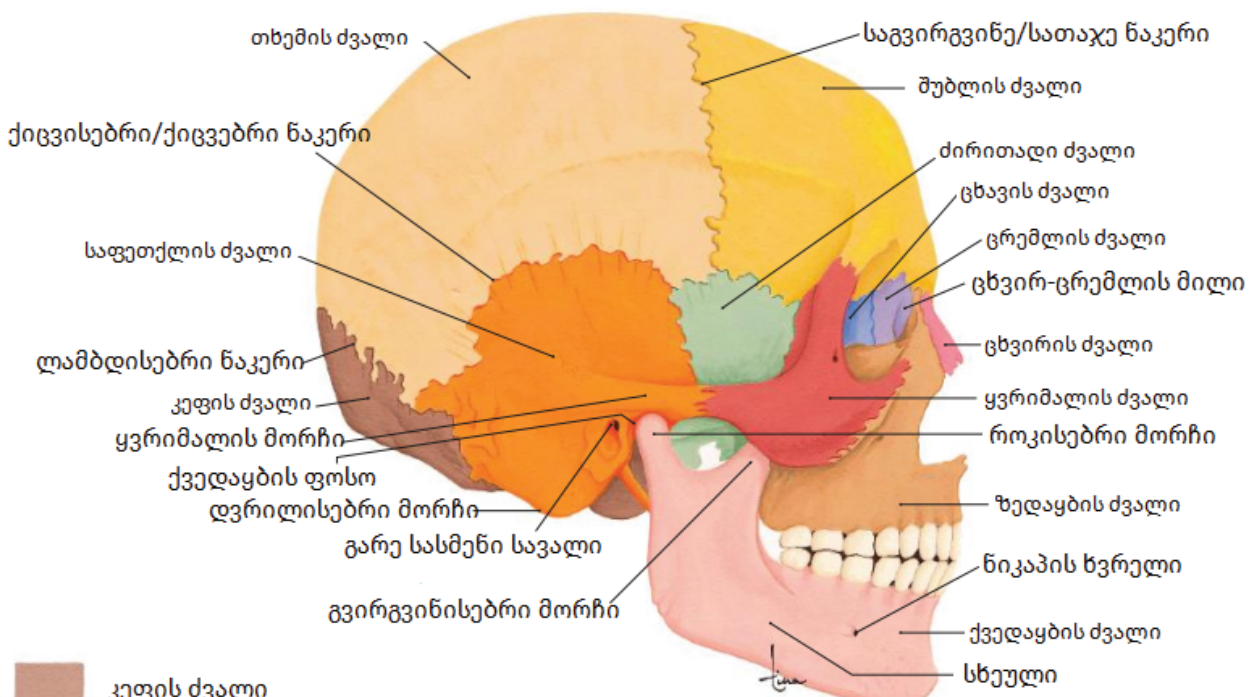


**სურათი 6-4** ჩონჩხი. (ა) წინა ხედი; (ბ) უკანა ხედი.

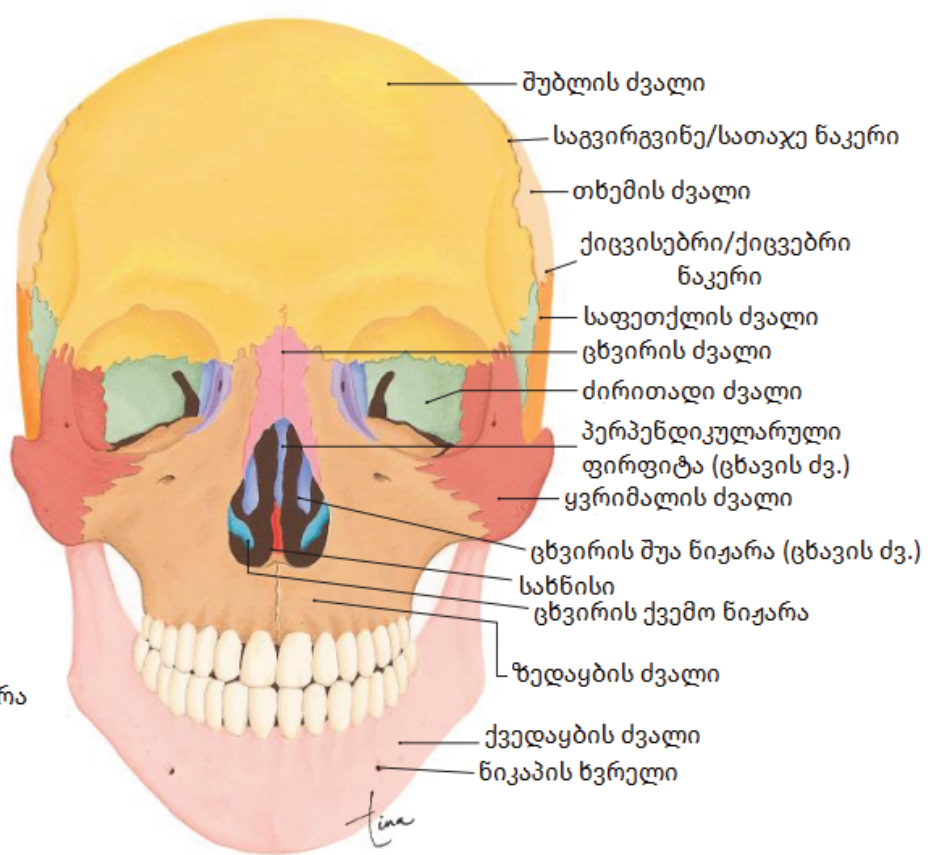
**კითხვა:** აქ ნაჩვენებია ძვლებიდან რომელია კლასიფიცირებული, როგორც შერეული ძვლები?

კრანიალურ ძვლებს შორის არსებული ყველა სახსარი არის უძრავი სახსარი, რომელსაც ნაკერები ეწოდება. შეიძლება უცნაურად ჩანდეს მოძრაობის გარეშე სახსრის მითითება, მაგრამ ტერმინი სახსარი (ან არტიკულაცია) გამოიყენება ორი ძვლის ნებისმიერი შეერთებისთვის. (სახსრების კლასიფიკაცია მოგვიანებით განიხილება ამ თავში.) ნაკერში, მიმდებარე ძვლების დაკბილული კიდეები ჯდება ერთმანეთში. ეს გადაჯაჭვული პროექციები ხელს უშლის ძვლების სრიალს ან გადაადგილებას, თუ თავის ქალა ექვემდებარება დარტყმას ან წნევას. სურ. 6-5-ში შეგიძლიათ იხილოთ გვირგვინოვანი ნაკერი შუბლისა და თხემის ძვლებს შორის, ქიცვისებრი ნაკერი თხემისა და საფეთქლის ძვლებს შორის და ლამბდისებრი ნაკერი კეფის და თხემის ძვლებს შორის. საგიტალური ნაკერი აერთებს ორ თხემის ძვალს და მოთავსებულია თავის ქალას შუა ხაზის გასწვრივ. თავის ქალას ყველა ძვალი, ისევე როგორც დიდი ნაკერები, ნაჩვენებია ნახ. 6-5-დან 6-8-მდე. მათი ანატომიურად მნიშვნელოვანი ნაწილები აღწერილია ცხრილში 6-2.





- კეფის ძვალი
- შუბლის ძვალი
- ყვრიმალის ძვალი
- ზედაყბის ძვალი
- ქვედაყბის ძვალი
- თხემის ძვალი
- საფეთქლის ძვალი
- ძირითადი ძვალი
- ცხავის ძვალი
- ცრემლის ძვალი
- ცხვირის ძვალი
- ცხვირის ქვემო ნიჟარა
- სახნისი
- სასის ძვალი

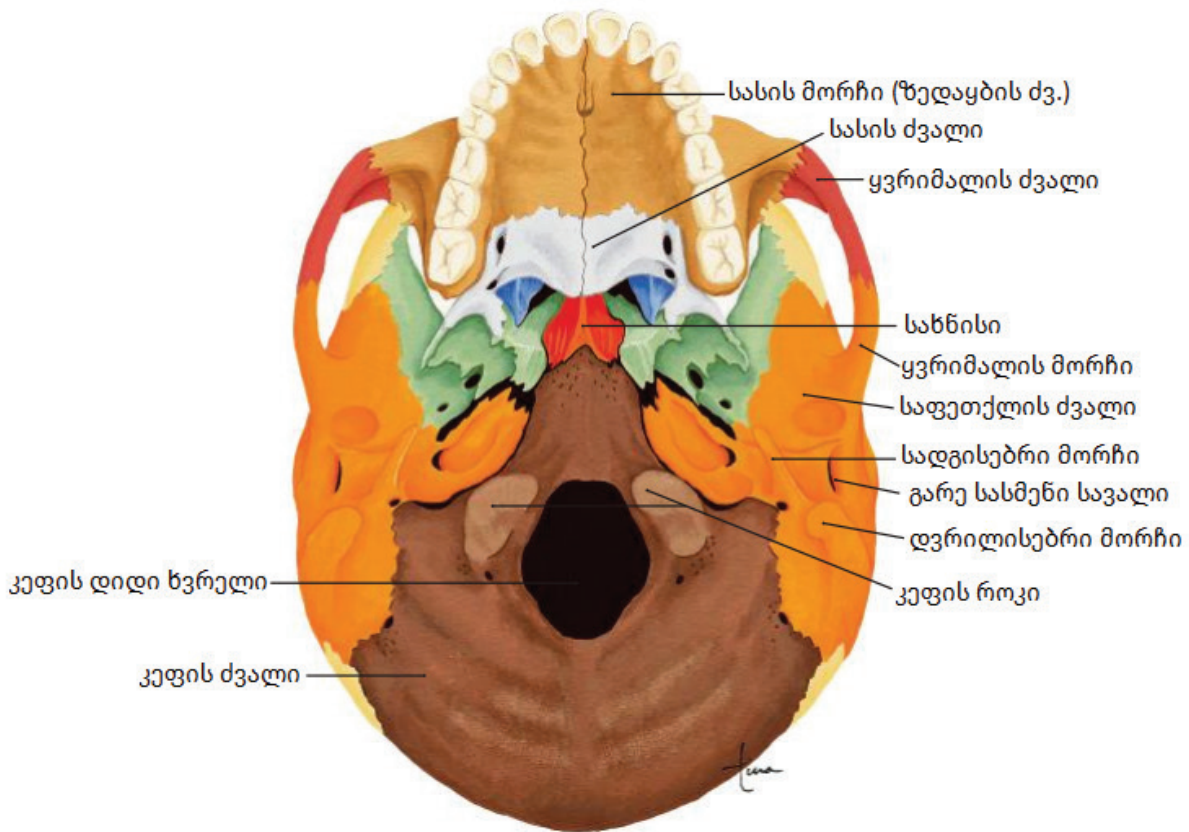


**სურათი 6-5** თავის ქალა. გვერდითი ხედი (მარჯვენა მხარე).

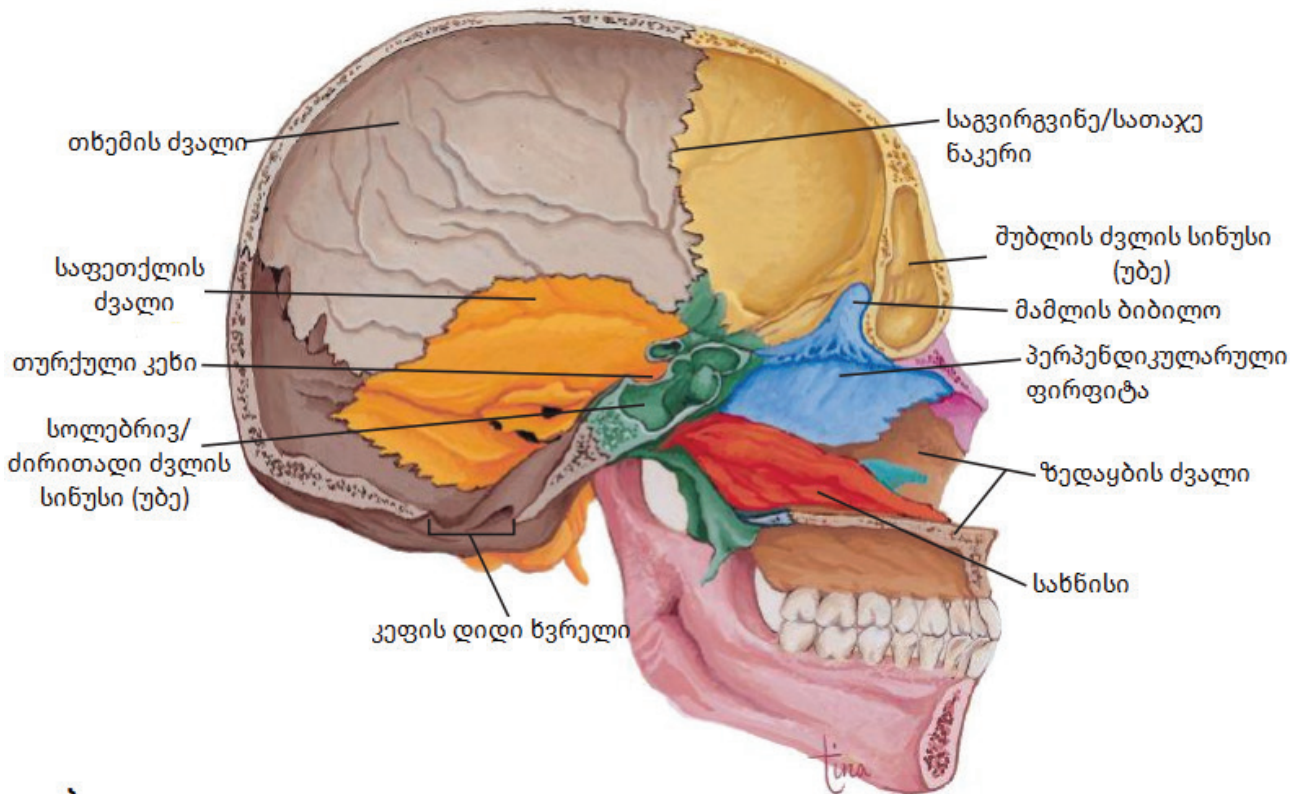
**სურათი 6-6** თავის ქალა. წინა ხედი.

**კითხვა:** რა შეიძლება იყოს თავალის კაკლის უკანა ფოსოს დანიშნულება?





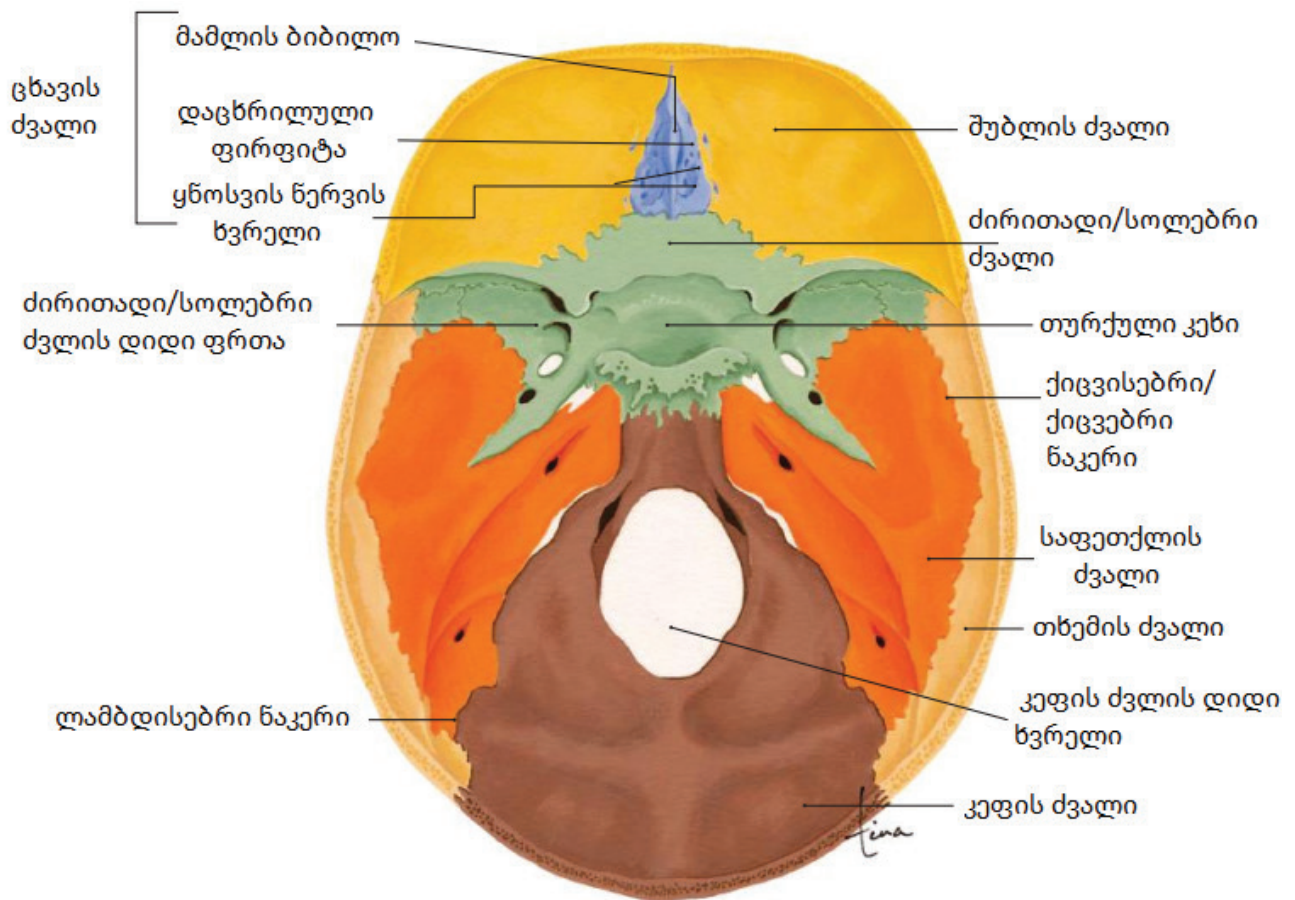
ა



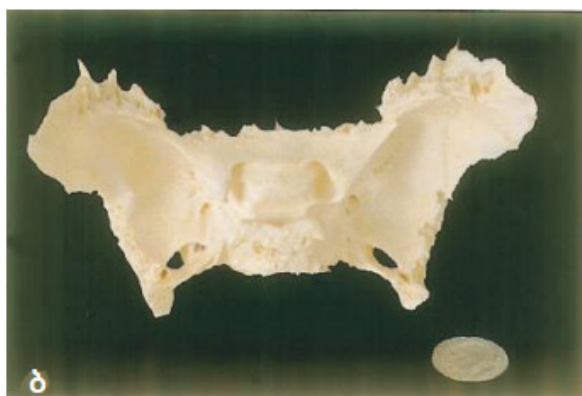
ბ

**სურათი 6-7** თავის ქალა. (ა) ქვედა ხედი (ქვედაყბის ძვლის გარეშე);  
 (ბ) შუასაგიტალური კვეთა, რომელიც აჩვენებს მარცხენა მხარის შიგნითა ზედაპირს.

**კითხვა:** რა არის კეფის დიდი ხვრელის დანიშნულება?



ა



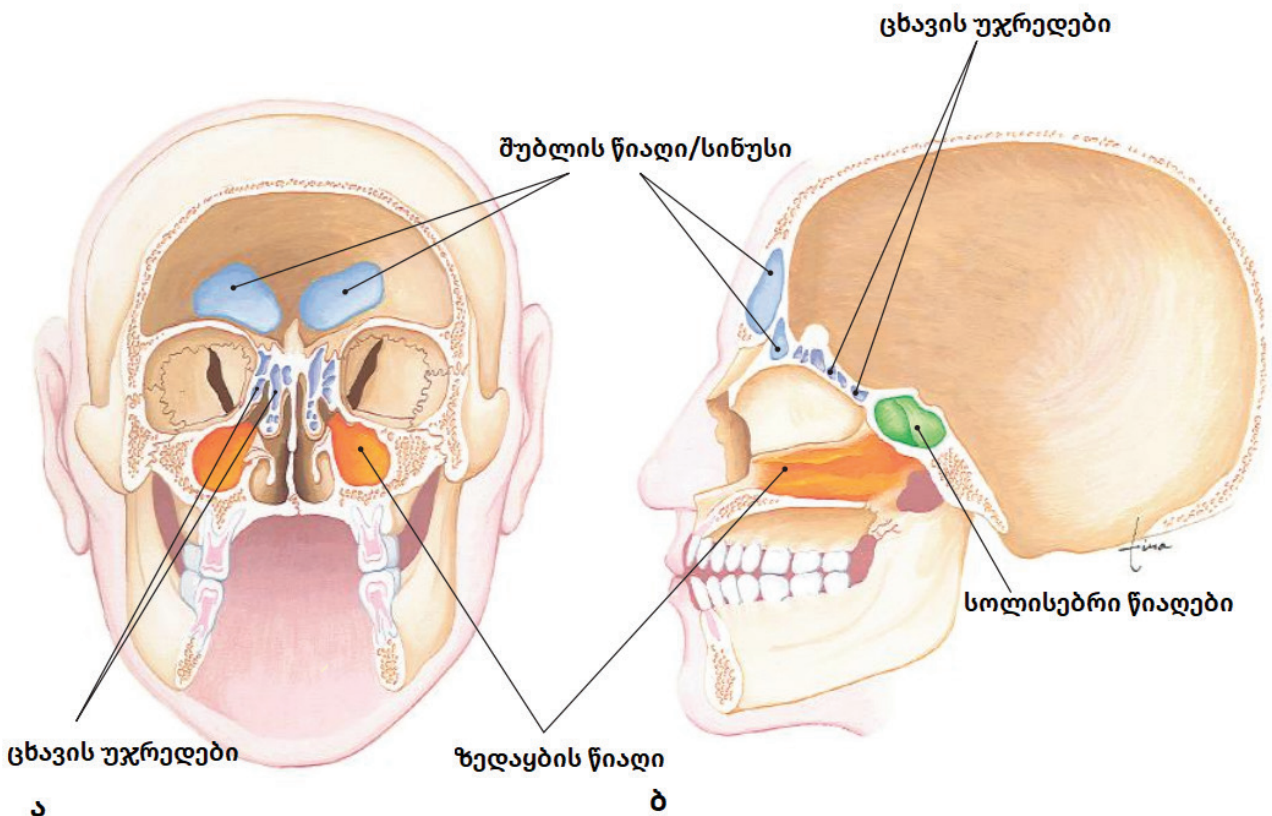
**სურათი 6–8** (ა) თავის ქალა. ზედა ხედი თავის ქალას ზედა ნაწილის გარეშე. (ბ) ძირითადი/სოლებრივ ძვალი (ზედა ხედი); (გ) ცხავის ძვალი (ზედა ხედი). (ბ და გ ფოტოები გადაღებულია დენ კაუფმანის მიერ.)

**კითხვა:** რისთვის არის განკუთვნილი ცხავის ძვლის ყნოსვითი ხვრელები?



სახის 14 ძვლიდან მოძრავია მხოლოდ ქვედა ყბა; იგი ქმნის კონდილოიდურ სახსარს თითოეულ საფეთქლის ძვალთან. სახის ძვლებს შორის სხვა სახსრები და ნაკერია. ზედა ყბა წარმოდგენილია ორი ზედა ყბის ძვლით, რომლებიც ასევე ქმნიან მყარი სასის (პირის ღრუს) წინა ნაწილს. კბილების ფესვების ბუდეები გვხვდება ზედა და ქვედა ყბაზე. ცხვირის ორი ძვალი ქმნის ცხვირის ხიდს, სადაც ისინი ქმნიან სახსარს შუბლის ძვალთან (ცხვირის დანარჩენი ნაწილი ეყრდნობა ხრტილს). თითოეული თვალბუდის მედიალურ მხარეს არის ცრემლის ძვალი; საცრემლე არხი შეიცავს საცრემლე პარკს, გასასვლელს ცრემლებისთვის. ორი ყვრიმალის ძვლიდან თითოეული ქმნის ლოყის წერტილს და ქმნის სახსრებს შუბლის, საფეთქლის და ზედა ყბის ძვლებთან. სასის ორი ძვალი ქმნის მყარი სასის უკანა ნაწილს. **სახნისი** ქმნის ცხვირის ძვლის ქვედა ნაწილს; იგი ქმნის სახსარს ცხვირის ძვლის პერპენდიკულარულ ფირფიტასთან. ვომერის ორივე მხარეს წარმოდგენილია **ნიჟარები**, გრაგნილის მსგავსი ექვსი ძვალი, რომლებიც ცხვირის ღრუს გვერდებიდან ქვევით იხვევა; ისინი ზრდიან ცხვირის ლორწოვანი გარსის ზედაპირის. სახის ეს ძვლები მოცემულია ცხრილში 6-2.

პარანაზალური სინუსები/წიაღები არის ჰაერის ღრუები, რომლებიც განლაგებულია ზედა ყბის, შუბლის, სოლისებრი და ცხვირის ძვლებში (სურ. 6-9). პარანაზალური ნიშნავს, რომ ისინი იხსნება ცხვირის ღრუში და მოპირკეთებულია მოციმციმე/წამწამოვანი ეპითელიუმით, რომელიც დაკავშირებულია ცხვირის ღრუს ლორწოვანთან. ჩვენ ვგრძნობთ ჩვენს სინუსებს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ისინი "გაჭედებულია", რაც იმას ნიშნავს, რომ მათ მიერ გამოთქმული ლორწო ვერ ჩაედინება ცხვირის ღრუში. ეს შეიძლება მოხდეს ზედა სასუნთქი გზების ინფექციების დროს, როგორცაა გაციება, ან ალერგიის დროს, როგორცაა პოლინოზი (ალერგიული რინიტი). სინუსების ფუნქციაა თავის ქალას შემსუბუქება, რადგან ჰაერი უფრო მსუბუქია ვიდრე ძვალი, და ისინი უზრუნველყოფენ ხმის რეზონანსს, რაც ნიშნავს, რომ მეტი ჰაერი ვიბრირებს და ამით ხმას აღრმავებს.



**სურათი 6-9** პარანაზალური სინუსები. (ა) თავის ქალას წინა ხედი. (ბ) თავის ქალას მარცხენა გვერდითი ხედი.

**კითხვა:** ამ სინუსებიდან რომელი იწვევს ხშირად თავის ტკივილს?



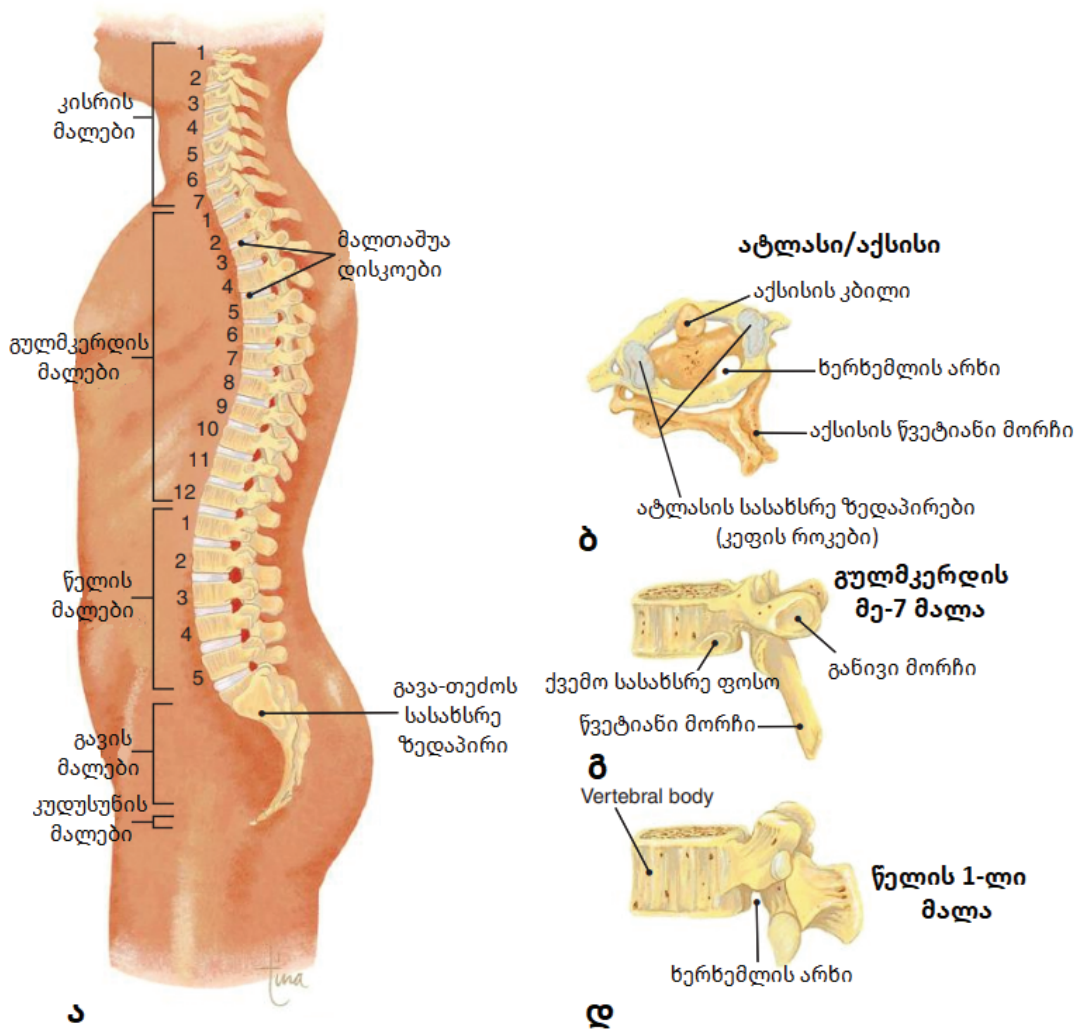
**დვრილისებრი მორჩის სინუსები** არის ჰაერის ღრუები ყოველი საფეთქლის ძვლის დვრილისებრი მორჩში; ისინი იხსნება შუა ყურში. ანტიბიოტიკების ხელმისაწვდომობამდე შუა ყურის ინფექციები ხშირად იწვევდა მასტოიდიტს, დვრილისებრი მორჩის სინუსების ინფექციას.

შუა ყურის თითოეულ ღრუში არის **სამი სასმენი ძვალი**: შუა ყურის ჩაქუჩი, გრდემლი და უზანგი. ეს ძვლები გადასცემენ ვიბრაციას ყურის დაფის აპკიდან შიდა ყურის რეცეპტორებამდე (იხ. სურ. 9-9, თავი 9).

## ხერხემლის სვეტი

**ხერხემლის სვეტი** (ხერხემალი) შედგება ცალკეული ძვლებისგან, რომლებსაც **მალები** ეწოდება. ხერხემლის მალების სახელები მიუთითებს მათ მდებარეობაზე ხერხემლის სვეტის სიგრძეზე. გამოირჩევა 7 კისრის მალა, 12 გულმკერდის, 5 წელის, 5 გავის (გაერთიანებული 1 გავის ძვლის სახით) და 4-დან 5 პატარა კუდუსუნის მალები (გაერთიანებული 1 კუდუსუნის ძვლის სახით) (სურ. 6-10).

7 კისრის მალიდან პირველს ეწოდება ატლასი, რომელიც ერთდროულად ქმნის სახსარს თავის ქალას კეფის ძვალთან და ქმნის **ცილინდრულ სახსარს (ატლანტ-აქსისის სახსარი)** კისრის მეორე მალასთან (**აქსისი**). ეს საყრდენი სახსარი ბრუნვითი მოძრაობების საშუალებას გვაძლევს (თავის ბრუნვითი მოძრაობები). დარჩენილ ხუთ კისრის მალას არ აქვს ინდივიდუალური სახელები.



**სურათი 6-10** ხერხემლის სვეტი. (ა) მარცხენა მხარე - გვერდითი ხედი. (ბ) ატლასი და აქსისი, ზედა ხედი. (გ) გულმკერდის მე-7 მალა, მარცხენა გვერდითი ხედი. (დ) წელის 1-ლი მალა, მარცხენა გვერდითი ხედი.

**კითხვა:** შეადარეთ ცალკეული გულმკერდის და წელის მალების ზომები. რა არის ამ განსხვავების მიზეზი?

**გულმკერდის მალეები** ქმნიან სახსრებს ნეკნებთან სხეულის უკანა მხარეს. **წელის მალეები** ხერხემლის სვეტის ყველაზე დიდი და ძლიერი ძვლებია. გავის ძვალი იძლევა ორი თედოს ძვალთან სახსრის წარმოქმნის საშუალებას: **გავა-თედოს სახსარი**. **კუდუსუნი** არის კუდის ხერხემლის ნარჩენი და მასზე მიმაგრებულია მენჯის შიდა ზოგიერთი კუნთი.

ყველა მალა ერთმანეთთან თანმიმდევრობით დაკავშირებულია იოგების მეშვეობით, ქმნის მოქნილ ხერხემალს, რომელიც ქმნის სხეულის და თავის საყრდენს. მალეები ასევე ქმნიან ხერხემლის უწყვეტ არხს, რომელიც შეიცავს ზურგის ტვინს და იცავს მას მექანიკური დაზიანებისგან. ნვეტიანი და განივი მორჩები წარმოადგენენ კუნთების მიმაგრებისთვის, რომლებიც ამოძრავებენ ხერხემლის სვეტს. ასევე მალეებზე მოიპოვება პატარა ბრტყელი ზედაპირები, რომლებიც წარმოადგენენ სასახსრე ფოსოებს.

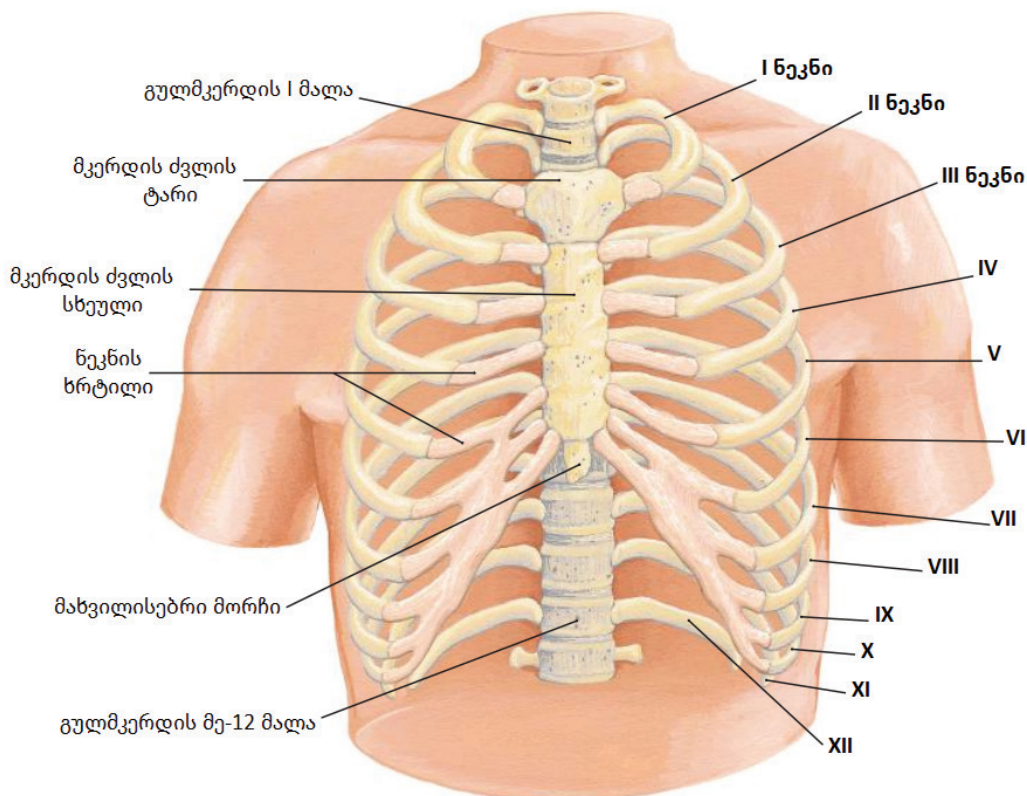
**სხეული** ხერხემლის მალეების საყრდენი ნაწილია; მიმდებარე მალეების სხეულებს შორის ჩართულია ხრტილოვანი ფირფიტები, რომლებსაც **მალთაშუა დისკოები** ეწოდება. ეს დისკოები ქმნიან დაჭიმულობას მალეებს შორის, ასევე ამცირებენ ხახუნს და იძლევიან ამორტიზაციას მოძრაობის დროს (სიმპფიზი).

იმის გამო, რომ ხერხემლის სვეტში ბევრი სახსარია, ის მთლიანობაში საკმაოდ მოქნილია.

ანატომიური მდგომარეობით ხერხემალს აქვს ოთხი ბუნებრივი სიმრუდე. იხილეთ სურ. 6-10 და შენიშნავთ, რომ კისრის მალეების სიმრუდე მიმართულია წინ, ისევე როგორც წელის სიმრუდე, ხოლო გულმკერდის და გავის სიმრუდეები მიმართულია უკან. ეს სიმრუდეები საშუალებას აძლევს ადამიანს უფრო ადვილად იაროს ვერტიკალურ მდგომარეობაში .

## გულმკერდის ჩონჩხი

გულმკერდის ჩონჩხი (გულმკერდის ღრუს ძვლოვანი კედელი) შედგება 12 წყვილი ნეკნი-საგან, 12 გულმკერდის მალისა და მკერდის ძვლისგან. მკერდის ძვლის სამი ნაწილია: ზედა - მკერდის ტარი, ცენტრალური - მკერდის სხეული და ქვედა - მახვილისებრი მორჩი (სურ. 6-11). მკერდის ტარი ქმნის სახსრებს ლავინის ძვლებთან.



**სურათი 6-11** გულმკერდის ჩონჩხი. წინა ხედი.

**კითხვა:** რომელ ძვლებს უკავშირდება ნეკნები?

ყველა ნეკნი ქმნის სახსარს გულმკერდის მალეობთან. პირველი შვიდი წყვილი ნეკნი წარმოადგენს **ნამდვილ ნეკნებს**, რადგან თითოეული დამოუკიდებლად ქმნის სახსარს მკერდის ძვალთან ნეკნების ხრტილოვანი ნაწილების მეშვეობით. მომდევნო სამი წყვილს **ცრუ ნეკნები** ეწოდება, რადგან მათი ხრტილები უერთდებიან მე-7 ნეკნის ხრტილს და მხოლოდ ასე უკავშირდებიან მკერდის ძვალს. ბოლო ორ წყვილს **მერყევ ნეკნებს** უწოდებენ, რადგან ისინი საერთოდ არ უკავშირდებიან მკერდის ძვალს (იხ. სურ. 6-11).

ნეკნების ამკარა ფუნქციაა ის, რომ ის გარს აკრავს და იცავს გულსა და ფილტვებს. ამასთან, გახსოვდეთ, რომ ნეკნები ასევე იცავენ მუცლის ღრუს ზედა ნაწილში არსებულ ორგანოებს, როგორცაა ღვიძლი და ელენთა. ნეკნების სხვა მნიშვნელოვანი ფუნქცია დამოკიდებულია მათ მოქნილობაზე და მოძრაობაზე ნეკნთაშუა კუნთების მეშვეობით. ეს მოძრაობები აფართოებს გულმკერდის ღრუს, რაც აფართოებს ფილტვებს და ხელს უწყობს ჩასუნთქვას.

## ზემო კიდურების ჩონჩხი

ზემო კიდურის სარტყელი, მხრის სარტყელი, ამაგრებს ზემო კიდურის თავისუფალი ნაწილის ჩონჩხს ღერძულა ჩონჩხზე. ზემო კიდურის თითო სარტყელი შედგება ბეჭის ძვლისა და ლავინისგან. **ბეჭის ძვალი** არის დიდი, ბრტყელი ძვალი რამდენიმე ნაწილად (ბეჭის ქედი, **ნისკარტისებრი მორჩი**), რომელიც ამაგრებს ზოგიერთ კუნთს, რომელიც ამოძრავებს მკლავს და წინამხარს. ბეჭის ძვალს გააჩნია სახსარს ფოსო მხრის ძვალთან შესასახსრებლად, რომელთანაც ქმნის სფერულ სახსარს (სურ. 6-12). თუ დააკვირდებით ჩონჩხის უკანა ხედს სურ. 6-4-ში, დაინახავთ, რომ ბეჭის ძვალი არ ქმნის სახსარს ხერხემალის სვეტთან, თუმცა ნეკნებს ეყრდნობა. თითოეული ბეჭის ძვალი ემაგრება მხრის ძვალსა და ხერხემალს მრავალი კუნთით.

თითოეული **ლავინის** მედიალური ბოლო ქმნის სახსარს მკერდის ძვალთან. კისრის ქვედა ნაწილში შეგიძლიათ შეამოწმოთ სივრცე ორ ლავინს შორის; ეს არის საუღლე ნაჭდევი. თითოეული ლავინის ლატერალური ბოლო ქმნის სახსარს ბეჭის ძვალთან. მიუხედავად იმისა, რომ მხრის სახსარს აქვს მოძრაობის ფართო სპექტრი, მხარი უნდა იყოს შედარებით სტაბილური, რომ მოძრაობა იყოს ეფექტური.

მხრის ძვალი ზედა კიდურის გრძელი ძვალია. სურ. 6-12-ზე შენიშნეთ დელტისებრ ხორკლს, რომელიც წარმოადგენს დელტისებრი კუნთის მიმაგრებას. პროქსიმალურად, მხრის თავი ქმნის სფერულ სახსარს ბეჭის ძვალთან. დისტალურად, მხრის ძვალი ქმნის სახსარს წინამხრის ძვლებთან. ეს იდაყვის (**ჭალისებრი**) სახსარია და იძლევა მოძრაობას ერთ სიბრტყეში, ანუ წინ და უკან (მოხრა და გაშლა) გვერდითი მოძრაობის გარეშე.

წინამხრის ძვლებია **იდაყვის ძვალი**, რომელიც მდებარეობს ნეკა თითის მხარეს და **სხივის ძვალი** ცერა თითის მხარეს. იდაყვის ჭალისებრი ნაჭდევი არის იდაყვის სახსრის ნაწილი; იგი ქმნის სახსარს მხრის ძვალთან. სხივის და იდაყვის ძვალი პროქსიმალურად ქმნიან **ცილინდრულ სახსარს**, რაც საშუალებას იძლევა მტევნის ბრუნვით მოძრაობისთვის.

მაჯა რვა პატარა ძვლისგან შედგება; მათ შორის არსებული **ბრტყელი სახსრები** იძლევიან სრიალის მოძრაობის საშუალებას. მაჯის ძვლები ასევე ქმნიან სახსარს იდაყვის და სხივის ძვლების დისტალურ ბოლოებთან, ისევე როგორც **ნების ძვლების** (ხელისგულის ხუთი ძვალი) პროქსიმალურ ნაწილთან. მაჯისა და ნების ძვლების მიერ წარმოქმნილი ყველა სახსარი ხელს უწყობს ხელის მოქნილობას, თუმცა ცერა თითი უფრო მოძრავია ვიდრე თითები მისი ნებ-ფალანგთა სახსრის გამო. ეს არის უნაგირა სახსარი, რომელიც ცერა თითს ხელისგულზე გადაკვეთის საშუალებას აძლევს და დაჭერის საშუალებას იძლევა.

**მტევნის თითების ფალანგები** არის თითების ძვლები. თითოეულ ცერა თითში არის ორი ფალანგი, ხოლო დანარჩენ თითებში სამი ფალანგია. ფალანგებს შორის არის ჭალისებრი სახსრები, რომლებიც იძლევიან მოძრაობის საშუალებას ერთ სიბრტყეში. მხრის და მკლავის ძვლების მნიშვნელოვანი ნაწილები აღწერილია ცხრილში 6-3.





ძვალი	ნაწილი	აღწერა
ბეჭის ძვალი	ბეჭის სასახსრე ფოსო ბეჭის ქედი აკრომიონი (სამხრე მორჩი)	■ ჩაღრმავება, რომელიც ქმნის სახსარს მხრის ძვალთან ■ კუნთების მიმაგრების გრძელი, უკანა მორჩი ■ ქმნის სახსარს ლავიწთან
ლავიწი	სამხრე, აკრომიონის ბოლო სამკერდე ბოლო	■ ქმნის სახსარს ბეჭის ძვალთან ■ ქმნის სახსარს მკერდის ძვლის ტართან
მხრის ძვალი	მხრის თავი დელტიკური ხორკლი იდაყვის ფოსო	■ მრგვალი მორჩი, რომელიც ქმნის სახსარს ბეჭის ძვალთან ■ მრგვალი მორჩი დელტიკური კუნთის დაკავშირებისთვის ■ უკანა, ოვალური ჩანაქდვი იდაყვის მორჩის განსათავსებლად
	მცირე თავი მხრის ძვლის ქაღი	■ მრგვალი მორჩი, ქმნის სახსარს სხივის ძვალთან ■ ჩაღრმავებული ზედაპირი, ქმნის სახსარს იდაყვის ძვალთან
სხივის ძვალი	თავი	■ ქმნის სახსარს იდაყვის ძვალთან
იდაყვის ძვალი	იდაყვის მორჩი ქალისებრი ნაქდვი	■ ჯდება მხრის ძვლის იდაყვის ფოსოში ■ "ნახევარმთვარის" ღრმა ნაქდვი, რომელიც ქმნის სახსარს მხრის ძვლის ქაღთან
მაჯის ძვლები	ნავისებრი, მთვარისებრი, სამწახნაგოანი, ცერცვისებრი ტრაპეციული, ტრაპეციოიდული, თავდიდა, კავიანი	■ პროქსიმალური რიგი ■ დისტალური რიგი

## ქვემო კიდურის ჩონჩხი

ქვემო კიდურის სარტყელი (მენჯის სარტყელი) შედგება ორი **მენჯის ძვლისგან**, რომლებიც ქმნიან სახსარს ღერძულა ჩონჩხის გავის ძვალთან. თითოეულ მენჯის ძვალი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისგან: თეძოს, ბოქვენისა და საჯდომის ძვლები, (იხ. სურ. 6-13), რომელიც ასახავს როგორც მამაკაცის, ისევე ქალის მენჯის ძვალს. **თეძოს ძვალი** არის გაშლილი, ზედა ნაწილი, რომელიც ქმნის გავა-თეძოს სახსარს. **საჯდომი ძვალი** არის ქვედა, უკანა ნაწილი, რომელზეც ჩვენ ვსხდებით. **ბოქვენის ძვალი** ქვედა, ყველაზე წინა ნაწილია. ორი ბოქვენის ძვალს შორის წარმოდგენილია სახსარი, რომელსაც **ბოქვენის სიმფიზი** ეწოდება და მოიცავს ბოქვენის ძვალთაშუა დისკოს. ყურადღება მიაქციეთ როგორც მამაკაცის, ისე ქალის ბოქვენის კუთხეს (სურ. 6-13). ქალის უფრო ფართო ბოქვენის კუთხე წარმოადგენს ადაპტაციას მშობიარობისთვის, რადგან ის ზრდის მენჯის გასასვლელს.

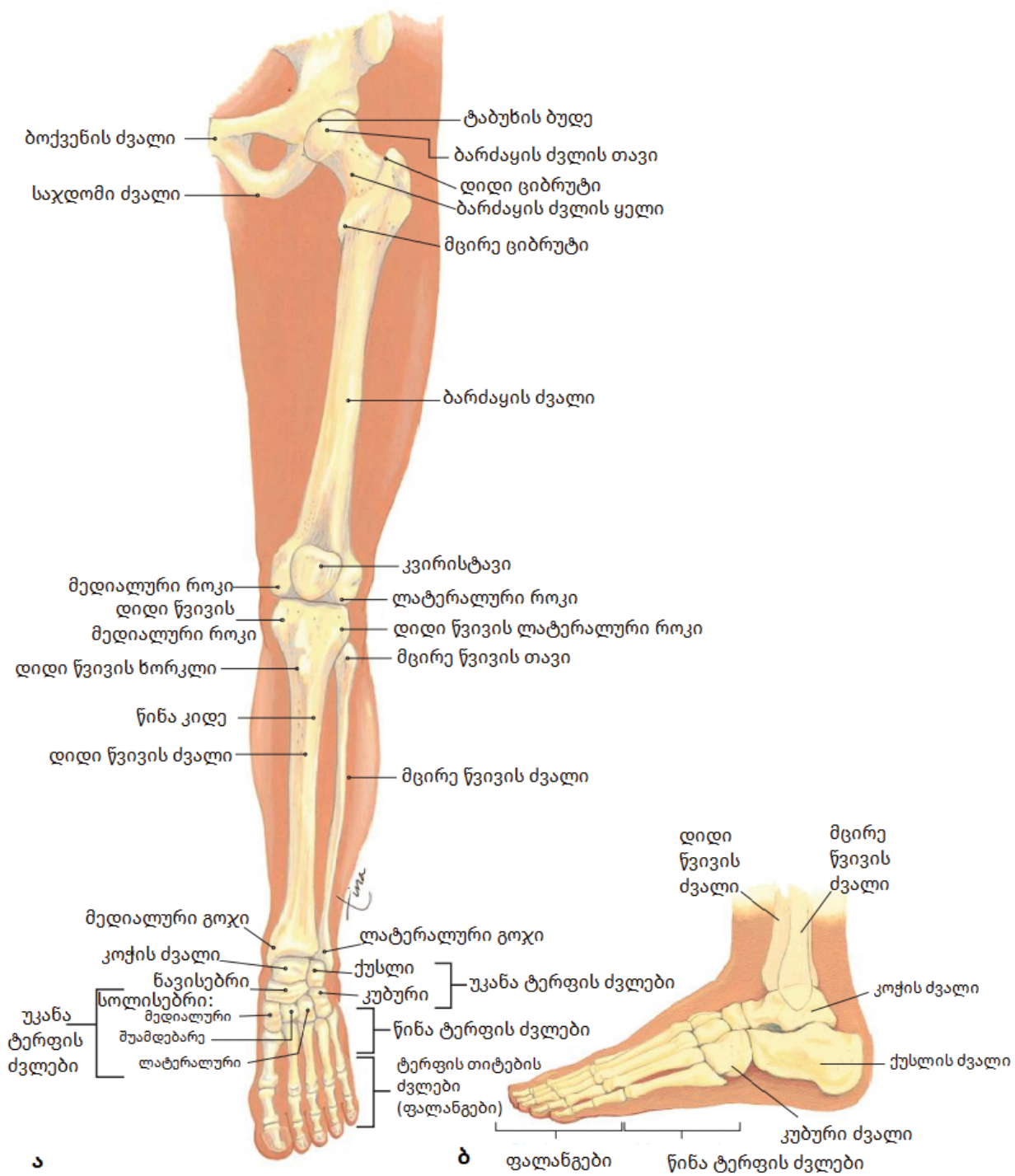
**ტაბუხის ბუდე** არის ბუდე მენჯის ძვალში, რომელიც ქმნის **სფერულ სახსარს** ბარძაყის ძვალთან. ბეჭის ძვლის სასახსრე ფოსოსთან შედარებით, ტაბუხის ბუდე გაცილებით ღრმაა. ამას დიდი ფუნქციონალური მნიშვნელობა აქვს, რადგან თეძო არის წონის მატარებელი სახსარი, ხოლო მხრის სახსარს ეს ფუნქცია არ გააჩნია. იმის გამო, რომ ტაბუხის ბუდე ღრმაა, მენჯ-ბარძაყის სახსარი ადვილად არ იშლება, თუნდაც ისეთი აქტივობებით, როგორცაა სირბილი და ხტომა, რაც დიდ სტრესს აყენებს სახსარს.

**ბარძაყის ძვალი** არის გრძელი ძვალი. როგორც აღვნიშნეთ, ბარძაყის ძვალი აყალიბებს ძალზე მოძრავ სფერულ სახსარს მენჯის ძვალთან. ბარძაყის ძვლის პროქსიმალურ ბოლოში არის **დიდი და მცირე ციბრუტები**, რომლებიც წარმოადგენს კუნთების მიმაგრების ნერტილებს. მის დისტალურ ბოლოში ბარძაყის ძვალი ქმნის **მუხლის (ქალისებრ) სახსარს** დიდ წვივის ძვალთან. **კვირისტავი** არის მუხლის სახსრის წინა ნაწილში არსებული ძვალი, რომელიც ჩასმულია ბარძაყის წინა კუნთების კვადრიცეფსის მყესში.

**დიდი წვივის ძვალი** არის წონის მატარებელი კანჭის ერთ-ერთი ძვალი. დიდი წვივის ძვლის პროქსიმალურ ნაწილის წინა მხარეს წარმოდგენილია დიდი წვივის ხორკლი და წინა ქედი. მედიალური გოჯი, რასაც ჩვენ შეგვიძლია ვუწოდოთ "ტერფის შიდა ძვალი", წარმოდგენილია ძვლის დისტალურ ბოლოში.







**სურათი 6-14** (ა) ფეხის ძვლები და ბარძაყის ნაწილი, მარცხენა ფეხის წინა ხედი. (ბ) მარცხენა ფეხის გვერდითი ხედი.

**კითხვა:** რომელი სახსრებია უნიკალური ზედა კიდურისთვის?

უკანა ტერფი მოიცავს 7 კოჭის ძვალს. ეს ძვლები უფრო დიდი და ძლიერია, ვიდრე მაჯის ძვლები და მათი ბრტყელი სახსრები არ იძლევა ასეთ მოძრაობას. ყველაზე დიდი არის ქუსლის ძვალი; კოჭის ძვალი გადასცემს წონას ქუსლის და დიდი წვივის ძვლებს შორის. **წინა ტერფის ძვლები** არის თითოეული ფეხის ხუთი გრძელი ძვალი, ხოლო **ფალანგები** ტერფის თითების ძვლებია. ტერფის ცერა თითზე ორი ფალანგია, ხოლო დანარჩენ თითებზე სამი ფალანგია. ტერფის თითების ფალანგები ქმნიან ქალისებრ სახსარს ერთმანეთთან. იმის გამო, რომ ტერფში არ არის უნაგირა სახსარი, ტერფის ცერა თითი არ არის ისეთი მოძრავი, როგორც მტევნის ცერა

თითი. ტერფს აქვს ორი ძირითადი თალი, გრძივი და განივი, რომლებიც ძლიერდება იოგებით. ეს არის ვერტიკალური სიარულის ადაპტაცია, რადგან თალები ქმნიან ამორტიზაციას სიარულისას. ქვედა კიდურების ძვლების მნიშვნელოვანი ნაწილები აღწერილია ცხრილში 6-4.

**ცხრილი 6-4 | ქვედა კიდურის ძვლები - მნიშვნელოვანი ნაწილები**

ძვალი	ნაწილი	აღწერა
მენჯის ძვალი (2)	თეძო თეძოს ქედი თეძოს უკანა ზედა წვეტი საჯდომი ძვალი ბოქვენის ძვალი ბოქვენის სიმფიზი ტაბუხის ბუდე	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მენჯის ძვლის ზედა ნაწილი</li> <li>■ თეძოს ძვლის ზედა კიდე</li> <li>■ თეძოს ქედის უკანა გაგრძელება</li> <li>■ მენჯის ძვლის ქვედა, უკანა ნაწილი</li> <li>■ მენჯის ძვლის წინა, მედიალური ნაწილი</li> <li>■ სახსარი ორ ბოქვენის ძვალს შორის</li> <li>■ ჩადრმავება, ქმნის სახსარს ბარძაყის ძვალთან</li> </ul>
ბარძაყის ძვალი	თავი ყელი დიდი ციბრუტი მცირე ციბრუტი როკები	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მრგვალი წანაზარდი, ქმნის სახსარს მენჯთან</li> <li>■ აკავშირებს ბარძაყის თავს მის სხეულთან</li> <li>■ დიდი გვერდითი წანაზარდი ქუნთების</li> <li>■ მცირე მედიალური წანაზარდი მიმაგრება</li> <li>■ ქმნიან სახსარს დიდი წვივის ძვალთან</li> </ul>
დიდი წვივის ძვალი	როკები დიდი წვივის ხორკლი წინა კიდე მედიალური გოჯი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ქმნის სახსარს ბარძაყის ძვალთან</li> <li>■ მრგვალი წანაზარდი (კვირისტავის იოგი)</li> <li>■ ვერტიკალური ქედი</li> <li>■ დისტალური წანაზარდი</li> </ul>
მცირე წვივის ძვალი	თავი ლატერალური გოჯი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ქმნის სახსარს დიდი წვივის ძვალთან</li> <li>■ დისტალური წანაზარდი</li> </ul>
უკანა ტერფის ძვლები	ქუსლი კოჭი კუბური, ნავისებრი სოლისებრი: მედიალური, შუამდებარე, ლატერალური	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ქუსლის ძვალი</li> <li>■ ქმნის სახსარს ქუსლის და დიდი წვივის ძვლებს შორის</li> <li>—</li> </ul>

**ცხრილი 6-5 | ძვალთა შეერთებანი და მათი სახეები**

კატეგორია	ტიპი და აღწერა	მაგალითები
უწყვეტი შეერთებანი (სინარტროზები)	ნაკერი - ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილი ძვლის ზედაპირებს შორის	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ქალას ძვლებს შორის</li> <li>■ სახის ძვლებს შორის</li> </ul>
ხრტილოვანი შეერთებანი (ამფიარტროზები)	სიმფიზები - ბოჭკოვანი ხრტილის დისკი ძვლებს შორის	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მალებს შორის</li> <li>■ ბოქვენის ძვლებს შორის</li> </ul>
წყვეტილი შეერთებანი (სინოვიური)	სფერული - სამღერძიანი სახსარი, მოძრაობა ყველა სიბრტყეში	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მხრის და ბეჭის ძვლებს შორის</li> <li>■ მენჯის და ბარძაყის ძვლები</li> </ul>
	ჭალისებრი - ერთღერძიანი სახსარი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მხარი და იდაყვი</li> <li>■ ბარძაყი და დიდი წვივი</li> <li>■ ფალანგებს შორის</li> </ul>
	ელიფსური - ორღერძიანი სახსარი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ საფეთქლის ძვალსა და ქვედაყბას შორის</li> </ul>
	ცილინდრული - როტაცია, ბრუნვითი მოძრაობა	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ატლასი და აქსისი</li> <li>■ იდაყვის და სხივის ძვლები</li> </ul>
	ბრტყელი - სამღერძიანი სახსარი	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მაჯის ძვლები</li> <li>■ გავა და თეძო</li> </ul>
უნაგირა - ორღერძიანი სახსარი		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ მტევნის ძვლები</li> </ul>

## სახსრები - არტიკულაციები

სახსარი წარმოადგენს ძვლების შეერთებას, ანუ არტიკულაციას.

### სახსრების კლასიფიკაცია

სახსრების კლასიფიკაცია ეფუძნება შესაძლო მოძრაობის რაოდენობას.

**სინართროზი** არის უწყვეტი შეერთებანი, როგორცაა ნაკერი ორ თავის ქალას ძვალს შორის. **ამფიართროზი** არის ოდნავ მოძრავი სახსარი, როგორცაა სიმფიზის სახსარი მეზობელ ძვლებს შორის. **დიართროზი** თავისუფლად მოძრავი სახსარია. ეს არის სახსრების ყველაზე დიდი კატეგორია და მოიცავს სფერულ, ცილინდრულ, ქალისებრ და სხვა სახსრებს. თითოეული ტიპის სახსრის მაგალითები აღწერილია ცხრილში 6-5 და ბევრი მათგანი ილუსტრირებულია ნახ. 6-15-ში.

### წყვეტილი (სინოვიალური) სახსრები

ყველა **დიართროზი**, ანუ წყვეტილი შეერთება, არის სინოვიალური სახსარი, რადგან მათ აქვთ სტრუქტურის მსგავსება. ტიპური სინოვიალური სახსარი ნაჩვენებია სურ. 6-16-ში. თითოეული ძვლის სასახსრე ზედაპირზე არის **სასახსრე ხრტილი**, რომელიც უზრუნველყოფს გლუვ ზედაპირს. ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილისგან დამზადებული **სასახსრე ჩანთა** აკრავს სახსარს და ქმნის ძლიერ გარსს. ეს ჩანთა ხელს უწყობს სახსრის სტაბილურობას. მაგალითად, მენჯის არეში, სასახსრე ჩანთა ვრცელდება ბარძაყის ძვლიდან ტაბუხის ბუდის კიდემდე და მჭიდროდ აკრავს მას. სასახსრე ჩანთას მხრის სახსარში არ აქვს ისეთი მჭიდრო მორგება, რაც მხრის სახსარს მოძრაობის უფრო დიდ დიაპაზონს აძლევს. სასახსრე ჩანთის შიდა ზედაპირი ამოფენილია **სინოვიალური აპკით**, რომელიც გამოყოფს **სინოვიალურ სითხეს** სახსრის ღრუში. სინოვიალური სითხე არის სქელი და ბლანტი და ხელს უშლის ხახუნის წარმოქმნას მოძრაობისას.

ბევრ სინოვიალურ სახსარს ასევე აქვს **სასახსრე აბგა** (ბურსა), რომელიც წარმოადგენს სინოვიალური სითხის პატარა ტომრებს სახსარსა და მყესებს შორის. აბგა საშუალებას აძლევს მყესებს ადვილად სრიალებდეს ძვლების გადაადგილებისას. თუ სახსარი ჭარბად გამოიყენება, შეიძლება დაიწყოს აბგის ანთებითი პროცესი და მოგვცეს ტკივილი; ამ მდგომარეობას ბურსიტი უწოდებენ. სახსრების ზოგიერთი სხვა დარღვევა აღწერილია სამახსოვროში 6-5: ართრიტი.

### დაბერება და ძვალ-სახსროვანი სისტემა

ასაკთან ერთად, ძვლოვანი ქსოვილი უფრო მეტ კალციუმს კარგავს, ვიდრე იძენს. ძვლის მატრიცა თხელდება, თავად ძვლები უფრო მტკრევადი ხდება და მოტეხილობები უფრო სავარაუდოა მსუბუქი ტრავმით. სახსრების სასახსრე ხრტილების ეროზია ასევე დაბერების საერთო შედეგია. დაზიანებული სახსრები მოიცავს წონის მატარებელ სახსრებს, როგორცაა მუხლები და აქტიური, მცირე სახსრები, როგორცაა თითების სახსრები. მიუხედავად იმისა, რომ სახსრების ნორმალური ცვეთისა და გაფუჭების პრევენცია შეუძლებელია, ხანდაზმულ ადამიანებს შეუძლიათ შეინარჩუნონ ძვლის მატრიცა ვარჯიშით (ცეკვით) და კალციუმითა და D ვიტამინით მდიდარი საკვებით.

### შეჯამება

ცოდნა ძვლებისა და სახსრების შესახებ მნიშვნელოვანია შემდეგი თავის შესასწავლად, სადაც აღწერილია კუნთების მოქმედებები, რომლებიც ამოძრავებენ ჩონჩხს. თუმცა მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს, რომ ძვლებს სხვა ფუნქციებიც აქვთ. როგორც ჭარბი კალციუმის შესანახი ადგილი, ძვლები ხელს უწყობენ სისხლში კალციუმის ნორმალური დონის შენარჩუნებას.

ბრტყელ და შერეულ ძვლებში არსებული წითელი ძვლის ტვინი წარმოქმნის სისხლის უჯრედებს: სისხლის წითელ უჯრედებს, სისხლის თეთრი უჯრედებს და თრომბოციტებს. ზოგიერთი ძვალი იცავს სასიცოცხლო ორგანოებს, როგორცაა ტვინი, გული და ფილტვები. ძვლებიც შეიძლება ჩაითვალოს სასიცოცხლო მნიშვნელობის ორგანოებად



## თავი 7

### კუნთოვანი სისტემა

მოგნონთ ცეკვა? უმეტესობას მოსწონს, ან შეიძლება უბრალოდ სიამოვნებას იღებს კარგი მოცეკვავეების ყურებით. ცეკვაში ჩართული გრაცია და კოორდინაცია მრავალი ორგანოს სისტემის ურთიერთქმედების შედეგია, მაგრამ პირველ რიგში ეს არის კუნთოვანი სისტემა.

ადამიანის სხეულში 600-ზე მეტი კუნთია. ამ კუნთების უმეტესობა მიმაგრებულია ჩონჩხის ძვლებზე მყესებით, თუმცა რამდენიმე კუნთი მიმაგრებულია კანის შიდა ზედაპირზე. **კუნთოვანი სისტემის** ძირითადი ფუნქციაა ჩონჩხის მოძრაობა. მოძრაობისთვის საჭირო კუნთების შეკუმშვა ასევე წარმოქმნის სითბოს, რაც ხელს უწყობს სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას. ორგანიზმის სხვა სისტემები, რომლებიც უშუალოდ მონაწილეობენ მოძრაობაში, არის ნერვული, სასუნთქი და სისხლის მიმოქცევის სისტემები. ნერვული სისტემა მოტორული ნეირონების საშუალებით გადასცემს ელექტროქიმიურ იმპულსებს, რომლებიც ინვევენ კუნთების უჯრედების შეკუმშვას. სასუნთქი სისტემა ცვლის ჟანგბადს და ნახშირორჟანგს ჰაერსა და სისხლს შორის. სისხლის მიმოქცევის სისტემა აწვდის ჟანგბადს კუნთებს და გამოაქვს ნახშირორჟანგს. ორგანიზმის სისტემების ეს ურთიერთქმედება განხილულია ამ თავში, რომელიც ფოკუსირებულია **ჩონჩხის კუნთებზე**. არსებობს კუნთოვანი ქსოვილის კიდევ ორი ტიპი: გლუვი კუნთი და გულის კუნთი. ამ ტიპის კუნთოვანი ქსოვილი განხილული იქნება სხვა თავებში იმ ორგანოებთან დაკავშირებით, რომელთა ნაწილიც ისინი არიან.

ამ თავში განიხილება კუნთების მაკრო ანატომია და ფიზიოლოგია, ასევე კუნთების უჯრედების მიკროსკოპული სტრუქტურა და კუნთების შეკუმშვის ბიოქიმიაც.

### კუნთების სტრუქტურა

კუნთების ყველა უჯრედი შექმნილია შეკუმშვისთვის. როდესაც ეს უჯრედები იკუმშება, ისინი მოკლდება და ამოძრავებს ძვალს. თითოეული ჩონჩხის კუნთი შედგება ათასობით ცალკეული კუნთოვანი უჯრედისგან, რომლებსაც ასევე შეიძლება ვუწოდოთ **მიოციტები** ან **კუნთების ბოჭკოები** (იხ. სურ. 7-3). კუნთის დატვირთვიდან გამომდინარე, კუნთების ბოჭკოების ცვლადი რაოდენობა იკუმშება. როდესაც თითის კუნთები იჭერენ ფანქარს ასაღებად, მაგალითად, კუნთების ბოჭკოების მხოლოდ მცირე ნაწილი იკუმშება თითოეულ თითის მომხრელ კუნთში. თუ კუნთს მეტი სამუშაო აქვს, მაგალითად, ნიგნის აწევა, უფრო მეტი კუნთოვანი ბოჭკო შეიკუმშება ამოცანის შესასრულებლად.

კუნთები მყარად არის მიმაგრებული ძვლებზე **მყესების** მეშვეობით. მყესების უმეტესობა თოკის მსგავსია, თუმცა ზოგიერთი ბრტყელი ფორმისაა; ბრტყელ მყესს **აპონევროზი** ეწოდება (იხ. სურ. 7-9). მყესები შედგება ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილისგან, რომელიც, არის ძალიან ძლიერი და ერწყმის **ფასციას**, რომელიც ფარავს კუნთს და **ძვლისსაზრდელას**, ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის გარსს, რომელიც ფარავს ძვლებს. კუნთს ჩვეულებრივ აქვს მინიმუმ ორი მყესი, თითოეული მაგრდება სხვადასხვა ძვალზე. კუნთის უფრო უმოძრაო მიმაგრება არის **კუნთის დანყება**; უფრო მოძრავ დანართს ეწოდება **კუნთის მიმაგრება**. კუნთი თავისთავად კვეთს იმ ორი ძვლის შემაერთებელ სახსარს, რომელზედაც ის არის მიმაგრებული, და როდესაც კუნთი იკუმშება, ის უბიძგებს ძვალს კონკრეტული მიმართულებით სამოძრაოდ.

### კუნთების განლაგება

კუნთები განლაგებულია ჩონჩხის ირგვლივ ისე, რომ მოხდეს სხვადასხვა სახის მოძრაობა. კუნთების მოწყობის ორი ზოგადი ტიპია: საწინააღმდეგო მოძრაობის შემსრულებელი **ანტაგონისტები** და ერთნაირი მოძრაობის შემსრულებელი **სინერგისტები**.

#### ანტაგონისტური კუნთები

ანტაგონისტები არის კუნთები, რომლებიც სახსარზე საწინააღმდეგო მოძრაობას ასრულებენ (იხ. ნახ. 7-1). მხრის ორთავა კუნთი (*Biceps brachii m.*) არის კუნთი, რომელიც განლაგებული

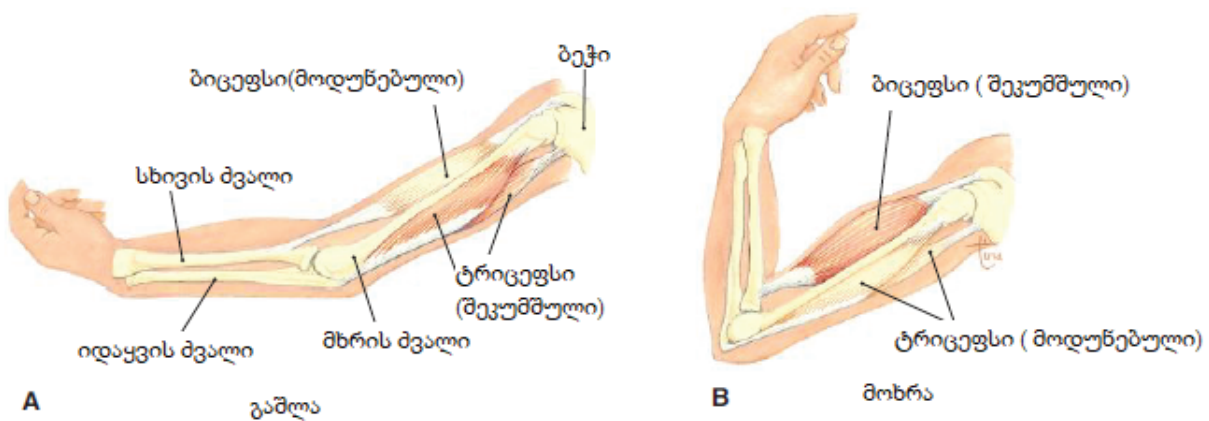
ლია მხრის ძვლის წინა ზედაპირზე. ორთავა კუნთი იწყება ბეჭზე (ფაქტობრივად ამ კუნთს აქვს ორი მყესი, აქედან გამომდინარე სახელწოდება ორთავა), ხოლო მისი მიმაგრება ხდება სხივის ძვალზე. როდესაც ორთავა კუნთი იკუმშება, ის იწვევს წინამხრის **მოხრას (flexion)** იდაყვის სახსარში, ანუ იდაყვის მოხრას (იხ. ცხრილი 7-4). შეგახსენებთ, რომ როდესაც კუნთი იკუმშება, ის მოკლდება და ახორციელებს მოზიდვას. კუნთებს არ გააჩნიათ განზიდვის ფუნქცია, რადგან მოდუნებისას ისინი არ წარმოქმნიან ძალას. ამიტომ, ორთავას შეუძლია იდაყვის მოხრა, მაგრამ **გაშლა** არ შეუძლია; საჭიროა კიდევ ერთი კუნთი. მხრის სამთავა კუნთი (**triceps brachii m.**), რომელიც განლაგებულია მხრის ძვლის უკანა ზედაპირზე. სამთავა კუნთი იწყება (პრეფიქსი ტრი ნიშნავს, რომ სამი თავია) ბეჭსა და მხრის ძვალზე, ხოლო მისი მიმაგრება ხდება იდაყვის ძვალზე. როდესაც ტრიციფსი იკუმშება, ის **შლის** წინამხარს იდაყვის სახსარში.

სახსრებს, რომლებსაც შეუძლიათ სხვადასხვა მოძრაობები, აქვთ ანტაგონისტი კუნთების რამდენიმე ნაკრები. მხრის განზიდვა (გვერდითი აწევა) დელტისებრი კუნთის ფუნქციაა. მხრის მოზიდვა დამოკიდებულია **მკერდის დიდ და ზურგის უგანიერეს** კუნთებზე. მხრის მოხრა (მკერდის გასწვრივ) ასევე დამოკიდებულია **მკერდის დიდ კუნთზე**, ხოლო მხრის გაშლა (ზურგისკენ) ზურგის უგანიერეს კუნთზე. ყველა ეს კუნთი აღწერილი და გამოსახულია ცხრილებსა და სურათებში ამ თავში. ანტაგონისტური კუნთების გარეშე, ასეთი მრავალფეროვანი მოძრაობები შეუძლებელი იქნებოდა.

მოძრაობის დიაპაზონის (**Range-of-Motion ROM**) სავარჯიშოები, ხშირად რეკომენდებულია სანოლში მიჯაჭვული პაციენტებისთვის. ასეთი სავარჯიშოები შექმნილია სახსრის ანტაგონისტური კუნთების დაჭიმვისა და შეკუმშვის მიზნით, რათა შენარჩუნდეს რაც შეიძლება მეტი კუნთების ფუნქცია და სახსრების მობილურობა.

### სინერგისტული კუნთები

სინერგისტული კუნთები არის ერთი მიმართულებით მომუშავე კუნთები, ან ისინი, რომლებიც ერთად მუშაობენ კონკრეტული ფუნქციის შესასრულებლად. შეგახსენებთ, რომ მხრის ორთავა კუნთი აბრუნებს (როტაცია) წინამხარს. მხარ-სხივის კუნთი, რომელიც იწყება მხრის ძვალზე და უმაგრდება სხივის ძვალს, ასევე აბრუნებს წინამხარს. არსებობს წინამხრის მესამე მომხრელი კუნთიც, მხრის კუნთი. შეიძლება გაგიკვირდეთ, რატომ გვჭირდება სამი კუნთი ერთი და იგივე ფუნქციის შესასრულებლად და ახსნა მდგომარეობს ხელის ფართო მოძრაობის დიაპაზონში. თუ ხელი ხელისგულებით ზემოთ არის ორიენტირებული, მხრის ორთავა კუნთი ასრულებს მოქნილობის ძირითად სამუშაოს და შეიძლება ეწოდოს **მთავარი მამოძრავებელი**.



სურათი 7- 1 ანტაგონისტური კუნთები (A) წინამხრის გაშლა (B) წინამხრის მოხრა

**შეკითხვა: ორთავა კუნთის შეკუმშვის დროს, რა ემართება მის სიგრძეს და რა სახის ძალას წარმოქმნის?**

როდესაც ხელის ცერი მაღლაა ორიენტირებული, მხარ-სხივის კუნთი არის ისეთ პოზიციაში, რომ წარმოადგენს მთავარ მამოძრავებელს, და როდესაც ხელი დაშვებულია, მხრის კუნთი ხდება მთავარი მამოძრავებელი. კუნთებს ასევე შეიძლება ეწოდოს სინერგისტები, თუ ისინი

ხელს უწყობენ სახსრის სტაბილიზაციას (სტაბილურობას), რათა უფრო ზუსტი მოძრაობა იყოს შესაძლებელი. თუ თქვენ დაღვეთ ჭიქა წყალს, მხრის ორთავა კუნთი შეიძლება იყოს მთავარი მამოძრავებელი ძალა წინამხრის მოსახრელად. ამავდროულად, მხრის კუნთები ინარჩუნებს ამ სახსრის სტაბილურობას, ისე, რომ წყალი მოხვდეს პირის ღრუში და არა მხარზე ან ნიკაპზე ქვემოთ.

## თავის ტვინის როლი

ჩვენი უმარტივესი მოძრაობებიც კი მოითხოვს მრავალი კუნთის ურთიერთქმედებას, ხოლო ჩონჩხის კუნთების შეკუმშვა დამოკიდებულია თავის ტვინზე. მოძრაობაზე პასუხისმგებელი ნერვული იმპულსები მოდის თავის ტვინის **შუბლის წილებიდან**. **დიდი ტვინი (ცერებრი)** ტვინის უდიდესი ნაწილია. შუბლის წილების **მოტორული უბნები** წარმოქმნიან ელექტროქიმიურ იმპულსებს, რომლებიც მოძრაობენ მოტორული ნეირონების (ნერვებში გაერთიანებული) გასწვრივ კუნთოვანი ბოჭკოებისკენ, რაც იწვევს კუნთების ბოჭკოების შეკუმშვას.

მოტორული ნეირონის აქსონი იყოფა ბევრ განშტოებად, შესაბამისად, ერთმა ნეირონმა შეიძლება რამდენიმე ასობით კუნთოვანი ბოჭკოსკენ გადასცეს იმპულსები (ინერვაცია); ამას ეწოდება **მოტორული ერთეული**. მცირე მოტორული ერთეულები, რომელიც შედგება 2-დან 100-მდე კუნთოვანი ბოჭკოებისგან და რეგულირდება თითო ნეირონით, გვხვდება კუნთებში, რომლებიც ასრულებენ მცირე, ზუსტ მოძრაობებს, როგორცაა თითების ან თვალბის მოძრაობა. დიდი მოტორული ერთეულები, რომელიც შედგება რამდენიმე ასეული ან მეტი კუნთოვანი ბოჭკოსგან და რეგულირდება თითო ნეირონით, გვხვდება კუნთებში, სადაც ჩვეულებრივ საჭიროა ძლიერი მოძრაობები და არა ზუსტი მოძრაობები, როგორცაა ქვედა კიდურების დიდი კუნთები.

იმისთვის, რომ მოძრაობა ეფექტური იყოს, ზოგიერთი კუნთი უნდა შეიკუმშოს, ზოგი კი მოდუნდეს. როდესაც ფეხით დავდივართ, მაგალითად, ბარძაყის წინა და უკანა ანტაგონისტური კუნთების შეკუმშვა-მოდუნების მონაცვლეობით, ნაბიჯები უფრო გლუვი და ეფექტური ხდება. ამას ვუწოდებთ **კოორდინაციას**, რომელიც წარმოადგენს უნებლიე პროცესს. კოორდინაცია ხდება არაცნობიერ დონეზე და რეგულირდება ნათხემით (ცერებელუმი), რომელიც მდებარეობს თავის ტვინის კეფის წილების ქვემოთ.

## კუნთის ტონუსი

ძილის გარკვეული ეტაპების გარდა, ჩვენი კუნთების უმეტესობა მცირე შეკუმშულ მდგომარეობაშია; ეს არის ის, რაც ცნობილია როგორც კუნთების ტონუსი.

მაგალითად, ჯდომისას, კისრის კუნთების ტონუსი ინარჩუნებს თავს მაღლა, ხოლო ზურგის კუნთების ტონუსი ინარჩუნებს ზურგს პირდაპირ.

ეს არის კუნთების ტონუსის მნიშვნელოვანი ფუნქცია ადამიანისთვის, რადგან გვეხმარება ვერტიკალური პოზის შენარჩუნებაში. იმისათვის, რომ კუნთი ოდნავ შეკუმშული დარჩეს, ამ კუნთის მხოლოდ რამდენიმე კუნთოვანი ბოჭკო უნდა შეკუმშოს.

ალტერნატიული ბოჭკოები (სხვადასხვა მოტორული ერთეული) იკუმშება ისე, რომ კუნთი მთლიანობაში არ დაიღლება.

ეს ჰგავს პიანისტს, რომელიც მუდმივად ატრიალებს თითებს ფორტეპიანოს კლავიშებზე - ზოგიერთი ნოტი ყოველთვის ყლერს ნებისმიერ მოცემულ მომენტში, მაგრამ ნოტები, რომლებიც ყლერს ყოველთვის იცვლება.

ალტერნატიული ბოჭკოების ეს შეკუმშვა, კუნთების ტონუსი, ასევე რეგულირდება ტვინის ცერებრუმით.

კუნთების ბოჭკოებს სჭირდებათ ATP-ის (ადენოზინტრიფოსფატის) ენერგია შეკუმშვისთვის.

როდესაც ისინი წარმოქმნიან ATP-ს უჯრედებს სუნთქვის პროცესში, კუნთების ბოჭკოები ასევე გამოიმუშავენ სითბოს.

ნორმალური კუნთების ტონუსით გამომუშავებული სითბო არის სხეულის მთლიანი სითბოს დაახლოებით 25% დასვენების დროს.

ვარჯიშის დროს, რა თქმა უნდა, სითბოს გამომუშავება მნიშვნელოვნად იზრდება.



## ვარჯიში

კუნთების კარგი ტონუსი აუმჯობესებს კოორდინაციას. როდესაც კუნთები ოდნავ შეკუმშულია, მათ შეუძლიათ უფრო სწრაფად რეაგირება მოახდინონ მეტი დატვირთვის საჭიროების შემთხვევაში. დაბალი ტონუსის მქონე კუნთები, როგორც წესი, რბილია, თუმცა ვარჯიშით შესაძლებელია ტონუსის გაუმჯობესება.

ვარჯიშის ორი ტიპი არსებობს: იზოტონური და იზომეტრიული. **იზოტონური ვარჯიშის** დროს კუნთები იკუმშება და ახდენს მოძრაობას. სირბილი, ცურვა, სიმძიმეების აწევა და სიარული ამის კარგი მაგალითებია. იზოტონური ვარჯიში აუმჯობესებს კუნთების ტონუსს, კუნთების სიძლიერეს, ისევე როგორც კუნთების ზომას (წონის ვარჯიშების შემთხვევაში). ამ ტიპის ვარჯიში ასევე აუმჯობესებს გულ-სისხლძარღვთა და სასუნთქი სისტემების ფუნქციას, რადგან მოძრაობისას იზრდება მოთხოვნილება გულსა და სასუნთქ კუნთებზე. თუ კეთდება 30 წუთის ან მეტი ხნის განმავლობაში, ასეთ ვარჯიშს შეიძლება ეწოდოს აერობული, რადგან ის აძლიერებს გულის და რესპირატორულ კუნთებს, ასევე ჩონჩხის კუნთებს.

იზოტონური შეკუმშვა ორი სახისაა, კონცენტრული ან ექსცენტრული. **კონცენტრული შეკუმშვის** დროს კუნთი მოკლდება, რადგან ის ძლიერად იკუმშება. **ექსცენტრული შეკუმშვის** დროს კუნთი უფრო გრძელი ხდება, რადგან ის ჯერ კიდევ შეკუმშვის ძალის ქვეშაა. წარმოიდგინეთ წიგნის ნელა აწევისას იდაყვის სახსარის მოძრაობა და წიგნის აწევა დამოკიდებულია ტრიცეფსის კონცენტრულ შეკუმშვაზე. წარმოიდგინეთ, წიგნის ნელა დაწევისას ტრიცეფსი კვლავ იკუმშება, მიუხედავად იმისა, რომ ის წაგრძელებულია, რადგან ის ქმნის ძალას გრავიტაციის წინააღმდეგ (რაც წიგნს სწრაფად დააგდებდა). ეს არის ექსცენტრული შეკუმშვა.

**იზომეტრიული ვარჯიში** გულისხმობს შეკუმშვას მოძრაობის გარეშე. თუ ხელისგულებს ერთმანეთზე მიადებთ და ხელებს ერთმანეთზე დააჭერთ, იგრძნობთ, რომ მკლავის კუნთები იკუმშება. თუ ორივე ხელი თანაბრად აწევა, მოძრაობა არ მოხდება; ეს არის იზომეტრიული შეკუმშვა. ასეთი ვარჯიშები ზრდის კუნთების ტონუსს და კუნთების ძალას, თუმცა არ განიხილება აერობულ ვარჯიშად. როდესაც სხეული მოძრაობს, ტვინი იღებს სენსორულ ინფორმაციას ამ მოძრაობის შესახებ სახსრებიდან და პასუხობს რეფლექსების მეშვეობით, რომლებიც ზრდის გულისცემას და სუნთქვას. მოძრაობის გარეშე ტვინი არ იღებს ამ სენსორულ ინფორმაციას და გულისცემა და სუნთქვა არ მატულობს, თითქმის ასე ხდება იზოტონური ვარჯიშის დროს.

ჩვენს მიერ განხორციელებული მრავალი მოძრაობა მოიცავს როგორც იზოტონურ, ასევე იზომეტრულ შეკუმშვას. მაგალითად, კარის გაღება მოითხოვს მკლავის კუნთების იზოტონურ შეკუმშვას, თუმცა თუ კარს სხვისთვის ვაღებთ, ეს შეკუმშვა ხდება იზომეტრიული. ფანქრის აღება იზოტონურია, ხოლო მისი ხელში დაჭერა იზომეტრიულია. აღმართზე სიარული მოიცავს კონცენტრულ იზოტონურ შეკუმშვას და შეიძლება საკმაოდ რთული (ძალისხმევა) იყოს. დაღმართზე სიარული უფრო ადვილი ჩანს, მაგრამ არანაკლებ რთულია. ექსცენტრული იზოტონური შეკუმშვა თითოეულ ნაბიჯს აქცევს ზუსტად მიზანმიმართულ და კონტროლირებად ვარდნად გრავიტაციის წინააღმდეგ. ეს სხვადასხვა სახის შეკუმშვა საჭიროა უმარტივესი აქტივობებისთვისაც კი. (კუნთების სიძლიერის მატებასთან დაკავშირებით, იხილეთ სამახსოვრო 7-1: ანაბოლური სტეროიდები.)

ვარჯიში ასევე ავლენს ჩონჩხის კუნთის კიდევ ერთ ასპექტს, რომელიც ახლახან აღმოაჩინეს. განივზოლიანი კუნთი ასევე წარმოადგენს ენდოკრინულ ქსოვილს, ხოლო ვარჯიში ასტიმულირებს ჰორმონ **ირისინის** სეკრეციას. ეს ჰორმონი (მიოკინი; მიოკინი ნიშნავს “კუნთების სიგნალს”) გავლენას ახდენს ცხიმოვან ქსოვილზე და გარდაქმნის თეთრ ცხიმოვან უჯრედებს ყავისფერ ადიპოციტებად (ცხიმოვან უჯრედებად). გავიხსენოთ მე-4 თავიდან, რომ თეთრი ცხიმოვანი უჯრედები ინახავს ცხიმს, მაგრამ ყავისფერი ცხიმოვანი უჯრედები თერმოგენურია, ანუ სითბოს მარეგულირებელი. ისინი ცხიმის მეტაბოლიზმში იღებენ მონაწილეობას, კერძოდ მის დაშლაში  $\text{CO}_2$ -სა და  $\text{H}_2\text{O}$ -მდე, ასევე გამოიყოფა ენერგია სითბოს სახით. ნაწილობრივ, ამიტომაც რეგულარულ და თანმიმდევრულ ვარჯიშს შეუძლია ხელი შეუწყოს წონის დაკლებას.

## კუნთების შეგრძნება

როცა კიბეზე აღიხართ, გჭირდებათ შეხედოთ ფეხებზე, რომ თვალყური ადევნოთ თითოეულის მოძრაობაზე შემდეგ საფეხურზე? რა თქმა უნდა არა და ამაში მონაწილეობს კუნთების შეგრძნება. **კუნთების შეგრძნება (პროპრიოცეფცია)** არის ტვინის უნარი, იცოდეს სად მდებარეობს ჩვენი კუნთები და რა ფუნქციას ასრულებენ რეალურ დროში, ეს ხდება გაუცნობიერებლად.

კუნთებში წარმოდგენილია რეცეპტორები, რომლებსაც უწოდებენ **დაჭიმვის რეცეპტორებს** (ან **პროპრიოცეპტორებს** ან **ნერვკუნთოვან თითისტარას**). ყველა სენსორული რეცეპტორის ზოგადი ფუნქციაა ცვლილებების გამოვლენა/დეტექცია. დაჭიმვის რეცეპტორების ფუნქციაა კუნთის სიგრძის ცვლილებების აღმოჩენა დაჭიმვისას. ამ რეცეპტორების მიერ წარმოქმნილი სენსორული იმპულსები ტვინის მიერ განიმარტება, როგორც გონებრივი „სურათი“ კუნთის ადგილმდებარეობისა რეალურ დროში.

ჩვენ შეიძლება გავაცნობიეროთ კუნთების შეგრძნება, თუმცა ჩვეულებრივ ის არაცნობიერია. წარმოიდგინეთ, როგორი ცხოვრება იქნებოდა, თუ ჩვენ მოგვინევდა თვალყურის დევნა თითოეულ მოძრაობას, რათა დავრწმუნებულიყავით, რომ ხელი ან ფეხი შეასრულებდა თავის დანიშნულ ფუნქციას. თუნდაც მარტივი აქტივობები, როგორიცაა სიარული ან ჭამა, მოითხოვდა ჩვენს მუდმივ ყურადღებას.

არის შემთხვევები, როცა ჩვენ გვინევს გავაცნობიეროთ ჩვენი კუნთების შეგრძნებები. ისეთი უნარების სწავლა, როგორიცაა აკრეფა ან გიტარაზე დაკვრა, მოიცავს თითების ძალიან ზუსტ მოძრაობებს და დამწყები ხშირად აკვირდებიან თითებს, რათა დარწმუნდნენ, რომ ისინი სწორად მოძრაობენ. თუმცა, პრაქტიკაში, მოძრაობები უბრალოდ „იგრძნობა“ სწორად, რაც ნიშნავს, რომ ტვინმა ჩამოაყალიბა დავალების ძალიან კარგი გონებრივი „სურათი“. კუნთების გრძნობა კვლავ უპირობო ხდება და გამოცდილ გიტარისტს აღარ სჭირდება ყოველი მოძრაობის დაკვირვება.

ყველა შეგრძნება არის ტვინის აქტივობის ფუნქცია და კუნთების გრძნობა არ არის განმარტებული. კუნთების გრძნობის იმპულსები ინტეგრირებულია თავის ტვინის თხემის წილებში (ცნობიერი) და ნათხემში (არაცნობიერი) და გამოიყენება კოორდინაციისთვის.

### სამახსოვრო 7-1 | ანაბოლური სტეროიდები

ანაბოლური სტეროიდები წარმოადგენენ სინთეზურ პრეპარატებს, რომლებიც სტრუქტურით და მოქმედებით ძალიან ჰგავს მამრობითი სქესის ჰორმონის ტესტოსტერონს.

ტესტოსტერონის ნორმალური სეკრეცია, რომელიც იწყება მამაკაცებში პუბერტატულ პერიოდში ზრდის კუნთების ზომას და არის მიზეზი იმისა, რომ მამაკაცებს ჩვეულებრივ უფრო დიდი კუნთები აქვთ ვიდრე ქალებს.

ზოგიერთი სპორტსმენი, როგორც მამაკაცი, ასევე ქალი, როგორც მოყვარული, ასევე პროფესიონალი, იღებს ანაბოლურ სტეროიდებს კუნთების მასის და სიძლიერის ზრდისთვის.

ეჭვგარეშეა, რომ ანაბოლური სტეროიდების გამოყენება ზრდის კუნთების ზომას, მაგრამ არსებობს საფრთხეები და ზოგიერთი მათგანი ძალიან სერიოზულია.

ასეთი თვითმკურნალობის გვერდითი მოვლენები მოიცავს ღვიძლისა და თირკმელების დაზიანებას, რეპროდუქციული ციკლის დარღვევას და ფსიქიკურ ცვლილებებს, როგორიცაა გაღიზიანება და აგრესიულობა.

ქალ-სპორტსმენებს შეიძლება განუვითარდეთ სახის და სხეულის თმის ზრდა და შესაძლოა გახდნენ სტერილური მამრობითი ჰორმონის საკუთარ ჰორმონალურ ციკლებზე ზემოქმედების შედეგად.

წამლების ტესტირება გაუმჯობესდა, სტეროიდების მწარმოებლები ცდილობენ შექმნან ისეთი ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც ნაკლებად საზიანოა.

ტესტოსტერონის სინთეზური ფორმა არ განირჩევა ბუნებრივი ტესტოსტერონისგან ტესტირების არსებული მეთოდებით.

თუმცა, ეს სინთეზური ნივთიერებები ასე ადვილად

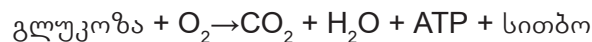
არ მეტაბოლიზდება ღვიძლში და მისმა გამოყენებამ შესაძლოა გამოიწვიოს ღვიძლის სიმსივნე ან ღვიძლის უკმარისობა.

## კუნთების შეკუმშვისთვის მნიშვნელოვანი ენერჯის წყაროები

სანამ კერძოდ შეკუმშვის პროცესს განვიხილავთ, ჯერ გადავხედოთ, როგორ იღებენ კუნთების ბოჭკოები იმ ენერჯიას, რომელიც საჭიროა შეკუმშვისთვის. კუნთების შეკუმშვის ენერჯის პირდაპირი წყაროა **ATP** (ატფ-ი). თუმცა, **ATP** არ ინახება დიდი რაოდენობით კუნთების ბოჭკოებში და შეკუმშულ ბოჭკოებში იშლება რამდენიმე წამში.

ენერჯის მეორადი წყაროებია კრეატინ ფოსფატი და გლიკოგენი. **კრეატინ ფოსფატი**, **ATP**-ის მსგავსად, ენერჯის გადამტანი მოლეკულაა. როდესაც ის იშლება (ფერმენტის/ენზიმის მიერ) კრეატინად, ფოსფატად და გამოიყოფა ენერჯია, რომელიც გამოიყენება მეტი ატფ-ის სინთეზისთვის. წარმოქმნილი კრეატინის უმეტესი ნაწილი გამოიყენება კრეატინ ფოსფატის რესინთეზისთვის, მაგრამ ნაწილი გარდაიქმნება **კრეატინინად**, აზოტის ნარჩენ პროდუქტად, რომელიც გამოიყოფა თირკმელებით.

კუნთების ბოჭკოებში ენერჯის ყველაზე უხვი წყაროა **გლიკოგენი**. როდესაც გლიკოგენი საჭიროა ენერჯის უზრუნველსაყოფად მდგრადი შეკუმშვისთვის (რამდენიმე წამზე მეტი), ის ჯერ იშლება **გლუკოზის** მოლეკულებად, რაც შედის გლიკოგენის შემადგენლობაში. გლუკოზა შემდგომში იშლება უჯრედული სუნთქვის პროცესში, რათა გამოიმუშაოს **ATP** და კუნთების ბოჭკოები შეიძლება გააგრძელონ შეკუმშვა. გავიხსენოთ მე-2 თავიდან ჩვენი მარტივი რეაქცია უჯრედის სუნთქვაზე:



ჯერ შეხედეთ ამ რეაქციის პროდუქტებს. **ATP** გამოიყენება კუნთების ბოჭკოების შეკუმშვისთვის. წარმოქმნილი სითბო ხელს შეუწყობს სხეულის ტემპერატურის რეგულაციას და, თუ ვარჯიში დაძაბულია, გაზრდის სხეულის ტემპერატურას. წყალი ხდება უჯრედშიდა წყლის ნაწილი, ნახშირორჟანგი კი ნარჩენი პროდუქტია, რომელიც ამოსუნთქვით გამოიყოფა სხეულის გარეთ.

ახლა შეხედეთ რა არის საჭირო გლუკოზისგან ენერჯის გამოსაყოფად: **ჟანგბადი**. ჟანგბადის არსებობისას უჯრედული სუნთქვა ხდება **აერობული** პროცესი. კუნთებს აქვთ ჟანგბადის ორი წყარო. სისხლი უზრუნველყოფს ფილტვებიდან ჟანგბადის უწყვეტ მიწოდებას; ჟანგბადს ატარებს **ჰემოგლობინი** არსებული სისხლის წითელ უჯრედებში. თავად კუნთების ბოჭკოებში არის კიდევ ერთი ცილა, რომელსაც ეწოდება **მიოგლობინი** (გამოსახულია სურ. 2-8 ნაწილი ე), რომელიც კუნთების უჯრედებში ინახავს ჟანგბადის გარკვეულ რაოდენობას. ჰემოგლობინიც და მიოგლობინიც შეიცავს რკინას, რაც მათ ჟანგბადთან შეკავშირების საშუალებას აძლევს. (რკინა ასევე აძლევს ორივე მოლეკულას წითელ ფერს და კერძოდ მიოგლობინი აძლევს კუნთების ქსოვილს წითელ ან მუქ შეფერილობას.)

დაძაბული ვარჯიშის დროს მიოგლობინში შენახული ჟანგბადი სწრაფად იხარჯება და რეგულარულმა სისხლის მიმოქცევამ შეიძლება ვერ მიაწოდოს ჟანგბადი საკმარისად სწრაფად, რათა სრულად წარიმართოს აერობული უჯრედის სუნთქვა. მიუხედავად იმისა, რომ სუნთქვის სისწორე მატულობს, კუნთების ბოჭკოებში შესაძლოა ფაქტიურად ჟანგბადი ამოიწუროს. ამ მდგომარეობას ეწოდება **ჟანგბადის დავალიანება/დეფიციტი** და ამ შემთხვევაში გლუკოზა მთლიანად ვერ იშლება ნახშირორჟანგად და წყლის მოლეკულად. თუ ჟანგბადი არ არის (ან არ არის საკმარისი რაოდენობით), უჯრედის სუნთქვის პროცესი ხდება **ანაერობული** და გლუკოზა გარდაიქმნება შუალედურ მოლეკულად, რომელსაც ეწოდება **რძემჟავა** (ან ლაქტატი:  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3$ ). რძემჟავა აქვეითებს უჯრედშიდა სითხის pH-ს და ხელს უწყობს **კუნთების დაღლას**.



დადლის დროს კუნთოვანი ბოჭკოები ვერ იკუმშება ეფექტურად და შეკუმშვა შეიძლება გახდეს მტკივნეული. ჟანგბადის დეფიციტში ყოფნა ნიშნავს, რომ სხეულში ჟანგბადის ნაკლებობაა. რძის მჟავა კუნთებიდან გადადის სისხლში და ხვდება ღვიძლში, სადაც ის გარდაიქმნება პიროყურძნის მჟავად (ან პირუვატად (სამ ნახშირბადიანი):  $C_3H_3O_3$ ), რომელიც წარმოადგენს მარტივ ნახშირწყალს და მოგვიანებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას ენერჯის წარმოსაქმნელად. რძის მჟავის პირუვატად გარდაქმნისთვის სჭირდება ATP, ხოლო ჟანგბადი საჭიროა ღვიძლში აუცილებელი ატფ-ის წარმოებისთვის. სწორედ ამიტომ, დაძაბული ვარჯიშის შემდეგ, სუნთქვის სიხშირე და გულისცემა გარკვეული დროით მაღალი რჩება და მხოლოდ თანდათან უბრუნდება ნორმას. ამ მდგომარეობის კიდევ ერთი სახელია **აღდგენითი ჟანგბადის ათვისება**, რომელიც უფრო ხანგრძლივი, თუმცა საჭირო პროცესია. რა არის ამის ფუნქცია? მძიმე ვარჯიშის შემდეგ აღდგენა.

## კუნთოვანი ბოჭკო - მიკროსკოპული სტრუქტურა

ერთ კუნთში წარმოდგენილია ათასობით ცილინდრული უჯრედი. თითოეულ კუნთოვან ბოჭკოს აქვს საკუთარი მოტორული ნერვული დაბოლოება; **ნეიროკუნთოვანი შეერთება** წარმოადგენს ადგილს, სადაც მოტორული ნეირონი ბოლოვდება კუნთის ბოჭკოზე (სურ. 7-2 და ცხრილი 7-1). **აქსონის დაბოლოება** წარმოადგენს მოტორული ნეირონის გაფართოებულ ბოლოს; ის შეიცავს ნეიროტრანსმიტერი **აცეტილქოლინის (ACh)** ტომსიკებს. კუნთოვანი ბოჭკოების უჯრედულ მემბრანას ეწოდება **სარკოლემა**, რომელიც შეიცავს აცეტილქოლინის რეცეპტორებს და ინაქტივატორს, რომელსაც **ქოლინესტერაზას** უწოდებენ. **სინაფსი** (ან სინაფსური ნაპრალი) არის მცირე სივრცე აქსონის დაბოლოებასა და სარკოლემას შორის.

კუნთების ბოჭკოები შედგება ათასობით ინდივიდუალური შეკუმშვის ერთეულისგან, რომელსაც ეწოდება **სარკომერები** განლაგებულ ცილინდრებში, რომელსაც ეწოდება **მიოფიბრილები**. სარკომერის სტრუქტურა ნაჩვენებია სურათზე 7-3: **Z** ზოლები წარმოადგენენ სარკომერის საზღვრებს. სქელი ფილამენტები, რომლებიც ძირითადად ცილოვანი **მიოზინისაგან** შედგება, სარკომერის ცენტრშია განლაგებული, ხოლო თხელი ფილამენტები, რომლებიც შეიცავს ცილოვან **აქტინს**, ბოლოებშია და მიმაგრებულია **Z** ზოლებზე. მიოზინის ფილამენტები მიმაგრებულია **Z** ზოლებზე პროტეინი **ტიტინის** მეშვეობით.

მიოზინი და აქტინი კუნთოვანი ბოჭკოების შეკუმშვის პროტეინებია. მათი ურთიერთქმედება იწვევს კუნთების შეკუმშვას. ასევე წარმოდგენილია ორი ინჰიბიტორული ცილა, **ტროპონინი** და **ტროპომიოზინი**, რომლებიც ასევე წარმოადგენენ თხელ ფილამენტებს და ხელს უშლის აქტინისა და მიოზინის დაკავშირებას, როდესაც კუნთოვანი ბოჭკო მოდუნებულია.

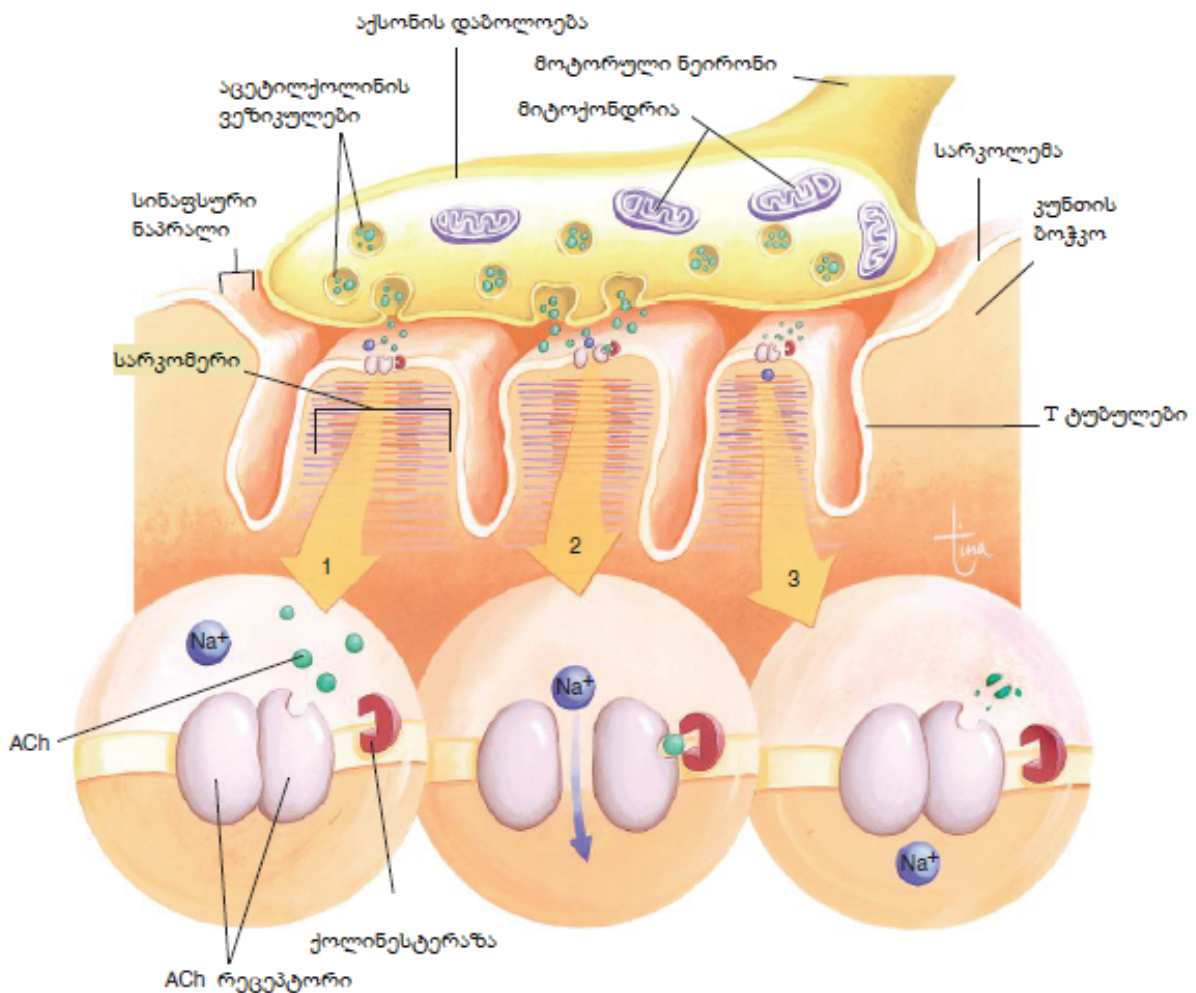
სარკომერების ირგვლივ არის **სარკოპლაზმური ბადე**, კუნთოვანი უჯრედების ენდოპლაზმური ბადე. სარკოპლაზმური ბადე არის კალციუმის იონების ( $Ca^{+2}$ ) რეზერვუარი, რომლებიც აუცილებელია შეკუმშვის პროცესისთვის.

### ცხრილი 7- 1 | ნეიროკუნთოვანი შეერთება

ნაწილი	აღწერა
აქსონის დაბოლოება	მოტორული ნეირონის ბოლო: შეიცავს აცეტილქოლინის ვეზიკულებს, რომლებიც იხსნება ნერვული იმპულსის მოსვლის დროს.
სარკოლემა	კუნთის ბოჭკოს უჯრედის მემბრანა; აქვს აცეტილქოლინის რეცეპტორები.
სინაფსური ნაპრალი	სივრცე აქსონის დაბოლოებასა და სარკოლემას შორის.
აცეტილქოლინის რეცეპტორი	სარკოლემას ცილა რომელიც ქმნის <b>Na<sup>+</sup></b> იონის არხს, რომელიც იხსნება აცეტილქოლინით.

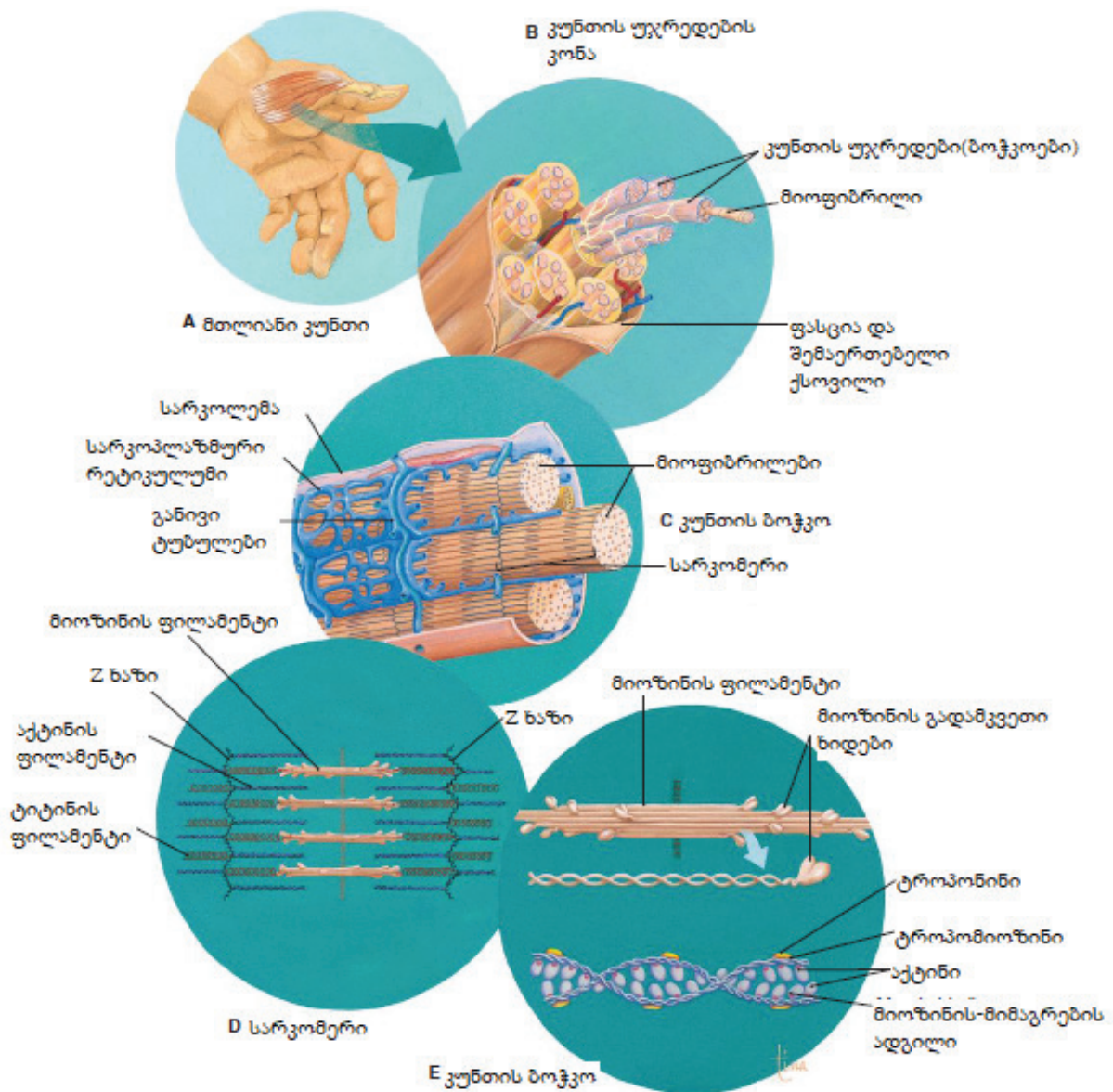
<p>აცეტილქოლინი(ACh)</p>	<p>ნეიროტრანსმიტერი რომელიც გამოიყოფა აქსონის ბოლოდან; დიფუზურად ვრცელდება სინაფსურ ნაპრალში; ემაგრება აცეტილქოლინის რეცეპტორს და იწვევს სარკოლემის დეპოლარიზაციას <math>Na^+</math> იონების შესვლით უჯრედში.</p>
<p>ქოლინესტერაზა</p>	<p>ენზიმი რომელიც ინაქტივაციას უკეთებს აცეტილქოლინს ; გახანგრძლივებულ დეპოლარიზაციისა და შეკუმშვის პრევენციას აკეთებს.</p>

კუნთოვანი ბოჭკოს ყველა ეს ნაწილი ჩართულია შეკუმშვის პროცესში. შეკუმშვა იწყება მაშინ, როდესაც ნერვული იმპულსი აღწევს აქსონის დაბოლოებას და ასტიმულირებს აცეტილქოლინის გამოყოფას. აცეტილქოლინი წარმოქმნის ელექტრულ ცვლილებებს (იონების მოძრაობას) კუნთოვანი ბოჭკოების სარკოლემაში. ეს ელექტრული ცვლილებები იწვევს კუნთების ბოჭკოში მოვლენების თანმიმდევრობას, რომელსაც ეწოდება კუნთების შეკუმშვის ფილამენტების სრიალის მექანიზმი.



**სურათი 7- 2** ნეიროკუნთოვანი კავშირის სტრუქტურა, ნაჩვენებია აქსონის დაბოლოება კუნთის ბოჭკოს სარკოლემას გვერდით. მოვლენების სქემატური სურათი: (1) აცეტილქოლინი მიმაგრების წინ სარკოლემას ACh რეცეპტორზე. (2) არხი იხსნება რაც საშუალებას აძლევს  $Na^+$  იონებს რომ კუნთის უჯრედში შევიდეს. (3) ქოლინესტერაზა ინაქტივაციას უკეთებს აცეტილქოლინს.

შეკითხვა: რა იწვევს ნატრიუმის არხების გახსნას სარკოლემაში?



**სურათი 7- 3** ჩონჩხის კუნთის სტრუქტურა (A) მთლიანი კუნთი. (B) კუნთის უჯრედების შეკვრა თვითონ კუნთში. (C) ერთი კუნთის ბოჭკო, მიკროსკოპული სტრუქტურა. (D) სარკომერი. (E) კუნთის ფილამენტის სტრუქტურა.

შეკითხვა: რა არის კუნთის ბოჭკოს შეკუმშვის ერთეული?

### სარკოლემა - პოლარიზაცია

როდესაც კუნთოვანი ბოჭკო მოდუნებულია, სარკოლემა პოლარიზებულია (გააჩნია მოსვენების პოტენციალი), რაც გულისხმობს ელექტრული მუხტების განსხვავებას გარეთა და შიგნითა გარემოს შორის. **პოლარიზაციის** დროს სარკოლემის გარეთა ზედაპირზე უფრო დადებითი მუხტია ვიდრე შიგნითა ზედაპირზე, რომელსაც, როგორც ამბობენ, უარყოფითი მუხტი აქვს. ნატრიუმის იონები ( $\text{Na}^+$ ) უფრო უხვადაა უჯრედის გარეთ, ხოლო კალიუმის ( $\text{K}^+$ ) და უარყოფითი იონები უჯრედის შიგნით (სურ. 7-4).

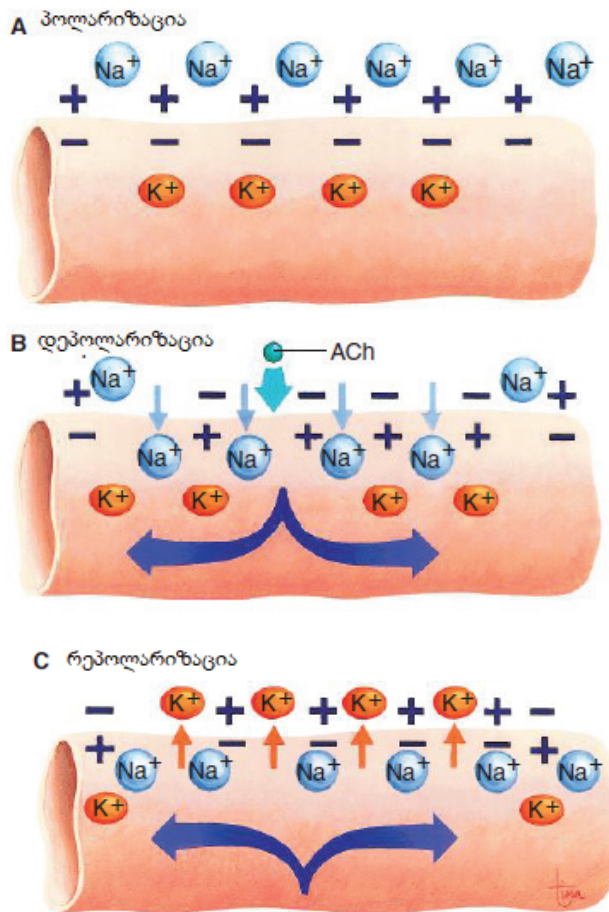
$\text{Na}^+$  იონები გარედან მიდრეკილია უჯრედში დიფუზიისკენ და ნატრიუმის ტუმბო მათ უკან აგდებს.  $\text{K}^+$  იონები მიდრეკილია დიფუზიისკენ შიგნიდან გარეთ, ხოლო კალიუმის ტუმბო აბრუნებს მათ შიგნით. ორივე ეს ტუმბო წარმოადგენს აქტიური ტრანსპორტის მექანიზმს, რომელსაც სჭირდება ატფ-ი. კუნთოვანი ბოჭკოები იყენებენ ატფ-ს უჯრედის გარეთ  $\text{Na}^+$  იონების მაღალი კონცენტრაციის შესანარჩუნებლად და შიგნით  $\text{K}^+$ -ის მაღალი კონცენტრაციის შესანა-



რჩუნებლად. ამრიგად, ტუმბოები ინარჩუნებენ პოლარიზაციას და რელაქსაციას, სანამ ნერვული იმპულსი არ ასტიმულირებს ცვლილებას.

### სარკოლემის დეპოლარიზაცია

როცა ნერვული იმპულსი მიაღწევს აქსონის დაბოლოებას, გამოიწვევს აცეტილქოლინის გამოყოფას, რომელიც დიფუზურად გავრცელდება სინაფსში და მიემაგრება **აცეტილქოლინის რეცეპტორს** სარკოლემაზე. ამ გზით აცეტილქოლინი გახდის სარკოლემას ძალიან გამტარს  $\text{Na}^+$  იონების მიმართ, რომელიც შეევა უჯრედში. ეს გახდის სარკოლემას შიგნიდან მეტად დადებითად დამუხტულს გარე სივრცესთან შედარებით, რომელიც უკვე ნეგატიურად ჩაითვლება. ამ მუხტის ცვლილებას ეწოდება **დეპოლარიზაცია**. წარმოიქმნება ელექტრული იმპულსი ( სახელწოდებით **მოქმედების პოტენციალი**) რომელიც გავრცელდება კუნთოვანი ბოჭკოს მთლიან სარკოლემაზე. სარკოლემას აქვს შიდა ნაკვეციები სახელწოდებით **T ტუბულები** ( ტრანსვერსული ტუბულები, ნაჩვენებია სურათზე 7- 2 ) რომლებიც გაავრცელებს მოქმედების პოტენციალს კუნთოვანი უჯრედის შიგნით. დეპოლარიზაცია იწყებს ცვლილებებს უჯრედში რომელიც გამოიწვევს შეკუმშვას და შემდეგ **რეპოლარიზაციას** რომ დაასრულოს მოქმედების პოტენციალი. რეპოლარიზაცია გამოიწვევს  $\text{K}^+$  იონების გარეთ გადინებას რომელიც აღადგენს დადებით მუხტს სარკოლემის გარეთ. ელექტრული ცვლილებები რომელიც ხდება სარკოლემაზე მიმოხილულია ცხრილი 7-2 და ნაჩვენებია სურათი 7-4 .



**სურათი 7- 4** სარკოლემაზე ელექტრული ცვლილებები და იონების კონცენტრაცია. **(A)** პოლარიზაცია, როცა კუნთის ბოჭკო არის მოდუნებული. **(B)** აცეტილქოლინის სპასუზოლ დეპოლარიზაციის ტალღა **(C)** რეპოლარიზაციის ტალღა

**შეკითხვა:** რომელი იონი შედის უჯრედში დეპოლარიზაციის დროს? რომელი იონი ტოვებს უჯრედს რეპოლარიზაციის დროს?

## შეკუმშვა - მცოცავი ფილამენტი

კუნთის ბოჭკოს ყველა ნაწილი და ელექტრული ცვლილებები რომელიც განხილული იყო წინა პარაგრაფში მონაწილეობს შეკუმშვის პროცესში, რომელიც არის მონესრიგებული თანმიმდევრობით, რასაც მცოცავი ფილამენტის მექანიზმი ეწოდება. (სურათი 7- 5 და ცხრილი 7 - 3 ) ნერვული იმპულსი იწვევს კუნთის ბოჭკოს დეპოლარიზაციას და ეს ელექტრული ცვლილება საშუალებას აძლევს რომ გამოწიოს აქტინის ფილამენტი სარკომერის ცენტრისკენ და დაამოკლოს სარკომერი უფრო მეტად. ხდება მთლიანი სარკომერის დამოკლება და კუნთის ბოჭკოს შეკუმშვა.

### ცხრილი 7- 2 | სარკოლემა. ელექტრული ცვლილებები

მდგომარეობა და მოქმედება	აღწერა
საწყისი პოტენციალი	
პოლარიზაცია	სარკოლემას აქვს დადებითი (+) მუხტი გარეთა მხარეს და ნეგატიური(-) მუხტი შიგნით.
	<b>Na<sup>+</sup></b> იონები უფრო მეტია უჯრედის გარეთ; როგორც კი დიფუზიით შედის უჯრედის შიგნით, ნატრიუმის ტუმბო აბრუნებს გარეთ.
	<b>K<sup>+</sup></b> იონები უფრო მეტია უჯრედის შიგნით, როგორც კი ხდება მათი დიფუზურად უჯრედის გარეთ გამოსვლა, კალიუმის ტუმბო აბრუნებს მათ შიგნით.
მოქმედების პოტენციალი	
დეპოლარიზაცია	<b>ACh</b> ხდის სარკოლემას ძალიან გამტარს <b>Na<sup>+</sup></b> იონების მიმართ, რომელიც შეიჭრება უჯრედში.
	მუხტის შებრუნება სარკოლემაზე: ამ დროისთვის ნეგატიური (-) გარეთ და დადებითი(+ ) შიგნით.
	მუხტის შებრუნება ვრცელდება მთლიან სარკოლემაზე.
	ქოლინესტერაზა სარკოლემაზე ინაქტივაციას უკეთებს <b>ACh</b> -ს.
რეპოლარიზაცია	სარკოლემა ხდება ძალიან გამტარი <b>K<sup>+</sup></b> იონების მიმართ, რომელიც გამოდის უჯრედის გარეთ.
	ხდება სარკოლემაზე მუხტის აღდგენა: დადებითი (+) გარეთ და ნეგატიური(-) შიგნით.

	ნატრიუმის და კალიუმის ტუმბო აბრუნებს $\text{Na}^+$ იონს გარეთ და $\text{K}^+$ იონს შიგნით.
	კუნთის ბოჭკოს ამ ეტაპზე შეუძლია ახალი ნერვული იმპულსის საპასუხოდ $\text{ACh}$ -ის გამოყოფა, რომელიც მოდის აქსონის დაბოლოებასთან.

ყუთი 7-2	
ტეტანუსი და ბოტულიზმი	
<p>ზოგიერთი ბაქტერია დაავადებას იწვევს ტოქსინებით. ნეიროტოქსინი არის ნივთიერება რომელიც არღვევს ნერვული სისტემის ნორმალურ ფუნქციონირებას. რადგან ჩონჩხის კუნთის შეკუმშვა დამოკიდებულია ნერვულ იმპულსზე, სერიოზული გავლენა შეიძლება მოახდინოს კუნთოვან სისტემაზე</p>	<p><b>ბოტულიზმი</b> ხშირად არის კვებითი მონამვლის ერთ ერთი სახეობა, მაგრამ არ ხასიათდება ტიპური კვებითი მონამვლის სიმპტომებით, როგორცაა ფალარათი და ლებინება. ნეიროტოქსინი რომელიც წარმოქმნილია ბოტულიზმის ბაქტერიის მიერ (კლოსტრიდიუმ ბოტულინუმ) პრევენციას უკეთებს აცეტილქოლინის გამოყოფას ნერვკუნთოვან შეერთების ადგილას. აცეტილქოლინის გარეშე კუნთი ვერ შეიკუმშება და კუნთი განიცდის პარალიზებას, ადრეული გამოვლინება ბოტულიზმის არის დაბინდული და გაორმაგებული მხედველობა და მეტყველების და ყლაპვის გაძნელება. სისუსტე და პარალიზი რომელიც ვრცელდება სხვა კუნთების ჯგუფებზე, საბოლოოდ მოიცავს ყველა ნებითი კუნთის მოძრაობას. დაუყოვნებლივი მკურნალობის გარეშე ანტიქსინით(სპეციფიური ანტისხეული ტოქსინის მიმართ) ბოტულიზმი არის ფატალური რადგან ხდება სუნთქვითი კუნთების პარალიზი.</p>
<p><b>ტეტანუსი</b> ხასიათდება როცა ვერ ხდება კუნთების მოდუნება. ტოქსინი რომელიც წარმოქმნილია ტეტანუსის ბაქტერიის მიერ(კლოსტრიდიუმ ტეტანი) ნერვულ სისტემაზე გავლენას ახდენს შემდგომი გზით: კუნთის ბოჭკო იღებს ბევრ იმპულსს და კუნთებს ემართება სპაზმი. ჩაკეტილი ყბა, ხშირი ალტერნატიული სახელი ტეტანუსის, მიაწინებს პირველ სიმპტომს რომელიც გამოვლინდება, რადგან გართულებულია ყბის გახსნა, რადგან გვაქვს ლოყის კუნთების სპაზმი . მკურნალობა საჭიროებს ანტიტოქსინს (ტოქსინისანტისხეული) რომ მოხდეს ტოქსინის ნეიტრალიზება. უმკურნალებელ ტეტანუსში, სიკვდილის მიზეზი არის სუნთქვის კუნთების სპაზმი.</p>	

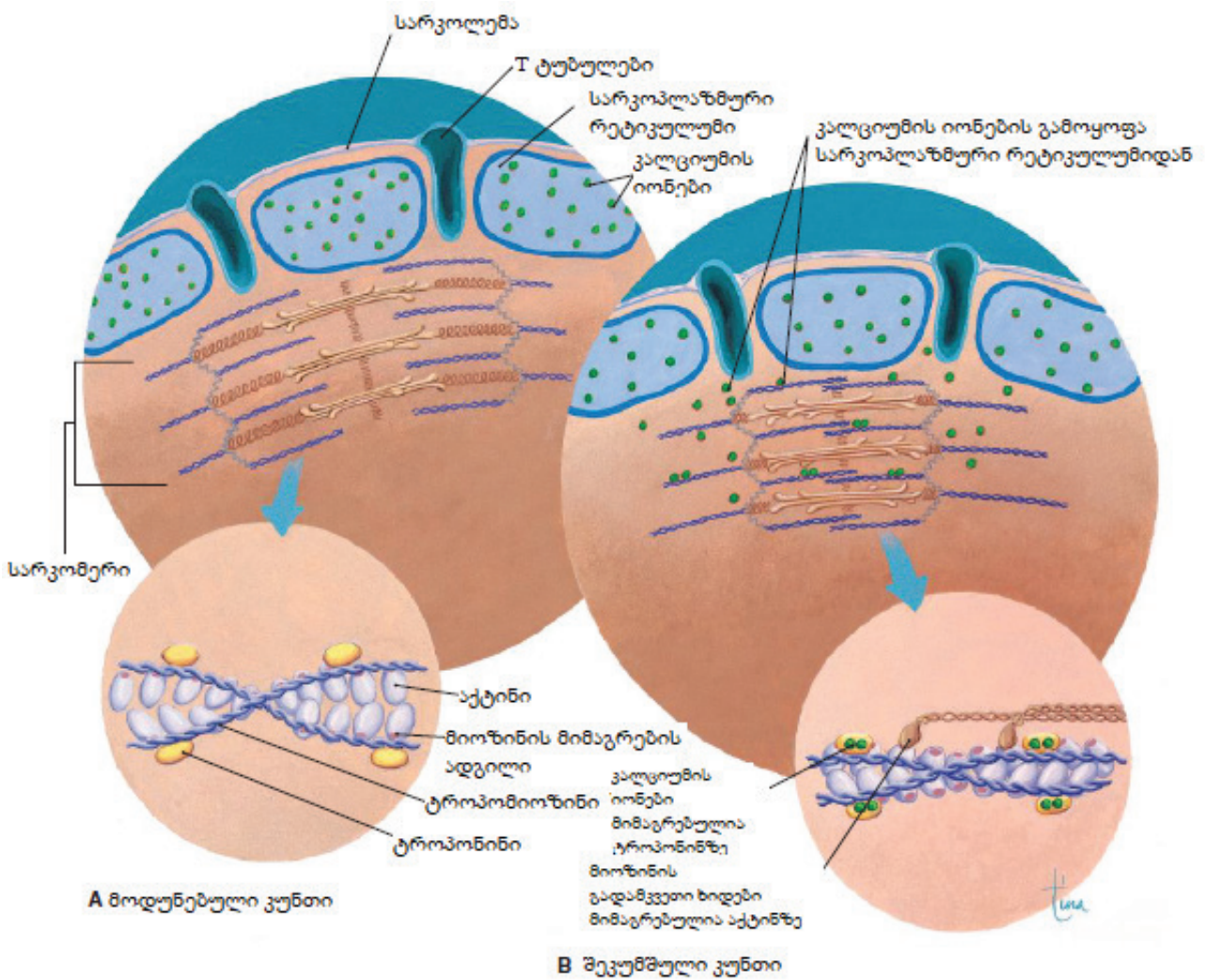


**კუნთოვანი დისტროფია** სინამდვილეში არის გენეტიკური დაავადებების ჯგუფი სადაც კუნთის ქსოვილი იცვლება ფიბროზული შემადგენელი ქსოვილით ან ცხიმით. არცერთ ამ ქსოვილს არ შეუძლია შეკუმშვა და შედეგი არის პროგრესული კარგვა კუნთის ფუნქციის. ყველაზე ხშირი ფორმა არის დუშენის კუნთოვანი დისტროფია, რომლის დროსაც კუნთის ფუნქციის კარგვა ეფექტს ახდენს არა მხოლოდ ჩონჩხის კუნთზე, არამედ გულის კუნთზეც. სიმპტომები იწყება 2-დან 5 წლის ასაკში. სიკვდილი ხშირად ხდება 20 წლის ასაკამდე გულის უკმარისობით, ამ ეტაპამდე ამ დაავადების განკურნება შეუძლებელია. დუშენის კუნთოვანი დისტროფია არის **sex-linked ( X- linked)** დამახასიათებელი ნიშანი, რაც ნიშნავს რომ ამ დაავადების გამომწვევის გენი არის X ქრომოსომაზე და არის რეცესიული დამემკვიდრების. მდებარეობითი სქეს ქრომოსომები არის XX, თუ ერთ X ქრომოსომას აქვს გენი კუნთოვანი დისტროფიის და მეორე X ქრომოსომას აქვს დომინანტური გენი ნორმალური კუნთის ფუნქციის, ქალს არ ექნება კუნთოვანი დისტროფია

მაგრამ იქნება მატარებელი და შეიძლება გადასცეს კუნთოვანი დისტროფიის გენი შვილებს. მამრობითი სქეს ქრომოსომები არის XY და Y ქრომოსომას საერთოდ არ აქვს გენი რომელიც არეგულირებს კუნთის ფუნქციას, რაც ნიშნავს რომ არ აქვს გენი რომელიც X ქრომოსომაზე დაავადების გამომწვევი გენის ექსპრესიის პრევენცია შეუძლია. თუ X ქრომოსომას აქვს გენი კუნთოვანი დისტროფიის, მამრობით სქესს ექნება გამოხატული დაავადება. ეს არის მიზეზი თუ რატომ არის დუშენის კუნთოვანი დისტროფია უფრო ხშირი მამრობით სქესში, რადგან მხოლოდ ერთი გენის არსებობა ნიშნავს დაავადების გამოვლენას. კუნთოვანი დისტროფიის გენი არის მოთავსებული X ქრომოსომაზე და ცილა რომელსაც ეს გენი აკოდირებს ეწოდება “დისტროფინი”. დისტროფინი საჭიროა სარკოლემის სტაბილურობისთვის და იონების სწორი მოძრაობისთვის. მკურნალობა კუნთოვანი დისტროფიის რომელიც ჯერ კვლევის პროცესშია, მოიცავს ნორმალური კუნთოვანი უჯრედების ინექციას დაავადებულ კუნთში და ვირუსების მეშვეობით დისტროფინის ნორმალური გენების ჩასმას დაავადებულ კუნთის უჯრედებში.

პროცესის უფრო დეტალური აღწერა შემდგომია:

1. ნერვული იმპულსი მიაღწევს აქსონის დაბოლოებას; აცეტილქოლინი გამოიყოფა და დიფუზურად ვრცელდება სარკომერის სინაფსში.
2. აცეტილქოლინი მიემაგრება აცეტილქოლინის რეცეპტორს და გახდის სარკომერს მეტად გამტარს **Na+** იონების მიმართ, რომელიც შედის უჯრედში.
3. სარკოლემა განიცდის დეპოლარიზაციას, ხდება ნეგატიური გარეთ და დადებითი შიგნით. T ტუბულები გამოიწვევენ მუხტების შეცვლას კუნთის უჯრედის შიგნით.
4. დეპოლარიზაცია ასტიმულირებს **Ca+** იონების გამოყოფას სარკოპლაზმის რეტიკულუმიდან. **Ca+** იონები ემაგრება ტროპონინ- ტროპომიოზინის კომპლექსს, რომელიც გადანევის აქტინის ფილამენტიდან.
5. მიოზინი ყოფს **ATP**-ს რომ გამოიყოს ენერგია; მიოზინზე ხიდები ემაგრება აქტინის ფილამენტებს და გაქაჩავს სარკომერის ცენტრისკენ, რაც გახდის სარკომერს უფრო მოკლეს.
6. მთლიანი სარკომერი კუნთის ბოჭკოში მოკლდება - მთლიანი კუნთის ბოჭკო იკუმშება .
7. სარკოლემა განიცდის რეპოლარიზაციას: **K+** იონები ტოვებს უჯრედს, ალადგენს დადებით მუხტს გარედან და ნეგატიურ მუხტს შიგნით. ტუმბო რომელიც აბრუნებს **Na+** იონს გარეთ და **K+** იონს შიგნით.
8. ქოლინესტერაზა სარკოლემაში ინაქტივაციას უკეთებს აცეტილქოლინს.
9. მომდევნო ნერვული იმპულსები გაახანგრძლივებს შეკუმშვას( ხდება მეტი აცეტილქოლინის გამოყოფა).
10. როცა აღარ არის მეტი იმპულსი, კუნთის ბოჭკო დუნდება და უბრუნდება ორიგინალურ სიგრძეს.



**სურათი 7-5** მცოცავი ფილამენტის მექანიზმი. **(A)** სარკომერი მოსვენებულ კუნთის ბოჭკოში. **(B)** სარკომერი შეკუმშული კუნთის ბოჭკოში. იხილეთ ახწერილობა ტექსტში

შეკითხვა: შეკუმშვის დროს, რომელი ფილამენტი აკეთებს გამოქაჩვას?

**ცხრილი 7 - 3 | მცოცავი ფილამენტის მექანიზმი**

ნაწილი	აღწერა
სარკომერი	კუნთის ბოჭკოს შესაკუმში ერთეული; შედგენა ცენტრალური სქელი და ლატერალური თხელი ფილამენტებისგან; გადაჭიმულია Z ხაზიდან Z ხაზამდე.
მიოზინი	სარკომერის ცენტრში სქელი ფილამენტების კუმშვადი ცილა; ის გამოყოფს ენერგიას ATP-დან და ქაჩავს აქტინის ფილამენტს სარკომერის ცენტრისკენ.
აქტინი	სარკომერის თხელი ფილამენტის კუმშვადი ცილა; ორი წყვილი არის გამოწეული მიოზინის ფილამენტით სარკომერის ცენტრისკენ.

ტროპონინი და ტროპომიოზინი	სარკომერის დამაინჰიბირებელი ცილა; პრევენციას უკეთებს მიოზინის მიერ აქტინის გამონევის, სანამ სარკოლემა განიცდის დეპოლარიზაციას.
T ტუბულები	სარკოლემას ნაკეციები კუნთის ბოჭკოს შიგნით; ავრცელებს აქტიურ პოტენციალს ყველაზე შიდა სარკომერის ნაწილებზე.
სარკოპლაზმური რეტიკულუმი	კუნთის ბოჭკოს ენდოპლაზმური რეტიკულუმი; ინახავს $Ca^{+2}$ იონებს როცა სარკოლემა განიცდის პოლარიზაციას.
კალციუმის იონი ( $Ca^{+2}$ )	დაგროვებულია სარკოპლაზმურ რეტიკულუმში; გამოთავისუფლება ხდება სარკოლემის დეპოლარიზაციის დროს; ემაგრება ტროპონინს.

პირველი საფეხურიდან მერვე საფეხურამდე ეს თანმიმდევრული მოვლენები აღწერს კუნთის ბოჭკოს შეკუმშვას ( სახელწოდებით შეკუმშვა ) ნერვული იმპულსის საპასუხოდ. რადგან ეს ყველაფერი ხდება ერთ ნაბიჯ ნაკლებ დროში, საჭირო მოძრაობა შეუძლებელი იქნება თუ კუნთის ბოჭკოები მოდუნდება შეკუმშვიდან დაუყოვნებლივ. თუმცა, ნორმალურ მდგომარეობაში ხდება ნერვული იმპულსის განუწყვეტილ დინება და წარმოქმნის შეკუმშვის შენარჩუნებას სახელწოდებით ტეტანუსი, რომელიც არის ნორმალური მდგომარეობა და არ უნდა აგვერიოს დაავადება ტეტანუსში. ( იხილეთ ყუთი 7 - 2; ტეტანუსი და ბოტულიზმი ). ტეტანუსის მდგომარეობის დროს, კუნთის ბოჭკო რჩება შეკუმშული და შესაძლებელია ეფექტური მოძრაობა. კუნთში, როგორცაა ბიცეფსის ორთავა ბრაქიალური კუნთი , რომელიც ხრის მკლავს, ეფექტური მოძრაობა ნიშნავს რომ ბევრი იმ ათასობით კუნთოვანი ბოჭკოებიდან არის ტეტანუსის მდგომარეობაში , და აქვს შენარჩუნებული შეკუმშული მდგომარეობა.

როგორც მოსალოდნელია ესეთი კომპლექსური პროცესის შემთხვევაში, კუნთის შეკუმშვის დარღვევა შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა გზით. ყველაზე თვალშისაცემი შესაძლებელია იყოს , ნერვული იმპულსის დაკარგვა კუნთის ბოჭკოში, რომელიც ხდება როცა ნერვები და ზურგის ტვინი არის მიძიმედ დაზიანებული ან როცა ინსულტი (ცერებროვასკულარული შემთხვევა) ხდება თავის ტვინის ფრონტალურ ნაწილში. ნერვული იმპულსის გარეშე , ჩონჩხის კუნთები პარალიზდება და შეუძლებელია შეკუმშვა. პარალიზებული კუნთების ატროფია ხდება საბოლოოდ და პატარავდება ზომაში გამოყენების გარეშე. სხვა დაავადებები რომელიც გავლენას ახდენს კუნთის ფუნქციონირებაზე განხილულია ყუთში 7 - 3: კუნთოვანი დისტროფია და ყუთში 7- 4: მიასთენია გრავისი.

## საპასუხო რეაქცია ვარჯიშზე

### ჰომეოსტაზის შენარჩუნება

მიუხედავად იმისა რომ მთლიანი ტექსტი დათმობილია ვარჯიშის ფიზიოლოგიაზე, აქ მხოლოდ მოკლედ მიმოვიხილავთ სხეულის შესაძლებლობას ჰომეოსტაზის შენარჩუნებაზე. საშუალო დონის ან დატვირთული ვარჯიში არის ფიზიოლოგიური სტრესული სიტუაცია, და ცვლილება რასაც სხეული უნდა გაუმკლავდეს, და ამავდროულად შეინარჩუნოს ნორმალური შიდა მდგომარეობა, რომელიც არის ჰომეოსტაზი.

ზოგიერთი სხეულის საპასუხო რეაქცია დიაგრამის სახით არის გადმოცემული სურათზე 7- 6 ; აღნიშნეთ თუ როგორ არის საპასუხო რეაქციები დაკავშირებული უჯრედულ სუნთქვაზე. როგორც ჩანს, სუნთქვითი და კარდიოვასკულარული სისტემები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ვარჯიშის დროს. კანი ასევე მონაწილეობს, რადგან მისი მეშვეობით ხდება სხეულიდან ზედმეტი სითბოს გამოყოფა ვაზოდილატაციის და ოფლის დენის საშუალებით. ასევე ნაჩვენებია არ

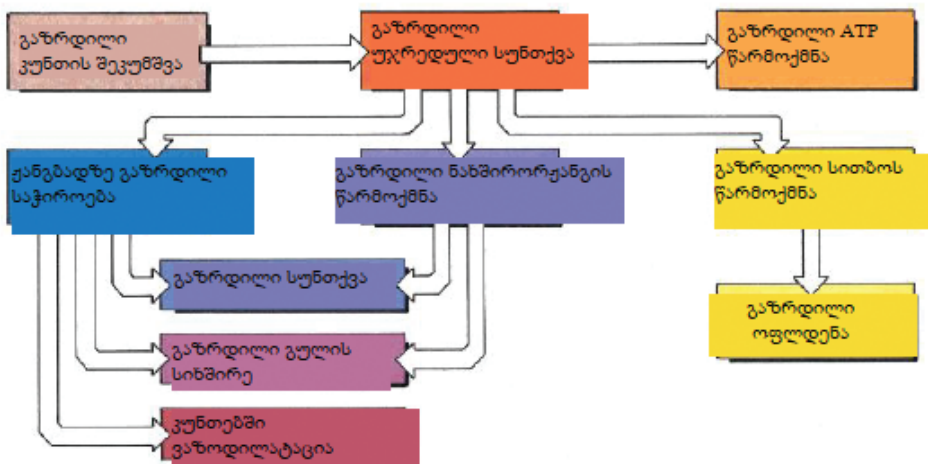


არის, თუ როგორ არის ჩართული ნერვული სისტემა ამ პროცესში. თავის ტვინში წარმოიქმნება იმპულსები კუნთის შესაკუმშად, კოორდინაციას უკეთებს ამ შეკუმშვებს და არეგულირებს გულის ცემის სიხშირეს, სუნთქვის სიხშირეს და სისხლძარღვების დიამეტრს. შემდგომში როცა კიბის საფეხურებზე აირბნით, აჩქარდებით რომ ავტობუსს მიუსწროთ ან უბრალოდ საცეკვაოდ წახვალთ, შეიძლება შეამჩნიოთ თუ როგორ მოქმედებს ეს ყველაფერი თქვენს სხეულზე.

## დაბერება და კუნთოვანი სისტემა

ასაკის მატებასთან ერთად, კუნთის უჯრედი კვდება და ხდება ფიბროზული შემადგენელი ქსოვილით ან ცხიმით ჩანაცვლება. რეგულარული ვარჯიში, ანელებს კუნთების ატროფიას. მართალია კუნთი უფრო ნელა იკუმშება და მისი მაქსიმალური სიძლიერე მცირდება, ვარჯიშმა შეიძლება შეინარჩუნოს კუნთის ფუნქციონირების დონე რომელიც ყოველდღიური აქტივობებისთვის არის საჭირო. მცირე სიმძიმეების აწევა ასევე რეკომენდირებულია მოხუცებულებისთვის, როგორც ქალებისთვის ასევე კაცებისთვის. ესეთი ვარჯიშები ასევე ეხმარება კარდიოვასკულარულ, სუნთქვით და ჩონჩხის სისტემას.

ყუთი 7-4	მიასთენია გრავისი
<p><b>მიასთენია გრავისი</b> არის აუტოიმუნური დაავადება რომელიც ხასიათდება უკიდურესი კუნთის გადაღლით მცირედ დატვირთვაზეც კი. უფრო მეტად ავადდებიან მდედრობითი სქესი ვიდრე მამრობითი სქესი და სიმპტომები იწყება შუა ასაკში. სისუსტე შეიძლება პირველად შესამჩნევი იყოს სახის ან ყლაპვის კუნთებზე. მკურნალობის გარეშე სუნთქვით კუნთებზეც საბოლოოდ იქნება გამოვლენილი და სიკვდილის მიზეზი არის სუნთქვითი უკმარისობა. მიასთენია გრავისის დროს, აუტოანტიცხეულები (თავის მიმართ ანტისხეულები) ანადგურებს აცეტილქოლინის რეცეპტორებს სარკოლემაზე. ეს რეცეპტორები არის ადგილი სადაც აცეტილქოლინის მიმაგრება ხდება და</p>	<p>ასტიმულირებს <math>Na^+</math> იონების შესვლას. ამ რეცეპტორების გარეშე, აცეტილქოლინის გამოყოფა აქსონის ბოლოებიდან ვერ ახდენს კუნთის უჯრედის დეპოლარიზაციას. მიასთენია გრავისის მკურნალობა შედგება ანტიქოლინესტერაზას მედიკამენტებისგან. უნდა გავითვალისწინოთ რომ ქოლინესტერაზა არის სარკოლემაში რომ მოახდინოს ინაქტივაცია აცეტილქოლინის და გააგრძელოს პრევენცია არასასურველი იმპულსისა. თუ ქოლინესტერაზას ეს მოქმედება დაინჰიბირდება, აცეტილქოლინი რჩება სარკოლემაზე უფრო ხანგრძლივი დროით და შეიძლება მიემაგროს ნებისმიერ დარჩენილ რეცეპტორებს რომ გამოიწვიოს დეპოლარიზაცია და შეკუმშვა.</p>



სურათი 7-6, ვარჯიშის დროს სხეულის საპასუხო რეაქციები

შეკითხვა: დაასახელეთ სურათზე გამოსახული ყველა სისტემის ორგანოები.

კუნთის ბოჭკოების კარგვამ ასევე შეიძლება გამოიწვევს პროპრიოცეფციის უნარის კარგვა, რადგან თავის ტვინი ლეზულობს ნაკლებ ინფორმაციას სხეულის ნაწილების მდებარეობის და მისი მოძრაობის შესახებ. კუნთის შეგრძნების დაკარგვა გამოიწვევს მოხუცებულ ადამიანებში წონასწორობის ვერ შენარჩუნებას და ასევე ბალანსის შეგრძნების დარღვევას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ნაქცევა. ამ ინფორმაციის მინოდება შეიძლება დაეხმაროს მოხუცებულებს რომ მოახდინონ დავარდნის პრევენცია. სხვა პრევენციული ზომები არის ვარჯიში - დიას, ვარჯიში ეხმარება შეგრძნებებს. რაც მეტად ხდება კუნთის ვარჯიში, უფრო მეტად ხდება თავის ტვინის მიერ ამის აღქმა , რაც ეხმარება რომ თავის ტვინმა აღიქვას და ნარმოიდგინოს რომ კუნთები არის სრულად დატვირთული. მოხუცებულებისთვის ვარჯიში მუსიკის თანმხლებით ( ან ნებისმიერი სახის ცეკვა) არის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, რაც ეხმარება მათ ბალანსის შეგრძნების და კუნთის სიძლიერის შენარჩუნებაში.

## სხეულის მთავარი კუნთები

მოქმედებები რასაც კუნთები ასრულებს მოცემულია ცხრილში 7 - 4 და ნაჩვენებია სურათზე 7 - 7. უმეტესობა არის წყვილად როგორც ურთიერთსაპირისპირო ფუნქციები.

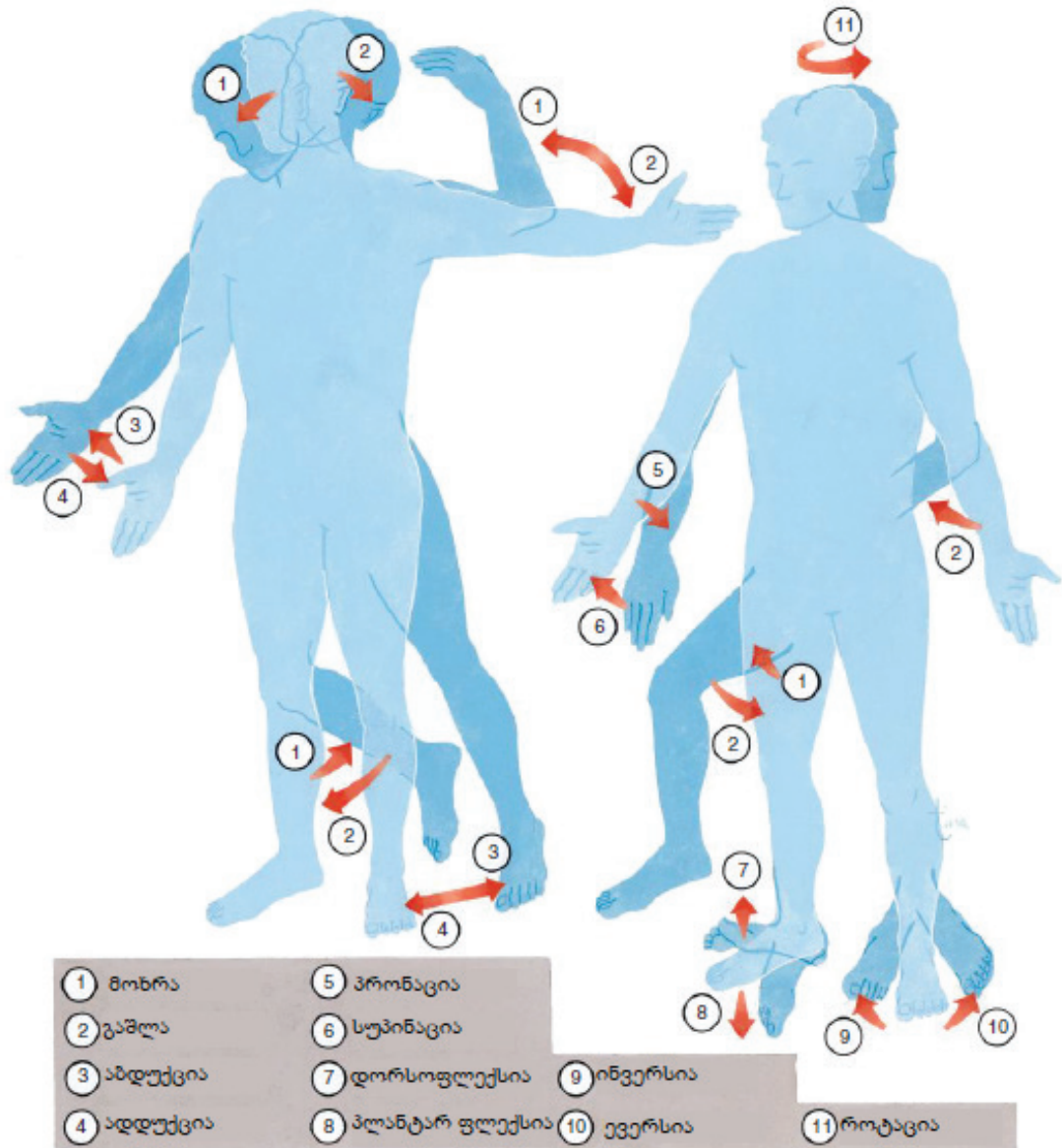
სხეულის თითოეული ნაწილის კუნთების მოკლე მიმოხილვა: უმთავრესი კუნთები ნაჩვენებია სურათზე 7 - 8, ჩამოთვლილია სხეულის ნაწილების მიხედვით, ცხრილი 7- 5-დან ცხრილი 7-9 ჩათვლით, რასაც თან ახლავს სურათები 7-9-დან 7- 13 ჩათვლით. კუნთების ამ დიაგრამების სწავლების დროს ასევე ცხრილებია წარმოდგენილი, რომლებიც აუცილებელია რათა წარმოვიდგინოთ სახსრების სახეობები რომლებიც წარმოქმნილია ძვლების და მათ შეერთებით. კუნთები ამოძრავებს ძვლებს რომ წარმოქმნას მოძრაობა და თუ შეგიძლიათ რომ მარტივად დაიმახსოვროთ თუ რომელი სახსრები მონაწილეობს , შესაძლებელია მარტივად დაიმახსოვროთ კუნთების ლოკაცია და მოძრაობა. კუნთის დასახელება ასევე შეიძლება დაგეხმაროთ და კიდევ ერთხელ გაგახსენოთ ტერმინები რომლებიც დამახსოვრებული გაქვთ. მაგალითად: “აბდომინის” აღნიშნავს მუცლის კუნთს, “ფემორისი” ბარძაყის კუნთს, “ბრაქი” ხელის ზედა ნაწილის კუნთს, “ოკული” თვალის კუნთს და ასე შემდეგ. კუნთის სხვა ნაწილების სახელები შეიძლება იყოს “ლონგუსი” და “მაქსიმუსი” , რომელიც მიგვანიშნებს ზომას და “ფლექსორი” ან “ედდაქტორი” რომელიც აღწერს ფუნქციას.

კუნთშიდა ინექციების ლოკაციები ნაჩვენებია სამახსოვრო 5-ში.

### ცხრილი 7-4 | კუნთების მოქმედებები

მოქმედება	აღწერა
მოხრა	სახსრის კუთხის შემცირება
გაშლა	სახსრის კუნთის გაზრდა
აზადდუქცია	შუა ხაზთან მიახლოვება
აბდუქცია	შუა ხაზთან დაშორება
პრონაცია	ხელის გულების ქვემოთ მობრუნება
სუპინაცია	ხელის გულების ზემოთ მობრუნება
დორსოფლექსია	ფეხის ტერფის აწევა
პლანტარ ფლექსია	ფეხის ტერფის ქვემოთ დაწევა( ფეხის თითების გაშვება)
ინვერსია	ფეხის ტერფის ქვედა ზედაპირის კოჭებთან მიმართებაში მედიალურად მოძრაობა
ევერსია	ფეხის ტერფის ქვედა ზედაპირის კოჭების მიმართებაში ლატერალურად მოძრაობა

როტაცია	ძვლის მოძრაობა სიგრძივი ღერძის გარშემო
უმეტესობა არის დანყვილებული ანტაგონისტური ფუნქციებით	



**შეკითხვა: ხელების გულმკერდის წინ გადაჯვარედინება, ზემოთ ჩამოთვლილი მოძრაობიდან რომელი იქნება?**

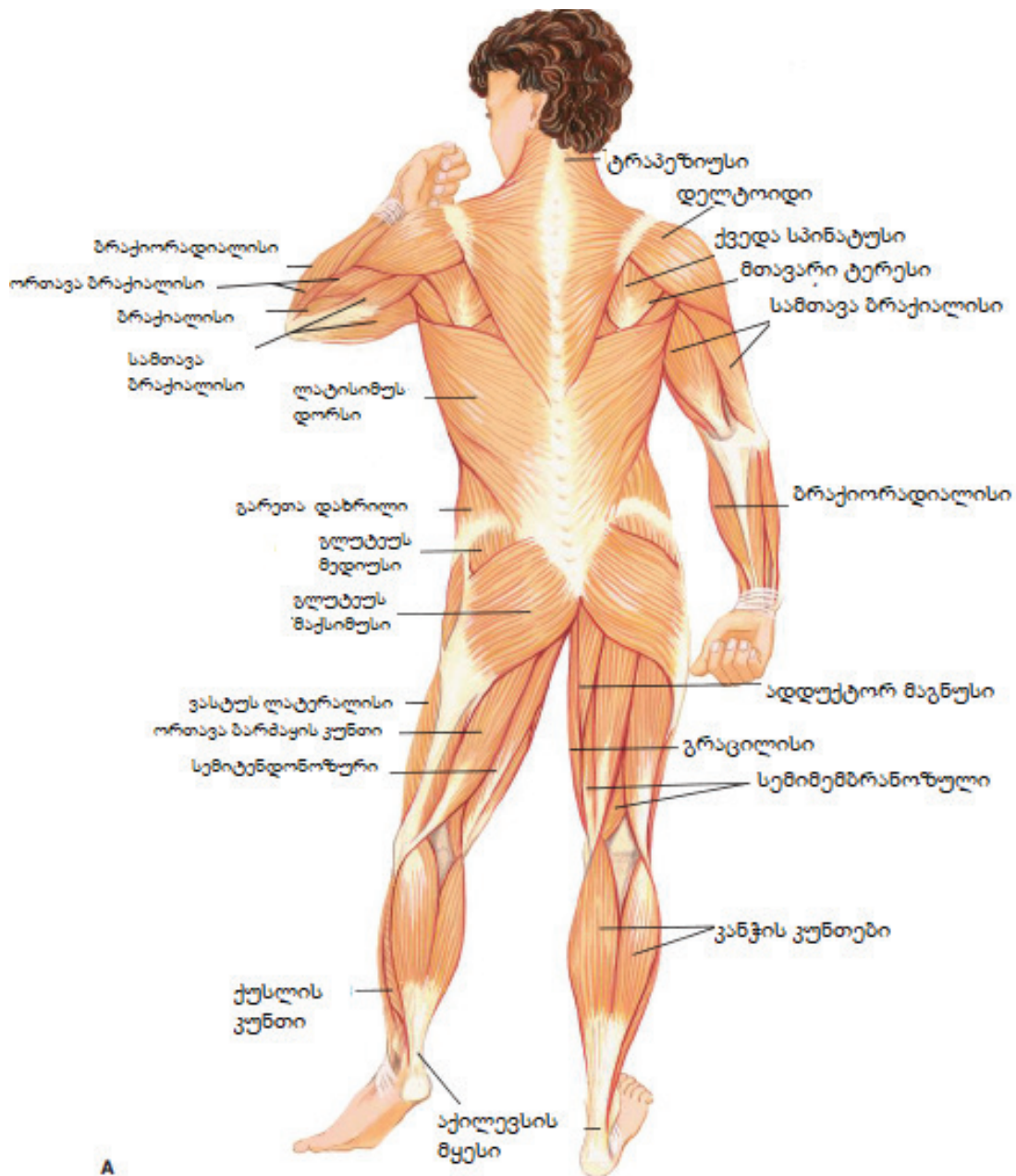
### თავისა და კისრის კუნთები

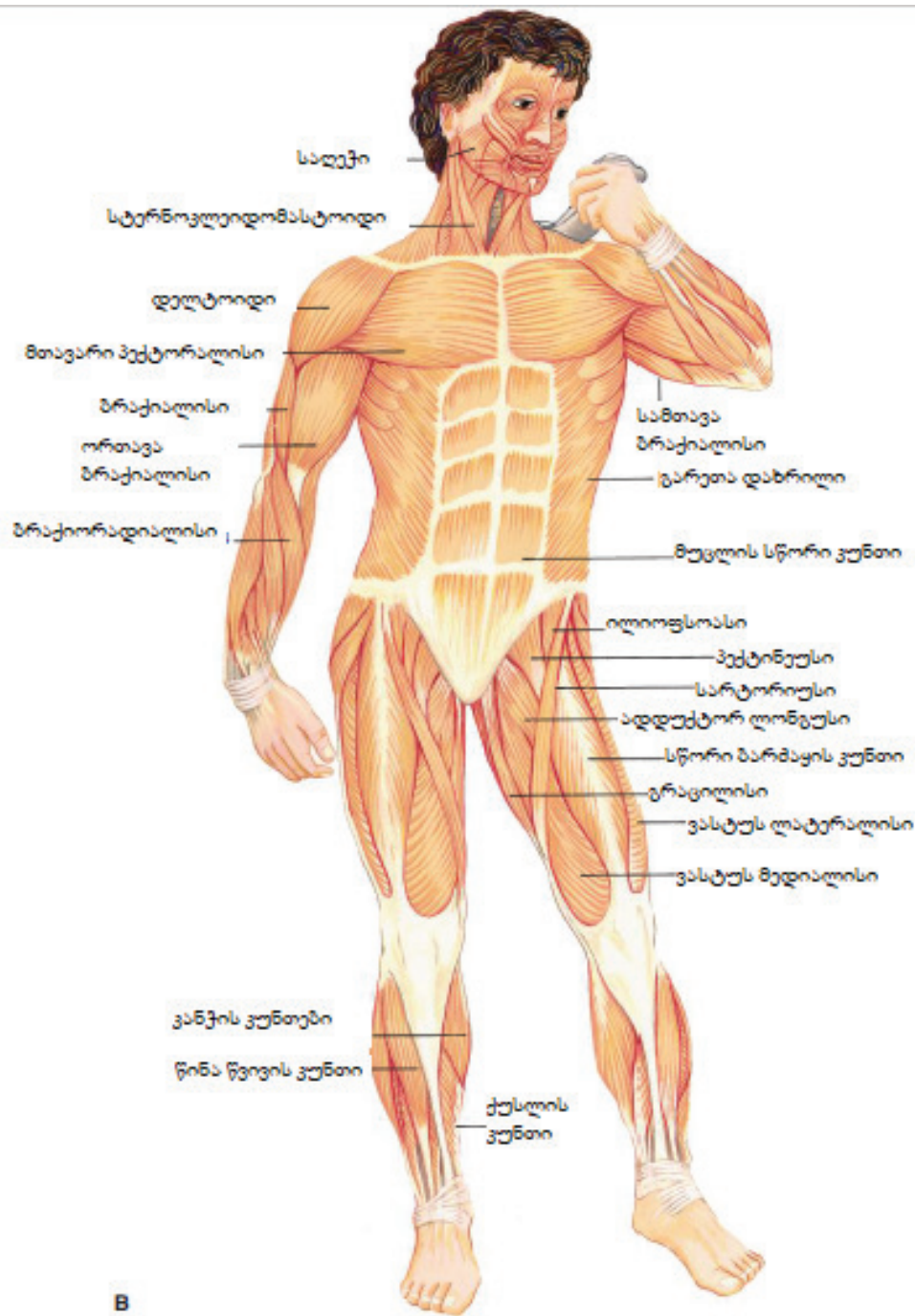
სამი მთავარი კუნთის ჯგუფი არის თავზე და კისერზე, რომლებიც ამოძრავებს თავს და კისერს, კუნთები სახის ექსპრესიის და საღეჭი კუნთები. კუნთები რომელიც აბრუნებს ან ხრის თავს, მაგალითად როგორიცაა სტერნოკლეიდომასტოიდი ( მოხრა) და სპლენიუს კაპიტის კუნთები ( გაშლა) მიმაგრებულია თავის ქალაზე, ლავინზე და სტერნუმის წინა მხარეს ან ხერხემლის მაღალზე უკანა მხრიდან. ღვიძლის, შუბლის შეკუმშვის ან წარბების აწევის კუნთები მიმაგრებულია თავის ქალის ძვლებს და სახის კანის შიდა მხარეს. მასეტერები ასევე არის მნიშვნელოვანი საღეჭი კუნთები, რომელიც წევს ქვედა ყბას (ხურავს ყბას) და შესაძლებელია მისი შეგრძნება ქვედა ყბის გვერდებზე კბილების მოჭერის დროს.



## ტანის ტორსის კუნთები

ტანის ტორსის კუნთები ერთი ან ორი ზოგადი ფუნქციით ვერ დახასიათდება. ზოგიერთი ქმნის ტორსის კედელს და ხრის მას, როგორცაა მაგალითად სწორი მუცლის კუნთი ( მოხრა) ან ხერხემლის-გავის ძვალი ( გაშლა). ტრაპეციუსი ( ორივე ერთად ქმნის ტრაპეზოიდს) არის დიდი კუნთი რომელიც სწევს მხრებს( მხრების აჩეჩვა) ან უკან გადასწევს და ასევე ეხმარება თავის გაშლას. სხვა კუნთები რომელიც ტანის ტორსზე გვაქვს ეხმარება ხელების მოძრაობაში მხრების დონეზე. მთავარი პექტორალისი არის გულმკერდის დიდი კუნთი რომელიც სწევს ხელს გულმკერდის დონეზე ( მოხრა და ადდუქცია) . ტანის ტორსის უკანა მხარეს , ლატისიმუს დორსი სწევს ხელს ქვემოთ და ზურგის უკან( გაშლა და ადდუქცია) ამ კუნთებს აქვს საწყისი ტანის ტორსოს ძვლებზე, მკერდის ძვალზე ან ხერხემლის მალეებზე, რომლებიც არის ძლიერი, სტაბილური მიმაგრების ადგილები. სხვა ჯგუფი კუნთების წარმოქმნის მენჯის ფსკერს, სადაც ხდება მენჯის ორგანოების დაყრდნობა და დახმარება შარდვასა და დეფეკაციაში. ასევე არის კატეგორია კუნთებისა რომელიც უზრუნველყოფს სუნთქვით მოძრაობებს. ესენი არის ნეკნთა შუა კუნთები ნეკნებს შორის და დიაფრაგმა, რომელიც ყოფს გულმკერდის და მუცლის ღრუებს.





B

შეკითხვა: იპოვეთ კუნთი რომელსაც სახელწოდება ჰქვია შემდეგი ნიშნის მიხედვით: ფორმა, ზომა, ადგილმდებარეობა, რომელ ძვალთან არის ახლოს და რა ფუნქცია აქვს.

## მხრების და ხელის კუნთები

სამკუთხედი დელტოიდის კუნთი ფარავს მხრის გარეთა ნაწილს როგორც სახურავი და შეუძლია მხრის ძვლის აწევა გვერდებზე (აბდუქცია), წინ მხარეს (მოხრა) ან უკანა მხარეს (გაშლა). უკვე ვიცით ბიცეფსის ორთავა ბრაქიის კუნთის და ტრიცეფსის სამთავა ბრაქიის კუნთის ფუნქციები, რომლებიც ქმნიან მთავარ მასას ხელის ზედა ნაწილისა. სხვა კუნთები, რომლებიც ნახევრად ზედა ხელზე მდებარეობს ეხმარება იდაყვის მოხრაში (მოხრა). კუნთები რომლებიც ქმნიან წინა მხრის მთავარ მასას არის ხელის და თითების მომხრელი და გამშლელი კუნთები. შეგიძლიათ საკუთარ თავზე ნახოთ მარცხენა ხელით მარჯვენა ხელზე მოჭერის დროს, ასევე მარჯვენა ხელის მოძრაობა მაჯის სახსარში და მუშტის გაშლა - შეკვრით, შეგიძლიათ შეიგრძნოთ და დაინახოთ კიდევ ხელის და თითების კუნთების მოძრაობა.

## მენჯის და ფეხის კუნთები

მენჯის კუნთები რომელიც ამოძრავებს ბარძაყებს მიმაგრებულია მენჯის ძვლებზე და მენჯის სახსრის გადაკვეთით ბარძაყის ძვალზე. მათ შორის არის გლუტეუს მაქსიმუსი( გაშლა) , გლუტეუს მედიუსი ( აბდუქცია) და თეძო- ნელის (ილიოფსოასი) კუნთი ( მოხრა). კუნთები რომლებიც წარმოქმნის ბარძაყს შედგება ოთხთავა კუნთის ჯგუფისგან წინა მხარეს და ჰამსტრინგების კუნთის ჯგუფისგან უკანა მხარეს. უმეტესობა ადამიანებში, ოთხთავა კუნთი უფრო ძლიერია ვიდრე ჰამსტრინგები, ამის გამო ათლეტებს უფრო ხშირად უზიანდებათ ჰამსტრინგები ვიდრე ოთხთავა კუნთი. კუნთების ადდუქტორების ჯგუფი არის გლუტეუს მედიუსის მედი-ალურად და საპირისპიროდ. მუხლის სახსრის მოძრაობა დამოკიდებულია ბარძაყის კუნთებზე და ქვედა ფეხის კუნთებზე, როგორცაა კანჭის ტყუპი კუნთები( დორსოფლექსია და მოხრა) და დიდი წვივის ძვლის წინა კუნთი (ტერფის მოხრა და გაშლა).

### ცხრილი 7- 5 | თავის და კისრის კუნთები

კუნთი	ფუნქცია	კუნთის დაწყება	კუნთის მიმაგრება
ფრონტალისი	წევს წარბებს, მუხლის კანის შექმუ- ხვნა	ეპიკრანიალური აპო- ნევროზი	კანი ზედაორბიტა- ლური საზღვარზე
ორბიკულარის ოკუ- ლი	ხურავს თვალს	თვალის მედიალური მხარე	თვალს გარშემო ეკვრის
ორბიკულარის ორისი	ტუჩების მოკუმვა	პირს გარშემო აკრა- ვს	პირის კუთხეებზე კანი
სალეჭი (მასეტერი)	ხურავს ყბას	ზედა ყბა და ყვრიმა- ლის ძვალი	ქვედა ყბა
ლოყის	სწევს პირის კუთხეე- ბს ლატერალურად	ზედა ყბა და ქვედა ყბა	ორბიკულარის ორისი
სტერნოკლეიდო- მასტოიდი	აბრუნებს თავს სა- პირისპირო მხარეს (ორივეს- ხრის თავს და კისერს)	გულმკერდის ძვალი და ლავინი	საფეთქლის ძვალი (დვრილისებრი წანა- ზარდი)
სემისპინალის კაპი- ტის (ღრმა კუნთი)	აბრუნებს თავს იგივე მხარეს( ორივეს- შლის თავს და კისე- რს)	მე7 კისრის და პირ- ველი ექვსი გულმკე- რდის მალა	კეფის ძვალი
სპლენიუს კაპიტის	აბრუნებს თავს იგივე მხარეს (ორივე- შლის თავს)	მე 7 კისრის და პირ- ველი ოთხი გულმკე- რდის მალა	კეფის ძვალი



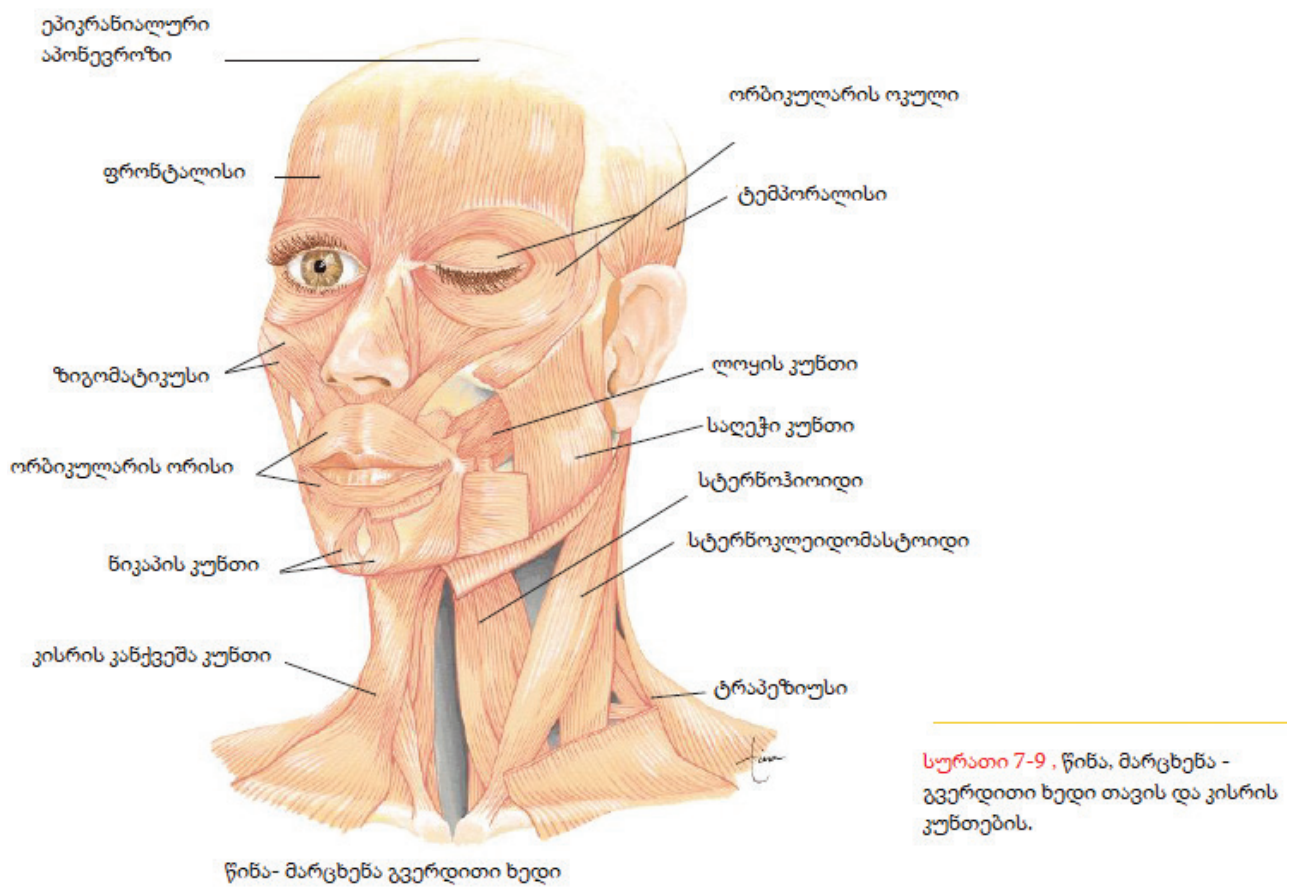
**ცხრილი 7- 6 | ტანის ტორსის კუნთები**

კუნთი	ფუნქცია	კუნთის დაწყება	კუნთის მიმაგრება
ტრაპეციული	წევს ქვემოთ და ზემოთ და ადდუქციას აკეთებს მხრების	კეფის ძვალი და ყველა გულმკერდის მალა	ბეჭის ფხა და ლავინი
გარეთა ნეკნთაშუა	წევს ნეკნებს ზემოთ და გარეთ (ჩასუნთქვა)	ზედა ნეკნი	ქვედა ნეკნი
შიგნითა ნეკნთაშუა	წევს ნეკნებს ქვემოთ და შიგნით(ძალისმიერი ამოსუნთქვა)	ქვედა ნეკნი	ზედა ნეკნი
დიაფრაგმა	ქვემოთ აფართოვებს რომ გაზარდოს გულმკერდის ღრუ ჩასუნთქვისთვის	ბოლო 6 ნეკნის ხრტილი და წელის ხერხემალი	ცენტრალური მყესი
მუცლის სწორი	ხრის ხერხემალს, აწვება მუცელს	ბოქვენის ძვლები	5- 7 ნეკნის ხრტილი და ხმალისებრი წანაზარდი გულმკერდის ძვლის
გარეთა დახრილი	ატრიალებს და ხრის ხერხემალს, აწვება მუცელს	ქვედა 8 ნეკნი	თედოს გამონაშვვერი და ლინეა ალბა (თეთრი ხაზი)
საკროსპინალისი (ღრმა კუნთები)	შლის ხერხემალს	თედოს ძვალი, წელის და ზოგიერთი გულმკერდის მალა	ნეკნები, კისრის და გულმკერდის მალა

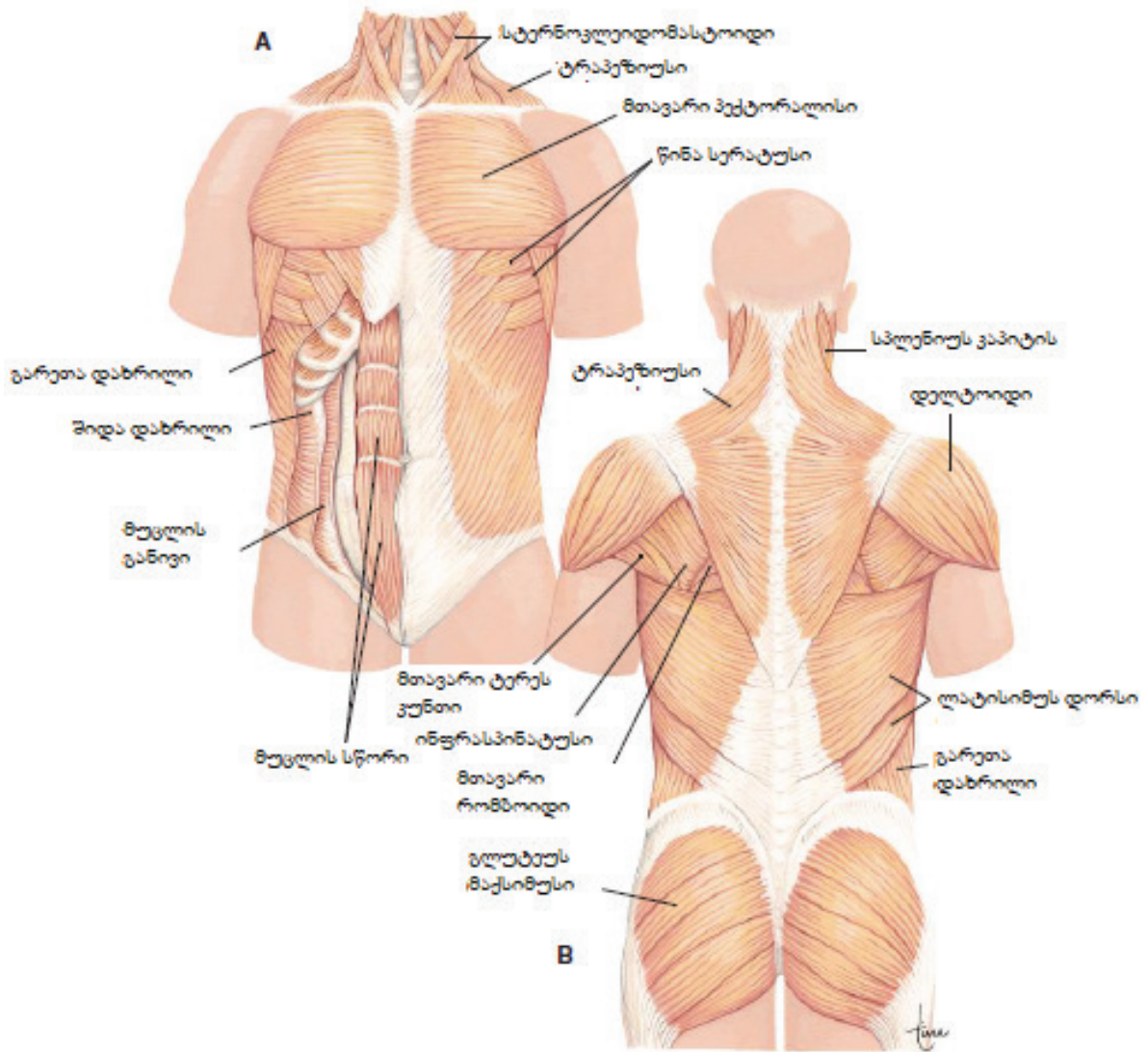
**ცხრილი 7- 7 | მხრების და ხელის კუნთები**

კუნთი	ფუნქცია	კუნთის დასაწყისი	კუნთის მიმაგრება
დელტოიდი	ჰუმერუსის ადდუქციას	ბეჭი და ლავინი	ჰუმერუსი
მთავარი პექტორალისი	ჰუმერუსის მოხრა და ადდუქცია	ლავინი, გულმკერდის ძვალი , 2 - 6 ნეკნის ხრტილი	ჰუმერუსი

ლატისიმუს დორსი	ჭუმერუსის გაშლა და ადდუქცია	ბოლო 6 გულმკერდის მალა, ყველა წელის მალა, გავის ძვალი, თეძოს ძვლის გამონაშვერი	ჭუმერუსი
მთავარი ტერესის	ჭუმერუსის გაშლა და ადდუქცია	ბეჭი	ჭუმერუსი
სამთავა ბრაქიისი	მკლავის გაშლა	ჭუმერუსი და ბეჭი	იდაყვის ძვალი
ორთავა ბრაქიისი	მკლავის მოხრა	ბეჭი	სხვივის ძვალი
ბრაქიალისი	მკლავის მოხრა	ჭუმერუსი	იდაყვის ძვალი
ბრაქიორადიალისი	მკლავის მოხრა	ჭუმერუსი	სხვივის ძვალი



შეკითხვა: რით გვანან ორივე ორბიკულარისის კუნთი ერთმანეთს?



**სურათი 7- 10** ტანის კუნთები. (A) წინა ხედი. (B) უკანა ხედი

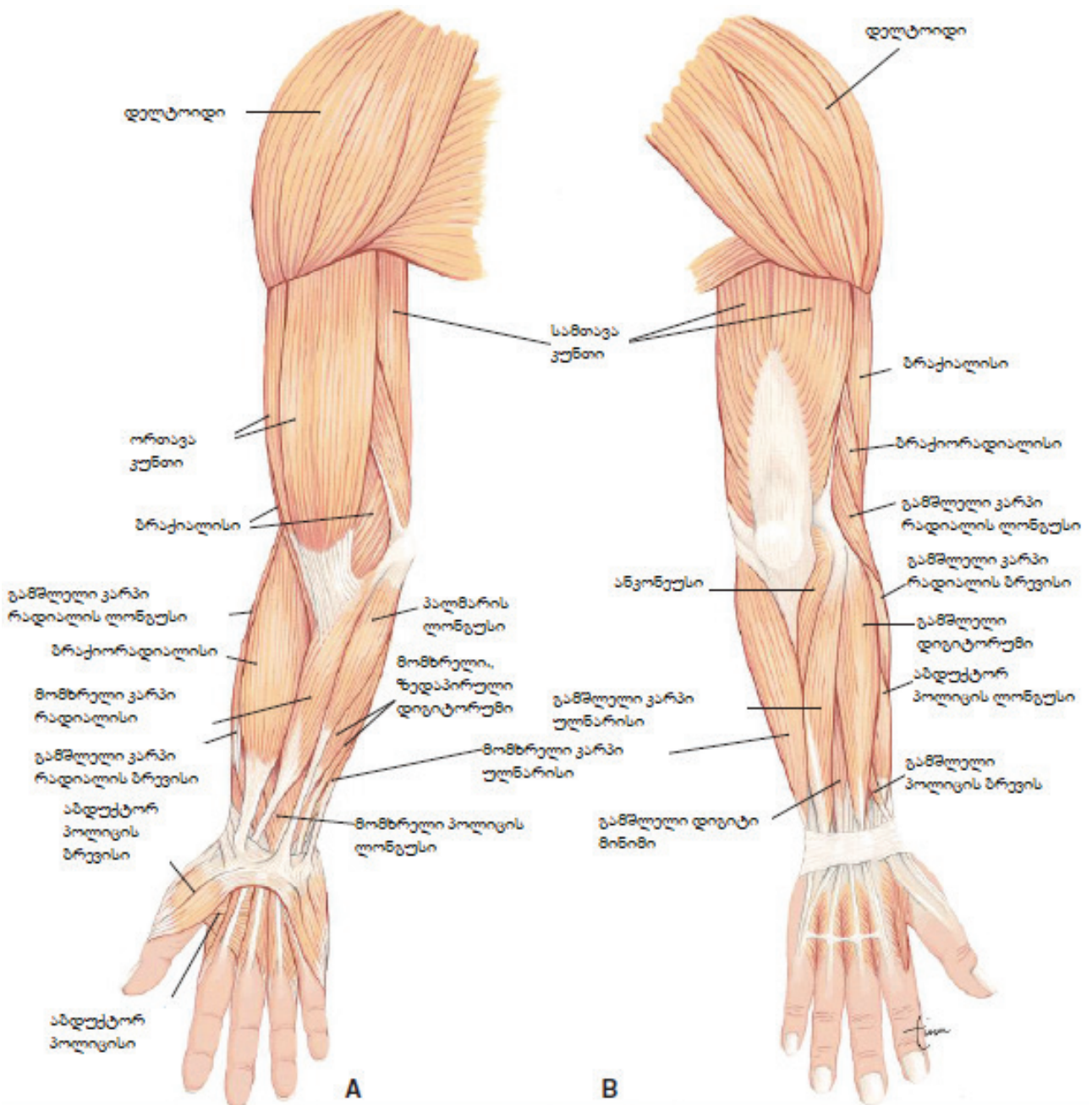
შეკითხვა: ტანის ტორსის რომელი კუნთი ამოძრავებს ხელს? რატომ არიან ისინი ტანის ტორსოზე?

**ცხრილი 7-8 | მენჯის და ფეხის კუნთები**

კუნთი	ფუნქცია	კუნთის დანყება	კუნთის მიმაგრება
თეძო-წელის	ბარძაყის მოხრა	თეძოს ძვალი, წელის მალა	ფემორისი ბარძაყის ძვალი
პექტინეუსი	ბარძაყის მოხრა და ადღუქცია	ბოქვენის ძვალი	ბარძაყის ძვალი
გლუტეუს მაქსიმუსი	ბარძაყის გაშლა	თეძოს ძვლის გამონაშვერი, გავის ძვალი, კუდუსუნი	ბარძაყის ძვალი



გლუტეუს მედიუსი	ბარდაყის აბდუქცია	თეძოს ძვალი	ბარდაყის ძვალი
ფემორისის ოთხთავა კუნთის ჯგუფი: • თეძოს სწორი • ვასტუს ლატერალისი • ვასტუს მედიალისი • ვასტუს ინტერმედიუსი	ბარდაყის მოხრა და ქვედა ფეხის გაშლა	თეძოს ძვალი და ბარდაყის ძვალი	დიდი წვივის ძვალი
ჰამსტრინგების ჯგუფი ორთავა ფემორისი სემიმემბრანოზული სემიტენდონური	ბარდაყის გაშლა და ქვედა ფეხის მოხრა	საჯდომის ძვალი	დიდი წვივის ძვალი და მცირე წვივის ძვალი
ადდუქტორების ჯგუფი ადდუქტორ მაგნუსი, ადდუქტორ ლონგუსი, გრაცილისი	ბარდაყის ადდუქცია	საჯდომის ძვალი და ბოქვენის ძვალი	ბარდაყის ძვალი ფემორისი
სარტორიუსი	ბარდაყის და ქვედა ფეხის მოხრა	თეძოს ძვალი	დიდი წვივის ძვალი
კანჭის ტყუპი	ფეხის ტერფის პლანტარ ფლექსია	ბარდაყის ძვალი	ქუსლის ძვალი (აქილევის მყესი)
ქუსლის	ფეხის ტერფის პლანტარ ფლექსია	დიდი წვივის ძვალი(ტიბია) და მცირე წვივის ძვალი(ფიბულა)	ქუსლის ძვალი (აქილევის მყესი)
პერონეუსი (მცირე წვივის ძვალი ) ლონგუსი	ფეხის ტერფის პლანტარ ფლექსია და ევერსია	დიდი წვივის ძვალი და მცირე წვივის ძვალი	პირველი მეტატარზალი და სოლისებრი ძვალი
ნინა ტიბიალისი	ფეხის ტერფის დორსოფლექსია	დიდი წვივის ძვალი	მეტატარზალები



**სურათი 7-11** ხელის კუნთები. (A) წინა ხედი. (B) უკანა ხედი.

შეკითხვა: სად მდებარეობს კუნთები რომლებიც ხრის თითებს? საიდან მიხვდით?

**ცხრილი 7-9 | მენჯის ფსკერის კუნთები**

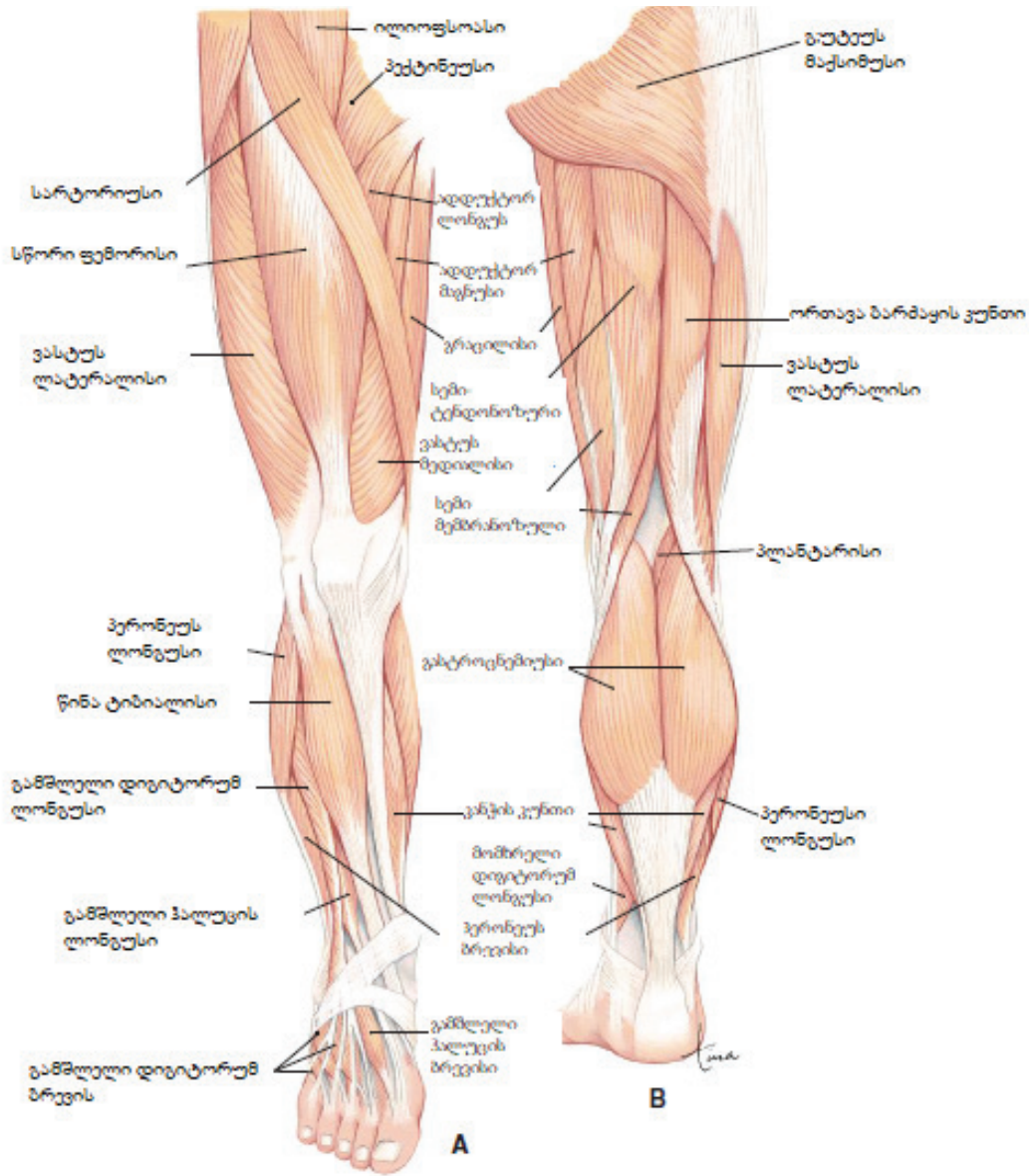
კუნთი	ფუნქცია	კუნთის დანყება	კუნთის მიმაგრება
მენჯის ამწევი	იკავებს მენჯის ორგანოებს, განსაკუთრებით დეფეკაციის, მოშარდვის, ხველის და ძალდატანებული ამოსუნთქვის დროს; კუმშავს ანუსს, ურეთრას და ვაგინას	ბოქვენის ძვალი და საჯდომის ძვალი	კუდუსუნი, ანალური ხვრელი, ურეთრა

კუდუსუნისებრი	იკავებს მენჯის ორგანოებს , განსაკუთრებით დეფეკაციის, მოშარდვის , ხველის და ძალდატანებული ამოსუნთქვის დროს;	საჯდომის ძვალი	კუდუსუნი და გავის ძვალი
საჯდომკავერნოზული	ქალებში კლიტორის ერექცია და მამაკაცებში პენისის ერექცია	საჯდომის ძვალი და ბოქვენის ძვალი	კლიტორი ან პენისი
ბულბოსპონგიოზუსი	ეხმარება შარდვაში, ქალებში კლიტორის ერექცია, მამრობითებში ერექცია და ეაკულაცია	პერინეუმის ცენტრალური მყესი	ფასცია, ბოქვენის თალი, კლიტორი ან პენისი
განივი შორისის ( ზედაპირული და ღრმა)	ქალებში ეხმარება მოშარდვაში, მამრობითებში შარდვა და ეაკულაცია	საჯდომი ძვალი	პერინეუმის ცენტრალური მყესი
გარეთა ანალური მომჭერი	ანუსის დახურვა	უკანა ტანის-კუდუსუნის ლიგამენტი	პერინეუმის ცენტრალური მყესი

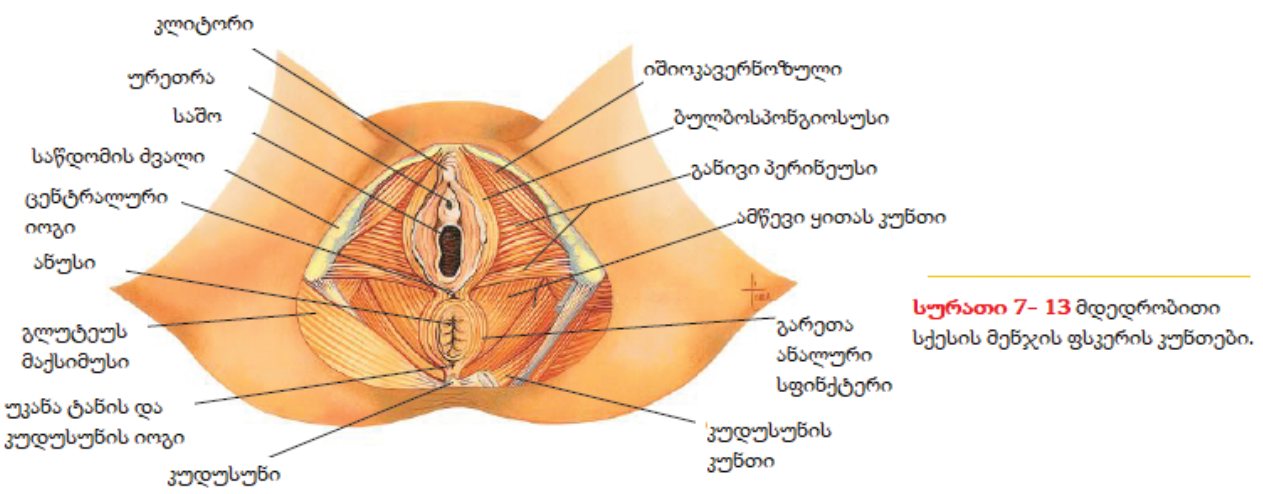
**სამახსოვრო 7- 5 | ხშირი ინექციის ადგილები**

<p><b>კუნთშიდა ინექცია</b> გამოიყენება როცა ჩქარი შენოვა არის აუცილებელი, რადგან კუნთებს აქვთ კარგი სისხლით მომარაგება. ყველაზე უსაფრთხო ადგილი ინექციისთვის დღეს დღეისობით მიჩნეულია რომ არის გლუტეუს მედიუსი , რასაც ეწოდება წინა გლუტეალური ადგილი. ალტერნატიული არის ბარძაყის ლატერალური ვასტუს ლატერალისი კუნთი და მხრის დელტოიდის კუნთი. ეს ადგილები არის ნაჩვენები , ასევე ნაჩვენებია დიდი ნერვები, რომლებიც უნდა გავითვალისწინოთ რომ არ მოხდეს მათ ადგილას ინექცია</p>	
	<p>ყუთი სურათი 7- A კუნთშიდა ინექციის ადგილები, სხეულის მარჯვენა მხარის უკანა ხედი</p>





შეკითხვა: გასტროკნემიუსის და წინა ტიბიალისის კუნთების ზომების შედარებით რა განსხვავებაა მათ შორის? რა არის მიზეზი ამ სხვაობის?



სურათი 7- 13 მდედრობითი სქესის მენჯის ფსკერის კუნთები.

შეკითხვა: ქალებში, რომელი ორგანოების გამყარება ხდება მენჯის ფსკერის კუნთებით?

## თავი 8

### ნერვული სისტემა

ალბათ, ყველა ჩვენგანს ახსოვს ბავშვობაში, რომ გვეუბნებოდნენ ღუმელს, ან პოტენციური ზიანის მომტან სხვა წყაროებს არ შეეხოთო. რადგან ბავშვები ცნობისმოყვარეები არიან, ხშირად ასეთი გაფრთხილებები უყურადღებოდ რჩება. შედეგი? ცხელ ღუმელთან შეხება იწვევს მყისიერ რეაქციას - მოვშორდეთ ღუმელს და თითების ტკივილის ცოცხლად დამახსოვრებას. ქვემოთ ჩამოთვლილი მარტივი და ნაცნობი გამოცდილება ასახავს ნერვული სისტემის ფუნქციებს:

1. ცვლილებების აღმოჩენა და შეგრძნება
2. ამ ცვლილებებზე შესაბამისი პასუხის ინიცირება
3. ინფორმაციის ორგანიზება, მყისიერი გამოყენებისა და შენახვისათვის და შემდგომი მოხმარებისთვის

ნერვული სისტემა ერთ-ერთი მარეგულირებელი სისტემაა (კიდევ ერთ მარეგულირებელ სისტემას - ენდოკრინულს, მე-10 თავში განვიხილავთ). ნერვული სისტემის ელექტროქიმიური იმპულსები საშუალებას იძლევა მივიღოთ ინფორმაცია გარე და შიდა გარემოს შესახებ და გავაკეთოთ ის, რაც აუცილებელია ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად. ზოგი ეს აქტივობა ცნობიერია, თუმცა უმეტესობა არაცნობიერად ხდება.

### ნერვული სისტემის ნაწილები

ნერვულ სისტემას ორი ნაწილი აქვს. **ცენტრალური ნერვული სისტემა (CNS)** მოიცავს თავისა და ზურგის ტვინს. **პერიფერიული ნერვული სისტემა (PNS)** კი შედგება თავის (კრანიალური) და ზურგის (სპინალური) ტვინის ნერვებისგან. PNS-ში შედის ნერვები კანისა და კუნთებისკენ და კანიდან და კუნთებიდან. ის ასევე მოიცავს **ავტონომიურ ნერვულ სისტემას (ANS)** ვისცერალურ ნერვებს ვისცერალურ ეფექტორამდე და ასევე, ენტერულ (ნაწლავის) ნერვულ სისტემას, რომელიც მდებარეობს საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის კედლებში (განხილული იქნება მე-16 თავში).

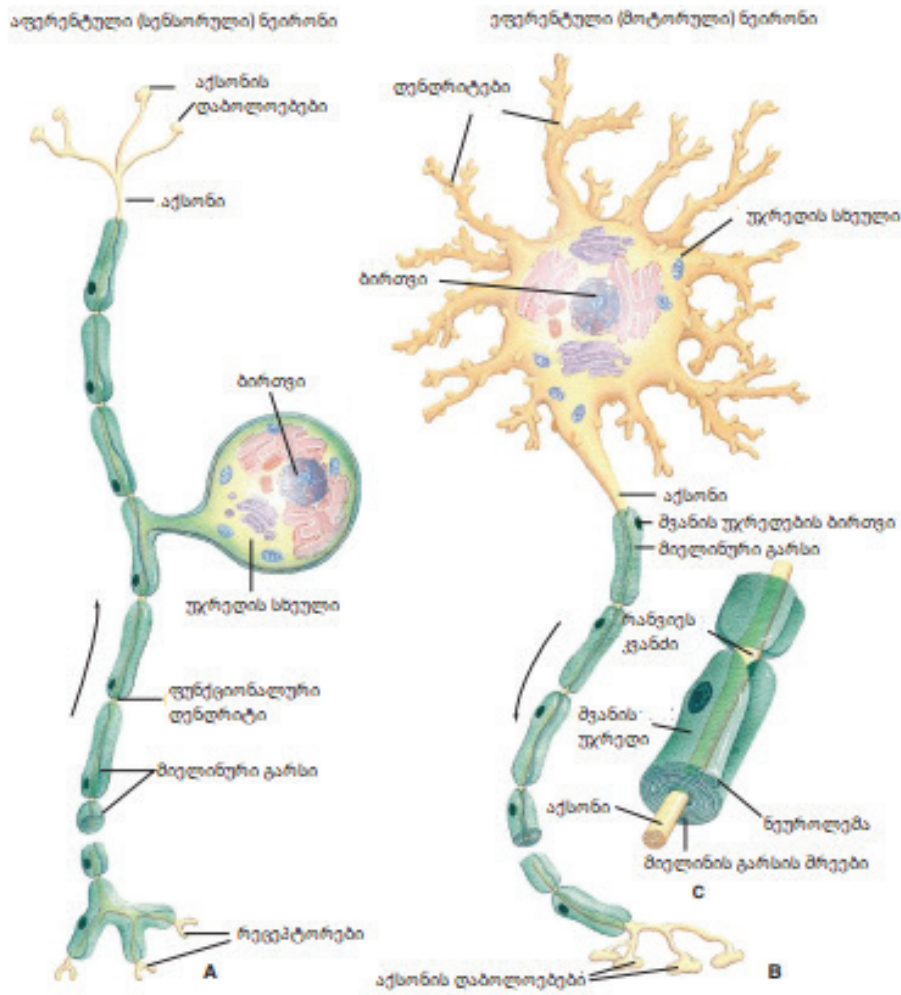
პერიფერიული ნერვული სისტემა იღებს ინფორმაციის ცენტრალური ნერვული სისტემისგან და ასევე, უბრუნებს მას ინფორმაციას. თავის ტვინი აქტივობის ცენტრია, რომელიც აერთიანებს ამ ინფორმაციას, ახდენს პასუხების ინიცირებას და ჩვენ იმ ინდივიდუალად გვაქცევს, რაც ვართ.

### ნერვული ქსოვილი

ნერვული სისტემა მოკლედ მე-4 თავში იყო აღწერილი, ასე რომ ჩვენ დავინყებთ ნასწავლის გამეორებით და შემდეგ დავამატებთ ახალ ინფორმაციას.

ნერვულ უჯრედებს **ნეირონები**, ან **ნერვული ბოჭკოები** ეწოდება. მიუხედავად მათი სპეციფიკური ფუნქციებისა, მათი ფიზიკური ნაწილები ერთნაირია. **უჯრედის სხეული** შეიცავს ბირთვს (იხილეთ, სურათი 8-1) და აუცილებელია ნეირონის სიცოცხლის გაგრძელებისთვის. როგორც თქვენ ნახავთ, ნეირონის უჯრედული სხეულები ცენტრალურ ნერვულ სისტემასა და მასთან ახლოს, ტორსში გვხვდება. ამ ადგილებში უჯრედის სხეულები დაცულნი არიან ძვლებით. უჯრედის სხეულები არ გვხვდება კიდურებში, რადგან ეს ადგილები ნაკლებად დაცულნი არიან დაზიანებისგან.

**დენდრიტები** წაგრძელებებია (ნანაზარდები), რომლებიც ელექტრულ იმპულსებს უჯრედული სხეულისკენ ატარებენ. ნეირონის **აქსონი** გადასცემს იმპულსს უჯრედული სხეულიდან, შესაძლოა სხვა ნეირონს, ან კუნთოვანი, ან ჯირკვლოვანი ქსოვილების ეფექტორ უჯრედებს. ელექტრული იმპულსის გადაცემა დენდრიტების, უჯრედული სხეულის და აქსონის მემბრანის საშუალებით ხდება.



**სურათი 8-1.** ნეირონის სტრუქტურა. (A) ტიპური სენსორული ნეირონი. (B) ტიპური მოტორული ნეირონი. ისრები მანიშნებენ იმპულსის გადაცემის მიმართულებას. (C) შვანის უჯრედების მიერ ფორმირებული მიელინის გარსისა და ნეუროლემას დეტალები.  
**შეკითხვა:** მოტორული ნეირონების აქსონური დაბოლოება რომელი ტიპის უჯრედებში გვხვდება?

პერიფერიულ ნერვულ სისტემაში დენდრიტები და აქსონები „შეფუთულია“ სპეციალიზებულ უჯრედებში, რომელთაც **შვანის უჯრედები** ეწოდებათ (იხილეთ, სურათი 8-1). ემბრიონული განვითარების პერიოდში, შვანის უჯრედები იზრდებიან და რამდენიმე ფენად, შვანის უჯრედის მამბრანით, შემოსაზღვრავენ ნეირონულ ნანაზარდებს. ამ შრეებს **მიელინური გარსი** ეწოდება; მიელინი ფოსფოლიპიდია, რომელიც ახდენს ნეირონების ელექტროიზოლაციას. მიელინური გარსის გარეშე, ნეირონებს შორის მოკლე ჩართვა მოხდებოდა, ისევე როგორც არაიზოლირებულ ელექტროსადენებს შორის ხდება (იხილეთ, სამახსოვრო 8-1: გაფანტული სკლეროზი).

**სამახსოვრო 8-1 | გაფანტული სკლეროზი**

**გაფანტული სკლეროზი** მადემიელინიზებული დაავადებაა, რაც ნიშნავს, რომ ის მოიცავს ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირონების მიელინური გარსის დარღვევას. მიელინური გარსის გარეშე, ამ ნეირონებში იმპულსის გადაცემისას, მოკლე ჩართვა ხდება და იმპულსები ვეღარ აღწევენ დანიშნულების ადგილამდე; ამის გამო ნეირონების აქსონები ზიანდებიან და თანდათანობით კვდებიან.



გაფანტული სკლეროზი **აუტოიმუნური დაავადებაა**, რომელიც გამოიწვევა ორივე - გენეტიკური და გარემო ფაქტორებით. ამ ეტაპზე ზუსტად არ არის დადგენილი როგორ ახდენენ გენები ადამიანების წინასწარგანწყობას აუტოიმუნური დაავადებებისადმი. გარემო ფაქტორებს, რომლებიც ზრდიან გაფანტული სკლეროზის განვითარების რისკს, მიეკუთვნებიან ებშტეინ-ბარის ვირუსით გამოწვეული ინფექცია და D ვიტამინის დეფიციტი. გაფანტული სკლეროზის დროს წარმოქმნილი ანტისხეულები იწვევენ, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში მიელინის მასპროდუცირებელი ნეიროგლიის -ოლიგოდენდროციტების განადგურებას, რაც იწვევს სკლეროზის, ნანიზუროვანი ქსოვილის ფოლაქების წარმოშობას; ეს ვერ ახდენს ელექტრული იზოლაციის უზრუნველყოფას, ან აქსონის დაცვას. რადგანაც მიელინის დაკარგვა ცენტრალური ნერვული სისტემის ბევრ ნაწილში შეიძლება განვითარდეს, სიმპტომები მრავალფეროვანია, თუმცა, ჩვეულებრივ, მოიცავს კუნთების სისუსტეს, ან დამბლას, დაბუყებას, ან შეგრძნებების ნაწილობრივ დაკარგვას, მხედველობის გაორებას. ზურგის ტვინის რეფლექსების დაკარგვას, მათ შორის მოშარდვის და დეფეკაციისას.

პირველი სიმპტომები, ჩვეულებრივ, **20-40** წლის ასაკში ვლინდება და დაავადება შეიძლება ნელა, ან სწრაფად პროგრესირდეს. ზოგიერთ პაციენტს შესაძლოა **რემისიებიც**, ანუ სიმპტომების ინტენსივობის დაქვეითება, აღენიშნებოდეთ; თუმცა, დაავადების რემისიები და დაავადების პროგრესირება არაპროგნოზირებადია. ჯერ-ჯერობით გაფანტული სკლეროზის განკურნება შეუძლებელია, თუმცა იმუნოსუპრესია და ინტერფერონი, ზოგიერთ პაციენტში, იწვევს რემისიების გახანგრძლივებას. მიმდინარეობს ნეირონების რემიელინიზაციის სტიმულაციის შესაძლებლობის კვლევები.

შვანის მეზობელ უჯრედებს შორის სივრცეებს, ან მიელინური გარსის სეგმენტებს რანვიეს (ნეიროფიბრილური კვანძები) ეწოდებათ. ეს კვანძები ნეირონების უჯრედული მემბრანის ნაწილია, რომლებიც ელექტრული იმპულსების გადაცემის დროს დეპოლარიზებიან (იხილეთ, შემდეგ ნაწილში განხილული „სალტოსებრი გატარება“)

შვანის უჯრედების ბირთვი და ციტოპლაზმა გარედან შემოსაზღვრავს მიელინურ გარსს და **ნეიროლემად** იწოდება; ეს სტრუქტურა ძალიან მნიშვნელოვანი ხდება ნერვების დაზიანების შემთხვევაში. თუ პერიფერიული ნერვი განყდა, მაგრამ მიკროქირურგიულად მისი თავიდან მიმაგრება მოხერხდა, ნეიროლემის გვირაბებში შესაძლოა მოხდეს დენდრიტის და აქსონის რეგენერაცია. მიიჩნევა, რომ შვანის უჯრედები წარმოშობენ, რეგენერაციის მასტიმულირებელ, ქიმიურ ზრდის ფაქტორს. მიუხედავად იმისა, რომ რეგენარაციის პროცესმა შეიძლება თვეები გასტანოს, საბოლოოდ ნერვებმა შეიძლება აღიდგინონ სათანადო კავშირები და პაციენტმა დაიბრუნოს დაზიანებული კიდურის მგრძობელობა და მოძრაობის უნარი.

ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში მიელინურ გარსს **ოლიგოდენდროციტები**, მხოლოდ თავისა და ზურგის ტვინში არსებული, **ნეიროგლიის (გლიური უჯრედები)** სპეციალიზებული უჯრედები ქმნიან. შვანის უჯრედების და შესაბამისად ნეიროლემის არ არსებობის გამო, ნეირონების რეგენერაცია არ ხდება. ამის გამოა, რომ ზურგის ტვინის განყვეტა იწვევს მისი ფუნქციის პერმანენტულ დაკარგვას. **მიკროგლია** სხვა ტიპის ნეიროგლიაა; ისინი ფაგოციტები არიან და მუდმივად მოძრაობენ. ისინი ასუფთავებენ უჯრედულ ნარჩენებს და დაზიანებულ უჯრედებს და ახდენენ პათოგენების ფაგოციტირებას.

**ასტროციტიც** (სიტყვასიტყვით, „ვარსკვლავური უჯრედი“) გლიური უჯრედების კიდევ ერთი სახეობაა. ემბრიონში ეს უჯრედები ქმნიან ძირითად კარკასს მომიგრირე ნეირონებისთვის, რომლებიც ტვინს წარმოქმნიან. შემდეგ ასტროციტების ნაწილობრივ გარშემო ეხვევიან ნეირონებსა და თავის ტვინის კაპილარებს (იხილეთ, ცხრილში **8-1**, სურათი **8-A**) და მათი როლი პასიური არ არის. ასტროციტები მონაწილეობენ ტვინის სისხლის მიმოქცევის რეგულაციაში. ითვლება, რომ ისინი აღიქვამენ ნეირონების მიერ ნეიროტრანსმიტერების გამოთავისუფლებას და როდესაც ნეირონები უფრო აქტიურნი ხდებიან, იწვევენ სისხლის მიმოქცევის გაზრდას. ასტროციტები, ასევე, ხელს უწყობენ **ჰემატოენცეფალური ბარიერის**, ფუნქციონირებას, რომელიც ეწინააღმდეგება სისხლიდან ტვინის ქსოვილში, პოტენციურად

დამაზიანებელი ნარჩენი პროდუქტების, გადასვლას. ამ ნარჩენი პროდუქტების სისხლსა და სხვა ქსოვილებში არსებობა ნორმალურია, მაგრამ ტვინის ქსოვილი, სხვა ქსოვილებთან შედარებით (კუნთოვანი, ან შემაერთებული ქსოვილი) გაცილებით მგრძობიარე მათი, თუნდაც მცირე კონცენტრაციების მიმართ. ბარიერულ ფუნქციაში ტვინის კაპილარებიც მონაწილეობენ, რადგან მათი უჯრედები მჭიდროდ ეკვრიან ერთმანეთს, რაც ამ კაპილარებს, სხვებთან შედარებით, ნაკლებად განვლადს ხდის. ზოგიერთი მავნე ნივთიერება, როგორებიცაა ალკოჰოლი და ნიკოტინი, ასევე ცოფის ვირუსი გადიან ჰემატოენცეფალურ ბარიერს. ამ ბარიერის უარყოფითი მხარე ისაა, რომ ზოგიერთ სასარგებლო მედიკამენტს არ შეუძლია მისი გადალახვა; ლიმფოციტების მიერ წარმოქმნილი ანტისხეულები კი ძნელად გადიან მასში. ეს საკითხი მნიშვნელობას იძენს, როდესაც საჭირო ხდება ტვინის ინფექციების, ან სხვა დაავადებების, ან დარღვევების მკურნალობა (იხილეთ, ცხრილი 8-1, რომელშიც შეჯამებულია ნეიროგლიის ფუნქციები).

## ნერვული იმპულსი

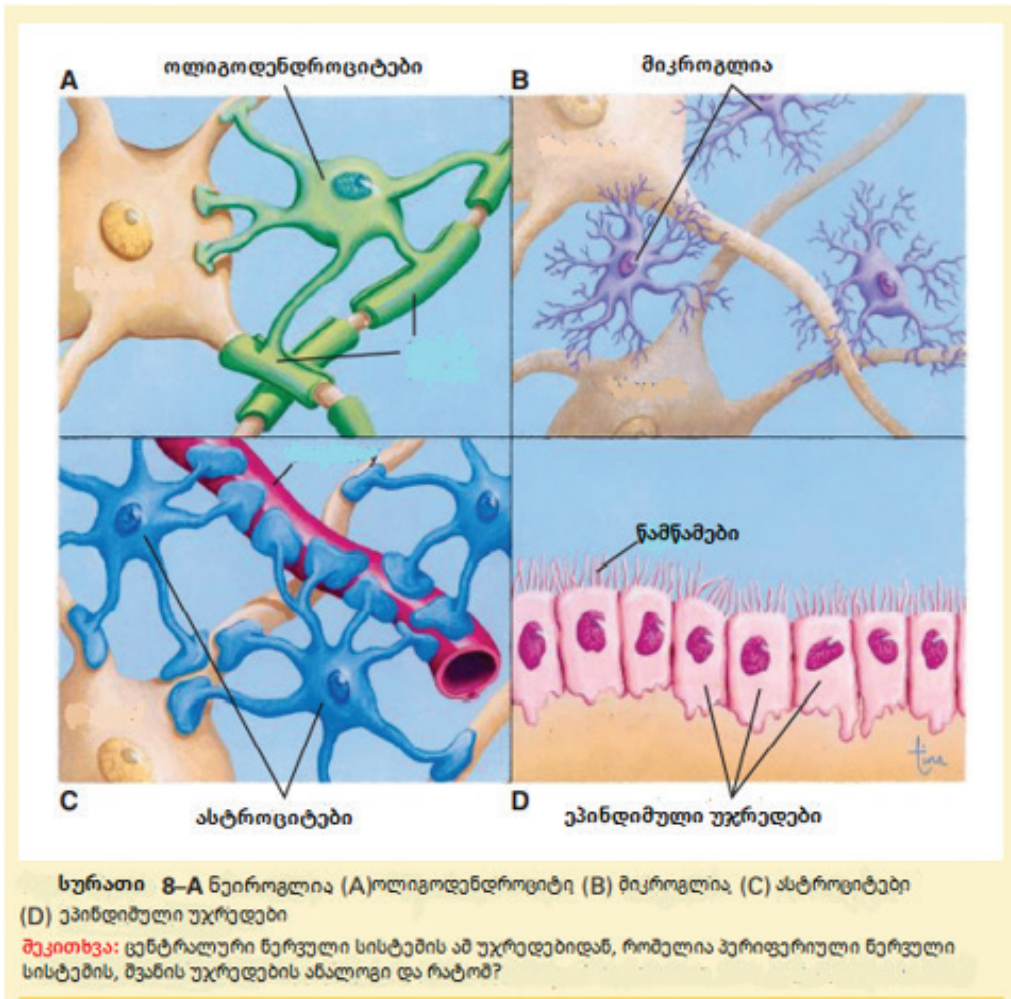
ნერვული ელექტრო იმპულსების დროს განვითარებული მოვლენები იგივეა, რაც კუნთოვან ბოჭკოებში გენერირებული იმპულსების შემთხვევაში და განხილული იყო მე-7 თავში. მარტივად რომ ვთქვათ, ნეირონი, რომელიც არ გადასცემს იმპულსს, იმყოფება **პოლარიზაციის** მდგომარეობაში, რომლის დროსაც  $Na^+$  იონები ჭარბად არიან უჯრედის გარეთ, ხოლო  $K^+$  იონები და ნეგატიური იონები, უჯრედის შიგნით. ნეირონის მემბრანის გარეთა ზედაპირი დამუხტულია დადებითად, ხოლო შიგნითა უარყოფითად. სტიმული, როგორიცაა ნეიროტრანსმიტერი, მემბრანას ძალიან გამტარს ხდის  $Na^+$  იონების მიმართ, რომლებიც ინტენსიურად გადაადგილდებიან უჯრედის შიგნით. ამას მოყვება **დეპოლარიზაცია**, მემბრანის დამუხტვის შეტრუნება. ახლა გარეთა ზედაპირი ხდება უარყოფითი და შიგნითა დადებითი.

### ცხრილი 8-1| ნეიროგლია

სახელი	ფუნქცია
ოლიგოდენდროციტები	წარმოქმნიან მეილინური გარსის სეგმენტებს CNS-ის ნეირონების ელექტრული იზოლაციისთვის.
მიკროგლია	აქვს მოძრაობის და პათოგენებისა და დაზიანებული ქსოვილის ფაგოციტოზის უნარი.
ასტროციტები	ქმნიან კარკასს ნაყოფის განვითარებადი ტვინისთვის და ხელს უწყობენ ჩამოყალიბებულ ნეირონებს.
	ტვინის აქტივობის საპასუხოდ, არეგულირებენ ლოკალურ სისხლის მიმოქცევას.
	ხელს უწყობენ $K^+$ დონის შენარჩუნებას
	მონაწილეობენ ჰემატოენცეფალურ ბარიერში

ეპინდომა

ამოფენენ ტვინის პარაკუჭებს და ზურგის ტვინის ცენტრალურ არხს; ბევრ უჯრედს ალენიშნება ნამწამები; ჩართულნი არიან ცერებროსპინალური სითხის ცირკულაციაში.



დეპოლარიზაციის დადგომისთანავე, უჯრედის მემბრანა  $K^+$  იონების მიმართ ხდება გამტარი, რომლებიც აქტიურად გამოდიან უჯრედიდან. ეს იწვევს მემბრანის გარეთ - დადებითი, ხოლო შიგნით უარყოფითი მუხტის აღდგენას და პროცესს რეპოლარიზაცია ეწოდება (ტერმინი მოქმედების პოტენციალი აღწერს დეპოლარიზაციას, რომელსაც მოჰყვება რეპოლარიზაცია). შემდეგ ნატრიუმის და კალიუმის ტუმბოები  $Na^+$  იონებს უჯრედის გარეთ აბრუნებენ, ხოლო  $K^+$  იონებს უჯრედის შიგნით და ნეირონი მზადაა ახალი იმპულსის მისაღებად და გადასაცემად. იმპულსის საპასუხოდ, მოქმედების პოტენციალი ძალიან სწრაფად წარმოიქმნება და მილინამებში იზომება. თითოეულ ნეირონს, ნამში, ათასობით მოქმედების პოტენციალის (იმპულსის) გადაცემის საშუალება აქვს. ნერვული იმპულსის გადაცემის დროს მიმდინარე მოვლენები შეჯამებულია ცხრილში 8-2.

**ცხრილი 8-2| ნერვული იმპულსი**

მოვლენის მდგომარეობა	აღწერა
პოლარიზაცია (ნეირონი არ გადასცემს ელექტრულ იმპულსს)	ნეირონის მემბრანის გარეთა ზედაპირი დადებითადაა (+) დამუხტული, შიგნითა კი უარყოფითად (-)
	$Na^+$ იონები უფრო ჭარბადაა უჯრედის გარეთ



	$K^+$ იონები და ნეგატიური იონები მეტია უჯრედის შიგნით. ნატრიუმის და კალიუმის ტუმბოები უზრუნველყოფენ ამ იონური წონასწორობის შენარჩუნებას
დეპოლარიზაცია (გენერირებულია სტიმულის მიერ)	ნეირონის მემბრანა ძალიან განვლადი ხდება $Na^+$ იონების მიმართ, რომლებიც სწრაფად შედიან უჯრედში
	ამის გამო ნეირონის მემბრანის გარეთა ზედაპირი ხდება უარყოფითი (-), ხოლო შიგნითა დადებითი (+).
იმპულსის გავრცელება წარმოშობის ადგილიდან	მემბრანის ნაწილის დეპოლარიზაცია, მიმდებარე მემბრანას ძალიან განვლადს ხდის $Na^+$ იონების მიმართ, რაც იწვევს ამ ნაწილის დეპოლარიზაციას; ამ უკანასკნელს ისეთივე გავლენა აქვს თავის მიმდებარე მემბრანაზე და ა.შ.
	დეპოლარიზაცია გრძელდება ნეირონის მემბრანის გასწვრივ აქსონის ბოლომდე.
რეპოლარიზაცია (დაუყოვნებლივ მოჰყვება დეპოლარიზაციას, მოქმედების პოტენციალის დასასრულელბლად)	ნეირონის მემბრანა ძალიან განვლადი ხდება $K^+$ იონების მიმართ, რომლებიც სწრაფად გამოდიან უჯრედიდან. ეს აღადგენს დადებით (+) მუხტს მემბრანის გარეთა ზედაპირზე და უარყოფით (-) მუხტს მემბრანის შიგნითა ზედაპირზე.
	ნატრიუმის და კალიუმის ტუმბოების მიერ, $Na^+$ იონები ბრუნდებიან გარეთ, ხოლო $K^+$ იონები, შიგნით
	ნეირონს ახლა შეუძლია უპასუხოს სხვა სტიმულს და წარმოქმნას სხვა სტიმული.

ელექტრული იმპულსების გადაცემა ძალიან სწრაფია. მაიზოლირებული მიელინური გარსის არსებობა ზრდის იმპულსების გადაცემის სიჩქარეს, რადგან მხოლოდ რანვიეს კვანძები დეპოლარიზდება. ამას **სალტოსებრი დეპოლარიზაცია** ეწოდება. ბევრ ჩვენს ნეირონს აქვს საშუალება იმპულსის გადაცემა მოახდინოს ნაშში მრავალი მეტრის სიჩქარით. წარმოიდგენეთ, 2 მეტრის სიმაღლის ადამიანი, რომელიც ფეხს წამოკრავს; სენსორული იმპულსები თითის წვერიდან ტვინამდე ნამზე ნაკლებ პერიოდში მიაღწევენ (მიუხედავად იმისა, რომ სინაფსებში იმპულსის გადაცემის სიჩქარე დაბალია, იმპულსის გატარების გზაზე მათი რაოდენობა მცირეა და ეს მნიშვნელოვნად ვერ აქვეითებს სიჩქარეს). ელექტრული იმპულსები საშუალებას აძლევენ ნერვულ სისტემას სხეულის ყველა ნაწილთან სწრაფად დაამყარონ კავშირი, რაც მას მნიშვნელოვან რეგულატორულ სისტემად ხდის.

თქვენ შეიძლება წაგიკითხავთ, ან გაგიგიათ, რომ ნერვულ იმპულსებს „მესიჯებს“ უწოდებენ - მაგალითად, „სენსორული ნეირონები მესიჯებს აგზავნიან ტვინში“, ან „ტვინი მესიჯებს აგზავნის კუნთებში“. იმისათვის რომ გავიგოთ, თუ როგორ მუშაობს ნერვული სისტემა, ეს საუკეთესო ანალოგი არაა. მესიჯი ამბობს რაღაცას; იმეილები, წერილები და სატელეფონო ზარები რაღაც სპეციფიურს და იშვიათად ერთსა და იმავეს იმეორებენ. თუმცა, ნერვული იმპულსები ყოველთვის ზუსტად ერთნაირია - ერთი და იმავე ელექტრონული მოქმედების პოტენციალები. ნერვული იმპულსის ეფექტს არ განსაზღვრავს თავად იმპულსის ხარისხი, არამედ მისი დანიშნულების ადგილი. ასე მაგალითად, როდესაც ადამიანი დგამს ნაბიჯს, ნერვული იმპულსი მარცხენა ფეხიდან მიემართება მარცხენა ფეხის კანის არეში, თავის ტვინის მარჯვენა პარიეტულ

ნილში და ადამიანი შეიგრძნობს რომ მარცხენა ფეხი ეხება იატაკს. თუ ეს იმპულსი გადამისამართდებოდა მარჯვენა ფეხის არეში, მარცხენა პარიეტულ ნილში (ასეთი ექსპერიმენტები ჩატარებულია ვირთაგვებში), ჩვენ შევიგრძნობდით, რომ მარცხენა ფეხის მაგივრად, მარჯვენათი ვეხებით იატაკს.

დანიშნულება ყველაფერია, მიმღებია ყველაფერი. ისევე როგორც, სახლამდე ელექტრონული სადენებით მიტანილ ელექტროობას (ერთნაირს) მრავალი სხვადასხვა გამოყენება აქვს (მაცივრიდან დანყებული, თმის ფენისა და ელექტროსანათების ჩათვლით), ასევე ნერვული იმპულსები განაპირობებენ სხეულის სხვადასხვა ფუნქციების გააქტიურებას. საოფლე ჯირკვლევამდე მიტანილი იმპულსები ინვევენ ოფლის გამოყოფას, რადგან ეს ისაა რაც ჯირკვლოვანმა უჯრედებმა უნდა გააკეთონ. კეფის ნილის მხედველობით არეში მიტანილი იმპულსები განაპირობებენ მხედველობის შეგრძნებას, რადგან ესაა ამ ნერონების ფუნქცია. ჩონჩხის კუნთებამდე მიტანილი იმპულსები ინვევენ კუნთების შეკუმშვას, რადგან ესაა რაც კუნთოვანმა უჯრედებმა უნდა მოიმოქმედონ. შესაბამისად, ნერვული იმპულსი თავისთავად არ წარმოადგენს მესიჯს. თუ ის რაიმეს შეიძლება შევადაროთ, ის უფრო ჩამრთველს, ან მარტივ სიგნალს ჰგავს, რომელიც ააქტიურებს (ან აინჰიბირებს) დანიშნულების ადგილის უჯრედს, ქსოვილს, ან ორგანოს.

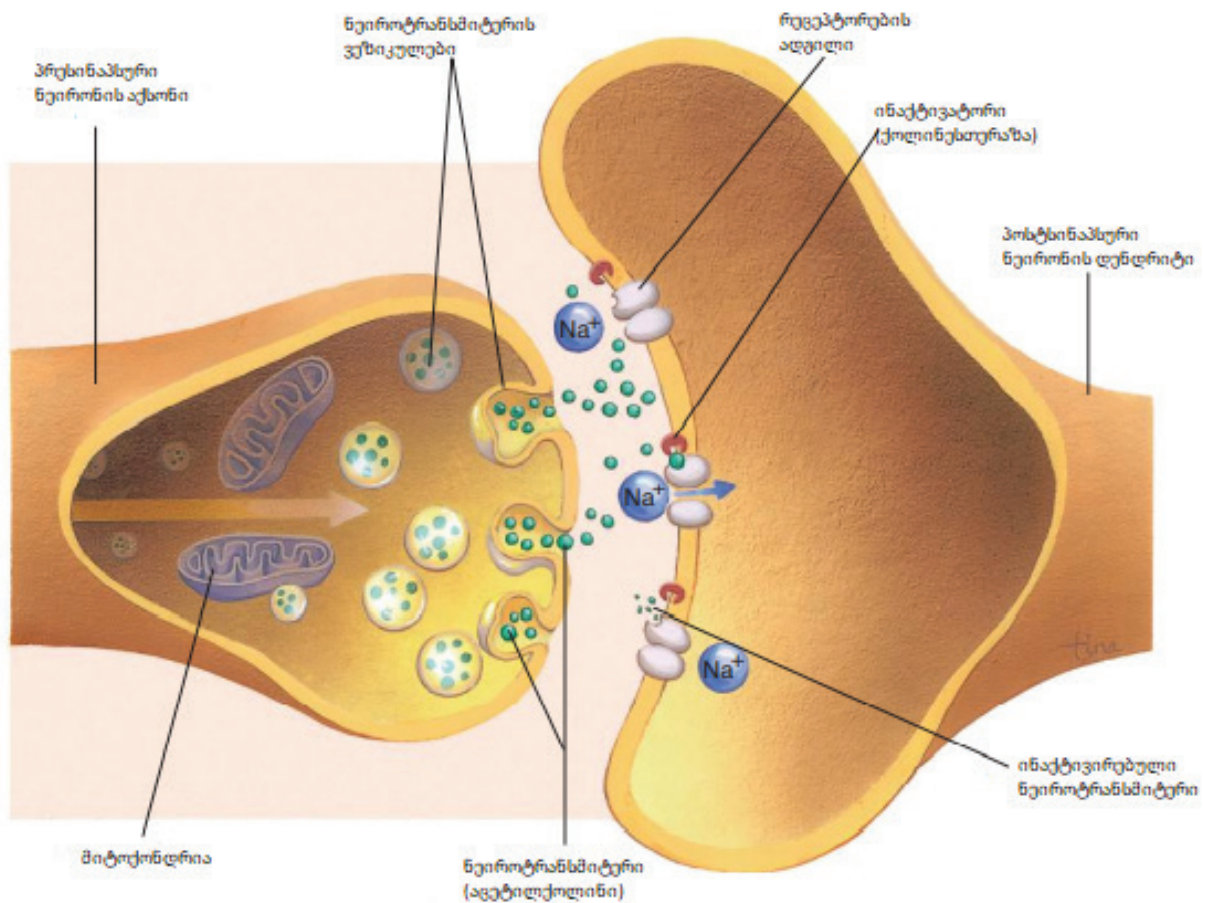
ამ მსჯელობის კვალდაკვალ, ტვინი შესაძლოა ორკესტრის დირიჟორად წარმოვიდგინოთ. შეიძლება ვთქვათ, რომ ჩონჩხის კუნთები (ფეხები, ხელები, ტანი) მუსიკოსები არიან, რომელთაც მთაზე ასვლა სჭირდებათ. თითოეული კუნთი ისეა აგებული, რომ მას გარკვეული სამუშაოს შესრულება შეუძლია, ისევე როგორც თითოეულ მუსიკოსს სპეციფიკურ ინსტრუმენტზე დაკვრა აქვს ნასწავლი. დირიჟორი არ უკრავს ფაგოტზე, საყვირზე, ტიმპანზე, ან ჩელოზე, მაგრამ მოუწოდებს მუსიკოსებს შეასრულონ თავიანთი პარტიები. ის ასევე მიუთითებს როდის, ან რა თანმიმდევრობით დაიწყონ დაკვრა; კუნთოვანი აქტივობისთვის, ეს იქნება კოორდინაცია. დირიჟორის მინიშნებები - სიგნალები - ზუსტად იგივეა. სიგნალები არ არიან ეფექტები, სიგნალების მიმღებები ქმნიან ეფექტს.

მიმღებამდე (ეფექტორამდე) მიღწევამდე, ელექტრონული ნერვული იმპულსები რამდენიმე სინაფსს გადიან. მე-4 თავიდან თქვენ შეიძლება გახსოვთ, რომ სინაფსში ნერვული იმპულსის გადაცემა იცვლება ელექტრულიდან ქიმიურზე და საჭიროებს ნეიროტრანსმიტერების გამოთავისუფლებას.

## სინაფსები

ნეირონები, რომლებიც იმპულსს სხვა ნეირონებს (ან ეფექტორულ უჯრედებს) გადასცემენ, არ ეხებიან ერთმანეთს. მცირე ნაპრალს, ან სივრცეს ერთი ნეირონის აქსონსა და მეორე ნეირონის დენდრიტს, ან სხეულს შორის, **სინაფსი** ეწოდება. პრესინაფსური აქსონის სინაფსურ მომრგვალებაში (ტერმინალური ბოლო) გვხვდება **ნეიროტრანსმიტერი**, რომელიც ელექტრული ნერვული იმპულსის მისვლისას გამოთავისუფლდება (იხილეთ, სურათი 8-2). ნეიროტრანსმიტერი დიფუზირდება სინაფსში, უერთდება პრესინაფსური ნეირონის მემბრანაზე განლაგებულ სპეციალურ რეცეპტორებს და წარმოიშობა ელექტრული იმპულსი, რომელიც ამ ნეირონის აქსონის მიერ შემდგომ სინაფსამდე მიიტანება და ასე შემდეგ. პოსტსინაფსური ნეირონის სხეულის, ან დენდრიტის **ინაქტივატორი** სწრაფად ახდენს ნეიროტრანსმიტერის ინაქტივაციას. ეს ხელს უშლის არასასურველი, მუდმივი იმპულსების გავრცელებას, სანამ პირველი ნეირონიდან კვლავ არ გამოთავისუფლდება უფრო მეტი ნეიროტრანსმიტერი.

ბევრ სინაფსს ალმგზნები ეწვება, რადგან ნეიროტრანსმიტერი ინვევს პოსტსინაფსური ნეირონის დეპოლარიზაციას ( $\text{Na}^+$  იონების უჯრედის შიგნით შემოსვლის გამო, უჯრედის გარეთ უარყოფითი მუხტის შექმნას) და ელექტრული იმპულსის გადაცემას სხვა ნეირონისთვის, კუნთოვანი უჯრედისთვის, ან ჯირკვლისთვის. თუმცა, ზოგიერთი სინაფსი მაინჰიბირებელია, რაც ნიშნავს, რომ ელექტრული იმპულსი ინვევს პოსტსინაფსური ნეირონის ჰიპერპოლარიზაციას (უჯრედის გარეთ დადებითი მუხტის კიდევ უფრო გაზრდას, რადგან  $\text{K}^+$  იონები ტოვებენ უჯრედს, ან  $\text{Cl}^-$  იონები შედიან უჯრედში) და ამის გამო, ელექტრული იმპულსი არ გადაეცემა. ასეთი ინჰიბიტორული იმპულსები მნიშვნელოვანია, მაგალითად, გულის რიტმის შესანელებლად, ან ჩონჩხის კუნთებამდე გადაცემული ალმგზნები იმპულსების დასაბალანსებლად. ჩონჩხის კუნთებთან მიმართებაში, ასეთი ინჰიბირება ეწინააღმდეგება ზედმეტ შეკუმშვას და აუცილებელია კოორდინაციისთვის.



**სურათი 8-2.** იმპულსის გადაცემა სინაფსში. ისარი მიაჩნებს ელექტრული იმპულსის მიმართულებას.

**შეკითხვა:** ეს აღმგზნები სინაფსია, თუ ინჰიბიტორული? ახსენით პასუხი

სინაფსების არსებობის ერთი მნიშვნელოვანი შედეგი ის არის, რომ ისინი უზრუნველყოფენ ცოცხალ ადამიანში იმპულსების ცალმხრივად გატარებას. იმპულსს არ შეუძლია უკან დაბრუნება, რადგან დენდრიტს, ან უჯრედულ სხეულს არ აქვს ნეიროტრანსმიტერის გამოთავისუფლების საშუალება. ნეიროტრანსმიტერები მხოლოდ ნეირონების აქსონების მიერ გამოთავისუფლებიან, რომლებსაც არ აქვთ რეცეპტორული ადგილები, ისევე როგორც, პოსტსინაფსურ მემბრანას. გაითვალისწინეთ ეს ინფორმაცია, როდესაც მოგვიანებით ამ თავში ნეირონების ტიპებს განვიხილავთ.

ნეიროტრანსმიტერის მაგალითი **აცეტილქოლინი**, რომელიც გვხვდება CNS-ის ნეიროკუნთოვან შეერთებებში და პერიფერიული ნერვული სისტემის უმეტეს ადგილას. ჩვეულებრივ, აცეტილქოლინი პოსტსინაფსურ მემბრანას უფრო განვლადს ხდის  $Na^+$  იონების მიმართ, რაც იწვევს პოსტსინაფსური ნეირონის დეპოლარიზაციას. **ქოლინესთერაზა** აცეტილქოლინის ინაქტივატორია. მრავალი სხვადასხვა ნეიროტრანსმიტერი არსებობს, განსაკუთრებით CNS-ში. ესენია დოპამინი, **GABA**, ნორეპინეფრინი, გლუტამატი და სეროტონინი. თითოეულ ამ ნეიროტრანსმიტერს თავისი ინაქტივატორი აქვს. ზოგიერთი ნეიროტრანსმიტერი მათი წარმომქმნელი ნეირონების მიერ რეაბსორბირდება; ამ პროცესს უკუ-მიტაცება ეწოდება და ასევე ახდენს ნეიროტრანსმიტერის ეფექტის დასრულებას.

სინაფსების სირთულე და მრავალფეროვნება, მათ მრავალი მედიკამენტის სამიზნედ აქცევს. ასე მაგალითად, ქცევასა და გუნებაგანწყობაზე მოქმედი მედიკამენტები ტვინის სპეციფიკურ ნეიროტრანსმიტერებზე მოქმედებენ; ანტიჰიპერტენზიული პრეპარატები კი სისხლძარღვების გლუვი კუნთების სინაფსურ გადაცემაზე.

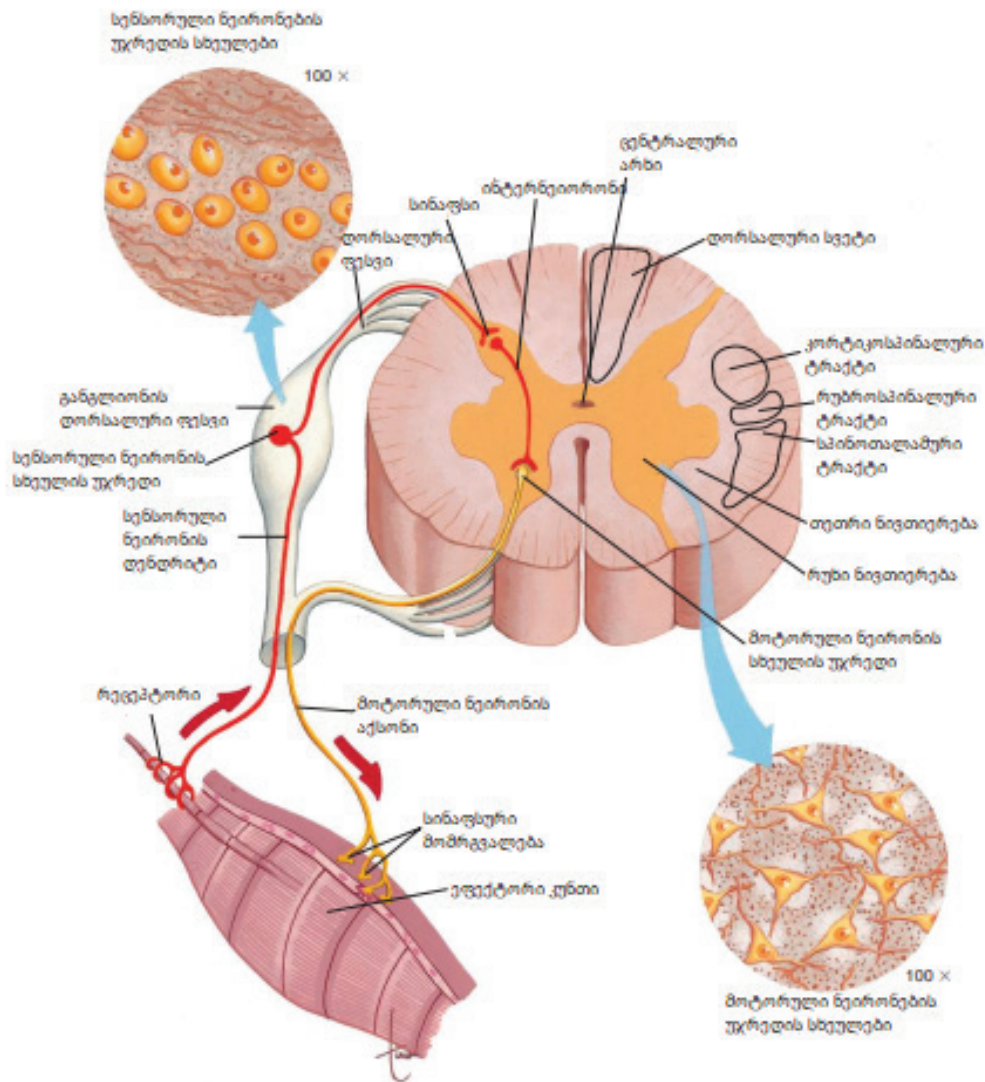


## ნეირონების ტიპები

ნეირონები შეიძლება სამ ჯგუფად დავყოთ: სენსორული ნეირონები, მოტორული ნეირონები და ინტერნეირონები (იხილეთ, სურათი 8-3). **სენსორულ ნეირონებს (აფერენტულ ნეირონებს)** იმპულსები რეცეპტორებიდან ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში მიაქვთ. **რეცეპტორები** აღიქვავენ შიდა და გარე ცვლილებებს და ამ ინფორმაციას ეფერენტული ნეირონების საშუალებით, **CNS-ში** აგზავნიან. **CNS** ამ იმპულსებს, როგორც შეგრძნებებს ისე აღიქვამს. კანის, ჩონჩხის კუნთებისა და სახსრების სენსორულ ნეირონებს **სომატური** ნეირონები ეწოდებათ; შინაგანი ორგანოების რეცეპტორებს, კი **ვისცერალური**.

**მოტორულ ნეირონებს (ეფერენტულ ნეირონებს)** იმპულსები **CNS-დან ეფექტორებამდე** მიაქვთ. ორი ტიპის ეფექტორებია კუნთები და ჯირკვლები. იმპულსების საპასუხოდ, კუნთები იკუმშებიან, ან დუნდებიან, ჯირკვლები კი სეკრეტს გამოყოფენ. ჩონჩხის კუნთებთან დაკავშირებულ მოტორულ ნეირონებს სომატურები ეწოდებათ; გლუვ კუნთებთან, გულის კუნთთან და ჯირკვლებთან კავშირში მყოფთ, კი ვისცერალური.

სენსორული და მოტორული ნეირონები ქმნიან პერიფერულ ნერვულ სისტემას. ავტონომიური ნერვული სისტემის ვისცერალური ნეირონები, **PNS-ის** სპეციალიზებული ნაწილი, ამ თავში მოგვიანებით განიხილება.



**სურათი 8-3.** ზურვის ტვინის განივი ქრილი და სამი ტიპის ნეირონები. სპინალური ნერვების ფესვები და მათი ნეირონები გამოსახულია მარცხენა მხარეს. მარჯვენა მხარეს გამოსახულია სპინალური ნერვის ტრექტები თეთრი ნივთიერებაში. ყველა ტრექტი და ნერვი ბილატერალურია (ორივე მხარეს). სენსორული და სომატური მოტორული ნეირონების სხეულებიგაა ნაჩვენები.

**შეკთხვა:** დორსალური სვეტი აღმავალი ტრექტია, კორტიკოსპინალური ტრექტი, კი დაღმავალი. ახსენით ეს რას ნიშნავს.

**ინტერნეირონები** მთელს CNS-ში გვხვდებიან. ისინი ისე არიან მოწყობილები, რომ შეუძლიათ მხოლოდ სენსორული, ან მოტორული იმპულსების გატარება, ან ამ ფუნქციების შეთავსება. თავის ტვინის ზოგიერთი ინტერნეირონი დაკავშირებული ფიქრთან, სწავლასთან და მეხსიერებასთან.

ნეირონი იმპულსს მხოლოდ ერთი მიმართულებით ატარებს. ეს ნეირონის სტრუქტურისა და ადგილმდებარეობის, ასევე, სხვა ნეირონებთან ფიზიკური განლაგების და ამის შედეგად, სინაფსის ტიპის შედეგია. ამის გამო, მოფუნქციონირე ნერვული სისტემა „ცალმხრივი ქუჩების“ უზარმაზარი ქსელია და არ არსებობს საფრთხე, რომ იმპულსები ერთმანეთს შემოუვარდნენ და შეაფერხონ ერთმანეთის გადაცემა.

## ნერვები და ნერვული ტრაქტები

**ნერვები**, ჯგუფია, სისხლძარღვებსა და შემაერთებელ ქსოვილთან ერთად, მრავალი ნეირონის აქსონების და/ან დენდრიტების ჯგუფია. **სენსორული ნერვები**, მხოლოდ, სენსორული ნეირონებისაგან შედგებიან. მხედველობის და სმენის ნერვები წმინდა სენსორული ნერვების მაგალითებია. **მოტორული ნეირონები**, მხოლოდ მოტორული ნეირონებისაგან შედგებიან; ავტონომიური ნერვები მოტორული ნერვებია. **შერეული ნერვი** შეიცავს, როგორც სენსორულ, ისე მოტორულ ნეირონებს. ჩვენი პერიფერიული ნერვების უმეტესობა, მაგალითად, ქვემო კიდურების საჯდომი ნერვი, შერეული ნერვებია.

ტერმინი **ნერვული ტრაქტი** აღნიშნავს ნეირონების ჯგუფს, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში. ნერვული ტრაქტის ყველა ნეირონი მოიაზრება სენსორულ, ან მოტორულ ნეირონად. ამ ტრაქტებს, ხშირად, **თეთრ ნივთიერებას** უწოდებენ, რადგან ნეირონების მიელინური გარსი მათ თეთრ შეფერილობას აძლევს; ეს ტერმინი გამოიყენება, როგორც თავის, ისე ზურგის ტვინისთვის.

## ზურგის ტვინი

**ზურგის ტვინი** იმპულსებს ატარებს თავის ტვინიდან და უკან და წარმოადგენს ზურგის ტვინის რეფლექსების გამაერთიანებელ ცენტრს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს მისი ფუნქციების ძალიან მოკლე აღწერაა და თითქოს მარტივად ჟღერს, ზურგის ტვინს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, ნერვული სისტემისა და მთელი ორგანიზმის ფუნქციონირებისთვის.

ხერხემლის სვეტითა და გარსებით შემოსაზღვრული, ზურგის ტვინი, კარგადაა დაცული მექანიკური დაზიანებისგან. სიგრძეში, ზურგის ტვინი ვრცელდება კეფის ძვლის დიდი ხვრელიდან ნელის პირველსა და მეორე მალას შორის დისკამდე.

ზურგის ტვინის განივი განაკვეთი გადმოცემულია სურათზე 8-3 და შემდეგი ინფორმაციის ნაკითხვისას, ამ სურათსაც გადაავლეთ თვალი. შიდა, **რუხი ნივთიერება** ლათინური ასო H-ის ფორმისაა. რუხი ნივთიერება შეიცავს მოტორული ნეირონების და ინტერნეირონების უჯრედულ სხეულებს. გარეთა, **თეთრი ნივთიერება** შედგება ინტერნეირონების მიელინოზებული აქსონებისა და დენდრიტებისგან. ნერვული ბოჭკოები, მათი ფუნქციების მიხედვით, დაჯგუფებულნი არიან ნერვულ ტრაქტებად. **აღმავალი ტრაქტები** (როგორებიცაა დორსალური სვეტები და სპინოთალამური ტრაქტები) თავის ტვინში სენსორულ იმპულსებს გადასცემენ. **დაღმავალ ტრაქტებს** (როგორებიცაა, კორტიკოსპინალური და რუბროსპინალური ტრაქტები) თავის ტვინიდან მოტორული იმპულსები მოაქვთ. და ბოლოს, იპოვეთ **ცენტრალური არხი**, რომელიც შეიცავს **ცერებროსპინალურ სითხეს**, რომელიც ასევე, თავის ტვინის ღრუებში, პარაკუჭებშიც, გვხვდება.

## სპინალური ნერვები

ზურგის ტვინიდან გამომავალი, **სპინალური ნერვების 31** წყვილი არსებობს. ნერვების სახელები ხერხემლის მალეებს სახელებს შეესაბამება: **8** წყვილი - ცერვიკალური (კისრის), **12** წყვილი - თორაკალური (გულმკერდის), **5** წყვილი - ლუმბალური (ნელის), **5** წყვილი - საკრალური (გავის) და **1** ყველაზე მცირე - კოკციგეალური (კუდუსუნის). ეს ნერვები გამოსახულია სურათზე

8-4. ყურადღება მიაქციეთ, რომ თითოეული ნერვი აღნიშნულია ასოთი და ნომრით. ასე მაგალითად, მე-8 ცერვიკალური ნერვის დასახელებაა C8, პირველი თორაკალური ნერვის, კი T1 და ა.შ.

ზოგადად, ცერვიკალური ნერვები აინერვრებენ თავის, კისრის, მხრების, მკლავების უკანა ნაწილს და დიაფრაგმას (დიაფრაგმის ნერვი). პირველი თორაკალური ნერვი მონაწილეობს ღებულობს მკლავების ინერვაციაში. დანარჩენი თორაკალური ნერვები აინერვირებენ სხეულის ტორსს; ლუმბალური და საკრალური ნერვები - ბარძაყებს, მენჯის ღრუსა და ქვემო კიდურებს. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ლუმბალური და საკრალური ნერვები ჩამოკიდებულია ზურგის ტვინის გარეთ რათა ვერტებრალურ არხიდან გამოსასვლელად, მიაღწიონ შესაბამის ღებებს და ამას „**რაშის კუდი**“ ეწოდება. ზოგიერთი მნიშვნელოვანი პერიფერიული ნერვი და მათი დანიშნულება ჩამოთვლილია ცხრილში 8-3.

ზურგის ტვინის თითოეულ ნერვს ორი ფესვი აქვს, რომლებიც წარმოადგენენ ზურგის ტვინში შემავალ, ან გამომავალ ნეირონებს (იხილეთ, სურათი 8-3). **დორსალური ფესვი** შედგება სენსორული ნეირონებისგან, რომელთაც იმპულსები ზურგის ტვინში მიაქვთ. **დორსალური ფესვის განგლიონი** დორსალური ფესვის გაფართოებული ნაწილია, რომელიც სენსორული ნეირონების სხეულებს შეიცავს (იხილეთ სურათი 8-3). ტერმინი **განგლიონი** გულისხმობს ცენტრალური ნერვული სისტემის გარეთ არსებული უჯრედული სხეულების ჯგუფს. ეს უჯრედული სხეულები განლაგებულია ვერტებრალური არხის შიგნით და ამიტომ დაცულნი არიან დაზიანებისგან (იხილეთ სამახსოვრო 8-2: ჰერპეს ზოსტერი).

**ვენტრალური ფესვი** მოტორული ფესვია; ის შედგება მოტორული ნეირონებისგან, რომლებიც იმპულსებს ზურგის კუნთებამდე და ჯირკვლებამდე გადასცემენ. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მოტორული ნეირონების უჯრედული სხეულები, ზურგის ტვინის რუხ ნივთიერებაში არიან განლაგებულნი. ორი ნერვული ფესვის შერწყმის შედეგად წარმოქმნილი სპინალური ნერვი, შერეული ნერვია.

## ზურგის ტვინის რეფლექსები

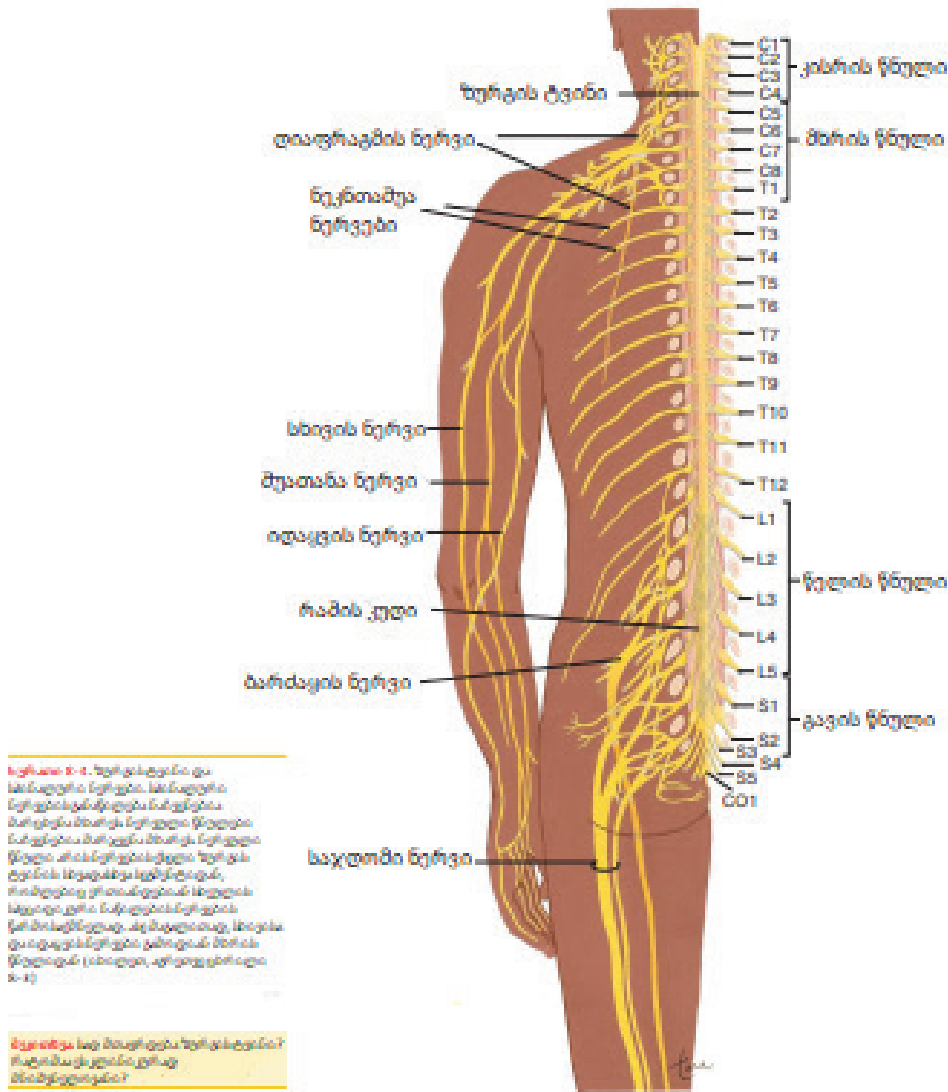
როდესაც თქვენ გესმით ტერმინი *რეფლექსი*, თქვენ ფიქრობთ, რომ ეს ნიშნავს რაღაცას „**რაც ახლა ხდება**“ და ეს ნაწილობრივ, ასეა. **რეფლექსი** სტიმულზე უნებლიე პასუხია, ანუ ავტომატური ქმედება, რომელიც სტიმულირდება რაღაც ტიპის სპეციფიკური ცვლილებით. **ზურგის ტვინის რეფლექსები** არ არიან პირდაპირ თავის ტვინზე დამოკიდებული, თუმცა თავის ტვინს შეუძლია მათი გაძლიერება, ან დათრგუნვა. ჩვენ არ გვჭირდება ასეთ რეფლექსებზე ფიქრი, რაც, როგორც თავად დარწმუნდებით, ძალიან მნიშვნელოვანია.

## რეფლექსური რკალი

რეფლექსური რკალი გზაა, რომელსაც რეფლექსის გამონვევის შემდეგ, ნერვული იმპულსი გაივლის და 5 მნიშვნელოვანი ნაწილისგან შედგება:

1. **რეცეპტორები** - აღიქვავენ ცვლილებას (სტიმულს) და ახდენენ იმპულსის გენერირებას.
2. **სენსორული ნეირონები** - რეცეპტორებიდან იმპულსებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში გადასცემენ.
3. **ცენტრალური ნერვული სისტემა** - შეიცავს ერთ, ან ორ სინაფსს (ინტერნეირონები შეიძლება იყვნენ გზის ნაწილი).
4. **მოტორული ნეირონები** - ცენტრალური ნერვული სისტემიდან იმპულსებს გადასცემენ ეფექტორს.
5. **ეფექტორი** - ასრულებს მახასიათებელ ქმედებას.





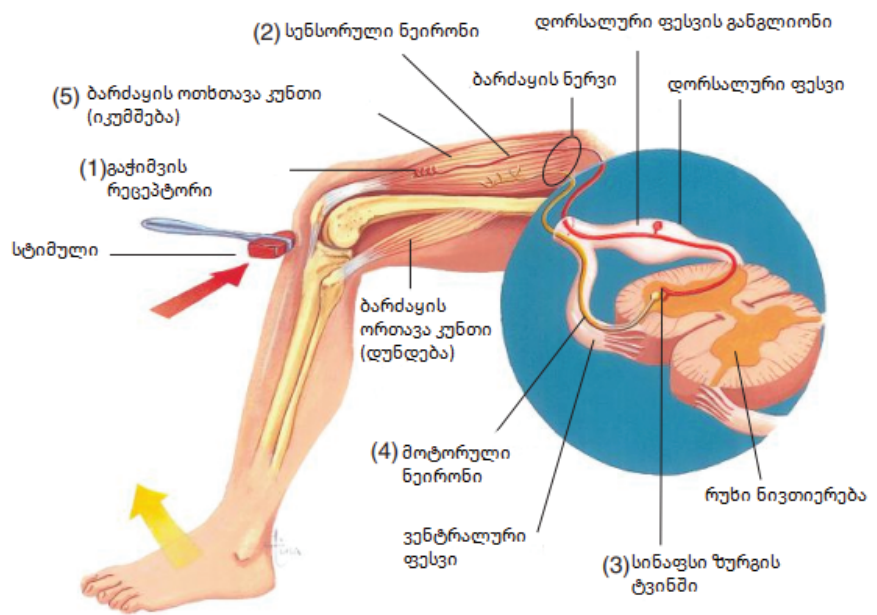
**ცხრილი 8-3| მთავარი პერიფერიული ნერვები**

ნერვი	სპინალური ნერვები (ხელშემწყობი)	განაწილება
დიაფრაგმის	C3–C5	დიაფრაგმა
სხივის	C5–C8, T1	მხრის, წინამხრის და მტევნის უკანა ზედაპირის კანი და და კუნთები; ცერი, საჩვენებელი და შუა თითი.
შუა	C5–C8, T1	მხრის, წინამხრის და მტევნის კანი და და კუნთები;
იდაყვის	C8, T1	მხრის, წინამხრის და მტევნის წინა ზედაპირის კანი და კუნთები; ნეკი და არათითი.
ნეკმთაშუა	T2–T12	ნეკნთაშორის კუნთები, მუცლის კუნთები; ტორსის კანი.

ბარდაყის	L2–L4	ბარდაყის, ფეხის შუა ნაწილის და ტერფის წინა ზედაპირის კანი და კუნთები.
საჯდომის	L4–S3	ბარდაყის, ფეხის შუა ნაწილის და ტერფის უკანა ზედაპირის კანი და კუნთები.

ახლა განვიხილოთ კონკრეტული რეფლექსი - **კვირისტავის რეფლექსის** - რკალი, რომლის შესახებ, თქვენ, ალაბათ, გსმენიათ. ეს რეფლექსი გულისხმობს, რომ მენისკის ქვემოთ, პატელარულ იოგზე დაკაკუნება, იწვევს ქვემო კიდურის მუხლის სახსარში გაშლას. ეს **გაჭიმვის რეფლექსია**, რაც გულისხმობს, რომ კუნთი, რომელიც გაიჭიმება, ავტომატურად შეიკუმშება. ამ ნაწილის ნაკითხვისას გადახედეთ სურათს 8-5.

**სურათი 8-5.** კვირისტავის რეფლექსი. ნაჩვენებია რეფლექსის რკალი (განმარტება იხილეთ ტექსტში).  
**შეკითხვა:** რატომ ქვია ამ რეფლექსს გაჭიმვის რეფლექსი?



ბარდაყის ოთხთავა კუნთში არსებობენ (1) გაჭიმვის რეცეპტორები, რომლებიც აღიქვამენ პატელარულ მყესზე დაკაკუნებით გამოწვეულ გაჭიმვას. რეცეპტორები ახდენენ იმპულსების გენერირებას. რომლებიც ბარდაყის ნერვის (2) სენსორული ნეირონების საშუალებით, მიიტანებიან (3) ზურგის ტვინამდე. ზურგის ტვინში სენსორული ნეირონები წარმოქმნიან სინაფსს (4) მოტორულ ნეირონებთან (ეს ორ-ნეირონიანი რეფლექსია). ბარდაყის ნერვში არსებულ მოტორულ ნეირონებს იმპულსის უკან (5) ბარდაყის ოთხთავა კუნთამდე, ეფექტორამდე, მოაქვთ, რაც იწვევს კუნთის შეკუმშვას და ფეხის გაშლას.

კვირისტავის რეფლექსი ნერვული სისტემის ფუნქციონირების შესაფასებლად გამოყენებადი მრავალი რეფლექსიდან, ერთ-ერთია. თუ პატელარული რეფლექსის გამოწვევა ვერ ხდება, ეს შეიძლება მიუთითებს პრობლემაზე ბარდაყის კუნთში, ფემორალურ ნერვსა, ან ზურგის ტვინში. რეფლექსურ რკალში ზუსტი დაზიანების ადგილის გამოსავლენად, საჭიროა დამატებითი კვლევების ჩატარება. თუ რეფლექსი ნორმალურია, ეს ნიშნავს, რომ რეფლექსური რკალის ყველა კომპონენტი ინტაქტურია. ასე რომ, რეფლექსების შემოწმება, შესაძლოა, ნევროლოგიური დაზიანების კლინიკური კვლევის პირველი ეტაპი იყოს.

## სამახსოვრო 8-2|ჰერპეს ზოსტერი

ჰერპეს ზოსტერს და ჩუტყვავილას ერთი და იმავე ვირუსი იწვევს. ჩუტყვავილა, ერთ დროს, ბავშვებში ძალიან გავრცელებული დაავადება იყო (არ არსებობს ვაქცინა). ჩუტყვავილიდან გამოჯანმრთელების შემდეგ, ვირუსი, ზოგჯერ, შეიძლება არააქტიურ მდგომარეობაში დარჩეს, ზურგის ტვინის ზოგიერთი ნერვის დორსალური ფესვის განგლიაში. ადამიანების უმრავლესობაში, იმუნური სისტემა ახერხებს ვირუსის რეაქტივაციის პრევენციას. ასაკის მატებასთან ერთად, ვირუსული სისტემა ნაკლებად ეფექტური ხდება და ვირუსი შეიძლება გააქტივდეს და გამოიწვიოს ჰერპეს ზოსტერი.

ვირუსი სენსორულ ნეიორენებში, ხშირად ტორსის ნაწილში, გვხვდება, თუმცა ვირუსით გამონეული გამონაყარი დაზიანებული ნერვის მიმდებარე კანზე ვლინდება. წამოწეული, მონიტალო დაზიანებები ხშირად ძალიან მტკივნეულია და დაზიანებული ნერვის გასწვრივ კანზე მდებარეობენ. ზოგჯერ ტკივილი გამონაყარის გავლის შემდეგაც რჩება, რასაც პოსტჰერპესული ნევრალგია ეწოდება. იშვიათად, ვირუსმა შესაძლოა კრანიალური ნერვიც დააზიანოს და სახის დამბლა გამოიწვიოს, რასაც ბელის დამბლა (მე-7 კრანიალური ნერვი) ეწოდება; შესაძლოა სახის უფრო მნიშვნელოვანი დაზიანება, ან იშვიათად, სიბრმავეც განვითარდეს. მიუხედავად იმისა, რომ განკურნება არ ხდება, ზოგიერთი ანტივირუსული საშუალება იწვევს დაავადების ხანგრძლივობის შემცირებას. შემუშავებულია ვაქცინა ზრდასრული, განსკუთრებით, 60 წელს გადაცილებული ადამიანებისთვის, თუმცა მიუხედავად იმისა, რომ ვაქცინას სრული დაცვის უნარი არ აქვს, მას შეუძლია პოსტჰერპესული ნევრალგიის რისკის შემცირება.



სურათი 8-A. ჰერპესული გამონაყარი ტორსის კანზე (From Goldsmith, LA, Lazarus, GS, and Tharp, MD: *Adult and Pediatric Dermatology: A Color Guide to Diagnosis and Treatment*. FA Davis, Philadelphia, 1997, p 307, with permission.)

თქვენ შეიძლება დაგაინტერესოთ, რატომ გვაქვს ჩვენ ისეთი რეფლექსები, როგორც გაჭივმის რეფლექსია? რა არის მათი მნიშვნელობა ჩვენი ყოველდღიური ცხოვრებისთვის? როგორ აღმოცენდებიან ისინი? თუ თქვენ როდესმე გინახავთ სკამზე მჯომარე პოზაში ჩაძინებული ადამიანი, შეამჩნევდით: ადამიანს თავი უვარდება და შემდეგ უცბად სწორდება. თავის ჩამოვარდნა იწვევს კისრის უკანა კუნთების გაჭიმვას და როდესაც ისინი შეიკუმშებიან, თავი სწრაფად ზევით იწვეს. სხვა გაჭიმვის რეფლექსები ნაკლებად მკვერთადაა გამოხატული. წარმოიდგინეთ, ვერტიკალურ მდომარეობაში მყოფი ადამიანი, ის სრულიად უძრავია? არა, არ არის, რადგან სიმძიმის ძალით სხეული დავარდნისკენაა მიდრეკილი. თუმცა, თუ სხეული მარცხნივ გადაიხრება, ეს იწვევს ქვემო კიდურების და ტორსის მარჯვენა მხარის კუნთების დაჭიმვას. რომლებიც ავტომატურად იკუმშებიან და სხეულს გამართულ მდგომარეობაში აბრუნებენ. ეს არის გაჭივმის რეფლექსების მიზანი; ისინი უზრუნველყოფენ ჩვენი ვერტიკალური მდგომარეობის შენარჩუნებას, ისე რომ ჩვენ ამაზე არ ვფიქრობთ. ყველა ჯერზე თავის ტვინს, რომ ამ გადაწყვეტილების მიღება უხდებოდეს, ჩვენ ყოველთვის მცირედ ვიყანყალვებით და ჩვენი კუნთების შეკუმშვები მხოლოდ იმაზე დაიხარჯებოდა, რომ ფეხზე მყარად დავმდგარიყავით. რადგან არსებობს ზუ-



რგის ტვინის რეფლექსები, თავის ტვინი პირადაპირ არ არის ჩართული პროცესში. თავის ტვინმა შეიძლება გააცნობიეროს, რომ რეფლექსი შედგა, მაგრამ ამისთვის ნერონების სხვა ჯგუფია საჭირო, რომლებსაც იმპულსები თავის ტვინამდე მიაქვთ.

**ფლექსორული რეფლექსები (მოცილების რეფლექსები)** ზურგის ტვინის სხვა ტიპის რეფლექსია. სტიმული მტკივნეული და პოტენციურად საშიშია და პასუხი მოითხოვს ამ სტიმულის მოცილებას. თუ თქვენ გაუთვითცნობიერებლად შეეხებით ცხელ ქურას, თქვენ ავტომატურად უკან გამოწვევთ ხელს. ფლექსორული რეფლექსები სამნეირონიანი რეფლექსებია, რადგან სენსორული ნეირონი სინაფსირდება ზურგის ტვინის ინტერნეირონთან, რომელიც თავის მხრივ, სინაფსირდება მოტორულ ნეირონთან. ამ შემთხვევაშიც, სხეულის დასაცავად, თავის ტვინს არ ჭირდება გადაწყვეტილების მიღება; ფლექსორული რეფლექსი ამას დამოუკიდებლად აკეთებს (იხილეთ, სამახსოვრო 8-3: ზურგის ტვინის დაზიანებები). ტვინმა შეიძლება იცოდეს, რომ რეფლექსს ქონდა ადგილი და გამოცდილებამ შეიძლება კიდევაც ასწავლოს ეს, მაგრამ ეს საჭიროებს სხვა, რეფლექსური რკალის მიღმა, ნეირონებს.

## თავის ტვინი

თავის ტვინი შეიცავს დაახლოებით, 100 მილიარდ ნეირონს და ტრილიონობით სინაფსს და ყველა ეს სტრუქტურა მოქმედებს ინტეგრირებულად. ტვინის ძირითადი ნაწილებია მედულა (მოგრძო ტვინი), ხიდი და შუა ტვინი (რომლებსაც ერთად **ტვინის ღერო** ეწოდებათ), ცერებრული (ნათხემი), ჰიპოთალამუსი, თალამუსი და ცერებრუმი. ეს ნაწილები გადმოცემული სურათზე 8-6 და ჩვენ მათ ცალ-ცალკე განვიხილავთ, თუმცა გახსოვდეთ, რომ ისინი ტრილიონობით სინაფსის მიერ, ურთიერთდაკავშირებულნი არიან და ერთად მოქმედებენ.

## პარაკუჭები

**პარაკუჭები** თავის ტვინის ოთხი ღრუა: ორი ლატერალური პარაკუჭი, მესამე პარაკუჭი და მეოთხე პარაკუჭი (იხილეთ, სურათი 8-7). პარაკუჭები ამოფენილია ნაშნამოვანი ეპინდიმური უჯრედებით (იხილეთ, ცხრილში 8-1-, სურათი 8-A) და შევსებულნი არიან **ცერებროსპინალური სითხით (CSF)**. თითოეული პარაკუჭი შეიცავს კაპილარულ ქსელს, რომელსაც **ქოროიდული ნწული** ეწოდება და რომელიც ახდენს სისხლის პლაზმისგან, ცერებროსპინალური სითხის წარმოქმნას. CSF ცენტრალური ნერვული სისტემის ქსოვილოვანი სითხეა. მისი ცირკულაცია და ფუნქციები განხილულია მენინგების სექციაში.

### სამახსოვრო 8-3 | ზურგის ტვინის დაზიანებები

ზურგის ტვინის დაზიანებების ყველაზე ხშირი მიზეზი ავტოავარიები, სიმალლიდან ვარდნა და ცეცხლნასროლი ჭრილობებია. ყველაზე სერიოზული დაზიანება ზურგის ტვინის განყვეტა, ანუ ტრანსექციაა. ასე მაგალითად, თუ ზურგის ტვინი განყდა გულმკერდის მე-8 სეგმენტის დონეზე. დამბლა და მგრძობელობის დაქვეითება განვითარდება ამ დონის ქვემოთ. კიდევ ერთი შედეგია სპინალური შოკი, სპინალური რეფლექსების, სულ მცირე, დროებით დაკარგვა. ამ შემთხვევაში, ტორსის და ქვედა კიდურების სპინალური რეფლექსები აღარ აღინიშნება. ქვემო კიდურების გაჭივმისა და მოხრის რეფლექსები, ისევე როგორც დეფეკაციისა და ურინაციის, დროებით გაუქმებულია. მიუხედავად იმისა, რომ ეს რეფლექსები პირდაპირ თავის ტვინზე დამოკიდებულნი არ არიან, ზურგის ტვინის ნეირონები არიან დამოკიდებული თავის ტვინიდან ნაშნოსულ იმპულსებზე, რათა მოახდეს იმპულსების გენერირების საკუთარი უნარის გაძლიერება.

თუ დაზიანების ადგილის ქვემოთ, ზურგის ტვინის ნეირონების იმპულსების გამომუშავების უნარი აღდგება, ეს რეფლექსებიც, მაგალითად, კვირისტავის რეფლექსიც, ხშირად, ბრუნდება. შესაძლებელია ურინაციისა და დეფეკაციის რეფლექსების აღდგენაც, მაგრამ ადამიანს არ ექნება დეფეკაციის, ან ურინაციის სურვილის გაცნობიერება. არც ამ რეფლექსების ნებაყოფლობითი კონტროლი არ იქნება შესაძლებელი, რადგან თავის ტვინიდან წამოსული მაინჰიბირებელი რეფლექსები ვეღარ მიაღწევენ ზურგის ტვინის ქვედა სეგმენტებს.

პოტენციურად ნაკლებად სერიოზული დაზიანებებია, როდესაც ზურგის ტვინი განწყვეტის მაგივრად, იჭყლიტება და მკურნალობის მიზანი, შერჩენილი ფუნქციების შენარჩუნებაა. ანთების შემცირება და ნერვის ზრდის ფაქტორების პროდუქციის სტიმულაცია ასეთი მკურნალობის ასპექტებია.

აღბათ, ყველაზე სერიოზული გამონვევია დაზიანებული ზურგის ტვინის სტიმულაცია, რათა მოხდეს მისი რეგენერაცია. ვირთხებსა და თავებზე ჩატარებული კვლევებით, მოხერხდა ნაწილობრივი ნარმატების მიღწევა, პერიფერიული ნერვებიდან შვანის უჯრედების გადანერგვით და გენეტიკურად ინჟინირებული უჯრედების მიერ, ნერვის ზრდის ფაქტორების პროდუქციებით. ვირთხებში, ასევე, ნარმატებული იყო ღეროვანი უჯრედების გამოყენება. მეცნიერები ფრთხილობენ, რომ გარკვეული დრო გავა, სანამ ამ პროცედურებს ადამიანებზე გამოცდიან.

## მედულა (მოგრძო ტვინი)

მედულა ვრცელდება ზურგის ტვინიდან ხიდამდე და მდებარეობს ცერებელუმის წინ. მისი ფუნქციები, როგორც ჩვენ მივიჩნევთ, სასიცოცხლო ნიშნების არსებობაა. მედულა შეიცავს გულის ცენტრებს, რომლებიც ახდენენ გულის რიტმის რეგულირებას, ვაზოპრესულ ცენტრებს, რომლებიც ახდენენ სისხლძარღვების დიამეტრის და აქედან გამომდინარე, სისხლის წნევის რეგულირებას და რესპირატორულ ცენტრებს, რომლებიც ახდენენ სუნთქვის რეგულირებას. თქვენ ახლა ხვდებით, რატომაა კეფის ძვლის სერიოზული დაზიანება მყისიერი სიკვდილის გამომწვევი - ჩვენ ვერ ვიცოცხლებთ ჩვენი მოგრძო ტვინის გარეშე. ასევე მედულაშია განთავსებული ხველების, ცემინების, ყლაპვისა და ლებინების ცენტრები.

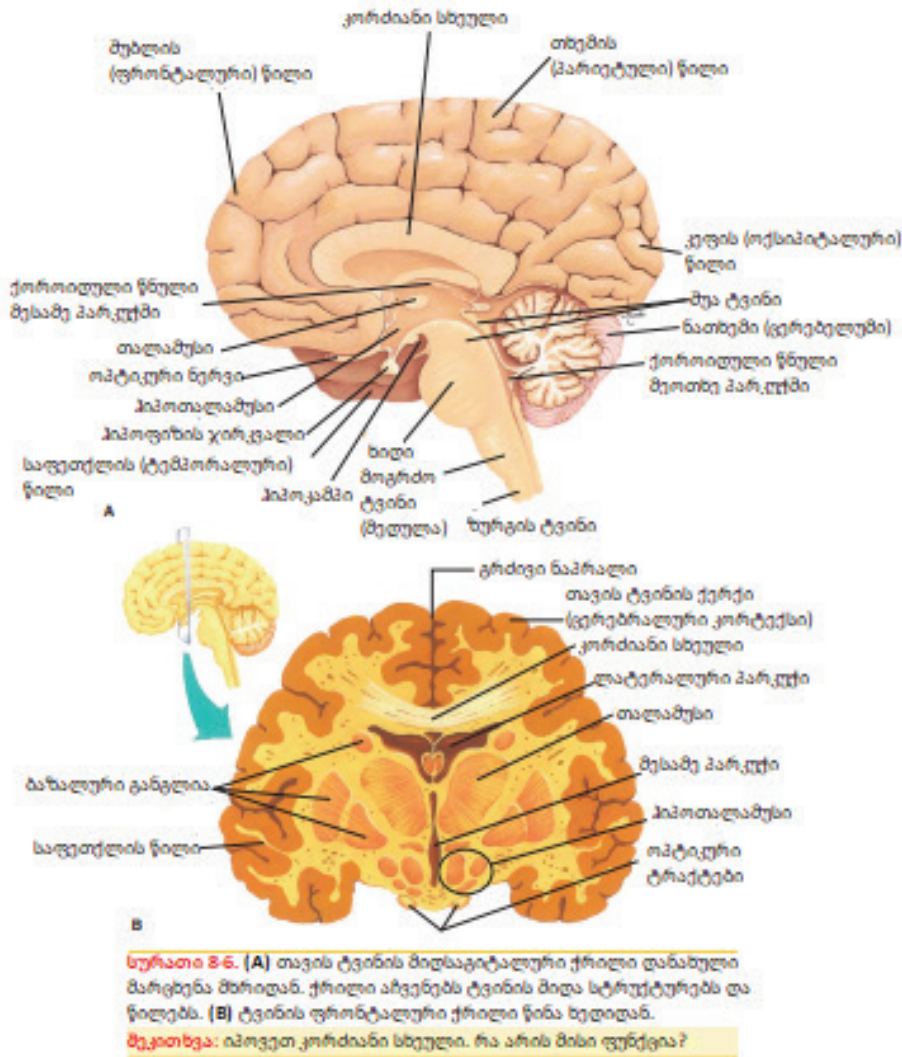
## პონსი (ხიდი)

**ხიდი** ამობორცულია მოგრძო ტვინის ზედა ნაწილის წინ. ხიდში ორი რესპირატორული ცენტრია, რომლებიც მედულას რესპირატორულ ცენტრებთან ერთად, უზრუნველყოფენ სუნთქვის ნორმალურ რიტმს (ყველა რესპირატორული ცენტრის ფუნქცია განხილულია მე-15 თავში). პონსის სხვა მრავალი ნეირონი, აერთებს მას თავის ტვინის სხვა ნაწილებთან.

## შუატვინი

**შუატვინი** ვრცელდება პონსიდან ჰიპოთალამუსამდე და მოიცავს **ცერებრალურ აკვედუქს (ანუ წყალსადენს)**, გვირაბს, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მესამე და მეოთხე პარაკუჭებს. მრავალი სხვადასხვა რეფლექსი მუატვინშია ინტეგრირებული, მათ შორის, მხედველობის და სმენის რეფლექსები. თუ თქვენ ხედავთ თქენსკენ მფრინავ კრაზანას, თქვენ ავტომატურად ატრილებთ თავს, ან თქვენ ტრიალდებით; ეს მხედველობის რეფლექსია. კრაზანასთვის თვალის გაყოლებას, სანამ ის თვალს მიეფარება, თვალთვალი (მზერა) ეწოდება. ამას თვალების კოორდინირებულ მოძრაობის უნარი განაპირობებს და ესეც რეფლექსია. სხვა მაგალითია მფრინავი ბურთისთვის თვალის გაყოლება. კითხვის უნარიც ნაწილობრივ დამოკიდებულია თვალის კა-

კლების კოორდინირებულ მოძრაობაზე, სიტყვიდან სიტყვამდე. ამას სკანირება ეწოდება და შუატვინის მიერ განპირობებული კიდევ ერთი რეფლექსია. ხმაზე თავის (ყურის) მიტრიალება სმენის რეფლექსის მაგალითია, ისევე როგორც „გაშეშების“ რეფლექსი, გახტომა, ან თავისა და ტანის სწრაფი მოტრიალება უეცარი ხმამალალი ბგერის, მაგალითად ჭექა-ქუხილის დროს. შუატვინი, ასევე, პასუხისმგებელია ისეთი რეფლექსების არსებობაზე, როგორებიცაა „გამასწორებელი“ რეფლექსები, რომლებიც უზრუნველყოფენ თავის გამართულად დაჭერას და ბალანსის, ან წონასწორობის შენარჩუნებას. როდესაც კატა ხიდან ვარდება და ფეხებით მიწაზე ეცემა (თუ ძალიან მაღალი სიმაღლიდან არ მოხდა ვარდნა), შუატვინი განაპირობებს იმას, რომ ცხოველის თავი გამართულია და მიწაზე დაშვებისას, თავის ტვინის სხვა ნაწილები განაპირობებენ ტორსისა და ფეხების პოზიციას. ადამინის შუატვინი არ არის ასე ეფექტიანი.

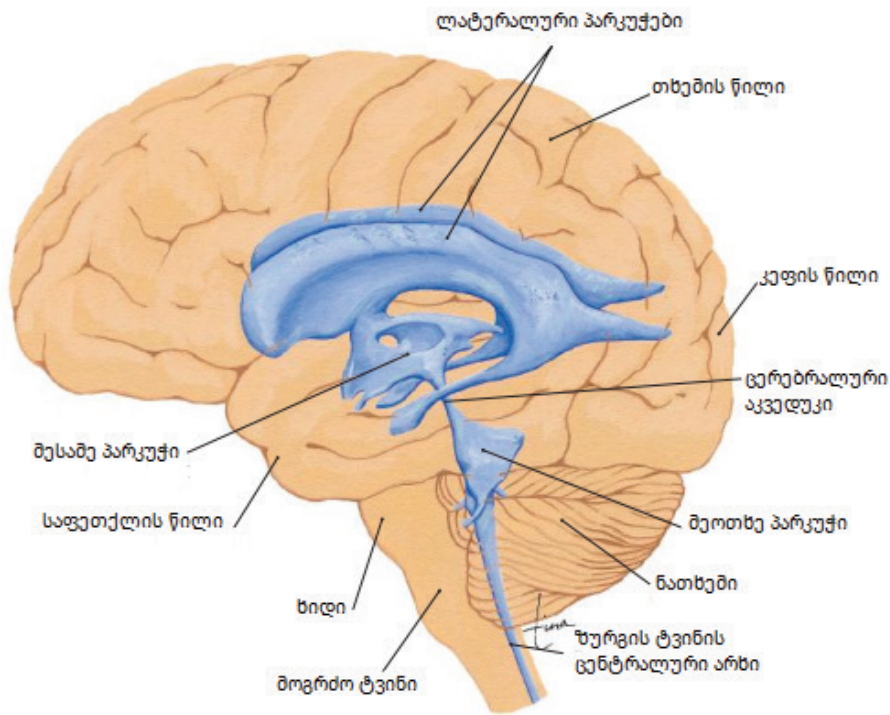


## ცერებელუმი (ნათხემი)

ცერებელუმი, მედულასა და პონსიდან, გამოყოფილია მეოთხე პარკუჭით და მდებარეობს ცერებრუმის კეფის წილის ქვემოთ. როგორც თქვენ უკვე იცით, ცერებელუმის მრავალი ფუნქცია კავშირშია მოძრაობასთან. ეს მოიცავს კოორდინაციას, კუნთოვანი ტონუსის რეგულაციას, მოძრაობის სათანადო ტრაექტორიასა და საბოლოო წერტილის და პოზისა და წონასწორობის შენარჩუნებას. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ყველა ჩამოთვლილი უნებლიე ქმედებაა, ანუ ცერებელუმი ფუნქციონირების ცნობიერი გადაწყვეტილებების მიღმა. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან თავის ტვინს, გადატვირთვის გარეშე, ეძლევა ცნობიერი ქმედებების რეგულირების საშუალება. ასე მაგალითად, თქვენ თუ ფანქრის აღებას გადაწყვეტთ, ზემო კიდურის მამოძრავებელი იმ-



პულსები ცერებრუმიდან წამოვლენ. ცერებელუმი ახორციელებს ამ იმპულსების მოდიფიკაციას, ისე რომ თქვენი მკლავის და თითების მოძრაობა კოორდინირებული იქნება და თქვენ ვერ აცდებით ფანქარს.



**სურათი 8-7.** ტვინის პარაკუჭები თავის ტვინში, დანახული მარცხნიდან.

**შეკითხვა:** აღწერეთ თითოეული ლატერალური პარაკუჭის ზომა.

როგორც ჩანს, ცერებელუმი გარკვეულ სენსორულ ფუნქციებშიცაა ჩართული. ასე მაგალითად, თუ თქვენ თვალებს დახუჭავთ და ვილაც ერთ ხელში ტენისის ბურთს ჩაგიდებთ და მეორეში, ბეისბოლის, შეგიძლებათ თქვათ, რომელ ხელში, რომელი ბურთია? რა თქმა უნდა შეძლებთ, რადგან თქვენ შეიგრძნობთ ბურთების ზომას, წონას, ან ტექსტურას. თუ თქვენ სახურავიან ყავის კონტეინერს ხელში აიღებთ, შეგიძლიათ მიხვდეთ სავსეა ის, ნახევრად სავსე თუ ცარიელი. რა თქმა უნდა მიხვდებით. მოგიწევთ ამაზე ფიქრი? არა და ნანილობრივ, ესეც ცერებელუმის უნარია.

წონასწორობის რეგულაციისთვის ცერებელუმი და შუატვინი იყენებენ შიდა ყურის რეცეპტორების მიერ აღქმულ ინფორმაციას, გრავიტაციისა და მოძრაობის შესახებ. ეს რეცეპტორები განხილულნი იქნება მე-9 თავში.

## ჰიპოთალამუსი

ჰიპოფიზის ზემოთ და თალამუსის ქვემოთ მდებარე, ტვინის მცირე მიდამო, **ჰიპოთალამუსი**, მრავალ ფუნქციას ასრულებს:

1. **ანტიდიურეზული ჰორმონისა (ADH) და ოქსიტოცინის პროდუქცია.** ეს ჰორმონები ინახებიან უკანა ჰიპოფიზში. ADH თირკმელებს, უკან სისხლში, წყლის რეაბსორბციის საშუალებას აძლევს, რაც ხელს უწყობს სისხლის მოცულობის შენარჩუნებას. ოქსიტოცინი ინვევს საშვილოსნოს შეკუმშვას, რასაც მივყავართ მშობიარობამდე და ბავშვის დაბადებამდე.
2. **რელიზინგ-ჰორმონების (ასევე, ინოდებიან რელიზინგ-ფაქტორებად) პროდუქცია,** რომლებიც ახდენენ წინა ჰიპოფიზის მიერ ჰორმონების წარმოქმნის სტიმულირებას. რადგან

- ამ ჰორმონებს მე-10 თავში განვიხილავთ, აქ მხოლოდ ერთ მაგალითს მოვიყვანთ: ჰიპოთალამუსი ახდენს **ზრდის ჰორმონის-რელიზინგ ჰორმონის (GHRH)** წარმოქმნას, რომელიც ასტიმულირებს წინა ჰიპოფიზს მოახდინოს ზრდის ჰორმონის (GH) სეკრეტირება.
3. სხეულის ტემპერატურის რეგულაცია სიცხეში ოფლის გამოყოფით და სიცხეში კანკალის გამონვევით (იხილეთ, თავი 17).
  4. საჭმლის მიღების რეგულაცია; ითვლება, რომ ჰიპოთალამუსი პასუხობს სისხლში ნუტრიენტების (საკვები ელემენტების) დონის ცვლილებაზე - ცხიმოვანი უჯრედების მიერ სეკრეტირებული ნივთიერებებსა და გასტროინტესტინური ტრაქტის მიერ წარმოქმნილ ჰორმონებზე გავლენით. ასე მაგალითად, საკვების მიღების დროს, გარკვეული პერიოდის გასვლის შემდეგ, წვრილი ნაწლავი გამოყოფს ჰორმონს, რომელიც ჰიპოთალამუსში მიიტანება და განაპირობებს მაძღრობის შეგრძნებას და ჩვენ ვწყვეტთ ჭამას.
  5. ავტონომიური ნერვული სისტემის რეგულაცია, რომელიც თავის მხრივ, ახდენს ისეთი ორგანოების აქტივობის რეგულაციას, როგორებიცაა: გული, სისხლძარღვები და ნაწლავები. ეს საკითხი უფრო დეტალურად ამ თავის მომდევნო ნაწილებში განიხილება.
  6. ემოციური სიტუაციების დროს ვისცერალური პასუხების სტიმულაცია. როდესაც ჩვენ ვბრაზდებით, ჩვენი გულის ცემის სიხშირე იმატებს. სიმორცხვის დროს, ჩვენი უმეტესობა სახეზე წითლდება, რაც სახის კანში ვაზოდილატაციის შედეგია. ეს პასუხები განპირობებულია ავტონომიური ნერვული სისტემის მოქმედებით, ჰიპოთალამუსი კი აღიქვამს ემოციური სტატუსის შეცვლას. ჩვენი ემოციების ნევროლოგიური საფუძველი, ამ ეტაპზე, ბოლომდე არ არის გარკვეული და ემოციებზე ვისცერალურ პასუხს, უმეტესობა ჩვენგანი, ვერ აკონტროლებს.
  7. სხეულის რიტმების რეგულაცია, როგორებიცაა: ჰორმონების სეკრეცია, ძილის ციკლი, გუნება-განწყობის, ან გონებრივი სიფხიზლის შეცვლა. ამას, ხშირად, ბიოლოგიურ საათს უწოდებენ, რიტმებს - ცირკადულ რიტმებს. თუ თქვენ, ოდესმე, 24 საათის განმავლობაში გიფხიზლიათ, იცით როგორი მადებზორინტერებელი შეიძლება ეს იყოს, სანამ ჰიპოთალამუსის ბიოლოგიური საათი არ გადაიტვირთება.

## თალამუსი

**თალამუსი** ჰიპოთალამუსის ზემოთ და ცერებრუმის ქვემოთ მდებარეობს. მესამე პარაკუჭი ვინრო ღრუა, რომელიც თალამუსსა და ჰიპოთალამუსში გადის. თალამუსის მრავალი ფუნქცია დაკავშირებულია შეგრძნებებთან. თავის ტვინამდე მიმავალი სენსორული იმპულსები (ყნოსვის შეგრძნების გარდა) ჯერ თალამუსს გაივლიან და ცერებრუმამდე გადაცემამდე, სადაც ისინი შეიგრძნობიან, ახდენს მათ დაჯგუფებას. ასე მაგალითად, ცხელი ყავის ჭიქის დაჭერა იწვევს სითბოს, შეხების, ტექსტურის და ჭიქის ფორმის შეგრძნებების (კუნთოვანი შეგრძნება) აღმოცენებას, მაგრამ ჩვენ ამას ცალ-ცალკე შეგრძნებებად არ აღვიქვამთ. თალამუსი ახდენს იმპულსების ინტეგრაციას კანის რეცეპტორებიდან და ცერებრულმიდან, რაც ნიშნავს, რომ ის მათ ელექტროქიმიურ პაკეტებად აჯგუფებს და ცერებრუმის პარიეტული (თხემის) წილის სენსორულ არეში გზავნის, ისე რომ ნერონებმა შეძლონ მათი ერთიანობაში აღქმა და შეგრძნების სწრაფად ინტერპრეტაცია.

ითვლება, რომ ზოგიერი შეგრძნება, განსაკუთრებით, ისეთი უსიამოვნო, როგორც ტკივილია, თალამუსის მიერ აღიქმება. თუმცა თალამუსს არ შეუძლია შეგრძნების ლოკალიზება, რაც ნიშნავს, რომ ის ვერ იგებს საინდან მოდის ტკივილის შეგრძნება. ტკივილის ლოკალიზაციის და ზუსტი აღქმისთვის, აუცილებელი ცერებრუმის მგრძნობელობითი ზონების ჩართულობა.

თალამუსს, ასევე, შეუძლია უმნიშვნელო შეგრძნებების ჩახშობა. თუ თქვენ სიანტიერესო წიგნს კუთხულობთ, შესაძლოა ვერ შეამჩნიოთ ოთახში შემოსული ადამიანი. მცირე შეგრძნებების დროებითი დაბლოკვით, თალამუსი საშუალებას აძლევს ცერებრუმს მნიშვნელოვან დავალებებზე კონცენტრირდეს.

თალამუსის ნაწილები ასევე, ჩართულები არიან სიფხიზლისა და გაცნობიერების (ფხიზლად ყოფნა და იცოდე, სად ხარ) და მეხსიერების ხელშემოწმებ სხვა აქტივობებში. ამ და სხვა ფუნქციების შესრულებისას, თალამუსი ცერებრუმთან მჭიდრო კავშირში მოქმედებს.

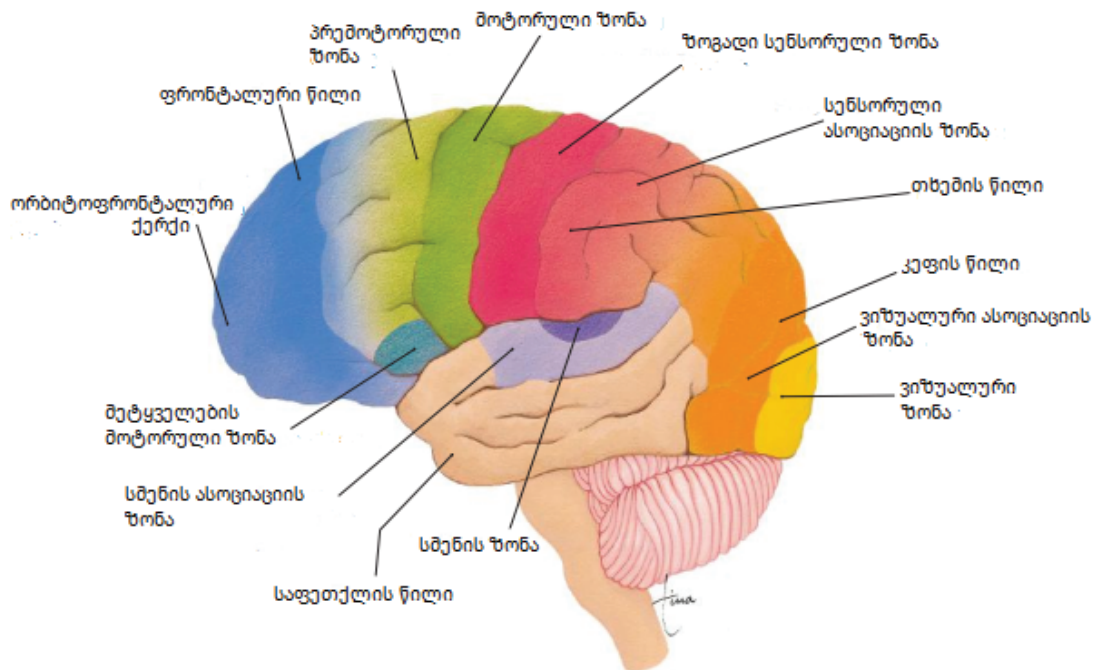
## ცერებრუმი (წინა ტვინი)

თავის ტვინის ყველაზე დიდი ნაწილი **ცერებრუმი**, რომელიც გრძივი ნაპრალით განცალკეებულ ორ ჰემისფეროს მოიცავს. ღრმა ღარის ფუძესთან მდებარეობს **კორიანი სხეული**, 200 მილიონი ნერონისაგან შემდგარი ჯგუფი, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს მარჯვენა და მარცხენა ჰემისფეროებს. თითოეულ ჰემისფეროში განთავსებულია ლატერალური პარაკუჭი.

ცერებრუმის ზედაპირი რუხი ნივთიერებაა, რომელსაც **ცერებრალური კორტექსი** (თავის ტვინი ქერქი) ეწოდება. რუხი ნივთიერება შეიცავს ნერიონების უჯრედულ სხეულებს, რომლებიც ცერებრუმის უამრავ ფუნქციაზე არიან პასუხისმგებელნი. რუხი ნივთიერების შიგნით, თეთრი ნივთიერებაა, რომელიც მიეღინირებული აქსონებისა და დენდრიტებისგან შედგება და რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ცერებრუმის სხვადასხვა ნილებს და ნერვული სისტემის ყველა სხვა ნაწილთან.

ადამიანი თავის ტვინის ქერქი ძალიან დანაოჭებულია. ამ ნაკეცებს **კონვოლუციებს**, ან **ხვეულებს** უწოდებენ და მათ შორის ღარებს, ნაპრალებს კი **ფისურებს**, ან **ღარებს** (იხილეთ, სურათი 8-6). ეს ნაკეცები საშუალებას იძლევა, რომ ცერებრალური ქერქი მილიონზე მეტ ნერონს შეიცავდეს. ცხოველის, მაგალითად, კატის და ძაღლის ქერქი არ არის ასე დანაოჭებული. ეს განსხვავება გვაძლევს ჩვენ კითხვის, საუბრის, გაყოფის, ლექსებისა და სიმღერების წერის და სხვა „ადამიანური საქმეების“ კეთების საშუალებას, რისი უნარიც ძაღლებსა და კატებს არ გააჩნიათ.

ცერებრალური კორტექსი წილებადაა დაყოფილი, რომელთაც მათი მიმდებარე, კრანიალური ძვლების სახელები აქვთ. ამის გამო, თითოეულ ჰემისფეროს აქვს ფრონტალური (შუბლის) ნილი, პარიეტული (თხემის ნილი), ტემპორალური (საფეთქლის) ნილი და ოქციპიტალური (კეფის) ნილი (იხილეთ, სურათი 8-8). ცნობილია, რომ ამ ნილების კონკრეტული ზონები დაკავშირებულია სპეციფიკურ ფუნქციასთან. ჩვენ მათ ამ არეების მიხედვით განვიხილავთ.



**სურათი 8-8.** თავის ტვინის მარცხენა ჰემისფერო ზოგიერთი ფუნქციური ზონებით.

**შეკითხვა:** რა შეგრძნებები შეიგრძნობა ზოგად სენსორულ ზონაში?



## შუბლის წილები

შუბლის წილებში მოტორული ზონებია, რომლებიც ნებელობითი მოძრაობისთვის საჭირო სიგნალებს აგენერირებენ. ყველაზე დიდი ნაწილები პასუხისმგებელია ხელებისა და სახის მოძრაობაზე, რადგან სხეულის ამ ნაწილებში არსებული მრავალ კუნთს, შეუძლია ძალიან ნატიფი და ზუსტი მოძრაობების შესრულება. სწორედ ამ კუნთებისთვის განკუთვნილი დიდი ფართობი უზრუნველყოფს, მათ მიერ, ზუსტი მოძრაობების შესრულების უნარს. მარცხენა მოტორული ზონა აკონტროლებს სხეულის მარჯვენა ნაწილის მოძრაობას, მარცხენა მოტორული ზონა, კი მარჯვენა ნაწილისა. ამის გამოა, რომ პაციენტს, მარჯვენა ფრონტალური წილის ცერებროვასკულური დაზიანებით, ან ინსულტით, სხეულის მარცხენა ნაწილის დამბლა აღენიშნება (იხილეთ, სამახსოვრო 8-4: ცერებროვასკულური დაზიანებები).

მოტორული ზონების წინ განლაგებულია პრემოტორული ზონები, რომლებიც განკუთვნილია ნასწავლი მოტორული უნარებისთვის, რომლებიც საჭიროებენ ქმედებების გარკვეული თანმიმდევრობის შესრულებას. ასე მაგალითად, თასმების შეკვრა ავტომატურ ქმედებად გვეჩვენება, თუმცა გვაინყდება, რომ ეს როდესღაც ნასწავლი გვაქვს. ის რეფლექსი არაა, არამედ პრემოტორულმა კორტექსმა შეისწავლა ქმედებების თანმიმდევრობა, რომელთა გამეორება ფიქრის გარეშე შეგვიძლია.

### სამახსოვრო 8-4| ცერებროვასკულარული დაზიანებები

**ცერებროვასკულური შემთხვევა**, ან **ინსულტი**, თავის ტვინის სისხლძარღვის დაზიანებაა. რაც იწვევს თავის ტვინის შესაბამისი ნაწილისთვის ჟანგბადის მიწოდების შემცირებას. სისხლძარღვოვანი დაზიანების ტიპებია თრომბოზი, ან სისხლჩაქცევა.

**თრომბოზი** სისხლის კოლტია (თრომბი), რომელიც ხშირად ათეროსკლეროზის, ცერებრალურ არტერიებში ლიპიდური ფოლაქების დაგროვების შედეგია. ფოლაქების უხეში ზედაპირი ახდენს კოლტის წარმოქმნის სტიმულირებას. რომელიც იწვევს თავის ტვინის ნაწილის მკვებავი არტერიის ობსტრუქციას. სიმპტომები დამოკიდებულია თავის ტვინის დაზიანებულ ნაწილზე და დაავადების განვითარება შესაძლოა თანდათანობითი იყოს, თუ თრომბის წარმოქმნა ნელა ხდება. ცერებროვასკულური შემთხვევების 80% ამ ტიპისაა.

სისხლჩაქცევა, ცერებრული არტერიის ათეროსკლეროზის, ან **ანევრიზმის** შედეგია, რაც იწვევს სისხლის სისხლძარღვიდან გარეთ გამოსვლას; ზედმეტი ზეწოლის გამო, ეს განაპირობებს თავის ტვინის ნეირონების დაზიანებას და ასევე, ჟანგბადისგან გამოფიტვას. ცერებროვასკულარული შემთხვევის ამ ტიპის შემთხვევაში, სიმპტომების აღმოცენება, ჩვეულებრივ, სწრაფია.

თუ ცერებროვასკულური შემთხვევა მარცხენა შუბლის წილში განვითარდა, შედეგაც მივიღებთ სხეულის მარჯვენა ნაწილის დამბლას. თუ მოხდება მეტყველების ზონის დაზიანება, შესაძლო მეტყველების შეფერხებაც განვითარდეს. ზოგიერთი ცერებროვასკულური შემთხვევა ფატალურია, რადგან მათ მიერ გამოწვეული დაზიანების არე ვრცელია, ან დაზიანებულია მოგრძო ტვინისა და ხიდში არსებული სასიცოცხლო ცენტრები.

თრომბოზის ტიპის კარდიოვასკულური შემთხვევების დროს, თრომბის-დამშლელმა მედიკამენტმა შესაძლოა მოახდინოს სისხლის მიმოქცევის აღდგენა. ამასთან, ეფექტურობისთვის, აუცილებელია, რომ ამ ტიპის მკურნალობა სიმპტომების აღმოცენებიდან, 3 საათში დაიწყოს (იხილეთ, თავი 11, სამახსოვრო 11-7).

ცერებროვასკულური შემთხვევის გამოსვალი დამოკიდებულია, როგორც დაზიანების ლოკალიზაციასა და გავრცელებაზე, ასევე, სხვა ფაქტორებზე. ორი ასეთი ფაქტორია თავის ტვინის სიჭარბე და პლასტიურობა; სიჭარბე ნიშნავს აუცილებელი საჭიროებების დუბლირებას, ან გადამეტებულად არსებობას; თავის ტვინის ქერქში გაცილებით მეტი ნეირონია, ვიდრე ჩვენ ყოველდღიურ ცხოვრებაში ვიყენებთ. პლასტიურობა ნიშნავს რომ ეს ნეირონები გამოყენებადია (50 წელზე ახალგაზრდა ადამიანებსა და უფრო ხანდაზმულებშიც, კი). როდესაც ადამიანი ინსულტიდან გამოჯანმრთელდება იწყებს, რაც ხშირად ხდება, თავის ტვინი აყალიბებს ახალ გზებს, მანამდე ნაკლებად გამოყენებული ნეირონების ჩართვით, რომლებიც ახლა სრული დატვირთვით იწყებენ მუშაობას. ეს აღდეგენა ძალიან ინდივიდუალურია და შესაძლოა რამდენიმე თვე გასტანოს. კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი ისაა, რომ მოხდეს ასეთი პაციენტების ნახალისება, თავიანთი მდგომარეობიდან გამომდინარე, შეძლებისდაგვარად სწრაფად ჩაერთონ რეაბილიტაციურ თერაპიაში.

უშუალოდ თვალების უკან განლაგებულია **პრეფრონტალური, ან ორბიტოფრონტალური კორტექსი**. ეს ზონა განკუთვნილია სიტუაციის შესაბამისი ემოციური პასუხის გაცემის უზრუნველყოფაზე, რაც ემყარება ქცევის გარკვეულ სტანდარტებს (მაგალითად, კანონებს, არსებულ თამაშის წესებსა და თავაზიანობას) და ამ სტანდარტების კვალდაკვალ, არსებული რეალობის მიღებასა და შემდგომი ქმედებების დაგეგმვაზე. ქვემოთ მოყვანილი მაგალითი დაგვეხმარება ამის ბოლომდე გაგებაში: მაგალითად, ვინმე, პრეფრონტალური ზონის დაზიანებით, შეიძლება გაბრაზდეს, თუ წერის დროს კალამში მელანი გათავდა და ეს კალამი ვინმეს ესროლოს; შესაძლოა, ვერ გაიაზროს, რომ კალამი შეიძლება ხვალაც დასჭირდეს და დროა, წავიდეს და ახალი იყიდოს. როგორც ხედავთ, პრეფრონტალური კორტექსი ძალიან მნიშვნელოვანია სოციალური ქცევისთვის. პრეფრონტალური კორტექსი ტვინის ის ნაწილია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გავიაზროთ, რომ სხვა ადამიანები, შესაძლოა, ყოველთვის ჩვენნაირად არ ფიქრობდნენ. ის საშუალებას გვაძლევს მოვიხადოთ ბოდიში, თუ ვთლით, რომ ჩვენი სიტყვები და ქმედებები, არ იყო სწორი. პრეფრონტალური ზონა მნიშვნელოვნად უზრუნველყოფს ჩვენს „ადამიანად“ ჩამოყალიბებას და სხვების „ადამიანობით“ სიამოვნებას.

ფრონტალურ წილში, მემარჯვენე ადამიანებისთვის, ჩვეულებრივ, მხოლოდ მარცხენაში, განახლებული **ბროკას მოტორული ცენტრი**, რომელიც მეტყველებაში მონაწილე, ჩვენი პირის მოძრაობებს აკონტროლებს.

### **თხემის წილები**

**პარიეტულ წილებში** განლაგებულია **ზოგადი სენსორული ზონები**, რომლებიც კანის რეცეპტორებიდან იღებენ იმპულსებს და ახდენენ კანის შეგრძნებების აღქმასა და ინტეგრაციას. მარცხენა მხარე განკუთვნილია სხეულის მარჯვენა ნაწილისა და შინაგანი ორგანოებისთვის და პირიქით. ეს ზონები, ასევე, იღებენ იმპულსებს გაჭიმვის რეცეპტორებიდან, გათვითცნობიერებული კუნთოვანი შეგრძნებებისთვის. ყველაზე დიდი ნაწილი განკუთვნილია ხელებისა და სახის არის შეგრძნებებისთვის, სადაც განლაგებულია კანისა და კუნთოვანი რეცეპტორების უმეტესობა. გემოვნების ზონები, რომლებიც გადაფარავენ პარიეტულ და ტემპორალურ წილებს, იმპულსებს ენასა და პირის ღრუში არსებული, გემოვნების დვრილებისგან იღებენ.

### **საფეთქლის წილები**

**საფეთქლის წილებში** განლაგებული **ყნოსვის ზონები** იღებენ იმპულსებს ცხვირის ღრუებში არსებული ყნოსვის რეცეპტორებისგან. ყნოსვის ასოცირებული ზონები სწავლობენ სხვადასხვა სურნელს, მაგალითად, რძის, ცეცხლის, ან ღუმელში გამომცხვარი ბრაუნების სუნს და საშუალებას აძლევენ ფიქრის უნარის მქონე ცერებრუმს, ეფექტურად გამოიყენოს ეს ინფორმაცია.

**სმენის ზონები**, როგორც ეს მათი სახელიდან გამომდინარეობს, იღებენ ინფორმაციას შიდა ყურის რეცეპტორებიდან. სმენის ასოცირებული სივრცე საკმაოდ დიდია. მათი ნაწილი განკუთვნილია ჩვენს მიერ მოსმენილი სიტყვების მნიშვნელობის აღსაქმელად. დანარჩენი ნაწილები

ახდენენ სხვადასხვა ხმების, როგორებიცაა შტორმის დროს ჭექა-ქუხილის ხმა, სასწრაფო დამხმარების სირენა, ან ბავშვის ტირილი, ინტერპრეტაციას. სწორი ინტერპრეტაციის გარეშე, ჩვენ გავიგებდით ხმებს, მაგრამ ვერ მივხვდებოდით მათ მნიშვნელობას, ან ვერ მოვახერხებდით სხვა შეგრძნებებთან ინტეგრირებას და შესაბამისი პასუხის გაცემას.

მარცხენა ჰემისფეროს ტემპორალურ და პარიეტულ ნილებში (ადამიანთა უმრავლესობისთვის) ასევე განაგებულია მეტყველების სხვა ზონები, რომლებიც განკუთვნილია სიტყვების წარმოთქვამდე, მათი გააზრებისთვის. ყველა ჩვენგანს ახსენდება, ან ნანობს „დაუფიქრებლად წარმოთქმულ სიტყვებს“, თუმცა სინამდვილეში ეს შეუძლებელია. ფიქრი ძალიან სწრაფად ხდება და მნიშვნელოვანია მეტყველების უნარისთვის (იხილეთ, სამასხსოვრო 8-5: აფაზია).

## სამასხსოვრო 8-5 | აფაზია

ენის გამოყენება ადამიანებს განგვასხვავებს ცხოველებისგან და მოიცავს მეტყველებას, წერას და კითხვას. ენა სიმბოლოების (სიტყვების) გამოყენებაა, საგნების აღსანიშნავად და იდეების გამოსახატავად. თავის ტვინში მეტყველების, ან ინტერპრეტაციის ზონების დაზიანება იწვევს ადამიანის მიერ ენის გამოყენების, ერთი, ან რამდენიმე ასპექტის შეფერხებას, რასაც **აფაზია** ეწოდება.

აფაზია შესაძლოა იყოს ცერებროვასკულური შემთხვევის, ან თავის ტვინის, ან ქალის ფიზიკური ტრავმის, მაგალითად ავტოავარიის დროს თავის დაზიანების, შედეგი. თუ დაზიანებულია მეტყველების მოტორული ზონა (ბროკას ზონა), ადამიანს აქვს წერილობითი, ან ვერბალური ინფორმაციის აღქმის უნარი, თუმცა მას არ შეუძლია მეტყველება. კოორდინაციისა და მეტყველების მოტორული ზონიდან წამოსული იმპულსების გარეშე, სიტყვების სწორად წარმოსათქმელად, მეტყველებისთვის გამოყენებული კუნთები ვერ ახერხებენ შეკუმშვას.

სმენითი აფაზია, **“სიტყვების სიყრუვე”**, გამოწვეულია ინტერპრეტაციული ზონის დაზიანებით. ადამიანს ისევ ესმის, მაგრამ ვერ ახერხებს მათ აღქმას. ვიზუალური აფაზია, **“სიტყვების სიბრმავე”** ნიშნავს, რომ ადამიანს მშვენივრად შეუძლია წაკითხვა, მაგრამ ვერ აღიქვავს წაკითხულს (ადამიანს რჩება მოსმენილის აღქმის უნარი). წარმოიდგინეთ, თქვენი თავი სიტუაციაში, როდესაც თქვენ იცით რომ ასოებს უყურებთ, მაგრამ ვერ აკავშირებთ მათ ერთმანეთთან.

## კეფის ნილები

ბადურიდან წამოსული იმპულსები ოპტიკური ნერვის გავლით, **ოქციპიტალური ნილების მხედველობის ზონაში** მიემართებიან. ეს ზონები „ხედავენ“. ვიზუალური ასოციაციის სივრცეები ახდენენ დანახულის ინტერპრეტაციას და საშუალებას აძლევენ, ფიქრის უნარის მქონე ცერებრუმს, გამოიყენოს ეს ინფორმაცია. წარმოიდგინეთ, თქვენ უყურებთ საათს; საათის დანახვა განსხვავდება მისი ინტერპრეტაციის უნარისგან. ერთ დღეს ჩვენ ვისწავლეთ საათის ზედაპირისა და მისი ისრების ინტერპრეტაცია და ახლა ჩვენ არ გვჭირდება ცნობიერად გადავწყვიტოთ, რა დროს გვიჩვენებს საათი. ჩვენ მარტივად შეგვიძლია ამ ინფორმაციის გამოყენება, მაგალითად, ცოტა აჩქარება, რომ გაკვეთილზე არ დაგვაგვიანდეს. კეფის ნილების დანარჩენი ნაწილები განკუთვნილია სივრცითი აღქმისთვის, რაც ნიშნავს, სარბენი მანძილის შეფასებას და სამგანზომილებიან ხედვას, ან რუკის ინტერპრეტაციას და მის ფიზიკურ გარემოსთან დაკავშირებას.

ცერებრალური კორტექსისთვის დამახასიათებელია **ნერვული პლასტიურობა**, რაც გულისხმობს შეცვლილ პირობებთან ადაპტაციისთვის, სხვადასხვა ნეირონები კონკრეტული ფუნქციების შესასრულებლად გადანაცვლება, რაც შეიძლება განვითარდეს, ბავშვობის ასაკში, ან



ინსულტიდან აღდგენის პერიოდში. სხვა მაგალითია ადამიანი დაბადებული თანდაყოლილი სიბრძნით. მხედველობისთვის განკუთვნილი ოქციპიტალური ნეირონები, ხშირად სხვა ფუნქციის შესასრულებლად გამოიყენებიან; ზოგიერთი შეიძლება გახდეს სმენის ზონის ის ნაწილი, რომელიც გამოიყენება ხმების ლოკალიზაციისა და მანძილის განსაზღვრისათვის. ვინც ვხედავთ, შესაძლოა, არ გვქონდეს ლოკალიზაციის მოსმენის უნარი; ჩვენ მარტივად ვიყურებით იქითკენ, საიდანაც ხმა გვესმის. ბრმას ამის გაკეთება არ შეუძლია და შეიძლება ქონდეს ბგერების ვრცელი გონებრივი კატალოგი, ბგერების მნიშვნელობის, ბგერების მანძილის და სხვა მახასიათებლებისთვის. ზოგიერთი მათგანი ქერქის იმ ნაწილში მდებარეობს, რაც ნორმაში მხედველობისთვის გამოიყენება.

რაც უფრო ახალგაზრდაა ადამიანი, მით უფრო პლასტიური მისი ტვინი. ბავშვების ტვინი განსაკუთრებულად ადაპტირებადი. ასაკის მატებასთან ერთად, პლასტიურობა კლებულობს, თუმცა მაინც რჩება.

### **ასოციაციური ზონები**

როგორც სურათზე 8-8 ხედავთ, ცერებრალური კორტექსის ბევრი ნაწილი არა არის დაკავშირებული მოძრაობასთან, ან კონკრეტულ შეგრძნებასთან. მათ **ასოციაციის ზონები** ეწოდებათ და ალბათ, ისინი გვაქცევენ ინდივიდებად. ეს, სავარაუდოდ, ის სივრცეებია, რომლებიც ჩვენ პიროვნულ თვისებებს გვანიჭებენ, როგორებიცაა იუმორის გრძნობა, განსჯისა და ლოგიკური აზროვნების უნარი. სწავლაც და მეხსიერებაც ამ ზონების ფუნქციებია.

მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი რამაა შესწავლილი მეხსიერების ჩამოყალიბებაზე, პროცესი ბოლომდე შეცნობილი არ არის და ამ წიგნის ინტერესის მიღმაა. მოკლედ, შეიძლება ვთქვათ, რომ ადამიანებთან, ან წიგნის შინაარსთან დაკავშირებული მეხსიერება, ან წინა ზაფხულის მოგონებები საჭიროებს **ჰიპოკამპუსის** (თავისი ფორმის გამო, მოგვაგონებს ზღვის ცხენს, რაც აისახება მის ლათინურ დასახელებაში) ჩართვას, რომელიც საფეთქლის წილში, ლატერალური პარაკუჭის ფსკერზე მდებარეობს. ითვლება, რომ ორი ჰიპოკამპუსი კრებს ცერებრალური კორტექსის მრვალი ნაწილიდან შემოსული ინფორმაციას. როდესაც თქვენ მეგობარს ხვდებით, მას თქვენ როგორც მთლიანს ისე, იხსენებთ და არა ცალკეულ ნაწილებად. ჰიპოკამპუსის დაზიანების დროს, ადამიანებს აღარ შეუძლიათ, რამდენინე წამზე ხანგრძლივი, ახალი მოგონებების შექმნა და უჭირთ ძველის გახსენებაც.

ითვლება, რომ მარჯვენა ჰიპოკამპუსი, ასევე, მონაწილეობს სივრცით შემეცნებაში (სიტყვა-სიტყვით „სივრცით აზროვნებაში“). ასე მაგალითად, თუ თქვენ სკოლაში ხართ და თქვენი მეგობარი სახლამდე უმოკლეს გზას შეგეკითხებათ, სავარაუდოდ, თქვენ სწრაფად ჩამოაყალიბებთ გონებაში რუკას. თქვენ ხედავთ, მეხსიერების რა რაოდენობის ჩართვაა ამისათვის საჭირო (ქუჩები, ღირშესანიშნაობები), მაგრამ ჰიპოკამპუსი უფრო წინ იხედება და თქვენს მოგონებებს სამგანზომილებიანს და გონებრივად ხილულს ხდის. თქვენ შეიძლება დაინახოთ სახლისაკენ მიმავალი გზა. ესაა სივრცითი შემეცნება.

მიჩნეულია, რომ ჩვენი ცოდნისა და გამოცდილების უმეტესობა (თუ ყველა არა), სადღაც, თავის ტვინშია შენახული. ეს გრძელ-ვადიანი მეხსიერებაა, ცნობიერი, ან არაცნობიერი და სავარაუდოდ, მოიცავს თავის ტვინში ახალი კავშირების შექმნას. ზოგჯერ ტრიგერმა შეიძლება გამოიწვიოს წლების, ან ათწლეულების წინა მოგონებების გაცოცხლება. ასეთ შემთხვევაში, ჩვენ ვიხსენებთ რაღაცას ჩვენი წარსულიდან და გვიკვირს, საიდან გაჩნდა ეს მოგონება.

თავის ტვინის ნეირონების განადგურების გამო, პიროვნების დეგრადაცია, ყველაზე დრამატულად ალცჰაიმერის დაავადების დროსაა გამოხატული (იხილეთ, სამახსოვრო 8-6: ალცჰაიმერის დაავადება).

### **ბაზალური განგლია**

**ბაზალური განგლიები**, ცერებრალური ჰემისფეროების თეთრ ნივთიერებაში, რუხი ნივთიერების წყვილი წარმონაქმნია (იხილეთ, სურათი 8-6). მათი ფუნქციები ნებელობითი მოძრაობების გარკვეული ქვეცნობიერი ასპექტებია და ისინი ცერებელუმთან კავშირში მოქმედებენ. ბაზალური განგლიები ხელს უწყობენ კუნთების ტონუსის შენარჩუნებას და ისინი ახდენენ დამატებითი მოძრაობების კოორდინაციას, როგორებიცაა სიარულის დროს ხელების ქნევა, ან საუბრის დროს ჟესტიკულაცია. ჟესტები და სახის გამომეტყველება, ისეთივე გამომხატველია, როგორც სიტყვები და ხშირად თან სდევს და ავსებს ჩვენ საუბარს. ბაზალური განგლიების ყველაზე გა-

ვრცელებული პათოლოგია, პარკინსონის დაავადება (იხილეთ, სამახსოვრო 8-7: პარკინსონის დაავადება).

### სამახსოვრო 8-6 | ალცჰაიმერის დაავადება

ამერიკის შეერთებულ შტატებში, **ალცჰაიმერის დაავადება** პროგრესირებადი, უკუჩქვნი-ბელი ფსიქიკური დაავადებაა, რომელიც წელიწადში 5 მილიონ ადამიანს ემართება და 100 000 სიკვდილს იწვევს. პირველი სიმპტომები, რომლებიც, ჩვეულებრივ, 65 წლის ასაკის შემდგომ იწყება, გამოიხატება მეხსიერების ჩავარდნასა და მსუბუქ პიროვნულ ცვლილებებში. დაავადების პროგრესირებასთან ერთად ვლინდება მეხსიერების და განსჯის უნარის სრული დაკარგვა და პიროვნების სრული დეგრადაცია. შორსნასულ შემთხვევებში პაციენტს საკუთარი თავის მოვლის მარტივი ქმედებების შესრულებაც კი აღარ შეუძლია.

ალცჰაიმერით გარდაცვლილი პაციენტების აუტოპსიით, შესაძლებელია თავის ტვინში განვითარებული სტრუქტურული ცვლილებების ნახვა. ნეიროფიბრილური ჩანართები შექმნილია პათოლოგიური ფიბროზული პროტეინებისგან, რომლებსაც ტაუ ეწოდება და ისინი ცერებრალური კორტექსის იმ ზონებში გვხვდება, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან მეხსიერებისა და განსჯის უნარზე. ასევე აღინიშნება სხვა პროტეინისგან, ბეტა-ამილოიდისგან შემდგარი ფოლაქების არსებობა, რომლებიც აზიანებენ ნეირონებს და ხელს უშლიან სინაფსების ფუნქციონირებას. შესაძლოა აღინიშნებოდეს ძველი და არასწორი სტრუქტურის პროტეინების გამწმენდი მექანიზმების (უბიქუიტინის და პროტეასომების ჩართვით) ფუნქციის დარღვევა; მიზეზი ცნობილი არ არის.

ზოგიერთ პაციენტში, ალცჰაიმერის დაავადების გვიანი ფორმით (ყველზე უფრო გავრცელებული ფორმა), გამოვლენილია დეფექტური გენი. გარდა ამისა, უნდა არსებობდეს მეორე გენიც, რომელიც მოახდენს ბეტა-ამილოიდის სინთეზის ტრიგერირებას. კვლევები ფოკუსირებულია ამ გენებს შორის ურთიერთქმედებასა და ანთებაზე, როგორც თავის ტვინის ამ ტიპის დაზიანების ხელშემწყობ ფაქტორზე.

ალცჰაიმერის დაავადების ადრეულ სტადიებზე დიაგნოზის დასმა გაძნელებულია, რადგან გონებრივი ჩამორჩენილობა ნააგავს სხვა ტიპის დემენციებს. დროული დიაგნოსტიკა მნიშვნელოვანია, რადგან ერთ მშვენიერ დღეს, დაავადების მკურნალობა, ამ კომპლექსური პათოლოგიის სხვადასხვა ასპექტების წინააღმდეგ მიმართული მრავალი მედიკამენტის გამოყენება იქნება, რომლებიც მოახდენენ დაავადების მძიმე გამოვლინებების გადავადებას.

### კორძიანი სხეული

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, **კორძიანი სხეული** ნერვული ბოჭკოების ჯგუფია, რომლებიც ერთმანეთთან აკავშირებენ მარჯვენა და მარცხენა ჰემისფერებს. ეს საშუალებას აძლევს თითოეულ ჰემისფეროს იცოდეს, რას აკეთებს მეორე. მუსიკალური განათლების ადამიანს უფრო სქელი კორძიანი სხეული (მეტი ნეირონების შემცველი) აქვს, ვიდრე ადამიანს, ამ განათლების გარეშე. მუსიკა, აშკარად, მოთხოვნებს უყენებს ცერებრუმს, რასაც არამუსიკალური განათლება არ ითხოვს და ცერებრუმი ნეირონების და სინაფსების გაზრდილი რიცხვით პასუხობს. კორძიანი სხეული ყველა ადამიანისთვის (არამუსიკოსებისთვისაც) მნიშვნელოვანია, რადგან ადამიანთა უმრავლესობისთვის, მეტყველების ზონა განლაგებული მარცხენა ჰემისფეროში და არ გვხვდება მარჯვენაში. კორძიანი სხეული აძლევს მარცხენა ჰემისფეროს საშუალებას, იცოდეს რას ფიქრობს მარჯვენა ჰემისფერო და მარჯვენა ჰემისფეროს, რას ფიქრობს და რაზე საუბრობს მარცხენა ჰემისფერო. მოკლე მაგალითი შეიძლება სასარგებლო აღმოჩნდეს. თუ თქვენ მარცხენა ხელს უკან წაიღებთ, ვილაცა მასში ფანქარს ჩაგიდებთ (თქვენ მას ვერ ხედავთ), და შეგეკითხებათ, რა გიჭირავთ? შეგეძლებათ პასუხის გაცემა? დიახ, შეგეძლებათ. თქვენ შეი-

გრძობთ ფანქრის ფორმასა და წონას, იპოვით წვერს და საშლელს. თქვენი მარცხენა ხელიდან წამოსული სენსორული იმპულსების ინტერპრეტირება „ფანქრად“ მარჯვენა ჰემისფეროს პარიეტულ ნილში განლაგებული, ზოგადი სენსორული სივრცის მიერ ხდება. თქვენს მარჯვენა ჰემისფეროს, სავარაუდოდ, მეტყველება არ შეუძლია, მაგრამ მისი ფიქრები, კორდიანი სხეულის საშუალებით, მარცხენა ჰემისფეროს გადაეცემა, რომელშიც განლაგებულია მეტყველების სივრცეები. თქვენს მარცხენა ჰემისფეროს შეუძლია თქვას, რომ თქვენ ფანქარი გიჭირავთ. ცერებრალური ჰემისფეროების „შრომის განაწილების“ ასპექტები ამ წიგნის ინტერესს მიღმაა, თუმცა თქვენ შეიძლება მოგინდეთ ამ მომხიბლავი თემის შემდგომი გავრცობა.

## სამახსოვრო 8-7 | პარკინსონის დაავადება

**პარკინსონის დაავადება**, ბაზალური განგლიების, უცნობი ეტიოლოგიის პათოლოგიაა და მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთ ოჯახში შეინიშნება გენეტიკური კომპონენტი, სავარაუდოდ, ეს არაა ერთადერთი ფაქტორი. დაავადება, ჩვეულებრივ, 60 წლის შემდეგ იწყება. ნეიროტრანსმიტერების მაპროდუცირებელი ბაზალური განგლიის ნეირონები იწყებენ დეგენერაციას და კვდებიან; დოპამინის დეფიციტი იწვევს სპეციფიური ტიპის კუნთოვან სიმპტომებს. სავარაუდოდ, ყველაზე უფრო გავრცელებული სიმპტომი ხელების ტრემორი, ანუ უნებლიე კანკალია. ბაზალური განგლიების მიერ რეგულირებადი დამატებითი მოძრაობები თანდათანობით მცირდება და დაავადებული ადამიანი ნელა დადის ხელების ქნევების გარეშე. დაავადებისთვის დამახასიათებელია ნიღბისებრი სახე, რადგან სახის კუნთები რიგიდული ხდებიან. საბოლოოდ, ყველა ნებელობითი მოძრაობა სულ უფრო ნელი და ძნელი ხდება და ბალანსის დაცვაც რთულდება.

პარკინსონის დაავადების სამკურნალოდ, თავად დოპამინის გამოყენება ვერ ხდება, რადგან დოპამინი ვერ ლახავს სისხლ-ტვინის ბარიერს. მონათესავე ნივთიერებას, რომელსაც ლ-დოპა ეწოდება შეუძლია ამ ბარიერის გადალახვა და თავის ტვინის ნეირონების მიერ, შეიძლება დოპამინიად გარდაიქმნეს. სამწუხაროდ, რამდენიმე წელიწადში, ლ-დოპა იწყებს თერაპიულ ეფექტიანობის დაკარგვას.

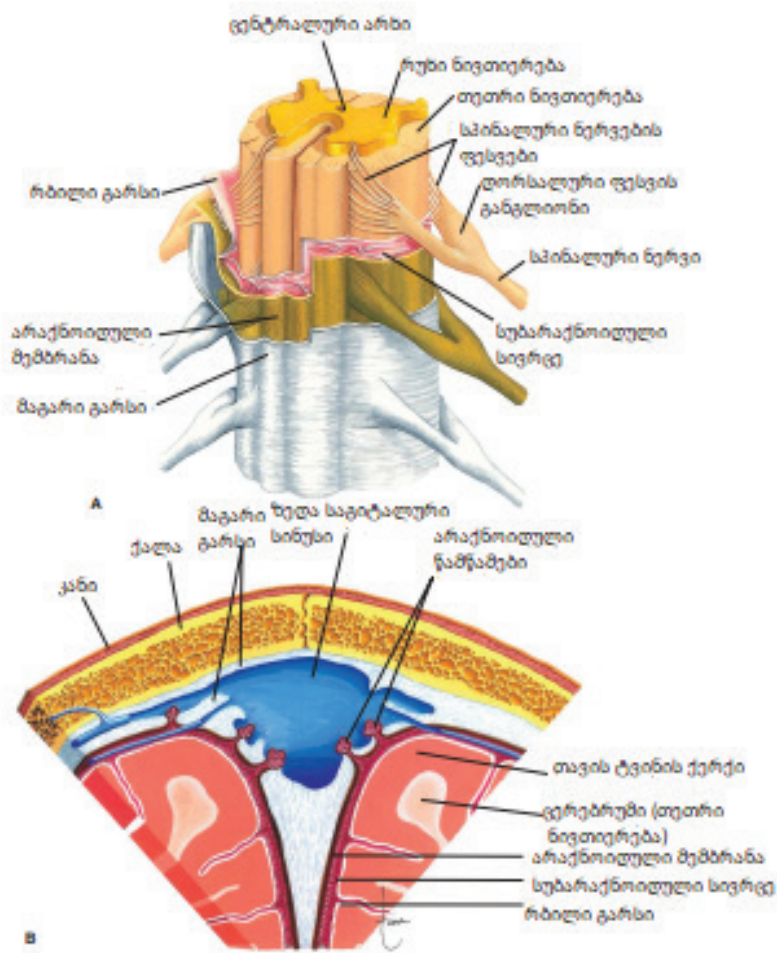
სხვა მოხმარებადი მედიკამენტები იწვევენ სიმპტომების გაუმჯობესებას, თუმცა დაავადების განკურნებას ვერ ახდენენ. თანამედროვე კვლევები ფოკუსირებულია გენურ თერაპიასა და ლეროვანი უჯრედებით თერაპიაზე.

## მენინგები (ტვინის გარსები) და ცერებროსპინალური სითხე

თავისა და ზურგის ტვინის მფარავ შემაერთებელ ქსოვილოვან მემბრანებს, **მენინგები** ეწოდებათ. მენინგების სამი შრე გამოხატულია სურათზე 8-9. გარეთა სქელი შრე, ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილისგან შედგება და **მაგარი გარსი** ეწოდება, რომელიც ფარავს თავის ქალას და ვერტებრალურ არხს. შუა, **არაქნოიდული მემბრანა** ობობის ქსელის მსგავსი შემაერთებელი ქსოვილისგანაა წარმოქმნილი. ყველაზე შიდა, ძალიან თხელ მემბრანას **რბილი გარსი** ეწოდება და ფარავს თავისა და ზურგის ტვინის ზედაპირებს. არაქნოიდულსა და რბილ გარსებს შორის, **სუბარაქნოიდული სივრცეა**, რომელიც ცერებროსპინალურ სითხეს (CSF), ნერვული სისტემის ქსოვილოვან სითხეს, შეიცავს.

გაიხსენეთ, რომ თავის ტვინის პარაკუჭებია: ორი ლატერარული, მესამე და მეოთხე. თითოეული მათგანი შეიცავს ქოროიდულ წნულს - კაპილარულ ქსელს - რომელიც ახდენს სისხლის პლაზმისგან CSF-ის წარმოქმნას. ეს უწყვეტი პროცესია და CSF ცირკულირებს ცენტრალური ნერვული სისტემის შიგნით და ირგვლივ (იხილეთ, სურათი 8-10).

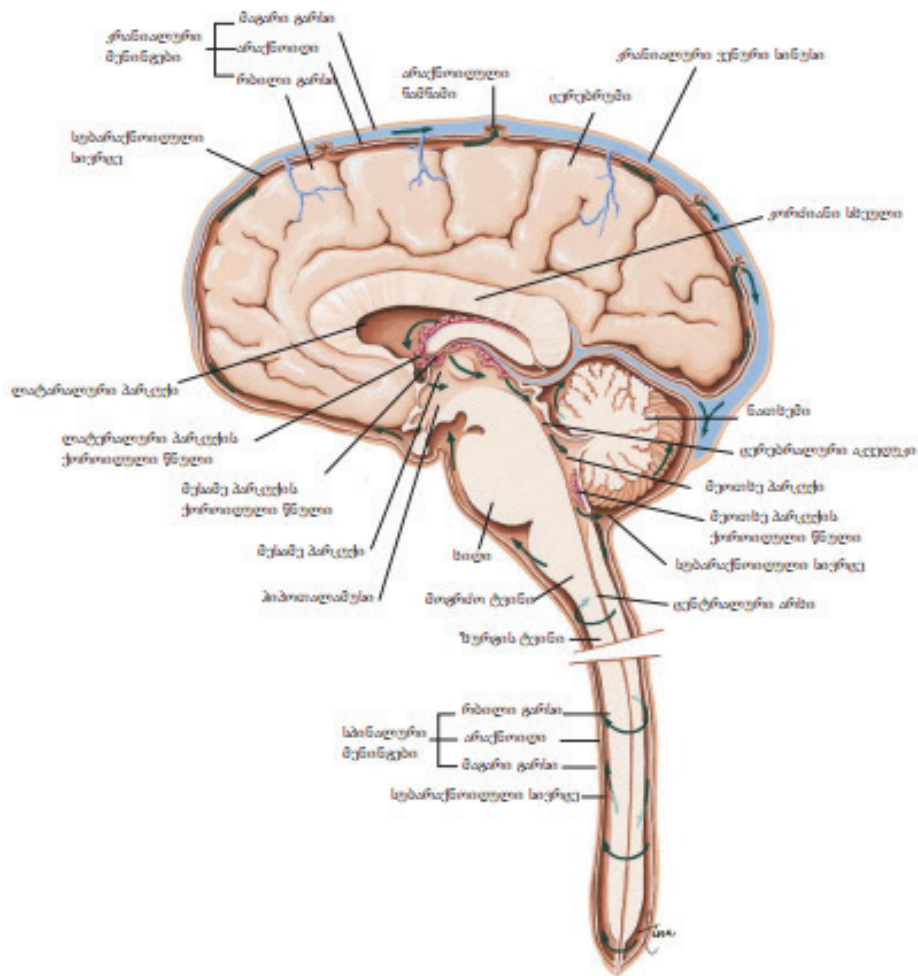




სურათი 8-9. მენინგების სტრუქტურა. (A) ზურგის ტვინის მენინგები. (B) ცენტრალური გნაღვი თავის ქალის ზედი ნაწილში, რაც აჩვენებს თავის ტვინის ორშიან მაგარ გარსს და ერთ-ერთ კრანიალურ ნერვულ სინუსს. შევითხვა: ადნერული სტრუქტურული განსხვავება თავისა და ზურგის ტვინის მაგარ გარსებს შორის.

ლატერარული და მესამე პარაკუჭებიდან ცერებროსპინალური სითხე, მეოთხე პარაკუჭის გავლით, გადადის ზურგის ტვინის ცენტრალურ არხსა და კრანიალურ და სპინალურ სუბარაქნოიდულ სივრცეებში. თქვენ ვარაუდობთ, რომ რაც მეტი CSF წარმოიქმება, ნაწილი უკან უნდა აბსორბირდეს და ეს მართლაც ასე ხდება. კრანიალური სუბარაქნოიდული სივრცეიდან, **არაქნოიდული წამწამების** საშუალებით, **კრანიალური ვენური სინუსების** (დიდი ვენები, კრანიალურ ორშიანი მაგარ გარსში) სისხლში რეაბსორბირდება. CSF თავიდან ხდება სისხლის პლაზმა და ნორმაში რეაბსორბციის და პროდუქციის სიჩქარე ერთნაირია.

რადგანაც, CSF ქსოვილოვანი სითხეა, მისი ერთ-ერთი ფუნქცია CNS-ის ნეირონებში საკვები ნივთიერებების მიტანა და სისხლიდან ნარჩენი პროდუქტების დაბრუნებაა, რადგან ცერებროსპინალური სითხე რეაბსორბირდება. ცერებროსპინალური სითხის სხვა ფუნქცია ცენტრალური ნერვული სისტემისთვის ბალიშის როლის შესრულებაა. ზურგისა და თავის ტვინი ჩასმულია სითხით სავსე მემბრანებში, რომლებსაც შეუძლიათ ზურგის ტვინისთვის დარტყმის აცილება. მაგალითად, თქვენ შეგიძლიათ ძლიერად გაიქნოთ თავი, ისე რომ არ დააზიანოთ თქვენი თავის ტვინი. ბუნებრივად, ამ დაცვას თავის ლიმიტი აქვს. თავის ქალაზე ძალიან მძიმე და მკვთარ დარტყმას, ნამდვილად შეუძლია თავის ტვინის დაზიანება.



**სურათი 8-10.** ცერებროსპინალური სითხის ფორმირება, ცირკულაცია და რეაბსორბცია.

**შეკითხვა:** სად და რამი ხდება ცერებროსპინალური სითხის რეაბსორბირება?

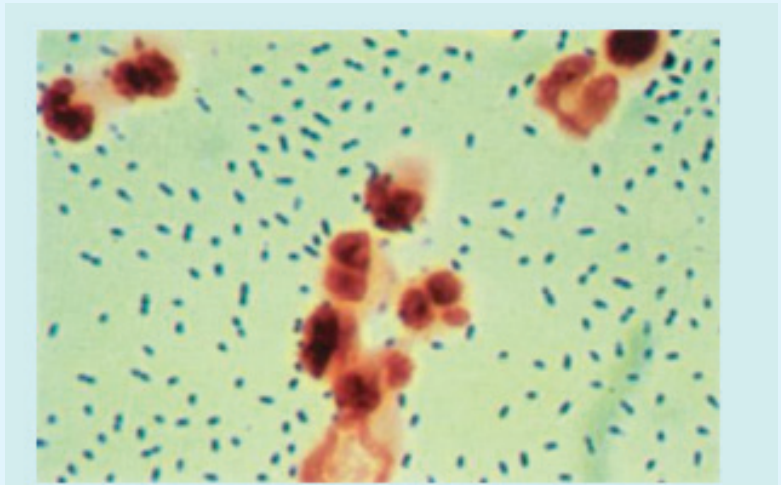
## სამახსოვრო 8-8 | ლუმბალური პუნქცია

**ლუმბალური პუნქცია** დიაგნოსტიკური პროცედურაა, რაც გულისხმობს ცერებროსპინალური სითხის ამოღებას წნევისა და შემადგენლობის განსასაზღვრავად. როგორც დასახელება გვიჩვენებს, სითხის ამოღება, შპრიცის საშუალებით, ლუმბალურ სივრცეში ხორციელდება. რადგანაც ზურგის ტვინი მთავრდება წელის პირველ და მეორე მალეებს შორის, ნემსი, ჩვეულებრივ, წელის მეოთხე და მეხუთე მალეებს შუა შეიყვანება. ცერებროსპინალური სითხის შემცველი მენინგეალური ტომარა, წელის მალეების ბოლომდე ვრცელდება, რაც საშუალებას იძლევა ცერებროსპინალური სითხე ზურგის ტვინის დაზიანების მცირე რისკით მივიღოთ.

ცერებროსპინალური სითხე მოციკულირე სითხეა, რომლის ნორმალური წნევა, წელის სვეტის 70-დან 200-მდეა. არანორმალური წნევა, ჩვეულებრივ, მიუთითებს ცირკულაციის ობსტრუქციაზე, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს ინფექციით, სიმსივნით, ან მექანიკური დაზიანებით. ზუსტი მიზეზის დასადგენად სხვა დიაგნოსტიკური კვლევების ჩატარებაცაა საჭირო.

ლუმბალური პუნქციის ყველაზე ხშირი მიზეზი, მენინგიტზე ეჭვია, რომელიც შეიძლება სხვადასხვა ტიპის ბაქტერიებით იყოს გამოწვეული. თუ პაციენტი მენინგიტითაა დაავადებული, ცერებროსპინალური სითხე, გამჭვირვალეს მაგივრად, მღვრიე იქნება და შემოწმდება ბაქტერიების და მრავალი ლეიკოციტის არსებობაზე. ცერებროსპინალურ სითხეში ერთეული ლეიკოციტების აღმოჩენა ნორმის ვარიანტია, რადგან ლეიკოციტები ყველა ქსოვილოვან სითხეში გვხვდება.

ცერებროსპინალური სითხის სხვა პათოლოგიური შემადგენელი ერთროციტებია. მათი აღმოჩენა მიუთითებს სიხლდენაზე, ცენტრალურ ნერვული სისტემის რომელიმე ნაწილში. შესაძლოა უამრავი მიზეზიც იყოს და საჭიროებს შემდგომ ტესტირებას.



**სურათი 8-B.** მენინგიტის პაციენტის ცერებროსპინალური სითხე. ბაქტერიები სტრუპტოკოკებია - აქ წარმოდგენილია წყვილებად. დიდი უჯრედები ლეიკოციტებია WBC. (x500) (From Sacher, RA, and McPherson, RA: Widmann's Clinical Interpretation of Laboratory Tests, ed. 11. FA Davis, Philadelphia, 2000, Plate 52, with permission.)

თავზურგტვინის სითხის გასინჯვა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ზოგიერთი დაავადების სადიაგნოსტიკოდ (იხილეთ, საამახსოვრო 8-8: ლუმბალური პუნქცია).

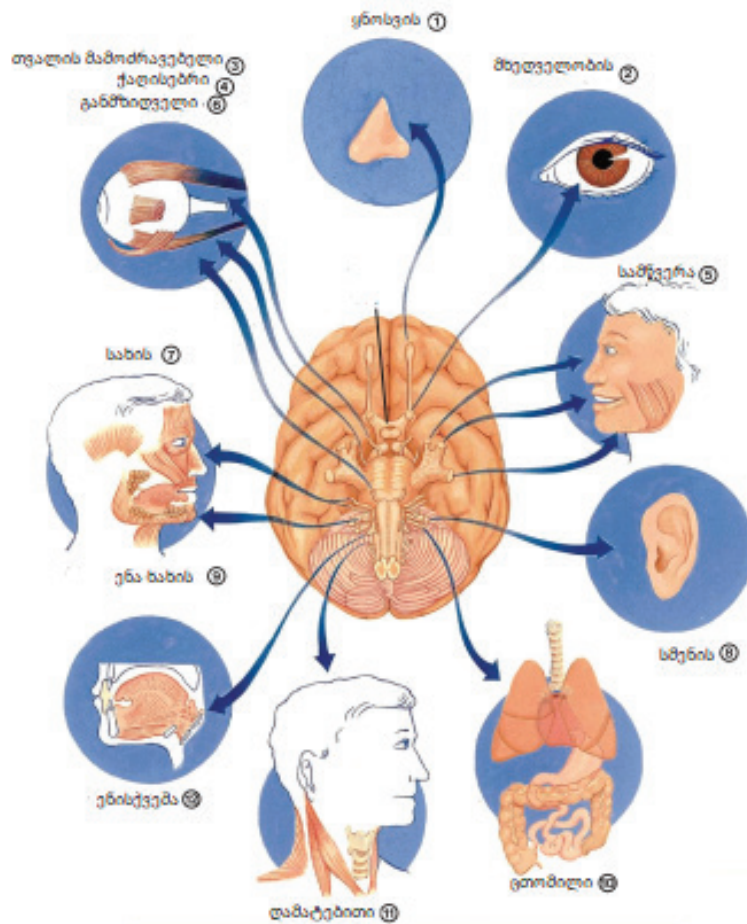
**კრანიალური ნერვები**

ტვინის ღეროდან, ან ტვინის სხვა ნაწილებიდან გამოდის 12 წყვილი **კრანიალური ნერვი**, როგორც ეს სურათზე 8-11 გამოსახული. სახელი **კრანიალური** მიანიშნებს მათი წარმოშობის ადგილს, მათი დიდი ნაწილი გადასცემს იმპულსებს თავის ფუნქციონირებისთვის. თუმცა, ზოგიერთ მათგანს უფრო შორეული დანიშნულების ადგილი აქვს.

ყვნოსვის, გემოვნების, მხედველობის, სმენისა და წონასწორობის იმპულსები თავის ტვინის შესამაბის სენსორულ ზონებში, კრანიალური ნერვებით გადაეცემა. ზოგიერთ კრანიალურ ნერვს, სახის და თვალის კუნთებამდე და სანერწყვე ჯირკვლებამდე, მოტორული იმპულსებიც გადააქვთ. ცთომილი ნერვი (ვაგუსი - „მოხეტიალე“) ფართოდ იტოტება ხორხამდე, გულამდე, კუჭამდე, ნაწლავებამდე და ბრონქებამდე.

კრანიალური ნერვების ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 8-4.





**სურათი 8-11.** კრანიალური ნერვები და მათი განაწილება. ტვინი ნარჩენებია ქვედა ხედიდან. იხილეთ, ცხრილი 8-4 აღწერისთვის.  
**შეახსენა:** მოხელა კრანიალური ნერვები განასრულებენ ნერვულ სისტემას და მათი მიზანმიმართული კრანიალური ნერვები განასრულებს კვანძებს და სარქველს სტრუქტურის გამოყოფას.

**ცხრილი 8-4| კრანიალური ნერვები**

ნომერი და სახელი	ფუნქციები
I ყნოსვის	ყნოსვის შეგრძნება.
II მხედველობის	მხედველობის შეგრძნება.
III თვალის მამოძრავებელი	თვალის კაკლის მოძრაობა; გუგის შევიწროვება კაშკაშა სინათლეზე, ან ახლოს ხედვისთვის.
IV ჭალისებრი	თვალის კაკლის მოძრაობა.
V სამწვერა	შეგრძნებები სახის, თავის ქალის და კბილების არეში; საღეჭი კუნთების შეკუმშვა.
VI განმზიდველი	თვალის კაკლის მოძრაობა.
VII სახის	გემოვნების შეგრძნება; სახის კუნთების შეკუმშვა; ნერწყვის სეკრეცია.
VIII სმენის	სმენის შეგრძნება; წონასწორობის შეგრძნება.

<b>IX ენა-ხახის</b>	გემოვნების შეგრძნება; კარდიალური, რესპირატორული და სისხლის წნევის რეფლექსების შეგრძნება; ხახის შეკუმშვა; ნერწყვის სეკრეცია.
<b>X ცთომილი</b>	კარდიალური, რესპირატორული და სისხლის წნევის რეფლექსების შეგრძნება; ხორხის სენსორიკა და მოტორიკა (მეტყველება); აქვეითებს გულის შეკუმშვის სიხშირეს; საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის შეკუმშვა (პერისტალტიკა); საჭმლის მომნელებელი სეკრეციის გაზრდა.
<b>XI დამატებითი</b>	კისრის კუნთების შეკუმშვა: ხორხის მოტორიკა (მეტყველება)
<b>XII ენისქვეშა</b>	ენის მოძრაობა.

## ავტონომიური ნერვული სისტემა

**ავტონომიური ნერვული სისტემა (ANS)** რეალურად პერიფერიული ნერვული სისტემის ნაწილია და შეიცავს ზოგიერთი კრანიალური და სპინალური ნერვის მოტორულ ნაწილებს. რადგანაც მისი ფუნქციონირება ძალიან სპეციალიზებულია, ავტონომიური ნერვული სისტემა, ჩვეულებრივ, ცალკე ერთეულად განიხილება და ჩვენც ასე გავაკეთებთ.

ავტონომიური ნერვული სისტემა გლუვი კუნთების, გულის კუნთისა და ჯირკვლების **ვისცერალური მოტორული ნეირონებისაგან** შედგება. ეს **ვისცერალური ეფექტორებია**. კუნთი იკუმშება, ან დუნდება; ჯირკვლები ზრდიან, ან ამცირებენ სეკრეციას.

ANS-ს ორი განყოფილება აქვს: **სიმპათიკური** და **პარასიმპათიკური**. ჩვეულებრივ, მათ საპირისპირო ქმედებები აქვთ, რაშიც თქვენ თავად დარწმუნდებით. ორივე განყოფილების აქტივობის ინტეგრირებას ჰიპოთალამუსი ახდენს, რომელიც უზრუნველყოფს, რომ ვისცერალური ეფექტორები სიტუაციის შესაბამისად უპასუხებენ.

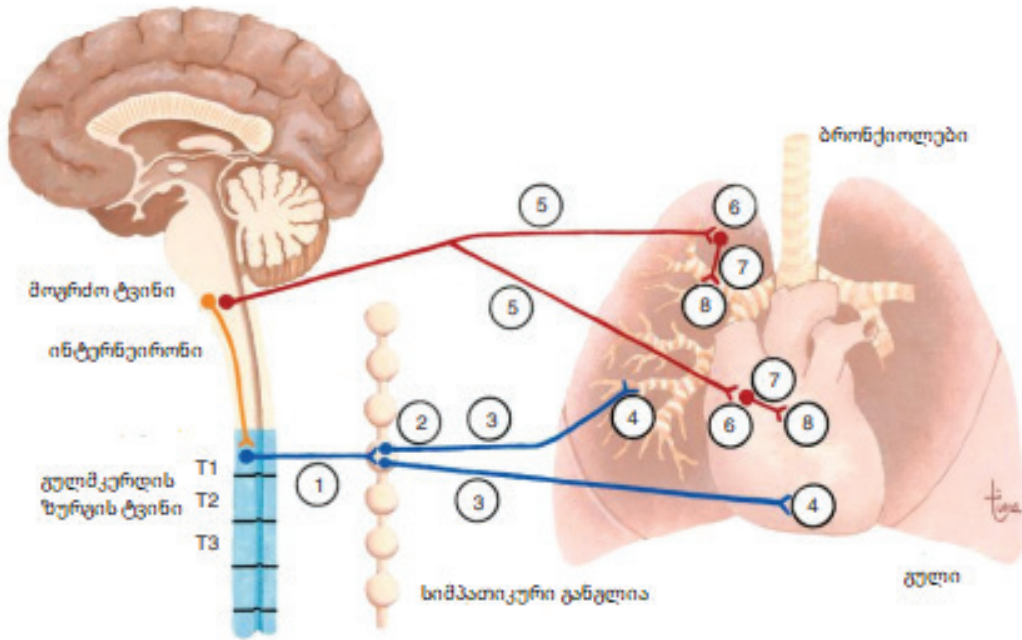
## ავტონომიური გზები

ცენტრალური ნერვულის სისტემიდან ვისცერალურ ეფექტორებამდე მიმავალი ავტონომიური გზები, ანატომიურად განსხვავდებიან კუნთებამდე მიმავალი სომატური ნერვული გზებისგან. დაუბრუნდით სურათს 8-3 და იპოვეთ მოტორული ნეირონი. ეს სომატური მოტორული ნეირონია; მისი სხეული ზურგის ტვინშია განლაგებული და აქსონი ვრცელდება ჩონჩხის კუნთებამდე, სადაც სინაფსირდება კუნთოვან უჯრედებთან. სომატური ნერვული გზა, ერთ-ნეირონიანი გზაა. ავტონომიური გზა, ორ-ნეირონიანი გზაა. ის შეიცავს ორ მოტორულ ნეირონს, რომლებიც სინაფსირდებიან განგლიონში CNS-ის გარეთ. პირველ ნეირონს, CNS-დან განგლიონამდე, **პრეგანგლიური ნეირონი** ეწოდება. მეორე ნეირონი, განგლიონიდან ვისცერალურ ეფექტორამდე **პოსტგანგლიური ნეირონია**. განგლიები, სინამდვილეში, პოსტგანგლიური ნეირონების უჯრედული სხეულებია. შემდეგი ნაწილების წაკითხვისას, გადახედეთ სურათს 8-12.

## სიმპათიკური განყოფილება

სიმპათიკური განყოფილების სხვა დასახელება თორაკოლუმბალური განყოფილებაა, რაც მიგვანიშნებს, საიდან იღებენ სათავეს სიმპათიკური პრეგანგლიური ნეირონები. მათი უჯრედების სხეულები განლაგებულნი არიან ზურგის ტვინის თორაკალურ და ზოგიერთი, ლუმბალურ სეგმენტებში. მათი აქსონები ვრცელდებიან სიმპათიკურ განგლიებამდე, რომელთა უმეტესობა ორ მწკრივად მდებარეობს სპინალური სვეტის მიმდებარედ, გარეთ (იხილეთ, სურათი 8-12). განგლიებში განლაგებულია სინაფსები პრეგანგლიურ და პოსტგანგლიურ ნეირონებს შორის. პოსტგანგლიური აქსონები, შემდეგ, ვისცერალურ ეფექტორებისკენ მიემართებიან. ერთი პრეგანგლიური რეცეპტორი, ჩვეულებრივ, მრავალი ეფექტორის, მრავალ პოსტგანგლიურ ნეირონ-

თან სინაფსირდება. ამ ანატომიურ მოწყობას ფიზიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს: სიმპათიკური ნერვულ სისტემა მრავალ ორგანოში იწვევს სწრაფ და ვრცელ პასუხებს. ANS ორივე განყოფილების ასპექტები ნაჩვენებია სურათზე 8-12 და შეჯამებული ცხრილში 8-5.



1 სიმპათიკური პრეგანგლიონური ნეირონი	5 პარასიმპათიკური პრეგანგლიონური ნეირონი
2 სიმპათიკური სინაფსი - ადვტილქოლინი	6 პარასიმპათიკური სინაფსი - ადვტილქოლინი
3 სიმპათიკური პოსტგანგლიონური ნეირონი	7 პარასიმპათიკური პოსტგანგლიონური ნეირონი
4 უფექტორის სინაფსი - ნორეპინეფრინი	8 უფექტორის სინაფსი - ადვტილქოლინი

**სურათი 8-12.** ავტონომიური ნერვული სისტემის ნეირონები. სიმპათიკური (ლურჯი) და პარასიმპათიკური (წითელი) სტრუქტური გამოსახულება. იზილეთ ტექსტი და გზრილი 8-5 აღწერისთვის.

**შკიობვა:** ტვინის რომელი ნაწილიდან გამოდის გულის პარასიმპათიკური ნეირონი? შევიძლიათ დაასახელოთ ამ ნერვის სახელი?

სიმპათიკური ნერვული სისტემა წამყვანია სტრესულ სიტუაციებში, რაც მოიცავს გაბრაზებას, შიშს, აღღვებას და ასევე, ფიზიკურ ვარჯიშს. ჩვენი პრეისტორიული წინაპრებისთვის, სტრესული სიტუაციები, ხშირად, საჭიროებდა ინტენსიურ ფიზიკურ აქტივობას - „ბრძოლის-ან-გაქცევის პასუხი“. უკანასკნელი 50 000 წლის განმავლობაში ჩვენი ნერვული სისტემა დიდად არ შეცვლილა და თუ თქვენ **ცხრილს 8-6** ჩახედავთ, ნახავთ რა ტიპის პასუხებს ასტიმულირებს სიმპათიკური ნერვული სისტემა. გულის რიტმი იზრდება. ჩონჩხის კუნთების სისხლდარღვების დილატაცია, მათ მეტი ჟანგბადით ამარაგებს, ბრონქიოლები დილატირდებიან, რომ მეტი ჟანგბადის ჩასუნთქვის საშუალებას იძლევა და ენერჯის მოსამარაგებლად, ღვიძლი გლუკოგონს გლუკოზად გარდაქმნის. ამავე დროს, მომწელებელი სეკრეცია მცირდება და პერისტალტიკა ქვეითდება, რადგან სტრესულ სიტუაციებში ეს მნიშვნელოვანი არაა. ვაზოკონსტრიქცია კანსა და შინაგან ორგანოებში, სისხლს უფრო სასიცოცხლო ორგანოებისკენ გადაისვრის, როგორებიცაა გული, კუნთები და ტვინი. ყველა ეს პასუხი ჩვენს წინაპრებს საშუალებას აძლევდათ დარჩენილყვნენ და ებრძოლათ, ან გაქცეულიყვნენ, პოტენციური საფრთხის თავიდან ასაცილებლად.



მიუხედავად იმისა, რომ სტრესის დროს (მაგალითად, საშემოსავლო გადასახადის გამოთვლისას) ჩვენ შეიძლება ყოველთვის არ ვიყოთ სიცოცხლისასთვის საშიშ მდგომარეობაში, ჩვენი სხეულები, ზემოთ აღწერილისთვის არიან მზად. სურათზე 8-13 გამოსახულია სიმპათიკური განყოფილების მიერ ინერვირებული ყველა ორგანო. ნერვული გზები ლურჯი ფერისაა.

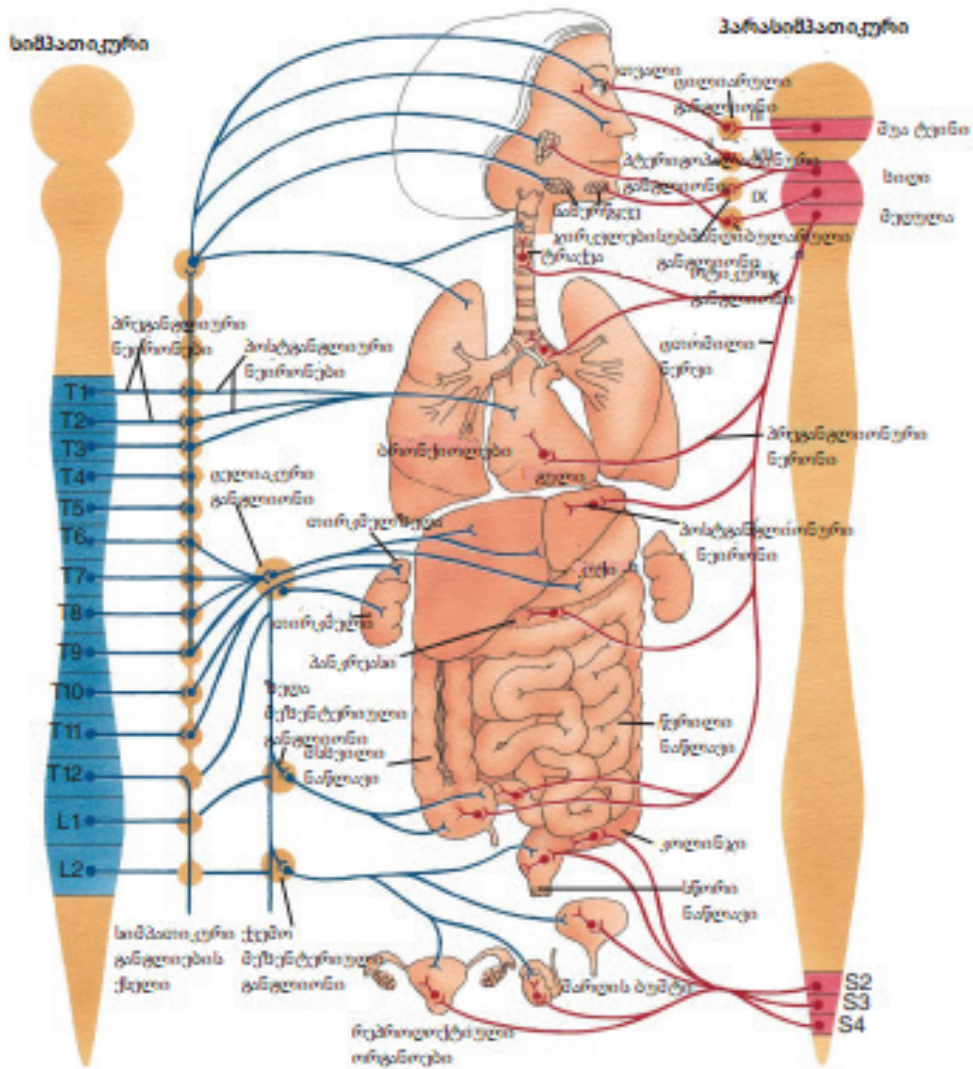
**ცხრილი 8-6| ავტონომიური ნერვული სისტემის ფუნქციები**

ორგანო	სიმპათიკური პასუხი	პარასიმპათიკური პასუხი
გული (გულის კუნთი)	სიხშირის გაზრდა	სიხშირის შემცირება (მოსვენების ნორმალურ მაჩვენებლამდე)
ბრონქიოლები (გლუვი კუნთი)	დილატირება	შეკუმშვა (ნორმის ფარგლებში)
ფერადი გარსი	გუგის გაფართოება	გუგის შევიწროვება (ნორმის ფარგლებში)
სანერწყვე ჯირკვლები	სეკრეციის დაქვეითება	სეკრეციის გაზრდა (ნორმის ფარგლებში)
კუჭი და ნაწლავები (გლუვი კუნთი)	პერისტალტიკის დაქვეითება	პერისტალტიკის გაზრდა ნორმალური მონელებისთვის
კუჭი და ნაწლავები (ჯირკვლები)	სეკრეციის დაქვეითება	სეკრეციის გაზრდა ნორმალური მონელებისთვის
შიდა ანალური სფინქტერი	იკუმშება დეფეკაციის პრევენციისთვის	დუნდება დეფეკაციის განსახორციელებლად
შარდის ბუშტი	დუნდება ურინაციის პრევენციისთვის	იკუმშება ნორმალური ურინაციისთვის
შიდა ურეთრალური სფინქტერი	იკუმშება ურინაციის პრევენციისთვის	დუნდება ურინაციის განსახორციელებლად
ღვიძლი	გლუკაგონს გადააქცევს გლუკოზას	არავითარი
პანკრეასი	გლუკაგონის სეკრეცია	ინსულინის და მომწელებელი ენზიმების სეკრეცია
საოფლე ჯირკვლები	სეკრეციის გაზრდა	არავითარი
სისხლძარღვები (მათი გლუვი კუნთი) კანსა და შინაგან ორგანოებში	შეკუმშვა	არავითარი
სისხლძარღვები (მათი გლუვი კუნთი) ჩონჩხი კუნთებში	დილატაცია (აცეტილქოლინი) შეკუმშვა (ნორეპინეფრინი)	არავითარი

თირკმელზედა ჯირკვლები	ეპინეფრინისა და ნორეპინეფრინის სეკრეციის გაზრდა	არავითარი
-----------------------	---	-----------

## პარასიმპათიკური განყოფილება

პარასიმპათიკური განყოფილების მეორე დასახელება კრანოსაკრალური განყოფილებაა. პარასიმპათიკური პრეგანგლიური ნეირონების უჯრედული სხეულები თავის ტვინის ღეროსა და ზურგის ტვინის საკრალურ სეგმენტებში არიან განლაგებულნი. მათი აქსონები შეწყვილებულია მე-3, მე-7, მე-9 და მე-10 კრანიალურ ნერვებთან (ოკულომოტორული, სახის, გლოსოფარინგეალური და ცთომილი ნერვები) და ზოგიერთ საკრალურ ნერვებთან და ვრცელდებიან პარასიმპათიკურ განგლიებამდე. ეს განგლიები ძალიან ახლოსაა ვისცერალურ ეფექტორებთან, ან მათშია განლაგებულნი (იხილეთ, სურათები 8-12 და 8-13, ნერვული გზები გამოსახულია ნითლად) და შეიცავენ პოსტგანგლიურ უჯრედულ სხეულებს, ეფექტორის უჯრედებამდე, ძალიან მოკლე აქსონებით.



**სურათი 8-13.** ავტონომიური ნერვული სისტემა. სიმპათიკური ნაჩვენებია მარცხნივ, პარასიმპათიკური - მარჯვნივ. ორივე ბილატერალურია.

**შეკითხვა:** გულის ინერვაციას ახდენს ერთი თუ ორივე ნაწილი? რა არის ასეთი მოწყობის მიზანი?

პარასიმპათიკურ განყოფილებაში ერთი პრეგანგლიური ნეირონი, მხოლოდ ერთი ეფექტორის, მცირე რაოდენობით პოსტგანგლიურ ნეირონთან სინაფსირდება. ასეთი ანატომიური მოწყობის გამო, შესაძლებელია ძალიან ლოკალიზებული (ერთი ორგანოს) პასუხი.

პარასიმპათიკური ნერვული სისტემა დომინირებს მოსვენებულ (არა-სტრესულ) მდგომარეობებში, რაც მრავალი ორგანოს ნორმალური ფუნქციონირების საწინდარია. მონელება ეფექტიანი იქნება, სეკრეციისა და პერისტალტიკის გაზრდით; შეიძლება აღინიშნოს დეფეკაცია და ურინაცია; გული ნორმალურ სიხშირით იკუმშება. ამ განყოფილების სხვა ფუნქციები ჩამოთვლილია ცხრილში 8-6.

ყურადღება მიაქციეთ, რომ ორგანო ღებულობს როგორც სიმპათიკურ, ისე პარასიმპათიკურ იმპულსებს და მათზე პასუხები ერთმანეთის საპირისპიროა. ასეთი მონელება საკმაოდ მარტივს ხდის აქტივობის შესაბამისი დონის შენარჩუნებას, როგორც გულის ცემის სიხშირის შეცვლა, სიტუაციის მოთხოვნების შესაბამისად. ასევე, ყურადღება მიაქციეთ, რომ ზოგიერთი ვისცერალური ეფექტორი, მხოლოდ, სიმპათიკურ იმპულსებს იღებს. ასეთ შემთხვევაში, საპირისპირო პასუხები, სიმპათიკური ნერვული იმპულსების დაქვეითებით მიიღწევა. საოფლე ჯირკვლების სეკრეცია ამის მაგალითია.

## ნეიროტრანსმიტერები

გაიხსენეთ, რომ ნეიროტრანსმიტერები იმპულსებს სინაფსების გადაკვეთის საშუალებას აძლევენ. ავტონომიურ გზებში ორი სინაფსია: ერთი პრეგანგლიურ და პოსტგანგლიურ ნეირონებს შორის (ავტონომიური განგლიის შიგნით) და მეორე, პოსტგანგლიურ ნეირონსა და ვისცერალური ეფექტორების უჯრედებს შორის.

კიდევ ერთხელ დააკვირდით სურათს 8-12 და იპოვეთ სინაფსები თითოეულ განყოფილებაში. **აცეტილქოლინი** ყველა ტიპის (სიმპათიკურიც და პარასიმპათიკურიც) პრეგანგლიური ნეირონების მიერ გამოთავისუფლებული ტრანსმიტერია, რომელიც პოსტგანგლიურ ნეირონებში **ქოლინესთერაზას** მიერ ინაქტივირდება. ყველა პარასიმპათიკური პოსტგანგლიური ნეირონი გამოყოფს აცეტილქოლინს, სინაფსებში თავიანთ ვისცერალურ ეფექტორებთან. სიმპათიკური პოსტგანგლიური ნეირონების უმეტესობა, ეფექტორული უჯრედებთან სინაფსებში, გამოყოფს ტრანსმიტერ **ნორეპინეფრინს**. ნორეპინეფრინი ინაქტივირდება ან კატექოლ-O-მეთილ ტრასფერაზათი (COMT), ან მონოამინ ოქსიდაზით (MAO), ან შეიძლება სინაფსიდან ამოღებულ იქნას უკუ-მიტაცებით. აცეტილქოლინის გამომთავისუფლებელი სიმპათიკური პოსტგანგლიური ნეირონები განლაგებულია საოფლე ჯირკვლებსა და ჩონჩხის კუნთების სისხლძარღვების კედლების გლუვ კუნთებში (ინვევენ ვაზოდილატაციას).

## დაბერება და ნერვული სისტემა

დაბერებასთან ერთად, ტვინი კარგავს ნეირონებს, თუმცა საერთო რაოდენობის მხოლოდ მცირე პროცენტს. მიჩნეულია, რომ ასაკის მატებასთან ერთად, მნიშვნელოვნად შემცირებულია სინაფსური კავშირების ჩამოყალიბება, მაგრამ ეს არ არის ხანდაზმულებში გონებრივი დეგრადაციის ჩვეული მიზეზი (ბევრად უფრო გავრცელებული მიზეზებია: დეპრესია, მალნუტრიცია, ჰიპოტენზია და მედიკამენტების გვერდითი ეფექტები). მოსალოდნელია გარკვეული გულ-მავინობა, პრობლემების სწრაფად გადაჭრის უნარის დაქვეითებით, თუმცა მეხსიერება ინტელექტური უნდა დარჩეს. ნებელობითი მოძრაობები ნელდება, როგორც რეფლექსები და რეაქციის სისწრაფე. დაფიქრდით, მანქანის მართვის უნარზე, რასაც ისე ვიღებთ, როგორც ჩვეულებრივს. ხანდაზმულ ადამიანებს, მათი შენელებული აღქმითა და რექციით, მეტი სიფხიზლე მართებთ ავტომობილის მართვის დროს.

ავტონომიური ნერვულის სისტემის დაბერებასთან ერთად, შეიძლება პრობლემური გახდეს თვალების სიმშრალე და ყაბზობა. გარდამავალი ჰიპოტენზია შეიძლება იყოს ვაზოკონსტრიქციული ნერვული სტიმულაციის დაქვეითების შედეგი. უმრავლეს შემთხვევებში, ხანდაზმული ადამიანები, რომლებსაც გათვითცნობიერებული აქვთ დაბერების ეს ასპექტები, თავიანთი ექიმებისა და ექთნების დახმარებით, ახერხებენ ამ ცლილებებთან ადაპტაციას.



## შეჯამება

ნერვული სისტემა არეგულირებს ჩვენს ყველზე მარტივ და ყველაზე რთულ აქტივობებს. ნერვული სისტემის მიერ გენერირებული და გადაცემული იმპულსები, სხეულის ქიმიური დონის ორგანიზაციის მაგალითია. ეს ნერვული იმპულსები შემდგომში ახდენენ ქსოვილების, ორგანოების და ორგანოთა სისტემების ფუნქციონირების რეგულაციას. ეს საშუალებს გვაძლევს შევიგრძნოთ და ვუპასუხოთ ჩვენს გარშემო არსებულ სამყაროს და მასში განითარებულ ცვლილებებს. ამ ცვლილებების შეგრძობა გრძნობის ორგანოების ფუნქცია, რასაც შემდეგ თავში განვიხილავთ.

## თავი 9

### შეგრძნება

ოდესმე ყოფილხართ ფეიერვერკების შოუზე? სხვადასხვა ფერის სინათლეების აფეთქება, აფეთქებების გრუხუნი და ჭახუნი, დენტის სუნი; ყველაფერი ეს გამოცდილების ნაწილია, რითიც ჩვენ შეგვიძლია ვისიამოვნოთ, რადგან შეგრძნებები გვაქვს. მაშინაც კი, როცა ჩვენს ირგვლივ გარემო ასეთი დრამატული არ არის, ჩვენი შეგრძნებები მუდმივად გვანვდიან ინფორმაციას. ჩვენ ვხედავთ მეგობარს, რომელიც ხელს გვიქნევს, გვესმის, სახელს როგორ გვეძახიან, ვართმევთ ერთმანეთს ხელს, ან ვეხუტებით, რადგან შეხება ძალიან მნიშვნელოვანია. გემოვნებისა და სუნის შეგრძნებები საშუალებას გვაძლევს ვისიამოვნოთ საჭმლის სურნელით, ან გვაფრთხილებენ, რომ საჭმელი გაფუჭებული და შესაძლოა, საკვებად საშიშია. ნონასწორობის შეგრძნება, გამართულად დგომის საშუალებას გვაძლევს. ჩვენი შეგრძნებების საშუალებით, ჩვენ ვიგებთ, რა ხდება ჩვენს შიგნით. მაგალითად, თავის ტკივილი გვაძლევს, რაღაც მოვიმოქმედოთ, თუნდაც, ასპირინი მივიღოთ. ზოგადად, შეგრძნებების არსებობის მიზანია: საშუალება მისცეს ჩვენს სხეულს, სწორად უპასუხოს მუდმივად ცვლად სიტუაციებს და შეინარჩუნოს ჰომეოსტაზი.

### სენსორული გზა

შეგრძნებებში ჩართული იმპულსები მიყვებიან ძალიან ზუსტ გზებს, რომლებიც შემდეგი ნაწილებისგან შედგებიან:

1. **რეცეპტორები** - აღიქვავენ ცვლილებებს (**სტიმულები**) და ახდენენ იმპულსების გენერირებას. ჩვეულებრივ, რეცეპტორები ძალიან სპეციფიკურია იმ ცვლილებების მიმართ, რომლებსაც პასუხობენ. ბადურაში არსებული რეცეპტორები აღიქვავენ სინათლეს, ცხივირის ღრუში განლევებულნი - აირად ნივთიერებებს, და ა.შ. სპეციფიკური სტიმულის აღქმის შემდეგ, ყველა რეცეპტორი მას, ერთნაირად, ელექტრული ნერვული იმპულსის წარმოშობით, პასუხობს. ყველა რეცეპტორი ცვლის სტიმულის ენერგიას ნერვული იმპულსის ელექტრულ ენერგიაზე.
2. **სენსორული ნეირონები** - გადასცემენ იმპულსებს რეცეპტორებიდან ცენტრალურ ნერვულ სისტემამდე. ეს სენსორული ნეირონები გვხვდებიან, როგორც სპინალურ, ისე კრანიალურ ნერვებში, მაგრამ თითოეულს, მხოლოდ, ერთი ტიპის რეცეპტორიდან მიაქვს იმპულსები.
3. **სენსორული ტრაქტები** - ზურგის, ან თავის ტვინის თეთრი ნივთიერება, რომელიც იმპულსებს გადასცემს თავის ტვინის სპეციფიკურ ნაწილებს.
4. **სენსორული ზონები** - მათი უმეტესობა ცერებრულ კორტექსშია (გაიხსენეთ სურათი 8-8, წინა თავში). ეს ზონები ახდენენ სტიმულების აღქმასა და ინტერპრეტირებას. ნერვული იმპულსების შეგრძნებებად ინტერპრეტირების სწავლა ჩვილობის ასაკში (თუ დაბადებამდე არა), ჩვენი ცნობიერების მიღმა იწყება და მთელი ცხოვრება გრძელდება.

### შეგრძნებების მახასიათებლები

შეგრძნებების ზოგიერთი მახასიათებელი დაგვეხმარება გავიგოთ, როგორ მუშაობენ სენსორული ზონები, რეცეპტორებიდან წამოსულ, იმპულსებთან, რათა წარმოქმნას სასარგებლო ინფორმაცია გარე და შიდა გარემოზე:

1. **პროექცია** - ისე ჩანს, რომ შეგრძნება იმ არედან მოდის, სადაც რეცეპტორებია განლაგებული. თუ თქვენ ამ წიგნს შეხებით, შეხების შეგრძნება, თითქოს, თქვენს ხელში შეიგრძნობა, მაგრამ სინამდვილეში თავის ტვინის ქერქის მიერ აღიქმება. ის რომ შეგრძნებებს ნამდვილად ტვინი შეიგრძნობს იმ პაციენტების მაგალითებით დემონსტრირდება, რომელთაც, კიდურის ამპუტაციის შემდეგ, **ფანტომური ტკივილები** აღენიშნებათ. ხელის დაკარგვის შემდეგ, ადამიანს შესაძლოა ქონდეს შეგრძნება, რომ ხელი ისევ ადგილ-

ზეა. რატომ ხდება ეს? ხელების რეცეპტორები აღარ არსებობენ, მაგრამ გადაკვეთილი ნერვული ბოჭკოები აგრძელებენ იმპულსების გენერირებას. ეს იმპულსები ჩვეული ნერვებით მიემართებიან ზურგის ტვინისკენ, აღწევენ პარიეტული წილის ხელის ზონაში და ტვინი აკეთებს იმას, რასაც ყოველთვის, ნერვული გზებით მოტანილ იმპულსებთან მიმართებაში გააკეთებდა - ქმნის პროექციას, რომ ხელი ისევ იქაა. ამპუტაციების უმეტეს შემთხვევებში, ფანტომური ტკივილი, განწყეტილი ნერვის მოშუშებასთან ერთად, მცირდება, თუმცა ხშირად რჩება დაკარგული კიდურის ფანტომური „არსებობის“ შეგრძნება. ეს შესაძლოა სასარგებლო იყოს, როდესაც ხდება ხელოვნური კიდურის მოხმარების შესწავლა.

მცირედ განსხვავებული, თუმცა იგივე გამოსავლის მქონე სიტუაცია ვითარდება ზოგიერთ ადამიანში, სმენის ნაწილობრივი დაკარგვის შემდგომ, როდესაც მათ აღენიშნებათ **ტინიტუსი** (ყურებში ხმაური, ზუზუნი, ან ზარი). ზოგიერთი სმენითი რეცეპტორი დაზიანებულია და არ ახდენს იმპულსების გენერირებას - ასე რომ ტვინი აღარ იღებს იმპულსებს. ტვინი ისეა მიჩვეული ამ იმპულსების გამოყენებას (ჩვენ ძალიან იშვიათად ვართ აბსოლუტურ სიჩუმეში), რომ სმენითი ზონა ცდილობს შეავსოს, რასაც ისინი დაკარგულად აღიქვამენ. პათოლოგიური ზუზუნი და ხმაური, ტვინის მიერაა შექმნილი და ყურებამდე პროექცირდება.

2. **ინტენსივობა** - ზოგიერთი შეგრძნება, სხვებზე უფრო მკვეთრი და მკაფიოა. სუსტი სტიმულები, მაგალითად, მკრთალი შუქი, რეცეპტორების მცირე რაოდენობაზე მოქმედებს, კაშკაშა სინათლე, მაგალითად, მზის სხივი, კი მრავალი რეცეპტორის სტიმულაციას ახდენს. რაც მეტი რეცეპტორის სტიმულირება მოხდება, მით მეტი იმპულსი მივა თავის ტვინის სენსორულ ზონებამდე. ტვინი „ითვლის“ ამ იმპულსებს და ახდენს უფრო ძლიერი შეგრძნების პროექცირებას.
3. **კონტრასტი** - წინამორბედი, ან ერთდროული შეგრძნების გავლენა მიმდინარე შეგრძნებაზე, რომელსაც შეუძლია ამ შეგრძნების გამძაფრება, ან შემცირება. ეს თავის ტვინის ფუნქცია, რომელიც მუდმივად ახდენს შეგრძნებების ერთმანეთთან შედარებას. თუ ძალიან ცხელ დღეს, საცურაო აუზში ჩახტებით, თავდაპირველად, წყალი შეიძლება საკმაოდ ცივი მოგეჩვენოთ. ახალ შეგრძნებას, თავის ტვინი, ძველს ადარებს და რადგან მათ შორის მნიშვნელოვანი განსხვავებაა, წყალი, არსებულზე უფრო ცივი გვეჩვენება.
4. **ადაპტაცია** - აღარ ხდება ხანგრძლივი სტიმულების შეგრძნება. რეცეპტორები აღიქვამენ ცვლილებებს, მაგრამ თუ სტიმული გრძელდება, შესაძლოა შეჩვევა განვითარდეს და რეცეპტორებმა მოახდინონ ნაკლები იმპულსების გენერირება. საცურაო აუზის წყალი, რომელიც თავიანთი ცივი მოგვეჩვენა, შესაძლოა, რამდენიმე წუთში „გათბეს“. წყალი არ იცვლის ტემპერატურას და სიცივის რეცეპტორები არ აღიქვამენ არ არსებულ ცვლილებას, ამის გამო ახდენენ ნაკლები იმპულსების წარმოქმნას. სიცივის შეგრძნება კლებულობს, რასაც ჩვენ შევიგრძნობთ, როგორც სითბოს მომატებას. მეორე მაგალითისთვის, შეხედეთ თქვენს მარჯვენა, ან მარცხენა მარჯვანს. ბევრი ჩვენგანი მაჯის საათს ატარებს, მაგრამ დროის უმეტეს ნაწილში, არ აღიქვამთ ამას. კანის შეხების, ან წნევის რეცეპტორები ძალიან სწრაფად ადაპტირდებიან მუდმივი სტიმულების მიმართ და თუ ცვლილება არ დაფიქსირდა, არაფერია, რაც რეცეპტორებმა უნდა აღიქვან.
5. **შემდგომი-გამოსახულება** - შეგრძნება ცნობიერებაში, სტიმულის შეწყვეტის შემდეგაც რჩება. ძალიან კაშკაშა სინათლე იწვევს ბადურის რეცეპტორების ძლიერ სტიმულაციას, რომლებიც ახდენენ მრავალი იმპულსის გენერირებას, რაც აღიქმება, როგორც ინტენსიური შეგრძნება და იმაზე მეტს ხანს გრძელდება, ვიდრე ნამდვილი სტიმული. თუ თქვენ როდესმე, უცაბედი და ხმამაღალი ხმიანობის მოსმენის შემდგომ, გიფიქრიათ, „ჩემს ყურებში ზარები რეკავენ“, თქვენ გამოგიცდიათ სმენითი შემდგომი-გამოსახულება.

## კანის შეგრძნებები

როგორც თქვენთვის ცნობილია, კანი დიდი ორგანოა, რომელიც სხეულის გარეთა საზღვარს ქმნის და სწორედ, მისი ადგილმდებარეობის გამო, მასში ათასობით რეცეპტორია. კანის დერმისი და კანქვეშა შრე შეიცავენ შეხების, ზეწოლის, სითბოს, სიცივის, ქავილისა და ტკივილის



რეცეპტორებს. სითბოს, სიცივის, ქავილის და ტკივილის **რეცეპტორები თავისუფალი ნერვული დაბოლოებები** არიან, რომლებიც ასევე პასუხობენ ნებისმიერ ინტენსიურ სტიმულს. ასე მაგალითად, ძლიერი ზენოლა, ან სიცივე შეიძლება ტკივილად შევიგრძნოთ. შეხებისა და ზენოლის რეცეპტორები **ინკაპსულირებული ნერვული დაბოლოებებია**, რაც იმას ნინშნავს, რომ ნერვული დაბოლოების გარშემო უჯრედული სტრუქტურა აღინიშნება (იხილეთ, სურათი 9-1).

კანის შეგრძნებები გვანვდიან ინფორმაციის გარემოსა და თავად კანზე. გარემოს შესახებ ინფორმაციის დიდ ნაწილს ნაკლები მნიშვნელობა ენიჭება და ქვეცნობიერ დონეზე პროცესირდება (ითრგუნება თალამუსის მიერ), თუმცა, ჩვენ შეიძლება მოვინდომოთ, რომ ვიცოდეთ ამის შესახებ. ასე მაგალითად, შეგიძლიათ, მხოლოდ შეხებით, ერთმანეთისგან განასხვავოთ ბამბის მაისური ჯინსის ქსოვილისგან? სავარაუდოდ კი მაგრამ ამას მანამდე ვერ გავაცნობიერებთ, სანამ ბნელ სამრეცხაოში არ მოგვიხდება ტანსაცმლის გადარჩევა. თუ ფეხშიშველა გაივლით, შეგიძლიათ მიხვდეთ ხალიჩაზე დადიხართ, ხის იატაკზე, ბეტონსა და თუ ქვიშიან სანაპიროზე? დიახ, თქვენ შეგიძლიათ. მაგრამ, ჩვეულებრივ, ამ შეგრძნებას ფეხის ძირებიდან იღებთ? თუ ყველაფერი ნორმალურადაა, სავარაუდოდ, არა, რადგან არაფერი მოულოდნელი არ ხდება, რისი მოგვარებაც საჭიროა. თუმცა, ზოგ დიაბეტიან ადამიანს, დიაბეტური **ნეიროპათია**, ნერვების დაზიანება უვითარდება, რაც ინვევეს მგრძნობელობის დარღვევას. ასეთი პაციენტები ხის იატაკზე სიარულისას, შეიძლება შეიგრძნობდნენ, რომ მამბის ბურთულებზე აბიჯებენ, ან პერანგის ღილებს, ძალიან დიდებად, ან პატარებად აღიქვავენ. ისინი აცნობიერებენ ამ უცნაურ შეგრძნებებს, იმიტომ რომ შეგრძნებები უცნაურია. უმეტესობა ჩვენგანი არ აცნობიერებს ხის იატაკზე შეხებას, რადგან ეს ისაა, რასაც თავის ტვინი წარსული გამოცდილებიდან ელის, მაგრამ თუ იატაკზე ნამსხვრევებია, ან ქვიშა ცხელია, ჩვენ ამას აღვიქვავთ. თუ საჭიროა, ჩვენ შეგვიძლია ამ ინფორმაციის გაცნობიერება, მაგრამ ხშირად ეს ასე არ ხდება.

რაც შეეხება თავად კანს, თუ თქვენ ოდესმე შხამიან სუროს შეხებიხართ, შეიძლება გასხვოდეთ გამოწყარით გამონვეული ქავილი. ქავილი უფრო რთული შეგრძნებაა და სულ მცირე, ორი ტიპის არსებობს. ერთი შეიძლება ქიმიურ ქავილად განვიხილოთ, მეორე კი მექანიკურ ქავილად. ქიმიური ქავილი ისეთი გამაღიზიანებლის შედეგია, როგორებიცაა სუროს წვენი, ან კოლოს ნერწყვი, რაც ინვევეს ჰისტამინის გამოთავისუფლებას. ეს ანთებითი პასუხის ნაწილია და ქავილის მიზეზი ჰისტამინია.

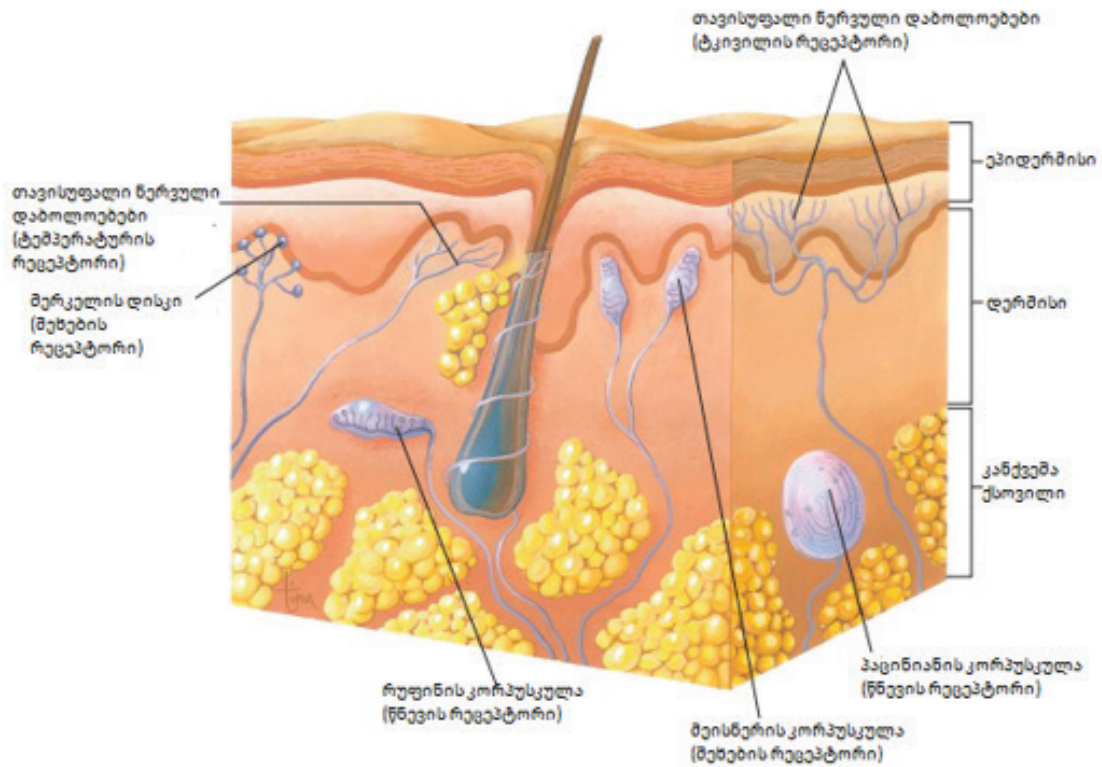
მექანიკური ქავილის მიზეზი შეიძლება იყოს უხეში ქსოვილის კანთან ხახუნი, ან კანზე, რაიმე მცირე მოძრაობა, მაგალითად, რწყილის გადაადგილება. ამ ტიპის ქავილს შესაძლოა თან ახლდეს მსუბუქი ტკივილის შეგრძნება და დაზიანებული ადგილი თუ არ გაიკანრა, შესაძლოა გაძლიერდეს.

რატომ ინვევეს გაკანვრა მექანიკური ქავილის შეგრძნების შემსუბუქებას (იმის გარდა, რომ ამ დროს შესაძლოა მოხდეს გარეგანი გამაღიზიანებლის მოშორება)? ერთ-ერთი ახნა ისაა, რომ გაკანვრა, უფრო მტკივნეულია, ვიდრე ქავილი და გაკანვრის გამო წარმოქმნილ იმპულსებს, ტვინის ყურადღება ქავილისგან გენერალიზებული იმპულსებიდან გადააქვთ. სხვა მოსაზრებით, გაკანვრის გამო წარმოქმნილი იმპულსები ახდენენ ზურგის ტვინის იმ ნეირონების ინჰიბირებას, რომლებიც ქავილის სენსორულ გზაში მონაწილეობენ (ძალდი, რომელიც იყენებს უკანა ფეხს ქავილის გასაქარწყლებლად, სპინალურ რეფლექსს იყენებს და არ საჭიროებს თავის ტვინს). გაკანვრა ვერ შეამსუბუქებს შხამიანი სუროს, ჩუტყვავილას, ან კოლოს ნაკბენით გამონვეულ ქავილს, რადგან გამაღიზიანებელი ნივთიერებები კანშია და არა კანზე. ამ შემთხვევაში, შესაძლოა სასარგებლო იყოს ანტიჰისტამინური დახმარება, გაკანვრამ, კი შეიძლება გამოინვიოს უფრო მეტი დაზიანება და ლოკალური ანთების გაუარესება.

კლინიციტები ქავილის მესამე ტიპსაც გამოყოფენ, რომელსაც „პათოლოგიური“ შეიძლება ეწოდოს. ღვიძლისა და თირკმელების ზოგიერთი დაავადების, გარკვეული კიბოების, ან შიდსის შემთხვევაში, შეიძლება განვითარდეს შეუპოვარი ქავილი, რომელიც არღვევს ძილს და ნორმალური აქტივობების ხელისშეშლელიც შეიძლება გახდეს. არ არის ნაპოვნი, ამ ტიპის, შეუპოვარი და გამომფიტავი ქავილის, მიზეზი და შესაბამისი მკურნალობა.

კანის სენსორული ზონები პარიეტულ წილებშია განლაგებული. თქვენ შეიძლება მე-5 თავიდან გაიხსენოთ, რომ კანის მგრძნობელობას მასში რეცეპტორების რაოდენობა განსაზღვრავს. ახლა უფრო შორს წავალთ. რეცეპტორების რაოდენობა შეესაბამება ცერებრალურ კორტექსში სენსორული ზონის ზომას. რაც მეტია კანის რეცეპტორების რიცხვი, მით მეტია კორტექსში,

იმპულსების მიღებასა და ინტერპრეტაციაზე გამოყოფილი ნეირონების რაოდენობა. ყველაზე დიდია სენსორული კორტექსის ის ზონები, რომლებიც დაკავშირებული არიან ყველაზე მეტი რეცეპტორების შემცველი სხეულის ნაწილებთან, როგორებიცაა კანი და ხელები.



**სურათი 8-1.** კანის რეცეპტორები კანის განაკვეთზე. ნაჩვენებია თავისუფალი ნერვული დაბოლოებები და ინკაპსულირებული ნერვული დაბოლოებები.

**შეკითხვა:** რომელ მრეში მდებარეობენ კანის რეცეპტორების უმეტესობა?

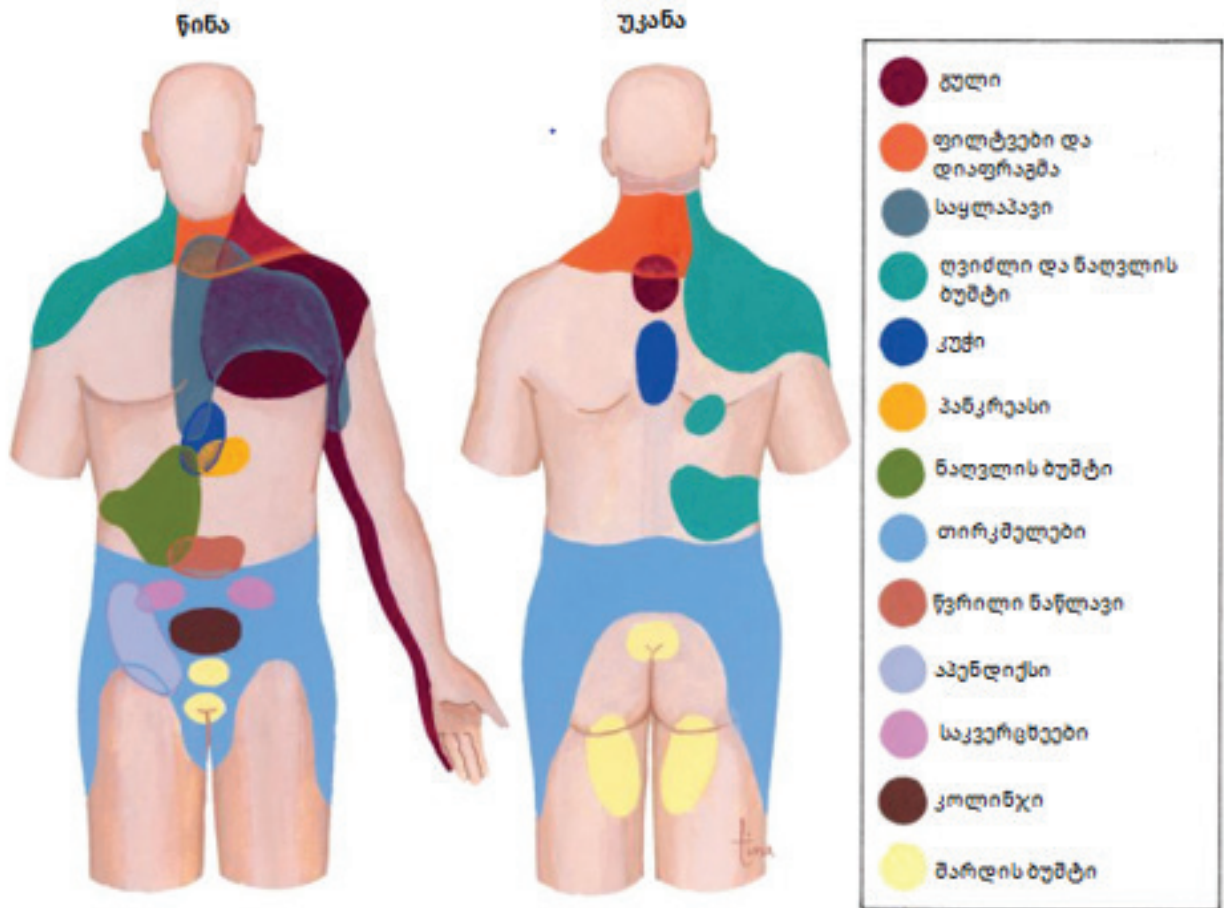
როგორც ადრე იყო აღნიშნული, სენსორული ზონები, იმპულსების პასიური მიმღებლები არ არიან. განვიხილოთ სისველის შეგრძნება, რომელიც გამორჩეული შეგრძნებაა, მაგრამ არსებობენ კანში „სისველის“ რეცეპტორები? საიდან მოდის ეს შეგრძნება? სიადანაც ყველა სხვა შეგრძნება მოდის: თავის ტვინიდან. პარიეტულ წილებს ნასწავლი აქვთ მოახდინონ ტემპერატურისა და ზეწოლის ერთდრული იმპულსების ასოცირება „სისველესთან“. ამის დემონსტრირება თქვენ თავადაც შეგიძლიათ, თუ რუფინის ხელთათმანებიან ხელებს წყლიან ჭიქაში ჩაყოფთ. თქვენი თითები იგრძნობენ სისველეს, თუმცა ისინი შიგნიდან სრულიად მშრალნი დარჩებიან. სისველე ნასწავლი, ტვინის მიერ შექმნილი, შეგრძნებაა.

## რეფერირებული ტკივილი

თავისუფალი ნერვული დაბოლოებები შინაგან ორგანოებშიც გვხვდებიან. ასე მაგალითად, წვრილი ნაწლავის გლუვი კუნთები შეიცავენ თავისუფალ ნერვულ დაბოლოებებს, რომლებიც ძლიერი გაჭიმვით, ან შეკუმშვით სტიმულირდებიან; წარმოშობილ ტკივილს ვისცერალური ტკივილი ეწოდება. ზოგჯერ, შინაგან ორგანოში წარმოქმნილი ტკივილი კანზე შეიგრძნობა; ამას **რეფერირებული ტკივილი** ეწოდება. გულის შეტევის (მიოკარდიუმის ინფარქტი) ტკივილი შესაძლოა მარცხენა მკლავსა და მხარში გავრცელდეს, ნაღვლ-კენჭოვანი ტკივილი, მარჯვენა მხარში. ეს და რეფერალური ტკივილის სხვა ადგილები გადმოცემულია სურათზე 9-2.

რეფერირებული ტკივილი სინამდვილეში ტვინის შექმნილია. ზურგის ტვინი შეიცავს სენსორულ ტრაქტებს, რომლებიც ორივე ტიპის, სენსორულ და ვისცერალურ იმპულსებს გადასცემენ. კანიდან იმპულსები ბევრად უფრო ხშირია და თავის ტვინი სწორად ახდენს მათ პროეცირებას კანზე. როდესაც იმპულსები მოდიან ისეთი ორგანოსგან, როგორიცაა გული, თავის

ტვინმა, შესაძლოა მოახდინოს შეგვრძნების „ჩვეულ“ ადგილას, მარცხენა მკლავსა და მხარში და კისრის მარცხენა მხარეს პროექტირება. თავის ტვინი შეგვრძნების პროექტირებას წარსულ გამოცდილებაზე დაყრდნობით ახდენს, რადგან კანისმიერი ტკივილი ბევრად უფრო ჩვეულია, ვიდრე ვისცერალური ტკივილი. რეფერირებული ტკივილის ცნება, როგორც ზემოთ მოყვანილ მაგალითში იყო აღნიშნული, ხშირად ეხმარება კლნიცისტს, თუმცა არ შეიძლება მისი იზოლირებულად გამოყენება. დააკვირდით სურათს 9-2 და შეამჩნევთ, რომ ზოგიერთი რეფერირებული ტკივილის ფართობი საკმაოდ მცირეა, სხვების, კი გაცილებით დიდი, ზოგი სივრცე საკმაოდ ლოგიკურია, სხვები (ან მათი ნაწილი მაინც) ნაკლებად ლოგიკური და ბოლოს, გარკვეული სივრცეები ერთმანეთს გადაფარავენ. მიუხედავად ამისა, რეფერირებულ ტკივილს სასარგებლო დიაგოსტიკური ინფორმაციის მოტანა შეუძლია.



**სურათი 9-2.** ტკივილის გადაცემა. ნაჩვენებია სხვადასხვა ორგანოდან ტკივილის გადაცემის ადგილები.

**შეკითხვა:** რომელი შინაგანი ორგანოდან შეიძლება ტკივილი კიდურებს გადაეცეს?

## კუნთოვანი შეგვრძნება

კუნთოვანი შეგვრძნება (ასევე, პროპრიოკინეტიკური, ან კინესთეტიკური შეგვრძნება) განხილული იყო მე-7 თავში და ჩვენ აქ, მხოლოდ, მოკლედ გავიმეორებთ. გაჭიმვის რეცეპტორები (ასევე, ინოდეზიან პროპრიორეცეპტორებად, ან კუნთოვან თითისტარებად) აღიქვამენ კუნთების გაჭიმვას და ახდენენ იმპულსების გენერირებას, რაც თავის ტვინს აძლევს საშუალებას შექმნას მენტალური სურათი, სადა არიან ეს კუნთები განლაგებული და როგორია მათი პოზიცია. ცნობიერი კუნთოვანი შეგვრძნება პარიეტული წილების მიერ შეიგვრძნობა. არაცნობიერი კუნთოვანი შეგვრძნება გამოიყენება, ცერებელუმის (ნათხემის) მიერ, ნებელობითი მოძრაობების კოორდინაციისთვის. ჩვენ არ გვჭირდება ჩვენი კუნთების დანახვა, რათა დავრწმუნდეთ, რომ



ისინი თავიანთ აქტივობებს ასრულებენ. კუნთოვანი შეგრძნება, ასევე, უწყობს ხელს საგნების ფორმის აღქმის უნარს.

## გემოს შეგრძნება

გემოს რეცეპტორები **გემოვნების ბოლქვებში** გვხვდება, რომელთა უმეტესობა ენის დვრილებშია განლაგებული (იხილეთ, სურათი 9-3). ეს **ქემორეცეპტორები** აღიქვამენ პირის ღრუში არსებულ ნივთიერებებს. ეს ნივთიერებებია საკვები და ნერწყვში გახილი ნივთიერებები (თუ პირი ძალიან მშრალია, გემო გაურკვეველია). არსებობს ხუთი (სავარაუდოდ, მეტი) ტიპის გემოს რეცეპტორები: ტკბილი, მჟავე, მლაშე, მწარე და ქონდრის. ქონდრის რეცეპტორების (ასევე, ინოდებიან უმამის, ან გლუტამატის რეცეპტორებად) გემო შემწვარი ხორცის გემოს გავს. ენას, ასევე, ტკივილის რეცეპტორებიც აქვს (თუ თქვენ ღეჭვისას, ოდესმე ენაზე გიკბენიათ, თქვენ ეს იცით) და ზოგიერთი ამ რეცეპტორებიდან, შეიცავენ მოლეკულურ რეცეპტორს, რომელიც „სიცხეს“, ან ცხარე საკვებს, („ცხარე წინაკას“) აღიქვამენ. ჩვენ ხუთზე და ექვსზე ბევრად უფრო მეტ სხვადასხვა გემოს შევიგრძნობთ, რადგან საჭმელი ხშირად, კომპლექსური ნივთიერებაა, რაც რეცეპტორების სხვადასხვა კომბინაციას ასტიმულირებს; ყნოსვის შეგრძნებაც, ასევე, ხელს უწყობს საკვების აღქმას.

ზოგჯერ, გემოს აღქმა გენეტიკასთან არაა დაკავშირებული. ადამიანები, საშუალოზე მრავალრიცხოვანი გემოვნების ბოლქვებით, ბროკოლს მწარედ აღიქვამენ, ნაკლები რაოდენობის მქონეებს, კი შეიძლება ეს გემო მოსწონდეთ. შეიძლება გემოს შეგრძნების ადაპტაცია? თუ ცოტას დაფიქრდებით, თქვენ იცით ამ კითხვაზე პასუხი. საყვარელი საჭმლის პირველი ულუფა უფრო გემრიელად გვეჩნება, თუმცა დანარჩენიც საკმაოდ კარგია. ასე რომ, დიას - გარკვეული ადაპტაცია ვითარდება.

გემოს ბოლქვებიდან, იმპულსები, სახის და გლოსოფარინგალური (მე-7 და მე-9 კრანიალური) ნერვების საშუალებით, პარიეტულ-ტემპორალურ კორტექსს გადაეცემა. გემოვნების შეგრძნება მნიშვნელოვანია, რადგან ის ჭამას სასიამოვნოდ აქცევს. ზოგიერთი მედიკამენტი მოქმედებს გემოს შეგრძნებაზე და დაბერებასთან ერთად, ის ნაკლებ მკაფიო ხდება. ამან შესაძლოა ხელი შეუწყოს ზოგიერთი ხანდაზმული პაციენტის მალნუტრიციას.

## ყნოსვის შეგრძნება

როგორც სხვა შეგრძნებების შემთხვევაში, ყნოსვა მრავალ სიამოვნებას გვანიჭებს და უამრავ პრაქტიკულ ინფორმაციას გვანვდის. ყნოსვის რეცეპტორები **ქემორეცეპტორებია**, რომლებიც აღიქვამენ ორთქლის მდგომარეობაში მყოფ ნივთიერებებს, რომლებიც ზედა ნაზალური ღრუების გავლით ჩაისუნთქებიან (იხილეთ, სურათი 9-3). ისევე, როგორც გემოს სპეციფიკური რეცეპტორები, ყნოსვის სპეციფიკური რეცეპტორებიც არსებობენ და მეცნიერულად დადგენილია, რომ ადამიანს რამდენიმე ასეული სხვადასხვა ტიპის რეცეპტორი აქვს. ორთქლის მოლეკულებით სტიმულაციის შემდეგ, **ყნოსვის რეცეპტორები** წარმოქმნიან იმპულსებს, რომლებიც ყნოსვის ნერვით (1-ლი კრანიალური) ეთმოიდურ ძვალში, ყნოსვის ბოლქვებამდე მიიტანება. ამ იმპულსების გზა ტემპორალური ნილების ყნოსვის ზონებში მთავრდება. ორთქლს შეუძლია რეცეპტორების მრავალი კომბინაციის სტიმულირება და გამოთვლილია, რომ ადამიანის ტვინს შეუძლია 10 000 სხვადასხვა სურნელის აღქმა.

ეს ძალიან შთამბეჭდავად ჟღერს, თუმცა ადამიანის ყნოსვა, ცხოველებთან შედარებით, ბევრად ნაკლებადაა განვითარებული. ასე მაგალითად, ძაღლებს, ადამიანებთან შედარებით, 2000-ჯერ უფო მახვილი ყნოსვა აქვთ; ამას ხელს უწყობს უფრო მეტი რეცეპტორის არსებობა, თუმცა, განსაკუთრებული მიზეზი ისაა, რომ ძაღლის ყნოსვის კორტექსული ზონა, ადამიანისაზე გაცილებით დიდია (ნათქვამია, რომ ადამიანთა უმრავლესობა ხილულ სამყაროში ცხოვრობს, ძაღლები კი სუნების სამყაროში). როგორც ადრე იყო აღნიშნული, ბევრ რამეს, რასაც ჩვენ გემოს ვეძახით, სინამდვილეში საჭმლის სურნელია. თუ თქვენ გაციებული და ცხვირში გაჭედული ხართ, საკვები ისე გემრიელად აღარ გეჩვენებათ, როგორც ჩვეულებრივ. სუნებთან მიმართებაში, ადაპტაცია, შედარებით სწრაფად ვითარდება. სასიამოვნო სურნელი თავიდან მკვეთრად გასარჩევია, თუმცა სწრაფად ქრება; ხანგძლივი ზემოქმედებისას, არასასიამონო სუნიც, კი შეიძლება ველარ შევიგრძნოთ.



მშობი ნაკლებ ინტენსიური ხდება. ადაპტაციას ლიმიტი აქვს და შიმშილობა, შესაძლოა, ძალიან მტკივნეული იყოს.

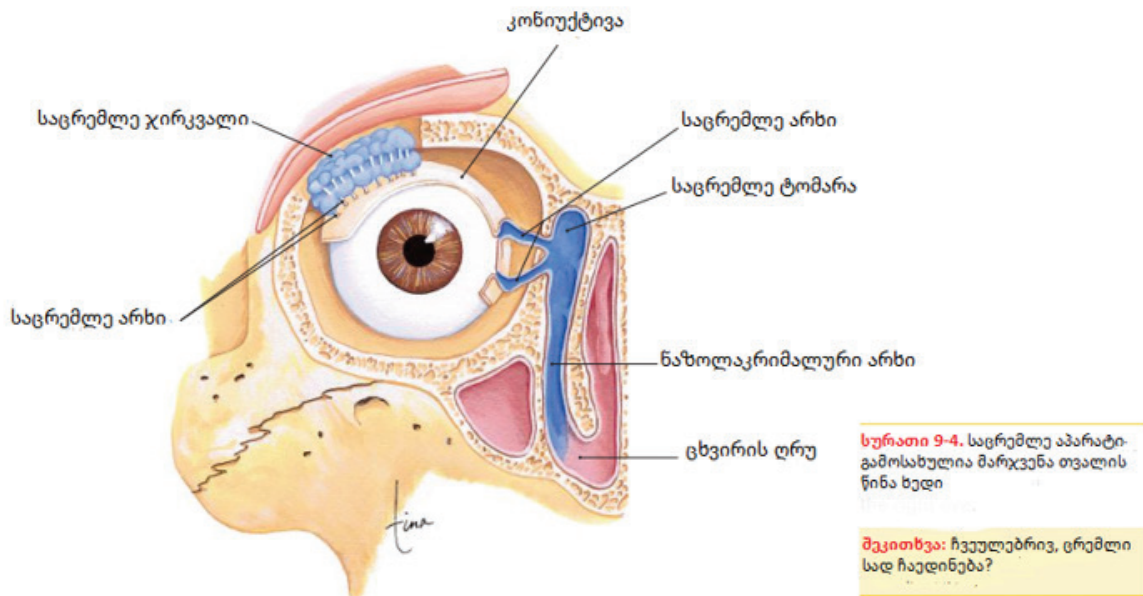
ამის საპირისპიროდ, თუ წყურვილი სითხის მიღებით არ დაკმაყოფილდა, ის თავიდანვე არაკომფორტულია და უარესდება. აქ ადაპტაცია არ ხდება. სხეულის წყალი დაკარგულია, რაოდენობა კლებულობს და არ სტაბილიზდება. ამის გამო რეცეპტორების აღსაქმელი ცვლილებები მუდმივია და გახანგრძლივებული წყურვილი შესაძლოა მტანჯველად მტკივნეული იყოს.

## თვალი

თვალი მოიცავს მხედველობით რეცეპტორებს და რეფრაქციის სისტემას, რომელიც სინათლის სხივს ბადურის რეცეპტორებზე აფოკუსირებს. ჩვენ დავიწყებთ თვალის დამხმარე სტრუქტურების განხილვით და თვალს და მხედველობის ფიზიოლოგიას, მოგვიანებით მივუბრუნდებით.

## ქუთუთოები და საცრემლე აპარატი

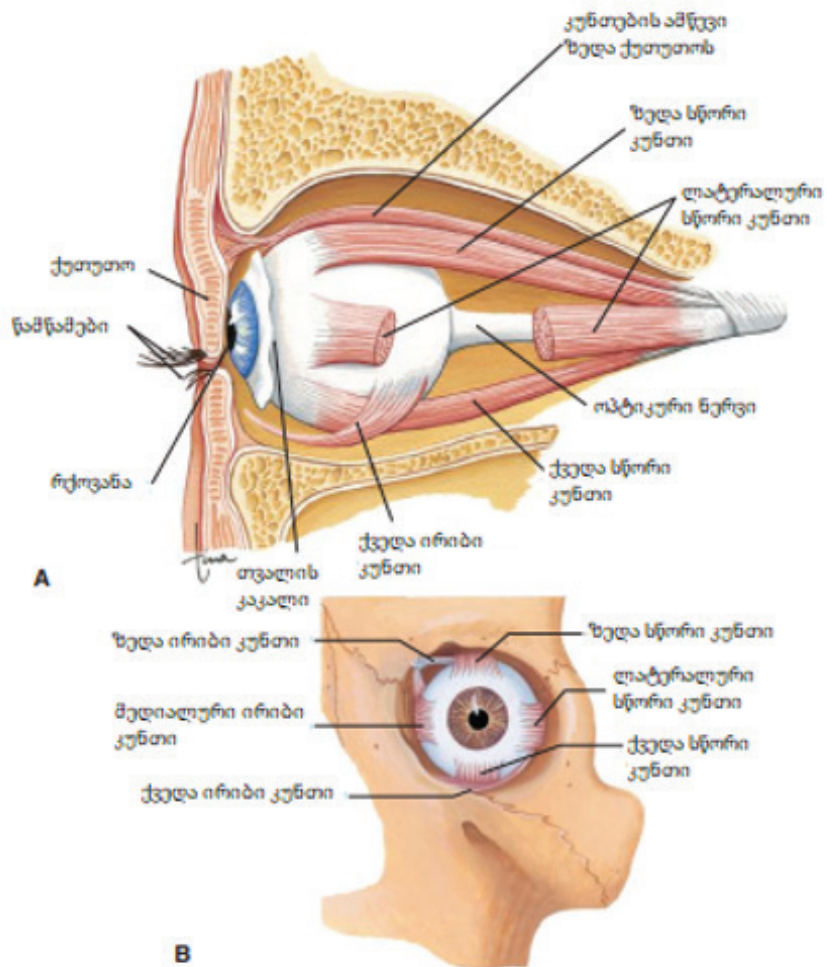
ქუთუთოები შეიცავენ ჩონჩხის კუნთებს, რომლებიც მათ საშუალებას აძლევენ წინიდან დაფარონ თვალის კაკალი. თითოეული ქუთუთოს კიდეზე არსებული წამწამები, თვალს მტვრის მოხვედრისგან იცავენ. ქუთუთოები ამოფენილია თხელი მემბრანით, რომელსაც **კონიუქტივა** ეწოდება; კონიუქტივა გადადის თვალის თეთრ გარსზე და ერწყმის რქოვანა ეპითელიუმს. ამ მემბრანის ანთებას **კონიუქტივითი** ეწოდება და შესაძლოა გამოწვეულ იქნას ალერგიებით, ან ზოგიერთი ბაქტერიით, ან ვირუსით. ამ დროს ვითარდება თვალის სინითლე, ქავილი და გამონადენი.



**ცრემლებს საცრემლე ჯირკვლები** წარმოშობენ, რომლებიც თვალბუდის ზედა, გარეთა კუთხეში, თვალბუდის შიგნით მდებარეობენ (იხილეთ, სურათი 9-4). ცრემლების სეკრეცია უწყვეტად ხდება, მაგრამ იზრდება გამაღიაზიანებელი ნივთიერებების (მაგალითად, ხახვის მიერ წარმოქმნილი ორთქლი), მტვრის, ან ზოგიერთი ემოციის (ბედნიერების განცდა) დროს. მცირე სადინრებს ცრემლი თვალის კაკლის წინა ზედაპირამდე მოაქვთ, ხამხამი ავრცელებს ცრემლებს და რეცხავს თვალის ზედაპირს. ცრემლები უმეტესად წყალია, ნატრიუმის ქლორიდის დაახლოებით 1%-იანი შემცველობით, ისევე როგორც სხვა ქსოვილოვანი სითხეები. ცრემლები, ასევე, შეიცავენ **ლიზოზიმს**, ენზიმს, რომელიც ახდენს თვალის ნესტიან, თბილ ზედაპირზე, ბაქტერიების უმეტესობის ზრდის შეფერხებას. ქუთუთოების მედიალურ კუთხეებთან განლაგებულია ორი მცირე ხვრელი ზედა და ქვედა საცრემლე არხებამდე. ამ არხებს ცრემლები **ლაკრიმალურ**



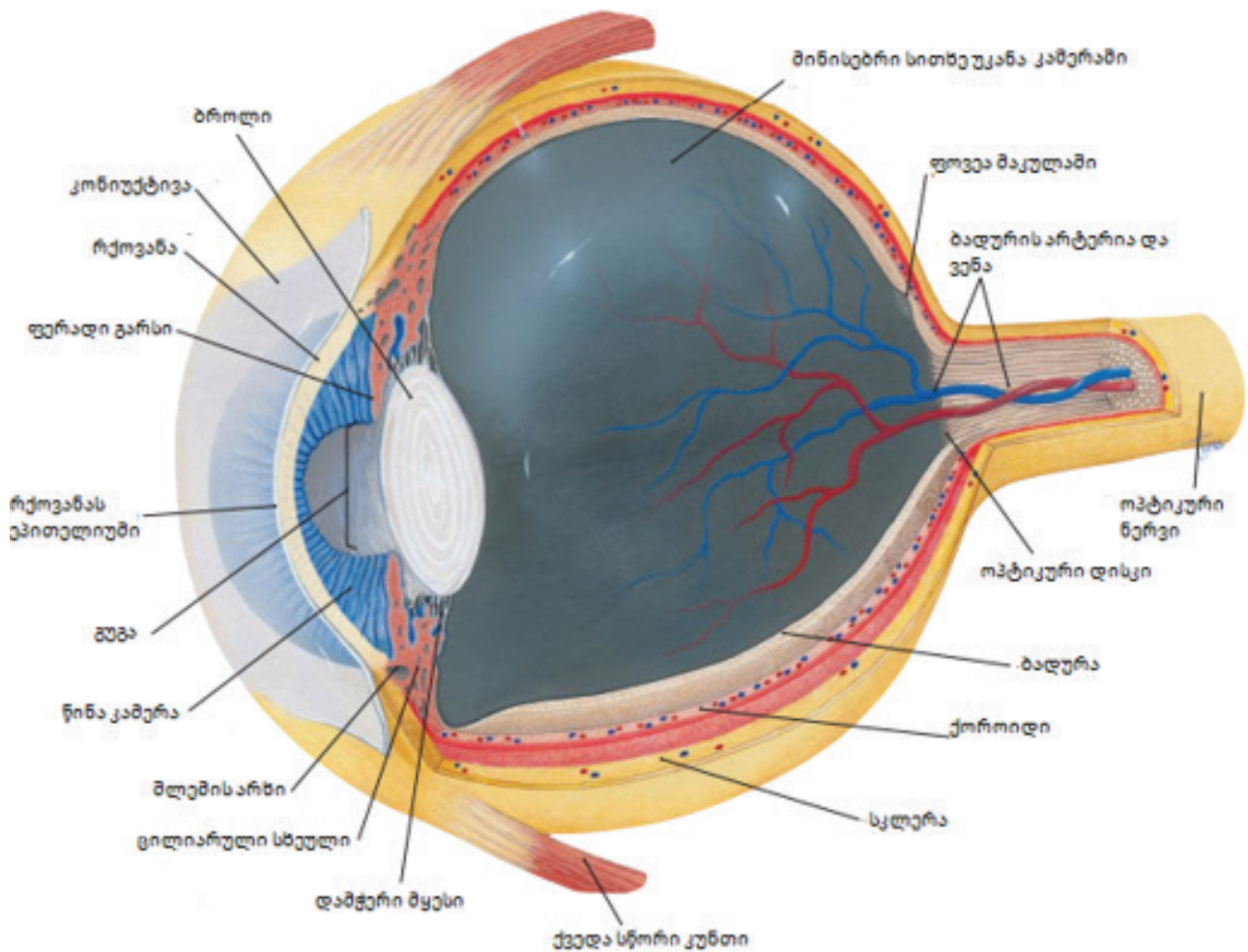
**ჩანთამდე** (ტომრამდე) მიაქვთ (ლაკრიმალურ ძვალში), რომელიც **ნაზოლაკრიმალურ სადინარში** გადადის და ცრემლებს ცხვირის ღრუში ცლის. ამის გამოა, რომ ტირილის დროს, ხშირად, ცხვირიდან გამონადენი აღინიშნება, ხელიდან თვალზე გადაცემული ინფექცია, კი ცხვირის ღრუში ვრცელდება და ახდენს ამომფენი უჯრედების ინფიცირებას.



**სურათი 9-5.** თვალის გარე კუნთები. (A) მარცხენა თვალის ლატერალური ხედი. (B) მარცხენა თვალის ფრონტალური ხედი.  
**შეკითხვა:** რა გავლენას მოახდენს თვალის კაკალზე ქვედა სწორი კუნთის მკუმბვა?

### თვალის კაკალი

თვალის კაკლის უმეტესი ნაწილი **ორბიტაშია** (თვალბუდეში) მოთავსებული, რომელსაც საცრემლე, მაქსიმალური, ზიგომატოზური, ფრონტალური, სფენოიდური და ეთმოიდური ძვლები ქმნიან. თვალის ექვსი გარე კუნთი (იხილეთ, სურათი 9-5) მიმაგრებულია ძვლოვან ბუდე-სა და თვალის კაკლის ზედაპირზე. გვხვდება ოთხი სწორი კუნთი, რომლებიც თვალს ზემოთ, ქვემოთ და გვერდებზე აბრუნებენ და მათი სახელები მოძრაობის მიმართულებას შეესაბამება. მაგალითად, მედიალური სწორი კუნთი თვალს მედიალურად აბრუნებს (როგორც ცხვირისკენ ვიხედებით). ორი ირიბი კუნთი იწვევს თვალის ტრიალს. ამ კუნთების მაინერვირებელი კრანიალური ნერვებია ოკულომოტორული, ტროქლეუარული, ანუ ჭალისებირი და განმზიდველი (მე-3, მე-4 და მე-6 კრანიალური ნერვები). ორივე თვალში, ამ კუნთების ძალიან სწრაფი და რთული კოორდინაცია, საბედნიეროდ, ჩვენი საფიქრებელი არ არის. ორივე თვალის კონვერგენცია ძალიან მნიშვნელოვანია ერთი გამოსახულების მისაღებად (ორმაგი გამოსახულების თავიდან ასაცილებლად) და გვაძლევს სიღრმის და სამგანზომილებიან აღქმას.



**სურათი 9-6.** თვალბუდის შიდა ანატომია

**შეკითხვა:** რა არის ფერადი გარსის ფუნქცია?

### თვალის კაკლის შრეები

თვალის კაკალს სამი შრე აქვს: გარეთა - სკლერა, შუა - ქოროიდი და შიდა - რეტინა ანუ ბადურა (სურათი 9-6). **სკლერა** ყველაზე სქელი შრეა და შექმნილია ფიბროზული შემადგენელი ქსოვილისგან, რომელსაც თვალის თეთრი გარსი ეწოდება. ყველაზე წინა ნაწილს **რქოვანა** ეწოდება, რომელიც სხვა ნაწილებისგან განსხვავებით, გამჭვირვალეა. რქოვანას არ გააჩნია კაპილარები, ფარავს ფერად გარსს და თვალის გუგას, რომელიც თვალის შიგნით მდებარეობს და თვალის პირველი ნაწილია, რომელიც ახდენს სინათლის სხივს **რეტრაქციას** (გარდატეხას).

**ქოროიდი** შეიცავს სისხლძარღვებს და მუქ ლურჯ პიგმენტს (მელანინისგან წარმოქმნილს), რომელიც ახდენს სინათლის თვალის კაკალში აბსორბირებას და ამით ახდენს ნათების პრევენციას (როგორც ამას კამერის შიდა ნაწილი). ქოროიდი გარსის წინა ნაწილი მოდიფიცირებულია უფრო სპეციალიზებულ სტრუქტურებად: ცილიარული (ნამწამოვანი) სხეული და ირისი (ფერადი გარსი). **ცილიარული, ანუ ნამწამოვანი კუნთი** ცირკულარული გლუვი კუნთია, რომელიც გარს ეკვრის ბროლის კიდეებს და ბროლთან დაკავშირებულია **დამჭერი მყესით**. **ბროლი** გამჭვირვალე, ელასტიური პროტეინისგან შედგება და რქოვანას მსგავსად, არ შეიცავს კაპილარებს (იხილეთ, სამახსოვრო 9-1: კატარაქტა). ბროლის ფორმა, ცილიარული კუნთის მეშვეობით, იცვლება (შეკუმშვა იწვევს ბროლის დიამეტრის შემცირებას და ბროლის გასქელებას, მოდუნება კი ბროლის დიამეტრის გაზრდას და ბროლის გათხელებას), რაც თვალს აძლევს საშუალებას, თვალიდან სხვადასხვა მანძილზე მყოფ საგნებზე მოახდინოს სინათლის ფოკუსირება.

## სამახსოვრო 9-1 | კატარაქტა

თვალის ბროლი, ჩვეულებრივ, გამჭვირვალეა, თუმცა შეუძლება გახდეს გაუმჭვირვალე; ამ დაბინდვას, ან გაუმჭვირვალეობას **კატარაქტა** ეწოდება. ყველაზე ხშირად, კატარაქტა ხანდაზმულებში ვითარდება. ასაკთან ერთად, ბროლის პროტეინები იშლებიან და კარგავენ თავიანთ გამჭვირვალეობას. ულტრაიისფერი სხივების ხანგრძლივი ზემოქმედება, ისევე როგორც მწველობა, ხელშემოწახობს ფაქტორებია.

დაბინდული ბროლი ვერ ახდენს სინათლის სხივის სწორად რეფრაქციას, რისი შედეგიც მხედველობის ველში ხდება ბუნდოვანი ხდება. მცირე ზომის კატარაქტები შეიძლება დაიშალოს ლაზერული ქირურგიით. ხელმისაწვდომია ხელოვნური ბროლიც, რომელიც შესაძლოა ძალიან გაუმჭვირვალე ბროლის მაგივრად იმპლანტირდეს. თუმცა, ხელოვნური ბროლი არ არის რეგულირებადი და გარკვეულ მანძილებზე, ადამიანს შესაძლოა სათვალე, ან ლინზები დასჭირდეს.

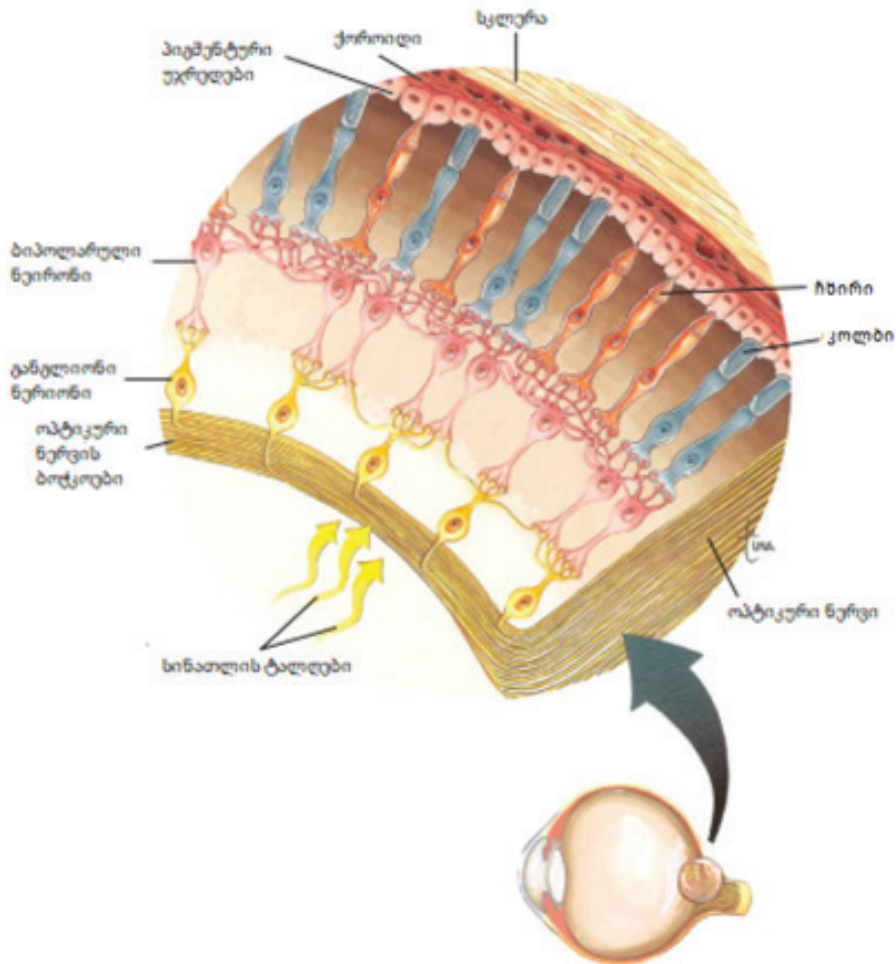
ზუსტად ბროლის წინ, მდებარეობს ირისი, თვალის ფერადი გარსი; მისი პიგმენტი მელანინისგან წარმოიქმნება. რასაც ჩვენ „თვალის ფერს“ ვეძახით, ფერადი გარსის ფერია და გენეტიკურად გადაეცემა, ისევე როგორც კანის ფერი. ირისში არსებული კუნთოვანი ბოჭკოების ორი ჯგუფი, ინვევენ **გუგის**, ცენტრალური ხვრელის, დიამეტრის შეცვლას. რადიალური ბოჭკოების შეკუმშვა ინვევს გუგის გაფართოებას და მეტი სინათლის შემოსვლის საშუალებას იძლევა. ცირკულარული ბოჭკოების შეკუმშვა, კი ინვევს გუგის დავიწროებას; ეს პარასიმპათიკური პასუხია (ოკულომოტორული ნერვები). გუგის შეკუმშვა რეფლექსია, რომელიც ბადურას ინტენსიური სინათლისაგან იცავს, ან კითხვის დროს, უფრო მახვილი მხედველობის საშუალებას იძლევა.

**ბადურა** (რეტინა) თვალის კაკლის უკანა ორ-მესამედს ფარავს და შეიცავს ვიზუალურ რეცეპტორებს, ჩხირებს (როდებს) და კოლბებს (კონებს) (იხილეთ, სურათი 9-7). **ჩხირები** აღიქვამენ მხოლოდ სინათლეს, **კოლბები** კი ფერებს (ფიზიკიდან შეიძლება გახსოვდეთ, რომ ისინი ხილვადი სინათლის სხვადასხვა სიგრძის ტალღებია). ჩხირები პროპორციულად უფრო მეტნი არიან პერიფერიაზე, ან ბადურის კიდეზე. ჩხირებზე დამოკიდებული, სუსტ შუქზე, ან ღამის ხედვა, პერიფერიულია. კოლბები უფრო ჭარბად ბადურის ცენტრში გვხვდება, განსაკუთრებით **მაკულა ლუტეას** (ყვითელი ხალი) მიდამოში, ბროლის ზუსტად უკან, რასაც მხედველობის ღერძი ეწოდება. **ფოვია**, რომელიც მხოლოდ კოლბებს შეიცავს, მცირე ჩაღრმავებაა მაკულას ზედაპირზე და ფერადი ხედვის საუკეთესო ადგილია.

65 წელზე ხანდაზმულ ადამიანებში მხედველობის დაკარგვის მნიშვნელოვანი მიზეზი **ასაკ-დამოკიდებული მაკულარული დეგენერაცია (AMD)**, რაც ცენტრალური მხედველობის დაკარგვა და ზოგიერთ შემთხვევაში, გენეტიკასთანაა დაკავშირებული. AMD-ის მშრალი ფორმის დროს, მცირე ცხიმოვანი დეპოზიტები ინვევენ მაკულას ცირკულაციის დარღვევას და უჯრედები, ჟანგბადის ნაკლებობის გამო, კვდებიან. AMD-ის სველი ფორმის შემთხვევაში, პათოლოგიური სისხლძარღვებიდან, ბადურაში სისხლის გაჟონვა იწყება და უჯრედები იღუპებიან სისხლღარღვების გარეთ, სისხლის დამაზიანებელი მოქმედებით. მაკულა, ვიზუალური ველის ცენტრი, ბადურის ის ნაწილია, რომელსაც ჩვენ ყველაზე ხშირად ვიყენებთ კითხვის, მანქანის ტარების, ადამიანების ამოსაცნობად და ყველა ტიპის ახლო სამუშაოებისთვის. ყველა ასაკის ადამიანს უნდა იცოდეს ამ მდგომარეობის შესახება და ისიც, რომ მოწვევა და ულტრაიისფერი სხივები რისკ-ფაქტორებს წარმოადგენენ.

როდესაც სინათლე ბადურაზე ეცემა, ჩხირები და კოლბები ახდენენ იმპულსების გენერირებას. ეს იმპულსები გადაეცემა **განგლიური ნეირონებით**, რომლებიც **ოპტიკურ დისკში** ერთდებიან (იხილეთ, სურათები 9-6 და 9-7) და თვალის კაკლის კედელს, როგორც **ოპტიკური ნერვი** ტოვებენ. ბადურის ოპტიკურ დისკში, არც ჩხირები და არც კოლბები არ გვხვდებიან, რის გამოც, მას ხშირად „ბრმა ხალს“ უწოდებენ. ჩვენ ვერ ვიგებთ ბრმა ხალის არსებობას, ნაწილობრივ იმიტომ, რომ ჩვენი თვალები მუდმივად მოძრაობენ, ნაწილობრივ იმიტომ, რომ თავის ტვინი „ავსებს“ შავ ხალს „სრული“ სურათის შესაქმნელად.





**სურათი 9-7.** ბადურის მიკროსკოპიური სტრუქტურა ოპტიკური დისკის სივრცეში. აღწერა იხილეთ ტექსტში.

**შეკითხვა:** რა ტიპის ნეირონი უნდა ოპტიკურ ნერვს? რომელი უჯრედებია ფოტორეცეპტორები?

### ვალის კაკლის სივრცეები

თვალის შიგნით ორი სივრცეა: უკანა კამერა და წინა კამერა (იხილეთ, სურათი 9-6). უფრო დიდი, **უკანა კამერა** მოთავსებულია ბროლსა და ბადურას შორის და შეიცავს **მინისებრ ჰუმორს (ან მინისებრ სხეულს)**. ეს ნახევრად-მყარი ნივთიერება ბადურას ადგილზე ამაგრებს. თუ თვალის კაკალი გაიხვრიტა და მინისებრი სხეული დაიკარგა, ბადურა შეიძლება ქოროიდს მოცილდეს. ეს **ბადურის ჩამოშლის** შესაძლო მიზეზია.

**წინა კამერა** რქოვანასა და ბროლს შორის მდებარეობს და შეიცავს **აქვეოუზ ჰუმორს, ანუ წყალწყალა ნამს**, რომელიც თვალის ქსოვილოვანი სითხეა. წყლისებრი სითხე ცილიარული (ნა-მნამოვანი) სხეულის კაპილარების მიერ წარმოიშობა, გუგის გავლით წინ მოედინება და **შლემის არხში** (მცირე ვენები, რომლებსაც, ასევე რქოვანას ვენური სინუსები ეწოდებათ) რეაბსორბირდება. რადგან წყალწყალა ნამი ქსოვილოვანი სითხეა, თქვენ ელით, რომ მას მკვებავი ფუნქცია აქვს და ეს მართლაც ასეა. გაიხსენეთ, რომ ბროლს და რქოვანას კაპილარები არ აქვთ და ისინი წყლისებრი სითხის მუდმივი დინებით იკვებებიან (იხილეთ, სამახსოვრო 9-2: გლაუკომა).

### მხედველობის ფიზიოლოგია

იმისათვის, რომ დავინახოთ, სინათლის სხივები ბადურაზე უნდა ფოკუსირდნენ და ამის შედეგად გენერირებული ნერვული იმპულსები თავის ტვინის ცერებრალური კორტექსის ვიზუალურ ზონებში უნდა მოხვდნენ.

სინათლის სხივის რეფრაქცია. ერთი ობიექტიდან მეორეში გადასვლისას, რომელსაც მეტი ან ნაკლები სიმკვრივე აქვს, სინათლის სხივის გადახრა ან გარდატეხაა. სინათლის სხივის რეფრაქცია, თვალში გავლისას, შემდეგ სტრუქტურებში ხდება: რქოვანა, წყლისებრი სითხე, ბროლი და მინისებრი სხეული. რეფრაქციულ სისტემაში, ბროლი, ერთადერთი რეგულირებადი ნაწილია. შორს ყურებისას, თვალის ცილიარული კუნთი მოდუნებულია (უფრო დიდი წრე) და ბროლი გაჭიმულია - ნაგრძელებული და თხელი ხდება. ახლოს ყურებისას, ცილიარული კუნთი იკუმშება (უფრო პატარა წრე), ელასტიური ბროლი თავის ორიგინალურ ფორმას უბრუნდება, შუაში ამოიბურცება და მეტი რეფრაქციულ ძალას იძენს (იხილეთ. სამახსოვრო 9-3: რეფრაქციის დარღვევები).

## სამახსოვრო 9-2 | გლაუკომა

თვალის წინა კამერაში წყლისებრი სითხის არსებობა ქმნის წნევას, რომელსაც თვალში გა წნევა ეწოდება. ამ წნევის გაზრდა, **გლაუკომის** განვითარების მნიშვნელოვანი რისკ-ფაქტორია. გლაუკომა განსაზღვრულია, როგორც დარღვევების ჯგუფი და იწვევს ოპტიკური ნერვის დაზიანებას და მხედველობის დაკარგვას. სხვა რისკ-ფაქტორებს მიეკუთვნებიან სისხლის მაღალი წნევა და დიაბეტი. გლაუკომის ყველაზე გავრცელებული ფორმის შემთხვევაში, წყლისებრი სითხე შლემის არხში საკმარისად არ რეაბსორბირდება. გაზრდილი წნევა წინა კამერაში - ბროლს, მინისებრ სხეულს, ბადურას და ოპტიკურ ნერვს გადაეცემა. როდესაც ბადურაზე წნევა იზრდება კაშკაშა სინათლის გარშემო ჰალო ჩნდება და პერიფერიული მხედველობა იკარგება. ხშირად, სიმპტომები არ ვლინდება. გლაუკომიანმა ადამიანმა შეიძლება ვერ იგრძნოს ერთ თვალში მხედველობის ველის შემცირება, სანამ მხედველობა მნიშვნელოვნად არ გაუარესდება. ეს იმიტომ ხდება, რომ თავის ტვინი ახდენს ცალი თვალიდან წამოსული გაუმართავი გამოსახულების სუპრესიას, რომელიც მარტივად შეიძლება ინტეგრირდეს მეორე თვალიდან მიღებულ ნორმალურ გამოსახულებასთან. როდესაც ორივე თვალია დაზიანებული, ადამიანი შეიძლება ვერ ხვდებოდეს, რომ მხედველობა ნაწილობრივ დაკარგული აქვს, რადგან ახლო სამუშაო, როგორცაა კითხვა, არ საჭიროებს ვიზუალური ველის კიდევს.

გლაუკომა შეიძლება ხშირად გაკონტროლდეს მედიკამენტებით, რომლებიც იწვევენ გუგის შევიწროვებას და ფერადი გარსის გაბრტყელებას, რითაც ხდება შლემის არხთან მისადგომის გახნა. თუ ეს, ან სხვა მედიკამენტები არაეფექტურნი არიან, შესაძლოა ლაზერული ქირურგიის გამოყენება, უფრო ფართო სადრენაჟო არხის შესაქმნელად.

40 წელს გადაცილებულმა ყველა ადამიანი უნდა შემოწმდეს გლაუკომაზე; ყველას, ვისაც გლაუკომის ოჯახური ისტორია აქვს, ეს ტესტი წელიწადში ერთხელ უნდა ჩაუტარდეს, ისევე როგორც მაღალი წნევის და დიაბეტის დროს. დროულად დიაგნოსტიკისას, გლაუკომა განკურნებადია და შესაძლებელია სიბრმავის თავიდან აცილება.

როდესაც სინათლის სხივები ბადურაზე ეცემიან, ისინი იწვევენ ქიმიურ რეაქციებს ჩხირებსა და კოლბებში. ჩხირებში, ნივთიერება **როდოპსინი** იშლება სკოტოპსინად და რეტიანალად (A ვიტამინის წარმოებულ). ქიმიური რეაქცია აგენერირებს ელექტრულ იმპულსს და შემდეგ, ნელი რეაქციით, ხდება როდოპსინის რესინთეზირება. სიბნელესთან ადაპტაციისთვის, მაგალითად ღამით გარეთ გასვლა, გარკვეული დროა საჭირო, რადგან კარგად განათებულ გარემოში როდოპსინის უმეტესი რაოდენობა დაშლილია, რესინთეზი კი წელა ხდება. საპირისპირო სიტუაცია, მაგალითად, უცაბედი გამოღვიძება კაშკაშა სინათლის გამო, შესაძლებელია მტკივნეული იყოს. ამის მიზეზი ისაა, რომ სიბნელეში ჩხირების მიერ დიდი რაოდენობით როდოპსინია რესინთეზირებული და უცაბედი კაშკაშა სინათლე მთელი როდოპსინის ერთდროულად დაშლას იწვევს. იმპულსების წარმოშობა ძალიან ინტენსიურია და თავის ტვინს ნებისმიერი ინტენსიური შეგრძნების ტკივილად ინტერპრეტაცია შეუძლია. რამოდენიმე წუთში კაშკაშა სინათლე დისკომფორტს აღარ გვიქმნის, რადგან ჩხირები წელა ახდენენ თავიანთი როდოპსინის რესინთეზირებას და ერთდროულად აღარ ხდება მისი დაშლა.

კოლბებში მიმდინარე ქიმიური რეაქციები, რომლებიც ასევე ბადურას ჩართვას მოითხოვს, სხვა სიგრძის სინათლის ტალღებითაა განპირობებული. ჩვენ სამი ტიპის კოლბები გვაქვს: წი-

თელი-მააბსორბირებელი, ლურჯი-მააბსორბირებელი და მწვანე-მააბსორბირებელი. თითოეული მათგანი ახდენს ხილვადი სინათლის სპექტრის, დაახლოებით, მესამედი ტალღის სიგრძის აბსორბირებას; ასე მაგალითად, წითელი კოლები ააბსორბირებენ წითელ, ნარინჯისფერს და ყვითელ ტალღებს. კოლებში მიმდინარე ქიმიური რეაქციები, ასევე, ახდენენ ელექტურული იმპულსების სტიმულირებას (იხილეთ, სამახსოვრო 9-4. ღამის სიბრმავე და ფერთი სიბრმავე).

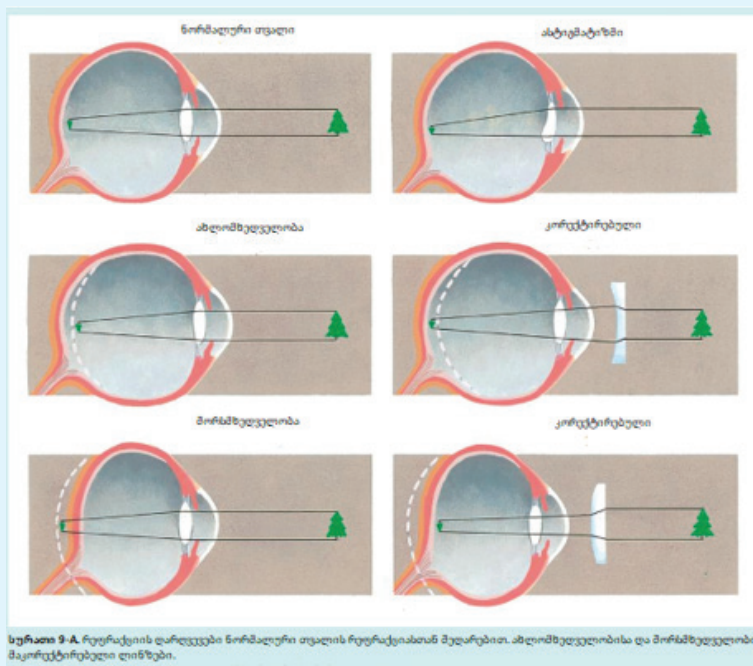
### სამახსოვრო 9-3| რეფრაქციის დარღვევები

მხედველობის ნორმალური სიმახვილე განისაზღვრება, როგორც 20/20, რაც ნიშნავს, რომ თვალი ნათლად უნდა ხედავდეს საგანს 20 ფუტის (დაახლოებით, 6 მეტრის) მანძილზე. **ახლომხედველობა (მიოპია)** ნიშნავს, რომ ადამიანი კარგად ხედავს ახლომდებარე საგნებს, მაგრამ ვერ ხედავს შორს მანძილზე. თუ თვალის მხედველობაა 20/80, ეს ნიშნავს, რომ რასაც ნორმალური თვალი ხედავს 80 ფუტის (დაახლოებით, 24 მეტრი) მანძილზე, ახლომხედველი მხოლოდ იმ შემთხვევაში დაინახავს, თუ საგანს 20 ფუტზე (დაახლოებით, 6 მეტრი) მოვაახლოვებთ. ახლომხედველი თვალი შორეული საგნების გამოსახულებას ბადურის წინ წარმოქმნის, რადგან თვალის კაკალი გრძელია და ბროლი ძალიან სქელი. თვალის ეს სტრუქტურული მახასიათებლები მემკვიდრეობითია. კორექტირებისთვის საჭიროა, ჩაზნექილი ლინზა, რათა სინათლის სხივები გაიფანტონ თვალში მოხვედრამდე.

**შორსმხედველობა (ჰიპეროპია)** ნიშნავს, რომ შორეულ ობიექტებს თვალი კარგად ხედავს. ასეთი თვალის სიმახვილე შეიძლება იყოს 20/10, რაც ნიშნავს, რომ ის 20 ფუტზე (დაახლოებით, 6 მეტრი) ისე, ხედავს, როგორც ნორმალური თვალი 10 ფუტზე (დაახლოებით, 3 მეტრი). ახლომდებარე საგნებიდან, შორსმხედველი თვალი, სინათლეს ბადურის “უკან” აფოკუსირებს, რადგან თვალის კაკალი მოკლეა და ბროლი ძალიან თხელი. კორექცია საჭიროებს ამოზნექილ ლინზებს, რათა სინათლის სხივები თვალში მოხვედრამდე შეიკრიბონ (კონვერგირდნენ).

ასაკის მომატებასთან ერთად, ჩვენი უმრავლესობა უფრო **შორსმხედველი (პრესბიოპია)** ხდება. რადგან დაბერებასთან ერთად, ბროლი კარგავს ელასტიურობას, მას აღარ აქვს, ახლოს ხედვისთვის, ფორმის დაბრუნების და გასქელების საშუალება და ხშირად, კითხვისთვის სათვალეების ხმარება ხდება საჭირო.

**ასტიგმატიზმი** რეფრაქციის სხვა ტიპის დარღვევაა, რაც გამოწვეულია რქოვანას ან ბროლის არასწორი სიმრუდით, რაც ფანტავს სინათლის სხივებს და აზუნდოვნებს გამოსახულებას რეტინაზე. კორექცია საჭიროებს სიმრუდის შესაბამისად, ინდივიდუალურად შერჩეულ სპეციალიზებულ ცილინდრულ ლინზებს.



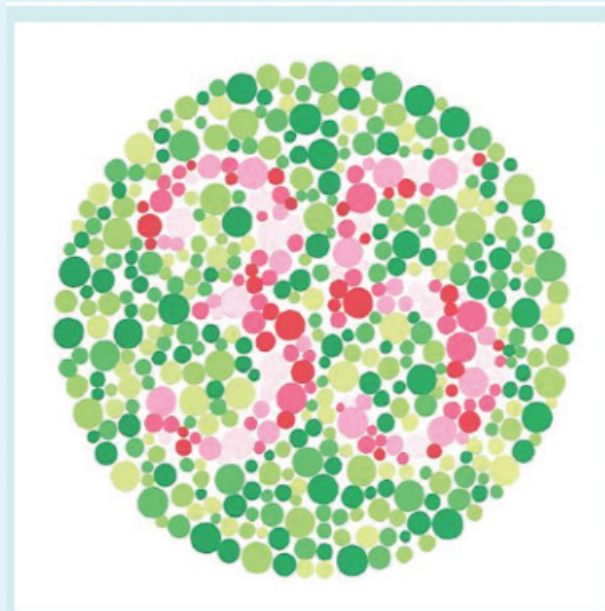


ჩხირებიდან და კოლბებიდან იმპულსები **განგლიურ ნეირონებს** გადაეცემა (იხილეთ, სურათი 9-7); ისინი ოპტიკურ დისკში ერთდებიან და წარმოქმნიან **ოპტიკურ ნერვს**, რომელიც, გადის თვალის კაკლის უკანა კედელს. ითვლება, რომ განგლიური ნეირონები შეიცავან ფოტორეცეპტორულ ნივთიერებას (მელანოპსინს), რომელიც შესაძლოა ხელს უწყობს ბიოლოგიური საათის ყოველდღიურ გადატვირთვას.

## სამახსოვრო 9-4| ღამის სიბრმავე და ფერთი სიბრმავე

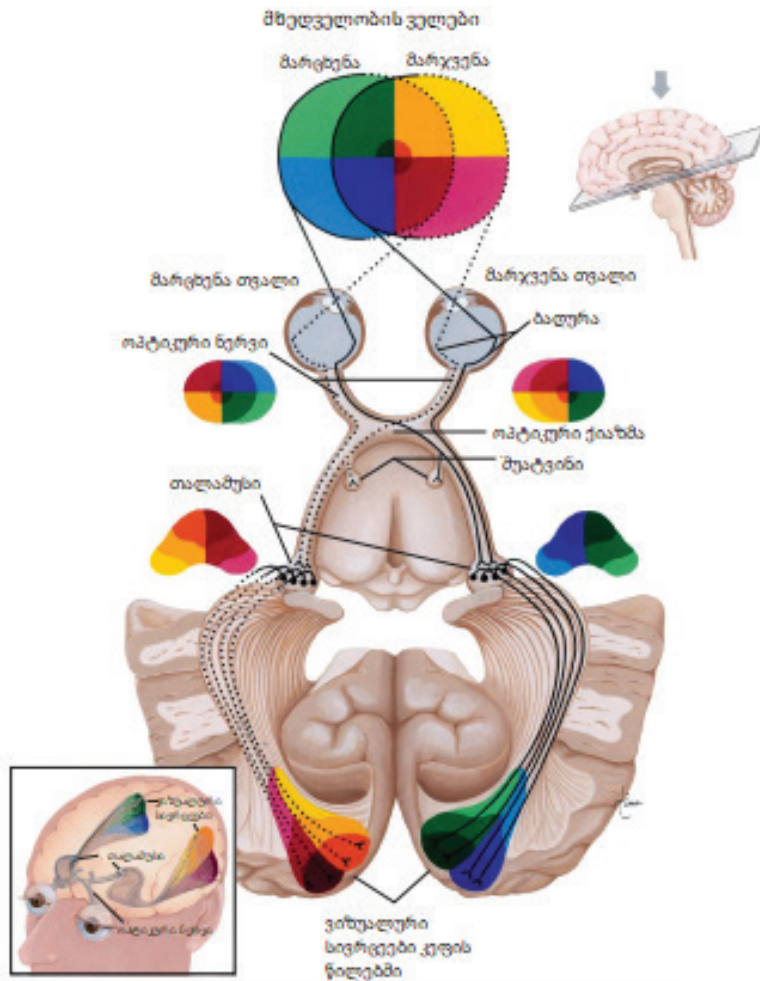
**ღამის სიბრმავე** (ქათმის სიბრმავე) მკრთალ შუქზე, ან ღამით ცუდი მხუდველობა, ჩვეულებრივ **A** ვიტამინის დეფიციტითაა გამოწვეული; თუმცა, გარკვეული ხარისხით, შესაძლოა ასაკის მატებასთან ერთადაც განვითარდეს. ვიტამინი **A** აუცილებელია ჩხირებში როდოპსინის სინთეზისთვის. **A** ვიტამინის საკმარისი რაოდენობის გარეშე, როდოპსინის რაოდენობა არასაკმარისია. დაბალი ინტენსივობის სინათლეზე საპასუხოდ.

**ფერთა სიბრმავე** (დალტონიზმი) გენეტიკური დარღვევაა, რომლის დროსაც სამი ტიპის კოლბებიდან, რომელიმე არ არსებობს, ან არ ფუნქციონირებს. ფერთა მთლიანი სიბრმავე, ანუ ყველა ფერის განურჩევლობა, ძალიან იშვიათია. ყველაზე გავრცელებული ნითელი-მწვანე ფერთა სიბრმავეა - ამ ორ ფერს შორის გარჩევის შეუძლებლობა. მიუხედავად, იმისა, ნითელი, ან მწვანე კოლბები არ ფუნქციონირებენ, ადამიანი არჩევს ყველა ფერს, გარდა არამომუშავე კოლბების მიერ მონოდებული ფერებისა. ასე რომ, ჩვენი უმრავლესობისთვის მკაფიო განსხვავების მიუხედავად, ნითელი და მწვანე ფერები გარკვეულად ერთნაირად აღიქმება. ეს სქესთან შეჭიდული დამემკვიდრების ტიპია; რეცესიული გენი **X** ქრომოსომაზეა განლაგებული. ქალს, ერთ **X** ქრომოსომაზე ფერთი სიბრმავის გენით და მოერე **X** ქრომოსომაზე ნორმალური ფერთი ხედვის გენით, ფერთი სიბრმავე არ აღენიშნება, მაგრამ ამ გენის შვილებისთვის გადაცემა შეუძლია. მამაკაცს, **X** ქრომოსომაზე ფერთი სიბრმავის გენით, **Y** ქრომოსომაზე ნორმალური ფერთი ხედვის გენი არ აქვს და გამოუვლინდება ფერთი სიბრმავე



სურათი 9-B. ფერების სიბრმავის (დალტონიზმის) გამოსავლენი ერთ-ერთი ფერების ტესტი.

ორივე თვალის ოპტიკური ნერვები **ოპტიკურ ქიაზმაში**, ანუ **ჯვარედინში** (ქიაზმა), ჰიპოფიზის წინ, ერთდებიან (იხილეთ, სურათი 9-8). აქ თითოეული ოპტიკური ნერვის მედიალური ბოჭკოები საპირისპირო მხარეს გადადიან. ეს გადაკვეთა განაპირობებს იმას, რომ თითოეულმა ვიზუალურმა ველმა ინფორმაცია ორივე თვალისგან მიიღოს, რაც მნიშვნელოვანი ბინოკულარული ხედვისთვის.



**სურათი 9-8.** ოპტიკური ტრაქტები. ნერვული იმპულსების გზები ბაღურიდან ვიზუალურ ზონებამდე წიხუნებითა შედგებიან. ჩამოვლი ყველა ტრაქტებს აქვთ უფრო ჩვეული შედეგები. ისინი ტექსტში მქონდა: მარჯვნივ ვიზუალური არე რომ დამოაზრეს და უცნაურო გახდეს მხედველობითი უღის რომელი ნაწილი დაიკარგება?

ოპტიკური ტრაქტები ოპტიკური ქიაზმიდან ოქციპიტალურ წილებამდე გრძელდებიან. სურათზე 9-8, პირველად ყუთში ჩასმულ გამოსახულებას შეხედეთ (ქვედა მარცხენა მხარეს), რათა ნარმოიდგინოთ ტრაქტების ადგილმდებარეობა ჩვეული კუთხით, ან პერსპექტივით. შემდეგ შეხედეთ ზედხედიდან და დაინახეთ ბაღურითა და ოპტიკური ნერვებით. გაჰყევით ოპტიკურ ქიაზმამდე და ყურადღება მიაქციეთ ბოჭკოების გადაკვეთას. მიჰყევით ნერვულ ტრაქტებს უკან და თქვენ დაინახავთ განშტოებებს შუა ტვინში. ამ განშტოებებს მოაქვთ ინფორმაცია ვიზუალური რეფლექსებისთვის, როგორებიცაა მფრინავი კრაზანის თვალთვალი, ან კითხვის დროს ორივე თვალის კოორდინირებული მოძრაობა. ეს რეფლექსები შუატვინის მედიტირებულია. გააგრძელეთ კიდევ უკან და თქვენ დაინახავთ, როგორ შედიან ნერვული ბოჭკოები თალამუსში. გაიხსენეთ, რომ თალამუსი ძალიან მნიშვნელოვანია შეგრძებების ინტეგრაციისთვის. რისთვის ვიყენებთ ჩვენ მხედველობას? დასანახად, მაგრამ ასევე გარემოზე საპასუხოდ. თალამუსი ახდენს ვიზუალური ინფორმაციის ინტეგრაციასა და დისპერსიას; ეს ნიშნავს, რომ ინფორმაცია თავის ტვინის სხვა ნაწილებს გადაეცემა, რომელიც გამოიყენება მანძილის ან სივრცის შესაფასებლად, ან სხეულის გადაადილების მიმართულების და გზის დასაგეგმად. რა ხდება, როდესაც თქვენ წყლის ჭიქის ალება გსურთ? თქვენ ხედავთ ჭიქას და რადგანაც თალამუსი ამ ინფორმაციას ცერებრუმს გადასცემს, შუბლის წილებს შეუძლიათ იმპულსების გენერირება, მკლავისა და მტევნების შესამაბისი მოძრაობების განსახორციელებლად. საბოლოოდ, მიჰყევით ოპტიკურ ტრაქტს მხედველობის ზონებამდე. ეს ის ადგილებია, სადაც „დანახვა“ ხდება, სადაც სენსორული იმპულსები გამოსახულებად ინტერპრეტირდებიან.

მხედველობის ზონები ცერებრალური კორტექსის **ოქციპიტალურ (კეფის) ნილებში** მდებარეობენ. სურათზე 9-8 ჩანს, რომ მარცხენა ვიზუალური ზონა ინფორმაციაა თითოეული ბადურის მარცხენა ნახევრიდან იღებს (ნერტილოვანი ხაზები) და „ხედავს“ თითოეული თვალის მხედველობის ველის მარჯვენა მხარეს. შესაბამისად, მარჯვენა ვიზუალური ზონა ინფორმაციას იღებს თითოეული ბადურის მარჯვენა ნახევრიდან (უწყვეტი ხაზები) და „ხედავს“ თითოეული მხედველობის ველის მარცხენა ნახევარს. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული თვალი გადასცემს მცირედ განსხვავებულ სურათს (წინ იყურეთ და რიგ-რიგობით დახუჭეთ თვალები და შეაფასეთ განსხვავებები მიღებულ გამოსახულებებს შორის), ვიზუალური ზონა მათ ერთმანეთთან აერთებს, ან აინტეგრირებს, რათა მოხდეს ერთი გამოსახულების მიღება, რომელსაც აქვს სიღრმე და სამი განზომილება. ეს **ბინოკულარული მხედველობაა**. მხედველობის ზონები ასევე, ახდენენ გამოსახულების ნაღმა გადაბრუნებას, რადგან ბადურიდან მიღებული გამოსახულება თავდაყირაა. ფოტოაპარატის ფირზე გამოსახულებაც უკუღმაა, თუმცა ჩვენ ამას ვერ ვაცნობიერებთ, რადგან ჩვენ გამოსახულებას ნაღმა ვხედავთ. ტვინი ავტომატურად უზრუნველყოფს რომ სამყარო ნაღმა მხრიდან დავინახოთ.

ახლო ხედვისთვის, როგორცაა კითხვა, გუგები ვინროვდება, რათა მოხდეს პერიფერიული სინათლის სხივების დაბლოკვა, რომლებიც მოახდენდნენ გამოსახულების გადაღბნას და თვალები კიდევ უფრო კონვერგირდებიან, რათა გამოსახულება ორივე ბადურის შესაბამის ნაწილებზე დააიტანონ. გუგის შევინროვების მნიშვნელობის დემონსტრირება შეიძლება თუ ამ გვერდს ქალაქში გაკეთებული წვრილი ნახვრეტიდან შეხედავთ. თქვენ შეიძლება უფრო ახლოს დაინახოთ ტექსტი, რადგან ქალაქი მოახდენს გვერდითი სინათლის დაბლოკვას.

კონვერგენციის მნიშვნელობა შეიძლება დემონსტრირდეს თქვენი ცხვირის წვერზე დადაბულ თითზე შეხედვით. თქვენ შეიძლება შეიგრძნოთ, რომ თქვენი თვალები მედიალურად, მაქსიმალური კონვერგენციით მიბრუნდებიან. თუ თვალების კონვერგენცია არ მოხდება, მივიღებთ ორმაგ მხედველობას; თავის ტვინი ვერ ახდენს ძალიან განსხვავებული გამოსახულებების ერთ გამოსახულებად ინტეგრირებას და ორს ქმნის. ეს დროებითია, რადგან თავის ტვინს არ მოწონს ორმაგი ხედვა და საბოლოოდ, მოახდენს ერთი გამოსახულების სუპრესიას.

თქვენ, სავარაუდოდ, გსმენიათ მდგომარეობაზე, რომელსაც „ზარმაცი თვალს“ (ფორმალური დასახელება **სტრაბიზმია**), რომლის დროსაც ადამიანის თვალები (თითოეულის ვიზუალური ღერძი) ერთსა და იმავე ნერტილისკენ ზუსტად ვერ მიემართება. ნამდვილი კონვერგენცია შეუძლებელია და მკურნალობის გარეშე, თავის ტვინი აღარ გამოიყენებს ზარმაცი თვალიდან მიღებულ გამოსახულებას. თუ ტვინი მოახდენს ამ თვალის იმპულსების იგნორირებას, თვალმა შეიძლება შეწყვიტოს ფოკუსირება და ფუნქციურად ბრმა გახდეს. მხედველობის ასეთ დაკარგვას **ამბლიოპია** ეწოდება. ზარმაცი თვალის კორექცია მოიცავს თვალის ვარჯიშებს (ზარმაციის თვალის გასწორება), ნახვევს კარგ თვალზე (ზარმაცი თვალის გასწორება და ფუნქციის მინიჭება), ან ქირურგიას გარე კუნთების დისბალანსის გამოსასწორებლად. თქვენ შეგიძლიათ თქვენ თავს დაანახოთ თვალების კონვერგენციის სარგებელი, როდესაც შემდგომში მანქანის მგზავრი (არა მძღოლი) იქნებით. მანქანის მოძრაობის დროს, დახუჭეთ ერთი თვალი. მოახლოებული პეიზაჟები თითქოს ბრტელდება და სიღრმეს კარგავს, არა? ეს სიღრმისა და გარკველად სამ-განზომილებიანობის დაკარგვაა, რასაც თავის ტვინი უზრუნველყოფს, როდესაც ორ გამოსახულებაზე მუშაობს.

## ყური

ყურში სამი მთავარი ნაწილია: გარეთა ყური, შუა ყური და შიდა ყური (იხილეთ, სურათი 9-9). ყური შეიცავს ორი ტიპის გრძნობის რეცეპტორებს: **სმენის და წონასწორობის**. ყველა ეს რეცეპტორი შიდა ყურში მდებარეობს.

## გარეთა ყური

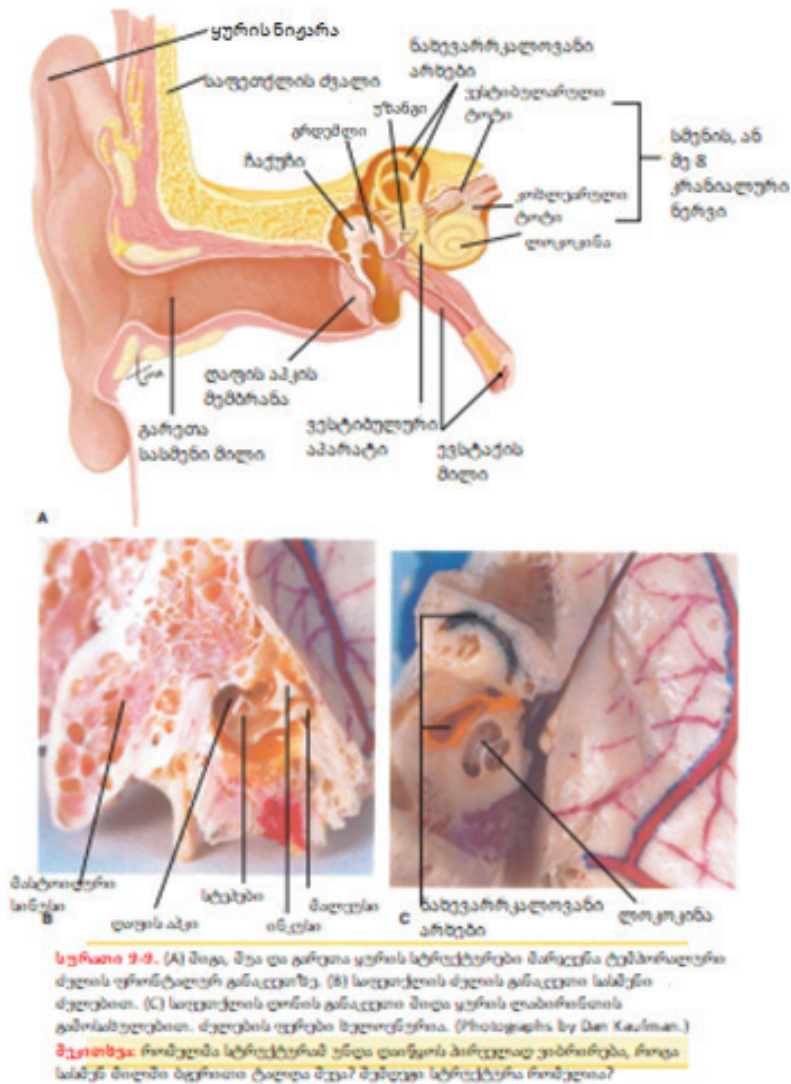
**გარეთა ყური** მოიცავს ყურის ნიჟარას და გარეთა სასმენ მილს. **ყურის ნიჟარა** კანით დაფარული ხრტილია. ისეთი ცხოველებისთვის, მაგალითად, ძაღლებისთვის, რომელთაც მოძრავი ყურები აქვთ, ყურის ნიჟარა, ბგერითი ტალღებისთვის, შესაძლოა ძაბრის როლს ასრულებდეს. ადამიანებისთვის, ბრტელ და უძრავ ნიჟარას მნიშვნელობა არ აქვს. თუმცა მათთვის, ვისაც სათ-



ვალის ტარება უნევთ, ყურის ნიჟარების გარეშე, მხედველობის კორექცია გაუჭირდებოდათ. **სასმენი არხი** დაფარულია კანით, რომელიც შეიცავს ცერუმინულ (გოგირდოვან) ჯირკვლებს. მას ასევე შეიძლება ეწოდოს **გარეთა სასმენი მილი** და წარმოადგენს გვირაბს საფეთქლის ძვალში, რომელიც ოდნავ წინ და ქვემოთ იხრება.

## შუა ყური

**შუა ყური** ჰაერით სავსე ღრუა საფეთქლის ძვალში. **დაფის აპკი**, ან **ტიმპანური მემბრანა** გადაჭიმულია სასმენი არხის ბოლოზე და ვიბრირებს მასზე ბგერითი ტალღების მოხვედრისას. ეს ვიბრაციები გადაეცემა სამ სასმენ ძვალს: **ჩაქუჩს**, **გრდემლს** და **უზანგს** (იხილეთ, სურათი 9-9). შემდეგ უზანგი ვიბრაციებს, ოვალური ფანჯრის გავლით, შიდა ყურს გადასცემს.

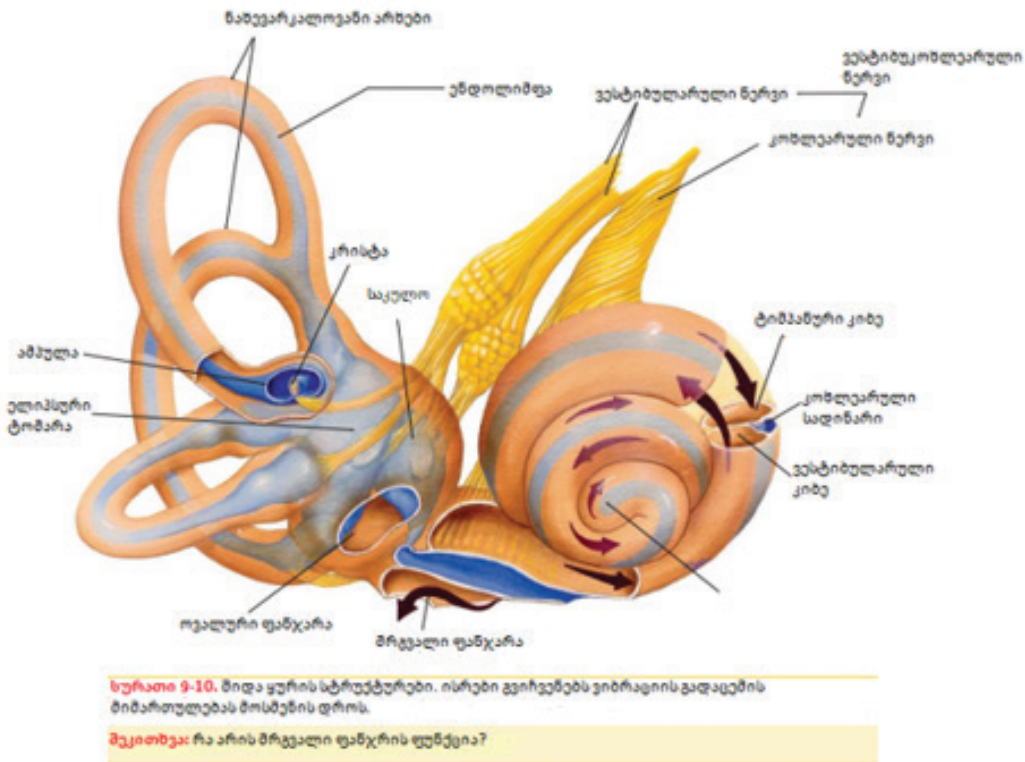


**ეგსტაქის მილი** შიდა ყურიდან ცხვირ-ხახამდე ვრცელდება და საშუალებას აძლევს ჰაერს შიდა ყურში შევიდეს ან იქიდან გამოვიდეს. დაფის აპკის სწორად ვიბრირებისთვის, შუა ყურის ნნევა ატმოსფეროლის ტოლი უნდა იყოს. თქვენ შეიძლება გამოგიცდიათ ფრენის, ან ძალიან მაღალ, ან დაბალ სიმაღლეებზე ავტომობილით მგზავრობის დროს, „ყურების დაგუბების“ შეგრძნება. ყლაპვა, ან მოქნარება ხსნის ეგსტაქის მილებს და იწვევს ჰაერის ნწევების გათანაბრებას.

ბავშვების ეგსტაქის მილები მოკლე და თითქმის ჰორიზონტალურნი არიან, რამაც შესაძლოა ხახიდან შუა ყურში ბაქტერიების გავრცელებას შეუწყოს ხელი. ამის გამოა, რომ **შუა ყურის ანთება (ოტიტის მედია)** სტრეპტოკოკული ანგინის გართულება შეიძლება გახდეს.

## შიდა ყური

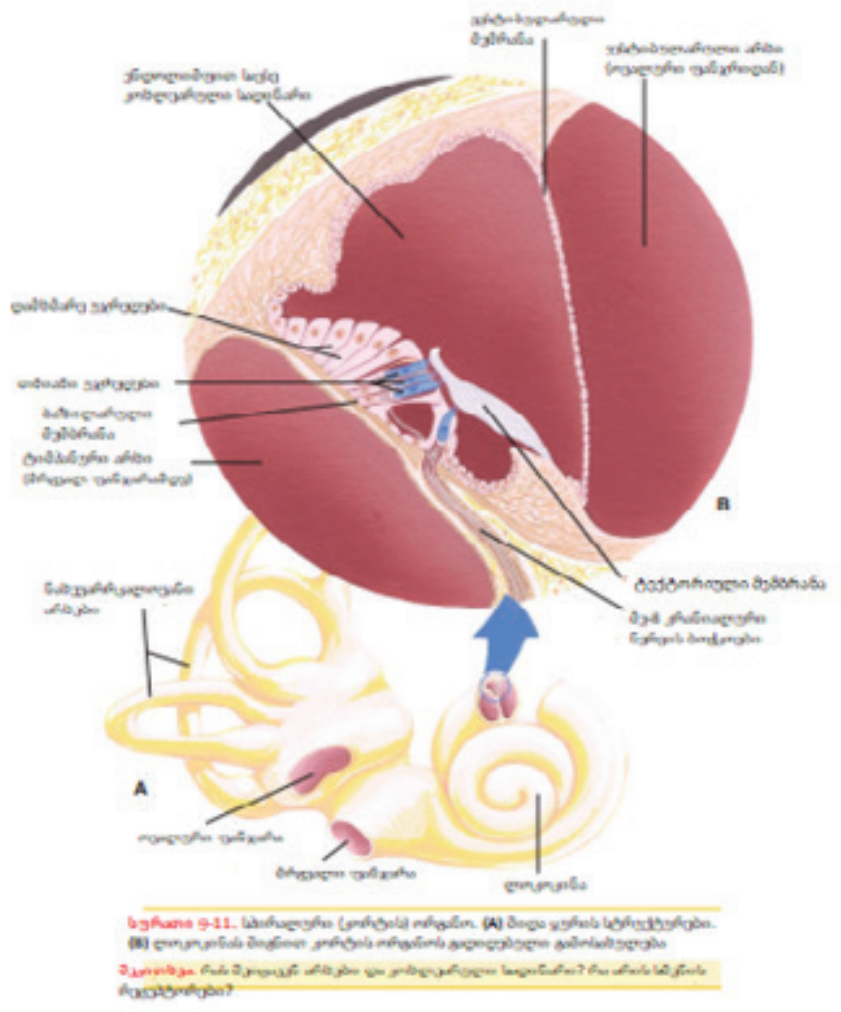
საფეთქლის ძვალში მდებარე **შიდა ყური**, ღრუა, რომელსაც **ძვლოვანი ლაბირინთი** (ლაბირინთი წარმოადგენს ძვალშიდა გზების, ანუ გვირაბების ქსელს, ბრმა დაბოლოებების გარეშე; იხილეთ, სურათი 9-9), რომელიც ამოფენილია მემბრანით, რომელსაც **მემბრანული ლაბირინთი** ეწოდება. **პერილიმფა** სითხეა ძვალსა და მემბრანას შორის, **ენდოლიმფა** კი შიდა ყურის მემბრანული სტრუქტურების სითხეა. ეს სტრუქტურებია ლოკოკინა (დაკავშირებული სმენასთან) და უტრიკულა, საკულო და ნახევარკალოვანი არხები - სამივე კავშირშია წონასწორობასთან (იხილეთ, სურათი 9-10).



## ლოკოკინა

**ლოკოკინა** ლოკოკინის ნიჟარას გავს, რომელიც სტრუქტურულად ორნახევარჯერ უხვევს. შიგნიდან ლოკოკინია დაყოფილია სითხით სავსე სამ არხად. შუა არხი კოხლარული სადინარია, რომლის ძირს ბაზილარული მემბრანა ქმნის, რომელიც იჭერს **კორტის ორგანოს (სპირალური ორგანოს)** რეცეპტორებს. ამ რეცეპტორებს თმიანი რეცეპტორები ეწოდებათ (რა თქმა უნდა ეს რეცეპტორები „თმები“ არ არიან, ისინი სპეციალური მიკრონამნამებია, რომლებსაც სტერეოცილია ეწოდება) და შეიცავენ მე-8 კრანიალური ნერვის კოხლარული ტოტის განშტოებებს. თმიანი უჯრედების მკვეთრად გადახრას ტექტორიული მემბრანა განაპირობებს (იხილეთ, სურათი 9-11).

ძალიან მარტივად, მოსმენის პროცესი მოიცავს ვიბრაციების გადაცემასა და ნერვული იმპულსების გენერირებას. როდესაც ბგერითი ტალღები სასმენ არხში შედიან, ვიბრაცია შემდეგი თანმიმდევრობით გადაიცემა: დაფის აპკი, ჩაქუჩი, გრდემლი, უზანგი, შუა ყურის ოვალური ფანჯარა, ლოკოკინის პერილიმფა და ენდოლიმფა. სითხეში ბგერითი ვიბრაციები ტალღებად წარმოიდგინეთ. ბაზილარული მემბრანა ტალღავს კორტის ორგანოს თმიან უჯრედებს და ტექტორიულ მემბრანას აბჯენს. მოხრის დროს, თმიანი უჯრედები წარმოშობენ იმპულსებს, რომლებიც მე-8 კრანიალური ნერვის საშუალებით, თავის ტვინამდე მიიტანება. თითოეული კრანიალური ნერვის ზოგიერთი ბოჭკო მეორე მხარეს კვეთავს; ასე რომ **ტემპორალურ წილებში** განლაგებული ცერებრალური კორტექსის სასმენი ზონები იმპულსებს ორივე ყურისგან იღებენ. აქ ხდება ხმების მოსმენა და ინტერპრეტირება (იხილეთ, სამახსოვრო 9-5: სიყრუე).



### სამახსოვრო 9-5 სიყრუე

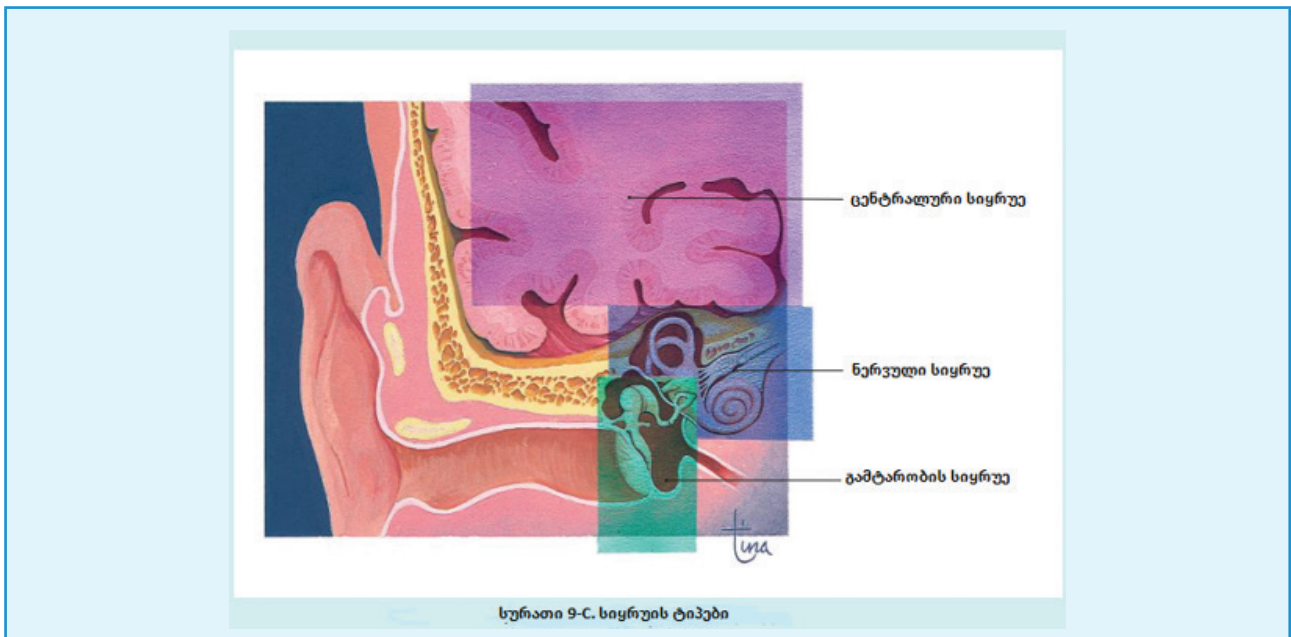
სიყრუე კარგად გაგების უუნარობაა; ის კლასიფიცირდება, არასწორად მოფუნქციონირე სმენის პროცესის ადგილმდებარეობის მიხედვით:

**გამტარობის სიყრუე** - ვიბრაციის გადამცემი რომელიმე სტრუქტურის დაზიანებაა. ამ ტიპის სიყრუის მაგალითებია დაფის აპკის გახვრეტა, სასმენი ძვლების ართრიტი, ან შუა ყურის ინფექცია, რომლის დროსაც, შუა ყურის ღრუ სითხით ივსება.

**ნერვული სიყრუე** - მე-8 კრანიალური ნერვის, ან ლოკოკინის სმენის რეცეპტორების დაზიანებაა. მე-8 კრანიალური ნერვის დაზიანება, შესაძლოა, ბაქტერიული ინფექციის სამკურნალო ზოგიერთმა ანტიბიოტიკმა გამოიწვიოს. ნერვული სიყრუე ზოგიერთი ვირუსული პათოლოგიის, როგორიცაა ყბაყურის, ან თანდაყოლილი წითურის იშვიათი გართულებაც შეიძლება იყოს. ლოკოკინის თმიანი უჯრედების დაზიანება შესაძლო დაბერების თანმდევი პროცესი იყოს და ასაკთან ერთად, სმენის სიმახვილე კლებულობს. ასე მაგალითად, ხანდაზმულ ასაკში შეიძლება გაძნელდეს საუბრისა და ფონური ხმაური ერთმანეთისგან გარჩევა. მაღალი ხმაურის ქრონიკული ზემოქმედებაც აჩქარებს თმიანი უჯრედების დეგენერაციას და ამ ტიპის სიყრუის დაწყებას. ითვლება, რომ ყურთასმენებიც ზრდიან ამ ტიპის დაზიანების რისკს.

**ცენტრალური სიყრუე** - ტემპორალურ წილებში სმენის ზონების დაზიანებითაა გამოწვეული. ამ ტიპის სიყრუე იშვიათია, მაგრამ შეიძლება გამოიწვიოს თავის ტვინის სიმსივნემ, ან საფეთქლის წილებში ცერებროვასკულური შემთხვევის განვითარებამ.





სმენის კორტექსის ნეირონები განლაგებულია ბგერის სიმაღლის თანმიმდევრობით, ისევე როგორც ფორტეპიანოს კლავიშები. ტვინის მიერ მოსმენილი ბგერის სხვა ასპექტებია მოცულობა, რიტმი, ტემპი (განსაკურებით, მუსიკის) და ტემბრი, რომელიც ტონის მახასიათებელს წარმოადგენს (მაგალითად, საყვირის და პიკოლოს ხმაინობები, ან ბავშვისა და ზრდასრული ადამიანის ხმები). სმენის ზონები ასევე განსაზრავენ საიდან მოდის ბგერა. ამისათვის, სასმენი ზონები ითვლიან და ერთმანეთს ადარებენ თითოეული შუა ყურიდან შემოსულ იმპულსებს. ასე მაგალითად, თუ უფრო მეტი იმპულსი, მარჯვენასთან შედარებით, მარცხენა ლოკოკინიდან შემოდის, ბგერა მარცხენა მხარეს პროექტირდება და მარცხნიდან წამოსულად აღიქმება. თუ ბგერის წყარო უშუალოდ თქვენს თავის ზემოთაა, შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ ხმა ყველა მხრიდან მოდის, რადგან თითოეული სასმენი ზონა, დაახლოებით, ერთნაირი რაოდენობის იმპულსს იღებს და ვერ ახდენს შეგრძნების რომელიმე მხარეს პროექტირებას.

სმენის შეგრძნებისთვის დამახასიათებელია ადაპტაცია. ასე მაგალითად, გარკვეული დროის შემდეგ, ჩვენ შეიძლება ვეღარ აღვიქვათ კონდენციონერის გუგუნი, ან მეორე ოთახში საუბარი. ასეთი ადაპტაციის გარეშე, „ფონური ხმაური“ არ იარსებებდა. ყველა ბგერა ჩვენს ყურადღებას მიიქცევდა და კონცენტრაცია შეუძლებელი იქნებოდა. ხმამალა, საშიშ და ხახუნის ბგერებზე ადაპტაცია არ ვითარდება. ჩვენ მათ სულ აღვიქვავთ.

სასმენი გზის ბოლო სტრუქტურა **მრგვალი ფანჯარაა** (იხილეთ, სურათი 9-10). უშუალოდ მრგვალი ფანჯრის მფარავი მემბრანა (ოვალური ფანჯრის ქვემოთ) მნიშვნელოვანია ლოკოკინის შიგნით წნევის შესამსუბუქებლად. როდესაც უზანგი სითხეს ოვალური ფანჯრისკენ აწვება, მრგვალი ფანჯარა გამოიბერება, რაც თმის უჯრედებს დაზიანებისგან იცავს.

### უტრიკულა და საკულო

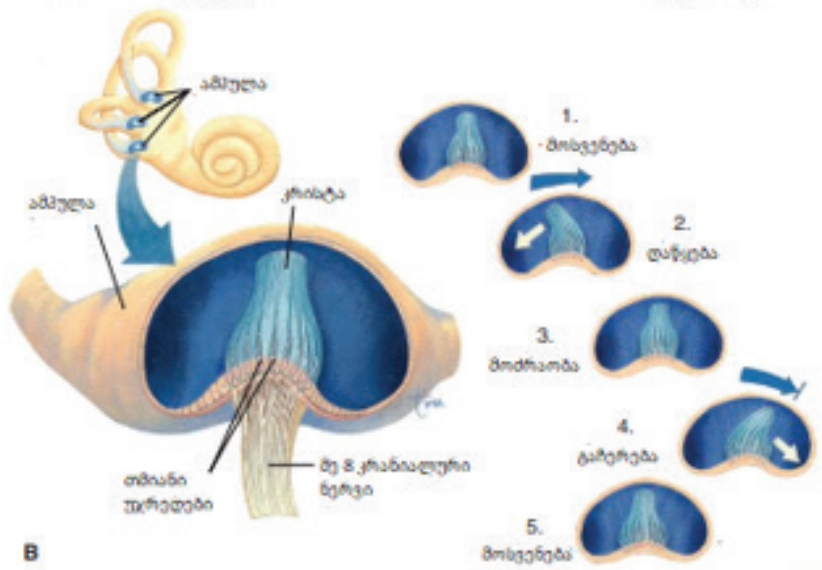
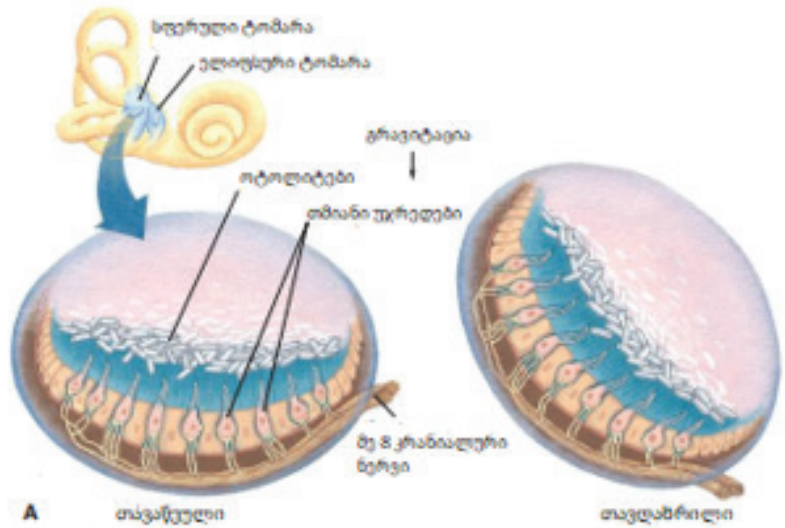
**უტრიკულა** და **საკულო** მემბრანული ტომრებია, მიდამოში რომელსაც **ვესტიბული** ეწოდება (ლოკოკინასა და ნახევარკალოვან არხებს შორის). უტრიკულასა და საკულოში განთავსებულია ჟელატინურ მემბრანაში ჩაფლული, კალციუმის კარბონატის წვრილი კრისტალები, რომლებსაც **ოტოლიტები** ეწოდებათ. გრავიტაცია აწვება ოტოლიტებს და თავის პოზიციის ცვლილებისას, იწვევს თმის უჯრედების გადახრას (იხილეთ, სურათი 9-12). თმის უჯრედების მიერ გენერირებული, იმპულსები მე-8 კრანიალური ნერვის ვესტიბულური ნაწილის მიერ, ცერებელუმში, შუა ტვინში და ცერებრუმის საფეთქლის ნილებში მიიტანება.

ცერებელუმში და შუა ტვინი ამ ინფორმაციას იყენებენ წონასწორობის შესანარჩუნებლად, ქვეცნობიერ დონეზე. ჩვენ რა თქმა უნდა ვიცით, ჩვენი თავის პოზიციის შესახებ და ამ ცნობადობას ცერებრუმი განაპირობებს.

## ნახევარკალოვანი არხები

სამი ნახევარკალოვანი არხი სითხით სავსე მემბრანული ოვალებია, რომლებიც სამ სხვადასხვა სივრცეში არიან განლაგებულნი. სამივეს დასაწყისში გაფართოებული ნაწილია, რომელსაც ამჟღავნებს ენოდება (იხილეთ, სურათი 9-10) და რომლებიც შეიცავენ თმის უჯრედებს (კრისტა), რომლებიც მოძრაობაზე რეაგირებენ. ასე მაგალითად, როდესაც სხეული წინ მოძრაობს, თმის უჯრედები, თავადაპირველად უკან გადაიხრებიან და შემდეგ სწორდებიან (იხილეთ, სურათი 9-12). თმის უჯრედების გადახრა აგენერირებს იმპულსებს, რომლებიც მე-8 კრანიალური ნერვის ვესტიბულური ტოტის მიერ, ცერებელუმში, შუატვინში და ცერებრუმის ტემპორალურ წილებამდე მიიტანება. ეს იმპულსები ინტერპრეტირდება, როგორც დაწყება, ან შეჩერება, აჩქარება, ან შენელება, ან მიმართულების შეცვლა; ეს ინფორმაცია გამოიყენება, მოძრაობის დროს, წონასწორობის შესანარჩუნებლად (იხილეთ, სამახსოვრო 9-6: მოძრაობის ავადმყოფობა).

და ბოლოს, სხეულის პოზიციის შესახებ ინფორმაციას უტრიკულა და საკულო მოსვენების მდგომარეობაში იძლევიან, ნახევარკალოვანი არხები, კი მოძრაობის დროს. რა თქმა უნდა, გარკვეული გადაფარვა არსებობს და თავის ტვინი ყველა ინფორმაციას კრებს, რომ სხეულის პოზიციის ერთი შეგრძნება მივიღოთ.



**სურათი 9-12.** წონასწორობის ფიზიოლოგია. (A) სფერული ტომარა და ელისფერული ტომარა. (B) ნახევარკალოვანი არხები. იხილეთ ტექსტი აღწერილობის.

**შეკითხვა:** A ნაწილი, რა იწვევს თმის უჯრედების მოხრას? B ნაწილი რა უწვევს თმის უჯრედების რხევას?

მოძრაობის ავადმყოფობისთვის დამახასიათებელია ცივი ოფლი, ჰიპერვენტილაცია, გულისრევა და ლებინება, როდესაც ადამიანი ექვემდებარება მოულოდნელ, ან უჩვეულო, ან უკონტროლო განმეორებით მოძრაობას. ზღვის ავადმყოფობა მოძრაობის ავადმყოფობის ერთ-ერთი სახეა (არ არის ცნობილი ბავშვები, ზრდასრულებთან შედარებით, რატომ განიცდიან უფრო ხშირად მოძრაობის ავადმყოფობას მანქანით მგზავრობის დროს).

ზოგიერთი ადამიანი, გემით, ან მატარებლით მგზავრობისას, უბრალოდ, არ განიცდის მოძრაობის ავადმყოფობას. სხვებისთვის, პოზიციის რეცეპტორების მუდმივი სტიმულაცია ჯერ არაკომფორტულია, შემდეგ კი გულისრევას იწვევს. თუ ადამიანმა იცის, რომ მიდრეკილია მოძრაობის ავადმყოფობისადმი, არსებობენ მედიკამენტები, რომლებიც თვითმფრინავით, მატარებლით, გემით, ან მანქანით მგზავრობის წინ შეიძლება მიიღოს.

## არტერიული რეცეპტორები

აორტა და კაროტიდული არტერიები შეიცავენ რეცეპტორებს სისხლის წნევის აღსაქმელად. **აორტის რკალი**, რომელიც გულის მარცხენა პარკუჭის მიერ გადატუმბულ სისხლს ლებულობს, გულის ზედა ნაწილს შემოსაზღვრავს. მარცხენა და მარჯვენა **კაროტიდული არტერიები** აორტის რკალის განშტოებებია, რომელთაც სისხლი კისრის გავლით, თავის ტვინისკენ მიაქვთ. თითოეულ ამ სისხლძარღვში პრესორეცეპტორები და ქემორეცეპტორებია (იხილეთ, თავი 12, სურათი 12-8).

კაროტიდულ სინუსსა და აორტულ სინუსში არსებული **პრესორეცეპტორები** აღიქვამენ სისხლის წნევის ცვლილებებს. კაროტიდულ სხეულებსა და აორტის სხეულში არსებული **ქემორეცეპტორები**, კი სისხლში ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის და pH-ის დონის ცვლილებებს. ამ რეცეპტორებიდან გენერირებული იმპულსები შეგრძნებებად არ აღიქმებიან, ისინი უფრო ინფორმაციებია, რომლებიც განაპირობებენ აუცილებელ ცვლილებებს ცირკულაციასა და რესპირაციაში. შემდეგ თავებში ჩვენ მათ მიუზღებრუნდებით, ახლა კი ერთ მაგალითს წარმოგიდგინებთ.

თუ სისხლის ჟანგბადის დონე მნიშვნელოვნად დაქვეითდება, ეს ცვლილება (ჰიპოქსემია) აღიქმება კაროტიდული და აორტული ქემორეცეპტორების მიერ. სენსორული იმპულსები, გლოსოფერენგეალური (მე-9 კრანიალური ნერვი) და ცთომილი (მე-10 კრანიალური ნერვი) ნერვების მეშვეობით, მედულას გადაეცემიან. ამის შემდეგ, მედულის ცენტრებმა შესაძლოა მოახდინონ სუნთქვისა და გულის რიტმების გახშირება, მეტი ჟანგბადის მისაღებად და ცირკულაციის გასაძლიერებლად. ეს რესპირატორული და კარდიალური რეფლექსები მოხსენიებულნი იყვნენ მე-8 თავში, როგორც გლოსოფარენგეალური და ცთომილი ნერვების ფუნქციები. ამ რეფლექსების მნიშვნელობა ცხადზე ცხადია: სისხლში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ნორმალური დონეებისა და სისხლის ნორმალური წნევის შენარჩუნება.

## დაბერება და შეგრძნებები

ხანდაზმულ ასაკში შეიძლება ყველა შეგრძნება დაჩლუნგდეს. თვალეში, კატარაქტამ შესაძლო ბროლის დაბინდვა და გაუმჭვირვალობა გამოიწვიოს. ბროლი, ასევე კარგავს ელასტიურობას და თვალი უფრო შორსმხედველი ხდება (მდგომარეობას პრესბიოპია ეწოდება). გლაუკომის რისკი იზრდება და ხანდაზმულში უნდა ხდებოდეს გლაუკომის ტესტის ჩატარება. მაკულარული დეგენერაცია, რაც ცენტრალური ხედვის დაზიანებას იწვევს, 65 წელს გადაცილებულ ადამიანებში, მხდველობის გაუარესების ძირითადი მიზეზია. კითხვა და სხვა ტიპის ახლო სამუშაო ძნელად შესასრულებელი ხდება.

ყურებში, კორტის ორგანოს თმის უჯრედების კუმულაციური დაზიანება, ჩვეულებრივ, 60 წლის შემდეგ ვლინდება. სიცოცხლის მანძილზე, ხმაურის გამო დაზიანებული თმის უჯრედების აღდგენა არ ხდება (ზღვის გოჭებსა და გერბილებში, ადამიანის ლეროვანი უჯრედების მიერ, მიღწეულია კოხლეაურული თმის უჯრედების ზრდის სტიმულაცია, თუმცა ადამიანებში



ასეთი კვლევები არ ჩატარებულა). ხანდაზმულობის სიყრუე მსუბუქი ხარისხიდან მძიმედ გამოუხატული შეიძლება იყოს; ძალიან ხშირად, ჯერ მაღალი სიმალლის ბგერების მოსმენის უნარი ქვეითდება, მაშინ როდესაც დაბალი სიმალლის ბგერების აღქმა შეიძლება ადეკვატური დარჩეს. წონასწორობის შეგრძნებაც უარესდება; სხეული უფრო ნელა რეაგირებს გადახრაზე და შესაძლოა დაცემის შემთხვევები გახშირდნენ. რეგულარულმა ვარჯიშმა, ისეთმა მარტივმა, როგორც სიარული და განსაკუთრებით, მუსიკის ქვეშ ვარჯიშია, შესაძლოა წონასწორობის გრძნობის დაკარგვის რისკი მინიმუმამდე დაიყვანოს.

ორივე, გემოვნებაც და ყნოსვაც, ასაკთან ერთად, კარგავს სიმახვილეს, რამაც შეიძლება ხელი შეუწყოს ხანდაზმული ადამიანების ცუდად კვებას.

## შეჯამება

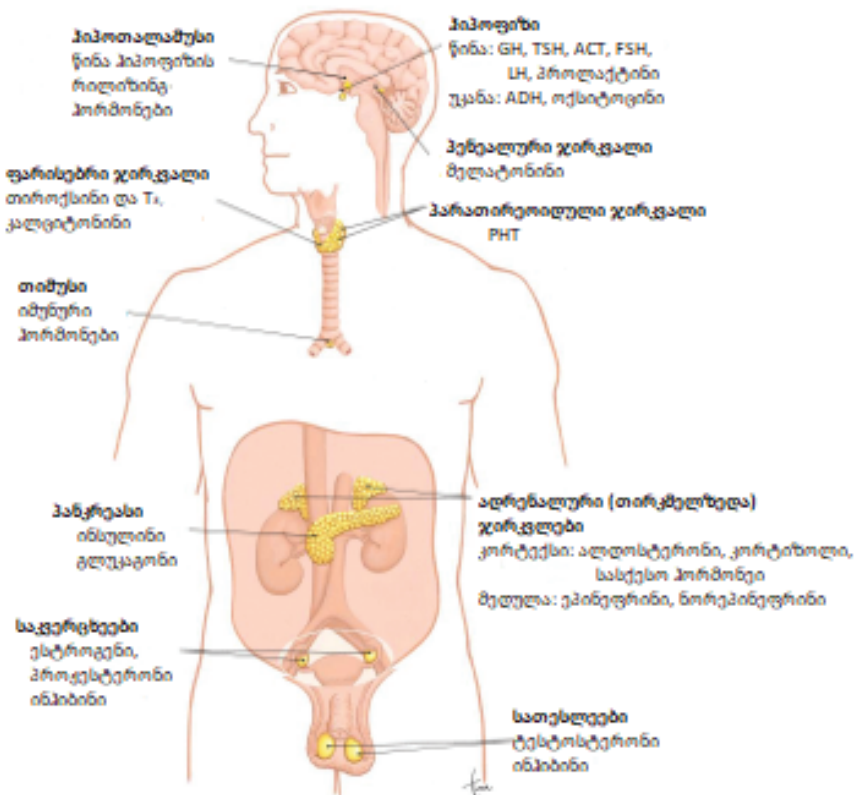
ცვლილებები, როგორც ჩვენს გარშემო, ისე ჩვენს შიგნითაც ხდება. თუ სხეული სწორად ვერ უპასუხებდა გარემოს, ან შიდა ცვლილებებს, ჰომეოსტაზი მალე დაირღვეოდა და შედეგად დადგებოდა დაზიანება, ავადმყოფობა და სიკვდილიც, კი. იმისათვის, რომ თავის ტვინმა ცვლილებებს სწორად უპასუხოს, მან უნდა იცოდეს, სად ვართ. ამ ინფორმაციის თავის ტვინისთვის მიწოდება, ჩვენი გრძნობათა გზების ფუნქციაა. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენს შეგრძნებებს, როგორც ბუნებრივს ისე აღვიქვამთ, მათ გარეშე დიდხანს ვერ ვიცოცხლებდით.

თქვენთვის ცნობილია, შეგრძნებების ცვლილებებზე სხეულის რეაქციების რეგულირებაში, ნერვული სისტემის როლის შესახებ. შემდეგ თავში სხვა მარეგულირებელ სისტემას, ენდოკრინულ სისტემას განვიხილავთ. ენდოკრინული სისტემის ჰორმონები, ცვლილებების საპასუხოდ წარმოიქმნიებიან და მათი რეგულაციური ეფექტები ხელს უწყობენ ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას.

# თავი 10

## ენდოკრინული სისტემა

ჩვენ უკვე ვნახეთ ნერვული იმპულსების, თავის ტვინისა და ზურგის ტვინის მიერ ინფორმაციის ინტეგრირებით როგორ ახდენს ნერვული სისტემა სხეულის ფუნქციების რეგულირებას. სხეულის სხვა მარეგულირებელი სისტემა **ენდოკრინული სისტემაა**, რომელიც შეიცავს ენდოკრინულ ჯირკვლებს, რომლებიც ნივთიერებებს, **ჰორმონებს**, გამოიმუშავენ. ეს ჯირკვლები და მათი ჰორმონების სახელები, გამოსახულია სურათზე 10-1.



სურათი 10-1. ენდოკრინული სისტემა. მრავალი ენდოკრინული ჯირკვლის მდებარეობა. გამოსახულია, როგორც ქვლის, ისე მამაკაცების გონადები.

**შეკითხვა:** რატომ არ არის მნიშვნელოვანი ფარისებრი ჯირკვლის ადუღამდებარეობა, მისი ფუნქციონირებისთვის?

**ენდოკრინულ ჯირკვლებს** არ გააჩნიათ სადინრები, რათა საკუთარი სეკრეტები სპეციფიკურ ადგილებამდე მიიტანონ. ამის ნაცვლად, ჰორმონები პირდაპირ კაპილარებში გამოიყოფიან და სხეულში სისხლის საშუალებით ცირკულირებენ. თითოეულ ჰორმონს ძალიან სპეციფიკური ეფექტი აქვს კონკრეტულ ორგანოზე; ამ ორგანოებს **სამიზნე ორგანოები**, ან **სამიზნე ქსოვილები** ეწოდება (მოგვიანებით, ჩვენ ვნახავთ როგორ ხდება ეს და რა ხდის ორგანოს „სამიზნედ“). ზოგიერთ ჰორმონს, როგორებიცაა ინსულინი და თიროქსინი, მრავალი სამიზნე ორგანო აქვს. დანარჩენები, კი როგორებიცაა კალციტონინი და ჰიპოფიზის ზოგიერთი ჰორმონი, ერთ, ან მხოლოდ მცირე რაოდენობის ორგანოებზე მოქმედებენ.

ზოგადად, ენდოკრინული სისტემა და მისი ჰორმონები ხელს უწყობენ ზრდის რეგულაციას, საკვებიდან ენერჯის მიღებას, სტრესისადმი გამძლეობას, ქსოვილების pH-ისა და სითხის წონასწორობის შენარჩუნებას და რეპროდუქციას. ამ თავში ჩვენ განვიხილავთ ჰორმონების სპეციფიკურ ფუნქციებს და როგორ უწყობენ ისინი ხელს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას.

## ჰორმონების ქიმია

თავიანთი ქიმიური სტრუქტურის მიხედვით, ჰორმონები სამ ჯგუფად კლასიფიცირდება: ამინები, პროტეინები და სტეროიდები.

1. **ამინები** - ეს მარტივი ჰორმონები, ამინომჟავა თიროზინის სტრუქტურული ვარიაციებია. ეს ჯგუფი მოიცავს ფარისებრი ჯირკვლის თიროქსინს და ადრენალური მედულას ეპინეფრინსა და ნორეპინეფრინს.
2. **პროტეინები** - ეს ჰორმონები 50-დან 200-მდე ამინომჟავისგან შემდგარი ჯაჭვებია. პანკრეასული ინსულინი, წინა ჰიპოფიზის ზრდის ჰორმონი და ფარისებრი ჯირკვლის კალციტონინი - პროტეინებია. ამინომჟავების მოკლე ჯაჭვებს შეიძლება **პეპტიდები** ვუნოდოთ. ჰიპოთალამუსის მიერ სინთეზირებული ანტიდიურეზული ჰორმონი და ოქსიტოცინი, 9 ამინომჟავისგან შემდგარი პეპტიდებია.
3. **სტეროიდები** - სტეროიდული ჰორმონების წინამორბედი ქოლესტეროლია (მეორე თავში ნაჩვენებია ოთხი ნახშირბადის რგოლის შემცველი, ქოლესტეროლის მოლეკულა); ამ ჯგუფის წარმომადგენლები არიან ადრენალური ქერქის კორტიზოლი და ალდოსტერონი, საკვერხეების პროჟესტერონი და სათესლეების ტესტოსტერონი.

## ჰორმონების სეკრეციის რეგულირება

ენდოკრინული ჯირკვლებიდან ჰორმონების სეკრეცია მათი საჭიროების, სამიზნე ორგანოებზე მათი ეფექტების საჭიროების, დროს ხდება. ენდოკრინული ჯირკვლები პასუხებენ სისხლში თავიანთი და სავარაუდოდ, სხვა ჰორმონების დონის ცვლილებებსაც. ეს სტიმულები ინფორმაციაა, რომლებსაც უჯრედები თავიანთი ჰორმონების სეკრეციის გასაზრდელად, ან დასაქვეითებლად იყენებენ. როდესაც ჰორმონის ეფექტი მიიღწევა, სტიმული ხშირად საპირისპირო ეფექტს იძენს და ჰორმონის სეკრეცია, სტიმულის ხელახლა აღმოცენებამდე, მცირდება. თქვენ შეიძლება პირველი თავიდან გახსოვთ, რომ ამას ნეგატიური უკუკავშირი ეწოდება. სურათზე 1-3 გამოსახული იყო თიროქსინის სეკრეცია. მოდით ახლა ინსულინის სეკრეციის მაგალითი განვიხილოთ.

ინსულინი პანკრეასის მიერ სეკრეტირდება, როდესაც სისხლში გლუკოზის დონე მოიმატება. ჰიპერგლიკემია (რომელიც საკვების მიღების შემდეგ ვითარდება) ინსულინის სეკრეციის სტიმულია. სისხლში მოცირკულირე ინსულინი საშუალებას აძლევს უჯრედებს სისხლიდან ამოიღონ გლუკოზა, რათა მოხდეს მისი ენერჯის პროდუქციისთვის გამოყენება და ღვიძლს მისცეს საშუალება გლუკოზა გლიკოგენის სახით შეინახოს. ინსულინის ამ ქმედებების შედეგად, სისხლში გლუკოზის დონე მცირდება და ინსულინის სეკრეციის სტიმული რევერსირდება. ეს იწვევს ინსულინის გამოყოფის შემცირებას, სანამ გლუკოზის დონე თავიდან არ გაიზრდება. სისხლში გლუკოზის დონე იზრდება, იკლებს, იზრდება და იკლებს ნორმალური ზღვრების ფარგლებში. დონის მომატება განაპირობებს ინსულინის სეკრეციის გაზრდას, შემცირება კი ინსულინის სეკრეციის შეწყვეტას.

ნებისმიერი ჰორმონალური **ნეგატიური უკუკავშირის მექანიზმის** შემთხვევაში, ინფორმაცია ჰორმონის ეფექტების შესახებ „უკან უბრუნდება“ ჯირკვალს, რომელიც ამცირებს ჰორმონის სეკრეციას. ამის გამოა, რომ მექანიზმს „ნეგატიური“ ეწოდება. ჰორმონის ეფექტები საპირისპირო უნარს ანიჭებენ სტიმულს და იწვევენ ჰორმონის სეკრეციის დაქვეითებას. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მექანიზმს საკუთარი მუხრუჭი აქვს; ის თავის თავს გამორთავს სტიმულის ხელახლა აღმოცენებამდე. მრავალი სხვა ჰორმონის სეკრეციაც მსგავსად რეგულირდება. ჩვენ რომ ერთი ორი დღის მანძილზე მოგვეხდინა ამ ჰორმონების სეკრეციის ვიზუალიზაცია, ეს დაემსგავსებოდა, ახლახან აღწერილ, სისხლში შაქრის დონის ცვლილებებს. ინსულინის, ან თიროქსინის სეკრეცია მოიმატებს, დაიკლებს, მოიმატებს, დაიკლებს ნორმალურ ზღვრებში. წარმოიდგინეთ ზღვის ტალღები, ერთნაირი სიმაღლისა და სიღრმის ქიმებითა და ჩაღმავებებით - ამას ჰგავს სისხლში ჰორმონების დონეების ცვლილებები.

წინა ჰიპოფიზის ჰორმონები სეკრეტირება ჰიპოთალამუსის მიერ გამომუშავებული **რელიზინგ ჰორმონების** (ასევე, რელიზინგ ფაქტორებსაც უწოდებენ) საპასუხოდ ხდება. ასე მაგალითად, თქვენ შეიძლება მე-8 თავიდან გაიხსენოთ, რომ ზრდის ჰორმონი სეკრეტირდება ჰი-

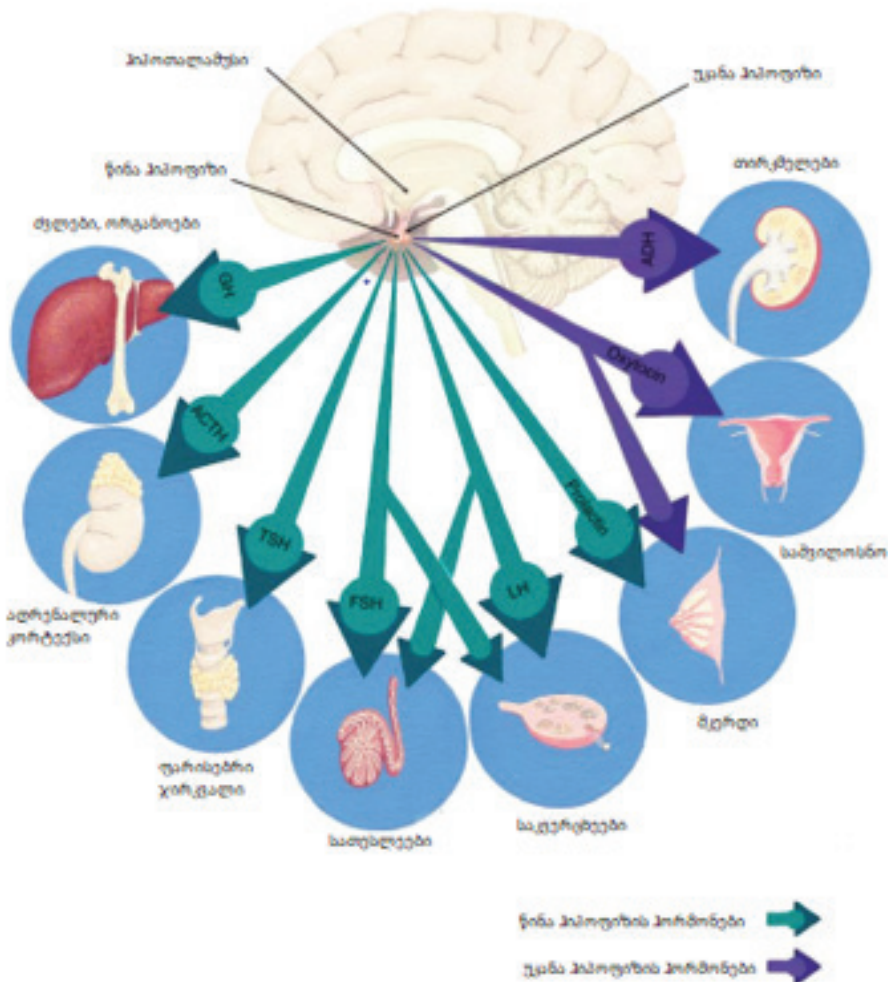


პოთალამუსის, ზრდის ჰორმონის-რელიზინგ ჰორმონის (GHRH) საპასუხოდ. როდესაც ზრდის ჰორმონი თავის ეფექტებს გამოავლენს, GHRH-ის სეკრეცია მცირდება, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ზრდის ჰორმონის სეკრეციის შემცირებასაც. ეს ნეგატიური უკუკავშირის მექანიზმის სხვა ტიპია.

ამ თავში განხილული ყველა ჰორმონისთვის, მოხსენიებული იქნება მათი სეკრეციის სტიმულიც. ზოგიერთი ჰორმონი, როგორც **ანტაგონისტური წყვილი**, ისე მოქმედებს, რათა მოახდინოს სისხლის ქიმიის კონკრეტული ასპექტის რეგულირება. ეს მექანიზმებიც იქნებიან განხილულნი.

## ჰიპოფიზი

**ჰიპოფიზი**, როგორც მოკლე ღერო (ინფუნდიბულუმი), ჰიპოთალამუსიდანაა ჩამოკიდებული და შემოსაზღვრულია სფენოიდური ძვლის თურქული კეხით. მცირე ზომის მიუხედავად, ჰიპოფიზი, სხეულის მრავალ ფუნქციას არეგულირებს. მისი ორი მთავარი ნაწილები არიან: უკანა ჰიპოფიზი (**ნეიროჰიპოფიზი**), რომელიც ჰიპოთალამუსის ნერვული ქსოვილის გაგრძელებაა და წინა ჰიპოფიზი (**ადენოჰიპოფიზი**), რომელიც ჯირკვლოვანი ქსოვილია. ჰიპოფიზის ყველა ჰორმონი და მათი სამიზნე ორგანოები ნაჩვენებია სურათზე 10-2. სანამ შემდეგ ნაწილს წაიკითხავთ, ამ სურათის გადახედვა, შესაძლოა სასარგებლო აღმოჩნდეს.

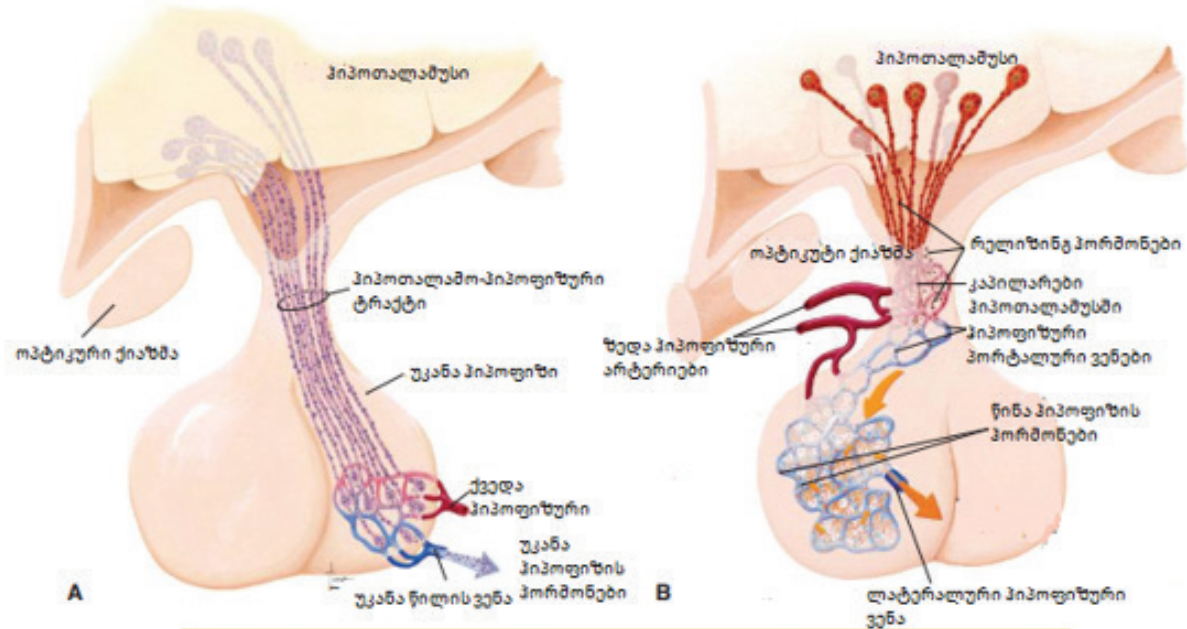


**სურათი 10-2.** ჰიპოფიზის ჰორმონები და მათი სამიზნე ორგანოები

**შეკითხვა:** ჰიპოფიზის რომელი ჰორმონების სამიზნე ორგანოებს წარმოადგენენ სხვა ენდოკრინული ჯირკვლები?

## უკანა ჰიპოფიზი

უკანა ჰიპოფიზის ორი ჰორმონი, ანტიდიურეზული ჰორმონი და ოქსიტოცინი, სინამდვილეში ჰიპოთალამუსში გამომუშავდებიან და უკანა ჰიპოფიზის საჭიროების გაჩენამდე ინახებიან. მათი გამოთავისუფლება ჰიპოთალამუსიდან ნამოსული იმპულსების საპასუხოდ ხდება (იხილეთ სურათი 10-3).



**სურათი 10-3.** ჰიპოთალამუსის და ჰიპოფიზის სტრუქტურული ურთიერთკავშირი. (A) უკანა ჰიპოფიზის ჰორმონები პროდუცირდებიან ჰიპოთალამუსში. (B) ჰიპოთალამუსის რელიზინგ ჰორმონები პირდაპირ ცირკულირებენ წინა ჰიპოფიზში და გავლენას ახდენენ მის სეკრეციაზე. ყურადღება მიაქციეთ კაპილარების ორ ქსელს.

**შეკითხვა:** A ნაწილში, დაასაბუღეთ უკანა ჰიპოფიზის ჰორმონები. B ნაწილში, რა ასტიმულირებს წინა ჰიპოფიზის ჰორმონებს?

### ანტიდიურეზული ჰორმონი

ანტიდიურეზული ჰორმონი (ADH, ასევე, ვაზოპრესინი) ზრდის თირკმლის მილაკებში წყლის რეაბსორციას, რაც იწვევს შარდის რაოდენობის შემცირებას. წყალი სისხლში რეაბსორბირდება, ასე რომ მცირდება წარმოქმნილი შარდის რაოდენობა, სისხლის მოცულობა იზრდება, რაც ხელს უწყობს ნორმალური სისხლის წნევის შენარჩუნებას. ADH, ასევე, ამცირებს ოფლის გამოყოფას, თუმცა ამ გზით შენახული წყლის რაოდენობა გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე თირკმელების მიერ.

ADH-ის სეკრეციის სტიმული ორგანიზმში წყლის რაოდენობის შემცირებაა. ასე მაგალითად, თუ ოფლიანობის, ან დიარეის გამო ძალიან ბევრი წყალი დაიკარგა, ჰიპოთალამუსის ოსმორეცეპტორები აღიქვამენ სხეულის სითხეების „მარილიანობის“ გაზრდას. ამის შემდეგ, ჰიპოთალამუსი იმპულსებს უკანა ჰიპოფიზს გადასცემს, რათა მოხდეს ADH-ის სეკრეციის გაზრდა და შარდთან ერთად წყლის დანაკარგის შემცირება.

ნებისმიერი ტიპის დეჰიდრატაცია განაპირობებს ADH-ის სეკრეციის სტიმულაციას, ორგანიზმის წყლის შესანახად. მძიმე სისხლდენის შემთხვევაში, ADH დიდი რაოდენობით გამოიყოფა და ასევე იწვევს, სისხლძარღვების, განსაკუთრებით არტერიოლების შევიწროვებას, რაც ხელს უწყობს სისხლის წნევის აწევას, ან სულ მცირე, შენარჩუნებას. ეს ფუნქცია ანიჭებს ADH-ს სხვა სახელს, ვაზოპრესინს.

ალკოჰოლის მიღება იწვევს ADH-ის სეკრეციის დათრგუნვას და ზრდის შარდის გამოყოფას და თუ სითხე არ ჩანაცვლდა, მეორე დილას ადამიანი წყურვილს და თავბრუსხვევას შე-

იგრძნობს. წყურვილი გამონწვეულია სხეულის სითხის დაკარგვით, თავბრუსხვევის მიზეზი, კი დაბალი არტერიული წნევაა.

### ოქსიტოცინი

**ოქსიტოცინი** ასტიმულირებს ორსულობის ბოლოს, საშვილოსნოს შეკუმშვას და ძუძუს წოვის პერიოდში, სარძევე ჯირკვლებიდან რძის გამოყოფას.

მშობიარობის დაწყებისას საშვილოსნოს ყელი იჭიმება, რაც იწვევს სენსორული იმპულსების გენერირებას, ჰიპოთალამუსამდე. ეს თავის მხრივ, ასტიმულირებს უკანა ჰიპოფიზს გამოყოფოს ოქსიტოცინი. ციკლი გრძელდება ბავშვის თავისა და ტანის საშვილოსნოს ყელში გადაადგილებისას. ოქსიტოცინი იწვევს საშვილოსნოს გლუვი კუნთების (მიომეტრიუმის) უფრო და უფრო ძლიერ შეკუმშვას, რათა მოხდეს ბავშვის დაბადება და პლაცენტის გამოძევება. ოქსიტოცინის სეკრეცია, ერთ-ერთი მცირერიცხოვანი, პოზიტიური უკუკავშირის მექანიზმის საშუალებით ხორციელდება, როდესაც უკუკავშირის ციკლის გარეგანი მუხრუჭი, ბავშვის და პლაცენტის გამოდევნაა. მშობიარობის შემდეგ, საშვილოსნოს ყელის გაჭიმვა მთავრდება და ოქსიტოცინის სეკრეციის სტიმული წყდება. ჩვენ რომ შეგვეძლოს ამ ტიპის მექანიზმის ვიზუალიზაცია (ვთქვათ, ოქსიტოცინისთვის, მშობიარობის დაწყებიდან), ჩვენ დავინახავთ, რომ ჰორმონის სეკრეცია გაიზრდება, შემდეგ გარკვეულად კიდევ გაიზრდება და შემდეგ კიდევ გაიზრდება. სტიმული განაპირობებს ჰორმონის განგრძობით გამოყოფას. ეს ძალიან გავს კიბეს. ბოლოს გარეგანი მუხრუჭი, ბავშვის დაბადება, წყვეტს ოქსიტოცინის სეკრეციას (დიდი ნაბიჯი ქვემოთ, სანყისი ნერტილისკენ).

დადგენილია, რომ გესტაციის ბოლოს, თავად პლაცენტა გამოიმუშავებს ოქსიტოცინს და გაცილებით დიდი რაოდენობით, ვიდრე უკანა ჰიპოფიზი. გრძელდება კვლევები, მშობიარობისთვის, პლაცენტის ზუსტი როლის და მექანიზმების დასადგენად.

ბავშვის მიერ ძუძუს წოვა, იწვევს დედის დვრილებიდან სენსორული იმპულსების ჰიპოთალამუსისათვის გადაცემას. ჰიპოთალამუსიდან ჰიპოფიზისთვის იმპულსების ტრანსმისიის გამო, ხდება ოქსიტოცინის გამოყოფა., რაც ასტიმულირებს სარძევე არხების გარშემო გლუვი კუნთების შეკუმშვას. რძის ამ გამოყოფას ზოგჯერ „რძის დინების“ რეფლექსი ეწოდება. უკანა ჰიპოფიზის ჰორმონები შეჯამებულია ცხრილში 10-1.

ორივე, **ADH** და ოქსიტოცინი პეპტიდის ტიპის, მსგავსი სტრუქტურის, 9 ამინომჟავის შემცველი, ჰორმონებია; და ორივე მათგანი მოქმედებს, ქცევის ისეთ თავისებურებებზე, როგორებიცაა მზრუნველობა და ნდობა. თავის ტვინის გარკვეულ უჯრედებს აქვთ რეცეპტორები ოქსიტოცინისა და ვაზოპრესინისთვის და ისინი უზრუნველყოფენ კავშირების წარმოქმნას, ოჯახური ცხოვრების შენარჩუნებისთვის. ნდობა, მრავალი სოციალური ურთიერთობის ნაწილია, როგორებიცაა მეგობრობა, სკოლა, სპორტი და თამაშები, ყიდვა-გაყიდვა და მათ შორის, ოჯახური ცხოვრება (თუმცა, ოქსიტოცინი ეჭვიან ადამიანს, მიმდობად ვერ გადააქცევს, ის არ ცვლის ადამიანის პერსონალურ თვისებებს). მიჩნეულია, რომ ზოგიერთ ადამიანისთვის „პეტ-თერაპიის“ წარმატებულობა, ადამიანსა და ცხოველშიც, ოქსიტოცინის გამოყოფის შედეგია. ეს ორი მცირე ჰორმონი გავლენას ახდენს ჩვენზე მენტალურად და ფიზიკურად.

### ცხრილი 10-1| უკანა ჰიპოფიზის ჰორმონები

ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
ანტირიურეზული ჰორმონი (ADH, ან ვაზოპრესინი)	ზრდის თირკმლის მილაკებში წყლის რეაბსორბციას (წყალი ბრუნდება სისხლში).	ორგანიზმში წყლის შეცველობის დაქვეითება (ალკოჰოლი აინჰიბირებს სეკრეციას).
	ამცირებს ოფლის გამოყოფას	
	დიდი რაოდენობით იწვევს ვაზოკონსტრიქციას.	



ოქსიტოცინი	ხელს უწყობს საშვილოსნოს მიომეტრიუმის შეკუმშვას (მშობიარობა)	საშვილოსნოს ყელის გაჭიმვის, ან ძუძუს თავების სტიმულაციის შედეგად, ჰიპოთალამუსის ნერვული იმპულსები
	ხელს უწყობს სარძევე ჯირკვლევიდან რძის გამოყოფას.	გესტაციის ბოლო ეტაპზე, სეკრეცია პლაცენტიდან - სტიმული უცნობია

## წინა ჰიპოფიზი

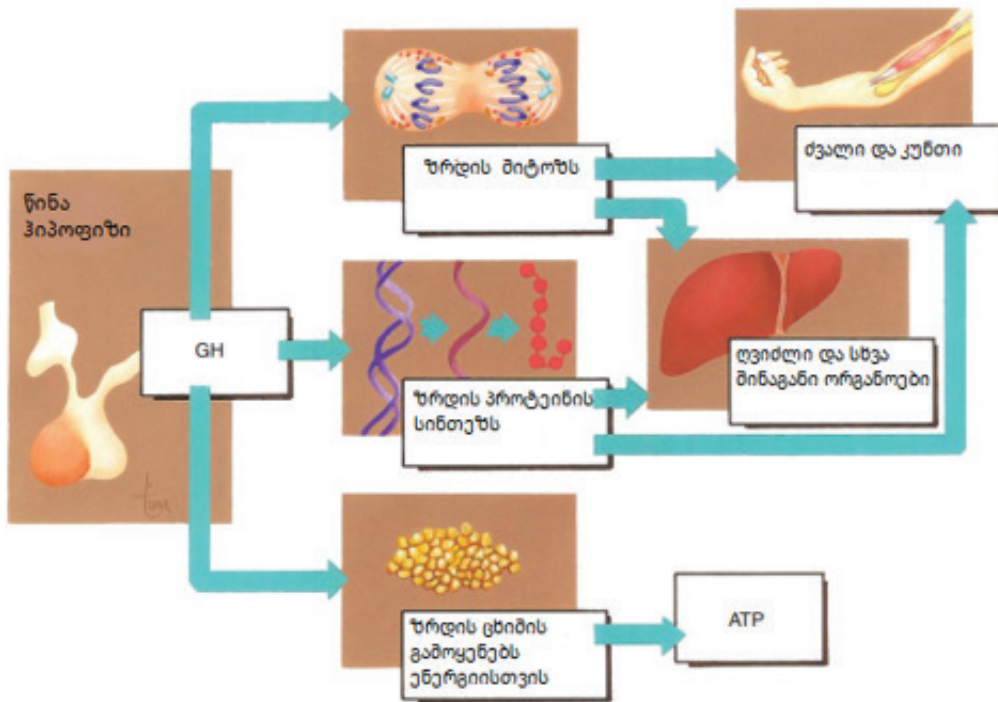
**წინა ჰიპოფიზის** ჰორმონები სხეულის მრავალ ფუნქციას არეგულირებენ. თავის მხრივ, ისინი ჰიპოთალამუსის რელიზინგ ჰორმონებით რეგულირდებიან. რელიზინგ ჰორმონები ჰიპოთალამუსის კაპილარებში სინთეზირდებიან და **ჰიპოფიზური პორტალური ვენებით**, სხვა კაპილარულ ქსელში, წინაჰიპოფიზში ხვდებიან. აქ რელიზინგ ჰორმონები აბსორბირდებიან და ასტიმულირებენ წინაჰიპოფიზის ჰორმონების სეკრეციას. ცირკულაციის მცირე, მაგრამ სპეციალური გზა გამოსახულია სურათზე 10-3. ეს გზა საშუალებას აძლევს რელიზინგ ჰორმონებს, ცენტრალური ცირკულაციის გვერდის ავლით, სწრაფად მოახდინონ წინაჰიპოფიზის სტიმულაცია.

### ზრდის ჰორმონი

**ზრდის ჰორმონი (GH)**, რომელსაც ასევე **სომატოტროპინს** უწოდებენ ნამდვილად ხელს უწყობს ზრდას, თუმცა არაპირდაპირად. GH ასტიმულებს უჯრედებს, რათა მათ წარმოქმნან ნივთიერებები, რომლებსაც ინსულინის-მსგავსი ზრდის ფაქტორები ეწოდებათ (IGF); სწორედ, ეს შუალედური მოლეკულები გაპანაპირობებენ, სამიზნე უჯრედებსა და ორგანოებში, იმ ეფექტების გამოვლენას, რასაც ჩვენ GH-ის ფუნქციებად მივიჩნევთ (იხილეთ, სურათი 10-4). ზრდის ჰორმონი ზრდის ამონომჟავების უჯრედში ტრანსპორტს და პროტეინების სინთეზის სიჩქარეს. ორგანიზმში ამინომჟავების შენახვა არ ხდება, შესაბამისად, თუ ისინი ხელმისაწვდომია, გამოყენებულ უნდა იქნან, მოცემულ დროს ორგანოსთვის საჭირო პროტეინის სინთეზისთვის. ზედმეტი ამინომჟავები (ასეთების არსებობის შემთხვევაში) კარბოჰიდრატებად, ან ცხიმებად გარდაიქმნებიან, რათა, თუ საჭიროება მოითხოვს, დაუყოვნებლივ მოხდეს მათი ენერჯისთვის გამოყენება, ან ხდება მათი ენერჯის წყაროდ შენახვა. ზრდის ჰორმონი უზრუნველყოფს, რომ ამინომჟავები, პროტეინების სინთეზის ნებისმიერი საჭიროების შემთხვევაში იქნან გამოყენებული, სანამ ისინი კარბოჰიდრატებად გარდაიქმნებიან. ზრდის ჰორმონი, ასევე, ასტიმულირებს უჯრედების დაყოფას იმ ქსოვილებში, სადაც შესაძლებელი მიტოზის განხორციელება. ეს ფუნქციები ხელს უწყობენ ბავშვობის ასაკში სხეულის, განსაკუთრებით, ძვლებისა და კუნთების ზრდას.

თქვენ ახლა შეიძლება დაგაინტერესოთ, ხდება თუ არ ზრდის ჰორმონის ზრდასრულ ადამიანში სეკრეტირება და პასუხი არის, დიახ. პროტეინების სინთეზისთვის ამონომჟავების გამოყენება კვლავ საჭიროა. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანი სიმაღლეში აღარ იზრდება, ზოგიერთ ქსოვილს საჭიროება ახალი პროტეინები აღდგენისა და ჩანაცვლებისთვის. GH, ასევე, ასტიმულირებს ადიპოზური ქსოვილიდან ცხიმის გამოთავისუფლებას და ცხიმების ენერჯისთვის გამოყენებას. ეს მნიშვნელოვანია ნებისმიერ დროს, როდესაც ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში არ გვინებს ჭამა, არ აქვს მნიშვნელობა ასაკს.

GH-ის სეკრეცია რეგულირდება ჰიპოთალამუსის ორი რელიზინგ-ჰორმონით. ზრდის ჰორმონის-რელიზინგ ჰორმონი (GHRH) ზრდის GH-ის სეკრეციას და წარმოიქმნება ჰიპოგლიკემიის და ფიზიკური დატვირთვის დროს. GHRH-ის სხვა სტიმული სისხლში ამინომჟავების მაღალი დონეა; ასეთ შემთხვევაში სეკრეტირებული GH უზრუნველყოფს ამონომჟავებიდან ცილების სინთეზს. ზრდის ფაქტორის-მაინჰიბირებელი ჰორმონი (GHIH), რომელსაც, ასევე, **სომატოსტატინს** უწოდებენ, როგორც სახელი მიგვანიშნებს, აფერხებს GH-ის სეკრეციას. სომატოსტატინი პროდუცირდება ჰიპერგლიკემიის დროს. GH-ის სეკრეციის დარღვევები გადმოცემული სამახსოვროში 10-1.



სურათი 10-4. ზრდის ჰორმონის ფუნქციები

შეკითხვა: ზრდის ჰორმონის რომელი ფუნქციები უშვავლად ეხმარება ძვლებსა და კუნთებს ზრდაში?

## სამახსოვრო 10-1| ზრდის ჰორმონის დარღვევები

ბავშვობის ასაკში ზრდის ჰორმონის (GH) სიჭარბე, ან ნაკლებობა, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ბავშვის ზრდაზე. GH ჰიპოსეკრეცია იწვევს **ჰიპოფიზურ ჯუჯობას**, როდესაც ზრდასრული ადამიანის სიმაღლე, დაახლოებით, 90-დან 120 სმ-მდეა, თუმცა სხეულის პროპორციები შენარჩუნებულია. ამჟამად, გენეტიკური ინჟინერიის გზით, შესაძლებელია GH-ის წარმოქმნა და ამ დარღვევის მქონე ბავშვებში გამოყენება. GH არ იწვევს გენეტიკურად ტანდაბალი ბავშვების გაზრდას. სტატიები, რომ GH იწვევს დაბერების პროცესის შებრუნებას, სიმართლეს არ შეესაბამება.

GH-ის ჰიპერსეკრეცია იწვევს **გიგანტიზმს**, როდესაც გრძელი ძვლები ზედმეტად იზრდებიან და ადამიანის სიმაღლემ, შეიძლება, დაახლოებით, 240 სანტიმეტრს მიაღწიოს. მაღალი ადამიანების უმრავლესობას, მაგალითად, კალათბურთელებს, ეს დარღვევა არ აღენიშნებათ; ისინი ტანმაღლეები გენეტიკური ფაქტორების და კარგი კვების შედეგად არიან.

ზრდასრულ ადამიანში GH-ის ჰიპერსეკრეცია განპირობებულია ჰიპოპიზის სიმსივნით და იწვევს **აკრომეგალიას**. გრძელი ძვლები ვეღარ იზრდებიან, რადგან ეპიფიზური დისკები დახურულია, მაგრამ ხდება სხვა ძვლების ზრდის სტიმულაცია. ყბები და სახის ძვლები არაპროპორციულად დიდდება, ისევე, როგორც ტერფები და მტევნები. კანი სქელდება, ენაც იზრდება და შეიძლება პროტუზირდეს. სხვა გამოსავლებია - ზედმეტად გაზრდილი ძვლების გამო, ნერვების კომპრესია და სახსროვანი ხრტილების გაზრდა, რომლებიც მერე ეროზიას განიცდიან და ვითარდება ართრიტები. აკრომეგალიის მკურნალობა, სიმსივნის ქირურგიული მოცილება, ან სხივური თერაპიით დაშლაა.

### **თიროიდ-მასტიმულირებელი ჰორმონი**

**თიროიდ-მასტიმულირებელი ჰორმონის (TSH)**, რომელსაც ასევე თიროტროპინს უწოდებენ, სამიზნე ორგანო ფარისებრი ჯირკვალაა. TSH ასტიმულირებს ფარისებრი ჯირკვლის ნორმალურ ზრდას და ჰორმონების, თიროქსინის ( $T_4$ ) და ტრიიოდთირონინის ( $T_3$ ) სეკრეციას. ამ ჰორმონების ფუნქციები მოგვიანებით იქნება განხილული.

TSH-ის სეკრეცია სტიმულირდება ჰიპოთალამუსის, თიროტროპინ-რელიზინგ ჰორმონით (TRH). როდესაც მეტაბოლიზმის სიჩქარე (ენერჯის წარმოქმნა) მცირდება, წარმოიქმნება TRH, რათა წარმოიქმნას TSH, რომელმაც უნდა წარმოქმნას თიროქსინი და მოხდეს ენერჯის პროდუქციისა და მეტაბოლიზმის სიჩქარის გაზრდა.

### **ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონი**

**ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონი (ACTH)** ასტიმულირებს კორტიზოლის და ადრენალური კორტიქსის სხვა ჰორმონების წარმოქმნას. ACTH-ის სეკრეცია იზრდება ჰიპოთალამუსის კორტიკოტროპინ-რელიზინგ ჰორმონით (CRH). CRH გამოიყოფა ნებისმიერი ტიპის ფიზიოლოგიური სტრესის დროს, როგორცაა ტრავმა, დაავადება, ფიზიკური ვარჯიში, ან ჰიპოგლიკემია (შიმშილიც სტრესულია).

### **პროლაქტინი**

**პროლაქტინი**, როგორც სახელი მიგვანიშნებს, პასუხისმგებელია ლაქტაციაზე. უფრო ზუსტად, პროლაქტინი აინიცირებს და ინარჩუნებს სარძევე ჯირკვლების მიერ რძის გამომუშავებას. პროლაქტინის სეკრეციის რეგულირება რთული პროცესია და მასში ჩართულნი არიან ჰიპოთალამუსის, როგორც, პროლაქტინ-რელიზინგ ჰორმონი (PRH), ასევე პროლაქტინ-მაინჰიბირებელი ჰორმონი (PIH). სარძევე ჯირკვლებზე ჯერ სხვა ჰორმონებმა, როგორებიცაა ესტროგენი და პროჟესტერონი, უნდა იმოქმედონ, რომლებიც ორსულობის პერიოდში, დიდი რაოდენობით გამოიყოფიან პლაცენტის მიერ. ბავშვის დაბადების შემდეგ, პროლაქტინის სეკრეცია იზრდება და რძე წარმოქმნება. თუ დედა განაგრძობს ძუძუთი კვებას, პროლაქტინის დონე მაღალი რჩება.

### **ფოლიკულ-მასტიმულირებელი ჰორმონი**

**ფოლიკულ-მასტიმულირებელი ჰორმონი (FSH)**, ერთ-ერთი გონადოტროპული ჰორმონია, რაც ნიშნავს, რომ ის გონადებზე მოქმედებს. FSH-ს სახელი, ქალებში, მისი ერთ-ერთი ფუნქციის შესაბამისად ქვია. საკვერცხეებში არსებობენ ფოლიკულები, რომლებიც შეიცავენ კვერცხუჯრედებს. FSH ასტიმულირებს საკვერცხის ფოლიკულების ზრდას, რაც გულისხმობს, დაახლოებით, 28 დღიანი ციკლის პერიოდში, კვერცხუჯრედის გავნითარებას. FSH, ასევე, ასტიმულირებს ფოლიკულური უჯრედების მიერ ესტროგენის სეკრეციას. მამაკაცებში, FSH, აინიცირებს სათესლეებში სპერმის პროდუქციას.

FSH-ის სეკრეცია სტიმულირდება ჰიპოთალამუსის **გონადოტროპინ-რელიზინგ ჰორმონის (GnRH)** მიერ. FSH-ის სეკრეცია ქვეითდება საკვერცხეებისა და სათესლეების ჰორმონის, ინჰიბინის მიერ.

### **მალუთენინიზირებელი ჰორმონი**

**მალუთენინიზირებელი ჰორმონის (LH)** მეორე გონადოტროპული ჰორმონია. ქალებში, LH პასუხისმგებელია ოვულაციაზე, მნიშვნელოვან კვერცხუჯრედის საკვერცხის ფოლიკულიდან გამოთავისუფლებაზე. შემდეგ LH ასტიმულირებს ამ ფოლიკულს გარდაქმნას ყვითელ სხეულად, რომელიც, ასევე, LH-ის ზეგავლენით, ახდენს პროჟესტერონის სეკრეციას. მამაკაცებში, LH ასტიმულირებს სათესლეების ინტერსტიციურ უჯრედებს, ტესტოსტერონის წარმოსაქმნელად. LH-ს, ასევე, ICSH, ინტერსტიციული უჯრედების მასტიმულირებელი ჰორმონი ეწოდება.

LH-ის სეკრეციაც ჰიპოთალამუსის GnRH-ით ხორციელდება. მე-20 თავში, სასქესო ჰორმონების განხილვისას, ჩვენ FSH და LH-საც მივუბრუნდებით.

წინაჰიპოფიზის ჰორმონები შეჯამებულია ცხრილში 10-2.



**ცხრილი 10-2| წინა ჰიპოფიზის ჰორმონები**

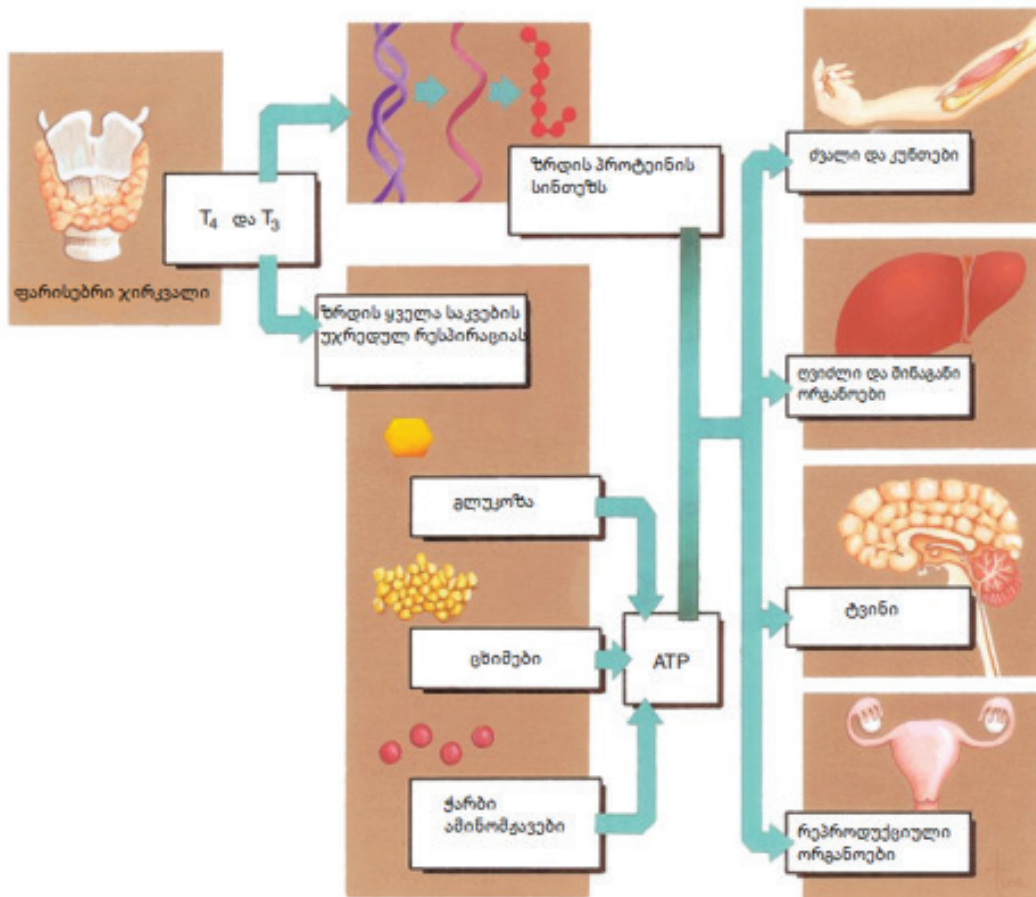
ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
ზრდის ჰორმონი (GH)	ზრდის მიტოზის სიჩქარეს	GHRH (ჰიპოთალამუსი) ასტიმულირებს სეკრეციას
	ზრდის უჯრედებში ამინომჟავების ტრანსპორტს	GHIH - სომატოსტატინი (ჰიპოთალამუსი) აფერხებს სეკრეციას
	ზრდის პროტეინის სინთეზის სიჩქარეს	
	ზრდის ენერჯისთვის ცხიმების გამოყენებას	
თიროიდ-მასტიმულირებელი ჰორმონი (TSH)	ზრდის ფარისებრი ჯირკვლის თიროქსინისა და T <sub>3</sub> -ის სეკრეციას	TRH (ჰიპოთალამუსი)
ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონი (ACTH)	ზრდის ადრენალური კორტექსის მიერ კორტიზოლის სეკრეციას	CRH (ჰიპოთალამუსი)
პროლაქტინი	ასტიმულირებს სარძევე ჯირკვლების მიერ რძის წარმოქმნას	PRH (ჰიპოთალამუსი) სეკრეციის სტიმულირება
		PIH (ჰიპოთალამუსი) სეკრეციის ინჰიბირება
ფოლიკულ-მასტიმულირებელი ჰორმონი (FSH)	ქალებში:	GnRH (ჰიპოთალამუსი) ასტიმულირებს სეკრეციას
	საკვერცხის ფოლიკულებში კვერცხუჯრედის ზრდის ინიცირება	ინჰიბინი (სათესლეები და საკვერცხები) თრგუნავს სეკრეციას
	ფოლიკულური უჯრედების მიერ ესტროგენის სეკრეციის გაზრდა	
	მამაკაცებში:	
	სათესლეებში სპერმის პროდუქციის ინიცირება	
მალუთენინიზირებელი ჰორმონი (LH) (ICSH)	ქალებში:	GnRH (ჰიპოთალამუსი)
	ოვულაციის გამოწვევა	

	საკვერცხის გამსკდარი ფოლიკულის ყვითელ სხეულად გადაქცევა	
	ყვითელი სხეულის მიერ პროჟესტერონის სეკრეციის გაზრდა	
	მამაკაცებში:	
	სათესლეების ინტერსტიციული უჯრედების მიერ, ტესტოსტერონის სეკრეციის გაზრდა	

## ფარისებრი ჯირკვალი

**ფარისებრი ჯირკვალი** ტრაქეის წინ და გვერდებზე, უშუალოდ ხორხის ქვემოთ მდებარეობს და გარკვეულად, პეპლის ფორმა აქვს. მისი ორი წილი, „ფრთები“, ერთმანეთს, შუა ნაწილით, ყელით უერთებიან. ფარისებრი ჯირკვლის სტრუქტურული ერთეულები, კუბური ეპითელიუმისგან წარმოქმნილი, თიროიდული ფოლიკულებია (იხილეთ, თავი 4, სურათი 4-3, ნაწილი, A) ფოლიკულები წარმოქმნიან **თიროქსინს** ( $T_4$ ) და **ტრიიოდთირონინს** ( $T_3$ ). ამ ჰორმონების სინთეზისათვის იოდი აუცილებელია. თიროქსინი იოდის 4 ატომს შეიცავს,  $T_3$  - 3-ს.

ფარისებრი ჯირკვლის მიერ წარმოქმნილი მესამე ჰორმონი **კალციტონინია**, რომლებიც პარაფოლიკულური უჯრედების მიერ წარმოიქმნება. მისი ფუნქციები ძალიან განსხვავდება თიროქსინის და ტრიიოდთირონინის ფუნქციებისგან (იხილეთ, თავი 6).



**სურათი 10-5. თიროქსინის და  $T_3$ -ის ფუნქციები.**

**შეკითხვა:** ფარისებრი ჯირკვლის რომელი ფუნქციები უზმარება ძელებს ზრდასა და თავისი ფუნქციების შესრულებაში?

## თიროქსინი და ტრიოდთირონი

$T_4$ -სა და  $T_3$ -ს ერთი და იგივე ფუნქციები აქვთ: ენერჯის პროდუქციისა და პროტეინის სინთეზის რეგულაცია, რაც ხელს უწყობს ორგანიზმის ზრდასა და მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ნორმალურ ფუნქციონირებას (იხილეთ, სურათი 10-5).  $T_4$  და  $T_3$  ზრდიან ყველა ტიპის საკვების (კარბოჰიდრატები, ცხიმები, ამინომჟავები) უჯრედულ სუნთქვას და აქედან გამომდინარე, ზრდიან ენერჯის და სითბოს პროდუქციას.  $T_4$ -ისა და  $T_3$ -ის ნორმალური პროდუქცია მნიშვნელოვანი ფიზიკური ზრდისთვის, ნორმალური გონებრივი განვითარებისა და რეპროდუქციული სისტემის მომწიფებისთვის. ეს ჰორმონები მეტაბოლიზმის სიჩქარის ყველაზე მნიშვნელოვანი ყოველდღიური რეგულატორები არიან. მათი აქტივობა აისახება თავის ტვინის, კუნთების, გულის და ყველა სხვა ორგანოს ფუნქციონირებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ  $T_4$  და  $T_3$  სასიცოცხლო ჰორმონები არ არიან, რაც ნიშნავს, რომ მათ არ ენიჭებათ გადამწყვეტი მნიშვნელობა გადარჩენისთვის, მათი არარსებობა მნიშვნელოვნად აქვეითებს ფიზიკურ და მენტალურ ზრდასა და უნარების განვითარებას (იხილეთ, სამახსოვრო 10-2: თიროქსინის დარღვევები).

### სამახსოვრო 10-2 | თიროქსინის დარღვევები

იოდი თიროქსინისა და  $T_3$ -ის მნიშვნელოვანი კომპონენტია და იოდის დიეტური დეფიციტი იწვევს **ჩიყვს**. მეტი თიროქსინის წარმოქმნის მცდელობისას, თიროიდული უჯრედები დიდდებიან და ამის გამო, ფარისებრი ჯირკვალის დიდდება და კისრის წინა ზედაპირზე ისახება. იოდიზირებული მარილის გამოყენებამ, ჩიყვი, მსოფლიოს მრავალ ნაწილში იშვიათი დაავადება გახდა.

ახალშობილში თიროქსინის ჰიპოსეკრეციას დამანგრეველი განვლენა აქვს ბავშვის ზრდაზე. თიროქსინის გარეშე, ფერხდება ფიზიკური ზრდა და გონებრივი განვითარება. ამ მდომარეობას **კრეტინიზმი** ეწოდება და ხასიათდება მძიმე გონებრივი და ფიზიკური ჩამორჩენილობით. თუ თიროქსინის დეფიციტი დაბადებიდან მალევე დიაგნოსტირდება, თიროიდული ჰორმონებით მკურნალობა უზრუნველყოფს ნორმალურ განვითარებას.

ზრდასრულ ადამიანში თიროქსინის ჰიპოსეკრეციას **მიქსედემა** ეწოდება. თიროქსინის გარეშე, მეტაბოლიზმის სიჩქარე (ენერჯის წარმოქმნა) ქვეითდება, რაც იწვევს ძლიანობას, კუნთოვან სისუსტეს, გულის რიტმის შენელებას, სიცხის შეგრძნებას. წონაში მომატებას და სახის დამახასიათებელ შეშუპებას. თიროიდული ჰორმონების მიღება უზრუნველყოფენ მეტაბოლიზმის ნორმალური სიჩქარის აღდგენას.

**გრეივისის დაავადება**, თიროქსინის ჰიპერსეკრეციით გამოწვეული აუტოიმუნური დარღვევაა. როგორც ჩანს, ანტისხეულები უკავშირდებიან თიროიდული უჯრედების TSH რეცეპტორებს და ასტიმულირებენ ჭარბი თიროქსინის სეკრეციას. სიმპტომები მეტაბოლიზმის სიჩქარის პათოლოგიურად გაზრდის შესაბამისია: წონაში დაკლება მადის გაზრდასთან ერთად, ოფლიანობის გაზრდა, გულის ცემის გახშირება, სიცხის შეგრძნება და სისუსტე. ასევე, შეიძლება აღინიშნოს ჩიყვი და ეგზოფთალმი (თვალების გადმოკარკვლა). მკურნალობის მიზანია ფარისებრი ჯირკვლის მიერ, თიროქსინის სეკრეციის შემცირება, რისთვისაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას მედიკამენტები ან რადიოაქტიური იოდი.

$T_4$ -ისა და  $T_3$ -ის სეკრეცია, ჰიპოფიზის **თიროიდ-მასტიმულირებელი ჰორმონით (TSH)** რეგულირდება (იხილეთ, თავი 1, სურათი 1-3). როდესაც მეტაბოლური სიჩქარე (ენერჯის წარმოქმნა) ქვეითდება, ეს ცვლილება აღიქმება ჰიპოთალამუსის მიერ, რომელიც წარმოქმნის თიროტროპინ-რელიზინგ ჰორმონს (TRH). TRH განაპირობებს წინა ჰიპოფიზში TSH-ის სეკრეციას, რომელიც ასტიმულირებს ფარისებრ ჯირკვალს წარმოქმნას თიროქსინი და ტრიოდთირონი, რომლებიც, ენერჯის პროდუქციის გაზრდის გზით, აჩქარებენ მეტაბოლიზმს. ნეგატიური უკუკავშირის მექანიზმი, წყვეტს ჰიპოთალამუსის მიერ TRH-ის წარმოქმნას, სანამ მეტაბოლიზმის სიჩქარე ისევ არ დაქვეითდება.



## კალციტონინი

კალციტონინი აქვეითებს ძვლებიდან სისხლში კალციუმის და ფოსფატის რეაბსორბციას, რითაც იწვევს ამ მინერალების სისხლის დონის დაქვეითებას. კალციტონინის ეს ფუნქცია ხელს უწყობს სისხლში კალციუმისა და ფოსფატის ნორმალური დონისა და ასევე, სტაბილური, მყარი ძვლოვანი კარკასის შენარჩუნებას. ითვლება, რომ კალციტონინის ეფექტები ყველაზე მნიშვნელოვანია ბავშვობის ასაკში, ძვლების ზრდის დროს. ორგანიზმიდან მიღებული კალციტონინი გამოიყენება ოსტეოპოროზის სამკურნალოდ.

კალციტონინის სეკრეციის სტიმული **ჰიპერკალცემია** (სისხლში კალციუმის მაღალი დონე). როდესაც სისხლში კალციუმის დონე მაღალია, კალციტონინი უზრუნველყოფს, რომ აღარ მოხდეს ძვლებიდან კალციუმის ამოღება, სანამ სისხლში არ დადგება კალციუმის საჭიროება (იხილეთ, სურათი 10-6). ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონები შეჯამებული ცხრილში 10-3.

### ცხრილი 10-3 | ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონები

ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
თიროქსინი (T3) და ტრი-იოდთირონინი (T4)	ზრდის ენერჯის პროდუქციას ყველა ტიპის საკვებიდან.	TSH (წინა ჰიპოპიზი)
	ზრდის პროტეინის სინთეზის სიჩქარეს.	
კალციტონინი	აქვეითებს კალციუმის და ფოსფატის რეაბსორბციას ძვლებიდან სისხლში.	ჰიპერკალცემია

### პარათიროიდული ჯირკვლები

არსებობს ოთხი პარაფარისებრი ჯირკვალი, ორ-ორი ფარისებრი ჯირკვლის თითოეული წილის უკან (იხილეთ, სურათი 10-7). მათ მიერ გამომუშავებულ ჰორმონს პარათიროიდული ჰორმონი ეწვი.

### პარათიროიდული ჰორმონი

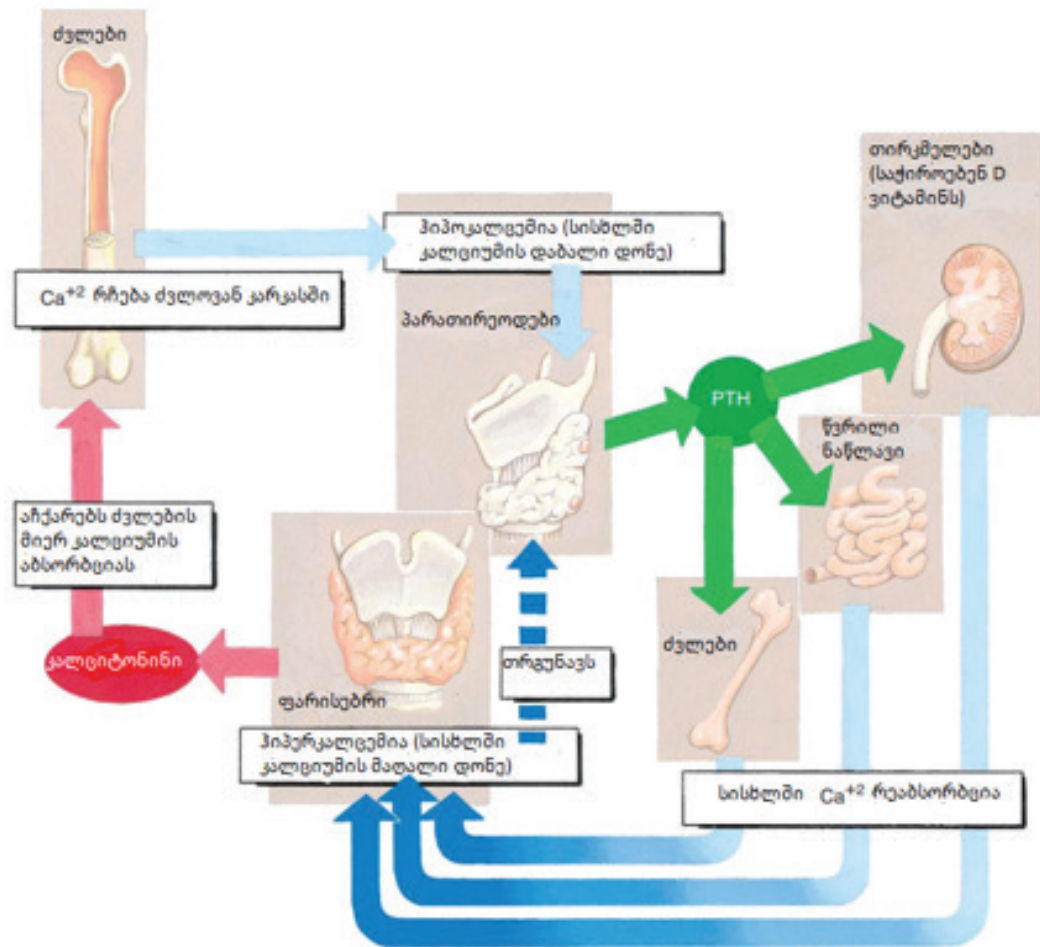
**პარათიროიდული ჰორმონი (PTH)** კალციტონინის ანტაგონისტია და მნიშვნელოვანია სისხლში კალციუმის და ფოსფატის ნორმალური დონის შენარჩუნებისთვის. PTH-ის სამიზნე ორგანოებია ძვლები, წვრილი ნაწლავი და თირკმელები.

PTH ზრდის ძვლებიდან სისხლში კალციუმის და ფოსფატის რეაბსორბციას, რითაც სწევს სისხლში ამ ნივთიერებების დონეს. PTH, ასევე, ზრდის წვრილ ნაწლავში კალციუმის და ფოსფატის რეაბსორბციას, რაც D ვიტამინსაც საჭიროებს. ეს პროცესიც ზრდის აღნიშნული მინერალების დონეს. თირკმელებში, PTH ასტიმულირებს D ვიტამინის აქტივაციას და ზრდის კალციუმის რეაბსორბციას და ფოსფატის ექსკრაციას (უფრო მეტს, ვიდრე ძვლებიდან იღებს). ამის გამო, PTH-ის საერთო ეფექტი, სისხლში კალციუმის დონის აწევა და ფოსფატის დონის დაქვეითებაა. PTH-ის ფუნქციები შეჯამებულია ცხრილში 10-4.

PTH-ის სეკრეცია **ჰიპოკალცემიით** (კალციუმის დაბალი დონე) სტიმულირდება და ითრგუნება ჰიპერკალცემიის დროს. კალციტონინის და PTH-ის ანტაგონისტური ეფექტები გამოსახულია სურათზე 10-6. ერთობლივად, ეს ჰორმონები კალციუმის დონეს, ნორმალურ ზღვრებში, ინარჩუნებენ. სისხლის კალციუმი მნიშვნელოვანია სისხლის შედედების პროცესისთვის და ნეირონებისა და კუნთოვანი უჯრედების ნორმალური აქტივობისთვის.

როგორც თქვენ ელოდებით, PTH-ის მდგრადი ჰიპერსეკრეცია, მაგალითად, განპირობებული პარათიროიდული სიმსივნით, გამოიწვევს კალციუმის ძვლებიდან გამოტანას და მათ დასუსტებას. თუმცა, დადგენილია, რომ PTH-ის ხანგამოშვებით, მოკლევადიანი სიჭარბე, გამოიწვევს

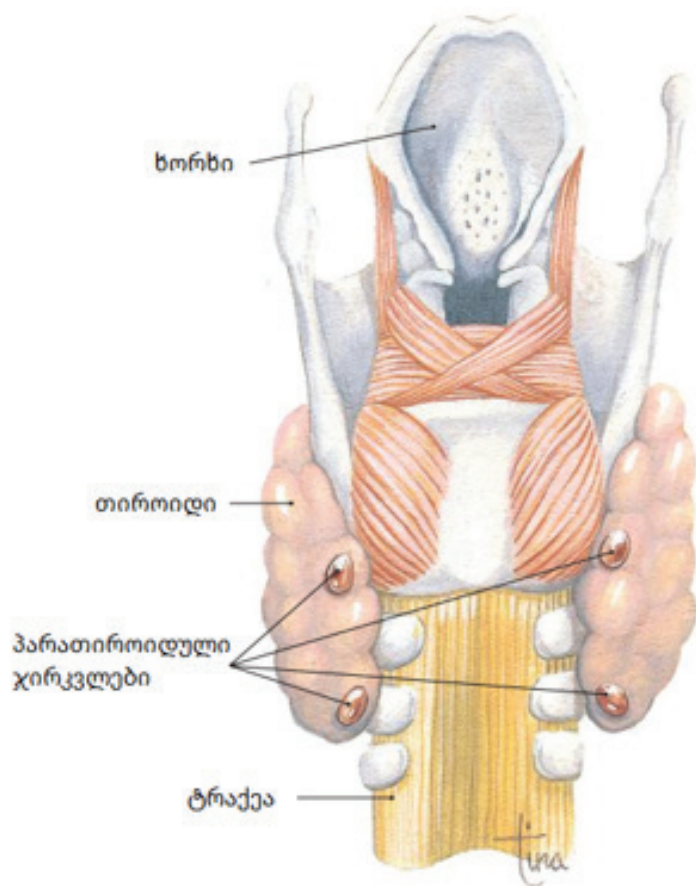
უფრო მეტი ძვლოვანი კარკასის შექმნას, ვიდრე კარკასის რეაბსორბციას. ეს ფაქტი, თითქოს, ძალიან უცნაურად გამოიყურება - ჩვენი მოლოდინის სანინალმდეგოდ, მაგრამ აჩვენებს, ჯერ კიდევ რამდენი რამ არ ვიცით ჩვენი ორგანიზმის შესახებ. PTH გამოიყენება ზოგიერთი ტიპის ოსტეოპოროზის სამკურნალოდ, თუმცა ძალიან ძვირია.



**სურათი 10-6.** კალციტონინი და პარათირეოიდული და მათი ფუნქციები დაკავშირებული სისხლში კალციუმის დონის შენარჩუნებისთვის.  
**შეკითხვა:** რომელი ჰორმონი უზრუნველყოფს კალციუმის ძვლებში დარჩენას? რომელი ვიტამინი ახდენს PTH-ის აქტივაციას და სად?

**ცხრილი 10-4 | პარათირეოიდის ჰორმონები**

ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
პარათირეოიდული ჰორმონი (PTH)	ზრდის კალციუმის და ფოსფატის რეაბსორბციას ძვლიდან სისხლში.	ჰიპერკალცემია ასტიმულირებს სეკრეციას
	ზრდის კალციუმის და ფოსფატის აბსორბციას წვრილ ნაწლავში.	ჰიპერკალცემია თრგუნავს სეკრეციას
	ზრდის თირკმელების მიერ კალციუმის რეაბსორბციას და ფოსფატის ექსკრეციას. ააქტივებს D ვიტამინს.	



**სურათი 10-7.** პარათიროიდული ჯირკველი უკანა ხედით ფარისებრ ჯირკვლზე.

**შეკითხვა:** PHT-ის რომელ საშიშნე ორგანოს შეიძლება ვუწოდოთ ჩუზრუვარი და რას იწინავს ის?

## პანკრეასი

**პანკრეასი** მდებარეობს მუცლის მარცხენა ზედა კვადრატში, თორმეტგოჯა ნაწლავის სიმრუდიდან ელენთამდე. მიუხედავად იმისა, რომ პანკრეასი, როგორც ეგზოკრინული, ისე ენდოკრინული ჯირკვალა, აქ განხილული იქნება მისი ენდოკრინული ფუნქცია. პანკრეასის ჰორმონ-მაპროდუცირებელ უჯრედებს **ლანგერჰანსის კუნძულები** ეწოდებათ (იხილეთ, თავი 16, სურათი 16-7); ისინი შეიცავენ **ალფა უჯრედებს**, რომლებიც გამოიმუშავენ გლუკაგონს და **ბეტა უჯრედებს**, რომლებიც გამოიმუშავენ ინსულინს.

## გლუკაგონი

**გლუკაგონი** ასტიმულირებს ღვიძლში გლიკოგენის გლუკოზად გარდაქმნას (ამ პროცესს **გლიკოგენოლიზი** ეწოდება, რაც სიტყვასიტყვით, „გლიკოგენის დაშლას“ ნიშნავს) და აძლიერებს, ცხიმების და ჭარბი ამინომჟავების გამოყენების გაზრდას, ენერჯის წარმოქმნისთვის **გლუკონეოგენეზი** (სიტყვასიტყვით, „ახალი გლუკოზის შექმნა“) წარმოადგენს ჭარბი ამინომჟავების მარტივ კარბოჰიდრატებად გარდაქმნას, რომლებიც შეიძლება ჩაერთონ უჯრედული სუნთქვის რეაქციებში. აქედან გამომდინარე, გლუკაგონის მთლიანი ეფექტი სისხლში გლუკოზის დონის გაზრდა და ყველა ტიპის საკვების ენერჯის შესაქმნელად გამოყენებაა.

გლუკაგონის სეკრეცია **ჰიპოგლიკემიით**, სისხლში გლუკოზის დაბალი დონით, სტიმულირდება. ასეთი მდგომარეობა შეიძლება დადგეს საკვების მიღებებს შორის პერიოდში, ან ფიზიოლოგიური სტრესის დროს, როგორცაა ფიზიკური ვარჯიში (იხილეთ, სურათი 10-8).

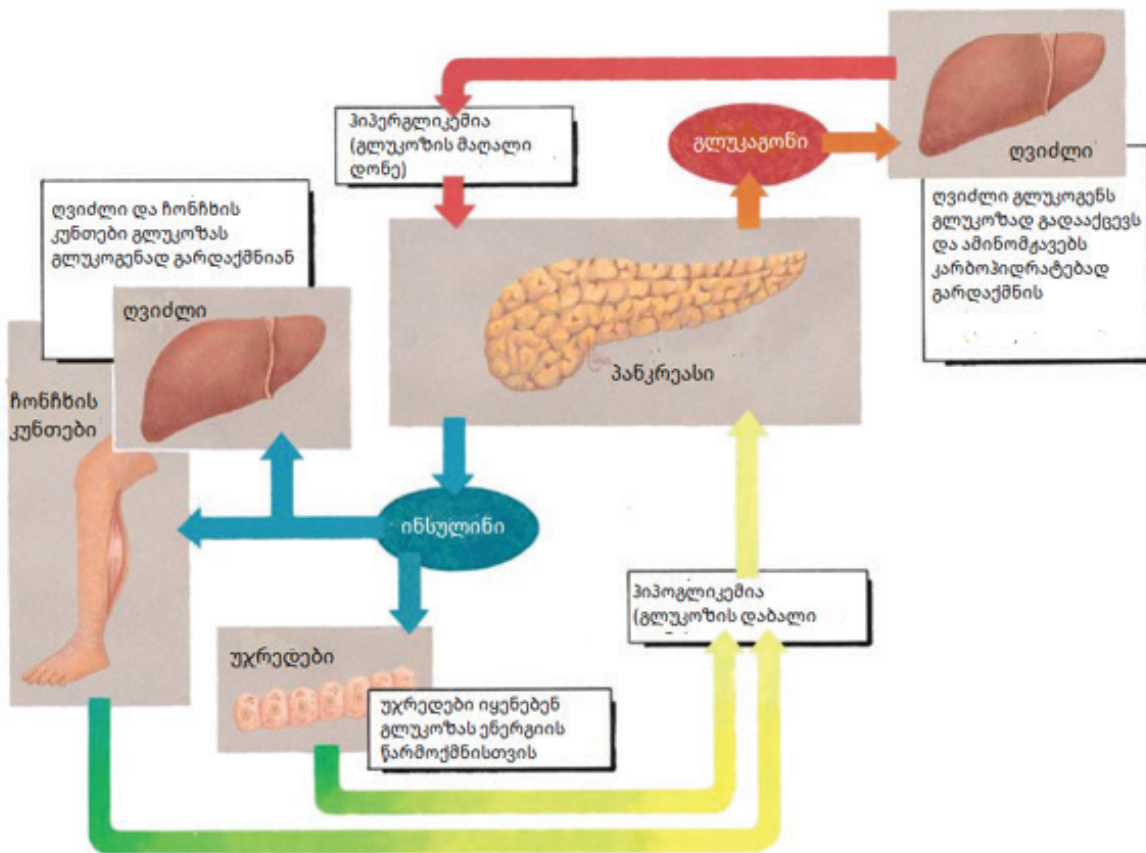


## ინსულინი

**ინსულინი**, გლუკოზისთვის უჯრედული მემბრანის განვლადობის გაზრდით, ზრდის სისხლიდან უჯრედებში გლუკოზის ტრანსპორტს (თუმცა, თავის ტვინის, ღვიძლის და თირკმლის უჯრედები, ამ პროცესის განსახორციელებლად, არ არიან დამოკიდებულნი ინსულინზე). უკვე უჯრედების შიგნით მოხვედრილი გლუკოზა, გამოიყენება უჯრედული რესპირაციისთვის - ენერჯის წარმოსაქმნელად. ღვიძლი და ჩონჩხის კუნთები, ასევე, გარდაქმნიან გლუკოზას გლიკოგენად (**გლიკოგენები**, რაც „გლიკოგენის წარმოქმნას“ ნიშნავს), რათა მოხდეს მისი შენახვა - შემდგომი მოხმარებისთვის. ინსულინი ასევე მნიშვნელოვანია სხვა ტიპის საკვების მეტაბოლიზმისთვის; ის საშუალებას აძლევს უჯრედებს ცხიმოვანი მჟავები და ამინომჟავები, ლიპიდების და პროტეინების სინთეზისთვის გამოიყენონ (არა ენერჯის პროდუქციისთვის). ინსულინის გარეშე, ლიპიდების დონე სისხლში მოიმატებდა და უჯრედები მოახდენდნენ ჭარბი ცხიმოვანი მჟავების აკუმულირებას. სისხლის გლუკოზასთან მიმართებაში, ინსულინი გლუკოზის დონის დაწევას, მისი ენერჯის გამოყენებისთვის ხელშეწყობით ახორციელებს. გლუკოზისა და გლუკაგონის ანტაგონისტური ქმედებები გამოსახულია სურათზე 10-8.

ინსულინი სასიცოცხლო ჰორმონია. ჩვენ მის გარეშე, დიდხანს ვერ ვიარსებებთ. ინსულინის, ან მისი ფუნქციების დეფიციტს შაქრიანი დიაბეტი ეწოდება, რაც განხილულია სამახსოვროში 10-3.

ინსულინის სეკრეცია **ჰიპერგლიკემიით** (სისხლში გლუკოზის მაღალი დონე) სტიმულირდება. ეს მდგომარეობა დგება საკვების, განსაკუთრებით, კარბოჰიდრატებით მდიდარი საკვები მიღების შემდეგ. როდესაც გლუკოზა წვრილი ნაწლავიდან სისხლში შეინოვება, სეკრეტირდება ინსულინი, რათა უჯრედებს მიეცეთ საშუალება, გლუკოზა დაუყოვნებლივი ენერჯის წყაროდ გამოიყენონ. ამავდროულად, ჭარბი გლუკოზა ინახება ღვიძლსა და ჩონჩხის კუნთებში.



**სურათი 10-8.** ინსულინი და გლუკაგონი და სისხლში გლუკოზის დონის შენარჩუნებასთან დაკავშირებული, მათი ფუნქციები.

**შეკითხვა:** რომელი ჰორმონი აძლევს უჯრედებს საშუალებას, გლუკოზა ენერჯის პროდუქციისთვის გამოიყენონ? რა არის ამ ჰორმონის სეკრეციის სტიმული?

სურათზე 16-7, თქვენ დელტა უჯრედებსაც შეამჩნევდით. ისინი აპროდუცირებენ ჰორმონ სომატოსტატინს, რომელიც ჰიპოთალამუსის ზრდის ჰორმონ-მაინჰიბირებელი ჰორმონის ანალოგია. პანკრეატული სომატოსტატინი ლოკალურად აინჰიბირებს ინსულინის და გლუკაგონის სეკრეციას და როგორც ჩანს, ანელებს წვრილ ნაწლავში, მონელების საბოლოო პროდუქტების აბსორბციას. პანკრეასის ჰორმონები შეჯამებულია ცხრილში 10-5.

## სამახსოვრო 10-3|შაქრიანი დიაბეტი

არსებობს ორი ტიპის **შაქრიანი დიაბეტი**: ტიპი 1 - ინსულინ-დამოკიდებული და ჩვეულებრივ, ბავშვობის ასაკში იწყება (იუვენილური ფორმა). ტიპი 2 ინსულინ-დამოკიდებული დიაბეტია და ჩვეულებრივ, ცხოვრების გვიან პერიოდში იწყება (მომწიფების შემდგომი დასაწყისი).

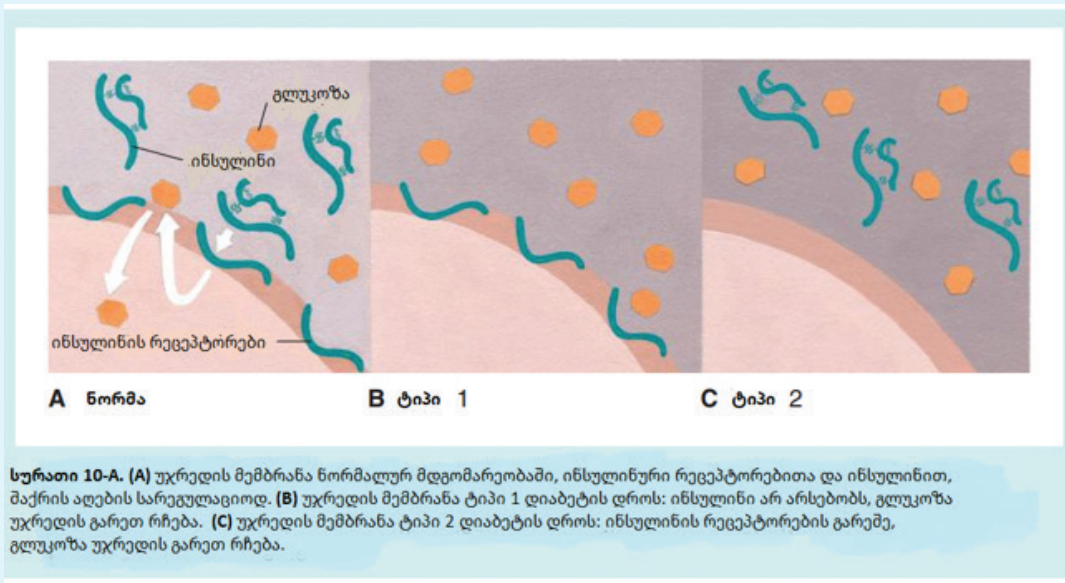
**ტიპი 1** დიაბეტი ხასიათდება ლანგერჰანის კუნძულების ბეტა-უჯრედების დესტრუქციით და ინსულინის გამოყოფის სრული დაბლოკვით (იხილეთ, სურათი 10-A); ბეტა-უჯრედების დესტრუქცია, ვირუსულ ინფექციაზე, აუტოიმუნური პასუხია. შეიძლება არსებობდეს გენეტიკური წინასწარგანწყობა, რადგან გარკვეული HLA ტიპები უფრო ხშირად გვხვდება დიაბეტთან ბავშვებში (იხილეთ, თავი 11, სამახსოვრო 11-5:ლეიკოციტების ტიპები: HLA). ინსულინი მნიშვნელოვანია ტიპი 1 დიაბეტის გასაკონტროლებლად. გრძელდება კვლევები, ზოგიერთი ბეტა უჯრედის შენარჩუნების მცდელობისთვის, იმუნოსუპრესიული მედიკამენტების გამოყენებაზე (თუ დიაგნოზი ადრეულია) და ასევე, ლეროვანი უჯრედების ტრანსპლანტაციაზე, დაკარგული ბეტა უჯრედების ჩასანაცვლებლად.

**ტიპი 2** დიაბეტის დროს, ინსულინი წარმოიქმნება, მაგრამ ვერ ხდება მისი ეფექტების უჯრედებზე გამოვლენა, რადგან უჯრედულ მემბრანებზე ინსულინის რეცეპტორები დაკარგულია (იხილეთ, სურათი 10-A). ტიპი 2 დიაბეტის დასაწყისი, ჩვეულებრივ, თანდათანობითია და რისკ-ფაქტორები მოიცავენ ოჯახურ ისტორიასა და ქარბ წონას. დაავადების გასაკონტროლებლად, შესაძლოა არ გახდეს საჭირო ინსულინის გამოყენება, არამედ იხმარება მედიკამენტები, რომლებიც საშუალებას აძლევენ ინსულინს რეაქციაში შევიდეს დარჩენილ მემბრანულ რეცეპტორებთან. დიაბეტის ოჯახური ისტორიის მქონე ადამიანებისთვის, ცხიმების დაბალი შემცველობის დიეტამ და რეგულარულმა ფიზიკურმა ვარჯიშმა, შესაძლოა, შეამციროს დაავადების განვითარების რისკი. ფიზიკური ვარჯიშის ჩვევა მთელი სიცოცხლის მანძილზე უნდა გაგრძელდეს, რაც ძალიან ღირებულია, რადგან დიაბეტი დამანგრეველი დაავადებაა.

ინსულინის, ან მისი ეფექტების გარეშე, სისხლის გლუკოზის დონე მაღალი რჩება და გლუკოზა შარდით იკარგება. რადგანაც, ამავე დროს მეტი წყალიც იკარგება, სიმპტომები მოიცავს დიდი რაოდენობით შარდის გამოყოფოს (პოლიურია) და წყურვილს (პოლიდიპსია).

ჰიპერგლიკემიის ხანგრძლივი ზემოქმედება იწვევს სისხლძარღვების გამოხატულ ცვლილებებს. კაპილარების კედლები სქელდება და აირებისა და ნუტრიენტების გაცვლა-გამოცვლა მცირდება. ყველაზე დამაზიანებელი ეფექტები კანში (განსაკუთრებით, ტერფების), ბადურასა (დიაბეტური ნეიროპათია) და თირკმელებში ვლინდება. ცუდად გაკონტროლებულმა დიაბეტმა შეიძლება მიგვიყვანოს მშრალ განგრენამდე, სიბრმავემდე და თირკმელების მძიმე დაზიანებამდე. ხშირია ათეროსკლეროზის განვითარება, რადგან ტრიგლიცერიდების მეტაბოლიზმის დარღვევა ბმამია გლუკოზის მეტაბოლიზმის დარღვევასთან. გულის შეტევის საპრევენციოდ, დიაბეტიანებმა უნდა გააკონტროლონ თავიანთი სისხლის წნევა და ქოლესტეროლის დონე. ნეიროპათია (ნერვების დაზიანება) იწვევს კანის მგრძობელობის დარღვევას და ნატიფი მოძრაობების, მაგალითად, ღილების შეკვრის, გაძნელებას. ამჟამად, სისხლის გლუკოზის მკაცრი მონიტორინგისა და ინსულინის უფრო ხშირი გამოყენებით, დიაბეტიანი პაციენტების უმრავლესობისთვის, შესაძლებელია ქსოვილების ამ ტიპის დაზიანებების პრევენცია. ხელმისაწვდომია ინსულინის ტუმბოები, რომლებიც მაქსიმალურადაა მიმსგავსებული ინსულინის ბუნებრივ სეკრეციასთან.

ტიპი 1 დიაბეტის სერიოზული პოტენციური პრობლემა **კეტოაციდოზია**. როდესაც გლუკოზის გამოყენება ენერჯისთვის ვეღარ ხდება, ორგანიზმი ცხიმებსა და პროტეინებზე გადაირთვება, რომლებიც ღვიძლის მიერ კეტონებად გარდაიქმნებიან. კეტონები ორგანული მჟავებია (აცეტონი, აცეტომარმჟავა), რომელთა გამოყენება შესაძლებელია უჯრედული რესპირაციისთვის, მაგრამ უჯრედებს არ აქვთ მათი სწრაფი უტილიზაციის უნარი. ამის გამო ისინი სისხლში აკუმულირდებიან. კეტონები მჟავებია, რომლებიც აკუმულაციის შემთხვევაში, ინვევენ pH-ის დაქვეითებას. თირკმელები ახდენენ ჭარბი კეტონების ექსკრეციას, მაგრამ ამასთან ერთად, მეტ წყალსაც გამოყოფენ, რასაც დეჰიდრატაციამდე და აციდოზის დამძიმებამდე მივყავართ. ინსულინისა (რომელიც უზრუნველყოფს გლუკოზის გამოყენებას) და ინტრავენური გადასხმების (სისხლის მოცულობის აღსადგენად) გარეშე, კეტოაციდოზი კომამდე და სიკვდილამდე პროგრესირებს.



## ადრენალური ჯირკვლები

ორი **ადრენალური ჯირკვალი**, მდებარეობს თითოეული თირკმლის თავზე, რომელიც მათ მეორე სახელს, **თირკმელზედა ჯირკვლის**, სახელს ანიჭებს. თითოეული ადრენალური ჯირკვალი ორი ნაწილისგან შედგება: შიდა, ადრენალური მედულა და გარე - ადრენალური კორტიქსი. თითოეული ნაწილის მიერ პროდუცირებულ ჰორმონებს ძალიან განსხვავებული ფუნქციები აქვთ.

## ადრენალური მედულა

**ადრენალური მედულის** უჯრედები ასეკრეტირებენ ეპინეფრინსა და ნორეპინეფრინს, რომლებსაც ერთობლივად, **კატექოლამინები** ეწოდებათ და **სიმპატომიმეტურები** არიან. ორივე ჰორმონის სეკრეცია სტიმულირდება, ჰიპოთალამუსიდან წამოსული, სიმპათიკური იმპულსების საშუალებით და მათი ფუნქციები ახდენენ ავტონომიური ნერვული სისტემის სიმპათიკური განყოფილების დუბლირებას და გახანგრძლივებას.

### ეპინეფრინი და ნორეპინეფრინი

ორივე, ეპინეფრინი (ადრენალინი) და ნორეპინეფრინი (ნორადრენალინი) სტრესულ სიტუაციებში სეკრეტირდება და ეხმარება ორგანიზმს მოემზადოს „ბრძოლის, ან გაქცევისთვის“. **ნორეპინეფრინი** მცირე რაოდენობით გამოიყოფა და მისი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქცია კანის, შინაგანი ორგანოების და ჩონჩხის კუნთების ვაზოკონსტრიქციაა (მთელი სხეულის ფარგლებში), რაც ინვევს სისხლის წნევის აწევას.



**ცხრილი 10-5 | პანკრეასის ჰორმონები**

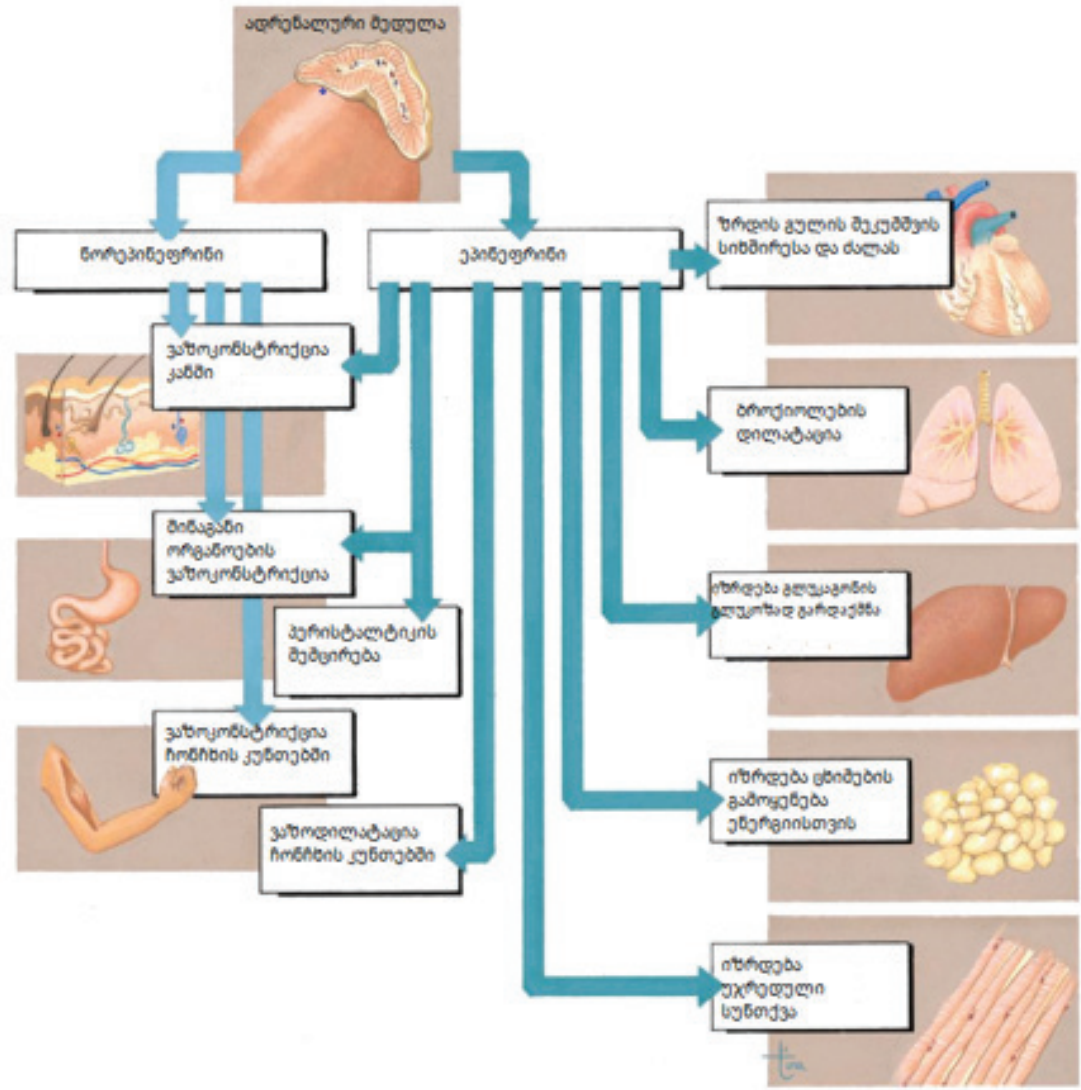
ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
გლუკაგონი (ალფა უჯრედები)	ღვიძლში ზრდის გლუკაგონის გლუკოზად გარდაქმნას.	ჰიპოგლიკემია
	ზრდის ჭარბი ამინომჟავებისა და ცხიმების გამოყენებას ენერჯისთვის.	
ინსულინი (ბეტა უჯრედები)	ზრდის უჯრედის გლუკოზის ტრანსპორტს და გლუკოზის გამოყენებას ენერჯის პროდუქციისთვის.	ჰიპერგლიკემია
	ღვიძლსა და ჩონჩხის კუნთებში, ზრდის ჭარბი გლუკოზის გარდაქმნას გლუკაგონად.	
	ზრდის უჯრედებში ამინომჟავების ტრანსპორტს და მათ გამოყენებას სინთეზის რეაქციებისთვის.	
სომატოსტატინი (დელტა უჯრედები)	აქვეითებს ინსულინისა და გლუკაგონის სეკრეციას.	ინსულინისა და გლუკაგონის დონის გაზრდა
	აქვეითებს ნუტრიენტების აბსორბციას.	

**ცხრილი 10-6 | ადრენალური მედულის ჰორმონები**

ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
ნორეპინეფრინი	ინვევს კანის, შინაგანი ორგანოების და ჩონჩხის კუნთების ვაზოკონსტრიქციას.	სიმპათიკური იმპულსები ჰიპოთალამუსიდან, სტრესულ სიტუაციებში
ეპინეფრინი	ზრდის გულისცემის სიხშირესა და შეკუმშვის ძალას.	სიმპათიკური იმპულსები ჰიპოთალამუსიდან, სტრესულ სიტუაციებში
	ინვევს ბრონქიოლების დილატაციას.	
	აქვეითებს პერისტალტიკას.	
	ღვიძლში ზრდის გლუკაგონის გლუკოზად გარდაქმნას.	
	ინვევს ჩონჩხის კუნთების ვაზოდილატაციას.	
	ინვევს კანისა და შინაგანი ორგანოების ვაზოკონსტრიქციას.	

	ზრდის ცხიმების გამოყენებას ენერგიისთვის.	
	ზრდის უჯრედული სუნთქვის სიჩქარეს.	

ეპინეფრინი, უფრო დიდი რაოდენობით სეკრეტირდება და იწვევს გულის რიტმისა და შეკუმშვის ძალის გაზრდასა და კანისა და შინაგანი ორგანოების ვაზოკონსტრიქციას და ჩონჩხის კუნთების ვაზოდილაციას. ის, ასევე, იწვევს ბრონქიოლების დილაციას, აქვეითებს პერიტალტიკას, ასტიმულირებს ღვიძლს გარდაქმნას გლუკაგონი გლუკოზად, ზრდის ცხიმების გამოყენებას ენერგიისთვის და ზრდის უჯრედული რესპირაციის სიჩქარეს. ამ ეფექტებიდან ბევრი მართლაც სიმპათიკური იმპულსების გამოძახილია, ასე არაა? სტრესზე პასუხი იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ორგანიზმი ადუბლირებს ზოგიერთ ქმედებებს (რაც ნიშნავს, რომ ის აჭარბებს აუცილებელ ქმედებებს, ან იმეორებს თავის თავს) და გააჩნია, როგორც ნერვული, ისე ჰორმონალური მექანიზმები. სინამდვილეში ეპინეფრინი ნერვულ სისტემაზე უფრო ეფექტურია, რადგან ჰორმონი მეტად ზრდის ენერგიის პროდუქციასა და გულის დარტყმით მოცულობას. ადრენალური მედულის ჰორმონები შეჯამებულია ცხრილში 10-6, მათი ფუნქციები კი გამოსახულია სურათზე 10-9.



**სურათი 10-9** ეპინეფრინის და ნორეპინეფრინის ფუნქციები.  
**შკიტიზა:** ჩონჩხის კუნთებზე ეპინეფრინისა და ნორეპინეფრინის ეფექტები ერთნაირია? ახსენით პასუხი

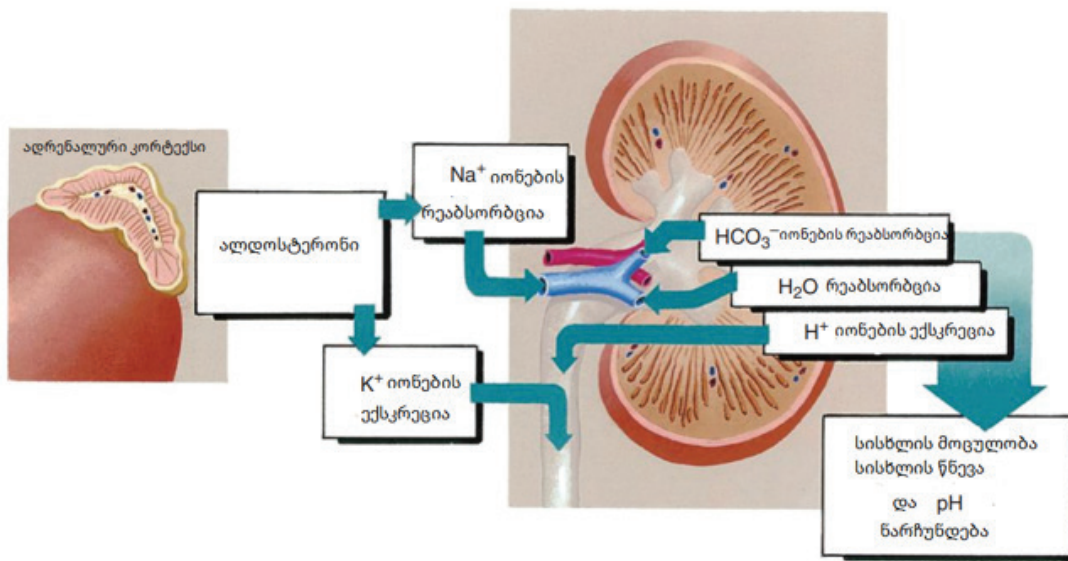
## ადრენალური კორტექსი

**ადრენალური კორტექსი** ასეკრეტირებს სამი ტიპის სტეროიდულ ჰორმონს: მინერალოკორტიკოიდებს, გლუკოკორტიკოიდებს და სასქესო ჰორმონებს. სასქესო ჰორმონები, „მდედრობითი“ ესტროგენები და „მამრობითი“ ანდროგენები (ტესტოსტერონის მსგავსი), ძალიან მცირე რაოდენობით წარმოიქმნებიან და მათი მნიშვნელობა ზუსტად დადგენილი არ არის. ისინი შეიძლება ხელს უწყობდნენ, ადრეულ პუბერტატულ ასაკში, სხეულის სწრაფ ზრდას. ისინი, ასევე, შეიძლება მნიშვნელოვანი იყვნენ ესტროგენების მიწოდებაში, ქალებისთვის, მენოპაუზის შემდეგ და მამაკაცებისთვის, მთელი სიცოცხლის განმავლობაში (იხილეთ, ამ თავის შემდეგ ნაწილში „ესტროგენი“).

ადრენალური კორტექსის სხვა ჰორმონების ფუნქციები კარგადაა შესწავლილი. ორივე ტიპის ჰორმონები წარმოიქმნებიან სტრუსულ სიტუაციებში და სასიცოცხლო ჰორმონებად განიხილება.

### ალდოსტერონი

**ალდოსტერონი** ყველაზე ჭარბი **მინერალოკორტიკოიდი** და ჩვენ მას ამ ჯგუფის სხვა ჰორმონების წარმომადგენლად გამოვიყენებთ. ალდოსტერონის სამიზნე ორგანო თირკმელეობია, თუმცა ცნობილია მისი მეორადი, ან არაპირდაპირი ეფექტებიც. ალდოსტერონი ზრდის თირკმლის მილაკებში ნატრიუმის რეაბსორბციას და კალიუმის სეკრეციას; ეს პირდაპირი ეფექტია. ნატრიუმის იონები ( $\text{Na}^+$ ) სისხლში ბრუნდებიან, ხოლო კალიუმის იონები ( $\text{K}^+$ ) შარდში ექსკრეტირდებიან. შეხედეთ სურათს 10-10 შემდეგი ნაწილის ნაკითხვისას.



**სურათი 10-10.** ალდოსტერონის ფუნქციები. ნაჩვენებია პირდაპირი და არაპირდაპირი ფუნქციები.

**შეკითხვა:** რომელ იონებზე აქვს ალდოსტერონს პირდაპირი ეფექტი და რა ეფექტია ეს?

რადგან  $\text{Na}^+$  იონები რეაბსორბირდებიან, სანაცვლოდ შეიძლება მოხდეს წყალბადის იონების ( $\text{H}^+$ ) ექსკრეტირება. ეს,  $\text{H}^+$  იონების აკუმულაციის საპრევენციოდ, ერთ-ერთი მექანიზმია, რადგან მათმა დაგროვებამ შეიძლება გამოიწვიოს სხეულის სითხეების აციდოზი.  $\text{Na}^+$  იონების რეაბსორბციასთან ერთად, უარყოფითი იონები, როგორებიცაა ქლორი ( $\text{Cl}^-$ ) და ბიკარბონატიც ( $\text{HCO}_3^-$ ),  $\text{Na}^+$  იონებს უკან სისხლში მიყვებიან და ოსმოსის გამო, წყალიც მათ მისდევს. ალდოსტერონის არაპირდაპირი ეფექტი, თირკმელების მიერ წყლის რეაბსორბცია, ძალიან მნიშვნელოვანია სისხლის ნორმალური მოცულობისა და წნევის შესანარჩუნებლად. შეჯამების სახით, ალდოსტერონი პირდაპირად ინარჩუნებს სისხლში ნატრიუმისა და კალიუმის ნორმალურ დონეებს და არაპირდაპირად, ან მეორეული ეფექტით, ხელს უწყობს სისხლის pH-ის, წნევისა და მოცულობის შენარჩუნებას.



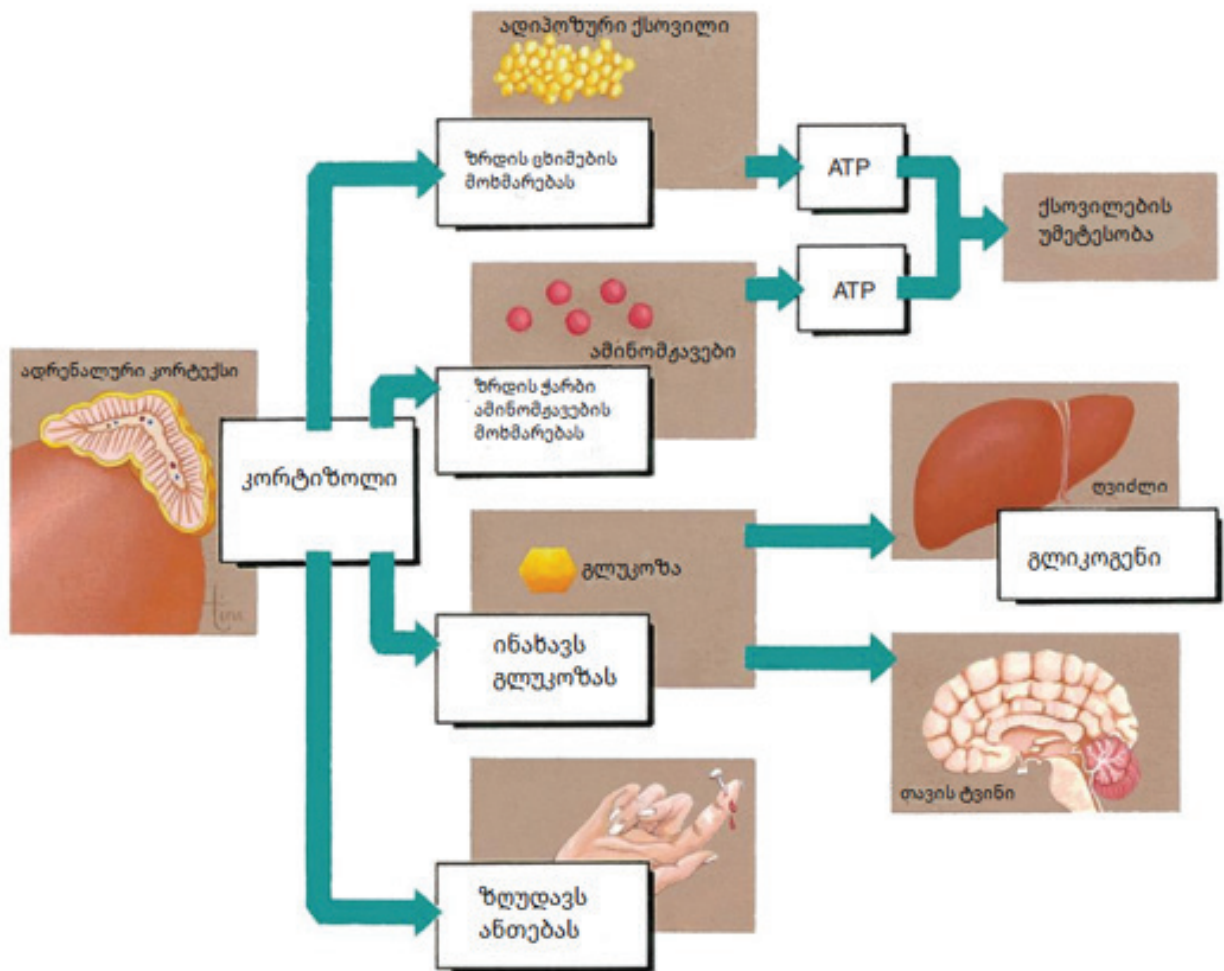
აღდოსტერონის სეკრეციაზე რამდენიმე ფაქტორი მოქმედებს. ეს ფაქტორებია ნატრიუმის დეფიციტი, სისხლის დაკარგვით, ან დეჰიდრატაციით გამოწვეული არტერიული ჰიპოტენზია, ან სისხლში კალიუმის დონის გაზრდა. სისხლის მოცულობის, ან წნევის დაქვეითება აქტივებს თირკმელების **რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმს**. ეს მექანიზმი განხილულია მე-13 და მე-18 თავებში; ახლა მხოლოდ იმას ვიყვებით, რომ პროცესი მთავრდება **ანგიოტენზინ II**-ის წარმოქმნით, რომელიც იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და ასტიმულირებს თირკმელზედა ჯირკვლების ქერქის მიერ, აღდოსტერონის სეკრეციას. შემდეგ აღდოსტერონი ზრდის, თირკმელების მიერ, ნატრიუმისა და წყლის შენარჩუნებას, რითაც ხელს უწყობს სისხლის მოცულობისა და წნევის ნორმამდე აღდგენას.

### **კორტიზოლი**

**კორტიზოლს** ჩვენ **გლუკოკორტიკოიდების** წამომადგენლად განვიხილავთ, რადგან ის არის პასუხისმგებელი ამ ჯგუფის უმეტეს ქმედებებზე (იხილეთ, სურათი 10-11). კორტიზოლი ზრდის ცხიმების და ქარბი ამინომჟავების (გლუკონეოგენი) ენერგიისთვის გამოყენებას და ამცირებს გლუკოზის გამოყენებას. ამას გლუკოზის-დამზოგველი ეფექტი ეწოდება და ის მნიშვნელოვანია, რადგან გლუკოზი თავის ტვინისთვის ინახება. კორტიზოლი ნებისმიერი ტიპის ფიზიოლოგიური სტრესის დროს გამოიყოფა: ტრავმა, სისხლდენა, შიში, ან გაბრაზება, ფიზიკური ვარჯიში და შიმშილი. მიუხედავად იმისა, რომ სხეულის უჯრედების უმეტესობას, უჯრედული სუნთქვისთვის, შეუძლიათ ცხიმებისა და ქარბი ამინომჟავების გამოყენება, თავის ტვინის უჯრედებს ამის უნარი არ აქვთ - მათ გლუკოზი სჭირდებათ. იმის გამო, რომ კორტიზოლი სხვა უჯრედებს ენერგიის ალტერნატიული წყაროების გამოყენების საშუალებას აძლევს, უზრუნველყოფს, რომ არსებული გლუკოზი თავის ტვინს მოხმარდეს.

კორტიზოლს **ანტიანთებითი** ეფექტიც აქვს. ანთების დროს, დაზიანებული ქსოვილებიდან გამოყოფილი **ჰისტამინი** და პოხიერი უჯრედები, კაპილარების კედლებს უფრო განვლადს ხდიან და დაზიანებული ქსოვილების ლიზოსომები გამოყოფენ თავიანთ ენზიმებს; ეს ენზიმები იწვევენ დაზიანებული ქსოვილის დაშლას და ეხმარებიან მაკროფაგებს მათგან განმეინდაში, თუმცა შესაძლოა გამოიწვიონ მიმდებარე ჯანმრთელი ქსოვილის დაზიანებაც. კორტიზოლი ახდენს ჰისტამინის ეფექტების დაბლოკვას და ლიზოსომური მემბრანების სტაბილიზაციას, რითაც უზრუნველყოფს ქსოვილების ქარბი დესტრუქციის პრევენციას. გარკვეულ ნერტილამდე, ანთება სასარგებლო პროცესი და პირველი მნიშვნელოვანი ნაბიჯია ქსოვილების აღდგენისთვის. თუმცა, ის შესაძლოა დაზიანების, ანთების, კიდევ უფრო მეტი დაზიანების, მეტი ანთების და ა.შ. მანკიერი წრე გახდეს - პოზიტიური უკუკავშირის მექანიზმი. გაიხსენეთ, რომ ნებისმიერი პოზიტიური უკუკავშირის მექანიზმი საჭიროებს გარეგან მუხრუჭს. ითვლება, რომ კორტიზოლის ნორმალური სეკრეცია ამ პროცესის გარეგანი მუხრუჭია, რითაც ის ახდენს ანთების ლიმიტირებას, რაც სასარგებლოა ქსოვილოვანი აღდგენისა და ქსოვილების გადაჭარბებული დესტრუქციის პრევენციისთვის. თუმცა, ძალიან ბევრი კორტიზოლი აქვეითებს იმუნურ პასუხს, რაც ორგანიზმს ინფექციების მიმართ მიდრეკილს ხდის და მნიშვნელოვნად ანელებს დაზიანებული ქსოვილის შეხორცებას (იხილეთ, სამახსოვრო 10-4: ადრენალური ჯირკვლის დარღვევები).

კორტიზოლის სეკრეციის პირდაპირი სტიმული, წინა ჰიპოფიზიდან **ACTH**-ის გამოთავისუფლებაა, რომელიც თავის მხრივ, სტიმულირდება ჰიპოთალამუსის კორტიკოტროპინ-რელიზინგ ჰორმონით (**CRH**). **CRH** პროდუცირდება, ზემოთ აღწერილი, ფიზიოლოგიური სტრესული სიტუაციების დროს. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ ხშირად ვფიქრობთ, რომ ფიზიოლოგიურ სტრესთან გამკლავებისთვის მნიშვნელოვანი ჰორმონი ეპინეფრინია, კორტიზოლიც მნიშვნელოვანია. ადრენალური კორტიქსის ჰორმონები შეჯამებული ცხრილში 10-7.



სურათი 10-11. კორტიზოლის ფუნქციები

**შეკითხვა:** საკვების რომელ ტიპს მოიხმარენ უნერჯისთვის ქსოვილების უმეტესობა? რომელი ტიპის საკვები ინაზება?

## სამახსოვრო 10-4 | ადრენალური კორტექსის დარღვევები

**ადისონის დაავადება** ადრენალური კორტიკალური ჰორმონების ჰიპოსეკრეციაა. შემთხვევების უმეტესობა იდიოპათიურია, რაც ნიშნავს, რომ მიზეზი უცნობია; ადრენალური კორტექსის ატროფია აქვეითებს ორივე ჰორმონის - კორტიზოლისა და ალდოსტერონის სეკრეციას.

კორტიზოლის დეფიციტი ხასიათდება ჰიპოგლიკემიით, გლუკონეოგენეზის დაქვეითებით და ღვიძლში გლუკაგონის გამოფიტვით. გამოსავალი კუნთოვანი სისუსტე და ფიზიოლოგიური სტრესისადმი წინააღმდეგონის განევის უუნარობაა. ალდოსტერონის დეფიციტი იწვევს კალიუმის შენარჩუნებასა და ნატრიუმის და წყლის ექსკრეციას. შედეგი, მძიმე დეჰიდრატაცია და სისხლის დაბალი წნევაა. მკურნალობის გარეშე, დადგება ცირკულატორული შოკი და სიკვდილი. მკურნალობა მოიცავს ჰიდროკორტიზონის დანიშვნას; მაღალ დოზებში, ეს ასევე მოახდენს ალდოსტერონის დეფიციტის კომპენსაციას.

**კუშინგის სინდრომი** ადრენალური კორტექსის ჰორმონების, ძირითადად, კორტიზოლის, ჰიპერსეკრეციაა. მიზეზი, შესაძლოა ჰიპოფიზური სიმსივნე, რომელიც ზრდის ACTH-ის სეკრეციას, ან თავად ადრენალური კორტექსის სიმსივნე იყოს.

ჭარბი კორტიზოლი ხელს უწყობს ცხიმების ტორსში დაგროვებას, მაშინ როდესაც კიდურები წვრილი რჩება. კანი თხელი და მყიფე ხდება და შეხორცების პროცესი ნელდება. ძვლებიც მყიფე ხდებიან, რადგან დაჩქარებულია ოსტეოპოროზი. ამ სინდრომისთვის, ასევე, დამახასიათებელია სახის მომრგვალება. მკურნალობის მიზანია ჰიპერსეკრეციის მიზეზის მოცილება, პიპოფიზის სიმსივნე იქნება ეს, თუ თირკმელზედასი.

კუშინგის სინდრომი იმ პაციენტებშიც შეიძლება განვითარდეს, რომლებიც კორტიკოსტეროიდებს სამკურნალო მიზნებისთვის იღებენ. პაციენტებს, ტრანსპლანტაციური ორგანოებით, რევმატიოიდიული ართრიტი, ან მძიმე ასთმით, რომლებსაც კორტიკოსტეროიდების მიღება სჭირდებათ, შეიძლება ნებისმიერი ზემოთ აღწერილი სიმპტომი განუვითარდეთ. ასეთ შემთხვევაში, უნდა მოხდეს ამ მედიკამენტების ზიან-სარგებლის შეფასება.

## საკვერხეები

**საკვერცხეები** მენჯის ღრუში მდებარეობენ, თითო-თითო - საშვილოსნოს ორივე მხარეს. საკვერცხეების მიერ წარმოებული ჰორმონებია: სტეროიდები - ესტროგენი და პროჟესტერონი და პროტენი - ინჰიბინი. მიუხედავად, იმისა, მათი ფუნქციები მე-20 და 21-ე თავებში განიხილება, ზოგიერთ მათგანს აქ მოკლედ შევეხებით.

## ესტროგენი

**ესტროგენი** საკვერცხეების ფოლიკულური უჯრედების მიერ სეკრეტირდება. სეკრეცია სტიმულირდება ნინა ჰიპოფიზის FSH-ის მიერ. ესტროგენი ხელს უწყობს საკვერცხის ფოლიკულებში კვერცხუჯრედის მომწიფებას და ასტიმულირებს, კვერცხუჯრედის შესაძლო განაყოფიერებისთვის, საშვილოსნოს ენდომეტრიუმის სისხლძარღვების ზრდას.

ქალებში, **მეორადი სასქესო ნიშნებიც**, ესტროგენის საპასუხოდ ვითარდებიან. ეს გულისხმობს სარძევე ჯირკვლების სადინარული სისტემის განვითარებას, საშვილოსნოს გაზრდას და თეძობსა და ბარდაყებში კანქვეშა ცხიმის ჩალაგებას. გრძელი ძვლების ეპიფიზალური დისკების დახურვაც ესტროგენის ზეგავლენით ხდება, რაც ინვეს ძვლების ზრდის შეწყვეტას. მიჩნეულია, რომ ესტროგენი განაპირობებს სისხლში ქოლესტეროლისა და ტრიგლიცერიდების დონის შემცირებას. მენოპაუზამდე პერიოდში, ამას თავის სარგებელი აქვს, რადგან მცირდება ათეროსკლეროზისა და კორონარული არტერიების განვითარების რისკი.

განიხილება, რომ ესტროგენი აღარ ჩაითვალოს მარტო „მდედრობით“ ჰორმონად. როგორც ჩანს, ესტროგენს მრავალ ორგანოზე აქვს გავლენა, მათ შორის, თავის ტვინზე, გულსა და სისხლძარღვებზე. თავის ტვინში, სათესლეებში, ან ადრენალურ კორტექსში პროდუცირებული ტესტოსტერონი, შესაძლოა ესტროგენად გარდაიქმნას, რასაც შეიძლება დიდი მნიშვნელობა ჰქონდეს მეხსიერებისთვის, განსაკუთრებით ხანდაზმულებში. როგორც ჩანს, ესტროგენს, ქალებშიც და მამაკაცებშიც, არარეპროდუქციული ეფექტებიც გააჩნია (როგორცაა, ცხიმის შენახვაზე ზეგავლენა), თუმცა ეს მექანიზმები, ისე დაწვრილებით არაა შესწავლილი, როგორც ქალებში ესტროგენის რეპროდუქციული ფუნქციები.

## ცხრილი 10-7 | ადრენალური კორტექსის ჰორმონები

ჰორმონი	ფუნქცია (ები)	სეკრეციის რეგულაცია
ალდოსტერონი	ზრდის თირკმელების მიერ სისხლში $\text{Na}^+$ იონების რეაბსორბციას.	სისხლში $\text{Na}^+$ -ის დაბალი დონე
	ამცირებს თირკმელების მიერ $\text{K}^+$ იონების ექსკრეციას.	დაქვეითებული სისხლის მოცულობა და წნევა



		სისხლში $K^+$ -ის დაბალი ზედა ზღვარი
კორტიზოლი	ზრდის ცხიმებისა და ქარბი ამინომჟავების ენერჯისთვის გამოყენებას.	ACTH (ნინა ჰიპოფიზი) ფიზიოლოგიური სტრესის დროს
	აქვეითებს გლუკოზის ენერჯისთვის გამოყენებას (გარდა, თავის ტვინისა)	
	ზრდის ღვიძლში გლუკოზის გლიკოგენად გარდაქმნას.	
	ანტიანთებითი მოქმედება - ასტაბილურებს ლიზოსომებს და ახდენს ჰისტამინის ეფექტების დაბლოკვას	

## პროჟესტერონი

როდესაც მომნიშვეული საკვერცხის ფოლიკული კვერცხუჯრედს გამოათავისუფლებს, ის **ყვითელ სხეულად** გარდაიქმნება და იწყებს **პროჟესტერონის** სეკრეციას. ეს პროცესი სტიმულირდება ნინაჰიპოფიზის LH-ის მიერ.

როგორც ჩანს, პროჟესტერონი ძალიან მნიშვნელოვანია ადრეული კვერცხუჯრედის (მე-5-დან მე-8 დღემდე) საშვილოსნოს ენდომეტრიუმში იმპლანტაციისთვის. ის ასევე, ხელს უწყობს გლიკოგენის შენახვას და ენდომეტრიუმში სისხლძარღვების ზრდას, რომელიც ამის შედეგად, პოტენციურ პლაცენტად გადაიქცევა. სარძევე ჯირკვლების სეკრეტორული უჯრედებიც ესტროგენის გავლენით ვითარდებიან.

ორივე, პროჟესტერონიც და ესტროგენიც, ორსულობის დროს, პლაცენტის მიერ სეკრეტირდებიან. ეს ფუნქციები განხილულია 21-ე თავში.

## ინჰიბინი

ყვითელი სხეული სხვა ჰორმონსაც ასეკრეტირებს, რომელსაც ინჰიბინი ეწოდება. **ინჰიბინი** აქვეითებს ნინა ჰიპოფიზის მიერ FSH-ის და ჰიპოთალამუსის მიერ, GnRH-ის სეკრეციას.

## სათესლეები

**სათესლეები**, სათესლე პარკში, სკროტუმში არიან განლაგებუნი. ისინი გამოიმუშავენ ორ ჰორმონს: ტესტოსტერონსა და ინჰიბინს.

## ტესტოსტერონი

**ტესტოსტერონი** სათესლეების ინტერსტიციული უჯრედების მიერ გამოიმუშავებული სტეროიდული ჰორონია. მისი სეკრეციის სტიმულატორი ნინაჰიპოფიზის LH-ია.

ტესტოსტერონი ხელს უწყობს, სათესლე ჯირკვლების სათესლე არხებში გადაადგილებას, სპერმის მომნიშვებას. პროცესი პუბერტატულ ასაკში იწყება და მთელი ცხოვრება გრძელდება. მომნიშვების ასაკში, ტესტოსტერონი განაპირობებს **მეორადი სასქესო ნიშნების** განვითარებას. ეს მოიცავს ყველა რეპროდუქტიული ორგანოს გაზრდას, სახისა და სხეულის თმიანი საფარველის განვითარებას, ხორხის გაზრდას და ხმის დაბოხებას და ჩონჩხის კუნთების (ცილების სინთეზი) გაზრდას. ტესტოსტერონი, ასევე, განაპირობებს გრძელი ძვლების ეპიფიზების დახურვას.

## ინჰიბინი

ჰორმონი ინჰიბინი პროდუცირდება სათესლე ჯირკვლების სუსენტაკულარული უჯრედების მიერ, ტესტოსტერონის დონის გაზრდის საპასუხოდ. ინჰიბინის ფუნქცია წინაჰიპოფიზის FSH-ის სეკრეციის შემცირებაა. ინჰიბინის, ტესტოსტერონისა და წინაჰიპოფიზის ჰორმონების ურთიერთქმედება, მუდმივი სიჩქარის, სპერმატოგენეზის შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

## სხვა ჰორმონები

**მელატონინი** პინეალური ჯირკვლის მიერ პროდუცირებული ჰორმონია, რომელიც თავის ტვინის მესამე პარაკუჭის უკან მდებარეობს. მელატონინის სეკრეცია უფრო მეტია სიბნელეში და მცირდება თვალეში სინათლის მოხვედრის და ბადურიდან იმპულსების ჰიპოთალამუსში გადაცემისას. ბადურა, ასევე, წარმოშობს მელატონინს, რაც როგორც ჩანს, განაპირობებს თვალის ფერს. პინეალური ჯირკვალი, ჰიპოთალამუსის ბიოლოგიურ საათთან ერთად მუშაობს. სხვა ძუძუმწოვრებში, მელატონინი ხელს უწყობს სეზონური რეპროდუქციული ციკლების რეგულირებას. ადამიანებში, მელატონინი უთუოდ ასტიმულირებს ძილის დანყებას და ზრდის მის ხანგრძლივობას. სხვა ეფექტები, როგორებიცაა იმუნური სისტემის გაძლიერება და დაბერების პრევენცია, ჯერ-ჯერობით, ფაქტებით არაა დამტკიცებული.

ზოგიერთი ორგანო გამოიმუშავებს ჰორმონებს, რომლებსაც მხოლოდ ერთი, ან ორი სამიზნე ორგანო აქვთ. ასე მაგალითად, ჩონჩხის კუნთები გამოიმუშავებენ ირისინს, რომელიც მოქმედებს ადიპოციტებზე და ადიპოზური ქსოვილი წარმოქმნის მადის დამთრგუნველ ჰორმონს, ლეპტინს. კუჭი და თორმეტგოჯა გამოყოფენ ჰორმონებს, რომლებიც არეგულირებენ მონელეზის გარკვეულ ასპექტებს (პანკრეასის და ღვიძლის ფუნქციონირება) და მადას. თიმუსი აპროდუცირებს იმუნური სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის საჭირო ჰორმონებს. თირკმელი წარმოქმნის ჰორმონს, რომელიც გავლენას ახდენს ძვლის წითელ ტვინში ერთროციტების პროდუქციის სტიმულაციაზე. ყველა ეს ჰორმონი განხილული იქნება შემდეგ თავებში.

## პროსტაგლანდინები

**პროსტაგლანდინებს (PG)**, თავიანთი მემბრანების ფოსფოლიპიდებისგან, პრაქტიკულად ყველა უჯრედი აპროდუცირებს. სხვა ჰორმონებისგან ისინი იმით განსხვავდებიან, რომ სამიზნე ორგანოებამდე სისხლით არ ცირკულირდებიან და მოქმედებენ ლოკალურად, წარმოქმნის ადგილზე.

მრავალი სხვადასხვა ტიპის პროსტაგლანდინი არსებობს, რომლებიც სხვადასხვა ლათინური ასოებით სახელდებიან. პროსტაგლანდინებს ბევრი სხვადასხვა ფუნქცია აქვთ და ჩვენ, მხოლოდ, რამდენიმეს ჩამოვთვლით. როგორც ცნობილია, ისინი ჩართულნი არიან ანთების პროცესში, ტკივილის მექანიზმებში, ვაზოკონსტრიქციასა და ვაზოდილატაციაში, საშვილოსნოს შეკუმშვაში, რეპროდუქციაში, მომწიფებელი ჯირკვლების სეკრეციასა და საკვების მეტაბოლიზმში. თანამდროვე კვლევები ფოკუსირებულია პროსტაგლანდინების ნორმალური ფუნქციონირების განსაზღვრაზე, იმ იმედით, რომ ბევრ მათგანს საბოლოოდ კლინიკური გამოყენება ექნება.

ერთმა ნაცნობმა მაგალითმა შესაძლოა მოახდინოს პროსტაგლანდინების მრავალმხრივი აქტივობების ილუსტრაცია. მცირე ტკივილის დროს, როგორიცაა თავის ტკივილი, ბევრი ადამიანი ასპირინს იღებს. ასპირინი ახდენს ტკივილის მექანიზმებში ჩართული პროსტაგლანდინების სინთეზის ინჰიბირებას და ჩვეულებრივ, ხსნის ტკივილს. ზოგიერთ პაციენტს, მაგალითად რევმატიკური ათრორითით გამოწვეული ტკივილისა და ანთების მოსახსნელად, ასპირინის მაღალი დოზებით მიღება შეიძლება დასჭირდეს. ამ პაციენტებს შესაძლოა ადვილად განუვითარდეთ სისხლჩაქცევები, რადგან სისხლის შედედება დარღვეულია. ესეც, ასპირინის ეფექტია, რომელიც ახდენს შედედებაში ჩართული პროსტაგლანდინების ინჰიბირებას.

## ჰორმონების მოქმედების მექანიზმები

ჰორმონების თავიანთ სამიზნე ორგანოებზე მოქმედება, რიგ რთულ პროცესებს მოიცავს, რომლებსაც აქ მარტივად განვიხილავთ.

ყველა ჰორმონი სისხლში სეკრეტირდება და სხეულში ცირკულირდება. რა განსაზღვრავს იმოქმედებს თუ არა ჰორმონი კონკრეტულ ორგანოსა, თუ ქსოვილზე? რა ხდის უჯრედს სამიზნედ? სამიზნედ გახდომას განაპირობებს უჯრედში რეცეპტორების არსებობა, რომელსაც ჰორმონი უნდა მოერგოს. ჰორმონი ჯერ უნდა მიუერთდეს, უჯრედის ზედაპირზე, ან შიგნით არსებულ, მისთვის განკუთვნილ რეცეპტორს. უჯრედები ზოგიერთ ჰორმონს პასუხობენ და ზოგიერთს არა, რადგან მათ აქვთ, ან არ აქვთ, სპეციფიკური რეცეპტორები, რომლებიც პროტეინებს წარმოადგენენ. რეცეპტორული პროტეინები შეიძლება იყვნენ მემბრანის ნაწილი, ან მდებარეობდნენ სამიზნე უჯრედის ციტოპლაზმის, ან ბირთვის შიგნით. ჰორმონი მხოლოდ იმ უჯრედებზე იმოქმედებს, რომლებიც მის შესაბამის რეცეპტორებს შეიცავენ. ასე მაგალითად, ლვიძლის უჯრედებს გააჩნიათ მემბრანული რეცეპტორები ინსულინის, გლუკაგონის, ზრდის ჰორმონისა და ეპინეფრინისთვის; ძვლოვან უჯრედებს - ზრდის ჰორმონის, PTH-ის, და კალციტონინისთვის. საკვერცხეებისა და სათესლეების უჯრედებს, არ აქვთ რეცეპტორები PTH-თვის, მაგრამ აღენიშნებათ - FSH-ისა და LH-თვის, რომლებიც ლვიძლის უჯრედებს არ გააჩნიათ. მას შემდეგ, რაც ჰორმონი სამიზნე ორგანოს რეცეპტორს მიეზღება, სხვა რეაქციები იწყება (იხილეთ, სურათი 10-12).

## ორ-მესენჯერიანი მექანიზმი - პროტეინული ჰორმონები

ჰორმონის იმოქმედების ორ-მესენჯერიანი მექანიზმი მოიცავს „მესენჯერებს“, რომლებიც რალაცას ახდენენ, ანუ ასტიმულირებენ სპეციფიკურ რეაქციებს. პროტეინული ჰორმონები, ჩვეულებრივ, ებმებიან უჯრედულ მემბრანაზე არსებულ რეცეპტორებს და ჰორმონს მესენჯერი ენოდება. ჰორმონ-რეცეპტორის კავშირი ააქტივებს მემბრანის შიდა ზედაპირზე არსებულ ენზიმს, ადენილ ციკლაზას. ადენილციკლაზა ახდენს, ATP-იდან, ციკლური ადენოზინ მონოფოსფატის (AMP) სინთეზირებას, რომელიც მეორე მესენჯერია.

ციკლური AMP ახდენს უჯრედის შიგნით სპეციფიკური ენზიმების გააქტივებას, რომლებიც ჰორმონზე უჯრედის სპეციფიკურ პასუხს განაპირობებენ. ეს ცვლილებები მოიცავს სპეციფიკური ნივთიერებებისთვის უჯრედის მემბრანის განვლადობის გაზრდას, პროტეინის სინთეზის გაზრდას, სხვა ენზიმების აქტივაციას, ან უჯრედული პროდუქტის სეკრეციას.

შეჯამების სახით, ჰორმონზე უჯრედული პასუხი განისაზღვრება უჯრედის შიგნით არსებული ენზიმებით, ანუ რეაქციებით, რომელთა განხორციელების უნარი უჯრედს აქვს. რეაქციები გამოიწვევა პირველი მესენჯერით, ჰორმონით, რომელიც ასტიმულირებს მეორე მესენჯერის, ციკლური AMP-ის, წარმოქმნას. ციკლური AMP შემდეგ ააქტივებს უჯრედულ ენზიმებს, რათა წამოიწყოს ჰორმონზე პასუხი (იხილეთ, სურათი 10-12).

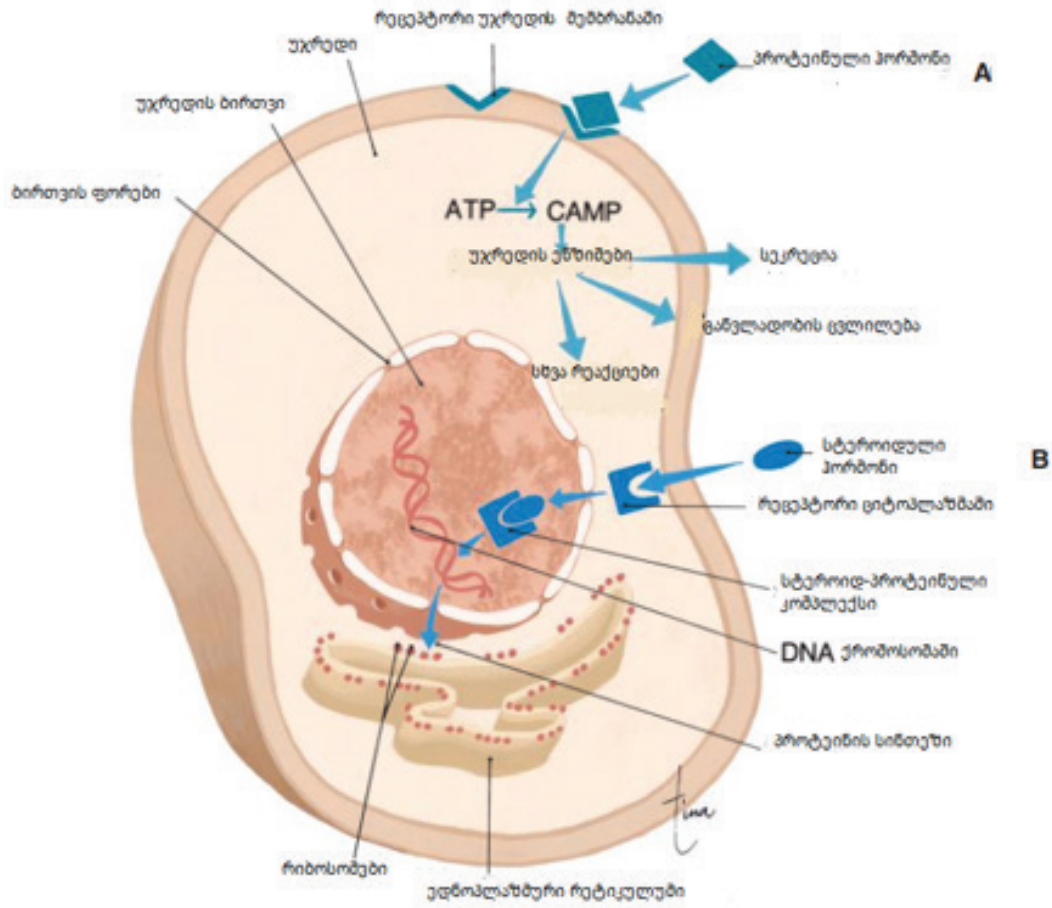
## სტეროიდული ჰორმონების მოქმედება

სტეროიდული ჰორმონები ცხიმში ხსნადები არიან და ადვილად დიფუზირდებიან სამიზნე უჯრედში. უჯრედის შიგნით მოხვედრისას, ისინი უკავშირდებიან ციტოპლაზმაში არსებულ პროტეინულ რეცეპტორს და წარმოქმნილი სტეროიდ-პროტეინული კომპლექსი შედის უჯრედის ბირთვში. ბირთვის შიგნით, სტეროიდ-პროტეინული კომპლექსი ააქტივებს სპეციფიკურ გენებს, რომლებიც იწყებენ პროტეინის სინთეზის პროცესს. წარმოქმნილი ენზიმები განაპირობებენ ჰორმონზე უჯრედისთვის დამახასიათებელ პასუხს (იხილეთ, სურათი 10-12).

## დაბერება და ენდოკრინული სისტემა

ასაკთან ერთად, ენდოკრინული ჯირკვლების უმრავლესობის სეკრეცია ქვეითდება, თუმცა ნორმალური დაბერება არ იწვევს ჰორმონების სერიოზულ დეფიციტს. ასე მაგალითად, ქვეითდება ადრენალური კორტიკალური ჰორმონების სეკრეცია, თუმცა დონეები, ჩვეულებრივ, საკმარისია წყლის, ელექტროლიტების და ნუტრიენტების ნორმალური ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად. ზრდის ჰორმონის სეკრეციის დაქვეითება განაპირობებს კუნთოვანი მასის შემცირებას და ცხიმების შენახვის გაზრდას. ხანდაზმულ ადამიანებში ხშირად ვითარდება მეტაბოლიზმის ბაზალური სიჩქარის შემცირება, რადგან ფარისებრი ჯირკვალი ანელებს თიროქსინის წარმოქმნას. მიუხედავად ამისა, სპეციფიკური პათოლოგიური ცვლილებების გარეშე, ხანდაზმულ ასაკში ენდოკრინული სისტემა, ჩვეულებრივ, აგრძელებს ნორმალურ ფუნქციონირებას.





**სურათი 10-12.** ჰორმონის მოქმედების მექანიზმები. **(A)** პროტეინ-ჰორმონების ორ-მესხეჯერიანი მექანიზმი. **(B)** სტეროიდ-ჰორმონების მექანიზმი. აღწერა იხილეთ ტექსტში.

**შეკითხვა:** რა უნდა ქონდეს უჯრედს, რომ იყოს რომელიმე კონკრეტული ჰორმონის სამიზნე?

## შეჯამება

ენდოკრინული ჯირკვლების ჰორმონები სხეულის ნორმალური ფუნქციონირების ყველა ასპექტშია არიან ჩართულნი. ქსოვილების ზრდა და აღდგენა, საკვების უტილიზაცია - ენერჯის გამომუშავებისთვის, სტრესზე პასუხი, ქსოვილოვანი სითხის შესაბამისი დონისა და pH-ის შენარჩუნება - ყველაფერი ჰორმონებზეა დამოკიდებული. ზოგიერთი ეს საკითხი შემდეგ თავებში იქნება განხილული. როგორც ალბათ ელით, თქვენ კიდევ მოგეცემათ საშუალება ნაიკითხოთ, მრავალი ჰორმონის ფუნქციებისა და ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის, მათი წვლილის შესახებ.

# თავი 11

## სისხლი

ერთ-ერთი უმარტივესი და ხშირად გამოყენებადი სიცოცხლის გადამრჩენი სამედიცინო პროცედურა, სისხლის გადასხმაა. როგორც თქვენთვის ცნობილია, ერთი ადამიანის სისხლი ყოველთვის არ არის თავსებადი მეორის სისხლთან. სისხლის ABO ტიპები აღმოჩენილ იქნა 1900-იან წლებში, ავსტრიელი ამერიკელის, Karl Landsteiner-ის მიერ. მას ასევე მიუძღვის წვლილი 1940 წელს Rh ფაქტორის აღმეჩენაში. ადრეულ 1940-იან წლებში, აფრიკელმა ამერიკელმა, Charles Drew-მ შეიმუშავა სისხლის პლაზმის გადამუშავებისა და შენახვის ტექნიკები, რომელთა გამოყენება შეიძლება ტრანსფუზიისთვის სისხლის ნებისმიერი ჯგუფის ადამიანებისთვის. როდესაც ჩვენ ვახდენთ სისხლის დონაციას, ჩვენი სისხლი შეიძლება რეციპიენტს გადაეხას, როგორც მთლიანი სისხლი, ან შეიძლება დაიყოს მის შემადგენელ ნაწილებად და ასეთ შემთხვევაში, რეციპიენტი მიიღებს, მხოლოდ მისთვის საჭირო ნაწილებს, როგორებიცაა, პლაზმა, ფაქტორი 8, ან თრომბოციტები. თითოეულ ამ შემადგენელ ნაწილს თავისი ფუნქცია აქვს - სიცოცხლის გადასარჩენად ყველა მათგანი მნიშვნელოვანია.

ზოგადად, სისხლის ფუნქციები: ტრანსპორტირება, რეგულაცია და დაცვა. სისხლის მიერ ტრანსპორტირებული მასალები მოიცავს საკვებ მასალას, ნარჩენებს, გაზებს და ჰორმონებს. სისხლი ხელს უწყობს სითხისა და ელექტროლიტების ბალანსის, მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობისა და სხეულის ტემპერატურის რეგულაციას. პათოგენების წინააღმდეგ დაცვას უზრუნველყოფენ ლეიკოციტები, კოაგულაციური მექანიზმები კი იცავენ ორგანიზმს, დაზიანების შემდეგ, სისხლის მძიმე დანაკარგისგან. ამ თავში დეტალურადაა აღწერილი ყველა ეს ფუნქცია.

## სისხლის მახასიათებლები

სისხლს გააჩნია გამორჩეული ფიზიკური მახასიათებლები:

**რაოდენობა** - ადამიანის სისხლის მოცულობა, მისი სხეულის ზომის მიხედვით, 4-დან 6 ლიტრამდეა. სისხლის საერთო მოცულობის 38%-დან 48%-მდე მოდის სისხლის სხვადასხვა უჯრედებზე, რომლებსაც, ასევე, ფორმიანი ელემენტები ეწოდება. დარჩენილ 52 %-დან 62 %-ს წარმოადგენს პლაზმა, სისხლის თხევადი ნაწილი (სურათი 11.1)

**ფერი** - თქვენ ალბათ იტყვით, „რა თქმა უნდა წითელი“ - მიუხედავად იმისა, რომ ეს ამკარა ფაქტია, სისხლის ფერი ცვალებადია. არტერიული სისხლი ალისფერია (ღია წითელია), რადგან ის ჟანგბადით მდიდარია. ვენური სისხლი, ქსოვილებისთვის ჟანგბადის გადაცემის შემდეგ, უფრო მუქი წითელია. ეს შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს სისხლდენის წყაროს გამოსაცნობად - თუ სისხლი ღია წითელია, სისხლდენა, სავარაუდოდ, არტერიის დაზიანების შედეგია, ხოლო თუ მუქი წითელი, მაშინ, სავარაუდოდ, ვენური ნარმოშობისაა.

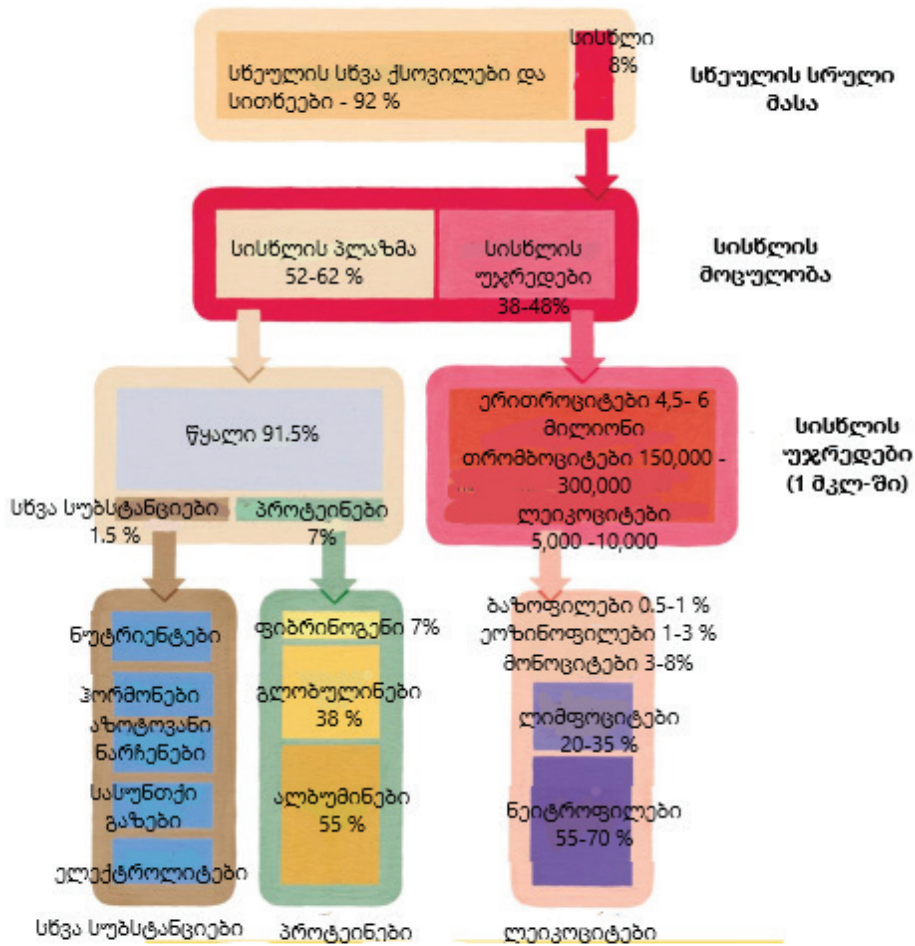
**pH** - სისხლის ნორმალური pH-ის მაჩვენებელი 7.35-დან 7.45-მდეა, ანუ სუსტი ტუტეა. ვენურ სისხლს, არტერიულთან შედარებით, ოდნავ დაბალი pH აქვს, რადგან ვენური სისხლი მეტ ნახშირორჟანგს შეიცავს. მეორე თავში მოყვანილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, სისხლი შეიცავს ბუფერულ სისტემებს, ასევე სხვადასხვა ქიმიურ ნივთიერებებს (როგორებიცაა, ნახშირორჟანგი და ნატრიუმის ბიკარბონატი), რომლებმაც მყისიერად შეუძლიათ ძლიერი მჟავის, ან ტუტის მოლეკულების შეცვლა, თუმცა ეს არ გამოიწვევს სისხლის pH-ის მკვეთრ ცვლილებას.

**ვისკოზურობა** - ნიშნავს სიბლანტეს, ან დინებისადმი რეზისტენტობას. სისხლი, წყალთან შედარებით, ხუთჯერ ბლანტია. სისხლის უჯრედები და პროტეინები ზრდიან ვისკოზურობას, რაც ხელს უწყობს სისხლის ნორმალური წნევის შენარჩუნებას.

## პლაზმა

პლაზმა სისხლის თხევადი ნაწილია და მისი, დაახლოებით, 91 % წყალია. წყლის გამხსნელობით უნარი მას მრავალი ნივთიერების გადატანის საშუალებას აძლევს. საჭმლის მომნელებილი ტრაქტიდან შეწოვილი საკვები ნივთიერებები, როგორებიცაა გლუკოზა, ამინომჟავები, ვიტა-

მინები და მინერალები, სხეულის ყველა ქსოვილამდე ცირკულირებს. ქსოვილოვანი ნარჩენები, როგორებიცაა შარდოვანა და კრეატინინი, თირკმლების გავლით, ცირკულირებენ და გამოიყოფიან შარდში. ენდოკრინული ჯირკვლების მიერ წარმოქმნილი ჰორმონები სამიზნე ორგანოებს პლაზმის საშუალებით მიეწოდებათ; ლიმფოციტების მიერ პროდუცირებული ანტისხეულებიც პლაზმით ტრანსპორტირდებიან. უჯრედებში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგის უმეტესობაც, ბიკარბონატის იონების ( $\text{HCO}_3^-$ ) ფორმით, პლაზმით გადაიტანება. როდესაც სისხლი ფილტვებამდე მიაღწევს, ბიკარბონატის იონები კვლავ  $\text{CO}_2$ -ად გარდაიქმნება, შემდეგ ალვეოლებში დიფუზირდება და ამოისუნთქება.



**სურათი 11.1** სისხლის კომპონენტები და სისხლის ურთიერთკავშირი სხეულის სხვა ქსოვილებთან

პლაზმა, ასევე, შეიცავს **პლაზმის პროტეინებს**. პროთრომბინი, ფიბრინოგენი და სხვა შემადებელი ფაქტორები, რომლებიც ღვიძლში სინთეზირდებიან, პლაზმის საშუალებით ცირკულირებენ, სანამ რომელიმე სისხლძარღვის დაზიანების, ან გასკდომის გამო, არ მოხდება მათი გააქტივება და დაზიანებულ სისხლძარღვში კოაგულაციის წარმოქმნა. პლაზმაში პროტეინებიდან, ყველაზე მეტად **ალბუმინია** წარმოდგენილი და ისიც ღვიძლში სინთეზირდება. ალბუმინი ხელს უწყობს სისხლის კოლოიდური ოსმოსური წნევის წარმოქმნას, რის შედეგადაც ქსოვილოვანი სითხე კაპილარებში გადაედინება. ეს უკანასკნელი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ნორმალური სისხლის მოცულობისა და სისხლის წნევის შენარჩუნებისთვის. პლაზმის სხვა პროტეინებს **გლობულინები** ეწოდებათ. ალფა და ბეტა გლობულინებიც ღვიძლში სინთეზირდებიან და ცხიმების მოლეკულების გადამტანების როლს ასრულებენ. გამა გლობულინები, რომლებსაც, ასევე, იმუნოგლობულინებს უწოდებენ, ანტისხეულებს წარმოადგენენ და ლიმფოციტებში პროდუცირდებიან. ანტისხეულები აპროვოცირებენ პათოგენების დესტრუქციას და უზრუნველყოფენ ადამიანის იმუნიტეტს.



პლაზმა, ასევე, სხეულის სითბოს გადამტანია. სითბო უჯრედების ცხოველმყოფელობის (სუნთქვის) პროდუქტია (უჯრედებში ატფ-ის წარმოქმნის შედეგად). აქტიურ ორგანოებში, ღვიძლსა და კუნთებში, დინებისას სისხლი თბება (კალიპარებში სისხლის დინების სიჩქარე დაბალია და ასწრებს გათბობას). სისხლის ცირკულიაციის გამო სითბო ნაწილდება სხეულის გრილ ნაწილებში.

## სისხლის უჯრედები

არსებობს სამი ტიპის სისხლის უჯრედები: ერითროციტები, ლეიკოციტები და თრომბოციტები. სისხლის უჯრედები წარმოიშობა ღეროვანი უჯრედებიდან **სისხლმზად ქსოვილში**. სისხლის უჯრედების წარმოშობის ადგილი, ძირითადად, **ძვლის წითელი ტვინია**, რომელიც გვხვდება ბრტელ და შერეულ ძვლებში, როგორებიცაა მკერდის ძვალი, ბარძაყის ძვალი და ხერხემლის მალეები. ლიმფოციტები მნიფდებიან და იყოფიან **ლიმფურ ქსოვილში**, რომლებიც გვხვდება ელენთაში, ლიმფურ კვანძებსა და თიმუსში. თიმუსი შეიცავს ღეროვან უჯრედებს, რომლებიც წარმოშობენ T ლიმფოციტებს; სხვა ლიმფური ქსოვილებიც წარმოშობენ ლიმფოციტებს.

## სისხლის წითელი უჯრედები

სისხლის წითელ უჯრედები (**RBC**), რომლებსაც **ერითროციტებსაც** უწოდებენ, ორმხრივ ჩაზნექილი დისკებია, რაც ნიშნავს, რომ მათი ცენტრი უფრო თხელია, ვიდრე კიდეები. მე-3 თავიდან, თქვენ შეიძლება გახსოვდეთ, რომ ადამიანის უჯრედებიდან, ერითროციტები, ერთადერთი უბირთვო უჯრედებია. ერითროციტის მომწიფებასთან ერთად, მათი ბირთვი იშლება (ბირთვის არსებობას არ აქვს მნიშვნელობა ერითროციტის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის).

ერითროციტების (**RBC**) ნორმალური მაჩვენებელი, სისხლის 1 მიკროლიტრში ( $\mu\text{L}$ ) 4.5-დან 6 მილიონამდეა (1 მიკროლიტრი = 1 მმ<sup>3</sup> = 1 ლიტრის მემილიონედი, ძალიან მცირე მოცულობა). მამაკაცებში RBC-ის მაჩვენებელი ნორმის ზედა ზღრისკენაა, ხოლო ქალებში, ნორმის ქვედა ზღრისკენ; RBC-ის გაზომვის სხვა გზა **ჰემატოკრიტის (Hct)** შეფასებაა. ტესტი გულისხმობს სისხლის ჩასხმას მინის წვრილ მილში, რომელსაც კაპილარული სინჯარა ეწოდება და ამ სინჯარის ცენტრიფუგირებას, რათა სისხლის უჯრედები მილის ერთი ბოლოსკენ გადაადგილდნენ. ეს იძლევა საშუალებას განისაზღვროს პლაზმისა და სისხლის უჯრედების პროცენტული თანაფარდობა. რადგან ერითროციტების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება ყველა სხვა ტიპის უჯრედების რაოდენობას, ჰემატოკრიტის მნიშვნელობა ფასდება, როგორც ერითროციტების პროცენტული შემცველობა და ნორმაში 38%-იდან 48 %-ს შეადგენს. **სისხლის საერთო ანალიზი (CBC)** მოიცავს ორივე მაჩვენებლის RBC-ისა და Hct-ის განსაზღვრას.

### ფუნქციები

ერითროციტები შეიცავენ ცილა **ჰემოგლობინს (Hb)**, რომელიც მათ აძლევს ჟანგბადის ტრანსპორტირების უნარს. თითოეული წითელი უჯრედი შეიცავს ჰემოგლობინის 300 მილიონ მოლეკულას. პულმონურ კაპილარებში, RBC მდიდრდება ჟანგბადით და წარმოიქმნება ოქსიჰემოგლობინი. ასეთი სისხლი ფილტვებიდან უკან გულში ჩაედინება და შემდეგ ნაწილდება მთელს სხეულში. სხეულის კაპილარებში ჰემოგლობინი გასცემს მასში შემავალი ჟანგბადის უმეტეს ნაწილს და გარდაიქმნება ჟანგბადით ღარიბ ჰემოგლობინად.

ჰემოგლობინის დონის განსზღვრა სისხლის საერთო ანალიზის (CBC) ნაწილია და ამ მაჩვენებლის ნორმალური მნიშვნელობა 12-დან 18 გრამამდეა, ყოველ 100 მლ სისხლში. ჰემოგლობინის წარმოშობაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მინერალი რკინა; ჰემოგლობინის თითოეული მოლეკულა შეიცავს რკინის 4 მოლეკულას. სწორედ, რკინის მოლეკულები განაპირობებენ ერითროციტების მიერ ჟანგბადის მიერთების უნარს და მათ წითელ ფერს.

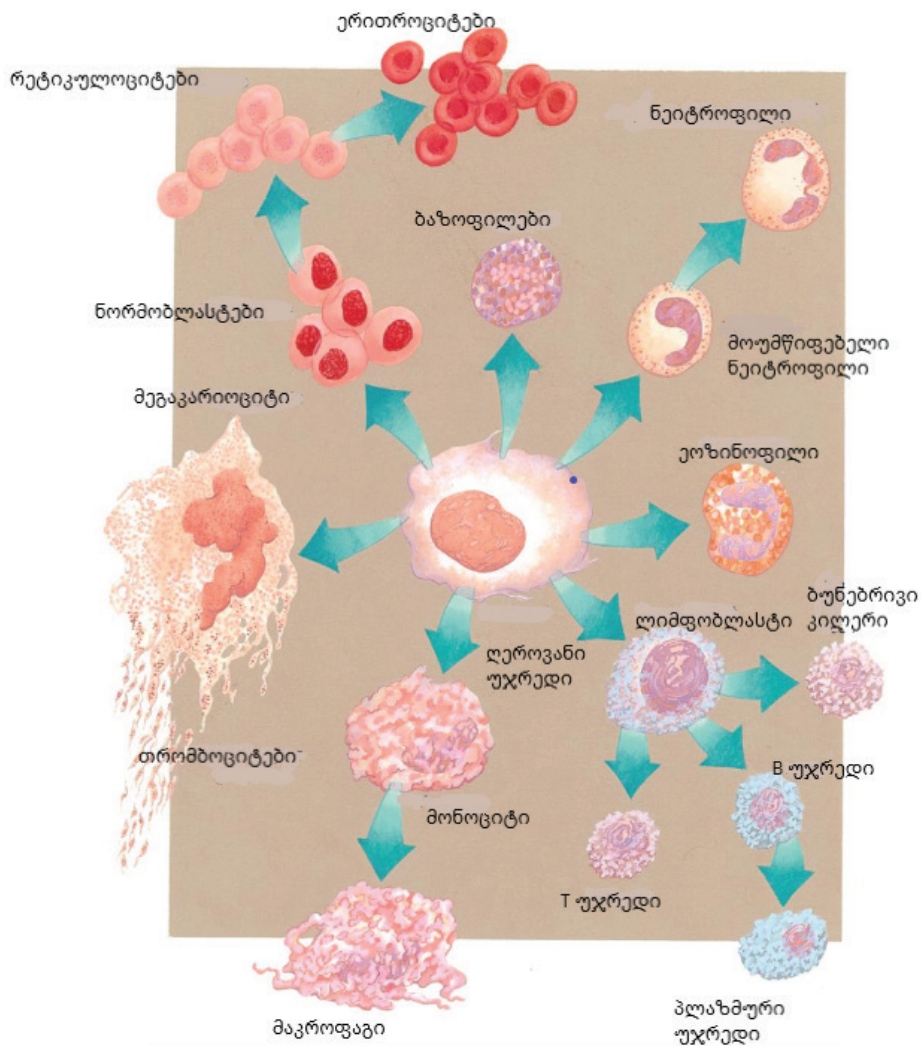
ჰემოგლობინს, ასევე, ნახშირორჟანგის (**CO<sub>2</sub>**) მიერთების უნარიც აქვს და მისი საშუალებით ხდება CO<sub>2</sub>-ის გარკვეული რაოდენობის (დაახლოებით, 10%) გადატანა ქსოვილებიდან ფილტვებამდე. CO<sub>2</sub>-ის ძირითადი რაოდენობა პლაზმაში ბიკარბონატების იონებით გადაიტანება.

### წარმოქმნა და მომწიფება

ემბრიონისა და ნაყოფის განვითარებისას, ერითროციტების წარმოქმნა ესტაფეტას გავს, როდესაც ერითროციტების პროდუქციის ფუნქცია ერთი ორგანოდან, ან ქსოვილიდან მეორეს

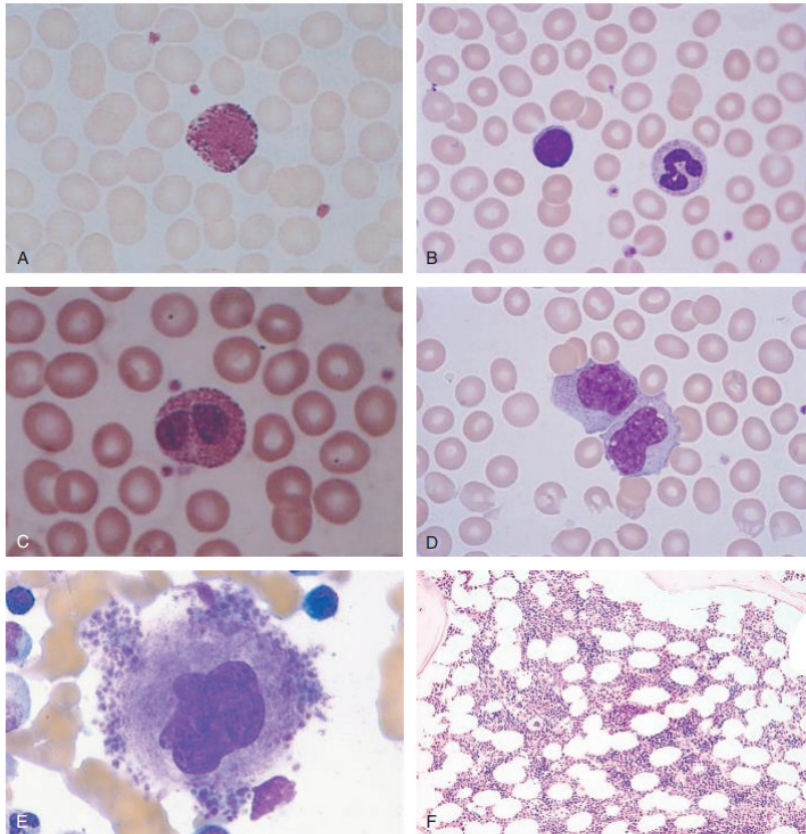
გადაეცემა. ემბრიონულ პერიოდში (განაყოფიერებიდან პირველი 8 კვირა) ერითროციტები ექსტერნალურ მემბრანაში წარმოიშობიან, რომელსაც სანაყოფე პარკი ეწოდება. შემდეგ ამ ფუნქციას ნაყოფის ღვიძლი იღებს, გესტაციის გვიან სტადიებზე კი პროცესში ელენთაც ერთვება. გესტაციის მე-5 თვიდან, ძვლის წითელი ტვინი თანდათან აქტივდება და დაბადებიდან მცირე ხანში RBC-ის ერთადერთი წარმომქმნი ორგანო ხდება.

უფრო მოზრდილ ბავშვებში და ზრდასრულ ადამიანებში, RBC-ის წარმოქმნა ბრტყელ და შერეულ ძვლებში არსებულ ძვლის წითელ ტვინში (RBM) ხდება. ძვლის წითელი ტვინი შეიცავს წინამორბედ უჯრედებს, რომლებსაც ღეროვანი უჯრედები ეწოდებათ. თუ მე-3 თავს გავიხსენებთ, ღეროვანო უჯრედები არასპეციალიზებული უჯრედებია, რომლებსაც სხვადასხვა გზით შეუძლიათ განვითარება, ან დიფერენციაცია. RBM-ის ღეროვან უჯრედებს, შეიძლება, **ჰემოციტობლასტები** ვუნოდოთ (ჰემო = სისხლი, ციტო = უჯრედი, ბლასტი = წარმომქმნელი). ისინი მუდმივ მიტოზს განიცდიან, რათა წარმოშვან ახალი ღეროვანი უჯრედები და სისხლის ყველა ტიპის უჯრედები, რომელთა დიდი ნაწილი ერითროციტებია (იხილეთ, სურათები 11-2 დან 11-3). პროდუქციის სიჩქარე ძალიან მაღალია (ყოველწამს, რამდენიმე მილიონი ახალი RBC წარმოიშობა) და ამ პროცესის ძირითადი მარეგულირებელი ფაქტორი ჟანგბადია. თუ ორგანიზმი **ჰიპოქსიას** (ჟანგბადის ნაკლებობას) განიცდის, თირკმელებში წარმოიქმნება ჰორმონი **ერიტროპოეტინი**, რომელიც ასტიმულირებს ძვლის წითელ ტვინს ზრდის RBC-ის წარმოქმნის, ანუ ღეროვანი უჯრედების მიტოზის სიჩქარეს. ეს პროცესი ვითარდება სისხლდენის, ან მაღალმთიან რეგიონში გარკვეული პერიოდის განმავლობაში ყოფნის შემთხვევაში. ერითროპოეტინის მოქმედების შედეგად, უფრო მეტი RBC წარმოიშობა, რაც უზრუნველყოფს უფრო მეტი ჟანგბადის გადატანის შესაძლებლობას და ჰიპოქსიური სტატუსის გამოსწორებას.



**სურათი 11-2** სისხლის უჯრედების წარმოშობა. ღეროვანი უჯრედები, ძირითადად, ძვლის წითელ ტვინშია და ისინი, ყველა ტიპის სისხლის უჯრედების წინამორბედები არიან.





**სურათი 11-3.** სისხლის უჯრედები. (A) ერითროციტები, თრომბოციტები და ბაზოფილი, (B) ლიმფოციტი (მარცხნივ), ნეიტროფილი (მარჯვნივ), (C) ეოზინოფილი, (D) მონოციტები, (E) მეგაკარიოციტი, თრომბოციტებთან ერთად. (A-E X600) (F) ნორმალური ძვლის ტვინი. (წყარო, Harmening, DM: Clinical Hematology and Fundamentals of Hemostasis, ed. 3. FA Davis, Philadelphia, 1997, pp 14, 17, 19, 26, 48).

**შეკითხვა:** დააკვირდით ერითროციტებს B სურათზე. რატომ აქვთ მათ მკრთალი ცენტრი?

სანამ ღეროვანი უჯრედები ერითროციტებად გარდაიქმნებიან, ისინი განვითარების სხვადასხვა სტადიას გადიან, რომელთაგან ჩვენ მხოლოდ ბოლო ორს განვიხილავთ: ნორმობლასტებს და რეტიკულოციტებს (იხილეთ, სურათი 11-2). **ნორმობლასტი**, ბირთვის შემცველი უკანაკნელი სტადიაა, რომლის შემდგომ ბირთვი იშლება. ჰემოგლობინი უკვე წარმოქმნილია და შესაბამისი DNA კოდის შემცველ ქრომოსომების საჭიროება აღარ არსებობს. **რეტიკულოციტები** ენდოპლაზმური რეტიკულუმის ფრაგმენტებს შეიცავენ (არც ამ უკანასკნელის საჭიროება აღარ არსებობს), რომლებსაც სისხლის შეღებილი ნაცხის მიკროსკოპური კვლევით, იისფერი ლაქების შეხედულება აქვთ. მოუმწიფებელი უჯრედები, ჩვეულებრივ, ძვლის ნითელ ტვინში გვხვდებიან, თუმცა პერიფერულ ცირკულაციაშიც მათი მცირე რაოდენობით არსებობაც (ნორმალური ერითროციტებთან შეფარდებით, 1.5 %) ნორმალურად ითვლება. მოციკულირე სისხლში დიდი რაოდენობით რეტიკულოციტების, ან ნორმობლასტების გამოჩენა ნიშნავს, რომ ორგანიზმისთვის საჭირო, ჟანგბადის გადატანის უნარის მქონე ერითროციტების რაოდენობა არასაკმარისია. ასეთ მდგომარეობებს მიეკუთვნება სისხლდენა, ან რაიმე პათოლოგიები, როგორებიცაა ახალშობილების Rh დაავადება, ან მალარია, მომწიფებული ერითროციტების დაშლა.

ერითროციტების მომწიფებას მრავალი ნუტრიენტი სჭირდება. ჰემოგლობინის სინთეზისთვის აუცილებელია პროტეინის და რკინის არსებობა, რომლებიც ჰემოგლობინის ნაწილები ხდებიან. სპილენძი შედის ჰემოგლობინის სინთეზისთვის აუცილებელი ზოგიერთი ენზიმის შემადგენლობაში, თუმცა ის არ ხდება ჰემოგლობინის ნაწილი (ასე რომ იყოს, ადამიანის სისხლი მოლურჯო შეფერილობის იქნებოდა, ისევე როგორც კიბორჩხალების). ფოლიუმის მჟავა და B<sub>12</sub> ვიტამინი საჭიროა ძვლის ნითელ ტვინში ღეროვანი უჯრედების DNA-ის სინთეზისთვის - მიტოზისთვის ამ უჯრედებს ახალი ქრომოსომების უწყვეტი წარმოქმნა სჭირდებათ. ვიტამინი B<sub>12</sub>, რომელსაც **გარეგან ფაქტორსაც** უწოდებენ, რადგან ის საკვებიდან შეიწოვება, შეიცავს კობალტს. კუჭის ამომფენი პარიეტალური უჯრედები, წარმოქმნიან **შინაგან ფაქტორს**, ქიმიური ნივთიერებას, რომელიც უერთდება B<sub>12</sub> ვიტამინს, რათა დაიცვას ის მონელებისგან და ხელს უწყობს წვრილ ნაწლავში მის შეწოვას. B<sub>12</sub> ვიტამინის, ან შინაგანი ფაქტორის დეფიციტი, იწვევს პერნიციოზულ ანემიას (იხილეთ, სამახსოვრო 11-1: ანემია).



## სამახსოვრო 11-1| ანემია

**ანემია** სისხლის წითელი უჯრედების, ან მათში ჰემოგლობინის ნაკლებობაა. მრავალი სხვადასხვა ტიპის ანემია არსებობს.

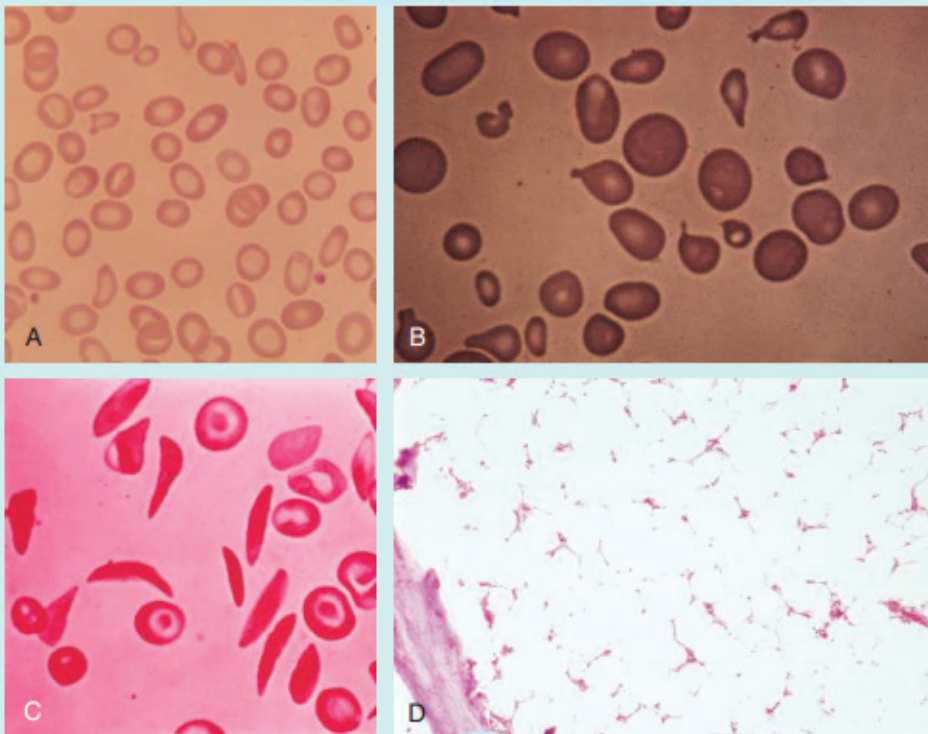
**რკინა-დეფიციტური ანემიის** მიზეზი დიეტური რკინის ნაკლებობაა, რის გამოც ვერ ხდება ჰემოგლობინის საჭირო რაოდენობით წარმოქმნა. ამ ტიპის ანემიის დროს, შესაძლოა ერითროციტების და ჰემატოკრიტის მაჩვენებლები ნორმაში იყოს, თუმცა ჰემოგლობინი ყოველთვის დაქვეითებულია.

**B12 ვიტამინის ნაკლებობა**, რომელიც მხოლოდ ცხოვერულ საკვებში მოიპოვება, იწვევს **პერნიციოზულ ანემიას**. ასეთ დროს ერითროციტები დიდი ზომის, უფორმო და მყიფეა. ამ ტიპის ანემიის სხვა მიზეზი, შინაგანი ფაქტორის დეფიციტით გამოწვეული, კუჭის ამომფენი, პარიეტული უჯრედების აუტოიმუნური დესტრუქციაა.

**ნამგლისებრი ანემია** მესამე თავშია განხილული. ეს ჰემოგლობინის გენეტიკური დაავადებაა, რომლის დროსაც ერითროციტებს ნამგლისებრი ფორმა აქვს, იწვევენ კაპილარების დახშობას და გასკდომას.

**აპლასტიური ანემია** ძვლის წითელი ტვინის სუპრესიის შედეგია, რომლის დროსაც შემცირებულია ერითროციტების, ლეიკოციტებისა და თრომბოციტების პროდუქცია. ეს ძალიან სერიოზული დაავადებაა და შეიძლება განპირობებული იყოს რადიაციის, ზოგიერთი ნივთიერების (მაგალითად, ბენზოლის), ან მედიკამენტის გავლენით. არსებობენ გარკვეული ანტიბიოტიკები, რომლებიც დიდი სიფრთხილით უნდა გამოვიყენოთ, რადგან მათ ამ, პოტენციურად ფატალური, გვერდითი ეფექტის გამოწვევა შეუძლიათ.

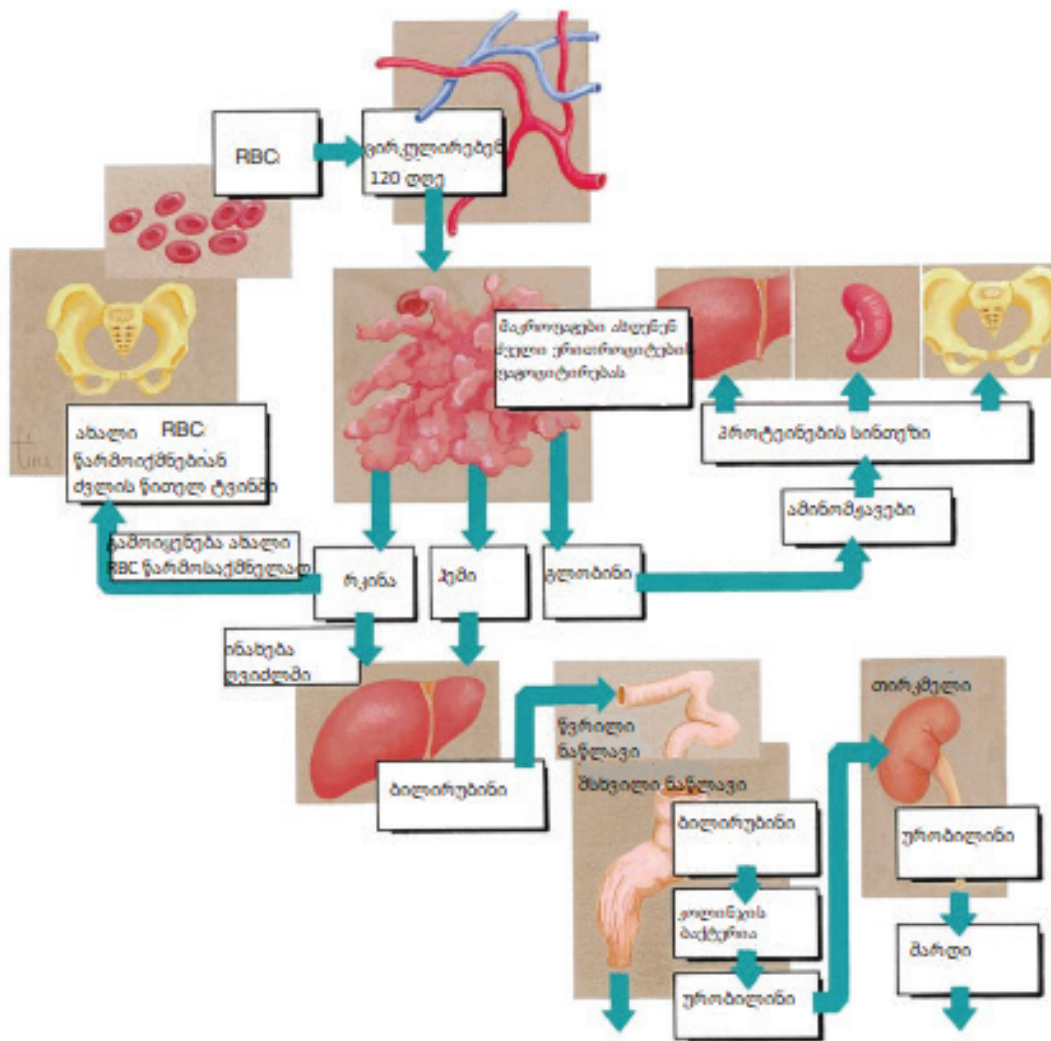
**ჰემოლიზური ანემია** პათოლოგიაა, რომელიც იწვევს იწვევს ერითროციტების ნაადრევ დაშლას. ნამგლისებრი ანემია და ახალშობილთა რეზუს დაავადება ამ ანემიის მაგალითებია. ჰემოლიზური ანემიის სხვა მაგალითი მალარიაა, რომლის დროსაც პროტოზოული პარაზიტი მრავლდება ერითროციტებში და იწვევს მათ დაშლას. ჰემოლიზური ანემიები, ხშირად, ხასიათდება სიყვითლით, სისხლში ბილირუბინის გაზრდილი რაოდენობის გამო.



**სამახსოვრო სურათი 11-A ანემია.** (A) რკინა-დეფიციტური ანემია; ყურადღება მიაქციეთ მკრთალ, ოვალურ RBC-ებს (X400). (B) პერნიციოზული ანემია, დიდი, უფორმო RBC-ებით (X400). (C) ნამგლისებრი ანემია (X400). (D) აპლასტიური ანემია, ძვლის ტვინი. A, B, and C from Listen, Look, and Learn, Vol 3; Coagulation, Hematology. The American Society of Clinical Pathologists Press, Chicago, 1973, with permission. D from Harmening, DM: Clinical Hematology and Fundamentals of Hemostasis, ed 3. FA Davis, Philadelphia, 1997, p 49, with permission.)

## სიცოცხლის ხანგრძლივობა

ერიტროციტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა, დაახლოებით, 120 დღეა. ამ ასაკამდე მილნევისას ისინი მყიფე ხდებიან და მათი მემბრანები იშლება. ცირკულაციიდან დაზიანებული ერიტროციტების ამოღება ხდება **ქსოვილოვანი მაკროფაგური სისტემის** (ადრე ეწოდებოდა რეტიკულოენდოთელიური, ან RE სისტემა) უჯრედების მიერ. მაკროფაგებს (სიტყვასიტყვით, „დიდი მჭამელები“) შეიცავს ღვიძლი, ელენთა და ძვლის ნითელი ტვინი. სურათზე 11-4 სქემატურადაა გადმოცემული ერიტროციტების სიცოცხლის გზა. გადაბერებული ერიტროციტების ფაგოციტირება და მონელება ხდება მაკროფაგების მიერ და ამ პროცესების შედეგად გამოთავისუფლებული რკინა, სიხლის საშუალებით, ბრუნდება ძვლის ნითელ ტვინში და გამოიყენება ახალი ჰემოგლობინის სინთეზისთვის. მოცემული მომენტისთვის ჭარბი რკინა გროვდება ღვიძლში. RBC-ის რკინა უწყვეტად განიცდის რეციკლირებას. ჰემოგლობინის პროტეინული პორცია, გლობინი, ასევე განიცდის გადამუშავებას. ის იშლება შემადგენელ ამინომჟავებად, რომლებიც შემდგომ, შესაძლოა, ახალი პროტეინის სინთეზისთვის იქნას გამოყენებული.



**სურათი 11-4.** სიხლის ნითელი უჯრედების სიცოცხლის ციკლი. აღწერა იხილეთ ტექსტში

**შეკითხვა:** RBC-ის რომელი კომპონენტების გადამუშავება ხდება? რომელი კომპონენტები გამოიყენება?

ჰემოგლობინის მოლეკულის კიდევ ერთი ნაწილი ჰემია, რომელიც არ გადამუშავდება და ნარჩენ პროდუქტს წარმოადგენს. მაკროფაგების მიერ, ჰემი გარდაიქმნება **ბილირუბინად**. ღვიძლის მიერ ხდება ბილირუბინის ცირკულაციიდან ამოღება და ნალველში გამოყოფა; ბილირუბინი ნალვლის პიგმენტი. ღვიძლის მიერ, ნალველი თორმეტგოჯა ნაწლავში სეკრეტირდება და წვრილი და მსხვილი ნაწლავების გავლით, განავლით გამოიყოფა, რაც განავალს დამახასია-

თებელ ყავისფერ შეფერილობას აძლევს. მსვილი ნაწლავის ბაქტერიების მიერ ბილირუბინის ნაწილი ურობილინოგენად გადაიქცევა. ურობილინოგენის ნაწილი შესაძლოა უკან სისხლში აბსორბირდეს, თუმცა უმეტესად გარდაიქმნება ურობილინად და თირკმლების მიერ, შარდთან ერთად გამოიყოფა. თუ ბილირუბინის სრულყოფილად გამოყოფა არ მოხდა (მაგალითად, ღვიძლის ისეთი დაავადების დროს, როგორცაა ჰეპატიტი), ის რჩება სისხლში და შუუძლია **სიყვითლის** გამოწვევა (მდგომარეობა, რომლის დროსაც თვალის სკლერები ყვითლადაა შეღებილი). მკრთალი კანის მქონე ადამიანებში, შესაძლოა, კანიც ყვითლად შეიღებოს (იხილეთ, სამახსოვრო 11-2: სიყვითლე).

## სამახსოვრო 11-2 | სიყვითლე

**სიყვითლე** არ არის დაავადება, ის სისხლში ჭარბი ბილირუბინის დაგროვების ნიშანია. რადგან ღვიძლის მრავალრიცხოვანი ფუნქციებიდან, ერთ-ერთი ბილირუბინის ექსკრეციაცაა, სიყვითლე შესაძლოა ღვიძლის დაავადების (მაგალითად, ჰეპატიტის, ან ციროზის) ნიშანი იყოს. ამას შესაძლოა **ღვიძლისმიერი სიყვითლე** ეწოდოს, რადგან ღვიძლის პრობლემის გამოვლინებაა.

სიყვითლის სხვა ტიპებია პრეჰეპატური და პოსტჰეპატური სიყვითლე. თითოეულის სახელი მიგვანიშნებს საიდან მოდის პრობლემა. გავიხსენოთ, რომ ბილირუბინი წარმოიქმნება ჰემოგლობინის ჰემის პორციისგან, ხანდაზმული ერითროციტების დაშლის შედეგად. **პრეჰეპატური სიყვითლე** მიგვანიშნებს, რომ პრობლემა „ღვიძლამდეა“; ეს ნიშნავს, რომ ერითროციტების ჰემოლიზი უფრო სწრაფი ტემპით ხდება. სწრაფი ჰემოლიზი დამახასიათებელია ნამგლისებრი ანემიის, მალარიასა და ახალშობილების რეზუს დაავადებისთვის. ეს ჰემოლიზური ანემიებია. რადგან ერითროციტები დაშლა ძალიან სწრაფი ტემპით ხდება და ბილირუბინიც უფრო სწრაფი ტემპით წარმოიშობა და ღვიძლი ვერ ასწრებს მის ექსკრეციას. ბილირუბინი, რომელიც ვერ გამოიყოფა ღვიძლის მიერ, რჩება სისხლში და იწვევს სიყვითლეს. ამ ტიპის სიყვითლის მეორე სახელი, **ჰემოლიზური სიყვითლეა**.

**პოსტჰეპატური სიყვითლე** გულისხმობს, რომ პრობლემა „ღვიძლის“ შემდეგაა. ღვიძლი გამოყოფს ბილირუბინს ნალველში, რომელიც ინახება ნალვლის ბუშტში და მერე გადადის წვრილ ნაწლავში. ღვიძლის სადინრების ობსტრუქციის შემთხვევაში, მაგალითად, ნალველ-კენჭოვანი დაავადების, ან ნალვლის ბუშტის ანთების დროს, ნალველი ვერ გადავა წვრილ ნაწლავში და უკან დაბრუნდება ღვიძლში. შემდეგ, ის, შეიძლება აბსორბირდეს უკან სისხლში და გამოიწვიოს სიყვითლე. ამ ტიპის სიყვითლის მეორე სახელი **ობსტრუქციული სიყვითლეა**.

## სისხლის ტიპები

სისხლის ტიპები გენეტიკურად გადაეცემა, რაც იმას ნიშნავს, რომ შესაბამისი გენები ჩვენი მშობლებისაგან გადმოგვეცემა და განსაზღვრავს ჩვენი სისხლის ტიპს. სისხლის ნითელი უჯრედების მრავალი ფაქტორი, ანუ ტიპის არსებობს. ჩვენ განვიხილავთ, მხოლოდ, ყველაზე მნიშვნელოვნებს, როგორებიცაა: **ABO ჯგუფი** და **Rh ფაქტორი** (სისხლის ტიპების გენეტიკა განხილულია 21-ე თავში).

**ABO ჯგუფში** შედის სისხლის ოთხი ჯგუფი: A, B, AB და O. ასოები A და B წარმოადგენენ ერითროციტების მემბრანის ანტიგენებს (პროტეინ-ოლიგოსაქარიდები). ადამიანის ერითროციტებში, სისხლის ტიპით A, წარმოდგენილია A ანტიგენი, B სისხლის ტიპის შემთხვევაში, კი ერითროციტებში გვხვდება B ანტიგენი. AB ტიპის სისხლის ჯგუფი შეიცავს ორივე, A და B ტიპის ანტიგენს, O ჯგუფის სისხლი, კი, არცერთს.

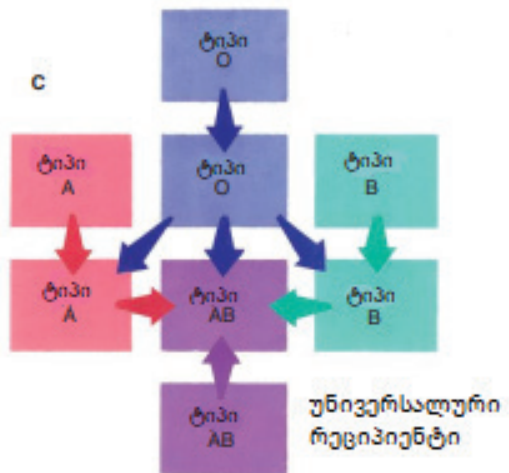
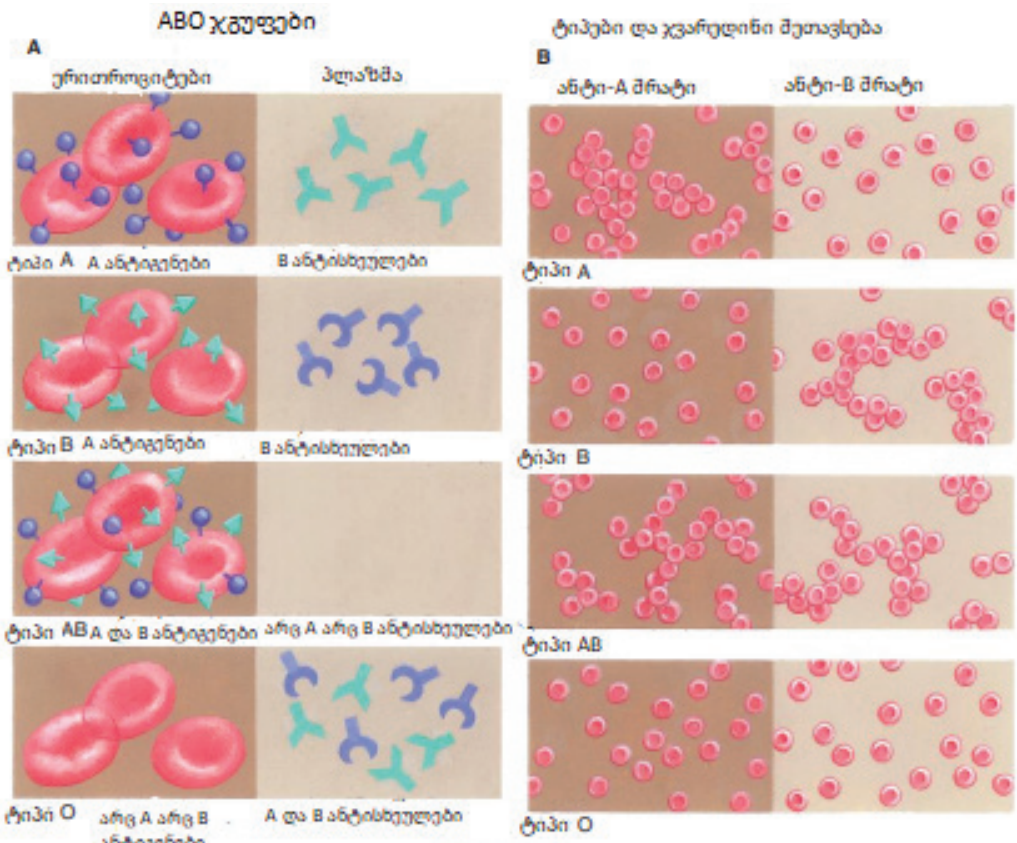
ადამიანის სისხლში ცირკურულირებენ ანტისხეულები იმ ანტიგენების მიმართ, რომლებსაც არ შეიცავენ ამ ადამიანის ერითროციტები. აქედან გამომდინარე, A ტიპის ადამიანის პლაზმაში ცირკურულირებენ B ანტისხეულები, B ტიპის პლაზმაში, A ანტისხეულები, ხოლო AB ტიპის პლაზმაში არცერთი ანტისხეული არ გვხვდება. O ტიპის სისხლი ორივე ანტისხეულს შეიცავს (იხილეთ, ცხრილი 11-1 და სურათი 11-5).



ცხრილი 11-1 ABO სისხლის ტიპები

ტიპი	ანტიგენი RBC-ზე	ანტისხეულები პლაზმაში	თეთრი პროცენტულობა აშშ მოსახლეობაში	შავი	აზიელი
A	A	ანტი-B	40	27	31
B	B	ანტი-A	11	20	26
AB	ორივე A და B	არც ანტი-A არც ანტი-B	4	4	8
O	არც A არც B	ორივე ანტი-A და ანტი-B	45	49	35

\*საშუალო



ცხრილი 11-5 (A) სისხლის ABO ტიპები. RBC-ზე ანტიგენები და პლაზმაში ანტისხეულები. სისხლის ტიპები და ჯვარედინი შეთავსება. (B) A და B ანტიმრავალი იწვევს RBC-ების აგლუტინაციას შეჯახების ანტიგენებით. (C) გამოსახული შექადლო ტრანსფუზიები, თუ მს შეჯახებისა.

შეკითხვა: C დიაგრამაზე იპოვეთ შენი სისხლის ჯგუფი. რომელი ტიპის სისხლის ჯგუფის მქონე ადამიანისათვის შექადლებულია შენი სისხლის გადსმმა?

არ არის ცნობილი, რატომ გვაქვს ჩვენ ეს ნატურალური ანტიგენები (მათი ფორმირება იწყება დაბადებიდან რამდენიმე თვეში), თუმცა უნდა ვიცოდეთ, რომ მათ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტრანსფუზიისთვის. თუ შესაძლებელია, ადამიანს უნდა გადაესხას მისი ჯგუფის სისხლი. თუ მოცემული ჯგუფის სისხლი არ არის ხელმისაწვდომი, მაშინ შესაძლებელია O ტიპის სისხლის გადასხმა. ასე მაგალითად, ადამიანს A ტიპის სისხლით, სისხლდენის გამო, ესაჭიროება სისხლის გადასხმა. რა მოხდება თუ მას B ჯგუფის სისხლს გადავუსხამთ? რეციპიენტს A ტიპის სისხლით, აქვს ანტი-B ანტისხეულები, რომლებიც შეუკავშირდებიან დონორის სისხლის ერთროციტების B ანტიგენებს; ამის გამო B ანტიგენების შემცველი, დონორის ერთროციტები ჯერ შეჯგუფდებიან (**აგლუტინაცია**) და შემდეგ დაიშლებიან (**ჰემოლიზი**), რაც სრულიად ეწინააღმდეგება ტრანსფუზიის მიზანს. კიდევ უფრო სერიოზული არასასურველი შედეგი შეიძლება ის იყოს, რომ დონორის სისხლის დაშლილი ერთროციტებიდან გამოყოფილმა ჰემოგლობინმა, რომელსაც ახლა თავისუფალი ჰემოგლობინი ეწოდება, დაახშოს თირკმლის კაპილარები და თირკმლის დაზიანება, ან უკმარისობა გამოიწვიონ. სრულიად აშკარაა, რატომაც ასე მნიშვნელოვანი ტრანსფუზიამდე **სისხლის ჯგუფობრობის და რეციპიენტის და დონორის სისხლის თავსებადობის** განსაზღვრა (იხილეთ, სურათი 11-5). ეს პროცედურა გვეხმარება დავრწმუნდეთ, რომ გადასხმული სისხლი არ გამოიწვევს ჰემოლიზურ ტრანსფუზიულ რეაქციას.

თქვენ შეიძლება გასმენიათ მოსაზრება, რომ ადამიანი O ტიპის სისხლით, „უნივერსალური დონორია“. ჩვეულებრივ, ამ ჯგუფის სისხლის ერთი ერთეული შეიძლება ნებისმიერი სისხლის ჯგუფის მქონე რეციპიენტს გადაესხას, რადგან O ტიპის ერთროციტები არ შეიცავენ, არც A და არც B ანტიგენებს და ამიტომ ვერ შევლენ რეაქციაში რეციპიენტის ანტისხეულებთან. მხოლოდ ერთი ერთეულის (პაკეტის) გადასხმისას, O ტიპის სისხლის ანტი-A და ანტი-B ანტისხეულები განზავდებიან რეციპიენტის სისხლში და არ ექნებათ დამაზიანებელი გავლენა რეციპიენტის ერთროციტებზე. ტერმინი ნეგატიური, O ნეგატიურ სისხლში (უნივერსალური დონორი) მიაწინებს Rh ფაქტორზე, რომელსაც ქვემოთ განვიხილავთ.

**Rh ფაქტორი** ერთროციტებში არსებული კიდევ ერთი ანტიგენია - მას, ასევე, D ეწოდება. ადამიანები, რომელთა ერთროციტებიც შეიცავენ Rh ფაქტორს, Rh-პოზიტიურებია; ვისი ერთროციტებიც ამ ფაქტორს არ შეიცავენ, Rh-ნეგატიურია. Rh-ნეგატიური სისხლი არ შეიცავს Rh ნატურალურ ანტისხეულებს, შესაბამისად, Rh ანტიგენი მათთვის უცხოა. თუ Rh-ნეგატიურ ადამიანს, შეცდომით, გადაესხმება Rh-პოზიტიური სისხლი, დაიწყება ანტისხეულების წარმოქმნა, ზუსტად ისევე, როგორც ბაქტერიებისა და ვირუსების მიმართ. პირველი მცდარი ტრანსფუზია, ჩვეულებრივ, არ იწვევს პრობლემებს, რადგან Rh-პოზიტიური ერთროციტების მიმართ, ანტისხეულების წარმოქმნა ნელი პროცესია და ერთროციტების სიცოცხლის ხანგრძლივობაც დიდი არ არის. მეორე მცდარი ტრანსფუზია კი გამოიწვევს ტრანსფუზიურ რეაქციას, ჰემოლიზითა და თირკმლის შესაძლო დაზიანებით (იხილეთ, სამახსოვრო 11-3: Rh დაავადება ახალშობილებში).

### სამახსოვრო 11-3 | Rh დაავადება ახალშობილებში

ამ დაავადებას შესაძლოა **erythroblastosis fetalis** ეწოდოს და გამოწვეულია დედასა და ნაყოფს შორის რეზუს შეუთავსებლობით. ნორმალური ორსულობის დროს, დედისა და ნაყოფის სისხლი პლაცენტაში ერთმანეთს არ არევა. თუმცა, პლაცენტის გამოქვევების დროს, ნაყოფის სისხლის მცირე რაოდენობა შეიძლება მოხვდეს დედის ცირკულაციაში.

თუ დედა Rh-უარყოფითია და ახალშობილი-Rh დადებითი, დედის ცირკულაში მოხვდებიან Rh-დადებითი ერთროციტები. შედეგად, პირველი მშობიარობის შემდგომ, დედის იმუნური სისტემა წარმოშობს ანტი-Rh ანტისხეულებს. შემდგომი ორსულობის დროს, ეს ანტისხეულები გაივლიან პლაცენტას და მოხვდებიან ნაყოფის ცირკულაციაში. თუ შემდგომი ნაყოფი Rh-დადებითია, დედის ანტისხეულები გამოიწვევენ ნაყოფის ერთროციტების დესტრუქციას (ჰემოლიზს). მძიმე შემთხვევებში, ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნაყოფის დაღუპვა. შედარებით, ნაკლებად მძიმე შემთხვევებში, ახალშობილი დაიბადება ანემიით და სიყვითლით. ასეთ ახალშობილს შესაძლოა დაჭირდეს ტრანსფუზიები, რათა მოხდეს დედის ანტისხეულებიანი სისხლის ჩანაცვლება Rh-ის ანტისხეულების გარეშე სისხლით. ახალშობილი დაიწყებს საკუთარი

Rh-პოზიტიური ერითროციტების პროდუქციას, რომლებიც აღარ დაიშლებიან, რადგან დედის ანტისხეულები ამოღებულ იქნება მისი ცირკულაციიდან.

საუკეთესო მკურნალობა პრევენციაა. ამიტომ თუ Rh-უარყოფითი დედა შობს Rh-დადებით ახალშობილს, მშობიარობიდან 72 თვის განმავლობაში, მას უნდა მიენოდოს **RhoGAM**. **RhoGAM** წარმოადგენს ანტი-Rh ანტისხეულებს, რომლებიც გაანადგურებენ დედის ცირკულაციაში მოხვედრილ ნაყოფის ერითროციტებს, სანამ მათ მიმართ მოხდება იმუნური პასუხის ჩამოყალიბება. თავად **RhoGAM** ანტისხეულები რამდენიმე თვეში დაიშლებიან და მომავალი ორსულობა პირველის მსგავსი იქნება, რადგან Rh-პოზიტიურ ერითროციტები ვერ მოასწრებენ მასზე გავლენის მოხდენას.

## სისხლის თეთრი უჯრედები

სისხლის თეთრ უჯრედებს (**WBC**) **ლეიკოციტებსაც** უწოდებენ. არსობობს ხუთი ტიპის **WBC**. ლეიკოციტები ერითროციტებზე დიდი ზომისაა და მომნიშვნეულ სტადიაშიც ინარჩუნებენ ბირთვს. ბირთვი შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ერთ ადგილას, ან განაწილებულ იქნას მრავალ წილსა, ან სეგმენტში. სპეციალური შეღებვის შემდეგ, სისხლის ნაცხის მიკროსკოპული კვლევა ავლენს თითოეული ლეიკოციტის გამორჩეულ სახეს (იხილეთ, სურათები 11-2 და 11-3).

**WBC**-ის ნორმალური რაოდენობა (მოიცავს სისხლის საერთო ანალიზი) 5,000-დან 10,000  $\mu\text{L}$ -ია. როგორც ხედავთ, ლეიკოციტების რაოდენობა მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება ერითროციტების რაოდენობას. **WBC**-ის დიდი ნაწილი არ ცირკულირებს სისხლძარღვებში და ისინი თავიანთ ფუნქციებს ქსოვილურ სითხეში, ან ლიმფურ ქსოვილში ასრულებენ.

### კლასიფიკაცია

**WBC**-ის ხუთივე ტიპის უჯრედები ძვლის წითელ ტვინში წარმოიშობა, გარდა ზოგიერთი ტიპის ლიმფოციტისა, რომელთა წარმოქმნის ადგილი ლიმფური ქსოვილია. **WBC**-ები იყოფიან ორ ჯგუფად: გრანულარულ და აგრანულარულ ლეიკოციტებად. გრანულარულ ლეიკოციტებს მიეკუთვნებიან **ნეიტროფილები, ეოზინოფილები და ბაზოფილები**, რომელთა ბირთვი განაწილებულია ორ, ან მეტ წილსა, ან სეგმენტში და შეღებვისას, მათი გრანულები განსხვავებული შეფერილობისაა. ნეიტროფილებს ღია ცისფერი გრანულები გააჩნიათ, ეოზინოფილების გრანულები წითელია, ხოლო ბაზოფილებს მუქის ლურჯი გრანულები აქვს. აგრანულარული ლეიკოციტებია **ლიმფოციტები და მონოციტები**, რომელთა ბირთვი ერთ ადგილასაა განლაგებული. ჩვეულებრივ, მონოციტები ლიმფოციტებზე მნიშვნელოვნად დიდი ზომისაა. **სისხლის დიფერენციალური ანალიზი** (სისხლის საერთო ანალიზის ნაწილი) წარმოადგენს თითოეული ტიპის ლეიკოციტის პროცენტულ მაჩვენებლის განსაზღვრას. სისხლის თეთრი უჯრედების ნორმალური მაჩვენებლები, სისხლის საერთო ანალიზში შემავალი სხვა მახასიათებლების ნორმალურ მაჩვენებლებთან ერთად, წარმოდგენილია ცხრილში 11-2.

### ფუნქციები

სისხლის თეთრი უჯრედების ფუნქცია ორგანიზმის ინფექციებისგან დაცვა და ზოგიერთი დაავადების მიმართ, **იმუნიტეტის** უზრუნველყოფაა. თითოეული ტიპის ლეიკოციტი ხელს უწყობს ჰემოსტაზის ამ მეტად მნიშვნელოვანი ასპექტის უზრუნველყოფას.

ნეიტროფილებსა და მონოციტებს აქვთ პათოგენების **ფაგოციტოზის** უნარი. ნეიტროფილები უფრო მრავალრიცხოვანი ფაგოციტებია, თუმცა მონოციტები უფრო ეფექტურები არიან, რადგან მათ მიეკუთვნებათ **მაკროფაგებიც**, რომელთაც აქვთ უნარი მოახდინონ მკვდარი, ან დაზიანებული ქსოვილების ფაგოციტოზი მათი დაზიანების ადგილას, რაც უზრუნველყოფს ქსოვილის აღდგენას. მონოციტებიც უწყობენ ხელს ქსოვილის აღდგენას. ინფექციის პერიოდში, ნეიტროფილები უფრო სწრაფად პროდუცირდებიან და პერიფერიულ ცირკულაციაშიც შეიძლება გამოჩნდნენ **უმნიფარი ფორმები**, ე.წ. **band** უჯრედები, ანუ ჩხირბირთვიანები (იხილეთ, სურათი 11-2) - **band** უჯრედების რაოდენობა, ჩვეულებრივ, ნეიტროფილების 10 %-ზე ნაკლებს შეადგენს. "Band" აღწერს ბირთვის მდგომარეობას, რომელიც ჯერ კიდევ არაა სეგმენტირებული და ჰანტელს/ჩხირს წააგავს.



მახასიათებელი	ნორმალური მარკენებლები	ვარიაციები
ერითროციტები	4.5–6.0 million/ $\mu$ L	დაქვეითება: ანემია მომატება: პოლიციტემია
ჰემოგლობინი	12–18 grams/100 mL	დაქვეითება: რკინის დეფიციტი, სხვა ანემიები მომატება: პოლიციტემია
ჰემატოკრიტი	38%–48%	დაქვეითება: ანემია მომატება: პოლიციტემია, მძიმე მწველობა
რეტიკულოციტები	0%–1.5%	დაქვეითება: ძვლის წითელი ტვინის სუპრესია მომატება: მომწიფებული ერითროციტების დეფიციტი
ლეიკოციტები (საერთო)	5000–10,000/ $\mu$ L	დაქვეითება: ლეიკოპენია მომატება: ლეიკოციტუზი
ნეიტროფილები	55%–70%	დაქვეითება: რადიაციული თერაპია, ქიმიოთერაპია მომატება: ინფექცია, ანთება
ეოზინოფილები	1%–3%	დაქვეითება: კორტიკოსტეროიდების სიჭარბე მომატება: ალერგიები, პარაზიტული დაავადებები
ბაზოფილები	0.5%–1%	დაქვეითება: კანცერი მომატება: ალერგიები
ლიმფოციტები	20%–35%	დაქვეითება: შიდსი, მძიმე დამწვრობა, კანცერი, რადიაცია მომატება: მრავალი ვირუსული დაავადება
მონოციტები	3%–8%	დაქვეითება: კორტიკოსტეროიდების სიჭარბე მომატება: ვირუსული დაავადებები, ქრონიკული ინფექციები
თრომბოციტები	150,000–300,000/ $\mu$ L	დაქვეითება: თრომბოციტოპენია შეიძლება იყოს იდიოპათიური, ან აპლასტიური ანემიის თანმხლები მომატება: არ განიხილება, როგორც კლინიკური დაავადება თუმცა, შეიძლება აღინიშნოს სპლენექტომიის შემდეგ

\* სხვადასხვა ლაბორატორიის მარკენებლები, შეიძლება, მცირედ განსხვავებოდნენ ერთმანეთისგან

ეოზინოფილების როლი უცხო პროტეინების განეიტრალებაა და გამოიხატება ნებისმიერი ანტისხეულის ფაგოციტირებაში. ეოზინოფილების რაოდენობა იზრდება ალერგიული რეაქციების და პარაზიტული ინფექციების დროს, როგორცაა მაგალითად მრგვალი ჭიით გამოწვეული ტრიქინელოზი. ბაზოფილები შეიცავენ ჰეპარინისა და ჰისტამინის გრანულებს. **ჰეპარინი** ანტიკოაგულანტია, რომელიც სისხლძარღვებში არანორმალურ შედეგებას აფერხებს. **ჰისტამინი** ანთებითი პროცესის ფონზე გამოიყოფა, რომელიც კაპილარების კედლების გამავლობას ზრდის და საშუალებას აძლევს ქსოვილოვან სითხეს, პროტეინებს და ლეიკოციტებს აკუმულირდნენ დაზიანების არეში.

ორი ძირითადი ტიპის ლიმფოციტი გვხვდება, როგორებიცაა **T** და **B** უჯრედები. უფრო მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი მესამე ტიპის უჯრედები, რომლებსაც ნატურალური კილერები ეწოდებათ. ჩვენ შეიძლება ვთქვათ, რომ **T უჯრედები**, ან **T** ლიმფოციტები მონაწილეობენ უცხო ანტიგენების ამოცნობაში და შეუძლიათ ზოგიერთი უცხო ანტიგენის განადგურება. **B უჯრედები**, ანუ **B** ლიმფოციტები პლაზმური უჯრედებია, რომლებიც იწყებენ უცხო ანტიგენების მიმართ ანტისხეულების გამომუშავებას. **T** და **B** უჯრედებსაც პათოგენების დამახსოვრების უნარი აქვთ, რის გამოც ვაქცინაციის, ან ინფექციის გადატანის შემდეგ, მოცემული პათოგენის მიმართ, შეიძლება განვითარდეს იმუნიტეტი. **ნატურალური კილერები (NK)** ანადგურებენ უცხო უჯრედებს, ამ უჯრედების მემბრანების ქიმიურად დაშლით. ლიმფოციტების ფუნქცია, იმუნიტეტის მექანიზმების ჭრილში, განხილულია მე-14 თავში.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ლეიკოციტები ფუნქციონირებენ ქსოვილოვან სითხეში და სისხლში. ბევრ ლეიკოციტს აქვს თვით-გადაადგილების უნარი (ამებისმაგვარი მოძრაობა), რის გამოც მათ შეუძლიათ გაძვრენ კაპილარების კედლების უჯრედებს შორის და აღმოჩნდნენ ქსო-

ვილოვან სივრცეებში. მაკროფაგები ლეიკოციტების ორმაგი ლოკაციის კარგი მაგალითია. ზოგიერთი მაკროფაგი ფიქსირებულია ისეთ ორგანოებში, როგორებიცაა ღვიძლი, ელენთა. ძვლის ნითელი ტვინი (ქსოვილოვანი მაკროფაგური, ანუ RE სისტემა, რომელიც ხანდაზმული ერთოციტების ფაგოციტოზში მონაწილეობს) და ლიმფური კვანძები. ისინი ახდენენ სისხლსა, ან ლიმფაში მოციკულირე პათოგენების ფაგოციტოზს. სხვა „მოხეტიალე“ მაკროფაგები გადადიან ქსოვილოვან სითხეში, განსაკუთრებით, ლორწოვანი მემბრანების კანქვეშა შემაერთებელ ქსოვილში. სხეულის ბუნებრივი ხვრელებიდან და დაზიანებული კანიდან ორგანიზმში მოხვედრილი პათოგენები, მაკროფაგებისა და ლეიკოციტების მიერ მანამდე ნადგურდება, სანამ ისინი სერიოზული დაავადების გამონვევას მოასწრებენ. პულმონურ ალვეოლებში არსებული მაკროფები ეფექტურად ახდენენ, შესუნთქულ ჰაერთან ერთად, ფილტვებში მოხვედრილი პათოგენების განადგურებას.

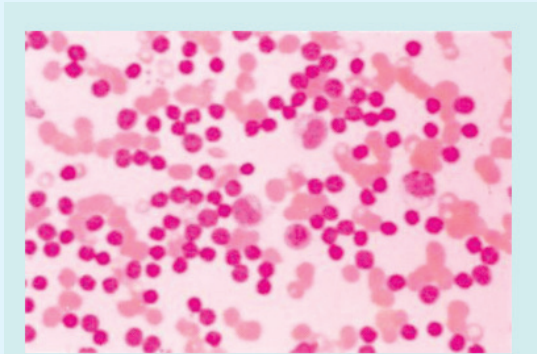
ლეიკოციტების რაოდენობის გაზრდას **ლეიკოციტოზი** ეწოდება და ხშირად, ინფექციის მაჩვენებელია. **ლეიკოპენია**, ლეიკოციტების რაოდენობის შემცირებაა და შესაძლოა განვითარდეს ტუბერკულოზის სანყის სტადიაზე. დასხივებას, ან ბენზოლით ინტოქსიკაციას შეუძლია WBC-ის განადგურება და მათი რაოდენობის შემცირება. ასეთი ადამიანი ძალიან მოწყვლადია ინფექციების მიმართ. ლეიკემია, ანუ ავთვისებიანი ლეიკოციტების წარმოქმნა, განხილულია სამახსოვრო 11-4: ლეიკემია.

### სამახსოვრო 11-4 | ლეიკემია

**ლეიკემია** სისხლმბადი ქსოვილის ავთვისებიანი დაავადებაა. მრავალი სხვადასხვა ტიპის ლეიკემია არსებობს, რომელთა კლასიფიცირება ხდება, როგორც მწვავე, ან ქრონიკული, პათოლოგიური უჯრედების ტიპის მიხედვით, ან დაავადების გამოვლენის პერიოდის მიხედვით (ბავშვობაში, თუ ზრდასრულობაში).

ზოგადად, ლეიკემიისთვის დამახასიათებელია მოუმწიფებელი ლეიკოციტების ჭარბი პროდუქცია. მოუმწიფებელ ლეიკოციტებს არ აქვთ ნორმალური ფუნქციონირების უნარი და შესაბამისად, ასეთი პაციენტი უკიდურესად მოწყვლადია ინფექციების მიმართ. რადგან ავთვისებიანი უჯრედები დიდი რაოდენობით მოიხმარენ საშენ მასალას, სისხლის სხვა უჯრედები პროდუქცია შემცირებულია. შესაბამისად, ერთოციტების პროდუქციის შემცირების გამო, ვითარდება მძიმე ანემია, ხოლო თრომბოციტების პროდუქციის შემცირება, იწვევს სისლჩაქცევებს და შემდგომ სისხლდენებს.

ქიმიოთერაპია ეფექტურია ზოგიერთი ფორმის ლეიკემიის სამკურნალოდ (შეიძლება დაავადება გადავიდეს რემისიის სტადიაში, ან სულაც განიკურნოს), თუმცა სხვა ფორმები მკურნალობის მიმართ რეზისტენტული რჩება, რაც დაავადების დიაგნოსტიკებიდან რამდენიმე თვეში, პაციენტის სიკვდილით მთავრდება. ასეთ შემთხვევებში, სიკვდილის მიზეზი, ჩვეულებრივ, პნევმონია, ან სხვა მძიმე ინფექციაა, რადგან პათოლოგიურ ლეიკოციტებს არ შეუძლიათ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი პათოგენების ზრდის და გავრცელების შეჩერება.



**სურათი 11 - B.** ყურადღება მიქცით მუქად შეღებილ WBC-ებს ( $\times 300$ ); და შეადარეთ ნორმალურ სისხლს 11-3 A and B. (From Sacher, RA, and McPherson, RA: *Widmann's Clinical Interpretation of Laboratory Tests*, ed 11. FA Davis, Philadelphia, 2000, with permission.)

სისხლის თეთრი უჯრედების ტიპებს (RBC ტიპების, მაგალითად, ABO ჯგუფების ანალოგი) ადამიანის ლეიკოციტების ანტიგენები (HLAs) ეწოდება. ამ უჯრედულ ტიპებს მემბრანული პროტეინები და გენეტიკური მახასიათებლებს წარმოადგენენ. ამ აუტო-ანტიგენებს განმსაზღვრელ გენებს, ერთობლივად დიდი ჰისტოთავსებადობის კომპლექსი (MHC) ეწოდება და განლაგებული მე-6 ქრომოსომაზე. ამ ანტიგენების ფუნქცია აღწერილია სამახსოვრო 11-5: სისხლის თეთრი უჯრედების ტიპები: HLA.

## სამახსოვრო 11-5|სისხლის თეთრი უჯრედები

**ადამიანის ლეიკოციტარული ანტიგენები (HLAs)** ლეიკოციტების ანტიგენებია, რომლებიც წარმოდგენილია მოცემული ადამიანის ყველა უჯრედში. ეს ჩვენი „საკუთარი“ ანტიგენებია, რომლებიც აიდენტიფიცირებენ ჩვენი ორგანიზმის უჯრედებს.

თუ სისხლის ABO ჯგუფებს გავიხსენებთ, რომლებსაც ერთროციტების ანტიგენები განსაზღვრავენ, იქ მხოლოდ ორი ტიპის ანტიგენი გვხვდება - A და B და სისხლის ოთხი ჯგუფი იდენტიფიცირდება: A, B, AB, და O. HLA ანტიგენებსაც, ასევე, სხვადასხვა ასოთი აღნიშნავთ: HLA A, B, და C ანტიგენები წარმოადგენენ კლასი I პროტეინებს, თითოეული პროტეინისთვის 100-დან 400-მდე სახესხვაობით. კლასი II პროტეინები აღნიშნული D ანტიგენებად და ისინიც მრავალი სახესხვაობით არიან წარმოდგენილი. თითოეულ HLA ტიპისთვის ადამიანს აქვს ორი ტიპის გენი და ეს გენები მემკვიდრეობით გადაეცემა, ისევე როგორც, ერთროციტების ტიპების განმსაზღვრელი გენები. ერთი ოჯახის წევრებს შესაძლოა ქონდეთ მსგავსი HLA ტიპები, თუმცა იდენტური ტყუპებს ზუსტად ერთნაირი HLA ტიპები აქვთ.

HLA ტიპირების მიზანი, იმუნური სისტემისთვის „საკუთარი“ თავისთავადობის განსაზღვრაა, რაც გამოიყენება ორგანიზმში პათოგენის მოხვედრის შემდეგ. T ლიმფოციტები ერთმანეთს ადარებენ მაკროფაგების „საკუთარ“ ანტიგენებსა და ვირუსებისა და ბაქტერიების ანტიგენებს და რადგან ისინი განსხვავებულია, ხდება პათოგენების „უცხოებად“ ამოცნობა. ეს პათოგენების განადგურების პირველი ნაბიჯია.

ორგანოების ქირურგიული ტრანსპლანტაცია HLA ტიპირებას ემყარება. გულის, ან თირკმლის ტრანსპლანტაციის დროს ყველაზე დიდ პრობლემას რეციპიენტის ორგანიზმის იმუნური სისტემის მიერ, ტრანსპლანტირებული ორგანოების დესტრუქცია წარმოადგენს. თქვენ შესაძლოა იცნობთ ტერმინს **ქსოვილოვანი ტიპირება**. ეს პროცესი გულისხმობს დონორის HLA ტიპების განსაზღვრას, რათა გავარკვიოთ რამდენად შეესაბამებიან ისინი პოტენციური რეციპიენტის HLA ტიპებს. მხოლოდ ერთი HLA ტიპის დამთხვევაც კი ამცირებს მოცილების რისკებს. რადგან, მოცილების თავიდან ასაცილებლად, ყველა ტრანსპლანტირებული პაციენტი (რქოვანას ტრანსპლანტაციის გარდა), უნდა იღებდეს იმუნოსუპრესანტებს, ეს მედიკამენტები მათ უფრო მოწყვლადს ხდიან ინფექციების მიმართ. რაც უფრო მსგავსია დონორისა და რეციპიენტის HLA ტიპები, მით უფრო ნაკლები დოზითაა იმუნოსუპრესორების დანიშვნის საჭიროება და ნაკლებია სერიოზული ინფექციის განვითარების რისკი. (საერთო პოპულაციაში, სრულყოფილი HLA შესაბამისობის მოძებნის შანსი 1:20. 000-ია).

გარდა ამისა, HLA ტიპებს სხვა მნიშვნელობაც აქვს: გარკვეული HLA ტიპის ადამიანები მეტად არიან მიდერეკილნი ზოგიერთი აუტოიმუნური დაავადებისადმი. ასე მაგალითად, ტიპი 1 დიაბეტი, უფრო ხშირად, DR3, ან DR4 HLA-ის ადამიანებს ემართებათ, მანკილოზებელი სპონდილიტი, კი მეტად, B27 HLA-ის ტიპის დროს გვხვდება. ისინი არ წარმოადგენენ ამ დაავადების გენებს, მაგრამ შეიძლება თამაშობდნენ წინასწარგანმწყობი ფაქტორების როლს. როგორ შეიძლება ეს მოხდეს: A ვირუსი შედის ორგანიზმში და იწყებს იმუნური სისტემის სტიმულირებას ანტისხეულების წარმოსაქმნელად. ვირუსი ნადგურდება, მაგრამ მისი ანტიგენი ორგანიზმის ერთ-ერთი ანტიგენის მსგავსია და ვირუსის მიმართ გამომუშავებული ანტისხეულები იწყებენ სხეულის შესაბამისი ნაწილის დესტრუქციას. მეორე ვარიანტია, რომ ვირუსი ისე აზიანებს ორგანიზმის „საკუთარ“ ანტიგენს, რომ ის უცხოად აღიქმება. აუტოიმუნური დაავადების განვითარების მექანიზმის შესახებ, ეს ორი თეორიაა, აქტიურად განიხილება სამეცნიერო წრეებში.



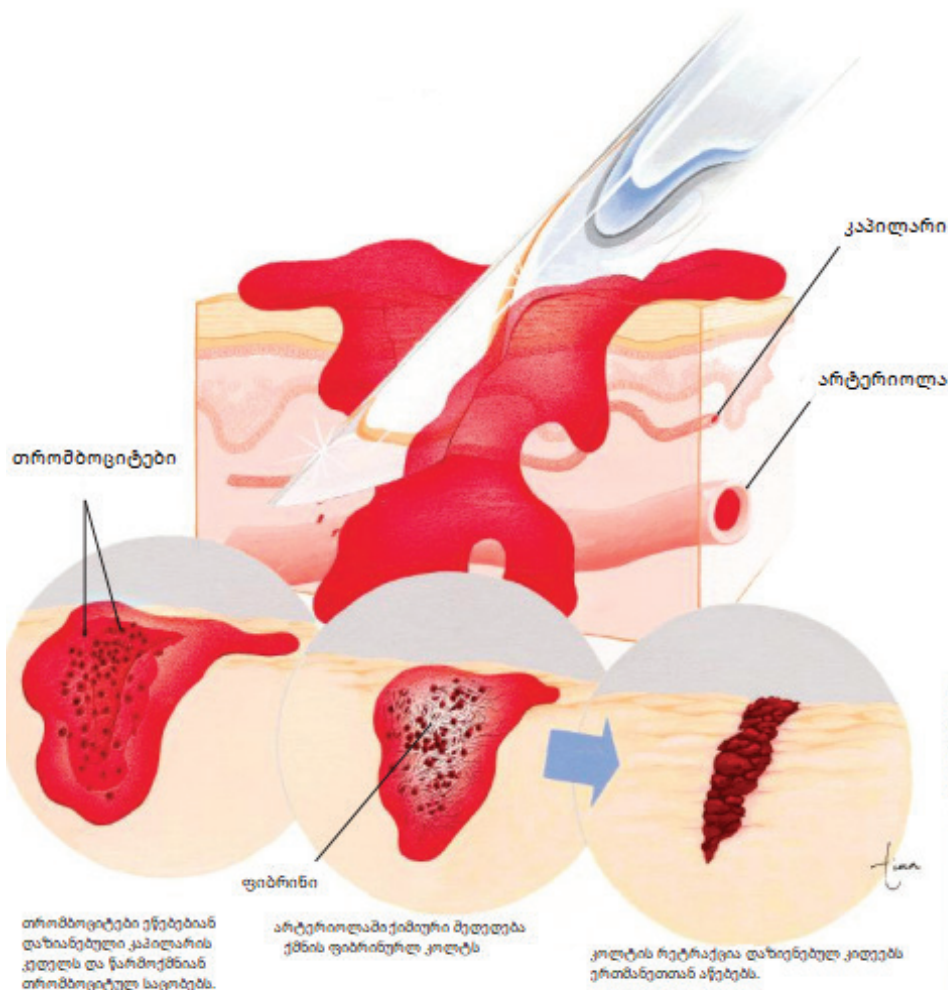
# თრომბოციტები

**თრომბოციტები** არ წარმოადგენენ მთლიან უჯრედებს, არამედ უჯრედების ნაწილები, ან ფრაგმენტები არიან. ძვლის წითელი ტვინში არსებული ზოგიერთი ღეროვანი უჯრედები დიდ ურჯედებად დიფერენცირდება, რომლებსაც **მეგაკარიოციტები** ეწოდებათ (სურათები 11-2 და 11-3). მეგაკარიოციტები მცირე ნაწილებად იშლებიან და სისხლში ცირკულირებენ. ამ მცირე ზომის, ოვალურ ნაწილებს თრომბოციტები ეწოდება, რომელთა სიცოცხლის ხანგრძლივობა 5-დან 9 დღემდეა (თუ მანამდე არ მოხდა მათი უტილიზაცია). **თრომბოპოეტინი** ღვიძლში წარმოებადი ჰორმონია, რომელიც აჩქარებს თრომბოციტების წარმოქმნას.

თრომბოციტების ნორმალური მაჩვენებელი (მოიცავს სისხლის საერთო ანალიზი) 150,000-300,000/ $\mu$ L-ია (ზედა ზღვარი შეიძლება იყოს 500,000/ $\mu$ L). თრომბოციტების რაოდენობის შემცირებას **თრომბოციტოპენია** ეწოდება.

## ფუნქცია

თრომბოციტები აუცილებელია **ჰემოსტაზისთვის**, ანუ სისხლის დაკარგვის პრევენციისთვის. ინტაქტურ სისხლძარღვებში, თრომბოციტები ხელს უწყობენ კაპილარებისა და უფრო დიდი სისხლძარღვების ამომფენ (ენდოთელიუმი) ეპითელურ უჯრედებს შორის კავშირების შენარჩუნებას. თრომბოციტების გარეშე, ელვის შესაკრავის მსგავსი გლიკოპროტეინი, რომლებსაც **კადერინები** ეწოდება, იშლება, ეპითელური უჯრედები ერთმანეთს შორდებიან და ერითროციტები და პლაზმა სისხლძარღვების გარეთ გაედინება. სისხლძარღვის გასკდომის, ან გაკვეთის შემდეგ, სისხლის დანაკარგის მინიმუმირება სამი მექანიზმის საშუალებით ხორციელდება და თრომბოციტები სამივე მათგანში არიან ჩართულნი. სურათზე 11-6 გადმოცემულია ორი ასეთი მექანიზმი.



**სურათი 11-6** ჰემოსტაზი. კაპილარებში თრომბოციტული საცობის წარმოქმნა და არტერიოლებში ფიბრინული კოლტის წარმოქმნა და რეტრაქცია

**შეკითხვა:** შეადარეთ არტერიოლას და კაპილარის დიამეტრი და უპასუხეთ შეკითხვას, რატომ ვერ აჩერებენ თრომბოციტული საცობები სისხლდენას არტერიოლებიდან?

1. **სისხლძარღვოვანი სპაზმი** - დიდი სისხლძარღვის, როგორებიცაა არტერია, ან ვენა, კედლის დაზიანების შემთხვევაში, დაზიანების საპასუხოდ, ხდება სისხლძარღვების გლუვი კუნთების შეკუმშვა (მიოგენური პასუხი). დაზიანების ადგილას თრომბოციტების მიერ ხდება სეროტონინის გამომუშავება, რომელიც ასევე ხელს უწყობს ვაზოკონსტრიქციას. შედეგად, სისხლძარღვის დიამეტრი მცირდება და მცირე სანათური შეიძლება დაითრომბოს. თუ ვაზოკონსტრიქცია არ მოხდება, წარმოშობილი კოლტი შეიძლება ჩაირეცხოს სისხლის წნევით.

2. **თრომბოციტური საცობები** - კაპილარების დაზიანება სუსტი სიგნალია კოლტის წარმოსაქმნელად. მიუხედავად ამისა, უხეში ზედაპირი იწვევს თრომბოციტის ფორმის შეცვლას (ნაწვეტებულ ფორმას იღებენ) და მათი ნებოვანობის გაზრდას. აქტივირებული თრომბოციტები ენებებიან დაზიანებულ ნაწილის კიდეებს და ერთმანეთს და ქმნიან მექანიკურ ბარიერს კაპილარის კედლის დაზიანებული ნაწილის ამოსავსებად. კაპილარების გასკდომა საკმაოდ ხშირია და მცირე ზომის თრომბოციტური საცობები სრულიად საკმარისია კაპილარის კედლის მთლიანობის აღსადგენად.

ეფექტურია თრომბოციტური საცობები უფრო დიდი სისხლძარღვების დაზიანების შემთხვევაში? არა, რადგან ისინი ძალიან მცირე ზომის არიან და მანამდე გამოირეცხებიან, სანამ მოესწრება კოლტის წარმოქმნა, რომლის შემადგენლობაშიც შეიძლება მოხდეს თრომბოციტების ჩართვა. შეიძლება სისხლძარღვოვანი სპაზმი ეფექტური იყოს კაპილარების დაზიანების დროს? პასუხი ისევე არაა, რადგან კაპილარებს არ გააჩნიათ გლუვი კუნთები და ვაზოკონსტრიქცია ვერ მოხდება.

3. **სისხლის შედედება** - შედედებას ასტიმულირებს სისხლძარღვის სანათურის ზედაპირის გაუხეშება, ან სისხლძარღვის დაზიანება, რაც ასევე იწვევს სისხლძარღვის სანათურის ზედაპირის გაუხეშებას. რაც უფრო დიდია დაზიანება, მით უფრო სწრაფად ხდება შედედების დაწყება, ჩვეულებრივ, 5-120 წმ-ში.

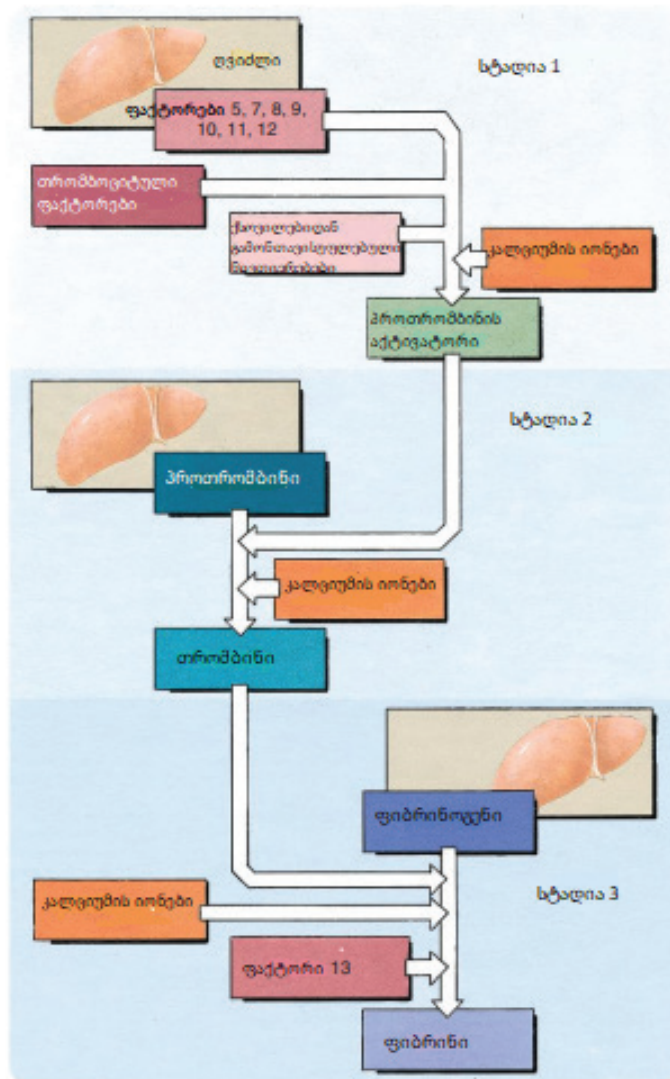
შედედების მექანიზმი მოიცავს რეაქციების სერიას, რომლებშიც ჩართულები არიან სხვადასხვა ნივთიერებები, რომელთა ნაწილი, ჩვეულებრივ, ისედაც ცირკულირებს სისხლში, ნაწილი კი სისხლძარღვის დაზიანების დროს გამოიყოფა.

სისხლის შედედებაში ჩართული ნივთიერებებია - თრომბოციტული ფაქტორები, დაზიანებული ქსოვილებიდან გამოყოფილი ნივთიერებები, კალციუმის იონები და პლაზმის პროტეინები: პროთრომბინი, ფიბრინოგენი, ფაქტორი 8 და ღვიძლში სინთეზირებული სხვა ნივთიერებები. (შედედების ფაქტორები რომაული ციფრებით აღინიშნება; ასე მაგალითად, ფაქტორი 8-ს ეწოდება ფაქტორი VIII.). პროთრომბინის და სხვა შემადგენელი ფაქტორების (ფაქტორები 7, 9 და 10). სინთეზისთვის, ღვიძლს K ვიტამინი სჭირდება. K ვიტამინის უმეტესობა მსხვილ ნაწლავში მცხოვრები ნაწლავის მიკრობიოტას მიერ სინთეზირდება. ვიტამინი K აბსორბირდება მსხვილ ნაწლავში წყლის აბსორბციასთან ერთად და შეიძლება ღვიძლში დეპონირდეს.

სისხლის შედედება, ჩვეულებრივ, სამ სტადიად აღინერება (იხილეთ, ცხრილი 11-3 და სურათი 11-7). სტადია 1 იწყება სისხლძარღვის გაკვეთის, ან შიდა ზედაპირის დაზიანების შემდეგ და მოიცავს ცხრილსა და სურათზე გამოსახულ ყველა ფაქტორს. თუ შედედების გზას გავყებით, ვნახავთ, რომ სტადია 1-ის პროდუქტი პროთრომბინის აქტივატორია, რომელსაც, ასევე, პროთრომბინაზა ეწოდება. ორივე სახელი რალაცას ასახავს: პირველი სახელი მიაჩნია, რომ ეს ნივთიერება ახდენს პროთრომბინის აქტივაციას და ეს სრული სიმართლეა. მეორე სახელი, რომელიც „აზა“-ზე თავდება, ნიშნავს, რომ ის ენზიმია. ენზიმების ტრადიციული სახელები შეიცავენ ენზიმის სუბსტრატის დასახელებას, რომელსაც ემატება დაბოლოება „აზა“. ასე, რომ ეს ნივთიერება, წარმოადგენს ენზიმს, რომლის სუბსტრატი პროთრომბინია, და ეს სიმართლეს შეესაბამება. შედედების სტადიებს შეიძლება კასკადებიც ვუწოდოთ, როდესაც ერთი კასკადი ისე გადადის მეორეში, როგორც დაღმართზე წყალი ჩამოედინება. პროთრომბინის აქტივატორი, პირველი სტადიის პროდუქტი, იწვევს მეორე სტადიის ინიცირებას: პროთრომბინის თრომბინად გარდაქმნას. სტადია 2-ის პროდუქტი, თრომბინი, აინიცირებს სტადია 3-ს: ფიბრინოგენის ფიბრინად გარდაქმნას (იხილეთ, სამახსოვრო 11-6: ჰემოფილია).

**ცხრილი 11-3 სისხლის ქიმიური შედეგა**

<b>სტადია 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ თრომბოციტული ფაქტორები</li> <li>■ ქსოვილოვანი თრომბოპლასტინი</li> <li>■ ფაქტორები 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12</li> <li>■ კალციუმის იონები</li> </ul>	თრომბოციტების ფაქტორები + ქსოვილოვანი თრომბოპლასტინი + სხვა შედეგების ფაქტორები + კალციუმის იონები განაპირობებენ პროთრომბინის აქტივატორის წარმოქმნას (პროთრომბინაზა)
<b>სტადია 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ პროთრომბინის აქტივატორი</li> <li>■ პროთრომბინი</li> <li>■ კალციუმის იონები</li> </ul>	პროთრომბინის აქტივატორი გარდაქმნის პროთრომბინს თრომბინად
<b>სტადია 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ თრომბინი</li> <li>■ ფიბრინოგენი</li> <li>■ კალციუმის იონები</li> <li>■ ფაქტორი 13 (ფიბრინის მასტაბილიზებული ფაქტორი)</li> </ul>	თრომბინი გარდაქმნის ფიბრინოგენს ფიბრინად



**ხურათი 11-7** სისხლის შედეგების სტადიები



არსებობს **ჰემოფილიის** რამდენიმე ფორმა: ყველა მათგანი გენეტიკურია და ხასიათდება სისხლის შედედების უნარის დაქვეითებით. ჰემოფილია **A** ყველაზე გავრცელებული ფორმაა და ამ დროს აღინიშნება შედედების მე-8 (VIII) ფაქტორის დეფიციტი. ჰემოფილია **A**-ს გენი ლოკალიზებულია **X** ქრომოსომაზე, ასე რომ ის **სქესთან შეჭიდული** დაავადებაა, დამემკვიდრების ისეთივე წესით, როგორც დალტონიზმი, ან დუშენის კუნთოვანი დისტროფიაა.

მე-8 ფაქტორის გარეშე, სისხლის შედედების პირველი სტადია ვერ განხორციელდება და პროთრომბინის აქტივატორი ვერ წარმოიქმნება. ჰემოფილიით დაავადებულებში, მკურნალობის გარეშე, მცირე დაზიანების შემთხვევაშიც სისხლდენა გახანგრძლივებულია; ასეთ პაციენტებს მძიმე შინაგანი სისხლდენებიც აღენიშნებათ, განსაკუთრებით, მუშა სახსრებში. მკურნალობა, მაგრამ არა განკურნება, შესაძლებელია დონორებისგან მიღებული მე-8 ფაქტორის ადმინისტრირებით. მე-8 ფაქტორს გამოყოფენ დონორების სისხლის პლაზმიდან და კონცენტრირებული ფორმით აწვდიან ჰემოფილიით დაავადებულებს, რაც მათ ნორმალური სიცოცხლის საშუალებას აძლევს.

სამედიცინო პროგრესის, ალბათ, ყველაზე ტრაგიკული ირონია ისაა, რომ ბევრი ჰემოფილიით დაავადებული შიდსის გამომწვევი ადამიანის იმუნოდეფიციტური ვირუსით (HIV) ინფიცირდება. 1985 წლამდე არ არსებობდა ტესტი, რომელიც დონორთა სისხლში HIV ვირუსს გამოავლენდა და ჰემოფილიით დაავადებულებს ეს ვირუსი იმ სისხლის პროდუქტით გადაეცემოდათ. რომლებსაც მათი დაავადება უნდა გაეკონტროლებინა და სიცოცხლე გაეხანგრძლივებინა. დღესდღეობით, ყველა დონორის სისხლი და სისხლის პროდუქტი მოწმდება HIV ვირუსის არსებობაზე; ასე რომ, ჰემოფილიით დაავადებულთათვის და ყველა იმ ადამიანისთვის, ვისაც სისხლის ტრანსფუზია ესაჭიროება, შიდსის გადაცემის ალბათობა ძალიან მცირეა.

კოლტი შედგება **ფიბრინისგან**, სტადია 3-ის პროდუქტისგან. ფიბრინი ძაფის მაგვარი ცილაა. ამ ძაფებისგან იქმნება ბადე, რომელშიც ეხვევიან ერითროციტები და თრომბოციტები და ქმნიან ზღუდეს დაზიანებული კედლის გასწვრივ.

კოლტის წარმოქმნის და სისხლდენის შედეგების შემდეგ, იწყება **კოლტის რეტრქცია** და **ფიბრინოლიზისი**. კოლტის რეტრაქციისთვის საჭიროა თრომბოციტები, ATP და ფაქტორი 13 და მოიცავს ფიბრინის ძაფების მიერ სიხლძარღვის დაზიანებული კედლის კიდეების მოჭიმვას. ეს იწვევს დაზიანებული არის ფართობის შემცირებას. ამ პროცესს, თრომბოციტები, სხვა მხრივაც უწყობენ ხელს - მათი დაშლის შედეგად, გამოიყოფა **თრომბოციტ-გამოთავისუფლებული ზრდის ფაქტორი (PDGF)**, რომელიც ასტიმულირებს მიტოზს და ხელს უწყობს სისხლძარღვების აღდგენას. აღდგენის დაწყებასთან ერთად, კოლტი იშლება და ამ პროცესს ფიბრინოლიზისი ეწოდება. კოლტის დაშლა მნიშვნელოვანი პროცესია, რადგან კოლტი იწვევს ზედაპირის გაუხეშებას და თუ ის სისხლძარღვის შიგნითა ზედაპირზე წარმოიშობა, გამოიწვევს უფრო მეტ და არასაჭირო შედეგებას, რამაც საბოლოოდ, სისხლძარღვის ობსტრუქციამდეც შეიძლება მიგვიყვანოს.

### არანორმალური შედეგების პრევენცია

შედეგება საჭიროა სისხლდენის შესაჩერებლად, მაგრამ არანორმალური შედეგება გამოიწვევს სისხლძარღვის ობსტრუქციას და ნორმალური ცირკულაციის შეფერხებას. თრომბი არ წარმოიქმნება ინტაქტურ სისხლძარღვში, რადგან **ენდოთელიუმი** (მარტივი ბრტყელი ეპითელიუმის შრე) ძალიან გლუვია და აისხლიტავს თრომბოციტებსა და შედედების ფაქტორებს. თუ ენდოთელიუმი გაუხეშდება, როგორც ეს ათეროსკლეროზული ლიპიდური დეპოზიტების სისხლძარღვის კედელზე დაგროვების დროს ხდება, თრომბი წარმოიშობა.

ბაზოფილების მიერ პროდუცირებული ჰეპარინი, ნატურალური ანტიკოაგულანტი, იწვევს შედედების პროცესის ინჰიბირებას (მიუხედავად იმისა, რომ ჰეპარინს „სისხლის გამათხელებელს“ უწოდებენ, ის არ იწვევს სისხლის გათხელებას, ან განზავებას; ის უფრო ქიმიური რეაქციის შემაფერხებელია). ლვიძლი გამოიმუშავებს გლობულინს, რომელსაც **ანტითრომბინი**

ენოდება, რომელიც უერთდება და დეზაქტივაციას უკეთებს ქარბ თრომბინს. ქარბი თრომბინი გამოიწვევდა შედეგების კასკადის გააქტიურებას, რისი შედეგიც იქნებოდა უფრო მეტი რაოდენობის პროთრომბინის თრომბინად გარდაქმნა, მეტი შედეგება, მეტი თრომბინის წარმოქმნა და ა.შ. ანტითრომბინი ახდენს ამ პროცესის შეფერხებას, ისევე როგორც, ფიბრინი, რომელიც ახდენს ქარბი თრომბინის ადსორბირებას და მას უმოქმედოდ აქცევს. ყველა ეს მექანიზმი წარმოადგენს შედეგების მექანიზმის გარე მუხრუჭს. ერთობლივად, ეს მექანიზმები უზრუნველყოფს, რომ ფიბრინი წარმოიშვას იმ რაოდენობით, რაც საჭიროა სისხლდენის შესაჩერებლად, მაგრამ არ გამოიწვიოს სისხლძარღვის ობსტრუქცია.

ინტაქტურ სისხლძარღვში თრომბის წარმოქმნას **თრომბოზი** ეწოდება. ასე, მაგალითად, კორონარული თრომბოზი არის არანორმალური თრომბის წარმოქმნა კორონარულ არტერიაში, რას იწვევს გულის კუნთის გარკვეული ნაწილისადმი ჟანგბადის მიწოდების შეფერხებას. **ემბოლიზმი**, კოლტი, ან სხვა ქსოვილია, რომელიც ტრანსპორტირდება წარმოშობის ადგილიდან, იჭედება სისხლძარღვში და იწვევს მის ობსტრუქციას (იხილეთ, სამახსოვრო 11-7: თრომბის დაშლა და პრევენცია).

### სამახსოვრო 11-7 თრომბების დაშლა და პრევენცია

კორონარულ, პულმონურ, ცერებრალურ არტერიებში და კიდურების ვენებშიც, თრომბებს სერიოზული პრობლემების გამოწვევა შეუძლიათ. მიუხედავად ამისა, თუ თრომბების დაშლა მანამდე იქნება შესაძლებელი, სანამ ისინი ქსოვილების სიკვდილს გამოიწვევენ, შესაძლებელი იქნება ნორმალური ცირკულაციისა და ქსოვილის ფუნქციონირების აღდგენა.

კორონარული თრომბოზის დასაშლელად გამოყენებული ერთ-ერთი პირველი სუბსტანცია **სტრეპტოკინაზა** იყო. რომელიც გარკვეული სტრეპტოკოკული ბაქტერიების მიერ პროდუცირებული ტოქსინია. სტრეპტოკინაზა მართლა იწვევდა თრომბის დაშლას, თუმცა მისი გამოყენება ქმნიდა, მთელს ორგანიზმში, კოლტების დაშლისა და სერიოზული სისხლდენის განვითარების შესაძლებლობას.

ამ ეტაპზე გამოიყენება უფრო უსაფრთხო თრომბოლიზური (თრომბო - „კოლტი“ ანდ ლიზისი - „დაშლა“) პრეპარატები. კორონარული თრომბოზის შემთხვევაში, თუ თრომბოლიზური პრეპარატი დროულად იქნება მიმართული დაზიანებული სისხლძარღვისკენ, ეს გამოიწვევს თრომბის დაშლას და გულის შეუქცევადი დაზიანების პრევენციას. იგივე პროცედურა გამოიყენება ტვინის შეუქცევადი დაზიანების პრევენციისთვის, თრომბოზით გამოწვეული ინსულტების შემთხვევაში.

პაციენტები, წინაგულების ციმციმით, ან ქვემო კიდურების ვენებში თრომბების წარმოქმნის ტენდენციით, საჭიროებენ თრომბოზის პრევენციას. თქვენ, ალბათ, გასმენიათ ვარფარინის შესახებ, რომელიც მრავალი წლის განმავლობაში, თრომბოზის პრევენციის სტანდარტია. ამ ეტაპზე ხელმისაწვდომია რამდენიმე ახალი პერორალური პრეპარატი, რომლებიც იწვევენ თრომბინის და სხვა შედეგების ფაქტორების ინჰიბირებას. სისხლის შედეგების შენელება და მნიშვნელოვანი სისხლდენის გამოწვევა, ამ მედიკამენტების შესაძლო გვერდითი ეფექტებია, თუმცა დიდი სისხლდენის ეპიზოდები ამ ახალი პრეპარატების გამოყენებისას უფრო იშვიათია, ვიდრე ვარფარინით მკურანალობისას.

### შეჯამება

ამ თავში აღწერილი სისხლის ყველა ფუნქცია - სატრანსპორტო, მარეგულირებელი და დამცავი - უზრუნველყოფს მთელი ორგანიზმის ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას. აღსანიშნავია, რომ სისხლს ამ ფუნქციების შესრულება არ შეუძლია თუ სისხლი ნორმალურად არ ცირკულირებს. სისხლძარღვებში სისხლის ნორმალურ ცირკულაციას უზრუნველყოფს გულის მიერ მტუმბავი ფუნქციის ნორმალურად შესრულება, რასაც შემდეგ თავში განვიხილავთ.

# თავი 12

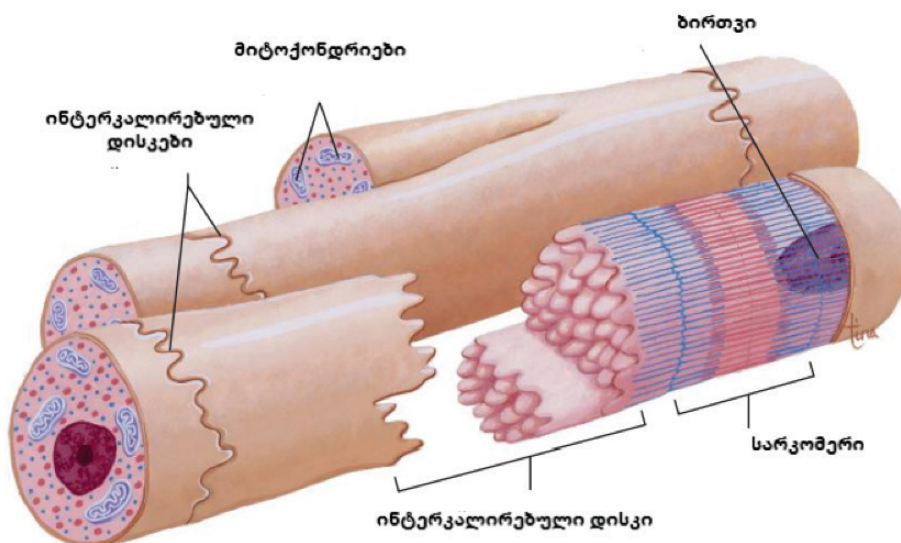
## გული

ემბრიონის გული ფუნქციონირებას ჩასახვის მე-4 კვირიდან იწყებს, მანამდეც კი, სანამ ნერვული მომარაგება ჩამოყალიბდება. თუ ადამიანი 80 წლამდე იცოცხლებს, მისი გული მთელი 80 წელი ყოველდღიურად, დღეში 100,000-ჯერ შეიკუმშება. წარმოიდგინეთ, წუთში 70-ჯერ შეეცადოთ ტენისის ბურთის შეკუმშვას. რამდენიმე წუთის შემდეგ, თქვენი მკლავის კუნთები დაიღლებს. შემდეგ, წარმოიდგინეთ, რომ შეკუმშვის სიხშირეს 120-მდე ზრდით. უმეტესობა ჩვენგანი, ამას დიდი ხნის განმავლობაში ვერ შეძლებს, გული კი ამდენჯერ იკუმშება ფიზიკური აქტივობის დროს. ჯანმრთელ გულს, ორგანიზმის მიერ ჟანგბადის მოთხოვნილების შესაბამისად, შეუძლია შეკუმშვის სიხშირისა და ძალის გაზრდა და შემდგომ მოსვენების მდგომარეობაში დაბრუნება და მუშაობის ამ რიტმის შენარჩუნება, თუ კვლავ რაიმე განსაკუთრებული არ მოხდება. ეს ჩვეულებრივი რუტინაა, რადგან ესაა გულის საქმე.

გულის პირველადი ფუნქცია არტერიებში, კაპილარებსა და ვენებში სისხლის გადატუმბვაა. როგორც წინა თავიდან ვიცით, სხვა მნიშვნელოვან ფუნქციების შესრულებასთან ერთად, სისხლის საშუალებით ხდება ჟანგბადისა და საკვები ნივთიერებების ტრანსპორტირება. გული ტუმბოა, რომელიც ახდენს სისხლის ცირკულირებას. სანამ გულს, როგორც მტუმბავ ორგანოს განვიხილავთ, მოდით ვნახოთ რას წარმოადგენს ქსოვილი - გულის კუნთი, რომელიც გულს მტუმბავ ფუნქციას ანიჭებს.

### გულის კუნთოვანი ქსოვილი

გულის კუნთოვანი ქსოვილის უჯრედები (ბოჭკოები, ან მიოციტები) ჩონჩხის კუნთების (ალნერილია მე-7 თავში) მსგავსია, თუმცა უფრო დატოტვილია. ადვილი გასაგებია, რომ ისინი შეიცავენ მრავალ მიტოქონდრიას. გულის კუნთი განივბოლიანია (იხილეთ, სურათი 12-1), რაც ასახავს სარკომერებში მიოზინის, აქტინის, ტროპონინის და სხვა პროტეინების განლაგებას. სარკომერები მკუმშავი ერთეულებია. გულის კუნთის შეკუმშვა ჩონჩხის კუნთების შეკუმშვის მსგავსია და მათი მოქმედების პოტენციალის წარმოქმნა ნატრიუმის და კალიუმის იონების გადაადგილების შედეგია (დეპოლარიზაციისთვის - ნატრიუმის იონების შესვლა და რეპოლარიზაციისთვის - კალიუმის იონების გამოსვლა).



**სურათი 12-1.** გულის კუნთის უჯრედები, სარკომერებს და ბოლოებში ინტერკალირებული დისკებით. მიოციტის შემზრანის დაბოლოება გარეთაა გამოზნექილი და ამ გამოზნექილობით „ჯდება“ შემდგომი მიოციტის შესაბამისს ნაკვეში



მნიშვნელოვანი განსხვავება იმაშია, რომ გულის მიოციტები თავად ახდენენ იმპულსების გენერირებას და შეკუმშვისთვის არ საჭიროებენ ნერვულ იმპულსებს. მეორე მნიშვნელოვანი სხვაობა ის არის, რომ ერთი მიოციტის ელექტრული აქტივობა, **მიოციტებს შორის მდებარე მაკავშირებელი დისკების** საშუალებით, რომლებიც წარმოქმნიან „დაბოლოება-დაბოლოება“ კავშირებს, ძალიან სწრაფად ვრცელდება მიმდებარე მიოციტებში. როგორც 12-1 სურათზე ჩანს, მიოციტის მემბრანის დაბოლოება გარეთაა გამოზნექილი და ამ გამოზნექილობით ის „ჯდება“ შემდგომი მიოციტის შესაბამის ნაკეცში (ისევე როგორც პუდინგი ყალიბში, ან ხელი ხელთათმანში). ამის გამო მიოციტებს შორის კავშირი დიდ ფართობს მოიცავს, რაც ხელს უწყობს მოქმედების პოტენციალის გადაცემას. გულის კუნთის ერთი ბოჭკოს დეპოლარიზაციასა და შეკუმშვას სწრაფად მოყვება მეორე ბოჭკოს დეპოლარიზაცია და შეკუმშვა და ა.შ. მაკავშირებელი დისკების არსებობა განაპირობებს იმპულსის ისე სწრაფ გატარებას, რომ გულის თითოეული შეკუმშვის განმავლობაში, წინაგულები იკუმშება ერთდროულად, რასაც მოჰყვება ორივე პარკუჭის ერთდროული შეკუმშვა.

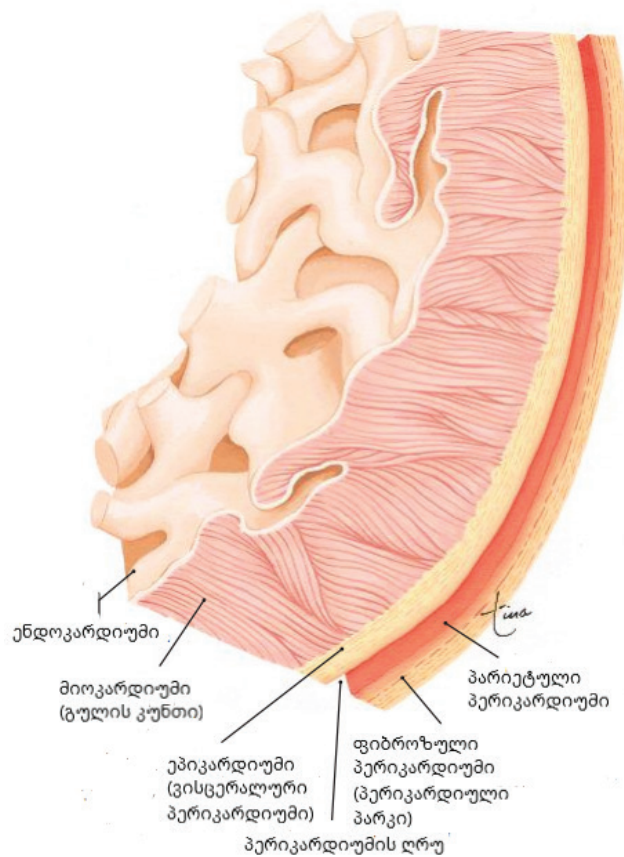
გულის კუნთი ენდოკრინული ქსოვილიცაა, რომელიც გამოუმუშავებს ჰორმონების ჯგუფს, რომლებსაც ნატრიურეზული პეპტიდები ეწოდება. ამ ჯგუფის წარმომდგენლად, ჩვენ **წინაგულოვან ნატრიურეზულ პეპტიდს (ANP)** მოვიხსენებთ, რომელსაც ასევე **წინაგულოვანი ნატრიურეზული პეპტიდიც (ANP)** ეწოდება. ANP პროდუცირდება წინაგულების კედლების გაჭიმვის დროს მოცულობითი, ან წნევითი გადაძაბვის გამო. ANP აფერხებს თირკმლების მიერ ნატრიუმის რეაბსორბციას, შესაბამისად, შარდთან ერთად, მეტი ნატრიუმი გამოიყოფა, რაც თავის მხრივ, ზრდის წყლის გამოყოფას. წყლის დაკარგვა იწვევს სისხლის მოცულობისა და წნევის შემცირებას და ამას გულისთვის დამცველობითი მნიშვნელობა აქვს, რადგან სისხლის წნევის ქრონიკულად გაზრდას გულის დაზიანება შეუძლია. (თქვენ შეიძლება შეამჩნიეთ, რომ ANP ჰორმონ ალდოსტერონის ანტაგონისტია, რომელიც იწვევს წნევის გაზრდას). ANP-ის შემდეგი სამიზნე სისხლძარღვების გლუვი კუნთებია. ANP ახდენს ვაზოდილატაციის სტიმულირებასაც, რაც ასევე ხელს უწყობს სისხლის წნევის დაქვეითებას.

გარდა ამისა, ANP-ს სამიზნე ადიპოზური ქსოვილიცაა და ის ხელს უწყობს თეთრი ადიპოციტების ყავისფერ ადიპოციტებად გარდაქმნას. როგორც იცით, თეთრი ადიპოციტები ინახავენ ცხიმს, ყავისფერი ადიპოციტები კი, უჯრედული სუნთქვის პროცესში, ახდენენ ცხიმის მეტაბოლიზებას და ენერჯის, სითბოს სახით, გამოთავისუფლებას. კიდევ ერთხელ, ამას გულისთვის დამცველობითი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ზედმეტი ცხიმი არ ინახება, არ იწვევს არტერიების დახშობას, არამედ იშლება CO<sub>2</sub>-ად და H<sub>2</sub>O-ოდ. ANP-ის წარმოქმნის დამატებით სტიმულს ფიზიკური აქტივობა და სიცივე წარმოადგენს. როგორც, ხედავთ, თირკმლის ეპითელიუმთან და სისხლძარღვების გლუვ კუნთებსა და ადიპოზურ ქსოვილთან ქიმიური კომუნიკაციით, გული მონაწილეობას ღებულობს საკუთარი თავის დაცვაში.

## ლოკალიზაცია და პერიკარდიული მემბრანები

გული მოთავსებულია გულმკერდის ღრუში, ფილტვებს შორის. ამ ადგილს **მედიასტინუმი** ეწოდება. კონუსის ფორმის გულის ფუძე მდებარეობს მკერდის ძვლის უკან, სადაც შედის და საიდანაც გამოდის დიდი სისხლძარღვი. გულის მწვერვალი მიმართულია ქვემოთ და მდებარეობს დიაფრაგმის ოდნავ ზემოთ, მარცხენა მედიოკლავიკულარ ხაზზე. ამიტომ, ჩვენ შესაძლოა გვეგონოს, რომ გული მარცხენა მხარესაა განლაგებული, რადგან ყველაზე ძლიერი შეკუმშვა არ შეინიშნება.

გული შემოსაზღვრულია სამშრიანი **პერიკარდიული მემბრანით** (იხილეთ, სურათი 12-2). ყველაზე გარეთა შრე **ფიბროზული პერიკარდიუმი**ა, მყარი ფიბროზული ქსოვილის თავისუფლად მორგებული პარკი, რომელიც ქვემოთ დიაფრაგამამდე ვრცელდება, ზემოთ კი დიდი სისხლძარღვების გულთან მიერთების ადგილამდე. სეროზული პერიკარდიუმი ორად შეკეცილი მემბრანაა, რაც ქმნის ორ შრეს: ვისცერარულსა და პარიეტულს. ფიბროზულ პერიკარდიუმს ესაზღვრება **პარიეტული პერიკარდიუმი**, გულის კუნთის ზედაპირს კი ამოფენს **ვისცერალური პერიკარდიუმი**, რომელსაც **ეპიკარდიუმსაც** უწოდებენ. ვისცერალურ და პარიეტულ ფურცლებს შორის, სეროზული სითხეა, რაც გულის შეკუმშვების დროს ამცირებს ხახუნს.



**სურათი 12-2.** გულის კედლის შრეები და პერიკარდიუმის მემბრანები. ენდოკარდიუმი ამოფენს გულის კამერებს. ფიბროზული პერიკარდიუმი ყველაზე გარეთა შრეა.

**შეკითხვა:** რა არის პარიეტულ და ვისცერალურ ფურცლებს შორის და რა არის მისი ფუნქცია?

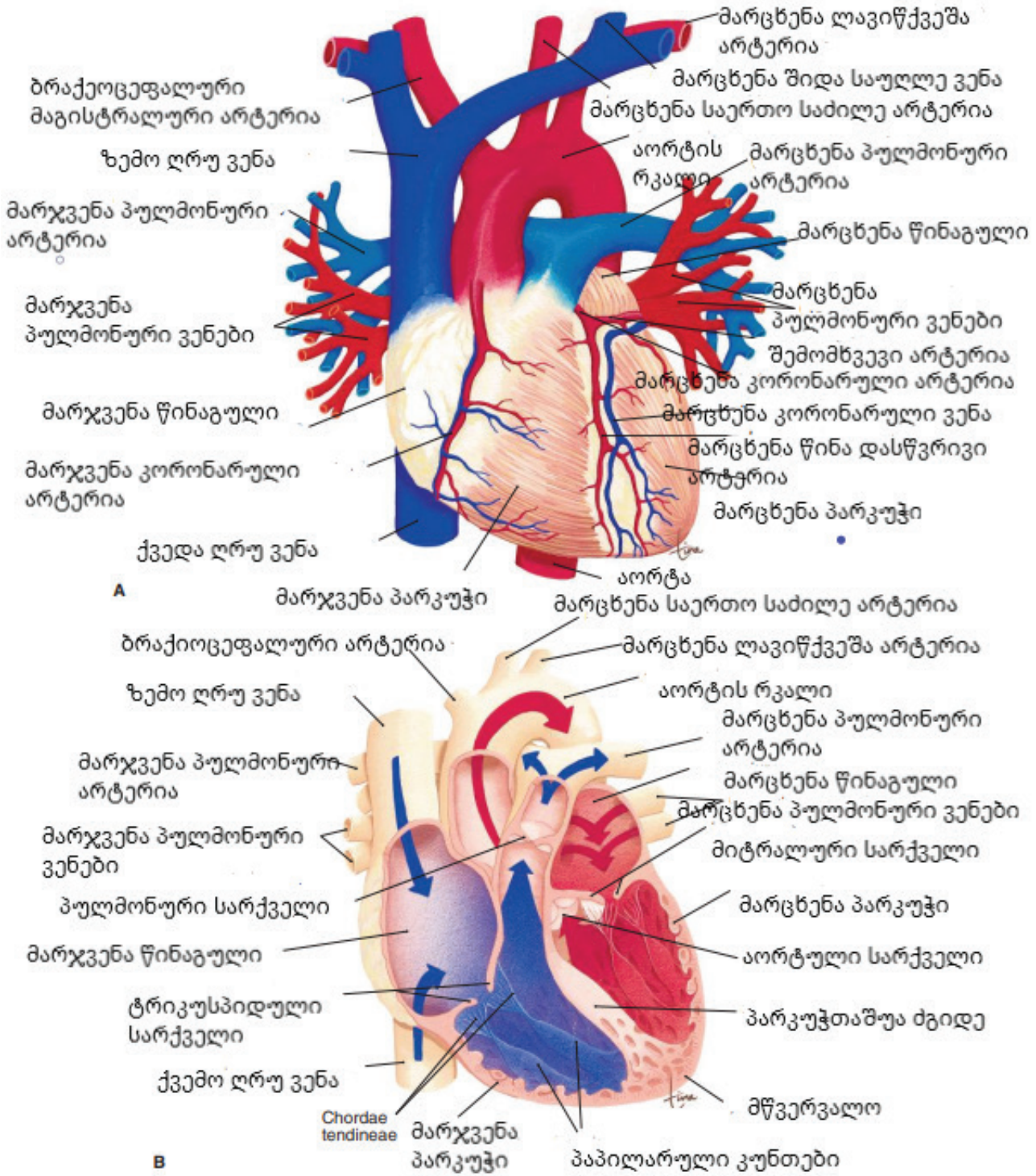
## კამერები - სისხლძარღვები და სარქველები

გულის ოთხივე კამერის ყველაზე სქელი კედელი გულის კუნთია, რომელსაც **მიოკარდიუმი** ეწოდება.

გულის კამერები ამოფენილია **ენდოთელიუმით**, მარტივი ბრტყელი ეპითელიუმით, რომელიც, ასევე, ფარავს სარქველებს და გრძელდება სისხლძარღვებშიც. ენდოთელიუმის მნიშვნელოვანი ფიზიკური მახასიათებელი ის კი არ არის, რომ ის თხელია, არამედ ის, რომ ის გლუვია. ეს უკიდურესად გლუვი ზედაპირი ხელს უშლის სისხლის შედედებას, რადგან შედედება იწყება სისხლის უხეშ ზედაპირთან შეხებით.

გულის ზედა კამერებს **წინაგულები** ეწოდება (**წინაგული:atrium**), რომლებსაც შედარებით თხელი კედლები აქვთ და ერთმანეთისგან გამოყოფილია მიოკარდიუმის საერთო კედლით, **წინაგულთაშუა (ინტერატრიალური) ძგიდით**. ქვედა კამერებს მარცხენა და მარჯვენა **პარკუჭები (პარკუჭი:ventricle)** წარმოადგენენ, რომლებსაც უფრო სქელი კედლები აქვთ და ერთმანეთისგან გამოყოფილები არიან **პარკუჭთაშუა (ინტერვენტრიკულური) ძგიდით** (იხილეთ, სურათი 12-3). როგორც ქვემოთ ნახავთ, წინაგულები სისხლს იღებენ ფილტვებიდან ან სხეულიდან, პარკუჭები კი გადატუმბავენ სისხლს ფილტვებში, ან სხეულში.





**სურათი 12-3. (A) წინა ხედი - გული და მსხვილი სისხლძარღვები (B) წინა ხედი - ფრონტალური განაკვეთი**

### მარჯვენა წინაგული

ორი დიდი ღრუ ვენით, სისხლი მარჯვენა წინაგულში ჩაედინება (იხილეთ, სურათი 12-3). ზედა ღრუ ვენას ვენური სისხლი მოაქვს სხეულის ზედა ნაწილიდან, ქვედა ღრუ ვენას - ქვედა ნაწილიდან. მარჯვენა წინაგულიდან, მარჯვენა ატრიოვენტრიკულური (AV), იგივე, ტრიკუსპიდური სარქვლის გავლით, სისხლი მარჯვენა პარკუჭში ჩაედინება.



ტრიკუსპიდულ სარქველს სამი კარედი აქვს, რომლებიც შემართებელი ქსოვილით გამაგრებული ენდოთელიუმისგან შედგება. ზოგადად, ყველა სარქველის ფუნქცია, სისხლის ცირკულაციის დროს, სისხლის უკან მოდინების ხელის შეშლაა. ტრიკუსპიდური სარქველის სპეციფიური ფუნქცია, მარჯვენა პარკუჭის შეკუმშვის დროს, მარჯვენა პარკუჭიდან მარჯვენა წინაგულში, სისხლის უკან დაბრუნების პრევენციაა. პარკუჭის შეკუმშვისას, სისხლი აწვება სარქველის კარედებს ზევით, რის გამოც სარქველი იკეტება.

## მარცხენა წინაგული

მარცხენა წინაგული, ფილტვის ვენების გავლით, სისხლს იღებს ფილტვებიდან, საიდანაც სისხლი, მიტრალური, ანუ **ორკარედა სარქველის** გავლით, მარცხენა პარკუჭში ჩაედინება. მიტრალური სარქველი, მარცხენა პარკუჭის შეკუმშვის დროს ეწინააღმდეგება სისხლის დაბრუნებას მარცხენა პარკუჭიდან მარცხენა წინაგულში.

## მარჯვენა პარკუჭი

მარჯვენა პარკუჭის შეკუმშვისას, წნევა ხურავს ტრიკუსპიდულ სარქველს და სისხლი, ფილტვის არტერიის ღეროს გავლით ფილტვებში გადაიტუმბება. ფილტვის არტერიის და მარჯვენა პარკუჭის შესართავთან განთავსებულია **პულმონური ნამგლისებრი (ნახევარმთვარისებრი)**, უფრო მარტივად, **პულმონური სარქველი**. მისი სამი აფრა იღებს მარჯვენა პარკუჭის შეკუმშვის დროს და სისხლი გადაიტუმბება ფილტვის არტერიაში. როდესაც პარკუჭი დუნდება, სისხლი უკან, მარჯვენა პარკუჭისკენ მოედინება, რაც ავსებს სარქველის აფრებს და ხელს უშლის სისხლის მარჯვენა პარკუჭში დაბრუნებას.

მარჯვენა პარკუჭის ქვედა ნაწილში წარმოდგენილია მიოკარდიუმის სვეტები, რომლებსაც **პაპილარული კუნთები** ეწოდებათ (იხილეთ, სურათი 12-3). ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილის ბოჭკოები, **chordae tendineae**, პაპილარული კუნთებიდან ტრიკუსპისური სარქველების აფრებს უერთდებიან. მარჯვენა პარკუჭის შეკუმშვისას, პაპილარული კუნთებიც იკუმშებიან და ჭიმავენ ქორდებს, რაც აფერხებს ტრიკუსპიდური სარქველის ინვერსიას. თუ თქვენ ოდესმე ქოლგა უკუღმა დაგკეციათ, მაშინ ადვილად მიხვდებით, რა მოუვიდოდათ ტრიკუსპიდური სარქველის კარედებს, ისინი პაპილარული კუნთებითა და ქორდებით რომ არ იყვნენ გამყარებულნი.

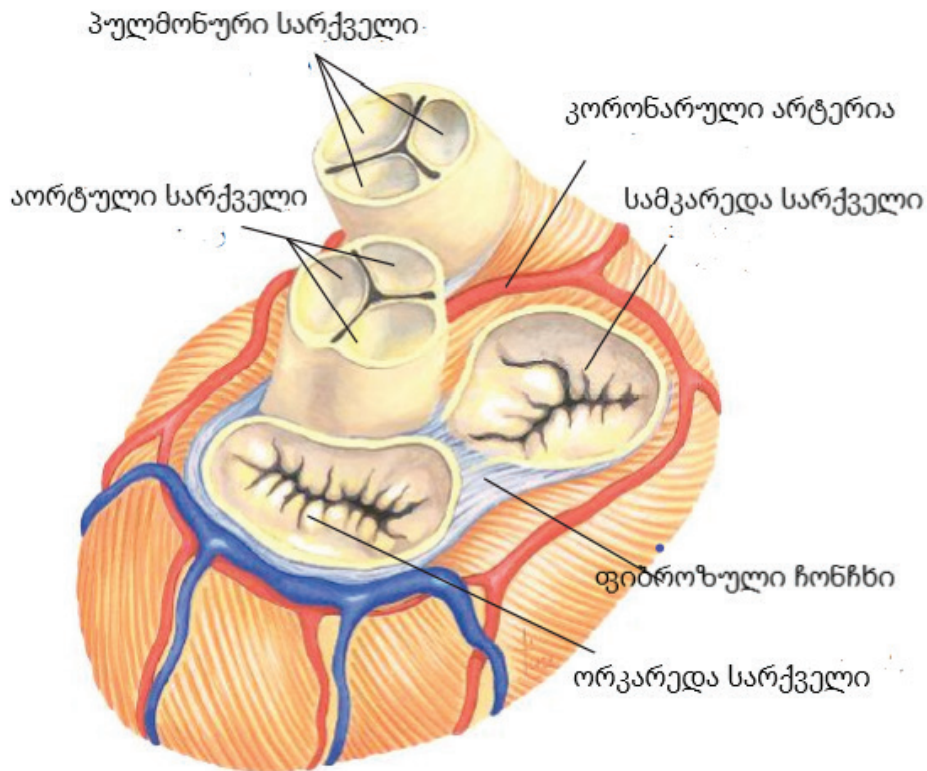
## მარცხენა პარკუჭი

მარცხენა პარკუჭის კედლები მარჯვენა პარკუჭის კედლებზე უფრო სქელია, რაც მას საშუალებას აძლევს უფრო ძლიერად შეიკუმშოს. მარცხენა პარკუჭი სისხლს აორტის, ყველაზე დიდი სისხლძარღვის საშუალებით, სხეულისკენ გადატუმბავს. აორტისა და მარცხენა პარკუჭის შესართავთან, განთავსებულია **აორტული ნახევარმთვარისებრი (ნამგლისებრი)**, უფრო მარტივად, **აორტული სარქველი** (იხილეთ, სურათი 12-3). ეს სარქველი იღებს მარცხენა პარკუჭის შეკუმშვის ძალით, რაც ასევე ხურავს, მიტრალურ სარქველს. აორტის სარქველი იხურება მარცხენა პარკუჭის მოდუნების დროს, რაც ეწინააღმდეგება აორტიდან სისხლის უკან, მარცხენა პარკუჭში დაბრუნებას. მიტრალური სარქველის დახურვა ხელს უშლის სისხლის უკან, მარცხენა წინაგულში გადადინებას. მიტრალური სარქველის კარედებიც, ასევე, გამყარებულნი არიან პაპილარული კუნთებითა და ქორდებით.

ყველა სარქველი გამოსახულია სურათზე 12-4, რომელზეც ასევე წარმოდგენილია **გულის ფიბროზული ჩონჩხი**. ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილი ამაგრებს სარქველების კარედების გარეთა კიდეებს და გაჭიმვის გამო ინარჩუნებს სარქველებს ღია მდგომარეობაში. ის, ასევე, ერთმანეთისგან გამოყოფს წინაგულებისა და პარკუჭების მიოკარდიუმს და ეწინააღმდეგება იმას, რომ წინაგულების შეკუმშვა, იმპულსის გადაცემის ნორმალური გზის გვერდის ავლით, პირდაპირ პარკუჭებში გადავიდეს.

როგორც გულის კამერებისა და სისხლძარღვების აღწერისას ნახეთ, გული ორმაგი, ან ორმხრივი ტუმბოა. გულის მარჯვენა ნახევარი სხეულისგან იღებს ჟანგბადით ღარიბ სისხლს და ჟანგბადით გასამდიდრებლად და ნახშირორჟანგისგან გამოსათავისუფლებლად, გადატუმბავს ფილტვებში. გულის მარცხენა ნახევარი ფილტვებისგან იღებს ჟანგბადით გამდიდრებულ სის-

ხლს და გადატუმბავს სხეულში. ორივე ტუმბო სინქრონულად მუშაობს - წინაგულები ერთად იკუმშვებიან, რასაც მოყვება პარკუჭების ერთდროული შეკუმშვა. გულის ანატომიის ძირითადი ასპექტები შეჯამებულია ცხრილში 12-1.



**სურათი 12-4.** გულის სარქველი ზემოდან. წინაგულები მოცილებულია. ჩანს ფიბროზული ჩონჩხი

**შეკითხვა:** როდის იხურებიან მიტრალური და ტრიკუსპიდური სარქველები და რატომაა ეს მნიშვნელოვანი?

ცხრილი 12-1|გულის ანატომია

სტრუქტურა	აღწერა
ეპიკარდიუმი	სეროზული მემბრანა მიოკარდიუმის ზედაპირზე
მიოკარდიუმი	გულის კუნთი; წარმოქმნის ყველა კამერის კედლებს
ენდოკარდიუმი	ამოფენს ყველა ღრუს და სარქველს. ზედაპირის სიგლუვე ეწინააღმდეგება არასასურველი თრომბის წარმოქმნას
მარჯვენა წინაგული (RA)	ზედა და ქვედა ღრუ ვენების საშუალებით იღებს ჟანგბადით გაღარიბებულ სისხლს; წინაგულები გამოიმუშავებენ ANP-ს, რომელიც ზრდის შარდის გამოყოფას და თეთრ ადიპოციტებს გარდაქმნის ყავისფერ ადიპოციტებად

ტრიკუსპიდური სარქველი	მარჯვენა AV სარქველი; RV-ის შეკუმვის დროს, აფერხებს სისხლის გადასვლას RV-იდან RA-ში
მარჯვენა პარკუჭი (RV)	პულმონური არტერიის გავლით, გადატუმბავს სისხლს ფილტვებში
პულმონური სარქველი	RV-ის რელაქსაციის დროს, აფერხებს სისხლის დაბრუნებას ფილტვის არტერიიდან RV-ში
მარცხენა წინაგული (LA)	ოთხი პულმონური ვენის საშუალებით, იღებს ჟანგბადით გამდიდრებულ სისხლს ფილტვებიდან. აპროდუციერებს ANP-ს
მიტრალური სარქველი	მარცხენა ატრიოვენტრიკულური სარქველი. LV-ის შეკუმვის დროს, აფერხებს სისხლის გადასვლას LV-იდან LA-ში
მარცხენა პარკუჭი (LV)	აორტის საშუალებით, გადატუმბავს სისხლს სხეულში
აორტული სარქველი	LV-ის რელაქსაციის დროს, აფერხებს სისხლის დაბრუნებას აორტიდან LV-ში
პაპილარული კუნთები და ქორდები	გვხდება ორივე პარკუჭში; პარკუჭების შეკუმშვის დროს, ხელს უშლის AV სარქველების ინვერსიას
გულის ფიბროზული ჩონჩხი	გულის ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილი, რომელიც ამაგრებს გულის სარქველებს; ხელს უშლის სარქველების სანათურის გაფართოებას და ახდენს წინაგულების და პარკუჭების ელექტრულ იზოლაციას

## კორონარული არტერიები

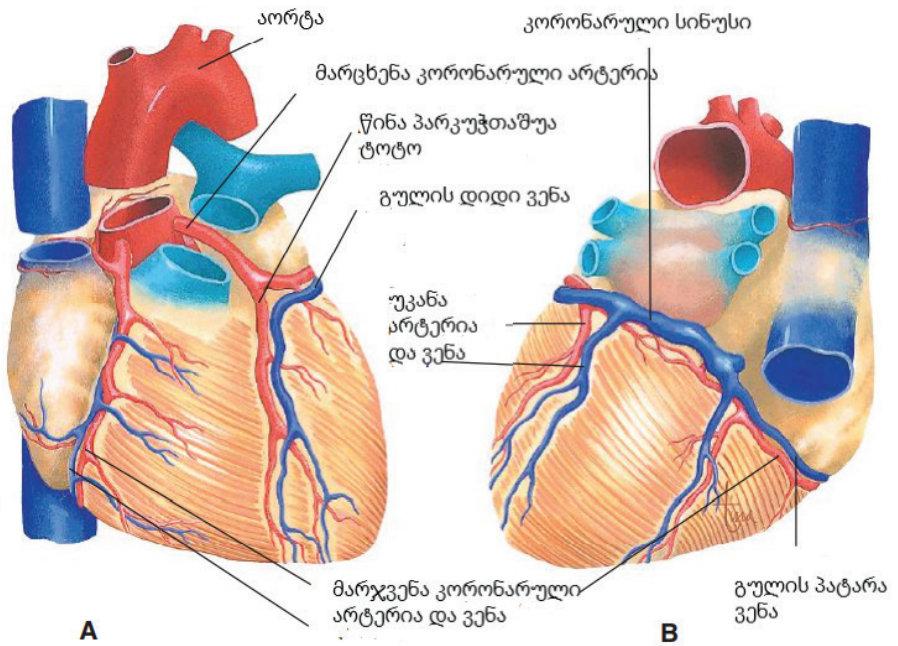
მარჯვენა და მარცხენა კორონარული არტერიები აღმავალი აორტის პირველი განტოტებებია და მათი გამოსვალი აორტის ნახევარმთვარისებრი სარქველის ოდნავ ქვემოთაა (იხილეთ, სურათი 12-5). ეს ორი არტერია იტოტება უფრო მცირე არტერიებად და არტერიოლებად და შემდეგ კაპილარებად. კორონარული არტერიები ერწყმიან კორონარულ ვენებს, რომლებიც ჩაედინებიან დიდ კორონარულ სინუსში, რომელიც აბრუნებს სისხლს მარჯვენა წინაგულში.

კორონარული სისხლძარღვების ფუნქცია მიოკარდიუმში ჟანგბადით გამდიდრებული სისხლის ცირკულაციაა. ჟანგბადი სასიცოცხლოა მიოკარდიუმის ნორმალური შეკუმშვისთვის. თუ კორონარული არტერია დაიხშობა, მაგალითად, თრომბით, მიოკარდიუმის ნაწილი გახდება **იშემიური**, რაც ნიშნავს რომ მას ჟანგბადი ვეღარ მიეწოდება. ხანგრძლივი იშემია იწვევს ინფარქტს, ანუ ქსოვილის ნეკროზს (სიკვდილს). ამას, **მიოკარდიუმის ინფარქტი** ეწოდება, რომელსაც გულის შეტევას უწოდებენ (იხილეთ, სამახსოვრო 12:1: კორონარული არტერიული დაავადება).



**სურათი 12-5. (A)** კორონარული სისხლძარღვები წინიდან. პულმონური არტერია გაჭრილია, რათა დავინახოთ კორონარული სინუსიდან მარცხენა კორონარული არტერიის გამოსაცალი **(B)** კორონარული სისხლძარღვები უკნიდან. კორონარული სინუსის ცლის სისხლს მარჯვენა წინაგულში

**შეკითხვა:** რა არის კორონარული სისხლძარღვების ფუნქცია?



## სამახსოვრო 12-1 | კორონარული არტერიული დაავადება

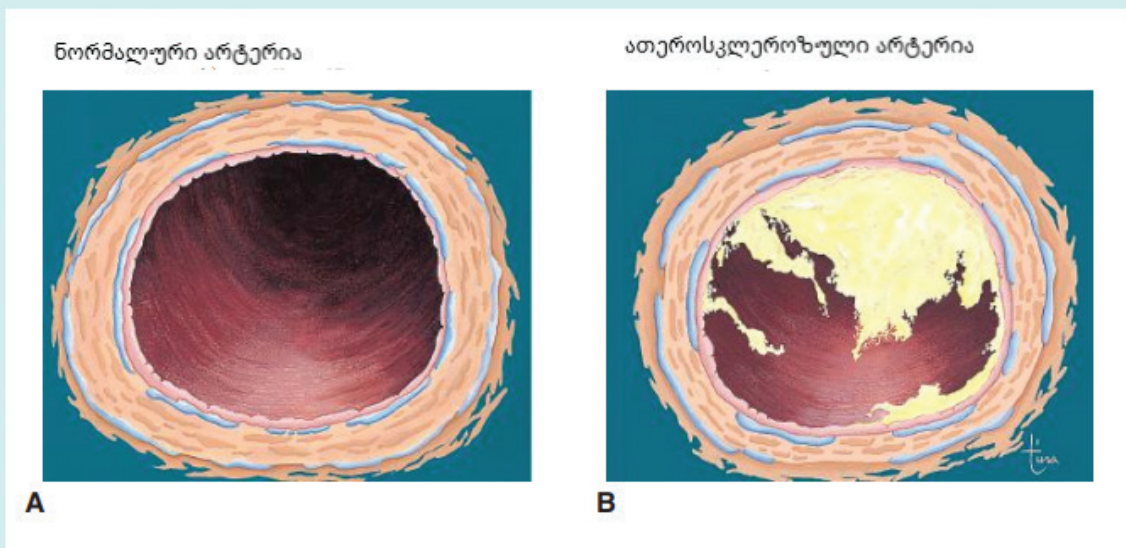
კორონარული არტერიული დაავადება (კად) იწვევს მიოკარდიუმისთვის სისხლის მიწოდების შემცირებას. თუ სისხლის ნაკადი შემცირებულია, მაგრამ ბოლომდე შეწყვეტილი არ არის, ასეთ პაციენტს აღენიშნება ჰაერის უკმარისობა, ან სტენოკარდია (გულის ტკივილი, გამონეული გულის კუნთის რომელიმე ნაწილში ყანგბადის ნაკლებობით). სისხლის ნაკადის სრულად შეწყვეტის შემთხვევაში, განვითარდება **მიოკარდიუმის ინფარქტი** (გულის კუნთის ნეკროზი).

კად-ის ყველაზე ხშირი მიზეზი **ათეროსკლეროზია** - კორონარული არტერიების კედლებში ფოლაქების (ქოლესტეროლისა და ანთებითი უჯრედების) ჩალაგება, რაც იწვევს სანათურის შევიწროვებას და ენდოთელიუმის ზედაპირის გაუხეშებას, რამაც შეიძლება მოახდინოს კოლტის (თრომბის) წარმოქმნის ინიცირება (იხილეთ სურათი 12-A). თრომბის წარმოქმნის შეუქცევად რისკ-ფაქტორს კად-ის ოჯახური ისტორია წარმოადგენს. არ არსებობს „გულის შეტევის გენი“, მაგრამ ჩვენ გვაქვს გენები, რომლებიც განაპირობებენ ქოლესტეროლის მეტაბოლიზმში ჩართულ ენზიმებს. ბევრი მათგანი ღვიძლის ენზიმებია, რომლებიც ჩართულნი არიან ქოლესტეროლის (ლიპოპროტეინების ფორმით) ტრანსპორტირებაში და არეგულირებენ ღვიძლის მიერ, ნაღველში ქოლესტეროლის ჭარბი რაოდენობის ექსკრეციას. ამის გამო, ზოგიერთ ადამიანს აღენიშნება სისხლში უფრო მაღალი ქოლესტეროლის და ზოგიერთი ლიპოპროტეინების დონის არსებობის ტენდენცია. ქალებში მენოპაუზამდე ესტროგენს დამცველობითი ეფექტი აქვს (სისხლში ცხიმების დონის დაქვეითების გამო). ამიტომაც, რომ 30-50 წლის ასაკში გულის შეტევები ქალებში ნაკლებად ვითარდება.

ათეროსკლეროზის სხვა რისკ-ფაქტორებია: სიგარეტის მოწევა, შაქრიანი დიაბეტი და მაღალი არტერიული წნევა. ყველა ზემოთ ჩამოთვლის ფაქტორს შეუძლია კორონარული არტერიების ენდოთელიუმის დაზიანება, რაც ქოლესტეროლის პათოლოგიური დაგროვებისთვის პირველ საფეხურს წარმოადგენს. მაღალი შემცველობის ქოლესტეროლისა და სატურირებული ცხიმების მიღება და სისხლში ამ ცხიმების მაღალი დონე ზრდის ქოლესტეროლის დაგროვების სიჩქარეს.

ანთებით სისხლის მარკერებს წარმოადგენენ ჰომოცისტეინი და ც-რეაქტიული ცილა (CRP). ეს მარკერები არ განაპირობებენ გულის შეტევის განვითარებას, არამედ მიანიშნებენ ორგანიზმში ანთების არსობაზე, რაც თავად შეიძლება წარმოადგენდეს გულის შეტევის რისკ-ფაქტორს. ჯერ კიდევ ბევრი რამაა შესასწავლი ანთების როლზე ათეროსკლეროზის განვითარებაში.

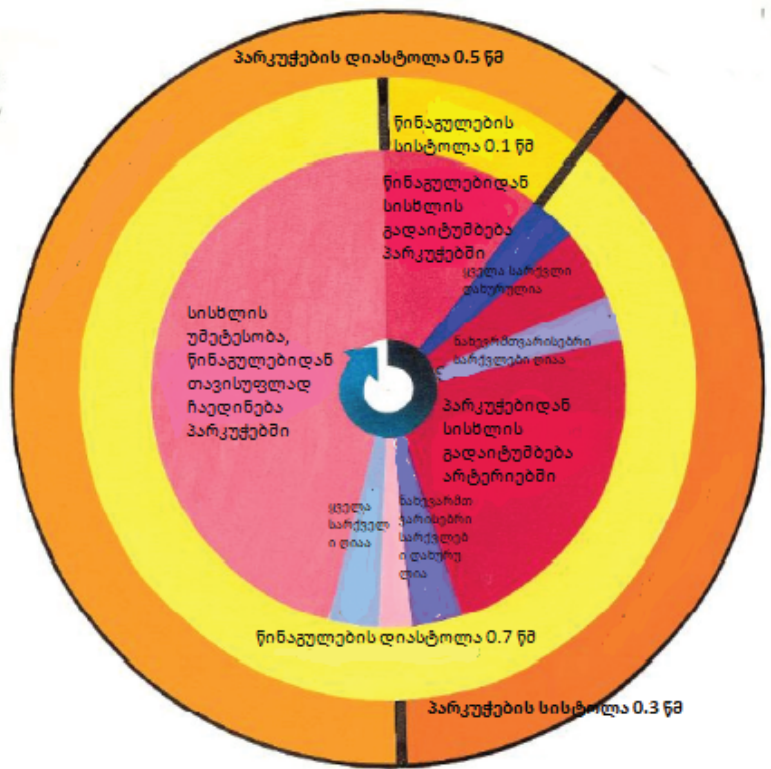
თუ კად სიცოცხლისათვის საშიში ხდება, შეიძლება გახდეს კორონარული შუნტირების ჩატარების საჭიროება. ამ პროცედურის დროს, ხელოვნური სისხლძარღვი, ან რომელიმე ვენა (მაგალითად, დიდი საჩინო ვენა) ჩაინერგება დაზიანებული არტერიის ადგილას, რაც გამოიწვევს სისხლის მიმოქცევის აღდგენას. ეს დაავადების განკურნება არაა, რადგან ათეროსკლეროზი გადანერგილ სისხლძარღვში, ან სხვა კორონარშიც შეიძლება განვითარდეს.



**სამანსოვრო სურათი 12 -A. (A) ნორმალური კორონარული არტერიის განაკვეთი (B) ათეროსკლეროზულად შევიწროვებული კორონარული არტერიის განაკვეთი**

## გულის ციკლი და გულის ტონები

**გულის ციკლი** მოიცავს გულის ერთი შეკუმშვის თანმიმდევრულ ფაზებს. ყველაზე მარტივად, გულის ციკლი წარმოადგენს ორივე წინაგულის ერთდროულ შეკუმშვას, რასაც მოყვება ორივე პარკუჭის ერთდროული შეკუმშვა. შეკუმშვას სხვანაირად **სისტოლასაც** უწოდებენ, მოდუნებას კი **დიასტოლა** ჰქვია. თქვენ, ალბათ, იცნობთ ამ ტერმინებს, რადგან ისინი გამოიყენება არტერიული წნევის სხვადასხვა კომპონენტების დასახასიათებლად. თუ ამავე ტერმინებს გულის ციკლს მივუსადაგებთ, შეიძლება ვთქვათ, რომ წინაგულების სისტოლას მოყვება პარკუჭების სისტოლა. მიუხედავად ამისა, მნიშვნელოვანი სხვაობაა წინაგულებიდან პარკუჭებში და პარკუჭებიდან არტერიებში სისხლის გადაადგილებას შორის. გულის ციკლის ფაზები წარმოდგენილია სურათზე 12-6. ამ ტრადიციულ გამოსახულებაზე, გულის ციკლი წარმოდგენილია წრის სახით, რადგან ერთ შეკუმშვას მოყვება მეორე და იწყება წინაგულების სისტოლით (დაახლოებით 12 საათის შესაბამისად). სეგმენტის ზომა მიანიშნებს თითოეული ფაზის ხანგრძლივობაზე. ერთმანეთს შეადარეთ წინაგულების და პარკუჭების სისტოლის სიგრძე (სიგანე) და თავად დარწმუნდებით, რამდენად დიდია (ანუ გრძელია) პარკუჭოვანი სისტოლა წინაგულოვანზე. ხომ არ ფიქრობთ, რომ პარკუჭების სისტოლას უფრო დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, ვიდრე წინაგულებისას? დიახ, ეს ნამდვილად ასეა და ამაში მალე თავადაც დარწმუნდებით. იმავე სურათის მიხედვით, დაახლოებით 6 საათის შესაბამისად, წინაგულები მათი დიასტოლის შუაში არიან, ხოლო პარკუჭებმა ახლახან დაასრულეს სისტოლა. მთელი გული რელაქსირებულია და ივსება სისხლით.



**სურათი 12-6.** გათვლილია გულის შეკუმშვის სისხლისთვის 75 მკ/წთ-ში. გარეთა რკალი ასახავს პარკუჭებს, შუა წინაგულებს, ხოლო შიგნითა სისხლის მოძრაობას და მის გავლენას სარქველებზე.

**შეკითხვა:** რა იწვევს ატრიოვენტრიკულური სარქველების დაკეტვას და ნახევარმთვარისებრი სარქველების გაღებას?

სისხლი უწყვეტად მოედინება ვენებიდან ორივე წინაგულში. რაც უფრო მეტი სისხლი დაგროვდება, ნნევა გაიზრდება და ეს გამოიწვევს ატრიოვენტრიკულური სარქველების გაღებას. წინაგულებიდან პარკუჭებში სისხლის 2/3 პასიურად ჩაედინება (მივდივართ 12 საათამდე). ამის შემდეგ წინაგულები შეიკუმშებიან და გადატუმბავენ დარჩენილ სისხლს პარკუჭებში.

შეკუმშვის დამთავრების შემდეგ, წინაგულები მოდუნდებიან და იწყებენ პარკუჭების შეკუმშვას. პარკუჭების შეკუმშვისას, სისხლის ნაკადი ატრიოვენტრიკულური სარქველების კარედებისკენ მიემართება და სარქველები იხურება. ამავე სისხლის ნაკადის ძალა, აორტულ და პულმონულ ნახევარმთვარისებრი სარქველებსაც ალბს. შეკუმშვისას, პარკუჭები სისხლს არტერიებში გადაისვრიან. ყურადღება მიაქციეთ, რომ არტერიებში სისხლი მხოლოდ შეკუმშვის საშუალებით ხვდება. შემდეგ პარკუჭები მოდუნდებიან და ამავე დროს, სისხლი წინაგულებში ჩაედინება. ამის შემდეგ ციკლი თავიდან დაიწყება.

მნიშვნელოვანი განსხვავება აქ ისაა, რომ წინაგულებიდან პარკუჭებში სისხლის უმეტესობა პასიურად ჩაედინება; პარკუჭებიდან არტერიებში კი სისხლი აუცილებლად უნდა გადაიტუმბოს. სწორედ ამის გამო პარკუჭების სწორად ფუნქციონირებას უფრო მეტი მნიშვნელობა ენიჭება, ვიდრე წინაგულებისას.

თქვენ შეიძლება იკითხოთ - „ეს ყველაფერი ერთი შეკუმშვისას ხდება?“. პასუხი არის, დიახ. გულის ციკლი ერთმანეთის თანმიმდევრული, ზუსტი ფაზების მონაცვლეობაა, რაც განაპირობებს სისხლის მოძრაობას ვენებიდან გულში და გულიდან არტერიებში.

გულის ციკლი, ასევე, წარმოშობს **გულის ტონებს**. თითოეული გულის შეკუმშვა წარმოშობს 2 ტონს, რომელთა მოსმენა სტეტოსკოპითაა შესაძლებელი. პირველი ტონი უფრო ხმამაღალი და ხანგრძლივია და გამოწვეული პარკუჭოვანი სისტოლის დროს, ატრიოვენტრიკულური კარედების დაკეტვით. მეორე ტონი განპირობებულია აორტული და პულმონური სარქველების დაკეტვით. თუ რომელიმე სარქველი არასწორად ფუნქციონირებს, ისმინება დამატებითი ხმინობა, რომელსაც **შუილი** ეწოდება (იხილეთ, სამახსოვრო 12-2: გულის შუილები)



**შუილი**, სარქელის არასწორად ფუნქციონირებით გამოწვეული არანორმალური, ან დამატებითი ხმიანობაა. გულის სარქვლების როლი სისხლის უკან მიდინების პრევენციაა და როდესაც ისინი არასრულყოფილად ფუნქციონირებენ, სისხლი უკან ბრუნდება (რეგურგიტირებს) და წარმოიქმნება ტურბულენტობა, რისი მოსმენაც სტეტოსკოპითაა შესაძლებელი.

ამჟამად, გულის რევმატიული დაავადება სტრუბტოკოკული ინფექციის იშვიათი გამოვლინებაა. რევმატიზმის დროს გულის სარქვლების დაზიანებას ინვეს ინფექციაზე იმუნური სისტემის არანორმალური პასუხი. სარქვლების ეროზია, მათ „წონვადს“ და არაეფექტურს ხდის და წარმოშობს რეგურგიტაციულ ნაკადს. ასე მაგალითად, მიტრალური რეგურგიტაცია სისტოლური შუილია, რადგან ნაკადი წარმოიშობა პარკუჭის სისტოლის დროს, როდესაც სარქველი დაკეტილია.

ზოგიერთი სარქვლოვანი დეფექტი გამოიხატება სარქელის სანათურის შევიწროვებით (**სტენოზი**) და შეიძლება იყოს თანდაყოლილი (ბავშვი იბადება შევიწროვებული სარქვლით). ასე მაგალითად, აორტული სტენოზის დროს სისხლს უჭირს მარცხენა პარკუჭიდან აორტაში გადაადგილება. პარკუჭს უხდება გაზრდილი მუშაობა, რათა შევიწროვებული სარქვლის გავლით, გადატუმბოს სისხლი არტერიებში, რაც ასევე წარმოშობს ტურბულენტობას და ისმინება, როგორც სისტოლური შუილი.

ბავშვებში ზოგჯერ მოისმინება ე.წ. **ფუნქციური შუილები** (როდესაც შუილის სტრუქტურული მიზეზის მოძებნა ვერ ხერხდება). დროთა განმავლობაში, ბავშვისთვის ზიანის მიყენების გარეშე, ჩვეულებრივ, ეს შუილები ქრება.

## გულის გამტარი გზა

გულის ციკლი მექანიკური მოვლენების თანმიმდევრობაა, რაც მიოკარდიუმის ელექტრული აქტივობით რეგულირდება. გულის უჯრედებს სპონტანურად შეკუმშვის უნარი აქვთ, ანუ ჩონჩხის კუნთებისგან განსხვავებით, შეკუმშვისთვის მათ არ ჭირდებათ ნერვული იმპულსების მიწოდება. მიოკარდიუმის უჯრედები საკუთარ ელექტრონულ პოტენციალს წარმოშობენ, რომლებიც ჩონჩხის კუნთებისადმი ნერვული იმპულსებით გადაცემული იმპულსების მსგავსია (აღწერილია მე-7 თავში). გულის მიოციტები დატოტილები არიან და აღენიშნებათ მაკავშირებელი დისკები; მათი ელექტრული აქტივობა ერთი უჯრედიდან მეორეს სწრაფად გადაეცემა. მაკავშირებელი დისკების არსებობა განაპირობებს იმპულსის ისე სწრაფად გატარებას, რომ გულის თითოეული შეკუმშვის განმავლობაში, წინაგულები იკუმშებიან ერთდროულად, რასაც მოყვება ორივე პარკუჭის ერთდროული შეკუმშვა.

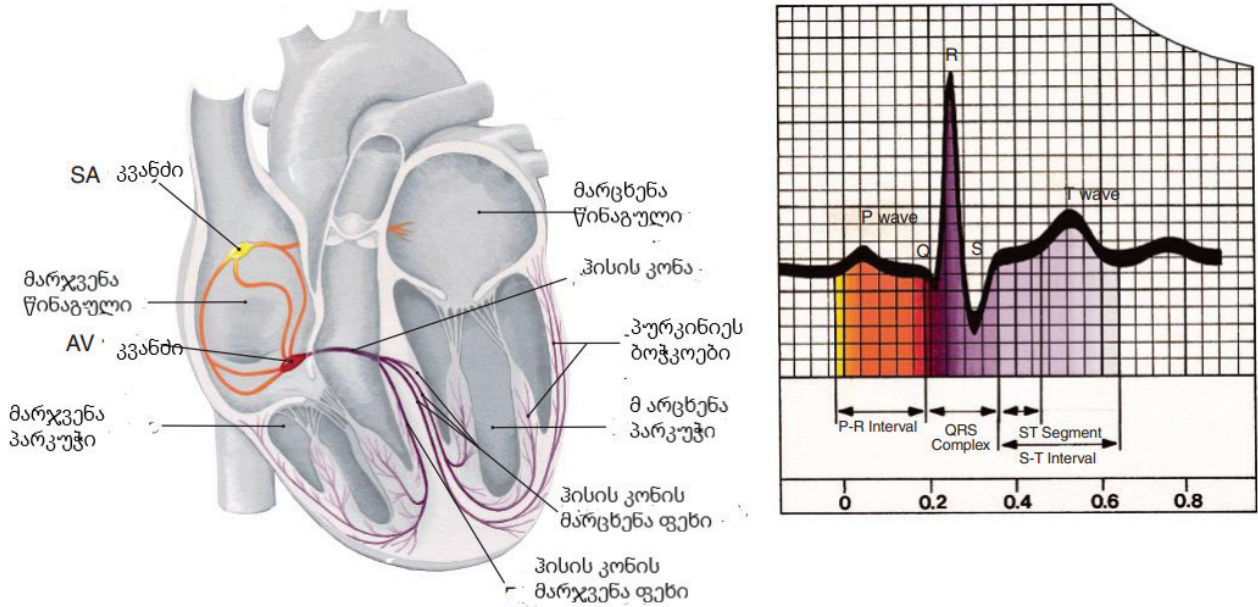
გულის თითოეული შეკუმშვა, თავად გულის მიერვე გენერირდება და ელექტრული იმპულსი ძალიან სპეციფიკური გზებით ვრცელდება მიოკარდიუმში. ტექსტთან ერთად, სურათი 12-7-ზე დაკვირვებამ, შესაძლოა ამ პროცესის აღქმა გაგიადვილოთ.

გულის პირველადი რიტმის წამყვანი **სინოატრიული (SA) კვანძია**, გულის უჯრედების სპეციალიზირებული ჯგუფი, განთავსებული მარჯვენა წინაგულის კედელში, ზედა ღრუ ვენის შესართავის, ოდნავ ქვემოთ. **SA** კვანძს პირველადი იმიტომ ეწოდება, რომ მას ყველაზე ხშირი იმპულსების წარმოშობა შეუძლია, რადგან ის უფრო სწრაფად დეპოლარიზდება, ვიდრე რიტმის სხვა წამყვანები. **SA** კვანძის ნორმალური სიხშირეა 60-80 შეკ/წთ-ში. გაიხსენეთ, რომ დეპოლარიზაცია წარმოადგენს **Na<sup>+</sup>** იონების სწრაფ შესვლას და მემბრანის ორივე მხარეზე მუხტის შეცვლას. **SA** კვანძის უჯრედების გამტარობა **Na<sup>+</sup>** იონების მიმართ, გულის სხვა უჯრედებთან შედარებით, უფრო მაღალია. ამის გამო ისინი უფრო სწრაფად დეპოლარიზდებიან და თითოეული გულის შეკუმშვის მაინიცირებლები არიან.

**SA** კვანძიდან იმპულსი **ატრიოვენტრიკულურ (AV) კვანძამდე** ვრცელდება, რომელიც მდებარეობს წინაგულთაშუა ძვიდის ქვედა ნაწილში. **SA** კვანძიდან, წინაგულების გავლით, იმპულსის **AV** კვანძამდე გატარება წინაგულების სისტოლას შეესაბამება.

გაიხსენეთ გულის ფიბროზული ჩონჩხი, რომელიც წინაგულების და პარკუჭების მიოკარდიუმს ერთმანეთისგან გამოყოფს; ეს ფიბროზული ჩონჩხი ასრულებს წინაგულებსა და პარკუჭებს

შორის ელექტრული იზოლაციის როლს, რის გამოც წინაგულეებიდან პარკუჭებამდე იმპულსის გატარების ერთადერთ გზად **ატრიოვენტრიკული კონა (AV)**, ანუ **ჰისის კონა** რჩება. ჰისის (AV) კონა განთავსებულია პარკუჭთაშუა ძვლის ზედა ნაწილში. ის იმპულსებს AV კვანძიდან იღებს და მარცხენა და მარჯვენა ფენების საშუალებით, პურკინიეს ბოჭკოების გავლით, პარკუჭების მიოკარდიუმს გადასცემს, რაც პარკუჭების სისტოლას განაპირობებს. წინაგულეებისა და პარკუჭების ელექტრული აქტივობა **ელექტროკარდიოგრამაზე (ეკგ)** აისახება (იხილეთ, სამახსოვრო 12-3: ელექტროკარდიოგრამა).



**სურათი 12-7.** გულის გამტარი გზა. გულის წინა შიგნითა ხედი. ეკგ - ნორმალური ეკგ კომპლექსის მაგალითი. ტექსტი იხილეთ სამახსოვრო 12-3-ში.

**შეკითხვა:** რომელია გულის პირველადი რიტმის წამყვანი და რამდენია მისი დეპოლარიზაციის სიხშირე?

### სამახსოვრო 12-3 | ელექტროკარდიოგრამა

გულის შეკუმშვა გულში მიმდინარე თანმიმდევრული ელექტრული მოვლენების შედეგია. სხულის ზედაპირზე მოთავსებული ელექტროდებით, შესაძლებელია მიოკარდიუმის მიერ გენერირებული ელექტრული იმპულსების ჩანერა. ასეთ ჩანანერს **ელექტროკარდიოგრამა (ეკგ)** ეწოდება (იხილეთ, სურათი 12-7).

ნორმალური ეკგ მოიცავს სამ, ერთმანეთისგან ადვილად გასარჩევ კომპონენტს: P კბილს, QRS კომპლექსს და T კბილს. თითოეული მათგანი ასახავს სპეციფიკურ ელექტრონულ მოვლენას, რაც გამოსახულია სურათზე 12-7.

P კბილი ასახავს წინაგულეების დეპოლარიზაციას, ანუ იმპულსის გავრცელებას SA კვანძიდან წინაგულეების მიოკარდიუმში.

QRS კომპლექსი ასახავს პარკუჭების დეპოლარიზაციას, რომლის დროსაც ელექტრული იმპულსი პარკუჭების მიოკარდიუმში ვრცელდება. T კბილი ასახავს პარკუჭების რეპოლარიზაციას (წინაგულეების რეპოლარიზაცია ცალკე კბილად არ ვლინდება, რადგან ის ჩამალულია QRS კომპლექსში).

ეკგ პათოლოგიების დეტალური შესწავლა არ წარმოადგენს ამ წიგნის მიზანს. სურათზე 12-7 გამოსახულია ეკგ კბილებისა და ინტერვალების ხანგრძლივობის ნორმალური მაჩვენებლები. ეკგ გვეხმარება ისეთი დაავადებების დიაგნოსტიკაში, როგორებიცაა კორონარული ათეროსკლეროზი, რომელიც იწვევს გულის კუნთის ჰიპოქსიას, ან რევმატიზმი და სხვა

სარქვლოვანი პათოლოგიები, რომლებიც იწვევენ გულის კამერების გადიდებას და სხვადასხვა ეკგ კბილების ცვლილებას. ასე მაგალითად, მარცხენა პარკუჭის გადიდება, რაც ხშირად, ჰიპერტენზიის შედეგია, ვლინდება QRS კომპლექსის შეცვლით.

თუ SA კვანძი არასრულყოფილად ფუნქციონირებს, რიტმის წამყვანის ფუნქციას AV კვანძი აიღებს, ოღონდ მის მიერ წარმოქმნილი იმპულსების სიხშირე უფრო დაბალია (50-60 შეკ/წთ-ში). ჰისის კონსაც შეუძლია იმპულსების გენერირება, ოღონდ კიდევ უფრო დაბალი სიხშირით (15-40 შეკ/წთ-ში). ამის საჭიროება შეიძლება დადგეს ზოგიერთი მდგომარეობის დროს, როდესაც წინაგულებსა და პარკუჭებს შორის იმპულსის გატარება დაბლოკილია.

**არიტიები** გულის არარეგულარული რიტმებია, რომელთაგან ზოგიერთი სრულიად უსაფრთხოა, ზოგი კი სიცოცხლისთვის საშიშ მდგომარეობას წარმოადგენს. თითქმის ყველას გამოუცდია გულის ფრიალის შეგრძნება, რომელიც, ჩვეულებრივ, საშიში არ არის და კოფეინის, ალკოჰოლის, ან ნიკოტინის ჭარბი მოხმარების შედეგად შეიძლება განვითარდეს. **პარკუჭების ფიბრილაცია**, პარკუჭების ძალიან სწრაფი და არაკოორდინირებული შეკუმშვა, ბევრად უფრო საშიშია, რადგან ამ დროს გული თავის მტუმბავ ფუნქციას ვეღარ ასრულებს (იხილეთ, სამახსოვრო 12-4: არითმიები).

## სამახსოვრო 12-4| არითმიები

**არიტიები (აგრეთვე, დისრიტიები)** გულის არარეგულარული შეკუმშვებია, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს გამტარი სისტემის რომელიმე ნაწილის დაზიანებით, ან SA კვანძის გარეთ, მიოკარდიუმში **ექტოპიური კერის** არსებობით, რომელიც ახდენს ნაადრევი იმპულსების გენერირებას.

**თრთოლა** ძალიან სწრაფი, მაგრამ შედარებით რეგულარული გულის შეკუმშვებია. წინაგულების თრთოლის დროს, ისინი 300 შეკ/წთ სიხშირით შეიძლება იკუმშებოდნენ. რადგან წინაგულების მიერ სისხლის პარკუჭებში გადატუმბვას კრიტიკული მნიშვნელობა არ ენიჭება, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში პარკუჭებში სისხლის ჩადინება ნარჩუნდება და წინაგულების თრთოლა არ არის სიცოცხლისთვის საშიში არითმია. პარკუჭების თრთოლა მცირე ხნის განმავლობაში არითმია პარკუჭოვან ტაქიკარდიასა და ფიბრილაციას შორის.

**ფიბრილაცია (ციმციმი)** ძალიან ჩქარი და არაკოორდინირებული შეკუმშვებია. წინაგულების ფიბრილაცია, ჩვეულებრივ, არ არის სიცოცხლისთვის საშიში არითმია, თუმცა წინაგულებში სისხლის შეგუბება ზრდის თრომბის წარმოქმნის და აქედან გამომდინარე, ინსულტის რისკს. პარკუჭების ფიბრილაცია გადაუდებელი მდგომარეობაა და თუ მისი კუპირება არ მოხდა, დამთავრდება სიკვდილით. პარკუჭები ნორმალურად უნდა იკუმშებოდნენ, რომ არტერიებში სისხლის გადატუმბვა მოახდინონ. ფიბრილაციის დროს ისინი ამას ვერ ახერხებენ და გულის წუთმოცულობა კატასტროფულად მცირდება.

პარკუჭების ფიბრილაცია, შეიძლება, მიოკარდიუმის ინფარქტის დროს განვითარდეს. დაზიანებულმა გულს უჯრედებმა, შესაძლოა, ვეღარ მოახდინონ პოლარიზაციის ნორმალური მდგომარეობის შენარჩუნება და სპონტანურად და სწრაფად დეპოლარიზდნენ. ამ ექტოპიური კერიდან, პარკუჭების მიოკარდიუმის სხვა ნაწილებში, იმპულსები სწრაფად და არეულად ვრცელდებიან, რაც პარკუჭების კანკალს (ციმციმს) უფრო იწვევს, ვიდრე შეკუმშვას.

ხშირად, პარკუჭების ფიბრილაციის კუპირება ელექტრული დეფიბრილატორით ხდება. ეს მონყობილობა გულს აწვდის ელექტრულ შოკს, რაც იწვევს გულის მთლიანი მიოკარდიუმის დეპოლარიზაციას და შეკუმშვას და შემდეგ რელაქსაციას. SA კვანძის ფუნქციონირების დაბრუნების შემთხვევაში, შესაძლოა აღდგეს სინუსური რიტმი.



## გულის სიხშირე

ჯანმრთელი, ზრდასრული ადამიანის გულის ცემის სიხშირეა (პულსი) 60-80 შეკ/წთ-ში, რაც SA კვანძის რეპოლარიზაციის სიხშირეს შეესაბამება (სინამდვილეში, SA კვანძის რეპოლარიზაციის სიხშირე უფრო მაღალია, 100 შეკ/წთ-მდე, თუმცა ის იშვიათდება პარასიმპათიკური ნერვული სისტემის გავლენით). 60 შეკ/წთ-ზე ნაკლები სიხშირე (სპორტსმენების გარდა), განიხილება, როგორც **ბრადიკარდია**, 100 შეკ/წთ-ზე მეტი, კი, როგორც **ტაქიკარდია**.

ბავშვის ნორმალური გულის ცემის სიხშირე 100 შეკ/წთ-შია, ჩვილის - 120 შეკ/წთ-ში, ნაყოფის კი 140 შეკ/წთ-ში. გულის ცემის მაღალი სიხშირე ასაკზე მეტად, სხეულის ზომით განისაზღვრება: რაც უფრო მცირეა ადამიანის ზომა, მით უფრო ინტენსიურია მისი მეტაბოლიზმი და მაღალია გულის ცემის სიხშირე. მსგავსი პარალელები შეიძლება სხვადასხვა ზომის ცხოველებთან მოვძებნოთ: თავის გულის ცემის სიხშირეა 200 შეკ/წთ-ში, სპილოსი, კი 30 შეკ/წთ-ში.

მივუბრუნდეთ ადამიანის გულისცემის სიხშირეს და წარმოვიდგინოთ ადამიანი საუკეთესო ფიზიკურ ფორმაში. შესაძლოა თქვენ იცით, რომ კარგად ნავარჯიშებ სპორტსმენებს უფრო დაბალი პულსი აქვთ. ასე მაგალითად, კალათბურთელების პულსი, მოსვენებით მდგომარეობაში, 50 შეკ/წთ-შია, მარათონელების კი ხშირად 35-40 შეკ/წთ-ში. იმის გასაგებად, თუ რატომაა ეს ასე, გავიხსენოთ, რომ გული კუნთია. თუ ჩვენს ჩონჩხის კუნთებს გავავარჯიშებთ, ისინი უფრო ძლიერნი და ეფექტურნი გახდებიან. ეს სიმართლეა გულის კუნთისთვისაც - რეგულარული ვარჯიში გულს უფრო ეფექტურ ტუმბოდ გარდაქმნის, რაშიც თქვენ შემგომ სექციაში დარწმუნდებით.

## გულის წუთმოცულობა

**გულის წუთმოცულობა**, გულის მიერ, 1 წთ-ში გადატუმბული სისხლის მოცულობაა. ქსოვილების ადეკვატური ოქსიგენაციისთვის, აუცილებელია გულის წუთმოცულობის გარკვეული დონის შენარჩუნება. ფიზიკური ვარჯიშის დროს, ჟანგბადზე ორგანიზმის მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად, წუთმოცულობა უნდა გაიზარდოს. ფიზიკურ ვარჯიშს დავუბრუნდებით, მას შემდეგ, რაც მოსვენებით წუთმოცულობას განვიხილავთ.

წუთმოცულობის გამოსათვლელად, უნდა ვიცოდეთ **პულსის** სიხშირე და ერთი შეკუმშვისას გადასროლი სისხლის მოცულობა. **დარტყმითი მოცულობა** ერთი შეკუმშვისას გულის მიერ გადასროლილი მოცულობაა. მოსვენების მდგომარეობაში, საშუალო დარტყმითი მოცულობა 60-80 მლ-ია. გულის წუთმოცულობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება

გულის წუთმოცულობა = დარტყმითი მოცულობა X გულის ცემის სიხშირე (პულსი)

მოდით ჩავსვათ ფორმულაში საშუალო დარტყმითი მოცულობა (70 მლ) და საშუალო პულსი (70 შეკ/წთ):

$$\text{გულის წუთმოცულობა} = 70 \text{ მლ} \times 70 \text{ შეკ/წთ}$$

$$\text{გულის წუთმოცულობა} = 4900 \text{ მლ/წთ-ში (საშუალოდ, 5 ლიტრი)}$$

ზოგადად, გულის წუთმოცულობა განისაზღვრება ადამიანის სხეულის ზომით, თუმცა საშუალო წუთმოცულობა 5-დან 6 ლიტრამდეა. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ადამიანის წუთმოცულობა მცირედ აღემატება მისი სისხლის საერთო მოცულობას. მოსვენების მდგომარეობაში, სისხლის სრულ მოცულობას გული 1 წთ-ში გადატუმბავს. სხვადასხვა მდგომარეობისა და ფიზიკური აქტივობის დროს, ამ მხრივ, გარკვეული ცვლილებები ხდება.

ახლა, როდესაც სპორტსმენის წუთმოცულობას განვიხილავთ, თქვენ გაიგებთ, რატომაა სპორტსმენის პულსი უფრო იშვიათი. ფორმულაში ჩვენ ჩავსვავთ გულის საშუალო წუთმოცულობას (5 ლ) და სპორტსმენის პულსის სიხშირეს (50 შეკ/წთ-ში):

გულის წუთმოცულობა = დარტყმითი მოცულობა X გულის ცემის სიხშირე (პულსი)

$$5000 \text{ მლ} = \text{დარტყმითი მოცულობა} \times 50 \text{ შეკ/წთ}$$

$$5000/50 = \text{დარტყმითი მოცულობა}$$

$$100 \text{ მლ} = \text{დარტყმითი მოცულობა}$$

ყურადღება მიაქციეთ, რომ სპორტსმენის მოსვენებითი ნუთმოცულობა საშუალოზე ბევრად მაღალია. სპორტსმენების გული უფრო ეფექტური ტუმბოა, რომელსაც უფრო ნაკლები შეკუმშვის სიხშირითაც შეუძლია ნორმალური ნუთმოცულობის შენარჩუნება.

ახლა ვნახოთ როგორ პასუხობს გული ფიზიკურ ვარჯიშს. ფიზიკური ვარჯიშის დროს, ორივე, გულის ცემის სიხშირეც და დარტყმითი მოცულობაც იზრდება. დარტყმითი მოცულობის გაზრდა ემყარება **სტარლინგის კანონს**, რომლის მიხედვით, რაც მეტად იჭიმება გულის კუნთოვანი ბოჭკოები, მით მეტია მათი შეკუმშვის ძალა. ვარჯიშის დროს უფრო მეტი სისხლი ბრუნდება გულში, რაც იწვევს პარკუჭების მიოკარდიუმის გაჭიმვას და მის უფრო ძლიერად შეკუმშვას. შედეგად, უფრო მეტი სისხლი გადაიტუმბება და დარტყმითი მოცულობაც გაიზრდება. აქედან გამომდინარე ჩვენს ფორმულაში სხვა მაჩვენებლები ჩაინერება:

$$\text{გულის ნუთმოცულობა} = \text{დარტყმითი მოცულობა} \times \text{გულის ცემის სიხშირე (პულსი)}$$

$$\text{გულის ნუთმოცულობა} = 100 \text{ მლ} \times 100 \text{ შეკ/წთ}$$

$$\text{გულის ნუთმოცულობა} = 10\,000 \text{ მლ (10 ლ)}$$

ფიზიკური დატვირთვის დროს გულის ნუთმოცულობა ორჯერ მეტია, ვიდრე მოსვენებით მდგომარეობაში და ეს სულაც არ არის არაჩვეულებრივი. ახალგაზრდა, ჯანმრთელი ადამიანის გულის ნუთმოცულობა, ძლიერი ფიზიკური დატვირთვის ფონზე, შეიძლება ოთხჯერ გაიზარდოს. ამ სხვაობას **გულის რეზერვი** (ექსტრა მოცულობა, რომლის გადატუმბვაც გულს საჭიროებისას შეუძლია) ეწოდება, თუ მოსვენებითი ნუთმოცულობა 5 ლიტრია, ფიზიკური დატვირთვის ფონზე, კი 20 ლიტრი, გულის რეზერვი 15 ლიტრი გამოდის. მარათონელის გულის ნუთმოცულობა, მოსვენებით მდგომარეობასთან შედარებით, ექვსჯერ და მეტჯერაც შეიძლება გაიზარდოს, რის გამოც გულის რეზერვი კიდევ უფრო მეტი იქნება, ვიდრე ჯანმრთელი ახალგაზრდა ადამიანის. ამის მიზეზი ისაა, რომ მარათონელის გული ძალიან ეფექტურად იკუმშება. სტარლინგის კანონის გამო, თითქმის შეუძლებელია, რომ ჯანსაღი გული ვერ აუვიდეს დატვირთვას. არ აქვს მნიშვნელობა რამდენად გაიზრდება ვენური დაბრუნება - შესაბამისად, გული უფრო ძლიერად შეიკუმშება, რაც გაზრდის დარტყმით მოცულობას და ნუთმოცულობას.

გულის ნუთმოცულობასთან გულის ფუნქციის კიდევ ერთი მახასიათებელია **განდევნის ფრაქცია** (შეკუმშვის დროს პარკუჭის მიერ გადატუმბული სისხლის მოცულობის პროცენტი). შეკუმშვის დროს პარკუჭი ბოლომდე არ იცლება, არამედ გადაისვრის მისი მოცულობის 60-70%-ს. ნაკლები განდევნის ფრაქცია გულის კუნთის სისუსტეზე მიუთითებს. ფიზიოლოგიის ეს ასპექტები შეჯამებული ცხრილში 12-2.

### ცხრილი 12-2 | გულის ფიზიოლოგია

ასპექტი და ნორმალური მახასიათებლები	აღწერა
გულის ცემის სიხშირე (პულსი): 60-80 შეკ/წთ	ნარმოიშობა SA კვანძში, ვრცელდება გამტარი გზების საშუალებით; პარასიმპათიკური იმპულსები (ცდომილი ნერვები) იწვევენ სიხშირის შემცირებას; სიმპათიკური იმპულსები ზრდიან სიხშირეს
დარტყმითი მოცულობა: 60-80 მლ/წთ	1 შეკუმშვის დროს პარკუჭის მიერ გადასროლილი სისხლის რაოდენობა
გულის ნუთმოცულობა: 5-6 ლ/წთ	1 წთ-ში გულის მიერ გადასროლილი სისხლის მოცულობა; გულის ნუთმოცულობა = დარტყმითი მოცულობა X პულსი
განდევნის ფრაქცია: 60-70%	1 შეკუმშვის დროს პარკუჭის მიერ გადასროლილი სისხლის მოცულობის პროცენტი

## გულის სიხშირის რეგულაცია

მიხედვად იმისა, რომ გული თავად აგენერირებს და ინარჩუნებს თავის რიტმს, გულისცემის სიხშირე შეიძლება შეიცვალოს გარემოებების შესაბამისად. ნერვულ სისტემას შეუძლია და ახდენს როგორც შეკუმშვის სიხშირის, ისე შეკუმშვის ძალის რეგულირებას.

ტვინის **მედულა** (მოგრძო ტვინი) შეიცავს გულის ორ ცენტრს: **ამაჩქარებელ** და **მაინჰიბირებელს**. აუტონომიური ნერვების საშუალებით, ცენტრები გულს სტიმულებს უზავენთან. გაიხსენეთ მე-5 თავი, რომელშიც აღწერილია რომ ავტონომიურ ნერვული სისტემას აქვს ორი ნაწილი: სიმპათიკური და პარასიმპათიკური. ფიზიკური დატვირთვის, ან სტრესის ფონზე (ნეიროგადამცემი - ნორადრენალინი), **ამაჩქარებელ** ცენტრში წარმოშობილი, გულამდე სიმპათიკური ნერვების საშუალებით გადაცემული იმპულსები, ინევევენ გულის შეკუმშვის სიხშირისა და შეკუმშვის ძალის გაზრდას. **მაინჰიბირებელ** ცენტრში წარმოქმნილი პარასიმპათიკური იმპულსები, ცდომილი ნერვის საშუალებით, აღწევენ გულამდე და ინევენ გულის რიტმის გაიშვიათებას (ნეიროგადამცემი - აცეტილქოლინი). მოსვენების მდგომარეობაში, ეს იმპულსები ინევენ **SA** კვანძის დეპოლარიზაციის სიხშირის შემცირებას იმ მაჩვენებელამდე, რასაც ჩვენ ნორმად მივიჩნევთ და ასევე ინევენ გულის რიტმის გაიშვიათებას ფიზიკური აქტივობის დასრულების შემდეგ.

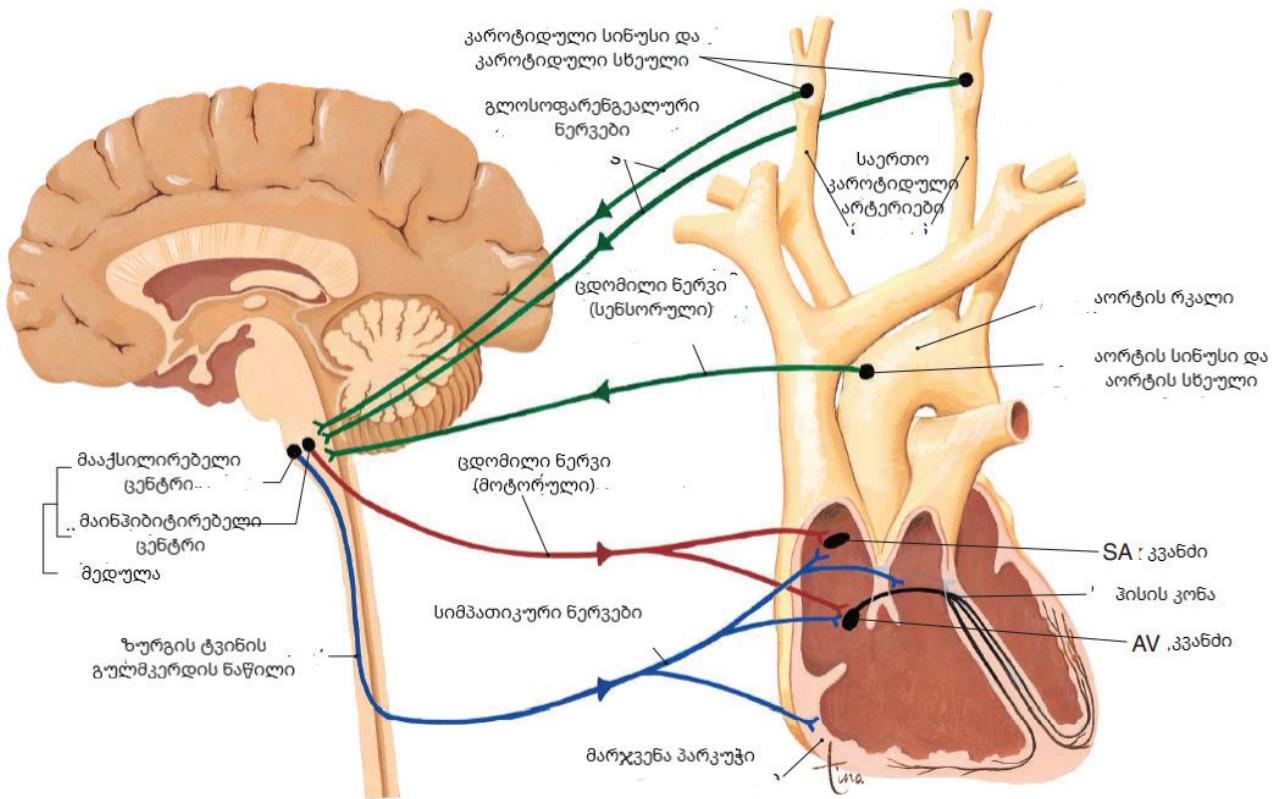
ჩვენი შემდგომი კითხვა შეიძლება ასეთი იყოს: რა ინფორმაცია უნდა მიეწოდოს მედულას, რომ ცვლილებების ინიცირება დაიწყოს? რადგან გული სისხლის გადატუმბავს ახორციელებს, მნიშვნელოვანია შენარჩუნდეს სისხლის ნორმალური წნევა. სისხლი შეიცავს ჟანგბადს, რომელიც უწყვეტად უნდა მიეწოდოს ყველა ქსოვილს. ამიტომ სისხლის წნევის და სისხლში ჟანგბადის დონის ცვლილებები წარმოადგენენ გულის რიტმის შეცვლის სტიმულებს. მე-9 თავში მოთხრობილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, თქვენ იცით, რომ კაროტიდულ არტერიებსა და აორტის რკალში განლაგებული არიან პრესორეცეპტორები და ჰემორეცეპტორები. კაროტიდულ სინუსსა და აორტის სინუსში არსებული **პრესორეცეპტორები** რეაგირებენ წნევის ცვლილებებზე. კაროტიდულ სხეულსა და აორტაში არსებული **ქემორეცეპტორები**, კი ამოიცნობენ სისხლში ჟანგბადის დონის ცვლილებას. გლოსოფარინგეული (მე-9 კრანიალური) ნერვები კაროტიდული რეცეპტორების სენსორული ნერვებია; აორტის რკალის რეცეპტორების სენსორული ნერვი ცდომილი ნერვია (მე-10 კრანიალური). თუ ახლა, რომელიმე სპეციფიკურ მაგალითზე, ჩვენ ამ ფაქტებს შევაჯამებთ, დავინახავთ, რომ გულის რიტმის რეგულაცია, რეფლექსია და ნერვული იმპულსები მიყვებიან რეფლექსურ რკალს. სურათი 12-8 აღწერს ყველა ზემოთ ხსენებულ სტრუქტურას.

ჰორიზონტალური პოზიციიდან ვერტიკალურ პოზიციაში სწრაფად გადასვლამ, თავის ტვინამდე სისხლის მიმოქცევის უეცარი შეფერხების გამო, შეიძლება რამდენიმე ნუთიანი თავბრუსხვევა გამოიწვიოს, რადგან კაროტიდული სინუსის პრესორეცეპტორები აღიქვამენ წნევის უცაბედ დაქვეითებას - ყურადღება მიაქციეთ, რომ ისინი ძალიან სტრატეგიულ ადგილას არიან განლაგებული, პირდაპირ „ტვინამდე გზაზე“. სისხლის წნევის უცაბედი დაცემის გამო პრესორეცეპტორები უფრო ნაკლები რაოდენობით იმპულსებს წარმოშობენ. ეს იმპულსები გლოსოფარინგეული ნერვის საშუალებით გადაეცემა მედულას; იმპულსების სიხშირის შემცირება ასტიმულირებს **ამაჩქარებელ** ცენტრს. **ამაჩქარებელი** ცენტრი წარმოშობს იმპულსებს, რომლებიც სიმპათიკური ნერვების საშუალებით გადაეცემა **SA** კვანძს, **AV** კვანძს და პარუჭების მიოკარდიუმს. გულის რიტმი და შეკუმშვის ძალა იზრდება, ტვინში სისხლის წნევა ნორმას უბრუნდება და თავბრუსხვევის შეგრძენება გაივლის. ტვინში სისხლის წნევის აღდგენის შემდეგ, **მაინჰიბირებელი** ცენტრიდან ვაგუსის საშუალებით, გულის **SA** და **AV** კვანძები უფრო მეტ პარასიმპათიკურ იმპულსებს იღებენ, რაც ინევენს გულის ცემის ნორმალურ მაჩვენებელამდე დაქვეითებას.

გული ასევე რეაგირებს სისხლში ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირებაზე. რეცეპტორების აორტაში განლაგება სტრატეგიულად მნიშვნელოვანია, რადგან ჟანგბადის კონცენტრაციის



ცვლილებაზე რეაგირება გულიდან სისხლის გამოსვლიდან, მალევე მოხდეს. ამ შემთხვევაში, რეფლექსური რკალის შემადგენლობაში შედის: (1) აორტული ქემორეცეპტორები, (2) ცდომილი ნერვები (სენსორული), (3) ამაჩქარებელი ცენტრი მედულაში, (4) სიმპათიკური ნერვები და (5) გულის კუნთი, რომელიც გაზრდის თავის შეკუმშვის სიხშირესა და ძალას, რათა ჰიპოქსემიის საკორექციოდ მოახდინოს მეტი ჟანგბადის ცირკულაცია.



**სურათი 12-8.** გულის ნერვული რეგულაცია. მარჯვნივ - თავის და ზურგის ტვინი. მარცხნივ - გული

**შეკითხვა:** რა გავლენა აქვთ გულზე სიმპათიკურ იმპულსებს?

აქვე გავიხსენოთ მე-10 თავი, რომელშიც აღწერილია, რომ სტრესის საპასუხოდ თირკმელზედა ჯირკვლის მიერ გამოიყოფა ჰორმონი ეპინეფრინი. მისი მრავალრიცხოვანი ფუნქციებიდან, ერთ-ერთი გულის შეკუმშვის სიხშირისა და ძალის გაზრდაა. ამის გამო, ქსოვილებს მეტი სისხლი მიეწოდება, რაც მათ სტრესთან გამკლავებაში ეხმარება.

## დაბერება და გული

ასაკთან ერთად, გული ნაკლებ ეფექტური ხდება და ამ დროს აღინიშნება, როგორც მაქსიმალური დარტყმითი მოცულობის, ასევე გულის რიტმის შემცირება; თუმცა, მოსვენების დროს ეს მაჩვენებლები შეიძლება სრულიად ადეკვატური დარჩეს. მიოკარდიუმის ჯანმრთელობა დამოკიდებული მისი სისხლით მომარაგებაზე. ასაკის მატებასთან ერთად, კორონარული არტერიების ათელოსკრეზული შევიწროვების ალბათობა იზრდება. ათეროსკლეროზი არტერიების კედლებსა და კედლებში ქოლესტეროლის დაგროვებაა, რაც ამცირებს სისხლის ნაკადს და სანათურის ზედაპირის გაუხეშებით, სისხლძარღვის შიგნით თრომბის წარმოქმნის რისკს.

მაღალი არტერიული წნევა (ჰიპერტენზია) გულს აიძულებს, რომ მეტი დატვირთვით იმუშაოს. ის შეიძლება გაიზარდოს და ვეღარ დაკმაყოფილდეს არსებული სისხლის მომარაგებით, რაც მის დასუსტებას იწვევს. სუსტი გული არაეფექტური ტუმბოა, რაც, შესაძლოა, გულის უკმარისობამდე პროგრესირდეს. პროგრესირების სიჩქარე შეიძლება იყოს წრაფი, ან ნელი. ფი-

ბროზმა შესაძლოა გამოიწვიოს გულის სარქველების გამკვრივება, შუილების წარმოშობით და მტუმბავი ფუნქციის დაქვეითებით. ასაკთან ერთად არითმიების აღმოცენების სიხშირეც იმატებს, რადგან გამტარი სისტემის უჯრედები ნაკლებ ეფექტურნი ხდებიან.

## შეჯამება

როგორც ხედავთ, გულის მუშაობაზე გავლენა ნერვულ სისტემასაც აქვს. გულის მტუმბავი ფუნქცია უზრუნველყოფს სისხლის წნევისა და ქსოვილების ოქსიგენაციის შენარჩუნებას, ხოლო ნერვული სისტემა ეხმარება მას, რომ გულმა ეს მოთხოვნილებები განსხვავებულ სიტუაციაში დააკმაყოფილოს. სისხლის წნევა და სისხლძარღვები შემდეგი თავის განსახილველი მასალაა.

# თავი 13

## სისხლძარღვოვანი სისტემა

სისხლის ცირკულაციაში სისხლძარღვების როლის შესახებ 1628 წლიდანაა ცნობილი, როდესაც ბრიტანელმა მკვლევარმა, **William Harvey**-მ მოახდინა დემონსტრირება, რომ სისხლი ვენებში ყოველთვის გულის მიმართულებით მოძრაობს. მანამდე ითვლებოდა, რომ სისხლი ორგანიზმში უძრავადაა განაწილებული სისხლძარღვებსა და სხეულის სხვა ნაწილებში. **Harvey**-მ გვაჩვენა, რომ სისხლი მოძრაობს და თანაც მხოლოდ სისხლძარღვებში (მან არ იცოდა კაპილარების არსებობის შესახებ). შემდგომ საუკუნეებში აღმოჩენილ იქნა ჰომეოსტაზის შენარჩუნებისთვის ვასკულარული სისტემის არამარტო პასიური, არამედ აქტიური როლიც.

სისხლძარღვოვანი სისტემა მოიცავს არტერიებს, კაპილარებსა და ვენებს, რომელთა საშუალებითაც გული სისხლს ორგანიზმში გადატუმბავს. როგორც უკვე იცით, ვასკულარული სისტემის ძირითადი ფუნქცია, ნივთიერებათა ცვლა სისხლსა და ქსოვილებს შორის, კაპილარებში ხორციელდება. მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, არტერიებისა და ვენების როლი, რომელიც ახდენს სისხლის ტრანსპორტირებას გულსა და კაპილარებს შორის.

ამ თავის მეორე მნიშვნელოვანი საკითხი იქნება სისხლის წნევა (**BP**), ძალა, რომლითაც სისხლი სისხლძარღვების კედლებზე ზემოქმედებს. სისხლის ნორმალური წნევის არსებობა მნიშვნელოვანია ცირკულაციასა და კაპილარებში ნივთიერებათა ცვლისთვის.

### არტერიები

**არტერიებს** სისხლი მიაქვთ გულიდან კაპილარებამდე. მომცრო არტერიებს **არტერიოლები** ეწოდებათ. თუ არტერიის განივ ჭრილს შევხედავთ (სურათი 13-1), ვნახავთ, რომ სისხლძარღვის კედელი სამშრიანია, რომელთაგან თითოეულს განსხვავებული ფუნქცია აქვს.

ყველაზე შიდა შრე, **ინტიმა (tunica intima)** სისხლძარღვის ერთადერთი კედელია, რომელსაც სისხლთან აქვს შეხება. ის შედგება მარტივი ერთშრიანი ეპითელიუმისგან, რომელსაც **ენდოთელიუმი** ეწოდება და ზუსტად ისეთივეა, როგორც გულის კამერების ამომფენი ენდოთელიუმი. ალბათ, თავადაც მიხვდებით, რომ მისი ფუნქცია იგივეა: ენდოთელიუმის უკიდურესად გლუვი ზედაპირი ხელს უშლის თრომბოციტების ადჰეზიას და, შესაბამისად, თრომბის წარმოქმნას. სისხლძარღვების ენდოთელიუმი ქიმიურ ნივთიერებებსაც გამოყოფს, რომელიც სისხლის წნევაზე ზემოქმედებს. **აზოტის ოქსიდი (NO)** ვაზოდილატატორია, რომელიც ახდენს სისხლძარღვის შუა შრის რელაქსაციას. პეპტიდი **ენდოთელინი** ასტიმულირებს გლუვი კუნთების შეკუმშვას და, შესაბამისად, იწვევს ვაზოკონსტრიქციას.

შუა გარსს, **მედიას (tunica media)** ქმნის გლუვი კუნთები და ელასტიური შემაერთებული ქსოვილი. ორივე ქსოვილი ჩართულია სისხლის ნორმალური წნევის (მეტად დიასტოლური). შენარჩუნებაში. გლუვი კუნთებზე გავლენა აქვთ ენდოთელიუმის მიერვე გამოიმუშავებულ ნივთიერებებს. გლუვი კუნთების მოდუნება იწვევს სისხლძარღვის დილატაციას და წნევის დაქვეითებას, გლუვი კუნთების შეკუმშვა კი სისხლძარღვის კონსტრიქციას და წნევის აწევას. გლუვი კუნთებს ნერვული მომარაგებაც აქვთ: სიმპათიკური იმპულსების ინტენსივობის გაზრდა იწვევს ვაზოკონსტრიქციას, პარასიმპათიკურის სიჭარბე კი ვაზოდილატაციას. ფიბროზული შემაერთებული ქსოვილი წარმოშობს სისხლძარღვის კედლის გარეთა შრეს **ადვენტიციას (tunica externa)**. ეს შრე ძალიან მყარია, რასაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დიდი არტერიებისთვის, რადგან სისხლის მაღალმა წნევამ არ გამოიწვიოს სანათურის გახეთქვა, ან გაგლეჯა (იხილეთ, სამახსოვრო 13-1: არტერიების დაავადებები).

დიდი არტერიების შუა და გარე შრეები საკმაოდ სქელია, მცირე არტერიებში, კი ინტიმა, მხოლოდ ერთეული კუნთოვანი უჯრედებითაა შემოფარგლული. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გლუვიკუნთოვანი შრე არტერიებს კონსტრიქციისა და დილატაციის საშუალებას აძლევს. სისხლძარღვის დიამეტრის ეს ცვლილებები ნაწილობრივ ენდოთელიუმით, აგრეთვე, ცენტრალური და აუტონომიური ნერვული სისტემებით რეგულირდება. ტერმინალური (კაპილარების მოსაზღვრე) არტერიების დიამეტრის მარეგულირებელი ფაქტორი მიმდებარე ქსოვილებში ჟანგბადის დონეა. ქსოვი-



ლების ჰიპოქსია აპროვოცირებს სისხლძარღვის დილატაციას, რაც თავის მხრივ იწვევს სისხლის დინების, **პერფუზიის** გაზრდას, რათა მოხდეს ჰიპოქსიის აღმოფხვრა. ამის სანინაალმდეგოდ, პულმონური ტერმინალური არტერიები, ჰიპოქსიის საპასუხოდ, ვინროვდება.

## ვენები

**ვენები** კაპილარებიდან სისხლს გულში აბრუნებს. მცირე ზომის ვენებს **ვენულებს** უწოდებენ. ვენების კედლებიც იმავე სამი შრითაა წარმოდგენილი, როგორც არტერიების, თუმცა გარკვეული თავისებურებებიც ახასიათებთ. ვენების შიდა შრეც ენდოთელიუმი, თუმცა ადგილ-ადგილ ის წარმოქმნის ნაკეცებს, **ვენურ სარქველებს** (იხილეთ, სურათი 13-1). სარქველები აფერხებს სისხლის უკან დაბრუნებას და განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით არიან წარმოდგენილი ქვედა კიდურების ვენებში, სადაც სიმძიმის ძალის გამო, სისხლი მიდრეკილია დაგროვებისკენ.

ვენების შუა შრე თხელი კუნთოვანი შრეა, რადგან ვენები არ მონაწილეობს სისხლის წნევის რეგულაციასა და კაპილარებში სისხლის ნაკადის შექმნაში. ვენების კონსტრუქცია შესაძლებელია გარეგანი ძალის მოქმედებით და ეს შესაძლებლობა, ზოგჯერ, მაგალითად, სისხლდენის დროს, დიდ მნიშვნელობას იძენს. ვენების გარეთა შრეც თხელია, რადგან ვენებში, არტერიებისგან განსხვავებით, წნევა მაღალი არ არის და ამის გამო, არ არის საჭირო დიდი რაოდენობით ფიბროზული ქსოვილის არსებობა.

ვენებს არტერიებზე მეტი ტევადობა აქვთ, რადგან მათში არსებული სისხლის მოცულობა მეტია. ბარდაყის ვენას, მაგალითად, უფრო ფართო სანათური, ან ღრუ აქვს, ვიდრე ბარდაყის არტერიას. მოსვენების მდგომარეობაში, სისხლის დაახლოებით, **63-65 %** ვენურ სისტემაში ცირკულირებს, **12-15%** სისტემურ არტერიებში, **9-10 %** პულმონურ არტერიებში და **7-8 %** გულსა და კაპილარებში.

## ანასტომოზები

**ანასტომოზები** სისხლძარღვების ერთმანეთთან დაკავშირებაა - არტერიის არტერიასთან და ვენის-ვენასთან. ამ შეერთების ძირითადი მიზანი სისხლის დინების ალტერნატიული გზის შექმნაა, თუ რომელიმე სისხლძარღვი დაიბლოკება.

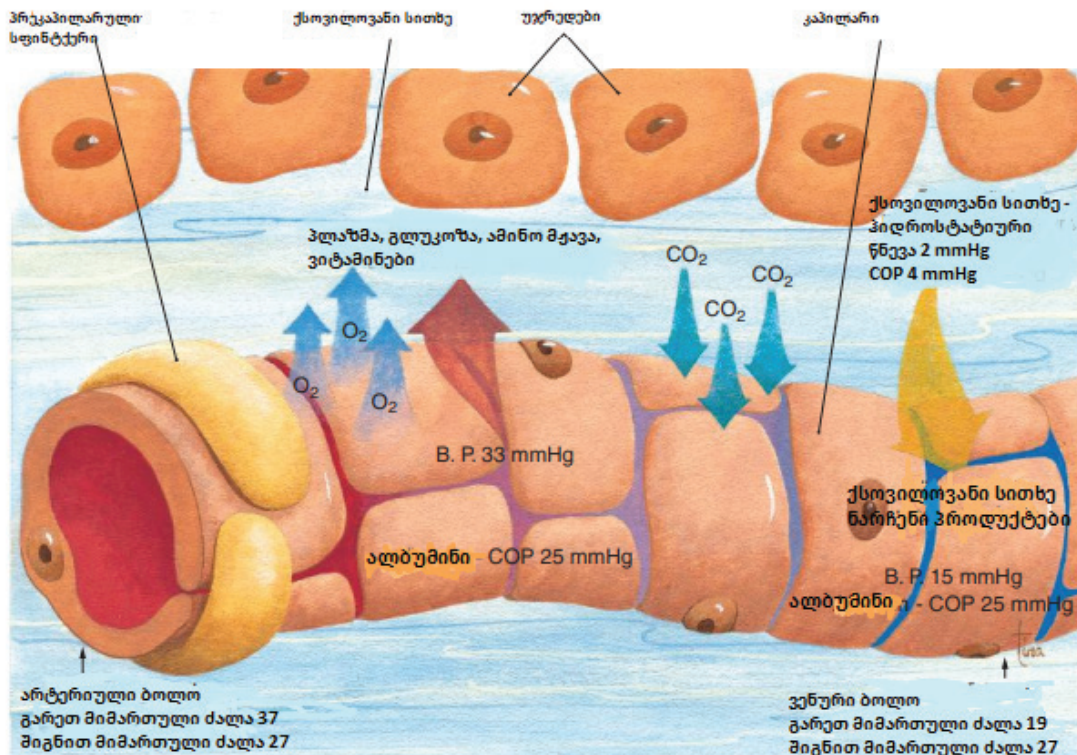
არტერიული ანასტომოზები უზრუნველყოფს იმას, რომ სისხლი მიეწოდება ორგანოების კაპილარებს, რათა მოხდეს ამ ორგანოებისთვის ჟანგბადის მიწოდება და მათგან ნარჩენი პროდუქტების გამოტანა. ასე მაგალითად, არსებობს ანასტომოზები, მიოკარდიუმის მკვებავ კორონარულ არტერიებს შორის.

### სამახსოვრო 13-1 | არტერიების დაავადებები

**არტერიოსკლეროზი** - მიუხედავად იმისა, რომ ამ მდგომარეობას ხშირად, „არტერიების გამაგრებას“ ეძახიან, სინამდვილეში, ამ დროს ადგილი აქვს არტერიების კედლების ელასტიურობის დაკარგვას, რის გამოც მათი კედლები უფრო სუსტი ხდება. არტერიებში სისხლი მაღალის წნევით მიედინება, ამიტომ არტერიოსკლეროზი დაბერების თანმდევი პროცესია.

**ანევრიზმა** - არტერიის კედლის გათხელებული ნაწილი შეიძლება გამოიზარდოს და წარმოქმნას პარკი, რომელსაც ანევრიზმა ეწოდება. არტერიოსკლეროზი შეიძლება ამის ერთ-ერთი მიზეზი იყოს, თუმცა ზოგიერი ანევრიზმა თანდაყოლილია. მრავალი წლის განმავლობაში, ანევრიზმა შესაძლოა, სრულიად უსიმპტომოდ მიმდინარეობდეს და გამოვლინდეს შემთხვევით, სხვა მიზეზით ჩატარებული დიანოსტიკური პროცედურის დროს. ანევრიზმის განვითარების ყველაზე ხშირი ადგილებია ცერებრალური არტერიები და აორტა, განსაკუთრებით მისი აბდომინალური ნაწილი. ცერებრალური არტერიის გასკდომა ჰემორაგიული ინსულტის ერთ-ერთი შესაძლო მიზეზია. აორტის ანევრიზმის გასკდომა სიცოცხლისთვის საშიში მდგომარეობაა და საჭიროებს გადაუდებელ ქირურგიულ ჩარევას - ხდება დაზიანებული ნაწილის მოცილება და გრაფტით ჩანაცვლება. ასეთივე ქირურგიული ჩარევა შესაძლოა აორტის გასკდომამდე განზორციელდეს.

**ათეროსკლეროზი** - ეს პათოლოგია განხილულია მე-12 თავში



**სურათი 13-2** ნივთიერებათა ცვლა კაპილარის სისხლსა და გარშემოშეყოფ ქსოვილოვან სითხეს შორის. ისრები მიგვანიშნებს მოძრაობის მიმართულებას. კაპილარის არტერიულ ბოლოსთან ადგილი აქვს ფილტრაციას. ოსმოსურ პროცესს ადგილი აქვს კაპილარის ვენურ ბოლოსთან. აირების ცვლა ხდება დიფუზიის საშუალებით.

**შეკითხვა:** აქ მოყვანილ ყველა წნევას შორის, რომელია ყველაზე მაღალი და რა პროცესს განაპირობებს ის?

ვენის ბლოკირების შემთხვევაში, ვენური ანასტომოზები უზრუნველყოფს იმას, რომ სისხლს ჰქონდეს უკან გულში დაბრუნების საშუალება, რათა მოხდეს სისხლის ხელახლა გადატუმბვა. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით, ვენური ანასტომოზები ქვემო კიდურებში ვენებში გვხვდება, რადგან ასაკის მატებასთან ერთად, იზრდება ამ ვენების ობსტრუქციის რისკი (იხილეთ, სამახსოვრო 13-2: ვენური პათოლოგიები).

### სამახსოვრო 13-1 | ვენების დაავადებები

**ფლებიტი** - ვენის ანთეზაა. ეს დაავადება, ყველაზე ხშირად, ქვემო კიდურების ვენებისთვისაა დამახასიათებელი, რადგან ისინი, მიზიდულობის ძალის საწინააღმდეგოდ სისხლის დინების გამო, განსაკუთრებით დიდი ზეწოლის ქვეშ არიან. სპეციფიკური მიზეზის გამოვლენა, ხშირად, ვერ ხდება, თუმცა ასაკი, სიმსუქნე და სისხლის პათოლოგიები შესაძლოა ხელმძღვანელობი ფაქტორები აღმოჩნდეს. ზედაპირული ვენის დაზიანების შემთხვევაში, შეიძლება აღინიშნოს მტკივნეულობა ან მგრძნობელობის გაზრდა, თუმცა უამრავი ანასტომოზის არსებობის გამო, ჩვეულებრივ, სისხლის მიმოქცევა ნარჩუნდება. ღრმა ვენების ფლებიტი პოტენციურად უფრო სერიოზული დაავადებაა, თრომბოფლებიტის (თრომბის წარმოქმნა) და შემდგომი ემბოლიზმის (თრომბის მონყვეტა) განვითარების რისკით.

**ვენების ვარიკოზი** - შემუშავებული და გაბერილი ვენები, უფრო მეტად დამახასიათებელია ზედაპირული ვენებისთვის. შეიძლება განვითარდეს იმ ადამიანებში, რომლებსაც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში უნევთ ჯდომა, ან დგომა. ქვემო კიდურების კუნთების შეკუმშვის გარეშე, სისხლი ვენებში გროვდება და იწვევს მათი კედლების გაჭიმვას. თუ ვენები ზედმეტად

გაიჭიმება, მათში არსებული სარქველები ველარ დაიხურება. არაკომპეტენტური სარქველები ველარ მოახდენს სისხლის უკან დაბრუნების პრევენციას, რაც გამოიწვევს მათ შემდგომ გადავსებას და კიდევ მეტად გაჭიმვას. ვენების ვარიკოზი შეიძლება გამოვლინდეს ქვემო კიდურებში დისკომფორტისა და ტკივილის შეგრძნებით. ვარიკოზის მკურნალობა შესაძლებელია ქირურგიული ჩარევით. ეს მდგომარეობა ორსულობის დროსაც შესაძლოა განვითარდეს, როდესაც გაზრდილი საშვილოსნო აწვება თედოს ვენებს და აფერხებს სისხლის ქვემო ღრუ ვენაში გადასვლას. ანალური ხვრელის ვარიკოზს **ჰემოროიდი** ეწოდება, რაც ასევე შეიძლება თან ახლდეს ორსულობას ან იყოს ქრონიკული შეკრულობის და დეფეკაციის განხორციელებისთვის ზედმეტი დაძაბვის შედეგი. ტკივილის ან დისკომფორტის გამომწვევი ჰემოროიდის მკურნალობაც შესაძლებელია ქირურგიული ჩარევით. ლაზერულმა ქირურგიამ ეს პროცედურა უფრო მარტივი გახადა.

## კაპილარები

**კაპილარებს** სისხლი არტერიოლებიდან ვენულებში გადააქვთ. მათი კედელი, მხოლოდ, ერთი უჯრედის სისქისაა და სინამდვილეში არტერიებისა და ვენების ენდოთელიუმის (მარტივი, ბრტყელი ეპითელიუმის) გაგრძელებაა (იხილეთ, სურათი 13-1). ზოგიერთი ქსოვილი არ შეიცავს კაპილარებს, როგორებიცაა: ეპიდერმისი, ხრტილი, თვალის ბროლი და რქოვანა.

ქსოვილების უმრავლესობას კარგად განვითარებული კაპილარული ქსელი აქვს. ამ ქსელის მოცულობა განისაზღვრება მოცემული ორგანოს მეტაბოლური აქტივობით. ასე მაგალითად, თირკმელს ფუნქციონირებისთვის კარგი სისხლის მომარაგება ჭირდება. მე-18 თავში, სურათზე 18-2 გამოსახულია თირკმლის სისხლძარღვოვანი ქსელი და თქვენ თავად დარწმუნდებით, რამდენად კარგადაა ის განვითარებული (უმეტესი ნაწილ კაპილარებითაა წარმოდგენილი). ამის სანინააღმდეგოდ, აქილევსისა და მუხლქვეშა მყესებს, გაცილებით ნაკლებად განვითარებული, კაპილარული ქსელი აქვთ, რადგან ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილი მეტაბოლურად ნაკლებად აქტიურია.

კაპილარებში სისხლის დინება რეგულირდება გლუვი კუნთებით, რომელსაც **პრეკაპილარული სფინქტერები** ეწოდებათ. ისინი ყველა კაპილარული ქსელის დასაწყისში გვხვდება (იხილეთ, სურათი 13-1). პრეკაპილარული სფინქტერები არ რეგულირდება ნერვული იმპულსებით, არამედ ქსოვილის ჟანგბადზე მოთხოვნილებით. რადგან ორგანიზმში არ მოიპოვება ყველა კაპილარის გასავსებად საკმარისი სისხლი, ჩვეულებრივ, კაპილარული სფინქტერები მცირედ შეკუმშულნი არიან. აქტიურ ქსოვილში, მაგალითად, მოვარჯიშე კუნთში, რომელიც მეტ ჟანგბადს საჭიროებს, სფინქტერები დაუნდება და სისხლის მიმოქცევა ძლიერდება. ეს ავტომატური რეგულაცია უზრუნველყოფს, რომ სისხლი, რომლის მოცულობა მუდმივია, მეტად სხეულის იმ ნაწილს მიეწოდება, რომელსაც ეს სჭირდება.

ზოგიერთ ორგანოს სხვა ტიპის კაპილარები აქვთ, რომლებსაც **სინუსოიდები** ეწოდებათ. სინუსოიდებს უფრო განიერი სანათური და ადვილად გამტარი კედლები აქვთ. გაზრდილი გამტარობა მათ საშუალებას აძლევთ, რომ მათი კედლების გავლით მოხდეს დიდი მოლეკულების, როგორებიცაა პროტეინები, და სისხლის უჯრედების გადაადგილება. სინუსოიდები გვხვდება ძვლის ნითელ ტვინსა და ელენთაში, სადაც სისხლის უჯრედები შედის და ტოვებს სისხლს და ღვიძლსა და ჰიპოფიზში, რომელიც აწარმოებს და ახდენს სისხლში პროტეინების სეკრეციას.

## ნივთიერებათა ცვლა კაპილარებში

კაპილარებში ხდება ნივთიერებათა ცვლა სისხლსა და უჯრედულ ქსოვილოვან სითხეს შორის. ზოგიერთი ნივთიერება სისხლიდან ქსოვილოვან სითხეში გადადის, ზოგიერთი კი ქსოვილოვანი სითხიდან სისხლში. ეს პროცესი გამოსახულია სურათზე 13-2.

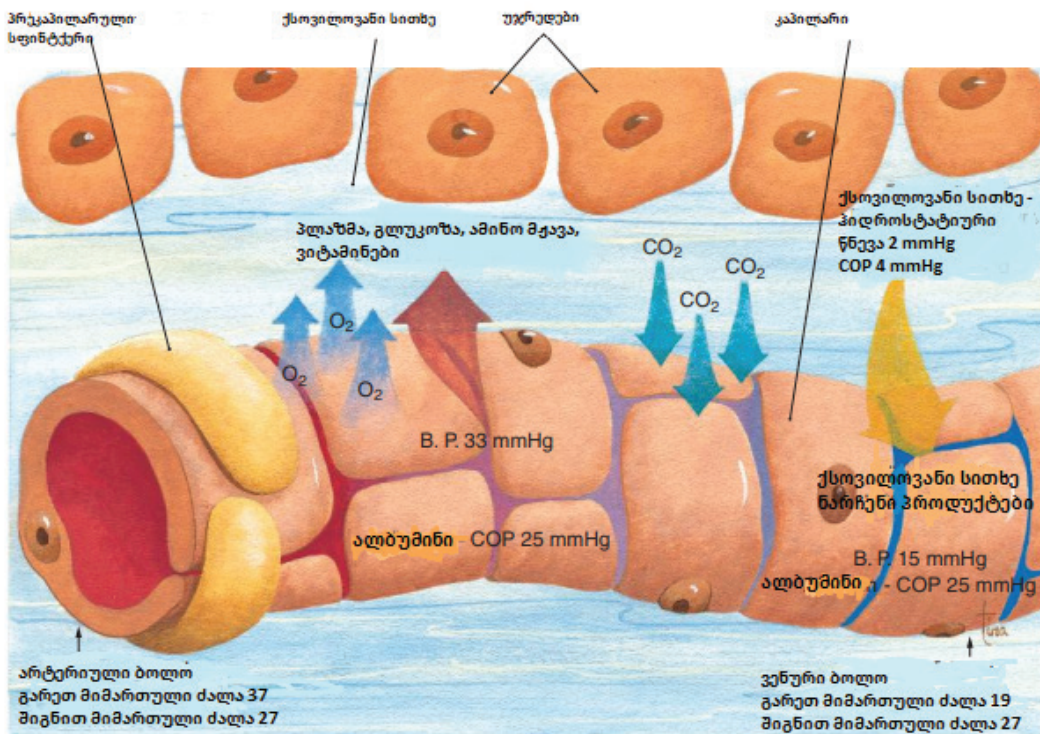
აირების ცვლა ხორციელდება **დიფუზიის** საშუალებით ანუ ნივთიერების გადასვლით მაღალი კონცენტრაციის არიდან დაბალი კონცენტრაციის არეში. ამის გამო, ჟანგბადი სისტემური კაპილარებიდან ქსოვილოვან სითხეში გადაადგილდება, ხოლო ნახშირორჟანგი ქსოვილოვანი სითხიდან სისხლში, რათა მოხდეს მათი ფილტვებამდე მიტანა და გამოყოფა.



ახლა ვნახოთ როგორია სისხლის წნევა, როდესაც სისხლი არტერიოლებიდან კაპილარებში გადადის. ამ ადგილას კაპილარული წნევა 30-35 მმ ვცხ სვ-ია, გარშემომყოფ უჯრედშია სივრცეში კი 2 მმ ვცხ სვ. რადგან კაპილარული წნევა უფრო მაღალია, ვიდრე უჯრედშია სივრცის წნევა, ვითარდება ფილტრაცია, რაც აიძულებს პლაზმასა და მასში გახსნილ ნივთიერებებს უჯრედშია სივრცეში გადასვლას. ასე ხდება უჯრედებამდე გლუკოზის, ამინო მჟავებისა და ვიტამინების მიტანა.

კაპილარების ვენურ ნაწილამდე მიღწევისას, წნევა მცირდება; ყურადღება მიაქციეთ, რომ ალბუმინი რჩება სისხლში. ალბუმინი ხელს უწყობს სისხლის კოლოიდური ოსმოსური წნევის (COP) წარმოქმნას. ეს არის უფრო „მოზიდვის წნევა“ და უზრუნველყოფს ქსოვილოვანი სითხის და მასთან ერთად, ქსოვილების ცხოველმყოფელობის ნარჩენი პროდუქტების სისხლში გადმოსვლას. სისხლში გადმოსული ქსოვილოვანი სითხე, ასევე, ხელს უწყობს სისხლის ნორმალური მოცულობისა და წნევის შენარჩუნებას.

წარმოქმნილი ქსოვილოვანი სითხის მოცულობა ოდნავ მეტია კაპილარებში დაბრუნებულ რაოდენობაზე. ასე რომ გაგრძელდეს, სისხლის მოცულობა თანდათანობით შემცირდება. ჭარბი ქსოვილოვანი სითხე შედის ლიმფურ კაპილარებში - მას ახლა ლიმფა ეწოდება და ის კვლავ პლაზმად გარდაიქმნება და სისხლში დაბრუნდება, რათა მოხდეს სისხლის მოცულობის შენარჩუნება. ეს პროცესი განხილულია მე-14 თავში.



**სურათი 13-2** ნივთიერებათა ცვლა კაპილარის სისხლსა და გარშემომყოფ ქსოვილოვან სითხეს შორის. ისრები მიგვანიშნებს მოძრაობის მიმართულებას. კაპილარის არტერიულ ბოლოსთან ადგილი აქვს ფილტრაციას. ოსმოსურ პროცესს ადგილი აქვს კაპილარის ვენურ ბოლოსთან. აირების ცვლა ხდება დიფუზიის საშუალებით.

**შეკითხვა:** აქ მოყვანილ ყველა წნევას შორის, რომელია ყველაზე მაღალი და რა პროცესს განაპირობებს ის?

### სისხლის მიმოქცევის წრეები

არსებობს სისხლის მიმოქცევის ორი ძირითადი წრე - პულმონური და სისტემური. პულმონური (მცირე) წრე იწყება მარჯვენა პარკუჭიდან, სისტემური (დიდი) წრე კი მარცხენა პარკუჭიდან. ღვიძლის (პორტალური) წრე სისტემური ცირკულაციის ნაწილია და ცალკე განიხილება. ნაყოფის ცირკულაცია გულისხმობს სისხლის მიმოქცევის წრეს მუცლად ყოფნის პერიოდში და ისიც ცალკე განიხილება.

## პულმონური (მცირე) წრე

მარჯვენა პარკუჭი სისხლს გადატუმბავს ფილტვის საერთო არტერიაში (ფილტვის არტერიის ღერო), რომელიც იყოფა მარჯვენა და მარცხენა ფილტვის არტერიებად (შედის მარჯვენა და მარცხენა ფილტვებში). თავად ფილტვებში ეს არტერიები იტოტება უფრო მცირე არტერიებად და არტერიოლებად და ბოლოს კაპილარებად. პულმონური კაპილარები გარს ეკვრის ფილტვის ალვეოლებს; ეს ის ადგილია, სადაც ხორციელდება ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ცვლა. კაპილარები ერთდება და ქმნის ვენულებს, რომელთა შერწყმაც ქმნის ვენებს და ბოლოს თითოეული ფილტვის მხრიდან გამოდის ორ-ორი ვენა, რომელსაც სისხლი მარცხენა წინაგულში მიაქვთ. შემდეგ, ჟანგბადით გამდიდრებული სისხლი სისტემურ ცირკულაციაში გადადის. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ფილტვის ვენები შეიცავს ოქსიგენირებულ სისხლს, განსხვავებით დიდი წრის ვენებისგან, რომელიც დეოქსიგენირებული სისხლის ცირკულაციას ახდენს. ჟანგბადით მდიდარი სისხლი მოძრაობს დიდი წრის არტერიებში.

## სისტემური (დიდი) წრე

მარცხენა პარკუჭი სისხლს ყველაზე დიდ სისხლძარღვში, აორტაში გადატუმბავს. მცირე ხანში ჩვენ მივუბრუნდებით აორტასა და მის ტოტებს, მანამდე კი მოვახდენთ დანარჩენი სისტემური ცირკულაციის შეჯამებას. აორტის განტოტებებიდან სისხლი მთელი სხეულის არტერიოლებსა და კაპილარებში გადადის. კაპილარები ერთდება ვენულებისა და ვენების წარმოსაქმნელად. სხეულის ქვედა ნაწილის ვენები ერთიანდება ქვემო ღრუ ვენაში, სხეულის ზედა ნაწილის ვენები კი ზედა ღრუ ვენაში. ორი ღრუ ვენით სისხლი მარჯვენა წინაგულში ბრუნდება. მთავარი არტერიები და ვენები გამოსახულია სურათებზე 13-3, 13-4 და 13-5; მათი ფუნქციები კი ჩამოთვლილია ცხრილებში 13-1 და 13-2.

აორტა ერთი მთლიანი სისხლძარღვია, მაგრამ ზუსტად აღსაწერად, მას რამდენიმე ნაწილად ყოფენ, როგორცაც ასწვრივი აორტა, აორტის რკალი, გულმკერდის აორტა და აბდომინალური აორტა. ასწვრივი აორტა გამოდის გულიდან, აორტის რკალი მიემართება უკან და ქვემოთ, გულმკერდის აორტა მდებარეობს გულმკერდის ღრუში დიაფრაგამამდე, აბდომინალური აორტა იწყება დიაფრაგამიდან და ხერხემლის წელის ნაწილის მე-4 მალამდე გრძელდება, სადაც ის იყოფა ორ საერთო (მარჯვენა და მარცხენა) თედოს არტერიებად. ამ გზაზე აორტიდან გამოიყოფა მრავალი ტოტი, რომელთა საშუალებით სისხლი სხეულის სხვადასხვა ნაწილებსა და ორგანოებს მიეწოდებათ.

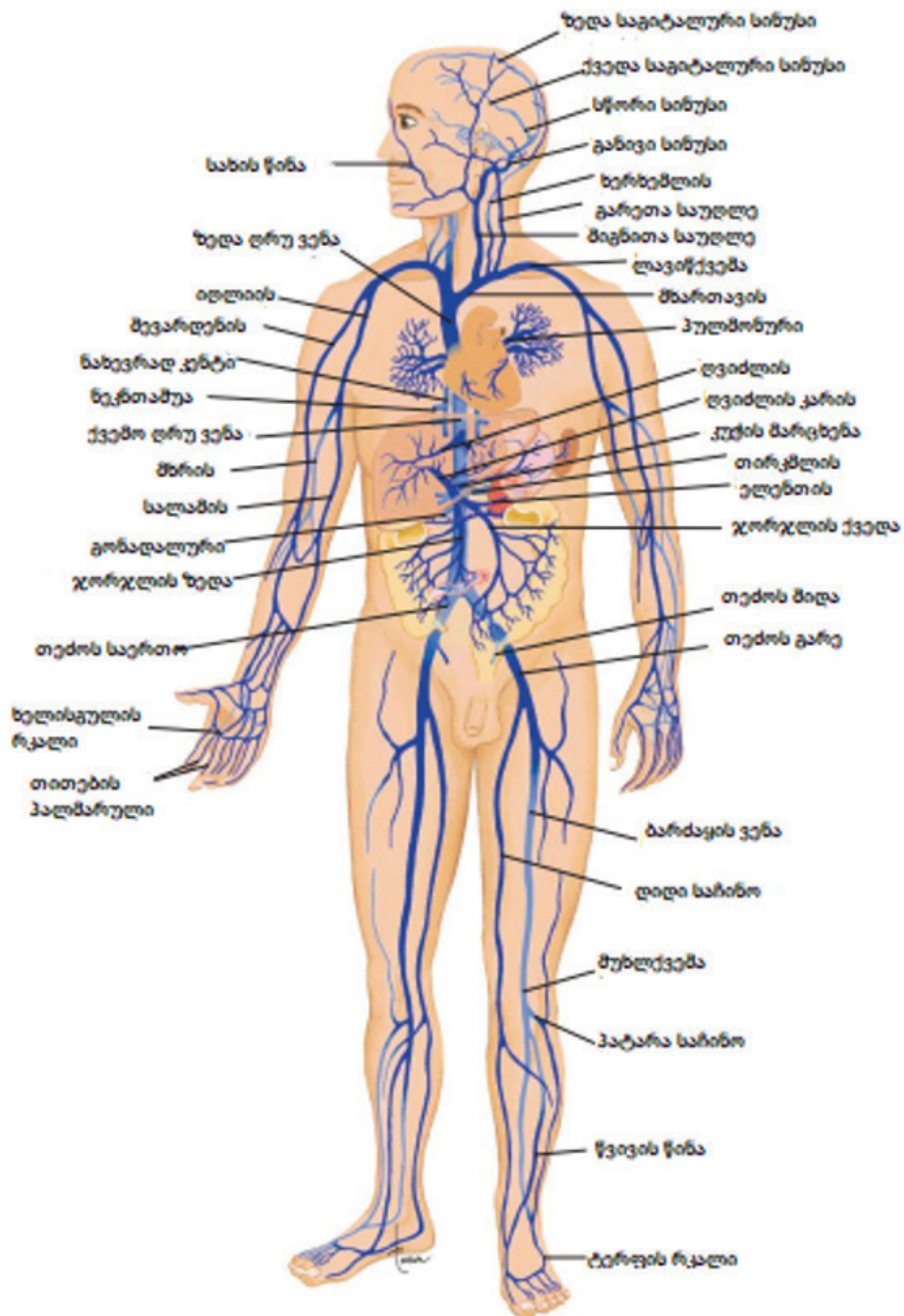
ასწვრივ აორტას მხოლოდ ორი ტოტი აქვს - მარჯვენა და მარცხენა კორონარული არტერიები, რომელიც ამარაგებს მიოკარდიუმს. ეს პროცესი აღწერილია მე-12 თავში,

აორტის რკალიდან სამი ტოტი გამოიყოფა: მხართავის არტერია (ბრაქიოცეფალური), მარცხენა საერთო საძილე არტერია და მარცხენა ლავინქვემა არტერია, რომელიც ამარაგებს თავსა და მკლავებს. მხართავის არტერია ძალიან მოკლეა და იყოფა მარჯვენა საერთო საძილე არტერიად და მარჯვენა ლავინქვემა არტერიად. მარჯვენა და მარცხენა საერთო საძილე არტერიები კისრამდე გრძელდება, საიდანაც იყოფა შიდა და გარე საძილე არტერიებად. მარჯვენა და მარცხენა ლავინქვემა არტერიები განლაგებულნი არიან ლავინებს უკან და გრძელდება მკლავებამდე. როგორც კი არტერია შევა სხეულის სხვა მიდამოში (ის შეიძლება არც განშტოვდეს, უბრალოდ გაგრძელდეს), მისი სახელი იცვლება. ლავინქვემა არტერია გადაიქცევა ილღის არტერიად, რომელიც შემდგომ ხდება მხრის არტერია. საძილე და კაროტიდული არტერიების განშტოებები გამოსახულია სურათზე 13-3, 13-4 და 13-5. როდესაც ამ სურათებს გადახედავთ, გაიხსენეთ, რომ არტერიის დასახელება, ხშირად, მის მდებარეობაზე მიუთითებს. მაგალითად, სახის არტერია სახის მიდამოშია.

თავის ზოგიერთი არტერია მონაწილეობას ღებულობს მნიშვნელოვანი არტერიული ანასტომოზის, **ვილისის წრის** (ცერებრალური არტერიული წრის) ჩამოყალიბებაში, რაც წარმოადგენს არტერიულ წრეს ჰიპოფიზის გარშემო (იხილეთ, სურათი 13-6). ვილისის წრეს ქმნის მარჯვენა და მარცხენა შიდა საძილე არტერიები და ბაზილარული არტერია, რომელიც წარმოადგენს მარჯვენა და მარცხენა ვერტებრალური არტერიების (ლავინქვემა არტერიების ტოტების) შეერთებას. ტვინი ყოველთვის, ძილის დროსაც, აქტიურია და ამიტომ მას, ჟანგბადით მოსამარა-

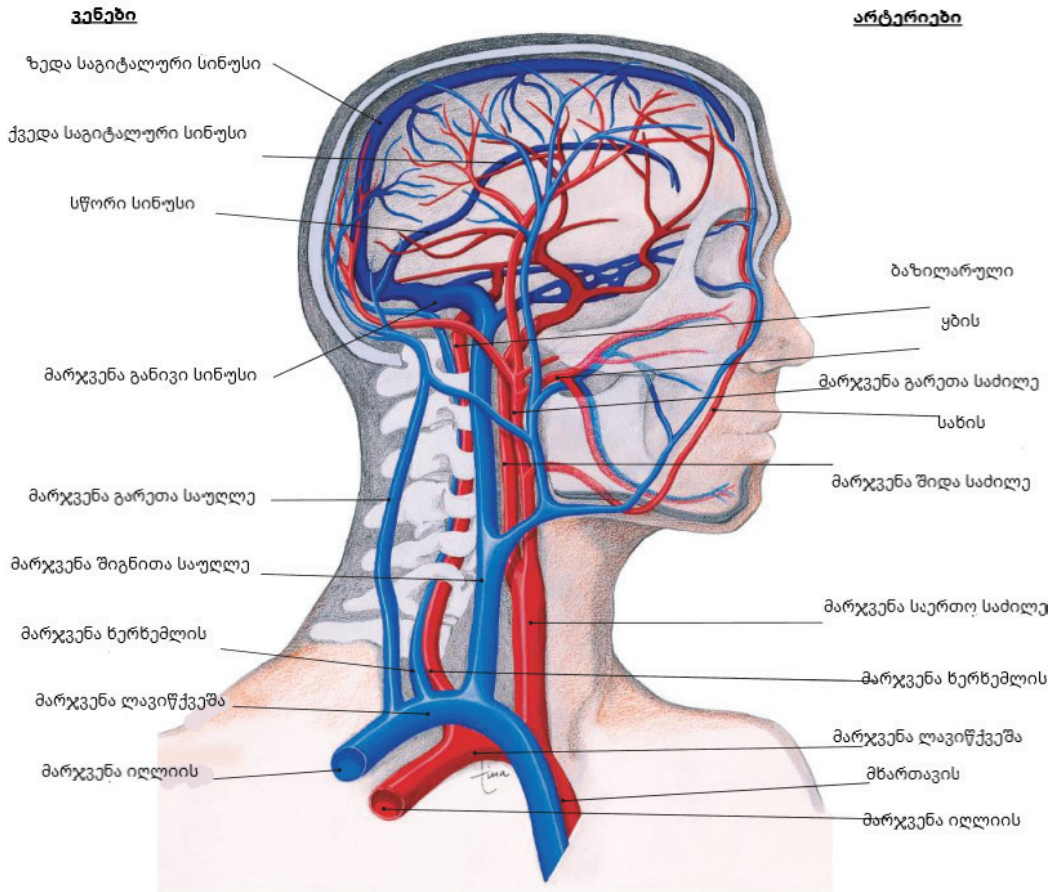






**სურათი 13-4** სისტემური ვენები, ხედი წინიდან

**შეკითხვა:** იპოვიეთ სამი ვენა თანმხლები არტერიის სახელით?



**სურათი 13-5** თავისა და კისრის არტერიები და ვენები მარჯვენა ლატერალური ხედიდან. ვენები - მარცხნივ, არტერიები - მარჯვნივ

**შეკითხვა:** რომელი ვენაა საერთო საძილე არტერიის ანალოგი?

გულმკერდის აორტა და მისი ტოტები ამარაგებს გულმკერდის კედლებსა და გულმკერდის ღრუს ორგანოებს. ეს არტერიები ჩამოთვლილია ცხრილში 13-1.

აბდომინალური აორტიდან გამოდის ტოტები, რომელიც ამარაგებს მუცლის ღრუს კედლებს და მუცლის ღრუს ორგანოებს; თეძოს ორი საერთო არტერია ქვემო კიდურებში გრძელდება. სურათ 13-3-ზე თქვენ ნახავთ, რომ საერთო თეძოს არტერია გარეთა თეძოს არტერია ხდება, რომელიც შემდეგ ბარძაყის არტერიაში გადადის და ბოლოს მუხლქვეშა არტერიაში. ადგილმდებარეობის მიხედვით, ერთსა და იმავე სისხლძარღვს სხვადასხვა სახელი აქვს. ცხრილში 13-1 ეს სისხლძარღვებიცაა ჩამოთვლილი (იხილეთ, ასევე, სამახსოვრო 13-3: პულსი საპალპაციო ადგილები).

სისტემურ ვენებს მოაქვთ ვენური სისხლი სხეულის სხვადასხვა ნაწილებიდან და ორგანოებიდან და მათი განლაგება, ხშირად, შესაბამისი არტერიების გასწვრივაა. ყველაზე მნიშვნელოვანი ვენები გამოსახულია სურათზე 13-4 და ჩამოთვლილია ცხრილში 13-2.

### ცხრილი 13-1 | დიდი სისტემური სისხლძარღვები

ასწვრივი აორტისა და აორტის რკალის ტოტები		
არტერია	რომელი არტერიის ტოტია	რომელ რეგიონს ამარაგებს
კორონარული	ასწვრივი აორტა	მიოკარდიუმი
მხართავის	აორტის რკალი	მარჯვენა მკლავი და თავი

მარჯვენა საერთო საძილე	მხართავის	თავის მარჯვენა ნახევარი
მარჯვენა ლავინქვეშა	მხართავის	მარჯვენა ბეჭი და მკლავი
მარცხენა საერთო საძილე	აორტის რკალი	თავის მარცხენა ნახევარი
მარცხენა ლავინქვეშა	აორტის რკალი	მარცხენა ბეჭი და მკლავი
გარეთა საძილე	საერთო საძილე	თავის ზედაპირული ნაწილი
საფეთქლის ზედაპირული	გარეთა საძილე	სკალპი
შიგნითა საძილე	საერთო საძილე	თავის ტვინი (ვილისის წრე)
თვალბუდის	შიგნითა საძი- ლე	თვალი
ხერხემლის	ლავინქვეშა	ხერხემლის კისრის ნაწილი და ვილისის წრე
ილლიის	ლავინქვეშა	ილლია
მხრის	ილლიის	ზედა მკლავი
სხივის	მხრის	წინამხარი
იდაყვის	მხრის	წინამხარი
მტევნის სისხლძარღვოვანი რკალი	სხივის და იდა- ყვის	მტევანი

**ცხრილი 13-1 | დიდი სისტემური სისხლძარღვები (გაგრძელება)**

გულმკერდის აორტის ტოტები		
არტერია	რომელ რეგიონს ამარაგებს	
ნეკნთაშუა (9 წყვილი)	ტორსის კანი, კუნთები ძვლები	
დიაფრაგმის ზედა	დიაფრაგმა	
პერიკარდიული	პერიკარდიუმი	
საყლაპავის	საყლაპავი	
ბრონქიალური	ბრონქიოლები და ფილტვების შემაერთებელი ქსოვილი	

**ცხრილი 13-1 | დიდი სისტემური სისხლძარღვები (გაგრძელება)**

აბდომინალური აორტის ტოტები		
არტერია	რომელ რეგიონს ამარაგებს	
დიაფრაგმის ქვედა	დიაფრაგმა	
წელის	ზურგის წელის არე	
გავის შუა	გავა, კუდუსუნი, დუნდულები	



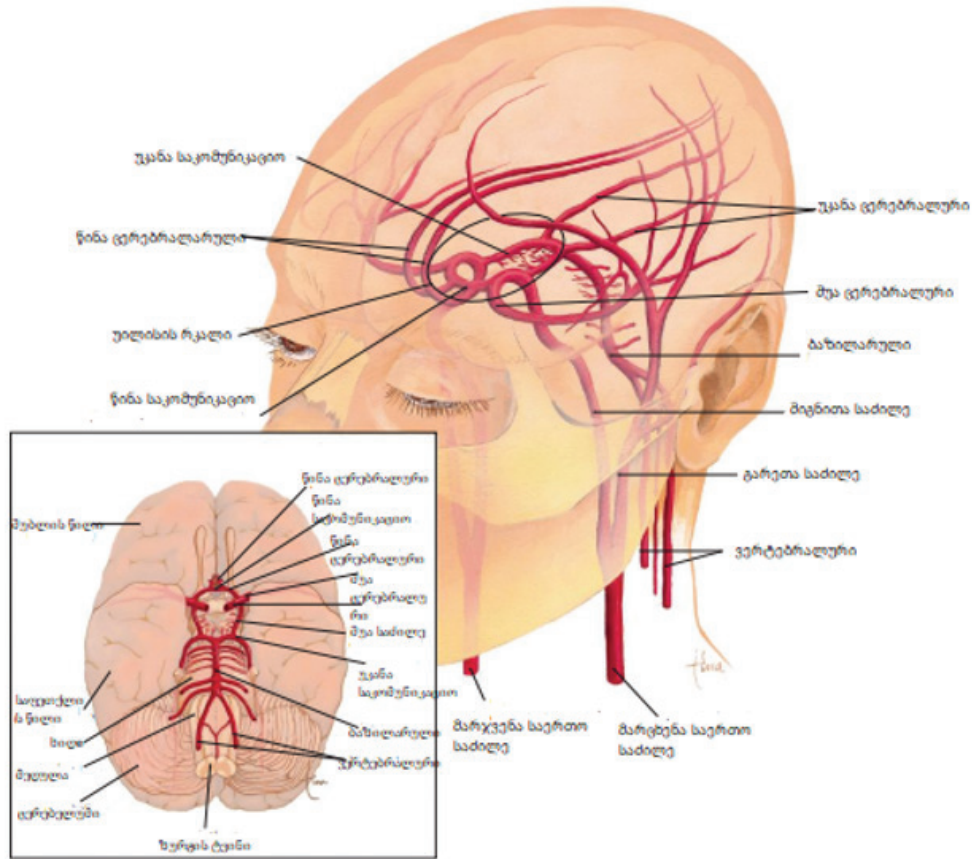
ღვიძლის	ღვიძლი	
კუჭის მარცხენა	კუჭი	
ელენთის	ელენთა, პანკრეასი	
ჯორჯლის ზემო	წვრილი ნაწლავი, მსხვილი ნაწლავის ნაწილი	
სუპრარენალური	თირკმელზედა ჯირკვლები	
თირკმლის	თირკმელები	
ჯორჯლის ქვემო	მსხვილი ნაწლავის უმეტესი ნაწილი და სწორი ნაწლავი	
ტესტისკულარული, ან ოვარიული	სათესლეები ან საკვერცხეები	
თედოს საერთო	აბდომინალური აორტის ორი დიდი ტოტი	
თედოს შიდა	შარდის ბუშტი, სწორი ნაწლავი, რეპროდუქციული ორგანოები	
თედოს გარე	მენჯის ქვემო ნაწილი ქვემო კიდურებამდე	
ბარძაყის	ბარძაყი	
მუხლქვეშა	მუხლის უკანა მხარე	
წვივის წინა	წვივის წინა მხარე	
ტერფის დორსალური	კოჭი და ტერფი	
ტერფის რკალი	ტერფი	
წვივის უკანა	ფეხის ქვედა ნაწილის უკანა მხარე	
მცირე წვივის	ფეხის ქვედა ნაწილის შუა	

### ცხრილი 13-2|დიდი სისტემური ვენები

ვენა	ვენა უერთდება	რომელ რეგიონიდან მოაქვს
თავი და კისერი		
კრანიალური ვენური სინუსები	შიდა საუღლლე	თავის ტვინი
შიდა საუღლლე	მხარ-თავის	სახე და კისერი
გარე საუღლლე	ლავინქვეშა	თავისა და კისრის ზედაპირი
ლავინქვეშა	მხარ-თავის	ბეჭები
მხარ-თავის	ზემო ღრუ ვენა	სხეულის ზედა ნაწილი

ზემო ღრუ ვენა	მარჯვენა წინაგული	სხეულის ზედა ნაწილი
<b>მხარი და ბეჭი</b>		
სხივის	მხრის	წინამხარი და მტევანი
იდაყვის	მხრის	წინამხარი და მტევანი
შევარდენის	ილლიის	წინამხრის და მხრის ზედაპირი
სალამის	ილლიის	მხრის ზედა ნაწილის ზედაპირი
მხრის	ილლიის	ზედა მხარი
ილლიის	ლავინქვეშა	ილლია
ლავინქვეშა	მხარ-თავის	ბეჭი
<b>ტორსი</b>		
მხარ-თავის	ზემო ღრუ ვენა	სხეულის ზედა ნაწილი
კენტი	ზემო ღრუ ვენა	გულმკერდის და მუცლის ღრუს შიდა სტრუქტურები
ღვიძლის	ქვემო ღრუ ვენა	ღვიძლი
რენალური	ქვემო ღრუ ვენა	თირკმელი
ტესტიკულარუ- ლი, ან ოვარი- ული	ქვემო ღრუ ვენა და მარცხენა რენალური	სათესლეები ან საკვერცხეები
თედოს შიდა	თედოს საე- რთო	სწორი ნაწლავი, შარდის ბუშტი, რეპროდუქტიული ორგა- ნოები
თედოს გარე	თედოს საე- რთო	ფეხი და მუცლის კედელი
თედოს საერთო	ქვემო ღრუ ვენა	ფეხი და მუცლის ქვედა ნაწილი
<b>ფეხი და თეძო</b>		
წვივის წინა და უკანა	მუხლქვეშა	ფეხი და ტერფი
მუხლქვეშა	ბარძაყის	მუხლი
მცირე საჩინო	მუხლქვეშა	ფეხის ზედაპირი და ტერფი
დიდი საჩინო	ბარძაყის	ფეხის, ტერფის და ბარძაყის ზედაპირი
ბარძაყის	თედოს გარე- თა	თეძო
თედოს გარეთა	თედოს საე- რთო	ფეხი და მუცლის კედელი

თეძოს საერთო	ქვემო ღრუ ვენა	ფეხი და მუცლის ქვედა ნაწილი
ქვემო ღრუ ვენა	მარჯვენა წინაგული	სხეულის ქვედა ნაწილი



**სურათი 13-6** უილისის წრე. ამ ანასტომოზს ქმნიან შემდეგი არტერიები: შიდა საძილე, წინა საკოშხნიკაციო, უკანა საკოშხნიკაციო და ბაზილარული. ცერებრალური არტერიები გამოდიან უილისის წრიდან. პატარა უჯრაში ნაჩვენებია ტვინის ქვედა ზედი.

**შეკითხვა:** რატომ შედის ამდენი სისხლძარღვი უილისის წრის შემადგენლობაში?

**სამახსოვრო 13-3 | პულის პალპირების არტერიები**

პულსი გულის შეკუმშვაა, რომელიც აღიქმება არტერიის კედელზე. პულსი არაა სისხლის მიერ გამოთქმული ძალა, არამედ მარცხენა პარკუჭის შეკუმშვის ძალაა, რომელიც სისხლძარღვის კედელს გადაეცემა. ამის გამო პულსი არ ისინჯება ვენებში, რადგან ისინი შორს არიან გულისგან.

ყველაზე ხშირად პალპირდება შემდეგი ტიპის პულსი:

- სხივის** - სხივის არტერია, მაჯის ცერის მხარეს
- საძილე** - საძილე არტერია, კისრის არეში, ხორხის ლატერალურად
- საფეთქლის** - საფეთქლის არტერია, ზუსტად ყურის წინ
- ბარდაყის** - ბარდაყის არტერია, ბარდაყის დასაწყისში
- მუხლქვეშა** - მუხლქვეშა არტერია, მუხლქვეშა ფოსოში
- ტერფის დორსალური** - ტერფის დორსალური არტერია, ტერფის ზედაპირზე



პულის სიხშირე, რა თქმა უნდა, გულის სიხშირეა. თუმცა, თუ გულის შეკუმშვა შესუსტებულია რადიალური (სხვიის არტერიის) პულსი შეიძლება **აპიკალურ პულსზე** (სტეტოსკოპით მწვერვალზე მოსმენილი) ნაკლები იყოს. ამას **პულის დეფიციტი** ეწოდება და სპეციფიურ დაავადებაზე მიუთითებს.

პულის გასინჯვის დროს, ყურადღებიანი დამკვირვებელი, ასევე, ამჩნევს პულის რიტმსა და ძალას. რიტმის დარღვევას არიტმია ეწოდება, პულის ძალის შეფასება (სუსტი, ან ძლიერი) ინფორმატიულია გულისა და არტერიების ზოგიერთი მდგომარეობის შესაფასებლად.

## ღვიძლის პორტარული წრე

**ღვიძლის პორტარული წრე** სისტემური ცირკულაციის ნაწილია, რომელშიც სისხლი საჭმლის მომნელებელი ორგანოებიდან და ელენთიდან, გულში მიბრუნებამდე, ღვიძლს გაივლის.

კუჭის, წვრილი და მსხვილი ნაწლავების, პანკრეასის და ელენთის კაპილარებიდან, სისხლი ჩაედინება ორ მსხვილ ვენაში - ჯორჯლის ზედა და ელენთის ვენებში, რომელიც ერთება და წარმოქმნის კარის ვენას (იხილეთ, სურათი 13-7). კარის ვენას სისხლი ღვიძლში მიაქვს, სადაც ის ინტენსიურად იტოტება და იცლება ღვიძლის კაპილარებში - სინუსოიდებში (იხილეთ, აგრეთვე, თავი 16, სურათი 16-6). სინუსოიდებიდან სისხლი ჩაედინება ღვიძლის ვენებში, შემდეგ ქვემო ღრუ ვენაში და უკან მარჯვენა წინაგულში. ყურადღება მიაქციეთ, რომ წრე მოიცავს ორი ტიპის კაპილარებს და სწორედ, კაპილარებში ხდება ნივთიერებათა ცვლა. ნება მოგვეცით, რამდენიმე კონკრეტული მაგალითის საფუძველზე, დაგანახოთ ამ წრის მიზანი და მნიშვნელობა.

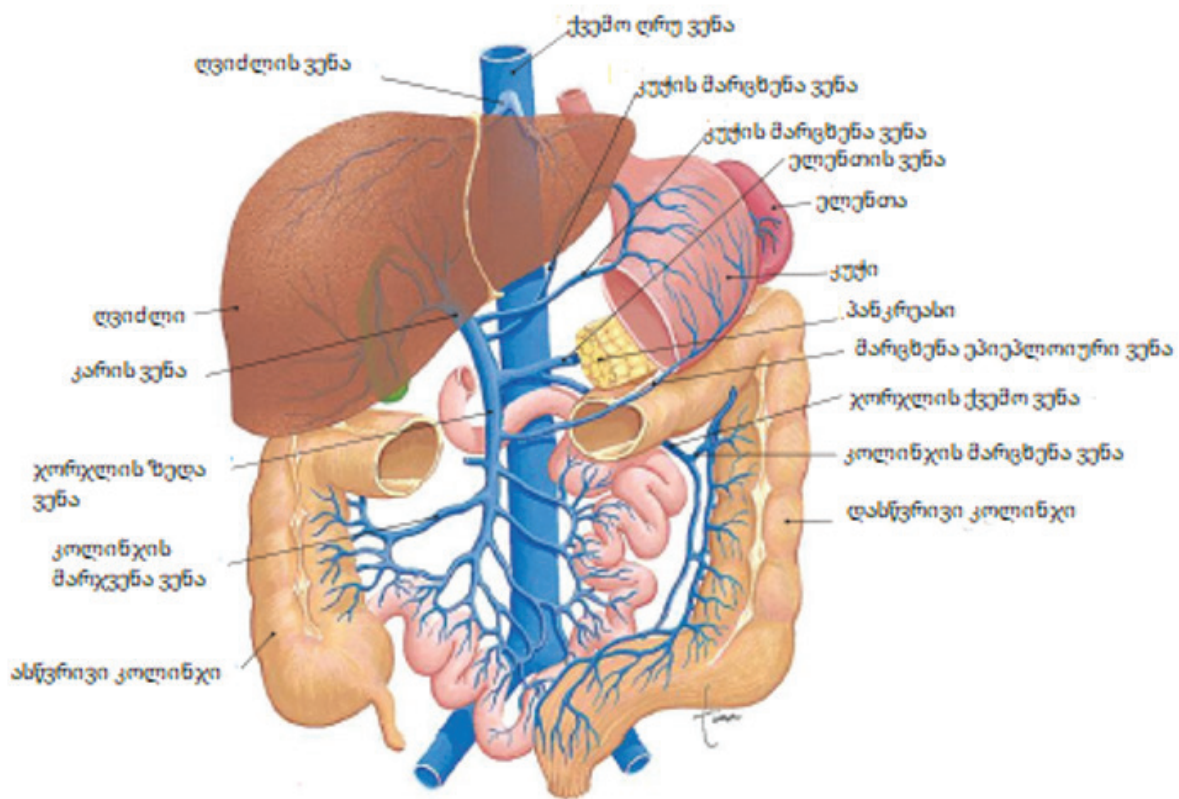
კარბოჰიდრატების მონელების შემდეგ, გლუკოზის შენოვა წვრილი ნაწლავის კაპილარებით ხორციელდება. საკების დიდი ულუფის მიღებამ, შესაძლოა, მნიშვნელოვნად გაზარდოს სისხლში გლუკოზის დონე. სისხლი, რომ ნაწლავებიდან პირდაპირ გულში ბრუნდებოდეს და შემდეგ, თირკმელებამდე მიედინებოდეს, ორგანიზმს, შარდთან ერთად, შესაძლოა დიდი რაოდენობით გლუკოზა დაეკარგა. თუმცა, წვრილი ნაწლავიდან სისხლი ჯერ ღვიძლის სინუსოიდებს გაივლის, სადაც ღვიძლის უჯრედები „ამოიღებს“ ჭარბ გლუკოზას და გლიკოგენად შეინახავს. ამის გამო, გულში მიბრუნებულ სისხლში გლუკოზის დონე ნორმალურია.

მეორე მაგალითი: ალკოჰოლი კუჭის და წვრილი ნაწლავის კაპილარებში აბსორბირდება. სისხლის პირდაპირი ცირკულაცია რომ ხდებოდეს, ალკოჰოლი ძალიან სწრაფად იმოქმედებდა თავის ტვინის ფუნქციაზე. პორტალური ცირკულაციით კი კუჭიდან და წვრილი ნაწლავიდან წამოსული სისხლი ღვიძლში დეტოქსიკაციას გაივლის და უზრუნველყოფს თავის ტვინზე ალკოჰოლის არასასურველი მოქმედების პრევენციას. ცხადია, რომ თუ ალკოჰოლის მიღება კვლავ გაგრძელდება, სისხლში ალკოჰოლის კონცენტრაციის გაზრდა უფრო სწრაფი იქნება, ვიდრე ღვიძლის დეტოქსიკაციის უნარი, რაც გამოიწვევს ალკოჰოლური ინტოქსიკაციის კარგად ნაცნობი ნიშნების გამოვლენას.

როგორც ხედავთ, პორტალური წრე ღვიძლს აძლევს საშუალებას მოახდინოს საჭმლის მომნელებელი ორგანოებიდან წამოსული სისხლის შემადგენლობის მოდიფიკაცია. სისხლის გულში დაბრუნებამდე, ზოგიერთი ნივთიერება ინახება ან იცვლება, ელენთის ბილირუბინი გამოიყოფა ნალველში, პოტენციური შხამი განიცდის დეტოქსიკაციას.

## ნაყოფის ცირკულაცია

ნაყოფი დედაზეა დამოკიდებული, როგორც ჟანგბადისა და საკვები ნივთიერების მიღებისთვის, ასევე ნახშირორჟანგისა და სხვა ნარჩენი ნივთიერებების გამოყოფისთვის. ნაყოფსა და დედის სისხლს შორის გაცვლის ადგილი **პლაცენტაა**, რომელიც წარმოადგენს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ დედისა და ნაყოფის სისხლძარღვებს (იხილეთ, სურათი 13-8 და ასევე, 21-5, 21-21 თავიდან). ნაყოფისა და დედის სისხლი ერთმანეთს არ ერევა; ნივთიერებათა ცვლა ხდება დიფუზიით და აქტიური სატრანსპორტო მექანიზმებით.



**სურათი 13-7** ღვიძლის პორტალური ცირკულაცია. ზოგიერთი შინაგანი ორგანოს ნაწილი მოჭრილია, რათა გამოჩნდეს კარის ვენასთან სხვა ვენების მიერთება

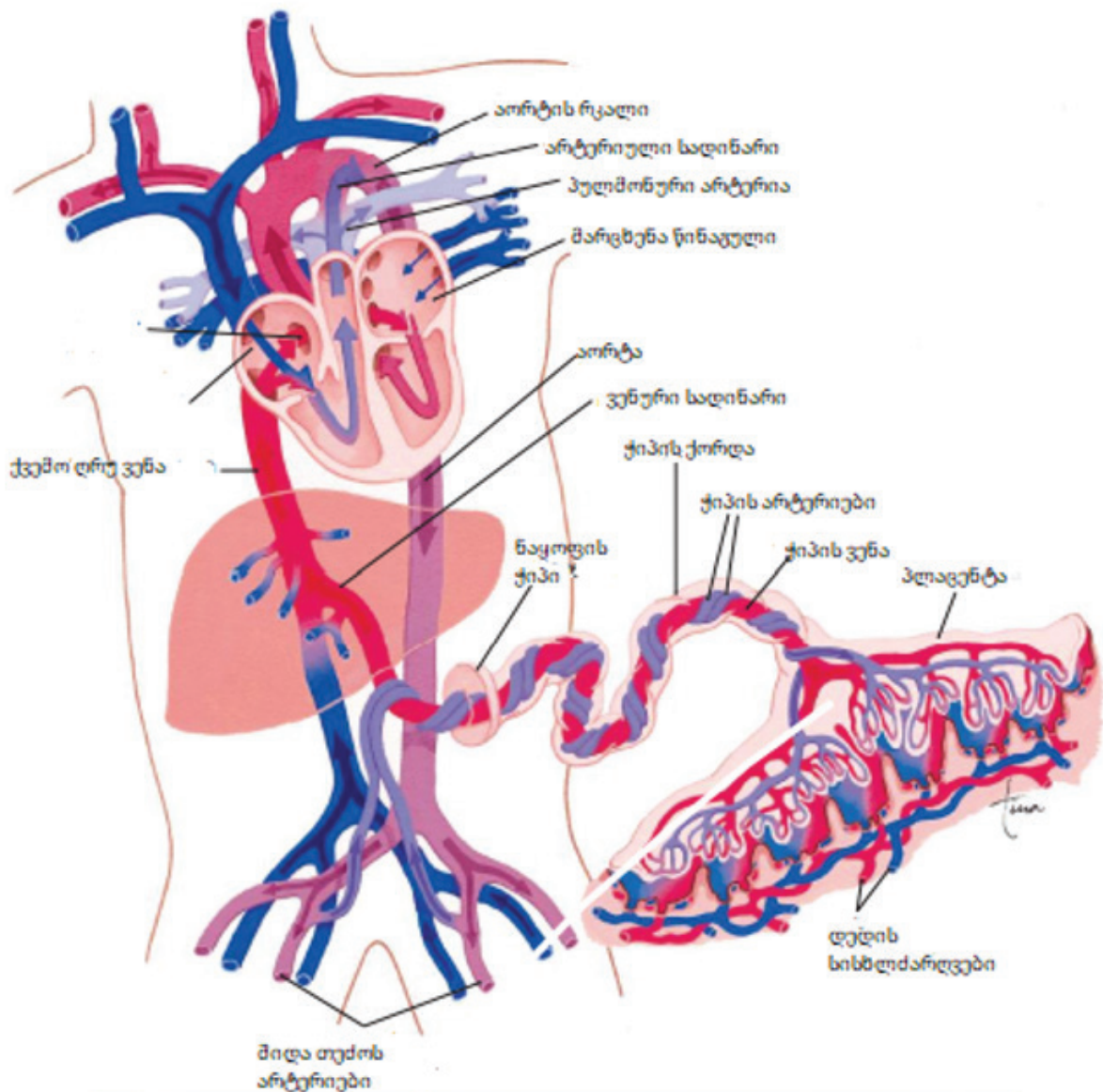
**შეკითხვა:** რომელი ორგანოდან მოდის და რომელ ორგანოში მიდის სისხლი კარის ვენით?

ნაყოფი პლაცენტასთან შეერთებულია ჭიპის არხით, რომელიც მოიცავს ჭიპის ორ არტერია-სა და ჭიპის ერთ ვენას. **ჭიპის არტერიები** წარმოადგენს ნაყოფის თედოს შიდა არტერიების განშტოებას და მათ სისხლი ნაყოფიდან პლაცენტამდე მიაქვთ. პლაცენტაში, ნაყოფის სისხლიდან ნახშირორჟანგი და ნარჩენი ნივთიერებები გადადის დედის ორგანიზმში, ხოლო ჟანგბადი და საკვები ნივთიერებები, დედის ცირკულაციიდან ნაყოფის ცირკულაციაში.

**ჭიპის ვენით** ჟანგბადით გამდიდრებული სისხლი პლაცენტიდან ნაყოფში გადადის. ნაყოფის სხეულში ჭიპის ვენა იტოტება - ერთ ტოტს სისხლი მიაქვს ნაყოფის ღვიძლში, თუმცა სისხლის უმეტესი ნაწილი, ვენური არხის საშუალებით, ჩაედინება ქვემო ღრუ ვენაში და იქიდან მარჯვენა წინაგულში. დაბადებისა და ჭიპის არხის გადაკვეთის შემდეგ, ნაყოფის ამ სისხლძარღვების ნარჩენები იკუმშება და უფუნქციო ხდება.

ნაყოფის ცირკულაციის სხვა თავისებურება გულსა და დიდ სისხლძარღვებს ეხება (იხილეთ, სურათი 13-8). რადგანაც ნაყოფის ფილტვები დაჩუტულია და მათში გაზთა ცვლა არ ხდება, სისხლი გვერდს უვლის ფილტვებს და მისი გარკვეული ნაწილი, **ოვალური ხვრელის** (ხვრელი წინაგულთაშუა ძგიდეში) გადადის მარცხენა წინაგულში და არა მარჯვენა პარკუჭში. სისხლი, რომელიც ხვდება მარჯვენა პარკუჭში, გადაიტუმბება პულმონურ არტერიაში, საიდანაც **არტერიული სადინარის** (მოკლე სადანარი პულმონურ არტერიასა და აორტას შორის) ხვდება აორტაში და აქედან სხეულში. ორივე, ოვალური ხვრელიც და არტერიული სადინარი უზრუნველყოფს ნაყოფის სისხლის მიმოქცევას ფილტვების გვერდის ავლით.

დაბადებისთანავე, ბავშვი ჰაერს ჩაისუნთქავს, რაც ბერავს ფილტვებს და მეტი სისხლი გადადის პულმონურ ცირკულაციაში. შესაბამისად, მეტი სისხლი ბრუნდება მარცხენა წინაგულში, რაც იწვევს ოვალური ხვრელის მარცხენა მხარეზე არსებული „სარქელის“ დახურვას. არტერიული სადინარი, სავარაუდოდ, სისხლში ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციის საპასუხოდ იკუმშება და რამდენიმე დღეში პულმონური ცირკულაცია სრულად იწყებს ფუნქციონირებას.



**სურათი 13-8.** ნაყოფის ცირკულაცია. ნაყოფის გული და ცირკულაცია ნაჩვენებია მარცხენა მხარეს. ისრები მიაჩვენებს სისხლის დინების მიმართულებას. პლაცენტა და უმბილიკალური ვენები ნაჩვენებია მარჯვნივ.

**შეკითხვა:** იპოვეთ ოვალური ხვრელი ნაყოფის გულში. რა გზით მოძრაობს სისხლი ამ ხვრელის გავლით და რატომ?

## სისხლის მიმოქცევის სიჩქარე

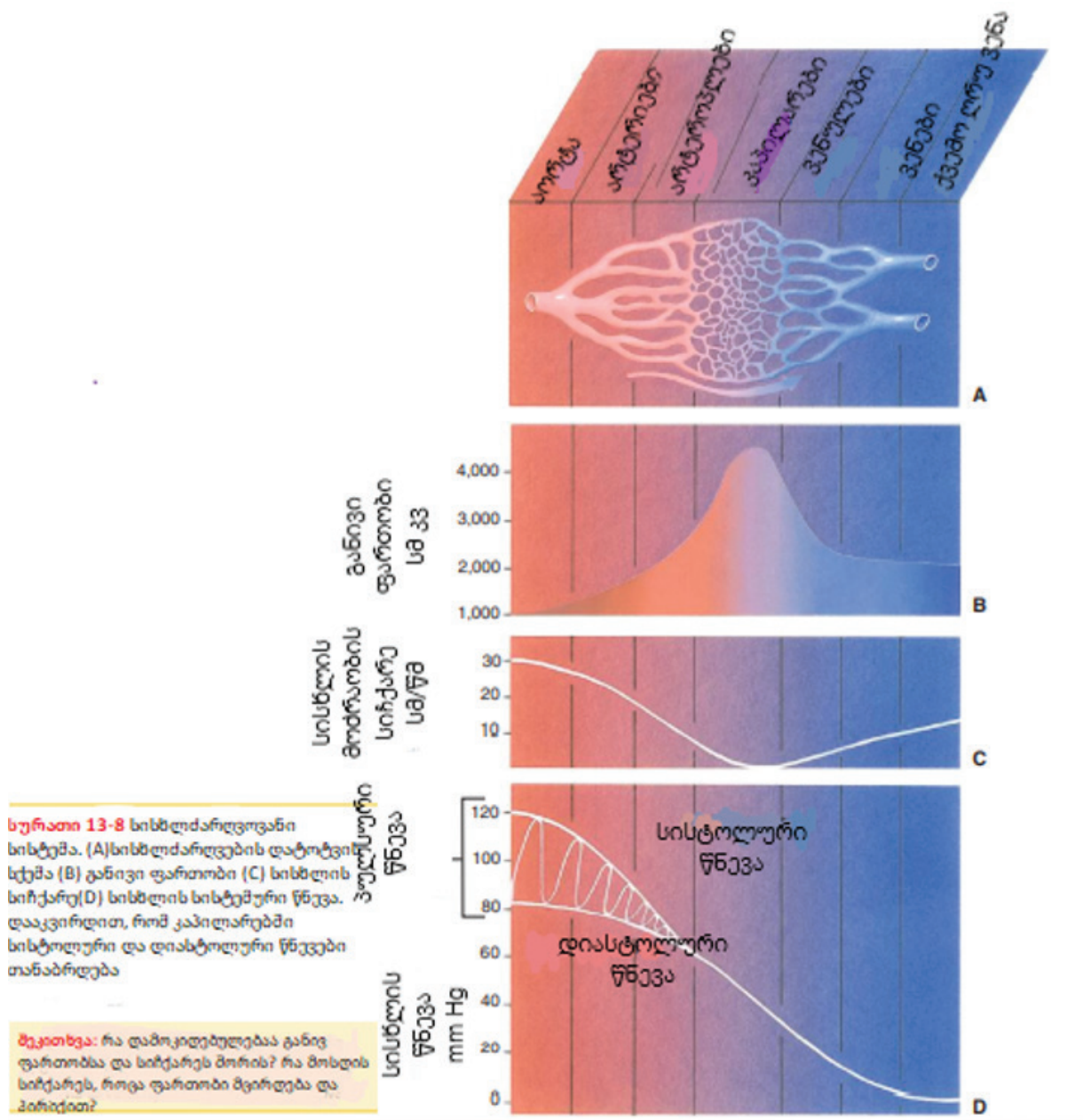
სისხლის მიმოქცევის სიჩქარე სხვადასხვაა სისხლძარღვოვანი სისტემის სხვადასხვა ნაწილში. სიჩქარე უკუპროპორციულ (ერთი რომ იმატებს მეორე იკლებს) დამოკიდებულებაშია ვასკულარული სისტემის მოცემული სეგმენტის საერთო განივ ფართობთან. დააკვირდით სურათს 13-9 - აორტა იღებს მთლიან სისხლს მარცხენა პარკუჭიდან, მისი განაკვეთის ფართობი მცირეა, დაახლოებით 3 სმ<sup>2</sup> და მასში სისხლი სწრაფად მოძრაობს, სულ მცირე 30 სმ/წმ-ში. რამდენჯერაც აორტა, ან სხვა სისხლძარღვი განშტოვდება, საერთო განივი ფართობი გაიზრდება და სიჩქარე შემცირდება. გაიხსენეთ მდინარე, რომელიც იწყება ვიწრო კალაპოტით, სადაც ის ჩქარა მოედინება. თუ მდინარის კალაპოტი გაიზრდება, წყალი აავსებს მთლიან ფართობს და სიჩქარეც შემცირდება. თუ მდინარის კალაპოტი კვლავ შევიწროვდება, წყლის მოძრაობის სიჩქარე კვლავ მოიმატებს. ზუსტად ასე ხდება სისხლძარღვოვანი სისტემაშიც.



კაპილარების საერთო განივი ფართობი ყველაზე დიდია, შესაბამისად, მათში სისხლის მოძრაობის სიჩქარე ყველაზე დაბალია, 0.1 სმ/წმ-ზე ნაკლები. როდესაც კაპილარები ვენებს წარმოქმნის, საერთო განივი ფართობი კლებულობს და სიჩქარეც იზრდება.

გაიხსენეთ, რომ სისხლსა და ქსოვილოვან სითხეს შორის, საკვები ნივთიერებების, ნარჩენებისა და აირების ცვლა კაპილარებში ხდება და მათში სისხლის მიმოქცევის დაბალი სიჩქარე საკმარისს დროს ტოვებს ამ მნიშვნელოვანი პროცესისთვის. იფიქრეთ მატარებელზე, რომელიც ანელებს მოძრაობას, მაგრამ სულ არ ჩერდება, რაც საშუალებას აძლევს ადამიანებს, რომ ჩავიდნენ ან ამოვიდნენ მატარებელში და შემდეგ, სხვა სადგურამდე, კვლავ აჩქარებს მოძრაობას. კაპილარები ვასკულარული სისტემის „სადგურებია“.

სხვა სისხლძარღვებში სისხლის მიმოქცევის უფრო მაღალი სიჩქარე ცირკულაციას საკმაოდ სწრაფს ხდის. ეს ის დროა, რომელიც სისხლს სჭირდება მარჯვენა წინაგულიდან მივიდეს ფილტვებამდე, შემდეგ უკან გულამდე, რათა მარცხენა პარკუჭიდან მთელს სხეულში გადაიტუმბოს და ისევ გულში დაბრუნდეს. ცირკულაციის დრო, დაახლოებით, 1 წუთია და უზრუნველყოფს ადეკვატურ ოქსიგენიზაციას.



## სისხლის წნევა

**სისხლის წნევა** ძალაა, რომლითაც სისხლი სისხლძარღვის კედლებზე მოქმედებს. კაპილარებში ფილტრაცია დამოკიდებულია სისხლის წნევაზე. ფილტრაციით ქსოვილებამდე მიიტანება საკვები ნივთიერებები და როგორც მე-18 თავში ნახავთ, ის შარდის წარმოქმნის პირველი ეტაპია. სისხლის წნევა, ერთ-ერთი გაზომვადი „სასიცოცხლო ნიშანი“ და მას მართლაც უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

სისხლის გადატუმვისას, პარკუჭები გამოიმუშავენ სისხლის წნევას, რაც იზომება მმ ვცხ სვ-ში (მილიმეტრი ვერცხლისწყლის სვეტისა). სისხლის წნევა ფასდება ორი მახასიათებლით: სისტოლურით და დიასტოლურით; მაჩვენებელში - 110/70 მმ ვცხ სვ. უფრო მაღალი ციფრი **სისტოლური** წნევაა და წარმოადგენს მარცხენა პარკუჭის შეკუმშვისას განვითარებულ წნევას, უფრო დაბალი ციფრი კი **დიასტოლური** წნევაა, როდესაც მარცხენა პარკუჭი ისვენებს და არ წარმოქმნის ძალას. დიასტოლურ წნევას ინარჩუნებს არტერიები და არტერიოლები და ამ საკითხს ოდნავ მოგვიანებით, ამავე თავში განვიხილავთ.

სისტემური წნევა ყველაზე მაღალია აორტაში, რომელიც მარცხენა პარკუჭის მიერ გადატუმბულ მთელ სისხლს იღებს. გულისგან დაშორებასთან ერთად, წნევა ქვეითდება (იხილეთ, სურათი 13-9). სისხლის წნევის შესაფასებლად ყველაზე გავრცელებული ადგილი მხრის არტერიაა, სადაც ნორმალური სისტოლური წნევა 90-120 მმ ვცხ სვ-ია, ხოლო ნორმალური დიასტოლური წნევა 60-80 მმ ვცხ სვ. არტერიოლებში სისხლის წნევა კიდევ უფრო მცირდება და სისტოლური და დიასტოლური წნევები ერთმანეთს უტოლდება. კაპილარული ქსელის არტერიულ მხარეს სისხლის წნევა 30-35 მმ ვცხ სვ-ია და კაპილარების ვენურ მხარეს 12-15 მმ ვცხ სვ-მდე ქვეითდება. ეს საკმარისად მაღალი წნევაა ფილტრაციისთვის და საკმარისად დაბალი კაპილარის დასაზიანებლად. ამის შემდეგ, სისხლის წნევა კიდევ უფრო მცირდება და ღრუ ვენების მარჯვენა წინაგულთან შესართავთან, ნულს უტოლდება.

სისხლის ნორმალური წნევის ზედა ლიმიტი, ამჟამად, 120/80 მმ ვცხ სვ-ია. ციფრები 125-დან 139-მდე/ 89 მმ ვცხ სვ ადრე მაღალ-ნორმალურად ითვლებოდა, ახლა კი „პრე-ჰიპერტენზია“ ეწოდება, რაც მიგვანიშნებს, რომ მომავალში მას აქვს კიდევ უფრო გაზრდის პერსპექტივა. ნორმაზე სტაბილურად მაღალ წნევას **ჰიპერტენზია** ეწოდება (იხილეთ, სამახსოვრო 13-4:ჰიპერტენზია). ნორმალურზე დაბალი წნევა **ჰიპოტენზიად** მოიხსენება. სისხლის წნევის რეგულაცია შემდეგ სექციაში განიხილება.

პულმონურ წნევას მარჯვენა პარკუჭი ქმნის, რომელიც შედარებით თხელკედლიანია და მარცხენა პარკუჭის ძალის, დაახლოებით, 1/6-ს გამოიმუშავენს. შედაგად, პულმონური წნევა ყოველთვის დაბალია - 20-დან 25/10 მმ ვცხ სვ და პულმონურ კაპილარებში კიდევ უფრო დაბალია. ეს მნიშვნელოვანია პულმონურ კაპილარებში ფილტრაციის პრევენციისთვის, რაც ასევე მნიშვნელოვანია ალვეოლებში ქსოვილოვანი სითხის დაგროვების თავიდან აცილებისთვის.

### სამახსოვრო 13-4 | ჰიპერტენზია

**ჰიპერტენზია** - არტერიული წნევის მომატებაა; მოსვენების მდგომარეობაში ნორმალური არტერიული წნევის მაჩვენებლებია: 90-120/60-80 მმ ვცხ სვ 125-135/85-89 მმ ვცხ სვ ითვლება პრეჰიპერტენზიად; 140-159/90-99 მმ ვცხ სვ; ჰიპერტენზიის პირველი სტადიაა, 160/100 მმ ვცხ სვ-ზე მაღალი კი ჰიპერტენზიის მეორე სტადია.

ტერმინები “ესენციური” და “პირველადი ჰიპერტენზია” ნიშნავს იმას, რომ არ იკვეთება წნევის მომატების სპეციფიური მიზეზი. უმეტეს შემთხვევაში, ჰიპერტენზია ესენციურია. ზოგიერთ პაციენტში ჰიპერტენზიის მიზეზი თირკმელების მიერ რენინის ჰიპერპროდუქცია შეიძლება იყოს. თავის მხრივ, რენინი ზრდის ანგიოტენზინ II პროდუქციას, რაც იწვევს არტერიული წნევის მომატებას. მიუხედავად იმის, რომ ჰიპერტენზია ზოგჯერ უსიმპტომოა, დროთა განმავლობაში მას სერიოზული არასასურველი გამოსავალი აქვს. ქრონიკული ჰიპერტენზიის არასასურველი ეფექტები ყველაზე მეტად გულსა და სისხლძარღვებში ვლინდება.

მიუხედავად იმისა, რომ არტერიების კედლები ძლიერია, ჰიპერტენზია ასუსტებს მათ და ხელს უწყობს არტერიოსკლეროზის განვითარებას. სუსტი არტერიები შეიძლება გასკდეს ან განვითარდეს ანევრიზმა, რომელიც, თავის მხრივ, შეიძლება გახდეს ტვინის ან თირკმლის დაზიანების მიზეზი.

ჰიპერტენზია გულზეც მოქმედებს, რადგან მარცხენა პარკუჭს სისხლის გადატუმბვა მაღალი არტერიული წნევის საწინააღმდეგოდ უხდება. მარცხენა პარკუჭს უფრო ძლიერად უწევს მუშაობა და ყველა სხვა კუნთის მსგავსად, სქელდება. ამას **მარცხენა პარკუჭის ჰიპერტროფია** ეწოდება. მიოკარდიუმის პათოლოგიურად გასქელებას არ მოჰყვება კორონარული სისხლძარღვების გამრავლება და ზოგიერთ სიტუაციაში შეიძლება ვეღარ მოხერხდეს მიოკარდიუმის ადეკვატური მომარაგება. ასე, მაგალითად, ფიზიკური დატვირთვის ფონზე, გულის მოთხოვნები იზრდება და არასაკმარისი ჟანგბადის მიწოდების გამო, შეიძლება განვითარდეს სტენოკარდია ან თუ დისბალანსი მკვეთრად გამოხატული, მიოკარდიუმის ინფარქტიც კი.

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს ჰიპერტენზიის სამკურნალო სხვადასხვა ტიპის მედიკამენტები (დიურეტიკები, ვაზოდilatატორები), მსუბუქად გამოხატული ჰიპერტენზიის შემთხვევაში, ქვემოთ მოყვანილმა ქმედებებმა შეიძლება მოახერხოს წნევის ნორმალიზება

1. მონევის შენევა, რადგან ნიკოტინი იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და, შესაბამისად, ჰიპერტენზიას. ნიკოტინი, ასევე, აზიანებს სისხლძარღვებს და ხელს უწყობს ათეროსკლეროზის განვითარებას.

2. საჭიროების შემთხვევაში, წონის დაკლება, რადგან წნევის მცირედ შემცირებაც კი იწვევს წნევის დაქვეითებას. ზოგიერთ შემთხვევაში, მცენარეული დიეტა ხელს უწყობს არტერიული წნევის დაწევას.

3. სუფრის მარილის შემცირება. მიუხედავად იმისა, რომ სუფრის მარილის მიღება შეიძლება არ იყოს ჰიპერტენზიის მიზეზი, მარილის მიღების შემცირებამ, შესაძლოა ხელი შეუწყოს წნევის დაქვეითებას.

4. რეგულარული ვარჯიში, რადგან ზომიერი ფიზიკური აქტივობა (მაგალითად, ყოველდღიურად ნახევარსაათიანი სიარული) სასარგებლოა მთლიანად გულსისხლძარღვთა სისტემისთვის და ასევე, შეიძლება ხელი შეუწყოს წნევის დაქვეითებას.

## სისხლის წნევის რეგულირება

რადგან სისხლის წნევა ძალიან მნიშვნელოვანია, მისი სარეგულაციო მრავალი მექანიზმი არსებობს:

1. **ვენური დაბრუნება** - ვენების საშუალებით გულში დაბრუნებული სისხლის რაოდენობა. ვენური დაბრუნება მნიშვნელოვანია, რადგან გულს მხოლოდ იმ სისხლის გადატუმბვა შეუძლია, რომელსაც ის იღებს. თუ ვენური დაბრუნება შემცირდება, გულის კუნთოვანი ბოჭკოები ვეღარ გაიჭიმება და სტარლინგის კანონიდან გამომდინარე, პარკუჭების სისტოლური შეკუმშვის ძალა მოიკლებს. ეს არის ის, რაც მძიმე სისხლდენის დროს შეიძლება მოხდეს.

ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ვენური დაბრუნების შენარჩუნება შედარებით ადვილია, თუმცა ფეხზე წამოდგომისას, მიზიდულობის ძალა ხელს უშლის სხეულის ქვედა ნაწილებიდან სისხლის გულში დაბრუნებას. არსებობს სამი მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფს ვენურ დაბრუნებას: ვენების კონსტრიქცია, ჩონჩხის კუნთების ტუმბო და რესპირატორული ტუმბო.

ვენები შეიცავს გლუვ კუნთებს, რომელიც მათ შეკუმშვისა და გულისკენ სისხლის გადასროლის საშუალებას აძლევს; ვენური სარქველები აფერხებს სისხლის უკან მობრუნებას. მეორე მექანიზმია **ჩონჩხის კუნთების ტუმბო**, რაც განსაკუთრებით ეფექტურია ქვემო კიდურების ღრმა ვენებისთვის. ეს ვენები გარშემორტყმულნი არიან ჩონჩხის კუნთებით, რომლებიც იკუმშება და დუნდება ჩვეული ფიზიკური აქტივობის, მაგალითად, სიარულის დროს. ქვემო კიდურების კუნთების შეკუმშვა იწვევს ვენებზე ზეწოლას და სისხლის



გულისკენ გადასროლას. მესამე მექანიზმი **რესპირატორული ტუმბოა**, რომელიც გავლენას ახდენს გულმკერდის ღრუს ვენებზე. ჩასუნთქვისა და ამოსუნთქვის დროს, გულმკერდის ღრუში წნევის ცვლილება, მოქმედებს ამ მიდამოში გამავალ ვენებზე - ზენოლა ხან ძლიერდება და ხან სუსტება, რაც უზრუნველყოფს სისხლის დაბრუნებას გულში.

2. **გულის სიხშირე და ძალა** - ზოგადად, როდესაც გულის სიხშირე და ძალა იზრდება, არტერიული წნევაც იმატებს; სწორედ ეს ხდება ფიზიკური ვარჯიშის დროს. თუმცა თუ გულისცემის სიხშირე ძალიან მაღალი იქნება, პარკუჭები ვერ მოასწრებს ავსებას და დარტყმითი მოცულობა და არტერიული წნევა შემცირდება.
3. **პერიფერიული რეზისტენტობა** - ამ ტერმინით აღინიშნება სისხლძარღვების მიერ გულისთვის განუვლი რეზისტენტობა. არტერიები და ვენები, ჩვეულებრივ, მცირედ შეკუმშულები არიან, რაც უზრუნველყოფს ნორმალური დიასტოლური წნევის შენარჩუნებას. ამ მექანიზმის გაგებაში, შეიძლება დაგვეხმაროს სისხლძარღვების სისხლის „კონტინენტობა“ წარმოდგენა. თუ ადამიანის სხეულის სისხლის მოცულობა 5 ლიტრია, „კონტინენტის“ მოცულობა უფრო მცირე უნდა იყოს, რომ სისხლმა შეძლოს კედლებზე ზენოლა. ეს ისაა, რასაც ნორმალური ვაზოკონსტრიქცია აკეთებს - ეს პროცესი „კონტინენტის“ (სისხლძარღვების) მოცულობას უფრო მცირეს ხდის, ვიდრე სისხლის მოცულობაა, რაც აძლევს სისხლს საშუალებას, რომ წარმოქმნას წნევა, მაშინაც კი, როდესაც გული რელაქსირებულია.  
თუ ვაზოკონსტრიქცია გაძლიერდება, „კონტინენტის“ მოცულობა კიდევ უფრო შემცირდება და წნევა მოიმატებს. ეს ხდება სტრესულ სიტუაციაში, როდესაც სიმპათიკური ნერვული იმპულსები იწვევს ვაზოკონსტრიქციას. ვაზიდილატაციის დროს „კონტინენტის“ მოცულობა გაიზრდება და წნევა შემცირდება. საკვების დიდი ულუფის მიღების შემდეგ, საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის სისხლძარღვების გამოხატული დილატაცია ვითარდება, რათა საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ორგანოებს მეტი ოქსიგენირებული სისხლი მიეწოდოს. სისხლის ნორმალური წნევის შენარჩუნებისთვის, სხეულის სხვა ნაწილების სისხლძარღვებში ვაზოკონსტრიქცია ვითარდება. სწორედ ამიტომ, საჭმლის დიდი ულუფის მიღების შემდეგ თავი უნდა ავარიდოთ ინტენსიურ ფიზიკურ დატვირთვას, რადგან ორგანიზმში არაა საკმარისი რაოდენობის სისხლი, რომ ერთდროულად დააკმაყოფილოს მომუშავე კუნთებისა და აქტიური საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის მოთხოვნები.
4. **დიდი არტერიების ელასტიურობა** - მარცხენა პარკუჭის შეკუმშვისას, დიდ არტერიებში გადასული სისხლი იწვევს ამ არტერიების კედლების გაჭიმვას. არტერიული კედლები ელასტიურია და გარკვეულად ანეიტრალებს წნევას. მარცხენა პარკუჭის რელაქსაციისას, არტერიების კედლები ნაკლებად ელასტიური ხდება, რაც უზრუნველყოფს ნორმალური დიასტოლური წნევის შენარჩუნებას. აქედან გამომდინარე, ნორმალური ელასტიურობა აქვეითებს სისტოლურ წნევას, ზრდის დიასტოლურს და ინარჩუნებს ნორმალურ პულსურ წნევას (პულსური წნევა წარმოადგენს სისტოლურ და დიასტოლურ წნევებს შორის სხვაობას). სისტოლურ, დიასტოლურ და პულსურ წნევებს შორის, ჩვეულებრივ, ასეთი თანაფარდობაა: 3:2:1. ასე მაგალითად, 120/80 მმ ვცხ სვ არტერიული წნევის შემთხვევაში, პულსური წნევა 40-ია, შესაბამისად, თანაფარდობა იქნება 120:80:40, ან 3:2:1).
5. **სისხლის ვისკოზურობა** - სისხლის ნორმალური ვისკოზურობა დამოკიდებულია მასში ერითროციტებისა და პლაზმის პროტეინების, განსაკუთრებით, ალბუმინის შემცველობაზე. გამოხატული ერითროციტოზი (ერითროციტების რაოდენობის მომატება) იშვიათია და ვითარდება ქრონიკული პოლიციტემიის (*polycythemia vera*) ან მძიმე მწვევლებში. ეს გამოიწვევს სისხლის ვისკოზურობისა და წნევის აწევას.  
მძიმე ანემიების დროს ერითროციტების რაოდენობის შემცირება ან ღვიძლისა და თირკმლის დაავადებების დროს ალბუმინის დონის დაქვეითება სისხლის ვისკოზურობისა და წნევის შემცირებას იწვევს. ასეთ შემთხვევაში, ზოგიერთი მექანიზმი, მაგალითად, ვაზოკონსტრიქცია, შესაძლებლობის ფარგლებში, გამოიწვევს ნორმალურთან მიახლოებული წნევის შენარჩუნებას.
6. **სისხლის დაკარგვა** - სისხლის მცირე რაოდენობის გაღება, მაგალითად დონაციის შემთხვევაში, გამოიწვევს სისხლის წნევის დროებით დაქვეითებას, რომელიც მალევე კომპენსირდება შეკუმშვის სიხშირის მომატებით და უფრო გამოხატული ვაზოკონსტრიქცი-

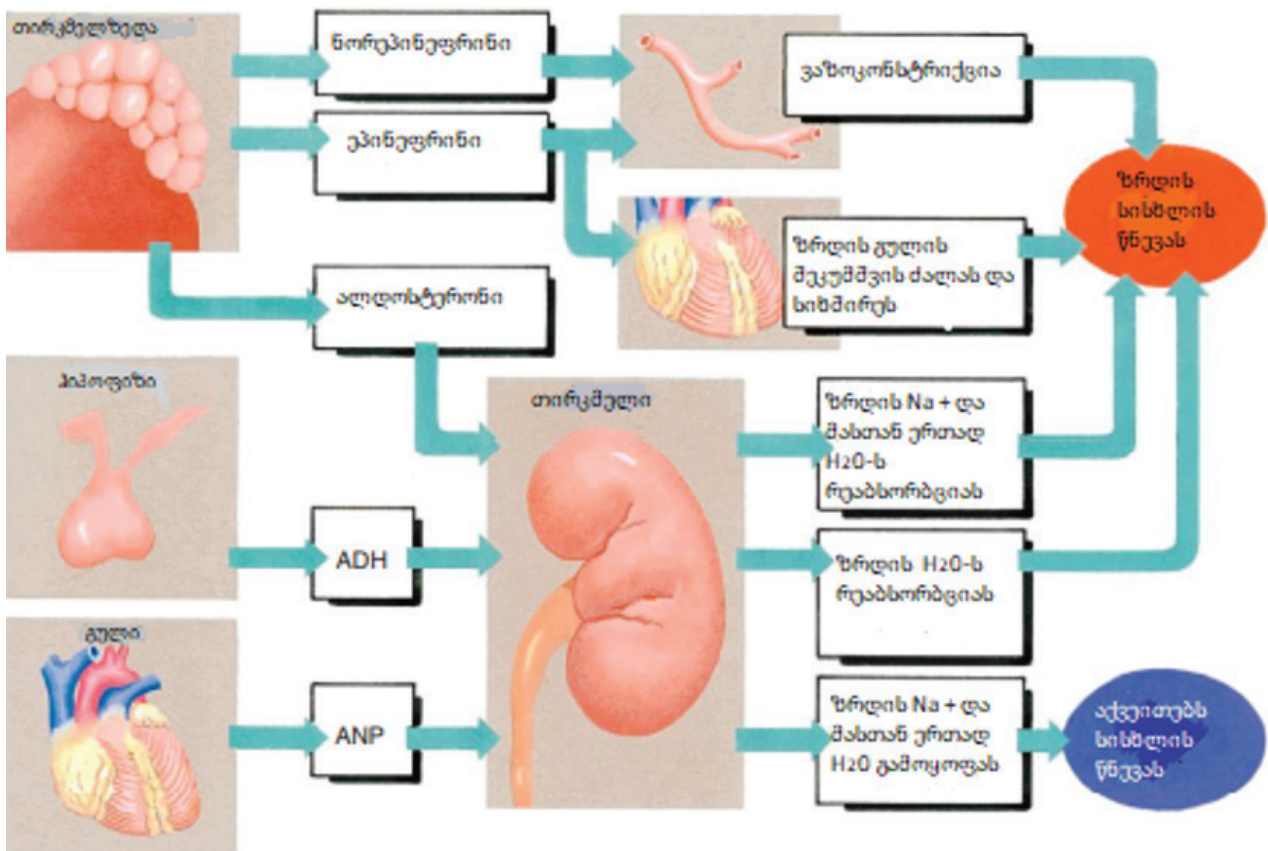
ით. მნიშვნელოვანი სისხლდენის შემთხვევაში, ეს მექანიზმები შეიძლება არასაკმარისი აღმოჩნდეს ნორმალური სისხლის წნევისა და თავის ტვინის ნორმალური ნაკადის უზრუნველსაყოფად. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანი შეიძლება გადარჩეს, სისხლის მოცულობის 50 %-ის დაკარგვის შემდეგაც, რაც დიდია დანაკარგი, მით მეტია ტვინის დაზიანების შანსი, თუ არ მოხდა დაკარგული სისხლის სწრაფად ჩანაცვლება.

7. **ჰორმონები** - გარკვეულ ჰორმონებს გავლენა აქვთ სისხლის წნევაზე. მე-10 და მე-12 თავებიდან, თქვენ ეს შეიძლება გახსოვდეთ, თუმცა სურათზე 13-10 ჩვენ ამ ინფორმაციას შევაჯამებთ. თირკმელზედა ჯირკვლის მედულა, სტრესულ სიტუაციებში, გამოიმუშავებს ნორეპინეფრინსა და ეპინეფრინს. ნორეპინეფრინი იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და, შესაბამისად, წნევის აწევას. ეპინეფრინიც იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და გულის შეკუმშვის სიხშირის გაზრდას; ორივე ეს მექანიზმი კი იწვევს წნევის აწევას.

ორგანიზმში წყლის შემცველობის დაქვეითებისას, ჰიპოფიზის უკანა ნაწილი გამოიმუშავებს ანტიდიურეზულ ჰორმონს (ADH). ADH ზრდის თირკმელებში წყლის რეაბსორბციას და ამით აფერხებს, შარდთან ერთად. წყლის შემდგომ დაკარგვას და, შესაბამისად, წნევის დაქვეითებას.

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვანი შრის მიერ გამოიმუშავებულ ჰორმონ ალდოსტერონს ასეთივე ეფექტი აქვს სისხლის მოცულობაზე. როდესაც სისხლის წნევა მცირდება, ალდოსტერონის სეკრეცია იზრდება, რაც ზრდის თირკმელებში  $Na^+$  იონების რეაბსორბციას. ნატრიუმთან ერთად სისხლში წყალიც ბრუნდება, რაც უზრუნველყოფს სისხლის მოცულობის შენარჩუნებას და სისხლის წნევის შემდგომი დაქვეითების პრევენციას.

წინაგულოვანი ნატრიურული პეპტიდი (ANP) სეკრეტირდება წინაგულების მიერ და ალდოსტერონის საწინააღმდეგო მოქმედება აქვს. ANP ზრდის, თირკმელების მიერ,  $Na^+$  იონების და წყლის ექსკრეციას, რაც ამცირებს სისხლის მოცულობას და აქვეითებს წნევას.



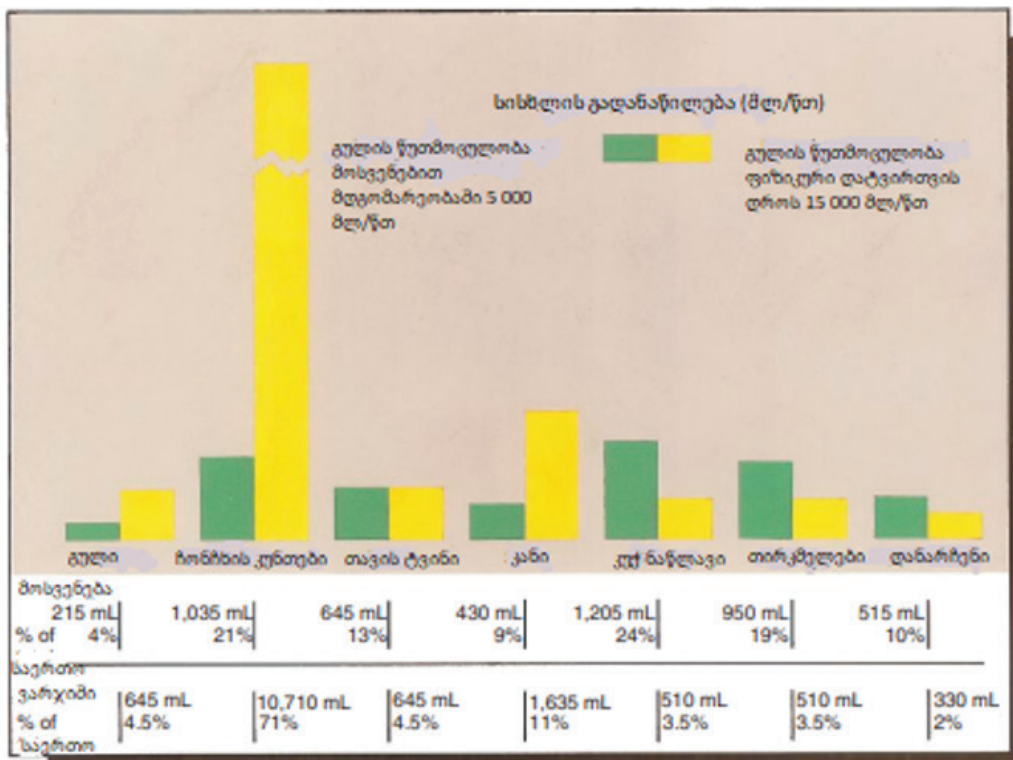
სურათი 13-10 სისხლის წნევაზე მოქმედი ჰორმონები

შეკითხვა: რომელ ორ ჰორმონს აქვთ ერთმანეთის საწინააღმდეგო მოქმედება და რა არის მათი დანიშნულება?

## სისხლის ნაკადის განაწილება

თითოეული ადამიანის სისხლის მოცულობა თითქმის არ იცვლება და დამოკიდებულია მოცემული ადამიანის ზომაზე. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ აქტიურ ქსოვილებს მეტი სისხლი და ჟანგბადი ესაჭიროებათ, ვიდრე არააქტიურებს. აქტიური ქსოვილები უფრო მეტ სისხლს უნდა ღებულებდნენ, ვიდრე არააქტიური; წინააღმდეგ შემთხვევაში, სისხლის წნევა მნიშვნელოვნად დაქვეითდება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, აქტიურ ქსოვილებში პრეკაპილარული სფინქტერები დუნდება, ხოლო ნაკლებად აქტიურებში, პირიქით, იკუმშება. ნაკლებ აქტიურ ორგანოებში სისხლის ნაკადის შემცირება არტერიოლების შეკუმშვითაც ხდება (ასეთ ორგანოებში ჟანგბადის დონე მაღალი რჩება, რადგან ის სწრაფად არ მოიხმარება ATP-ის საწარმოებლად). ეს პროცესები უზრუნველყოფს იმას, რომ მეტაბოლურად აქტიურმა ორგანოებმა, სრულყოფილად ფუნქციონირებისთვის, საკმარისი ჟანგბადი მიიღონ და სისხლის ნორმალური წნევაც შენარჩუნდეს.



**სურათი 13-11** სისხლის მოღონება სხვადასხვა ორგანოებში მოსვენების და ფიზიკური დატვირთვის დროს. თითოეული ორგანოსთვის, ნაჩვენებია როგორია მისი სისხლით მომარაგების პროცენტი სისხლის საერთო მოცულობასთან მიმართებაში

**შეკითხვა:** ფიზიკური დატვირთვის ფონზე, რომელ ორგანოებში იმატებს სისხლის მიმოქცევა? რომელ ორგანოებში იკლებს?

განვიხილოთ რა ხდება ორგანიზმში მოსვენებისა და ფიზიკური აქტივობის პერიოდებში. ამ ტექსტის ნაკითხვასთან ერთად, თვალი მიადევნეთ სურათს 13-11-ს. მოსვენების მდგომარეობაში, გულის წუთმოცულობა დაახლოებით 5000 მლ/წთ-ია. ფიზიკური დატვირთვის ფონზე ეს მაჩვენებელი სამჯერ მაღალია და დაახლოებით, 15000 მლ/წთ-ს შეადგენს. გახსოვდეთ, რომ სისხლის მოცულობა ორივე შემთხვევაში ერთი და იგივეა, უბრალოდ, ფიზიკური აქტივობის ფონზე, ის უფრო სწრაფად ცირკულირებს.

ერთმანეთს შევადაროთ მოსვენებისა და დატვირთვის პერიოდში სხვადასხვა ორგანოში სისხლის მიღონება. ფიზიკური დატვირთვის დროს, მოსვენებით მდგომარეობასთან შედარებით,



გული იღებს, დაახლოებით, სამჯერ მეტ სისხლს, აქტიურად მომუშავე კუნთი - 10-ჯერ მეტს, კანი, რომელიც უზრუნველყოფს სითბოს გაცემას - 4-ჯერ მეტს. სხვა ორგანოებს ადეკვატური ფუნქციონირების შენარჩუნება ნაკლები სისხლმომარაგებითაც შეუძლიათ- ამის გამო სისხლის მიდინება მცირდება საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში, თირკმელებში, ძვლებში და სხვ.

ფიზიკური აქტივობის შეწყვეტის შემდეგ, გულის წუთმოცულობა და ორგანოებში სისხლის მიდინება, თანდათანობით, მოსვენების მდგომარეობის მაჩვენებლებს უბრუნდება. ეს ცვლილებები უზრუნველყოფს აქტიური ქსოვილების საკმარის მომარაგებას და სხეულის არტერიული წნევის შენარჩუნებას.

## სისხლის წნევის რეგულაცია

სისხლის წნევის მარეგულირებელი მექანიზმები შეიძლება ორ ტიპად დაავყოთ: შიდა და ნერვული. ნერვული მექანიზმები მოიცავს ნერვულ სისტემას, შიდა მექანიზმები არ საჭიროებს გარეგან იმპულსებს.

### შიდა მექანიზმები

შიდა მექანიზმები გულისხმობს მოცემული ორგანოს თვითრეგულაციის უნარს. ერთ-ერთი ასეთი ორგანო გულია. ვენური მოდინების გაზრდასთან ერთად, გულის კუნთის ბოჭკოები იჭიმება და პარკუჭები სისხლს უფრო დიდი ძალით გადატუმბავს (სტარლინგის კანონი). ამის გამო, გულის წუთმოცულობა და წნევა იზრდება. სწორედ ასე ხდება ფიზიკური აქტივობის დროს, როდესაც საჭიროა წნევის გაზრდა. ფიზიკური აქტივობის შეწყვეტის შემდეგ, ვენური დაბრუნება მცირდება, რის გამოც გული ნაკლები ძალით გადატუმბავს სისხლს და არტერიული წნევაც მოსვენების ნორმალურ მაჩვენებელს უბრუნდება.

მეორე შიდა მექანიზმში ჩართულნი არიან თირკმელები. როდესაც თირკმელებში სისხლის მიდინება მცირდება, ფილტრაციის პროცესი ქვეითდება და ნაკლები შარდი გამოიყოფა. შარდის გამოყოფის შემცირება ხელს უწყობს სისხლის მოცულობის შემდგომ შემცირებას. დიდი სისხლდენის ან სხვა ტიპის დეჰიდრატაციის შემთხვევაში, ეს ძალიან მნიშვნელოვანი მექანიზმია წნევის შესანარჩუნებლად.

თირკმელები ასევე ჩართულები არიან **რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმში**. როდესაც სისხლის წნევა მცირდება, თირკმელები გამოიმუშავენ **ენზიმ რენინს**, რომელიც აინიცირებს მთელ რიგ რეაქციებს და სრულდება **ანგიოტენზინ II-ის** წარმოქმნით. ეს რეაქციები წარმოდგენილია ცხრილში 13-3 და სურათზე 13-12. ანგიოტენზინ II განაპირობებს ვაზოკონსტრიქციას და ასტიმულირებს თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის მიერ ალდოსტერონის სეკრეციას. ორივე ეს ნივთიერება განაპირობებს არტერიული წნევის აწევას.

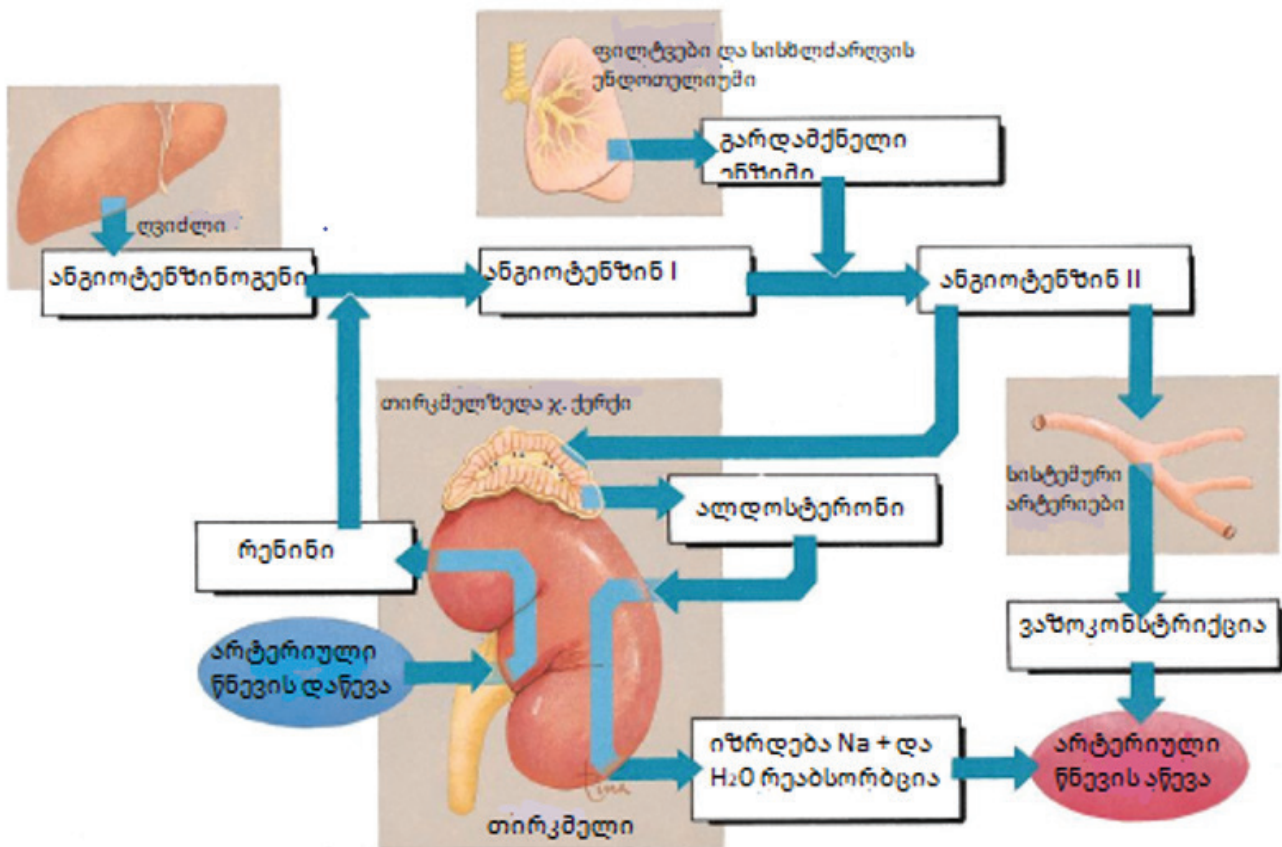
არტერიულ წნევაზე თირკმლის ზემოქმედება ადამიანის დიეტითაც განისაზღვრება. დიეტაში, რომელშიც არაცხოველური საკვები ჭარბობს ცხოველურს, მეტია კალიუმის და ნაკლებია ნატრიუმის შემცველობა. ჩვენს თირკმელებს აქვთ უნარი მოახდინონ სისხლში ამ ორი

იონის დონის რეგულირება, თუ ჩვენ, ჩვენი წინაპრებივით, უფრო მეტ არაცხოველურ საკვებს მივიღებთ. 50-60 წლის ასაკში, უფრო მეტად მატულობს ნატრიუმით მდიდარი საკვების მიღება და თირკმელები ვეღარ ახდენს ამ ცვლილებასთან ადაპტირებას. შესაბამისად, სისხლში იონების პროპორცია იცვლება ნატრიუმის სასარგებლოდ. ეს დისპროპორცია იწვევს სისხლძარღვების გლუვი კუნთების ტონუსს, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს მოსვენებითი წნევის აწევას.

### ცხრილი 13-3 | რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმი

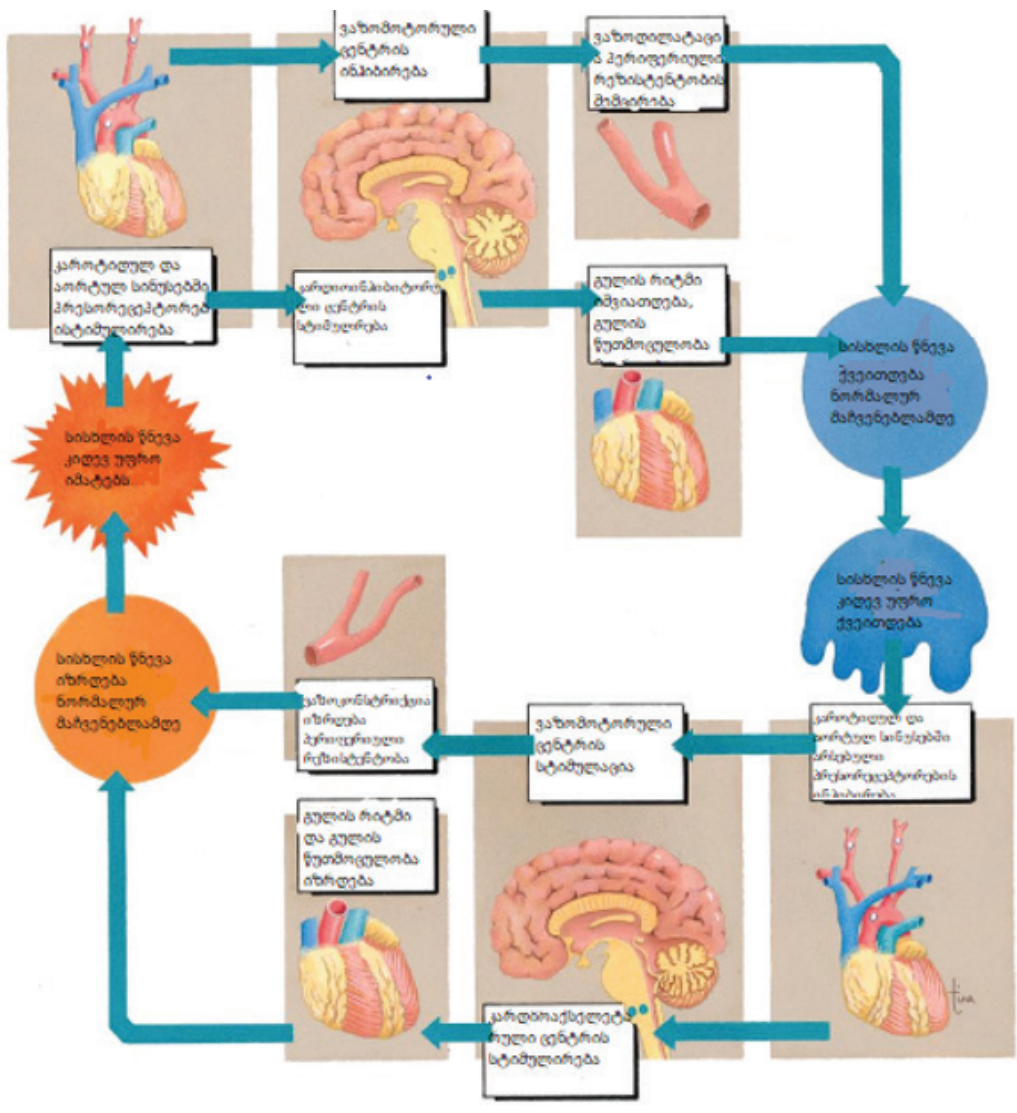
1	სხეულის წნევის დაქვეითება ასტიმულირებს თირკმელების მიერ რენინის სეკრეციას;
2	რენინი იწვევს ღვიძლის მიერ სინთეზირებული პლაზმის პროტეინის, ანგიოტენზინოგენის ანგიოტენზინის I გარდაქმნას;

3	ანგიოტენზის I, ფილტვებისა და ვასკულარული ენდოთელიუმის გამომუშავებული, გარდამქმნელი ენზიმის მიერ, გარდაიქმნება ანგიოტენზის II-ად;
4	ანგიოტენზის II იწვევს ვაზოკონსტრიქციას, ასტიმულირებს თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქს, რათა მოხდეს ალდოსტერონის წარმოქმნა



**სურათი 13-12** რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმი. დაიწყეთ "არტერიული წნევის დაწევა" და ასევე, ნახეთ ცხრილი 13-3

**შეკითხვა:** სად წარმოიშობა რენინი? რა არის ანგიოტენზინ II ფუნქცია?



**სურათი 13-13** სისხლის წნევის რეგულაციის ნერვული მექანიზმები

**შეკითხვა:** რა ტიპის სენსორული ინფორმაცია გამოიყენება სისხლის წნევის ხარვეზად და ხალ მდებარეობენ ეს რეცეპტორები?

### ნერვული მექანიზმები

მეფულა და ავტონომიური ნერვული სისტემა პირდაპირ ჩართულნი არიან სისხლის წნევის რეგულირებაში. ერთი ასეთი მექანიზმი გულთანაა დაკავშირებული და აღწერილია მე-12 თავში და ამიტომ აქ აღარ განვიხილავთ.

მეორე ასეთი მექანიზმი პერიფერიული რეზისტენტობა - არტერიების, არტერიოლების და შედარებით ნაკლებად, ვენების კონსტრიქციის ხარისხი (იხილეთ, სურათი 13-13). თავის ტვინში მდებარეობს ვაზომოტორული ცენტრი, რომელიც მოიცავს ვაზოკონსტრიქციულ და ვაზოდilatაციურ მიდამოებს. ვაზოდilatაციურ კერას აქვს ვაზოკონსტრიქციულის დათრგუნვის უნარი, რაც გამოიწვევს ვაზოდilatაციას და არტერიული წნევის შემცირებას.



ცირკულატორული შოკი ეწოდება ნებისმიერ მდგომარეობას, რომლისთვისაც დამახასიათებელია გულის წუთმოცულობის ისეთ დონემდე შემცირება, რომ ვეღარ ხდება ქსოვილებისთვის ჟანგბადის მიწოდება და მათთან ნარჩენი პროდუქტების გამოტანა.

### შოკის მიზეზები

**კარდიოგენური შოკი** - ძირითადად, მძიმე მიოკარდიუმის ინფარქტის ფონზე ვითარდება, თუმცა შესაძლოა იყოს პარკუჭების ფიბრილაციის შედეგი. ორივე შემთხვევაში, გული აღარ წარმოადგენს ეფექტურ ტუმბოს და გულის წუთმოცულობა შემცირებულია.

**ჰიპოვოლემიური შოკი** - განპირობებულია სისხლის მოცულობის შემცირებით, ხშირად, მძიმე ჰემორაგიის გამო. სხვა შესაძლო მიზეზებია: გამოხატული ოფლიანობა (სითბური დაკვრა), წყლის დიდი რაოდენობით დაკარგვა თირკმელების (დიურეზი) ან ნაწლავების (დიარეა) საშუალებით.

**ანაფილასიური შოკი** - მასიური ალერგიული რეაქციაა, რომლის დროსაც დიდი რაოდენობით გამოყოფილი ჰისტამინი ზრდის კაპილარების განვლადობას და ინვეეს ვაზოდilatაციას. პლაზმის დიდი ოდენობა გადადის ქსოვილოვან სითხეში, რაც ინვეეს სისხლის მოცულობის, სისხლის წნევისა და გულის წუთმოცულობის დაქვეითებას.

**სეპტიური შოკი** - სეპტიციემიის, სისხლში ბაქტერიების არსებობის შედეგია. ბაქტერიები და დაზიანებული ქსოვილები გამოყოფს ანთებით ნივთიერებებს, რაც ინვეეს ვაზოდilatაციას და პლაზმის დიდი რაოდენობის გადასვლას ქსოვილოვან სივრცეში.

### შოკის სტადიები

**კომპენსირებული შოკი** - ორგანიზმის საკომპენსაციო მექანიზმები ახდენს გულის წუთმოცულობის შენარჩუნებას. მცირე სისხლდენის შემდეგ, გულის შეკუმშვის სიხშირე იზრდება, სისხლძარღვები ვიწროვდება და თირკმელების მიერ, წყლის შენარჩუნების მიზნით, ქვეითდება შარდის გამოყოფა. ეს მექანიზმები უზრუნველყოფს სისხლის მოცულობის, წნევის, გულის წუთმოცულობის და ქსოვილებში სისხლის ნაკადის შენარჩუნებას.

**პროგრესირებადი შოკი** - შოკი კიდევ უფრო მძიმდება. მძიმე სისხლდენის გამო, გულის წუთმოცულობა მცირდება და მიოკარდიუმის სისხლმომარაგებაც ქვეითდება. გული სუსტდება, რაც კიდევ უფრო ამცირებს წუთმოცულობას. სისხლისგან გამოფიტული არტერიები ვეღარ ინარჩუნებს კონსტრიქციულ მდგომარეობას. არტერიების დილატაცია ამცირებს ვენურ დაბრუნებას, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს წუთმოცულობას. პროგრესირებადი შოკი ციკლური პროცესია, ზემოთ აღწერილი მოვლენების განმეორებით და ნორმალური წუთმოცულობის აღსადგენად აუცილებელია სამედიცინო ჩარევა

**შეუქცევადი შოკი** - სამედიცინო ჩარევით ვეღარ ხდება ნორმალური წუთმოცულობის აღდგენა. სიკვდილის მიზეზი, ჩვეულებრივ, გულის სიცოცხლისთვის შეუსაბამო, მიოკარდიუმის მძიმე ინფარქტი, მასიური სისხლდენა და სეპტიციემია, დაზიანებაა. სამედიცინო ჩარევის მიუხედავად, შესაძლოა, სიკვდილით დასრულდეს

ვაზოკონსტრიქციულ მიდამოს ვაზოკონსტრიქციის გამონვევა, უფრო მეტად, სიმპათიკურ ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედებით შეუძლია.

სიმპათიკური ვაზოკონსტრიქციული ბოჭკოები ახდენს ყველა არტერიისა და ვენის გლუვი კუნთების ინერვაციას და წამში რამდენიმე იმპულსის საშუალებით ამყოფებს მათ ნორმალურ ვაზოკონსტრიქციულ მდგომარეობაში. წამში უფრო მეტი იმპულსი განაპირობებს ვაზოკონსტრიქციას და ნაკლები - ვაზოდilatაციას. კაროტიდულ სინუსსა და აორტულ სინუსში არსებული პრესორეცეპტორებიდან თავის ტვინი იღებს გარკვეულ ინფორმაციას, რათა მოახდინოს შესაბამისი ცვლილებები. ნორმალური არტერიული წნევის შენარჩუნების უზუნარობა ცირკულაციური შოკის ერთ-ერთი ასპექტია (იხილეთ, სამახსოვრო 13-5: ცირკულაციური შოკი)

## დაბერება და სისხლძარღვოვანი სისტემა

მიიჩნევა, რომ სისხლძარღვების, განსაკუთრებით არტერიების, დაბერება ბავშვობის ასაკიდან იწყება, თუმცა ამის შედეგი ათწლეულების განმავლობაში არ ვლინდება. ათეროსკლეროზული ქოლესტერული ფოლაქების გაჩენა ხანდაზმულ ასაკშია მოსალოდნელი და მათი ყველაზე სერიოზული უარყოფითი ეფექტი დაკავშირებულია კორონარულ ათეროსკლეროზთან. მოსალოდნელია, აგრეთვე, გარკვეული ხარისხის არტერიოსკლეროზის განვითარებაც, რაც იწვევს მოსვენების მდგომარეობის არტერიული წნევის აწევას და არტერიების კედლების შემდგომ დაზიანებას. შედეგები მოიცავს მარცხენა პარკუჭის უკმარისობას, ცერებრული სისხლძარღვების დაზიანების შემთხვევაში კი ინსულტს.

## შეჯამება

მიუხედავად იმისა, რომ სისხლძარღვოვანი სისტემა წარმოადგენს სისხლის გამტარ გზას, თქვენ ნათლად ხედავთ, რომ ის მარტივი მილების სისტემა არაა, რომელშიც სისხლი მიედინება. სისხლძარღვები უბრალო მილები არ არის, არამედ მათ აქტიური როლი ენიჭებათ ჰომეოსტაზში. არტერიები და ვენები მონაწილეობს სისხლის წნევის შენარჩუნებაში, კაპილარები კი სისხლსა და ქსოვილოვან სითხეს შორის, ნივთიერებათა ცვლის ადგილია. ნივთიერებათა ცვლის ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ადგილი (ფილტვები, საჭმლის მომნელებელი სისტემა და თირკმელები) განხილული იქნება შემდეგ თავებში.

# თავი 14

## ლიმფური სისტემა და იმუნიტეტი

ბავშვი ეცემა და მუხლს დაიშავებს. როგორ გგონიათ, ეს სიცოცხლისთვის საშიში დაზიანებაა? არა, რადგან მიუხედავად იმისა, რომ დაზიანებული კანიდან, ბავშვის ორგანიზმში შესაძლოა ათასობით და მილიონობით ბაქტერია შევიდეს, ლიმფური სისტემის ორგანოებისა და უჯრედების მიერ მოხდება ამ ბაქტერიების სწრაფად განადგურება.

მიუხედავად იმისა, რომ ლიმფური სისტემა ცირკულაციური სისტემის ნაწილად მოიაზრება, ჩვენ მას ცალკე განვიხილავთ, რადგან მისი ფუნქციები განსხვავებულია გულისა და სისხლძარღვების ფუნქციებისგან. თუმცა, გაითვალისწინეთ, რომ ეს ფუნქციები ურთიერთდამოკიდებულია. ლიმფური სისტემა პასუხისმგებელია ქსოვილოვანი სითხის სისხლში დაბრუნებაზე და უცხო ორგანიზმებისგან სხეულის დაცვაზე. ლიმფური სისტემის ნაწილებია: ლიმფა, ლიმფური სადინრების სისტემა და ლიმფური ქსოვილი, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა ზომის ლიმფურ კვანძებსა და კვანძულებს, ელენთას და თიმუსის ჯირკვალს.

### ლიმფა

**ლიმფა** ეწოდება ლიმფურ კაპილარებში არსებულ ქსოვილოვან სითხეს. როგორ მე-13 თავში იყო აღნიშნული, სისხლის ფილტრაციის შედეგად, კაპილარებში სისხლის პლაზმიდან წარმოიშობა ლიმფა, რომლის უმეტესი ნაწილი ოსმოსური მექანიზმის წყალობით დაუყოვნებლივ ბრუნდება სისხლში. თუმცა, ქსოვილოვანი სითხის გარკვეული ნაწილი რჩება ინტერსტიციურ სივრცეში და სისხლში ლიმფური სადინრებით ბრუნდება. ამ პროცესის გარეშე, მოკლე პერიოდში, სისხლის მოცულობა და წნევა შემცირდებოდა. ლიმფური სადინრებისა და კარდიოვასკულური სისტემის კავშირი წარმოდგენილია სურათზე 14-1.

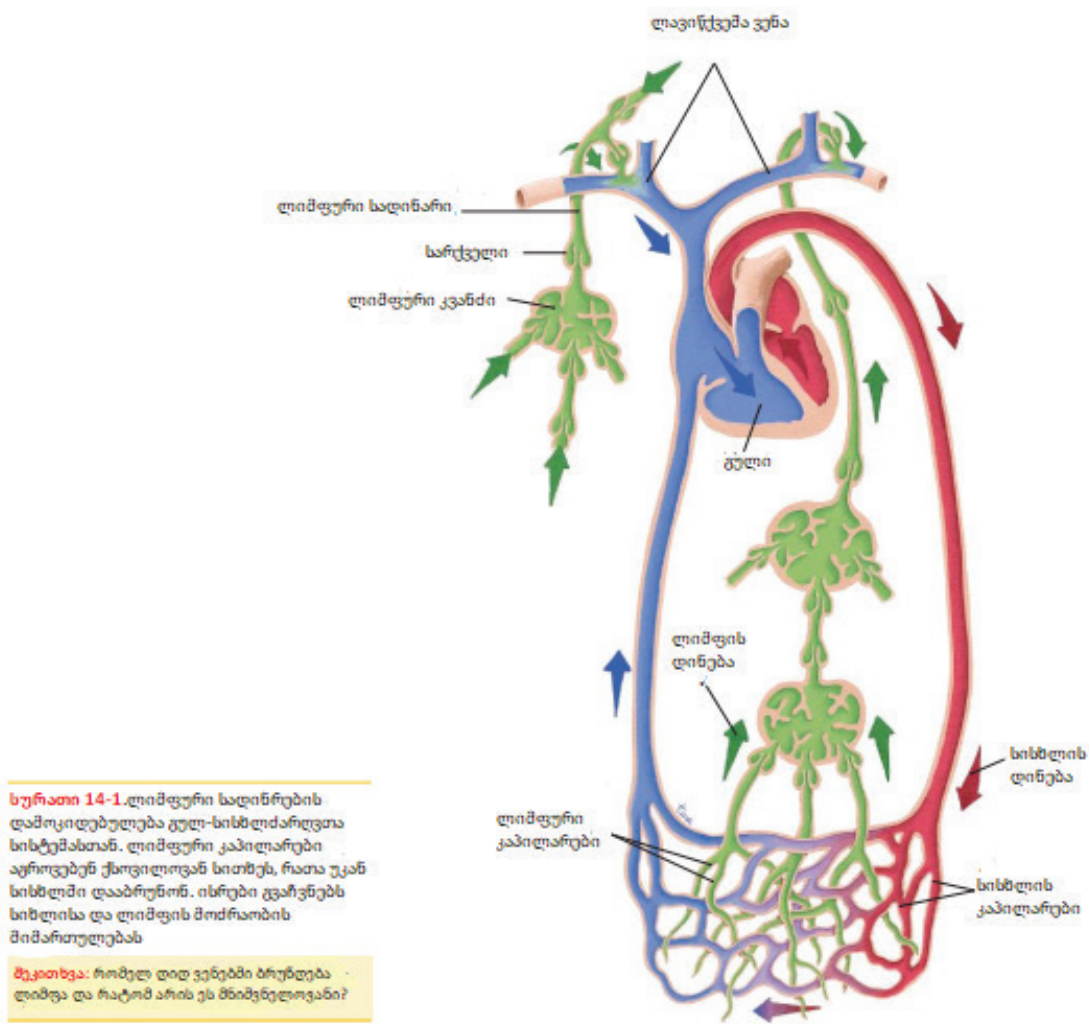
### ლიმფური სადინრები

ლიმფური სისტემა **ლიმფური კაპილარების** ბრმა დაბოლოებიდან იწყება, რომელიც უმეტეს ქსოვილოვან სივრცეებში გვხვდება (იხილეთ, სურათი 14-2). ლიმფური სადინრები ძალიან ადვილად შეღწევადია და აგროვებს ქსოვილოვან სითხესა და პროტეინებს. **ლაქტიალები** წვრილი ნაწლავის კედლებში არსებული, სპეციალური ლიმფური კაპილარებია, რომელთა საშუალებით შეინოვება ცხიმში ხსნადი მონელების პროდუქტები, როგორცაა ცხიმოვანი მჟავები და ვიტამინები A, D, E და K.

ლიმფური კაპილარები ერთიანდება უფრო დიდ ლიმფურ სადინრებად, რომელთა სტრუქტურა ძალიან გავს ვენების სტრუქტურას. არ არსებობს ლიმფის ტუმბო (გული სისხლის ტუმბოა), თუმცა ლიმფა ლიმფურ სადინრებში იმავე მექანიზმებით გადაადგილდება, როგორც სისხლი ვენებში; დიდი ლიმფური კვანძის კუნთოვანი შრე იკუმშება და ცალმხრივი მიმართულების სარქველები ხელს უშლის ლიმფის უკან დაბრუნებას. კიდურების, განსაკუთრებით, ქვედა კიდურების ლიმფური სადინრების კომპრესია ხდება გარშემომყოფი ჩონჩხის კუნთებით - ეს **ჩონჩხის კუნთების ტუმბოა**. **რესპირატორული ტუმბო** განაპირობებს გულმკერდის ლიმფური სადინრების კომპრესიას და ლიმფის მოძრაობას.

სად მიდის ლიმფა? უკან სისხლში, რათა თავიდან გარდაიქმნას პლაზმად. ქვემოთ მოყვანილი ტექსტის ნაკითხვისას გადახედეთ სურათს 14-3. სხეულის ქვედა ნაწილის ლიმფური სადინრები, წელის მეოთხე მალასთან, ერთიანდება და წარმოქმნის **ჩილის ცისტერნას (cisterna chyli)**, რომელიც ხერხემლის გასწვრივ, ზემოთ მიემართება და **გულმკერდის სადინრად** იწოდება. ლიმფური სადინრები სხეულის ზედა მარცხენა კვადრანტიდან უერთება გულმკერდის სადინარს, რომელიც მარცხენა ლავინქვეშა ვენაში ჩაედინება. ზედა მარჯვენა კვადრანტის ლიმფური სადინრები წარმოქმნის **მარჯვენა ლიმფურ ღეროს**, რომელიც მარჯვენა ლავინქვეშა ვენას უერთდება. ლავინქვეშა ვენების სარქველები ლიმფას ატარებს სისხლძარღვში, თუმცა უზრუნველყოფს, რომ სისხლი არ დაბრუნდეს ლიმფურ სადინრებში.





**სურათი 14-1.** ლიმფური სადინების დამოკიდებულება გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე. ლიმფური კაპილარები აფრთხილებენ ქსოვილოვან სითხეს, რათა უკან სისხლში დააბრუნონ. ისინი ვეაჩვენებს სისხლისა და ლიმფის მოძრაობის მიმართულებას

**შეკითხვა:** რომელ დიდ ვენებში ბრუნდება ლიმფა და რატომ არის ეს მნიშვნელოვანი?

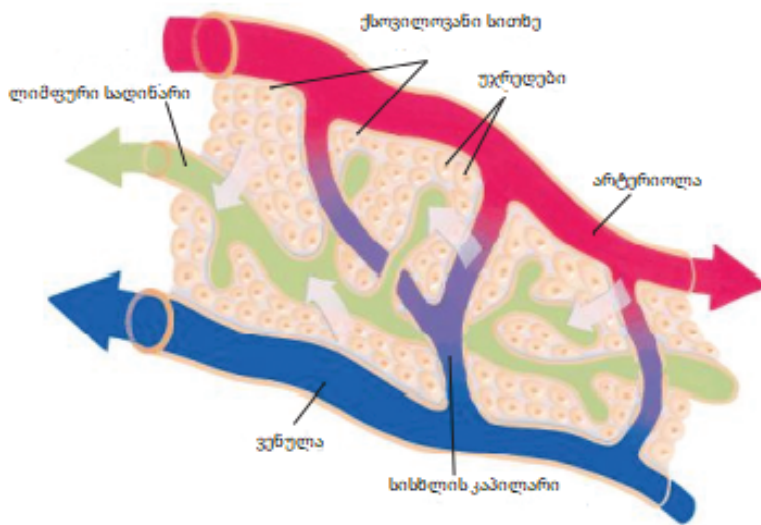
### ლიმფური ქსოვილი

ლიმფური ქსოვილი წარმოადგენს ბადისებრ შემადგენელ ქსოვილში ჩართულ ლიმფოციტებს, რომელშიც ღეროვანი უჯრედების სხვადასხვა რაოდენობაა წარმოდგენილი. გაიხსენეთ, რომ ლიმფოციტების უმრავლესობა წარმოიშობა ძვლის ნითელ ტვინში, საიდანაც გადაადგილდება ლიმფურ კვანძებში, ელენთასა და თიმუსში. ამ სტრუქტურებში, ინფექციის საპასუხოდ, ლიმფოციტები აქტივირდება და განიცდის პროლიფერაციას (ესაა ყველა ტიპის ლიმფური ქსოვილის ფუნქცია). თიმუსში მოიპოვება ღეროვანი უჯრედები, რომელიც ახდენს T ლიმფოციტების მნიშვნელოვანი ნაწილის წარმოქმნას.

### ლიმფური კვანძები და კვანძუკები

ლიმფური კვანძები და კვანძუკები ლიმფური ქსოვილის სხვადასხვა სიდიდის გროვებია. კვანძები, ჩვეულებრივ, უფრო დიდი ზომისაა. 10-20 მმ სიგრძის და გააჩნიათ კაფსულა. კვანძუკების სიგრძე შესაძლოა მილიმეტრზე ნაკლებიდან რამდენიმე მილიმეტრს აღწევდეს და მათ არ გააჩნიათ კაფსულა.

**ლიმფური კვანძები** ჯგუფურად არიან განლაგებულნი ლიმფური სადინების გასწვრივ და ლავინქვემა ვენებში ჩადინებამდე, ლიმფა მათშიც გადის. ლიმფურ კვანძში ლიმფა მრავალი სხვადასხვა აფერენტული სადინრით შედის (იხილეთ, სურათი 14-4). ლიმფურ კვანძში, ფიქსირებული **მაკროფაგები** ახდენს ლიმფაში არსებული ბაქტერიებისა და უცხო მასალის ფაგოციტოზს. პათოგენებთან შეხების შემდეგ, **B** ლიმფოციტები ლიმფაში გარდაიქმნება პლაზმურ უჯრედებად და იწყებს ანტისხეულების წარმოქმნას. საბოლოოდ, ეს ანტისხეულები მიაღწევს სისხლს და დაიწყებს ცირკულაციას.



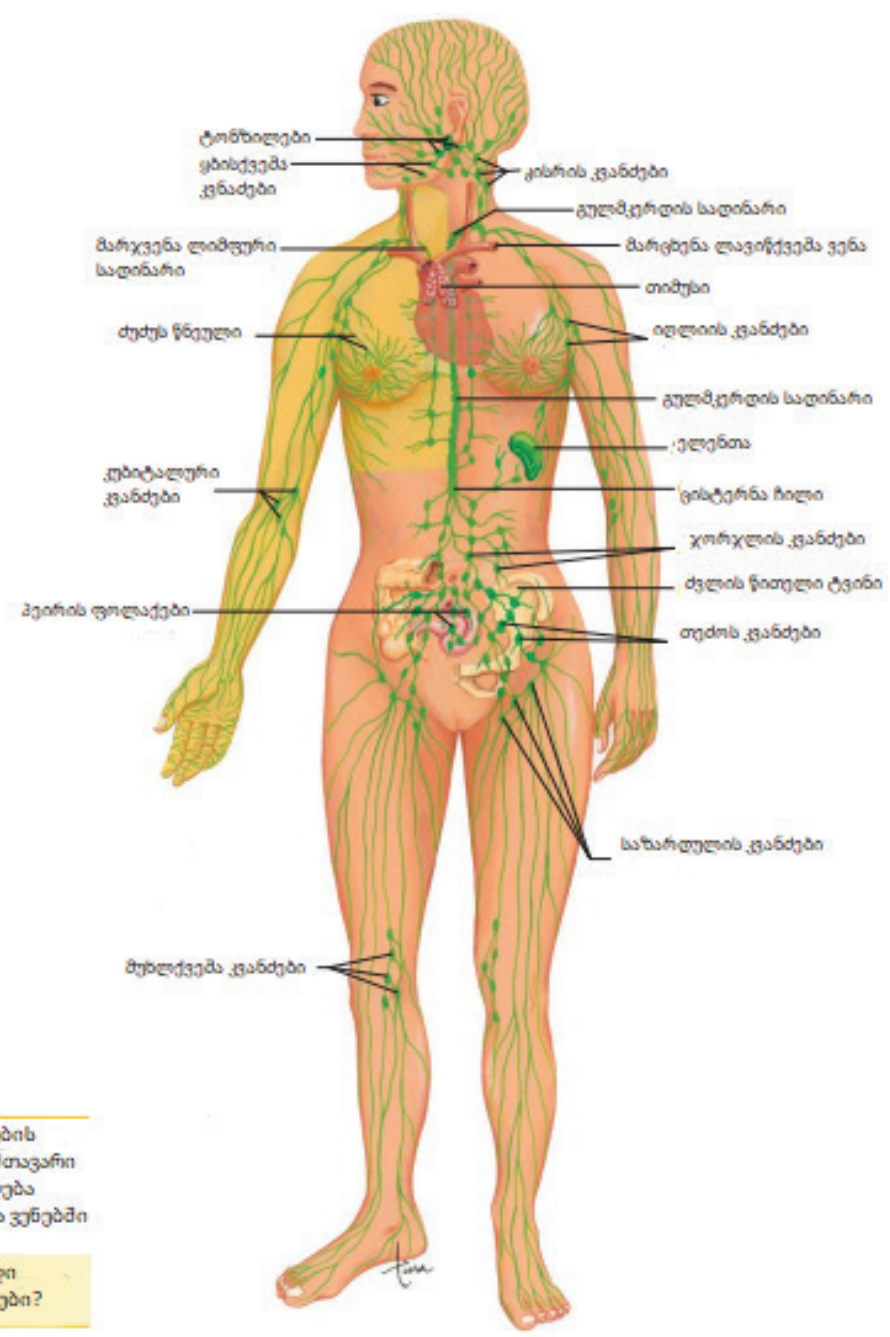
**სურათი 14-2** ლიმფური სადინრები იწყება ქსოვილოვან სითხეში. ისრების მიანიშნებენ სისხლის, ლიმფის და ქსოვილოვანი სითხის მოძრაობის მიმართულებას.

**შეკითხვა:** რა ქვია სითხეს, სანამ ის ლიმფურ სადინარში შევა?

ლიმფური კვანძების მრავალი ჯგუფი არსებობს, თუმცა სამ ჯგუფს, სტრატეგიული ლოკაციის გამო, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. ესენია **კისრის, ილიისა და საზარდულის** ლიმფური კვანძები (იხილეთ, სურათი 14-3). ყურადღება მიაქციეთ, რომ ეს კვანძები განლაგებულია ტორსის თავთან და კიდურებთან მიერთების ადგილებში (დაზიანებული კანიდან პათოგენების შეჭრის შანსი გაცილებით მეტია ამ ნაწილებიდან, ვიდრე ტორსიდან). ლიმფაში მოხვედრის შემდეგ, ლიმფური კვანძების მიერ, ამ პათოგენების განადგურება მანამდე მოხდება, სანამ ისინი ტორსამდე მიაღწევს და ლიმფა ლავინქვეშა ვენებში ჩაედინება.

თქვენ, ალბათ, გსმენიათ ტერმინი „გადიდებული ჯირკვლები“, რომელიც ბავშვებში სტრუქტურული ფარინგიტის (ხახის ანთება) ფონზე ვითარდება. ეს „ჯირკვლები“ კისრის ლიმფური კვანძებია, რომელიც დიდდება, რადგან მათი მაკროფაგები ცდილობენ ხახიდან ლიმფაში გადასული ბაქტერიებს განადგურებას (იხილეთ, სამახსოვრო 14-1: ჰოჯკინის დაავადება).

**ლიმფური კვანძულები**, ლიმფური ქსოვილის მცირე დაგროვებებია ყველა **ლორწოვანი მემბრანის** ეპითელიუმის ქვეშ. ლორწოვანი მემბრანით ამოფენილია ყველა სისტემა, რომელსაც ღია კავშირი აქვს გარემოსთან. ეს სისტემებია: რესპირატორული, საჭმლის მომნელებელი, საშარდე და რეპროდუქციული. თქვენ, ალბათ, თავადაც ხვდებით, რომ ეს ადგილებიც სტრატეგიულად მნიშვნელოვანია, რადგან ნებისმიერი ბუნებრივი ხვრელი ორგანიზმში პათოგენების შესაძლო შესვლის ადგილია. მაგალითად, თუ ჰაერთან ერთად შესუნთქული ბაქტერია ტრაქეის ეპითელიუმს გაივლის, სისხლში მოხვედრამდე ის განდგურდება ლიმფური კვანძულების მაკროფაგების მიერ.



**სურათი 14-3.** ლიმფური სადინების სისტემა და ლიმფური კვანძების მთავარი კვანძები. ლიმფა სისხლში ბრუნდება მარჯვენა და მარცხენა ლაფიქვეშა ვენებში

**შეკითხვა:** სად მდებარეობენ დიდი მუწყვილებული ლიმფური კვანძები?

**სამახსოვრო 14-1 | ჰოჯკინის დაავადება**

**ჰოჯკინის დაავადება** ლიმფური კვანძების ავთვისებიანი დაავადებაა. ეტიოლოგია უცნობია. პირველი სიმპტომი გადიდებული, მაგრამ უმტკივნეულო ლიმფური კვანძია, ხშირად, კისრის რეგიონში. სამედიცინო დახმარებისთვის პაციენტი სხვა სიმპტომებისთვის მიმართავს, როგორებიცაა: გახანგრძლივებული სიცხე, სისუსტე და წონაში დაკლება. დიაგნოზი ისმევა ლიმფური კვანძის ბიოფსიით და ბიოპტატში სპეციფიური უჯრედების აღმოჩენით.

ჰოჯკინის დაავადების სამკურნალოდ გამოიყენება ქიმიოთერაპია, რადიაცია, ან ორივე ერთად. დროული დიაგნოსტიკებით და სწორი მკურნალობით, დაავადება განკურნებადია





დაბადების შემდეგ ელენთის ფუნქციებია:

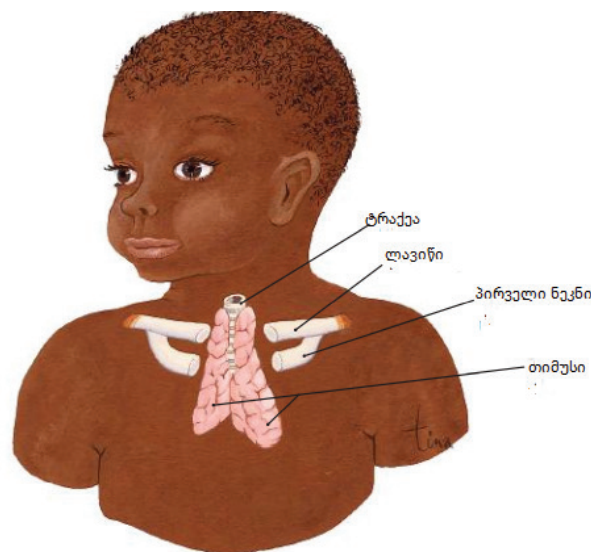
1. შეიცავს პლაზმურ უჯრედებს, რომელიც ახდენს უცხო ანტიგენების მიმართ ანტისხეულების გამომუშავებას.
2. შეიცავს მონოციტებსა და ფიქსირებულ მაკროფაგებს (RE უჯრედებს), რომელიც ახდენს სისხლში მოხვედრილი პათოგენების ან მასალის ფაგოციტოზს. ელენთის მაკროფაგები, ასევე, ახდენს ხანდაზმული ერითროციტების ფაგოციტოზს და წარმოქმნის ბილირუბინს. პორტალური ცირკულაციით, სისხლი ღვიძლში ხვდება და ნაღველში სეკრეტირდება. თუ ქსოვილი დაზიანებულია და საჭიროებს განმენდას და აღდგენას, ელენთის მონოციტებს შეუძლიათ ცირკულაციაში შესვლა.
3. ინახავს თრომბოციტებს და თუ მათი საჭიროება აღარაა, ანადგურებს მათ.

ელენთა არ წარმოადგენს სასიცოცხლო ორგანოს, რადგან მისი ამოღების საჭიროების შემთხვევაში, სხვა ორგანოებს შეუძლიათ მისი ფუნქციების კომპენსირება. ღვიძლი და ძვლის წითელი ტვინი მოახდენს ერითროციტებისა და თრომბოციტების ცირკულაციიდან ამოღებას; მრავალი ლიმფური კვანძი და კვანძუკა, ისევე როგორც ღვიძლი, მოახდენს პათოგენების ფაგოციტირებას (ლიმფოციტების აქტივაციით და პლაზმური უჯრედების მიერ ანტისხეულების წარმოქმნით). მიუხედავად იმისა, რომ ელენთის ფუნქციების ჩანაცვლება შესაძლებელია, სპლენექტომიის შემდგომ, ადამიანი უფრო მიდრეკილია ისეთი ბაქტერიული ინფექციებისადმი, როგორებიცაა პნევმონია და მენინგიტი.

## თიმუსი

**თიმუსი** ფარისებრი ჯირკვლის ქვემოთ მდებარებს. მუცლადყოფნის და ჩვილობის პერიოდში თიმუსი დიდია და მკერდის ძვლის ქვემოთ ვრცელდება (იხილეთ, სურათი 14-5). ასაკის მატებასთან ერთად, თიმუსი იკუმშება და მოზრდილებში, მხოლოდ, მცირე ზომის, თუმცა აქტიურ ორგანოდ რჩება.

თიმუსის ღეროვანი უჯრედები წარმოშობს T ლიმფოციტებს (**T უჯრედებს**), რომელთა ფუნქცია განხილული იქნება თავის შემდეგ ნაწილში. თიმუსის ჰორმონები აუცილებელია ე.წ. „იმუნური კომპეტენტურობისთვის“. კომპეტენტურობა ნიშნავს რალაციის კარგად კეთების უნარს. თიმუსის ჰორმონები და სხვა უჯრედები საშუალებას აძლევს T უჯრედებს მონაწილეობა მიიღონ უცხო ანტიგენების აღმოჩენაში და იმუნიტეტის ჩამოყალიბებაში. T უჯრედების ეს უნარი ადრეულ ასაკში ყალბდება და შემდეგ თავად ლიმფოციტებს ენიჭებათ. მოდით ვნახოთ, ზუსტად რას აკეთებს T უჯრედები და რა ხდის მათ კომპეტენტურებად? თიმუსში, უმნიფარი T უჯრედები „გაეცნობა“ სხეულის უჯრედებსა და ორგანულ მოლეკულებს და გამოიმუშავებს ორ უნარს: თვით-გამოცნობის და თვით-ტოლერანტობის.



**სურათი 14-5** თიმუსის ლოკალიზაციის მცირეწლოვან ბავშვში

**შეკითხვა:** სისხლის რომელი უჯრედები მწიფდება თიმუსში?

**თვით-გამოცნობა** გულისხმობს საკუთარი და სხვისი უჯრედების ერთნამეთისგან განსხვავების უნარს. ზოგიერთი უმნიშვარი T უჯრედი ურთიერთქმედებაში შედის თიმუსის უჯრედების საკუთარი მემბრანის პროტეინებთან და „იცნობს“ მათ. ეს დიდი ჰისტოკომპეტენტურობის კომპლექსის (MHC) ანტიგენებია, რომლებსაც, ასევე, ლეიკოციტების HLA ანტიგენები ეწოდებათ. ყველა ჩვენს უჯრედს აქვს ასეთი ანტიგენები და T უჯრედები სხეულის ყველა უჯრედს საკუთარ უჯრედებად აღიქვამს. T უჯრედები, რომელიც ამას არ იზამს, განიცდის აპოპტოზს (უჯრედები პროგრამულ სიკვდილს).

**თვით-ტოლერანტობა** ნიშნავს არ გვექონდეს რეაგირება საკუთარი უჯრედების პროტეინებსა და სხვა ორგანულ მოლეკულებზე. უმნიშვარი T უჯრედები ურთიერთქმედებს თიმუსის დენდრიტულ უჯრედებთან, რომელსაც შეგროვებული აქვთ ასეთი „საკუთარი“ მოლეკულები. T უჯრედები, რომელიც ტოლერანტული იქნებიან ამ მოლეკულების მიმართ და არ დაიწყებენ მათ საწინააღმდეგო ქმედებებს, გადარჩებიან; დანარჩენები კი ინაქტივირდება ან განადგურდება.

ყველა ეს „გაცნობა“ თიმუსში დაბადებამდე, ნაყოფის განვითარების პერიოდში იწყება. თუმცა ახალშობილის იმუნური სისტემა სრულად მაინც არ არის ჩამოყალიბებული და ჩვილები უფრო მიდრეკილნი არიან ზოგიერთი ინფექციური დაავადების მიმართ, ვიდრე უფრო მოზრდილი ბავშვები და ზრდასრულები. ჩვეულებრივ, 2 წლის ასაკისთვის იმუნური სისტემა სრულად ყალიბდება და სრულყოფილ ფუნქციონირებას იწყებს. სწორედ ამის გამოა, რომ ზოგიერთი დაავადების, მაგალითად წითელას, საწინააღმდეგო ვაქცინაციის ჩატარება არაა რეკომენდებული 15-18 თვის ასაკამდე. ამ ასაკამდე იმუნური სისტემა არ არის ბოლომდე განვითარებული და ვერ მოხდება ვაქცინისადმი საკმარისად ძლიერი პასუხის ჩამოყალიბება. შედეგად, დაცვა არასრულყოფილი იქნება.

## იმუნიტეტი

**იმუნიტეტი** ეწოდება პათოგენების და სხვა უცხო მასალის განადგურების უნარს, რათა არ მოხდეს ინფექციური დაავადების განვითარება. იმუნიტეტის არსებობას სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს, რადგან ადამიანის ორგანიზმი, დაბადებისთანავე, შეხებაშია პათოგენურ მიკროორგანიზმებთან.

**ანტიგენები** უჯრედების მაიდენტიფიცირებელი ქიმიური ნივთიერებებია. ადამიანის უჯრედებს საკუთარი მაიდენტიფიცირებელი ანტიგენები აქვთ, რომელთაც HLA ტიპი ეწოდება. უცხო, ანუ „არასაკუთარი“ ანტიგენები გამოიცნობა და ნადგურდება. ბაქტერიები, ვირუსები, სოკოები და პარაზიტები და მათი უჯრედული პროდუქტები, მაგალითად ბაქტერიული ტოქსინები, უცხო ანტიგენებია, რომელიც იწვევს იმუნური პასუხის გააქტივებას.

ნორმალური უჯრედების მუტაციის შედეგად წარმოქმნილი ავთვისებიანი უჯრედებიც უცხო ანტიგენებია და, ჩვეულებრივ, მათი განადგურება მანამდე ხდება, სანამ ისინი ავთვისებიან დაავადებას გამოიწვევს. სამწუხაროდ, ტრანსპლანტირებული ორგანოებიც უცხო ქსოვილად აღიქმება და იმუნურმა სისტემამ, შესაძლოა, გადანერგილი გულის ან თირკმლის მოცილება მოახდინოს. ზოგჯერ, იმუნური სისტემა, შეცდომით, საკუთარი სხეულის რომელიმე ნაწილს ებრძვის და აუტოიმუნური დაავადების განვითარებას იწვევს; რამდენიმე ასეთი დაავადება განხილულია წინა თავებში. უმეტეს შემთხვევაში, იმუნური მექანიზმები დამცველობით როლს ასრულებს გარემოსა და ჩვენს ორგანიზმში არსებული პათოგენების წინააღმდეგ.

იმუნიტეტს ორი ძირითადი კომპონენტი აქვს: თანდაყოლილი და ადაპტირებადი. თითოეული მათგანის აღწერამდე, შესაძლოა სასარგებლო აღმოჩნდეს მათი მოკლე შედარებითი დახასიათება. თანდაყოლილი იმუნიტეტი არასპეციფიურია, იგი არ იწვევს მესხირების განვითარებას და მისი პასუხები, სამიზნის მიუხედავად, უცვლელია. ადაპტირებადი იმუნიტეტი სამიზნის მიმართ ძალიან სპეციფიკურია, შეიძლება იწვევდეს ანტისხეულების გამომუშავებას, იწვევს მესხირების განვითარებას და უფრო ეფექტიანია. ორივე ტიპის იმუნიტეტი ერთობლივად მუშაობს, რათა მოხდეს დაზიანების და დაავადების განვითარების თავიდან აცილება.



## თანდაყოლილი იმუნიტეტი

**თანდაყოლილი იმუნიტეტი** მრავალი სხვადასხვა მექანიზმით ხორციელდება, როგორცაა ანატომიური და ფიზიოლოგიური ბარიერები, ფაგოციტოზი და სხვა დამცავი უჯრედების მოქმედება; აგრეთვე, ქიმიური ნივთიერებების სეკრეცია და სხვადასხვა რეაქცია, მათ შორის, ანთეზა. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ ცალ-ცალკე განვიხილავთ თითოეულ ასპექტს, ყოველთვის გახსოვდეთ, რომ ისინი ერთობლივად მოქმედებენ. როგორც თავად დარწმუნდებით, ისინი ასევე გადაფარავენ ერთმანეთის ქმედებებს. თანდაყოლილი იმუნური სისტემის პასუხი ყოველთვის ერთი და იგივეა და ეფექტიანობის ხარისხი არ იზრდება განმეორების შემთხვევაში.

## ბარიერები

ეპიდერმისის დაუზიანებელი ქერქოვანი შრე (არაცოცხალი უჯრედები) შესანიშნავ ბარიერს წარმოადგენს ყველა ტიპის პათოგენისთვის. კანის ზედაპირის ნორმალური ბაქტერიული პოპულაცია (მიკრობიოტა) და ცხიმოვანი შრის ცხიმოვანი მჟავები ხელს უშლის კანზე პათოლოგიური ბაქტერიების გამრავლებას. ეპიდერმისის ცოცხალი უჯრედები გამოიმუშავენს დამცავებს - ანტიმიკრობულ ნივთიერებებს.

რესპირატორული, საჭმლის მომნელებელი, საშარდე და რეპროდუქციული ტრაქტის მუკოზური მემბრანები ცოცხალი ქსოვილია, თუმცა მათაც კარგი ბარიერული თვისებები აქვთ. ზედა რესპირატორული ტრაქტის წამწამოვანი ეპითელიუმი განსაკუთრებით ეფექტური ბარიერია. მტერი და პათოგენები ჩაეფლობა ლორწოში, წამწამები კი ლორწოს განდევნის ხახაში, საიდანაც ის ჩაიყლაპება. მარილმჟავა და კუჭის წვენი ანადგურებს ლორწოსთან, საჭმელთან თუ სასმელთან ერთად, კუჭში მოხვედრილი პათოგენების უმრავლესობას. ლიზოციმი, ნერწყვა და ცრემლებში არსებული ენზიმი, ხელს უშლის ბაქტერიების გამრავლებას პირის ღრუსა და თვალის თბილ და ნესტიან ზედაპირზე. კანქვეშა ქსოვილი და მუკოზური მემბრანების ქვეშ არსებული არეოლარული ქსოვილი შეიცავს მრავალ ლეიკოციტს (იხილეთ, სურათი 14-6).

## დამცავი უჯრედები

მე-11 თავიდან გავიხსენოთ, რომ ჩვენი დამცავი უჯრედების დიდი ნაწილი ლეიკოციტებს წარმოადგენს. როგორც ფიქსირებული, ასევე მოხეტიალე მაკროფაგები შეიცავს რეცეპტორებს ადამიანის ორგანიზმთან, სავარაუდოდ, უამრავი დროის განმავლობაში მოკონტაქტე, პათოგენების მიმართ და ძალიან ეფექტიანი ფაგოციტები არიან. პათოგენების და სხვა უცხო ანტიგენების ფაგოციტოზის უნარის მქონე სხვა უჯრედებს მიეკუთვნება ნეიტროფილები და შედარებით ნაკლებად, ეოზინოფილები. „ჩაყლაპული“ პათოგენების მონელებისთვის ფაგოციტები უჯრედშიდა ენზიმებსა და ისეთ ქიმიურ ნივთიერებებს იყენებს, როგორცაა წყალბადის ზეჟანგი ( $H_2O_2$ ).

კანის ლანგერჰანის უჯრედები და მრავალი სხვა დენდრიტული უჯრედი, ასევე, ახდენს უცხო მასალის ფაგოციტოზს, თუმცა არა იმდენად გასანადგურებლად, არამედ იმისთვის, რომ ისინი ლიმფურ კვანძებამდე ან კვანძუკვამდე მიიტანოს, რათა მოხდეს ადაპტირებადი აუტოიმუნური მექანიზმების ლიმფოციტების გააქტივება. ეს ძალიან მნიშვნელოვანი კავშირია იმუნიტეტის ამ ორ მექანიზმს შორის.

ნატურული ქილერები (NK უჯრედები) სისხლში ცირკულირებს, თუმცა ასევე გვხვდება ძვლის ნითელ ტვინში, ელენთასა და ლიმფურ კვანძებში. ისინი ლიმფოციტების სულ რაღაც 10%-ს წარმოადგენს, მაგრამ მრავალი პათოგენისა და სიმსივნური უჯრედის განადგურების უნარი აქვთ. NK უჯრედები პირდაპირ უკავშირდება უცხო უჯრედებს და კლავს მათ ან მათი მემბრანების დარღვევით (ნივთიერებებით, რომელსაც პერფორინები ეწოდებათ), ან სხვა ტიპის ქიმიური ზიანის მიყენებით.

ბაზოფილები და პოხიერი უჯრედები (ძვლის ნითელ ტვინში წარმოქმნილი შემაერთებელ-ქსოვილოვანი უჯრედები) ასევე დამცავი უჯრედებია, რომელიც გვხვდება მუკოზური მემბრანების და კანქვეშა ქსოვილის არეოლარულ შემაერთებელ ქსოვილში. ისინი აწარმოებს ჰისტა-



შესვლა სჭირდება და მიუხედავად იმისა, რომ ინტერფერონი ვერ ახდენს ვირუსის უჯრედში შესვლის პრევენციას, ის ბლოკავს ვირუსის რეპროდუქციას. როდესაც ვირუსის რეპროდუქცია იბლოკება, ის ველარ აინფიცირებს ახალ უჯრედებს და ველარ ინვეს დაავადებას. სავარაუდოდ, ინტერფერონი ის ფაქტორია, რომელიც განაპირობებს მრავალი ვირუსული დაავადების თვითგანკურნებას და გამოიყენება ზოგიერთი დაავადების, მაგალითად, C ჰეპატიტის მკურნალობისთვის.

**კომპლემენტი 20-**ზე მეტი პროტეინის შემცველი ჯგუფია, რომელიც პლაზმაში მანამდე ცირკულირებს, სანამ არ მოხდება მათი გააქტივება. ისინი ჩართულები არიან უჯრედული ანტიგენების ლიზისა და არაუჯრედული ანტიგენის მონიშვნაში. ზოგიერთი მათგანი ასტიმულირებს ანთების დროს ჰისტამინის გამომუშავებას, სხვები კი მოიზიდავს ლეიკოციტებს.

**ანთება** ზოგადი პასუხია ნებისმიერი ტიპის დაზიანებაზე (მიკრობიოლოგიური, ქიმიური, ან ფიზიკური). ბაზოფილები და პოხიერი უჯრედები გამოიმუშავენს ჰისტამინსა და ლეიკოტრიენებს, რომელიც მოქმედებს სისხლძარღვებზე, როგორც ეს ზემოთ იყო აღწერილი. ვაზოდილატაცია ინვეს დაზიანების არეში მეტი სისხლის მოდინებას და კაპილარებიც უფრო განვლადი ხდება. ქსოვილოვანი სითხე და ლოიკოციტები გროვდება დაზიანების ადგილას. ანთების მიზანი დაზიანების შემოსაზღვრა, მისი გავრცელების თავიდან აცილება, მიზეზის აღმოფხვრა და ქსოვილებისთვის აღდგენის საშუალების მიცემაა. თქვენ ამ მოკლე აღწერიდანაც მიხვდებით თუ რატომ ახასიათებს ანთებას ოთხი ნიშანი: სინითლე, სიმხურვალე, შეშუპება და ტკივილი; სინითლე - სისხლის მოდინების გაზრდის გამო, სიმხურვალე - გადაეცემა სისხლისგან და გაზრდილი მეტაბოლური აქტივობით, შეშუპება - ქსოვილოვანი სითხის დაგროვებით და ტკივილი - თავად დაზიანების და ასევე, შეშუპების შედეგად.

როგორც მე-10 თავში იყო აღნიშნული, ანთება ორგანიზმის პოზიტიური საპასუხო რეაქციაა, თუმცა ის მანკიერ წრედ შეიძლება გადაიქცეს და გამოიწვიოს ქსოვილის შემდგომი დაზიანებები. ჰორმონ კორტიზოლს შეუძლია ამ წრის განყვეტა და სულ მცირე, ერთ-ერთ კომპლემენტს მაინც აქვს ასეთივე ფუნქცია. სავარაუდოდ, სხვა ქიმიური სიგნალებიც არსებობს, რომელსაც ერთობლივად, ციტოკინებს და ქემოკინებს, უწოდებენ და ანთებას იმ ზღვრამდე განვითარების საშუალებას აძლევს, რამდენადაც ეს სასარგებლოა.

შეჯამებისთვის, შეიძლება ვთქვათ, რომ თანადაყოლილი იმუნიტეტი არასპეციფიკურია და ყოველთვის ერთი და იგივეა, არ ახასიათებს მეხსიერება და მიუხედავად იმისა, რომ ხშირად ძალიან ეფექტურია, პათოგენთან შემდგომი კონტაქტების დროს უფრო ეფექტიანი არ ხდება. თანდაყოლილ იმუნურ მექანიზმებში მონაწილე ზოგიერთი უჯრედი შექმნილია ჩართული. თანდაყოლილი იმუნიტეტის ასპექტები გადმოცემულია სურათზე 14-6.

## ადაპტირებადი იმუნიტეტი

ადაპტირებადი იმუნიტეტი სპეციფიკურია კონკრეტული ანტიგენის მიმართ და ხორციელდება ლიმფოციტებისა და მაკროფაგების მიერ.

ლიმფოციტების უმეტესობას T და B ლიმფოციტები, ანუ T და B უჯრედები წარმოადგენს. ემბრიონულ პერიოდში, T ლიმფოციტები წარმოიშობა ძვლის წითელ ტვინსა და თიმუსში. მომწიფებისთვის, ისინი თიმუსში უნდა მოხვდეს, სადაც განიცდის თიმუსის ჰორმონების ზემოქმედებას. მომწიფება გულისხმობს უჯრედების უნარს გაარჩიოს „საკუთარი“ (სელფ) და არასაკუთარი უჯრედები. ამის შემდეგ, T უჯრედები ელენთაში, ლიმფურ კვანძებსა და კვანძულებში გადაადგილდება და დაბადებისას უკვე იქ გვხვდება.

ემბრიონის ძვლის ტვინში წარმოშობილი B უჯრედები, პირდაპირ ელენთაში და ლიმფურ კვანძებსა და კვანძულებში მიგრირებს. იმუნური პასუხის დროს ისინი აქტივირდება, მრავალჯერ იყოფა და გარდაიქმნება პლაზმურ უჯრედებად, რომელიც ანტისხეულებს გამოიმუშავებს სპეციფიკური უცხო ანტიგენების მიმართ.

T და B უჯრედების ჩართულობით მიმდინარე იმუნური მექანიზმები სპეციფიკურია, რაც ნიშნავს, რომ ყოველი გააქტივებისას, მიმართულია კონკრეტული უცხო ანტიგენის მიმართ. როგორც მაკროფაგების, ასევე, ლანგერჰანის, ან დენდრიტული უჯრედების ზედაპირზე არსებობს რეცეპტორების ადგილი უცხო ანტიგენებისთვის (მაგალითად, ბაქტერიის კედელზე, ან საცეცხე) და შეუძლიათ მათი ფაგოციტირება, ამ ანტიგენთან კონტაქტის შემთხვევაში.





ეს ანტიგენ-სპეციფიკური, აქტივირებული T უჯრედები მრავალჯერ იყოფა და წარმოშობს ციტოტოქსიურ T უჯრედებს (T კილერებს, რომელსაც, ასევე, CD8 T უჯრედები ეწოდებათ) და T მესხიერების უჯრედებს. T კილერები უცხო ანტიგენების განადგურებას, მათი მემბრანების დაშლით ახდენს (მაგალითად, კიბოს, ან ვირუსით დასნებოვნებულ უჯრედებს. T კილერები, ასევე, გამოიმუშავენ ციტოკინებს, ნივთიერებებს, რომელიც იზიდავს მაკროფაგებს მოცემული ადგილისკენ და ინვესს მათ აქტივაციას, რათა მათ მოახდინოს უცხო ანტიგენის და უჯრედული ნარჩენების ფაგოციტირება. T მესხიერების უჯრედები დაიმახსოვრებს სპეციფიკურ უცხო ანტიგენს და გააქტივდება ორგანიზმში მისი განმეორებით შესვლის შემდეგ.

აქტივაციის გარდა, სამიზნის ელიმინაციის შემდეგ, იმუნური პასუხების შეწყვეტაც უნდა მოხდეს. ეს ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან გადაჭარბებული იმუნური პასუხი საზიანოა ორგანიზმისთვის. CD4 T უჯრედების ქვეჯგუფი, რომელსაც მარეგულირებელი T უჯრედები ეწოდებათ (ადრე სუპრესიული T უჯრედები ერქვათ), გამოიმუშავენს „უკუკავშირის“ ნივთიერებებს, რომელიც უცხო ანტიგენის განადგურების შემდეგ, ახდენს იმუნური პასუხის შეწყვეტას. მომავალში, თუ კიდევ მოხდება იმავე უცხო ანტიგენტან კონტაქტი, T მესხიერების უჯრედები სწრაფად დაიწყებს უჯრედ-მედიტირებულ იმუნურ პასუხს.

## სამახსოვრო 14-2|შიდსი

**2014** წლის დასაწყისისთვის 26 მილიონზე მეტი ადამიანი გარდაიცვალა შექცენილი იმუნოდეფიციტის სინდრომით (**შიდსი**), რომელიც გამონვეულია ადამიანის იმუნოდეფიციტის ვირუსით (აივ). მთელ მსოფლიოში 34 მილიონ ადამიანზე მეტია აივ დადებითი ან შიდსით დაავადებული. დაავადება პირველად 1981 წელს იქნა აღწერილი ნიუ-იორკსა და კალიფორნიაში ახალგაზრდა ჰომოსექსუალ მამაკაცებში. ამ მამაკაცებს ჰქონდათ ოპორტუნისტული ინფექციები, როგორცაა კაპოშის სარკომა, პნევმოციისტური პნევმონია და სხვა სოკოვანი ან პროტოზოური ინფექციები, რომელიც არ ვითარდება ადამიანებში ჯანსაღი იმუნური სისტემით. სად გაჩნდა ეს ვირუსი? სავარაუდოდ, აივ ვირუსი წარმოიშვა შიმპანზეს ვირუსიდან, აფრიკაში, სადღაც 1930-იან წლებში. ადამიანებში ვირუსის გავრცელება, თავიდან, ძალიან ნელი იყო და მხოლოდ საჭაერო მოგზაურობის გახშირების შემდეგ მთელ მსოფლიოს მოედო.

აივ რეტროვირუსია, რომელიც აინფიცირებს T უჯრედებს, მაკროფაგებსა და ადამიანის ბევრ სხვა უჯრედს. T ჰელპერების გარეშე, იმუნური სისტემა სერიოზულადაა დაზიანებული - პათოგენები „უცხოებად“ არ აღიქმება, B უჯრედები აღარ აქტივირდება და არ ხდება T კილერების პროლიფერაცია. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი ოპორტუნისტული ინფექციის მკურნალობა და განკურნებაც კი შეიძლება, იმუნურ სისტემას არ აქვს შემდგომი და იმის შემდგომი ინფექციის პრევენციის უნარი.

შიდსის ინკუბაციური პერიოდის ხანგრძლივობა სხვადასხვაა - რამდენიმე თვიდან, რამდენიმე წლამდე. ინფიცირებულ ადამიანს, უსიმპტომო პერიოდში, გაუთვითცნობიერებლად შეუძლია ინფექციის გავრცელება. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ შიდსი კომუნიკაციური, მაგარამ არაკონტაგიოზური დაავადებაა. ნითელას ან გრიპის ვირუსისგან განსხვავებით, მისი გადადება არ ხდება ჩვეულებრივი კონტაქტის დროს. შიდსით ინფიცირება შესაძლებელია სექსუალური კონტაქტით, ინფიცირებულ სისხლთან კონტაქტით ან დედისგან ნაყოფისთვის პლაცენტარული გადაცემის შემთხვევაში.

აშშ-ში, 1980 წლებში შიდსის შემთხვევათა უმეტესობა ჰომოსექსუალ მამაკაცებსა და ნარკომანებში (დაავადებული ადამიანის სისხლით კონტამინირებული, საერთო შპრიცის მოხმარების გამო) დაფიქსირდა. 1990 წლებში ნათელი გახდა, რომ შიდსი ჰეტეროსექსუალური კონტაქტებითაც გადადის. მსოფლიოს დანარჩენ ნაწილებში, განსაკუთრებით, აფრიკასა და აზიაში, დაავადების გავრცელების გზა ჰეტეროსექსუალური კონტაქტებია, მამაკაცებისა და ქალების თანაბარი რაოდენობით ინფიცირებით. ამ ქვეყნების უმრავლესობაში, შიდსი კვლავ რჩება ჯანდაცვის უმნიშვნელოვანეს პრობლემად.

ამ ტექსტის დაწერის მომენტისთვის, შიდსი კვლავ უკუჩვენებელ დაავადებად რჩება. დღესდღეობით, ჩვენ არ გვაქვს აივ ვირუსის ერადიკაციის პრეპარატი, თუმცა არსებობს რამდენიმე კომბინაცია, რომელთაც, ზოგიერთ პაციენტში, ეფექტურად შეუძლიათ ვირუსის სუპრესია. ასეთი ადამიანებისთვის, შიდსი ქრონიკული, მაგრამ არაფატალური დაავადებაა. სამწუხაროდ, ეს მედიკამენტები ყველა პაციენტთან არ მუშაობს, ამასთან საკმაოდ ძვირია და არ არის ხელმისაწვდომი მსოფლიოს დიდი ნაწილის შიდსით დაავადებული პაციენტებისთვის.

მიუხედავად ინტენსიური და დიდ დანახარჯებთან დაკავშირებული მუშაობისა, ჯერ-ჯერობით ვერ მოხერხდა ამ დაავადების საწინააღმდეგო ვაქცინის შექმნა. აივ ვირუსი ძალიან ხშირ მუტირებას განიცდის და ამის გამო, ადრე წარმოქმნილი ანტისხეულები არაეფექტურებიან. თვით ჯანმრთელ იმუნურ სისტემასაც კი გაუჭირდებოდა ასეთ მუტირებად ვირუსთან გამკლავება, დასუსტებულს კი ეს უბრალოდ არ შეუძლია. ვერ მოხერხდა სტაბილური, არამუტირებადი ანტიგენის აღმოჩენა, რომელიც გამოსადეგი გახდებოდა ვაქცინაციისთვის.

უკიდურესად მნიშვნელოვნად რჩება ქცევითი პრევენცია, რაც საჭიროებს განათლებას. ყველამ უნდა იცოდეს, როგორ ვრცელდება შიდსი და რა წარმოადგენს იმ მაღალი რისკის ქცევებს, რომელიც ხელს უწყობს დაინფიცირებას. ჯანდაცვის პერსონალს თავისი პასუხისმგებლობები აქვს, რაც გულისხმობს, როგორც თვითგანათლებას, ასევე პაციენტების მათი ოჯახის წევრების განათლებას და საჭიროების შემთხვევაში, აივ ტესტირების წახალისებას.

## ანტისხეულ-მედიტირებული იმუნიტეტი

ეს მექანიზმი მოიცავს ანტისხეულების გამომუშავებას და ასევე, წარმოდგენილია სურათზე 14-7. ამ შემთხვევაშიც, პირველი ნაბიჯი უცხო ანტიგენის ამოცნობაა, ოღონდ, ამჟამად, B უჯრედების, მაკროფაგებისა და T ჰელპერების მიერ. სენსიტირებული T უჯრედი უცხო ანტიგენს გადასცემს B უჯრედებს, რაც ამ უკანასკნელთათვის ძლიერი სტიმულია სპეციფიკური ანტიგენების გამოსამუშავებლად. აქტივირებული B უჯრედები მრავალჯერ იყოფა და წარმოიქმნება მათი ორი სახესხვაობა. ერთ ჯგუფს პლაზმური უჯრედები ეწოდებათ, რომელიც უცხო ანტიგენების მიმართ სპეციფიკურ ანტისხეულებს გამოიმუშავებს; მეორე ჯგუფს **მეხსიერების B უჯრედები**, რომელიც იმასხოვრებს სპეციფიკურ ანტიგენს და მასთან ხელმეორედ კონტაქტის შემთხვევაში, აინიცირებს სწრაფ პასუხს.

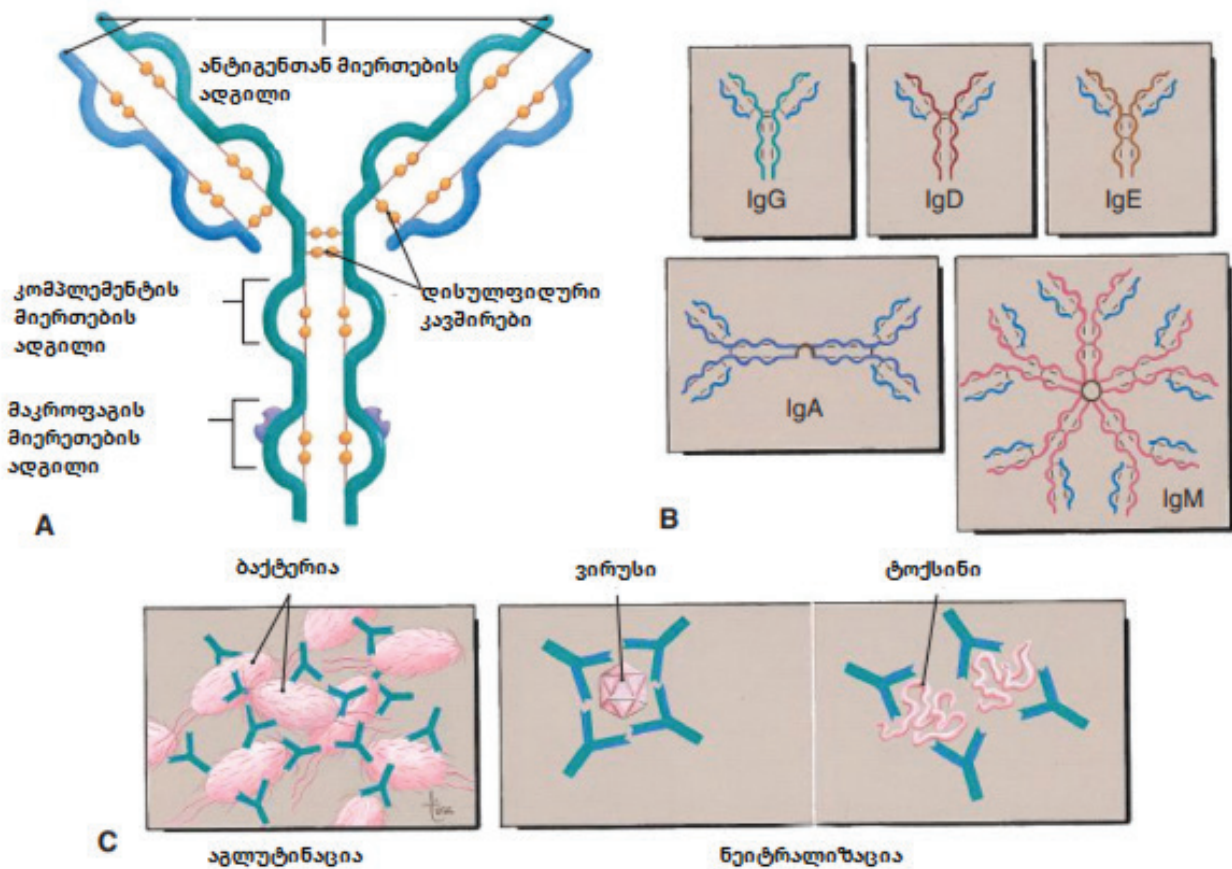
**ანტისხეულები**, რომლებსაც ასევე **იმუნ გლობულინები (Ig), იმუნოგლობულინები და გამმა გლობულინები** ეწოდებათ, ლათინური ასო Y-ის ფორმის ცილებია. ანტისხეულები თავად არ იწვევენ უცხო ანტიგენების განადგურებას, არამედ ემაგრება მათ, რათა მოხდეს მათი „მარკირება“. თითოეული ანტისხეული მხოლოდ ერთი, კონკრეტული ანტიგენის მიმართაა სპეციფიკური. უამრავი პათოგენის არსებობის გამო, იმუნურ სისტემას მრავალი სხვადასხვა ანტისხეულის წარმოქმნის უნარი უნდა ჰქონდეს და ეს მართლაც ასეა. სავარაუდოა, რომ საჭიროების შემთხვევაში, მილიონებით ანტიგენ-სპეციფიკურ ანტისხეულის წარმოქმნა შესაძლებელია. ანტისხეულების სტრუქტურა გამოსახულია სურათზე 14-8, ხუთი კლასის ანტისხეულები კი აღწერილია ცხრილში 14-1.

წარმოქმნილი ანტისხეულები ემაგრება ანტიგენს და წარმოქმნის ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს. ამ კომპლექსის წარმოქმნის შედეგია **ოპსონიზაცია**, რას ნიშნავს, რომ ანტიგენი მარკირებულია, რათა მაკროფაგმა, ან ნეიტროფილმა მოახდინოს მისი ფაგოციტირება. ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსი, ასევე, ასტიმულირებს კომპლემენტის ფიქსაციის პროცესს (იხილეთ, სამახსოვრო 14-3: დიაგნოსტიკური ტესტები).

ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსის მიერ ხდება სისხლში მოცირკულირე ზოგიერთი კომპლემენტ პროტეინების აქტივაცია. კომპლემენტის ფიქსაცია შეიძლება იყოს სრული ან ნაწილობრივი. თუ უცხო ანტიგენი უჯრედულია, კომპლემენტის პროტეინები ებმება ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს, შემდეგ ერთმანეთს და წარმოქმნის ენზიმურ რგოლს, რომელიც



ნარმოქნის ხერხს უჯრედში და ინვეს მის დაღუპვას. ეს კომპლემენტის სრული ფიქსაციაა და ეს ემართებათ ბაქტერიულ უჯრედებს (ასევე, ესაა ჰემოლიზის მექანიზმი ტრანსფუზიური რეაქციების დროს).



**სურათი 14-8** ანტისხეულები. (A) ერთი IgG მოლეკულის სტრუქტურა. დააკვირდით რამდენი დისულფიდური კავშირი უნარჩუნებს მოლეკულის ფორმას. (B) ანტისხეულების 5 კლასის სტრუქტურა (C) ანტისხეულის აქტივობა: ბაქტერიის აგლუტინაცია და ვირუსის და ტოქსინის ნეიტრალიზაცია

**შეკითხვა:** რატომ ახდენს ნეიტრალიზაცია ბაქტერიული ტოქსინის ინაქტივაციას?

თუ უცხო ანტიგენი უჯრედია არაა, მაგალითად, ვირუსია, ადგილი აქვს კომპლემენტის ნა-ნილობრივ ფიქსაციას, რომლის დროსაც კომპლემენტის ზოგიერთი პროტეინი ებმება ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს. ეს ჰემოტაქტიკური ფაქტორია და სხვა მარკირების მექანიზმია, რომელიც იზიდავს მაკროფაგებს ჩაყლაპონ და გაანადგურონ უცხო ანტიგენი.

თუ შევაჯამებთ, შეიძლება ვთქვათ, რომ ადაპტირებადი იმუნიტეტი ძალიან სპეციფიკურია, გამოიმუშავებს მეხსიერებას და ამის გამო, შემდგომი კონტაქტების დროს უფრო ეფექტიანია.

სანამ გავაგრძელებდეთ, მოდით ერთმანეთს კიდევ ერთხელ შევადაროთ იმუნიტეტის ორი ძირითადი კომპონენტი. ამისთვის შეიძლება თანდაყოლილი და ადაპტირებადი იმუნიტეტები სოკერის, ბეისბოლის ან კალათბურთის გუნდებად წარმოვიდგინოთ. თუ თქვენ საყვარელი სპორტული გუნდი გყავთ, თქვენ იცით, რა მნიშვნელობა აქვს კარგ დაცვას. თანდაყოლილი იმუნიტეტის გუნდი ყველა თამაშის დროს ერთსა და იმავე დაცვის სისტემას იყენებს, იმის და მიუხედავად, თუ ვინაა მისი მოწინააღმდეგე. რატომ? იმიტომ, რომ ეს მისთვის ცნობილი ერთადერთი სტრატეგიაა და ის ხშირად შედეგიანია. მიუხედავად იმისა, რომ მას არ შეუძლია მოწინააღმდეგე გუნდის ვარსკვლავური მოთამაშის ამოცნობა და შესაბამისი ადაპტირება, ხშირად, ის ძალიან ეფექტურია, როგორც ზონის დაცვა კალათბურთის თამაშის დროს. დიდი მნიშვნელობა აქვს იმასაც, რომ თანდაყოლილი იმუნიტეტის უჯრედები ინვეს ადაპტირებადი იმუნური სისტემის

ლიმფოციტების აქტივაციასაც - ეს იმას ჰგავს, რომ ერთი გუნდის მოთამაშეები მეორეს გადასცემენ დაფარულ ინფორმაციას როგორი იქნება ამ გუნდის თამაშის სქემა. ასეთ შემთხვევაში, ადაპტირებადი იმუნიტეტის გუნდი ფოკუსირდება მონინალმდეგის საუკეთესო მოთამაშეზე (პირადი დაცვა), დაიმახსოვრებს და მოემზადება ამ მოთამაშესთვის, განმეორებითი თამაშების დროსაც.

**ცხრილი 14-1 ანტისხეულების კლასიფიკაცია**

დასახელება	ლოკაცია	ფუნქციები
IgG	სისხლი და ექსტრაცელულარული სითხე	მონომერი; ყველაზე გავრცელებული იმუნოგლობულინი; გადის პლაცენტას ახალშობილებისთვის პასიური იმუნიტეტის გადასაცემად. დაავადების გადატანის შემდეგ, უზრუნველყოფს ხანგრძლივი იმუნიტეტის განვითარებას.
IgA	გარე და შიდა სეკრეციები (ცრემლი, ნერწყვი, წვრილი ნაწლავი და სხვ.	დიმერი; გვხვდება დედის რძეში ჩვილებისთვის პასიური იმუნიტეტის გადასაცემად; მოიპოვება ყველა მუკოზური მემბრანის სეკრეტში პათოგენის შეჭრის ადგილას ლოკალური დაცვისთვის
IgM	სისხლი	პენტამერი; პირველად წარმოიქმნება ჩვილის მომნიჭებული იმუნური სისტემის მიერ; პირველად წარმოიქმნება ინფექციის დროს (თან ერთვის IgG პროდუქცია); ABO სისხლის ჯგუფის ანტისხეულები
IgD	B ლიმფოციტები	მონომერი; წარმოქმნიან B ლიმფოციტების რეცეპტორებს
IgE	პოხიერი უჯრედები და ბაზოფილები	მონომერი; მნიშვნელოვანია ალერგიული რეაქციებისთვის (პოხიერი უჯრედები გამოიმუშავებს ჰისტამინს და პარაზიტულ ინფექციებზე (მაგალითად, ჰელმინთოზი) პასუხისთვის

**სამახსოვრო 14-3|დიაგნოსტიკური ტესტები**

მრავალი მნიშვნელოვანი ლაბორატორიული ტესტი მოიცავს ანტისხეულების განსაზღვრას და ძალიან მნიშვნელოვანია დიაგნოზის ვერიფიცირებისთვის.

**კომპლემენტის ფიქსაციის ტესტი** - განსაზღვრავს პაციენტის სისხლში გარკვეული ანტიგენის არსებობას, მაგრამ არა ინფექციის განვითარებას.

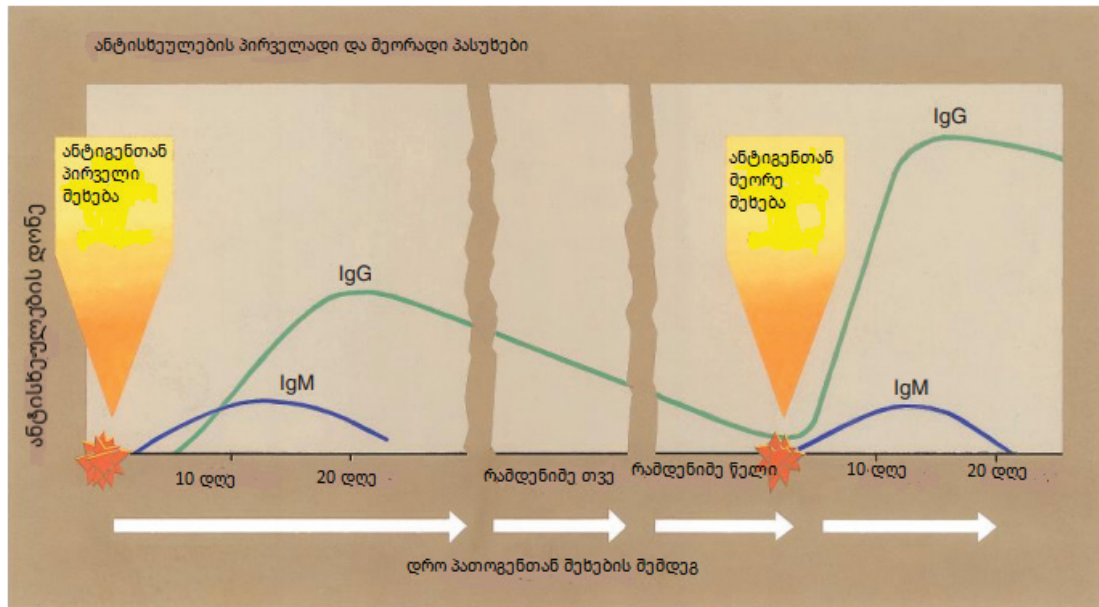
**ანტისხეულების ტიტრი** - განსაზღვრავს პაციენტის სისხლში გარკვეული ანტისხეულების დონეს. თუ რამდენიმე კვირის შემდეგ ჩატარებული განმეორებითი ტესტირებით, ტიტრი მოიმატებს, ეს მიანიშნებს, რომ დაავადება მიმდინარეა.

**ფლუორესცენტული ანტისხეულის ტესტი** - იყენებს ფლუორესცენტული საღებავებით მარკირებულ ანტისხეულებს, რომელიც ემატება სხვადასხვა ბიოლოგიურ მასალას: სისხლს, ნახველს ან ქსოვილოვან ბიოპტატს. თუ საექვო პათოგენი ადგილზეა, მაშინ ფლუორესცენტირებული ანტისხეულები დაუკავშირდება ამ პათოგენს და წარმოქმნის ანტიგენ-ანტისხეულის კომპლექსს, რომელიც “გაანათებს” ფლუორესცენტური მიკროსკოპით დათვალიერების დროს.

დაავადების დიაგნოსტიკისთვის, ზემოთ აღწერილი ტესტების გამოყენება უნდა მოხდეს პაციენტის სიმპტომებისა და ისტორიის შეფასებასთან ერთდ.

## ანტისხეულების პასუხი

უცხო ანტიგენთან პირველი კონტაქტი იწვევს ანტისხეულების წარმოქმნის სტიმულირებას, თუმცა ანტისხეულების წარმოქმნა ნელა და მცირე რაოდენობით ხდება (იხილეთ, სურათი 14-9), მოდით განვიხილოთ, სპეციფიკური მაგალითი - წითელას ვირუსი. ადამიანის პირველად ინფიცირების შემთხვევაში ანტისხეულების წარმოქმნა, ჩვეულებრივ, ნელა მიმდინარეობს და მათ არ შესწევთ დაავადების პრევენციის უნარი; შესაბამისად, დაავადება კლინიკურად გამოვლინდება. ადამიანების უმრავლესობა, წითელას გადატანის შემდეგ, გამოჯანმრთელდება და გამოჯანმრთელების შემდეგ, მას ექნება წითელას ვირუსის მიმართ სპეციფიკური ანტისხეულები და მეხსიერების უჯრედები.



**სურათი 14-9** ანტისხეულების პასუხი პათოგენთან პირველი და შემდგომი შეხებისას. აღწერა ნახეთ ტექსტში

**შეკითხვა:** დაასახელეთ ორი განსხვავება IgG პროდუქციაში, ერთსა და იმავე ანტიგენთან პირველსა და მეორე შეხებას შორის?

მოერეჯერ იმავე ვირუსთან კონტაქტისას, მეხსიერების უჯრედები ახდენს ანტისხეულების დიდი რაოდენობით წარმოქმნის პროცესის ინიცირებას, რაც საკმარისია წითელას განმეორებით განვითარების პრევენციისთვის. ესაა ზოგიერთი დაავადების მიმართ იმუნიტეტის განვითარების მიზეზი და ასევე, ვაქცინების დამცველობითი მექანიზმის საფუძველი (იხილეთ, სამახსოვრო 14-4: ვაქცინები).

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, ფაგოციტოზისა და კომპლემენტის ფიქსაციისთვის, ანტისხეულები ახდენს პათოგენისა და სხვა უცხო ანტიგენების მარკირებას. უფრო ზუსტად, ანტისხეულები, მათ საბოლოო განადგურებამდე, იწვევს პათოგენების აგლუტინაციასა და ნეიტრალიზაციას. **აგლუტინაცია** ნიშნავს „შენებებას“ და ეს ხდება, როდესაც ანტისხეული უკავშირდება ბაქტერიულ უჯრედს. ანტისხეულებით შენებებული ბაქტერიები უფრო ადვილად ფაგოციტირდება მაკროფაგების მიერ (იხილეთ, სურათი 14-8).

### სამახსოვრო 14-4| ვაქცინები

ვაქცინაციის მიზანი დაავადების პრევენციაა. ვაქცინა შეიცავს ანტიგენს, რომელზეც იმუნური სისტემა ისევე უპასუხებს, როგორც ნამდვილ პათოგენს. ვაქცინურ ანტიგენად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მკვდარი ან დასუსტებული პათოგენი, პათოგენის ნაწილი, მაგალითად, ბაქტერიული კაფსულა ან ინაქტივირებული ბაქტერიული ტოქსინი (**ტოქსოიდი**).



რადგან, იშვიათი გამონაკლისების გარდა, თავად ვაქცინა დაავადებას არ იწვევს, მათ მიმართ ანტისხეულების წარმოქმნა ნელი პროცესია და არ არის ადამიანისთვის დამაზიანებელი. ვაქცინასთან პირველად შეხების შემდეგ, იწყება ანტისხეულებისა და მეხსიერების უჯრედების პროდუქციის აქტივაცია. თავად, პათოგენთან კონტაქტის შემდეგ იწყება ანტისხეულების დიდი რაოდენობით გამომუშავება, რაც საკმარისია დაავადების პრევენციისთვის.

ამ ეტაპზე ჩვენ მრავალი დაავადების საწინააღმდეგო ვაქცინა გვაქვს. ტეტანუსისა და დიფტერიის ვაქცინები შეიცავს ტოქსოიდებს - ამ ბაქტერიების ინაქტივირებულ ტოქსინებს. პნევმოკოკური პნევმონიისა და მენინგიტის საწინააღმდეგო ვაქცინები შეიცავს ბაქტერიულ კაფსულებს. ამ ვაქცინებს არ შეუძლიათ დაავადების გამონვევა, რადგან ისინი არ შეიცავს ცოცხალ პათოგენებს და არ არიან ტოქსიურები. გრიპისა და ცოფის ვაქცინები შეიცავს მკვდარ ვირუსებს. წითელასა და პოლიომიელიტის ვაქცინები შეიცავს დასუსტებულ ვირუსებს.

მიუხედავად იმისა, რომ დასუსტებული პათოგენები, ჩვეულებრივ, ანტიგენების როლს ასრულებს და ასტიმულირებს დამცავ იმუნურ პასუხებს, არსებობს მცირე შანსი, რომ მათი ვირულენტობა აღდგეს და დაავადება გამოიწვიოს. ცოცხალი ვირუსის შემცველი პერორალური პოლიომიელიტის ვაქცინის (ჯერაც გამოიყენება მთელი მსოფლისო მასშტაბით ამ დაავადების აღმოსაფხვრელად) რისკი 1: 500,000. მკვდარი ვირუსის შემცველი პოლიომიელიტის ვაქცინის რისკი ნაკლებია.

ანტისხეულებითაც შესაძლებელია ვირუსების ინაქტივაცია. რეპროდუქციისთვის, ვირუსს ცოცხალ უჯრედში შესვლა სჭირდება. ანტისხეულთან შეკავშირებულ ვირუსს კი ამის უნარი არ აქვს, ვერ რეპროდუცირდება და სწრაფად ფაგოციტირდება. ანტისხეულების ბაქტერიულ ტოქსინებთან დაკავშირება ტოქსინების ნეიტრალიზაციასაც იწვევს. ანტისხეულები ცვლის ტოქსინის ფორმას, უკარგავს მათ დამაზიანებელ ეფექტებს და ხელს უწყობს, მაკროფაგების მიერ, მათ ფაგოციტირებას.

**ალერგიებიც** ანტისხეულების აქტივობის შედეგია (იხილეთ, სამახსოვრო 14-5: ალერგიები).

## სამახსოვრო 14-5| ალერგიები

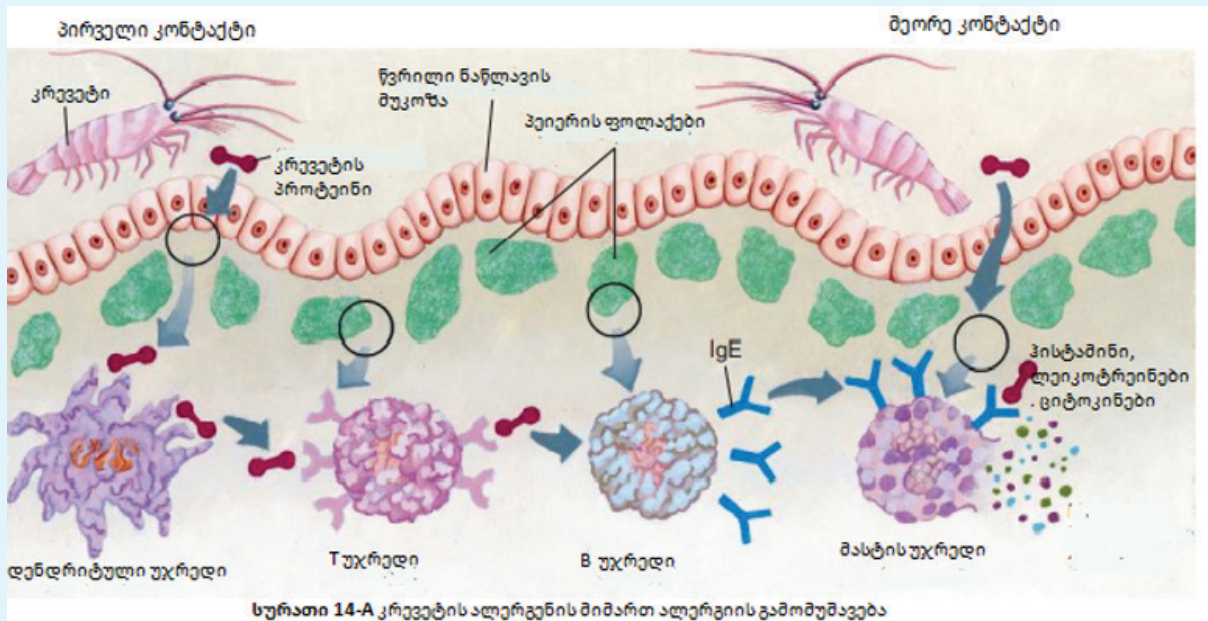
რომელიმე კონკრეტული ანტიგენის მიმართ ჰიპერსენსიტიურობას **ალერგია** ეწოდება, ანტიგენს კი **ალერგენი**. ალერგენი შეიძლება იყოს მცენარეების მტვერი, საკვები, კოსმეტიკური საშუალებები, ანტიბიოტიკები, როგორცაა პენიცილინი და ობის სპორები. ალერგენები თავისთავად საზიანო არ არის. მაგალითად, ადამიანების უმეტესობას ალერგიის გამოვლენის გარეშე შეუძლია მტვრის ჩასუნთქვა, არაქისისა და კრევეტების ჭამა, პენიცილინის მიღება და სხვ.

ჰიპერსენსიტიურობა ნიშნავს, რომ იმუნური სისტემა შეცდომით და გადაჭარბებულად პასუხობს ალერგენს და ამით იწვევს ქსოვილის დაზიანებას. კრევეტების მიმართ ალერგიის განვითარება ნაჩვენებია სურათზე 14-A. კრევეტის პროტეინთან პირველი კონტაქტის შემდეგ, მოარული დენდრიტული უჯრედები აკრეფს პროტეინს წვრილი ნაწლავის მუკოზიდან და მიაწოდებს პეიერის ფოლაქების T უჯრედებს. ჩვენთვის უცნობი მიზეზების გამო, T უჯრედებმა შეიძლება ვერ “შეისწავლოს” კრევეტის პროტეინი და არ მიიღოს ის საკვებად. თუ ასე მოხდა, T უჯრედები ააქტივებს B უჯრედებს და კრევეტის პროტეინების მიმართ, ისინი იწყებს IgE ანტისხეულების გამომუშავებას. ეს ანტისხეულები შემდეგ ებმებიან პოხიერ უჯრედებს, რომელიც შეიცავს ჰისტამინსა და ლეიკოტრინებს. კრევეტის პროტეინთან შემდგომი კონტაქტის დროს, პროტეინი უერთდება პოხიერი უჯრედების IgE ანტისხეულებს, რაც იწვევს ჰისტამინისა და სხვა ციტოკინების გამოთავისუფლებას. ეს ნივთიერებები, კაპილარებისა და კედლების განვლადობის გაზრდით, ხელს უწყობს ანთების განვითარებას.

აღსანიშნავია, რომ ალერგიული რეაქციის დროს, ანთება ჩვეულ სასარგებლო მიზანს არ ემსახურება, მას დამაზიანებელი ქმედებები აქვს და ისეთი სიმპტომების განვითარებას იწვევს, როგორცაა ჭინჭრის ციება, თვალებიდან და ცხვირიდან გამონადენი (თივის ცხელება) ან ბრონქული ასთმისთვის დამახასიათებელი სერიოზული ჩივილების აღმოცენება, როგორცაა ხიხინი და გაძნელებული სუნთქვა (იხილეთ. თავი 15). არსებობს მედიკამენტები, რომელსაც შეუძლიათ ამ სიმპტომების კუპირება.

ანაფილაქსიური შოკი უკიდურესი ალერგიული რეაქციაა, რომელიც შეიძლება განვითარდეს პენიცილინის, მწერების შხამის ან ზოგიერთი საკვების საპასუხოდ. პირველი კონტაქტის შემდეგ, ადამიანი ძალიან მგრძობიარე ხდება უცხო ანტიგენის მიმართ. მეორე კონტაქტის დროს, მთელი სხეულის მასშტაბით, პოხიერი უჯრედებიდან გამოთავისუფლდება ჰისტამინი და სხვა ციტოკინები, რაც იწვევს სისხლის მოცულობის მკვეთრად შემცირებას. ამას არტერიული წნევის იმდენად დრამატული დაცემა მოჰყვება, რომ პაციენტი შესაძლოა რამდენიმე წუთში დაიღუპოს. ამის გამო, ადამიანებმა, რომლებმაც იციან, რომ ფუტკრის ნაკბების მიმართ ალერგია აქვთ, თან ეპინეფრინის შემცველი შპრიცი შეიძლება ატარონ. ეპინეფრინმა შესაძლოა გაახანგრძლივოს ანაფილაქსიური შოკის პროგრესირება, რათა მოესწროს სამედიცინო დახმარების მიღება.

შეიძლება ჩატარდეს ალერგენის მიმართ დესენსიბილიზაცია, რაც გულისხმობს, დავეხმაროთ იმუნურ სისტემას (T უჯრედებს) შეეჩვიონ ალერგენებს. ასე, მაგალითად, ბავშვს, რძისა და არაქისის მიმართ მძიმე ალერგიით, პირველ კვირას მივცემთ ამ ალერგენების უმცირეს რაოდენობას, შემდეგ კვირას ცოტა მეტს, შემდეგ - კიდევ ცოტა მეტს და ა.შ. რამდენიმე თვის განმავლობაში, დოზის თანდათანობით ფრთხილად მომატებით, შეიძლება მიიღწეს, რომ ბავშვმა თავისუფლად შეძლოს არაქისისა და რძის მიღება. ასეთი ცდა ძალიან ნელ ტემპში და მკაცრი სამედიცინო მეთვალყურეობის ქვეშ უნდა მიმდინარეობდეს.



## იმუნიტეტის ტიპები

იმუნიტეტის წყაროს მიხედვით, ორი ძირითადი კატეგორია შეიძლება გამოვყოთ: გენეტიკური იმუნიტეტი და შეძენილი იმუნიტეტი. გენეტიკური იმუნიტეტი ჩვენი დნმ-ის ინფორმაციას ემყარება, შეძენილი იმუნიტეტი კი გამომწვევდება ბუნებრივი ან ხელოვნური გზით.

**გენეტიკური იმუნიტეტი** არ საჭიროებს ანტისხეულებს ან იმუნური სისტემის აქტივაციას. ის ჩვენი გენეტიკით განისაზღვრება. ამის შედეგია, რომ ზოგიერთი პათოგენი დაავადებას იწვევს ერთ მასპინძელში და არ იწვევს მეორეში. ასე მაგალითად, კატებსა და ძაღლებს გენეტიკური იმუნიტეტი აღენიშნებათ წითელას ვირუსის მიმართ და ეს ვირუსი მხოლოდ ადამიანებისთვისაა

პათოგენური. თავის ლეიკემიის ვირუსი აზიანებს მარტო თავებს და არ გადაეძება ადამიანებს, რადგან ჩვენ ამ ვირუსის მიმართ გენეტიკური იმუნიტეტი გვაქვს.

ეს იმიტომ არ ხდება, რომ ჩვენ თავების ვირუსების მიმართ ანტისხეულები მოგვეპოვება, არამედ იმიტომ, რომ ჩვენ გვაქვს გენები, რომელიც პროტეინებისთვის კოდებს წარმოადგენს, რაც შეუძლებელს ხდის ამ ვირუსების ჩვენს უჯრედებსა და ქსოვილებში გამრავლებას. მაიმუნებს, ასეთივე დამცავი გენები და პროტეინები აქვთ შიდსის გამომწვევი ვირუსის მიმართ, შესაბამისად, აივ ვირუსი არ იწვევს მათში დაავადების განვითარებას. რადგან გენეტიკური იმუნიტეტი გენეტიკური მახასიათებელია და დნმ-შია პროგრამირებული, ის მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ნარჩუნდება.

**შეძენილი იმუნიტეტი** საჭიროებს ანტისხეულების ჩართვას. პასიური იმუნიტეტი ნიშნავს, რომ ანტისხეულების წყარო გარედანაა, **აქტიური იმუნიტეტი** კი გულისხმობს საკუთარი ანტისხეულების გამომუშავებას.

ბუნებრივი პასიური იმუნიტეტის მაგალითია, დედიდან ნაყოფზე, ანტისხეულების (IgG) პლაცენტარული გადაცემა. შესაბამისად, ბავშვი დაიბადება იმ დაავადებების მიმართ დროებითი იმუნიტეტით, რომელთა მიმართაც დედა იმუნურია. ასეთი პასიური იმუნიტეტის გახანგრძლივება შესაძლებელია ძუძუთი კვებით, რადგან დედის რძეც შეიცავს ანტისხეულებს (IgA).

ხელოვნური პასიური იმუნიტეტი მიიღება, კონკრეტული პათოგენის სავარაუდო ზემოქმედების შემდეგ, იმუნო გლობულინების (გამაგლობულინები, ან წინასწარ გამომუშავებული ანტისხეულები) ინექციით. ასეთი იმუნოგლობულინები ხელმისაწვდომია ისეთი ინფექციებისთვის, როგორებიცაა ნითურა, **A** და **B** ჰეპატიტები, ტეტანუსი, ბოტულიზმი (ანტი-ტოქსინი) და ცოფი. ისინი არ წარმოადგენს ვაქცინებს და არ იწვევს იმუნიტეტის სტიმულაციას, არამედ უზრუნველყოფს მყისიერ ანტისხეულურ დაცვას. პასიური იმუნიტეტი ყოველთვის დროებითია, რადგან სხვა წყაროდან მიღებული ანტისხეულები ბოლოს იშლება და გრძელდება რამდენიმე კვირიდან რამდენიმე თვემდე.

აქტიური იმუნიტეტი საკუთარი ანტისხეულების პროდუქციით მიიღწევა, რაც შეიძლება ბუნებრივად ან ხელოვნურად სტიმულირდეს. ბუნებრივი შეძენილი იმუნიტეტის არსებობა ნიშნავს, რომ ადამიანი გამოჯანმრთელდა ინფექციური დაავადებისგან და მას, სპეციფიკური ანტიგენის მიმართ, ანტისხეულები და მახსოვრობის უჯრედები მოეპოვება. შეძენილი ხელოვნური იმუნიტეტი გამომუშავდება ვაქცინაციის შედეგად, რაც ასტიმულირებს ანტისხეულებისა და მახსოვრობის უჯრედების წარმოქმნას (იხილეთ, სამახსოვრო **14-6**: ვაქცინები, რომელმაც შეცვალა ჩვენი ცხოვრება). ერთსა და იმავე პათოგენის მიმართ, აქტიური იმუნიტეტის ხანგრძლივობა შესაძლოა სხვადასხვა იყოს შეძენილი და ბუნებრივი იმუნიტეტის შემთხვევაში, მაგალითად, შავი ჭირის გადატანის შემდეგ გამომუშავებული იმუნიტეტი სიცოცხლის ბოლომდე გრძელდება, იმავე პათოგენის ვაქცინაციით მიღწეული კი არა. შესაბამისად, შეძენილი აქტიური იმუნიტეტის ხანგრძლივობა სპეციფიკურია კონკრეტული დაავადებისა და კონკრეტული ვაქცინისთვის.

**ცხრილი 14-2 | იმუნიტეტის ტიპები**

ტიპი	აღწერა
გენეტიკური	არ მოითხოვს ანტისხეულების ჩართვას; დაპროგრამებულია DNA-ს დონეზე; ზოგიერთი პათოგენი გავლენას ახდენს მასპინძლის გარკვეულ სახეობებზე, მაგრამ ყველაზე არა
შეძენილი	არ მოითხოვს ანტისხეულების ჩართვას
პასიური	ანტისხეულების წყარო სხვაა
ბუნებრივი	IgG ანტისხეულების პლაცენტარული გადაცემა. IgA ანტისხეულების დედის რძით გადაცემა



ხელოვნური	წინასწარ გამომუშავებული ანტისხეულების (გამაგლობულინები ან იმუნოგლობულინები) ინექცია ანტიგენტან კონტაქტის საპასუხოდ
აქტიური	საკუთარი ანტისხეულების წარმოქმნა
ბუნებრივი	ინფექციური დაავადებისგან გამოჯანმრთელება, ანტისხეულებისა და მახსოვრობის უჯრედების წარმოქმნით
ხელოვნური	ვაქცინა ინვევს ანტისხეულების და პოხიერი მეხსიერების უჯრედების წარმოქმნას

## დაბერება და ლიმფური სისტემა

ამკარაა, რომ დაბერება ინვევს იმუნური სისტემის ეფექტიანობის შემცირებას. ხანდაზმულებს, ახალგაზრდებთან შედარებით, უფრო ხშირად უვითარდებათ, ჰერპეს ზოსტერი, რისი მიზეზიც ისაა, რომ დაბერებული იმუნიტეტი ვეღარ ინარჩუნებს ჩუტყვავილას მიძინებულ ვირუსს პასიურ მდგომარეობაში. ისინი ასევე უფრო მიდრეკილნი არიან ისეთი ინფექციებისადმი, როგორცაა გრიპი და ე.წ. მეორეული ინფექციები, მაგალითად, გრიპის შემდეგ განვითარებული პნევმონია. ვაქცინები ხელმისაწვდომია ორივე ზემოთ აღნიშნული დაავადების საპრევენციოდ და უნდა მოხდეს ხანდაზმული ადამიანების ნახალისება, რომ გამოიყენონ ეს შესაძლებლობა. 10 წელიწადში ერთხელ, ამ ასაკის ადამიანები ტეტანუს-დიფტერია-ყვიანახველას ბუსტერსაც უნდა იღებდნენ.

ხანდაზმულ ასაკში, ასევე, უფრო ხშირია აუტოიმუნური დაავადებების განვითარება. იმუნური სისტემა საკუთარ ქსოვილებს შეცდომით უცხოდ აღიქვამს და ინყებს მათ განადგურებას. რევმატოიდული ართრიტი და მიასთენია აუტოიმუნური დაავადებების მაგალითია. ასაკის მატებასთან ერთად ხშირდება ავთვისებიანი დაავადების აღმოცენების შემთხვევები - თუ ადრე, ავთვისებიანი უჯრედების განადგურება სწრაფად ხდებოდა, ახლა ისინი ცოცხლები რჩება და პროლიფერაციას განიცდის.

### სამახსოვრო 14-6| ვაქცინები, რომელმაც შეცვალა ჩვენი ცხოვრება

1797 წელს, ინგლისში Edward Jenner-მა გამოქვეყნა მონაცემები ძროხის ყვავილის ვირუსის გამოყენების შესახებ, რომელსაც ვაქცინა დაერქვა და ადამიანის ყვავილის გამომწვევი ვირუსის საწინააღმდეგო პირველი ვაქცინა იყო. ეს ვირუსები ერთმანეთის მსგავსია. მას არ ჰქონდა ინფორმაცია რეალური პათოგენების შესახებ, რადგან ვირუსები ჯერ არ იყო აღმოჩენილი, თუმცა შემჩნეული ჰქონდა, რომ ძროხის მწველავ ქალებს, რომლებსაც ხშირად აღენიშნებოდათ ძროხის ყვავილი, ნაკლებად ემართებოდათ ადამიანის ყვავილი. 1980 წელს მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციამ განაცხადა, რომ ადამიანის ყვავილი მთელ მსოფლიოშია აღმოფხვრილი. დაავადება, რომელმაც მოკლა ან დაასახიჩრა უამრავი ადამიანი, ისტორიას ჩაბარდა (გარდა, მისი ბიოლოგიური გამოყენების შესაძლებლობისა).

მე-19 საუკუნეში, ამერიკის შეერთებული შტატების ჩრდილოეთ ნაწილში, ყოველ ზამთარს ათასობით ბავშვი იღუპებოდა დიფტერიით. დღესდღეობით, მთელს აშშ-ში ამ დაავადების მხოლოდ 10 შემთხვევა ფიქსირდება წელიწადში. ადრეულ 1950 წლებში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ყოველწლიურად პოლიომიელიტის 50 000 შემთხვევა ფიქსირდებოდა. დღესდღეობით, ჩრდილოეთ ამერიკაში, ეს ვირუსი ელიმინირებულია.

ყვავილი, დიფტერია და პოლიომიელიტი აღარ წარმოადგენს საშინელ დაავადებებს და ამის მიზეზი ვაქცინის გამოგონება და ფართოდ გავრცელებაა. ვაქცინაციით დაცული ადამიანები სხვა ადამიანებისთვისაც არ წარმოადგენენ დაავადების წყაროს და, შესაბამისად, დაავადების გავრცელებაც მცირდება.

ვაქცინაციით კონტროლირებულ დაავადებებს მიეკუთვნება ტეტანუსი, ყბაყურა, გრიპი, ნითელა და წითურა. ბოლო პერიოდამდე ვაქცინაცია ყივანახველას მიმართაც ტარდებოდა; შემდეგ მკვეთრად შემცირდა და ამან, აშშ-ში დაავადების შემთხვევების მკვეთრი გაზრდა გამოიწვია. B ჰეპატიტის ვაქცინაციამ მნიშვნელოვნად შეამცირა ჯანდაცვის მუშაკებში ამ დაავადების განვითარების რაოდენობა და ეს ვაქცინა, ასევე, რეკომენდებულია ბავშვებისთვის. ცოფის ვირუსი სასიკვდილო იქნება, თუ ვირუსის ექსპოზიის შემდგომ არ მოხდება ადამიანის ვაქცინაცია.

ამ ვაქცინების გარეშე, ჩვენი ცხოვრება სრულიად განსხვავებული იქნებოდა. ჩვილებისა და ბავშვთა სიკვდილიანობა გაცილებით მაღალი იქნებოდა და ყველა ჩვენგანი გაცილებით მონყვლადი იქნებოდა ინფექციური დაავადებების მიმართ. მსოფლიოს გარკვეული ნაწილისთვის, ეს ახლაც რეალობაა. აზიისა და აფრიკის ბევრი განვითარებადი ქვეყანა ვერ უზრუნველყოფს ვაქცინაციის საყოველთაოდ განხორციელებას და ზემოთ მოხსენიებული მრავალი დაავადება ჯერაც ამ ქვეყნების მოსახლეობის ცხოვრების ნაწილს წარმოადგენს.

## შეჯამება

იმუნიტეტზე ზემოთ წარმოდგენილი მსჯელობა ცხადყოფს რამდენად რთულია ორგანიზმის დამცავი სისტემები. აღსანიშნავია, რომ ბევრი რამ კიდევ გამოსაკვლევიანია, განსაკუთრებით, იმუნიტეტზე ნერვული და ენდოკრინული სისტემების ეფექტები. ასე მაგალითად, ცნობილია, რომ ადამიანის იმუნური სისტემა ძლიერი სტრესის ფონზე სხვანაირად მოქმედებს, ვიდრე სტრესის გარეშე.

ამ ეტაპზე ამ მიმართულების მრავალი კვლევა მიმდინარეობს. მიზანი არა ყველა დაავადების აღმოფხვრაა (რაც შეუძლებელია), არამედ ზოგიერთი დაავადების პრევენციით, ადამიანებისთვის უფრო ჯანსაღად ცხოვრების შესაძლებლობის უზრუნველყოფაა.

# თავი 15

## რესპირატორული სისტემა

ზოგჯერ ადამიანი რაიმე ჩვევას ასე აღწერს „ისეთი ბუნებრივია, როგორც სუნთქვა“. მართლაც რა უნდა იყოს სუნთქვაზე ბუნებრივი? სინამდვილეში, ჩვენ იშვიათად ვფიქრობთ სუნთქვაზე და ის სულაც არ წარმოადგენს ისეთ რამეს, რასაც განსაკუთრებულად ველით, მაგალითად, როგორც კარგ სადილს. ჩვენ უბრალოდ ვსუნთქავთ, ჩვეულებრივ, 10-20 სუნთქვა/წთ-ში და საჭიროების შემთხვევაში, უფრო სწრაფადაც, მაგალითად, ფიზიკური ვარჯიშის დროს. თქვენ, ალბათ, გსმენიათ, ტრენირებულ მომღერლებზე, რომლებიც „სუნთქვას სწავლობენ“, სინამდვილეში ისინი სწავლობენ, როგორ გახადონ სუნთქვა უფრო ეფექტიანი.

**რესპირატორული სისტემის** ძირითადი საზრუნავი ისაა, რასაც ჩვენ სუნთქვას ვეძახით, ანუ ჰაერის გატარება ფილტვებამდე და ფილტვებიდან. ფილტვები სისხლსა და ჰაერს შორის ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის გაცვლის ადგილია. ორივე ნივთიერების ცვლა ძალიან მნიშვნელოვანია. უჯრედული სუნთქვისთვის, რომლის მიზანი ATP-ის წარმოქმნაა, ჟანგბადი ჩვენს ყველა უჯრედს ჭირდება. ასეთივე მნიშვნელოვანია უჯრედული სუნთქვის ნარჩენი პროდუქტის, ნახშირორჟანგის ელიმინაცია და როგორც თქვენ უკვე იცით, ცირკულატორული სისტემის გამართულად ფუნქციონირებას, გადამწყვეტი როლი ენიჭება ორივე გაზის სისხლში ტრანსპორტირებისათვის.

### რესპირატორული სისტემის ნაწილები

რესპირატორული სისტემა ორ ნაწილად შეიძლება დავეყოთ: ზედა რესპირატორული ტრაქტი და ქვედა რესპირატორული ტრაქტი. **ზედა რესპირატორული ტრაქტი** მოიცავს გულმკერდის გარეთ მდებარე ორგანოებს. ჰაერი გაივლის ცხვირს, ცხვირის ნიალებს, ხახას, ხორხს და ტრაქეის ზედა ნაწილს. ქვედა რესპირატორული ტრაქტის შემადგენლობაში შედიან გულმკერდის ღრუში განლაგებული ორგანოები: ტრაქეის ქვედა ნაწილი და თავად ფილტვები, რომლებიც მოიცავენ ბრონქებსა და ალვეოლებს. რესპირატორული სისტემის ნაწილებია პლევრალური მემბრანები და გულმკერდის ღრუს წარმომქმნელი რესპირატორული კუნთები: დიაფრაგმა და ნეკნთაშუა კუნთები.

ზოგიერთი ორგანო და სტრუქტურა თქვენთვის უკვე ნაცნობია. ამ თავში სხვა კარგად ნაცნობ უფრო მეტ რამეს შეხვდებით, რადგან ის მოიცავს მასალას ყველა განვლილი თავიდან. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ ყველა სისტემას ცალ-ცალკე აღვწერთ, რესპირატორული სისტემა სხეულის სხვადასხვა სისტემების ურთიერთდამოკიდებული მუშაობის შესანიშნავი მაგალითია.

### ცხვირი და ცხვირის ნიალები

ჩვეულებრივ, რესპირატორულ სისტემაში ჰაერი **ცხვირიდან** შედის და გამოდის, რომელიც შედგება კანით დაფარული ძვლისა და ხრტილისგან. ცხვირის ნესტოების შიდა ზედაპირი დაფარულია ბუსუსებით, რომლებიც ენიშნაღმდეგებიან მტვრის შესვლას.

**ცხვირის ნიალები** ერთმანეთისგან **ცხვირის ძვიდითაა** გამოყოფილი, რომელიც წარმოადგენს ძვლოვან ფირფიტას, რომელიც შედგება ეთმოიდური ძვლისა და სახნისის ძვლისგან. **ნაზალური მუკოზა** (ამომფენი გარსი) წამწამოვანი ეპითელიუმია, რომელიც შეიცავს ლორწოს მაპროდუცირებელ ფიალისებრ უჯრედებს (**goblet cells**). ორივე ნაზალური ნიალის ლატერალური კედლიდან გამოზნექილია უჯრის, ან გრაგნილის მსგავსი 3 ძვალი, რომლებსაც **ნიჟარები** ეწოდებათ (იხილეთ, სურათი 15-1; ასევე, თავი 6, სურათი 6-1). ისე როგორც, კარადის უჯრები ზრდიან კარადის შემნახველ ბრტყელ ზედაპირს, ნიჟარებიც ზრდიან ნაზალური მუკოზის ზედაპირს. ცხვირის ნიალებში გავლისას, ჰაერი ნაზალური მუკოზისგან იღებს სითბოსა და ტენს. ჰაერი რომელიც მიაღწევს ფილტვებს სხეულის ტემპერატურამდე გამთბარი და 100%-მდე დატენიანებულია; ეს ძალიან მნიშვნელოვანია, რათა თავიდან იქნას აცილებული ალვეოლარული უჯრედების გამოშრობა. ჰაერთან ერთად, ჩასუნთქული ბაქტერიები და ჰაერის დამაბინძურე-



ბელი ნაწილაკები, ჩაიჭირებიან მუკოზას მიერ. ნაწინამები მუდმივად გადადევნიან ლორწოს ხანისკენ. ლორწოს უმეტესი ნაწილი გადაიყლაპება და მასთან ერთად გადაყლაპული ბაქტერიები, კუჭის წვენისა და მარილმჟავას მიერ, კუჭში განადგურდებიან.

ცხვირის წიაღების ზედა ნაწილებში განთავსებულია ყნოსვის რეცეპტორები, რომლებიც აღიქვამენ ადამიანის მიერ ჩასუნთქულ აორთქლებად ნივთიერებებს. ყნოსვის ნერვი გაივლის ეთმოიდურ ძვალს და მიემართება ტვინისკენ.

თქვენ შეიძლება გაგახსენდეთ ჩვენი წინა დისკუსია პარანაზალურ სინუსებზე, რომლებიც წარმოადგენენ ზედა ყბაში, შუბლის. სოლისებრ და ეთმოიდურ ძვლებში განლაგებულ ჰაერის შემცველ ღრუებს (იხილეთ, სურათი 15-1; ასევე, თავი 6, სურათი 6-9). ეს სინუსები ამოფენილია წამწამოვანი ეპითელიუმით, წარმოქმნილი ლორწო კი ცხვირის წიაღებში გადაედინება. პარანაზალური სინუსების ფუნქცია თავის ქალასთვის სიმსუბუქის და ხმისთვის რეზონანსის (მეტი მოვიბრირე ჰაერი) მინიჭებაა.

## ფარინქსი (ხახა)

**ფარინქსი (ხახა)** კუნთოვანი მილია, რომელიც ცხვირის და პირის ღრუს უკან და ხერხემლის კისრის ნაწილის წინ მდებარეობს. დეტალურად აღსანიშნავად, ფარინქსი შეიძლება სამ ნაწილად დავეყოთ ნაზოფარინქსი, ოროფარინქსი და ლარინგოფარინქსი (იხილეთ, სურათი 15-1).

ყველაზე ზემოთ, ცხვირის წიაღების უკან განლაგებულია **ნაზოფარინქსი**. ყლაპვის დროს რბილი სასა ზემოთ იწევა და ახდენს ნაზოფარინქსის დაკეტვას, რათა არ მოხდეს საკვების და ნერწყვის ზემოთ გადადინება. უფულა რბილი სასის ნაწილია, რომელიც თქვენ ხახის უკანა ზედაპირზე შეიძლება დაინახოთ. ნაზოფარინგის უკანა კედელზე განლაგებული ადენოიდი, ან ფარინგეალური ტონზილა, მაკროფაგების შემცველი ლიმფური კვანძუკაა. ნაზოფარინქსში იხსნება ევსტაქის ორი მილი, რომლებიც შუა ყურამდე გრძელდება. ევსტაქის მილების ფუნქცია მისკენ ჰაერის შუა ყურში შესვლის და იქიდან გამოსვლის საშუალებაა, რაც დაფის აპკებს საჭირო ვიბრაციის საშუალებას აძლევს.

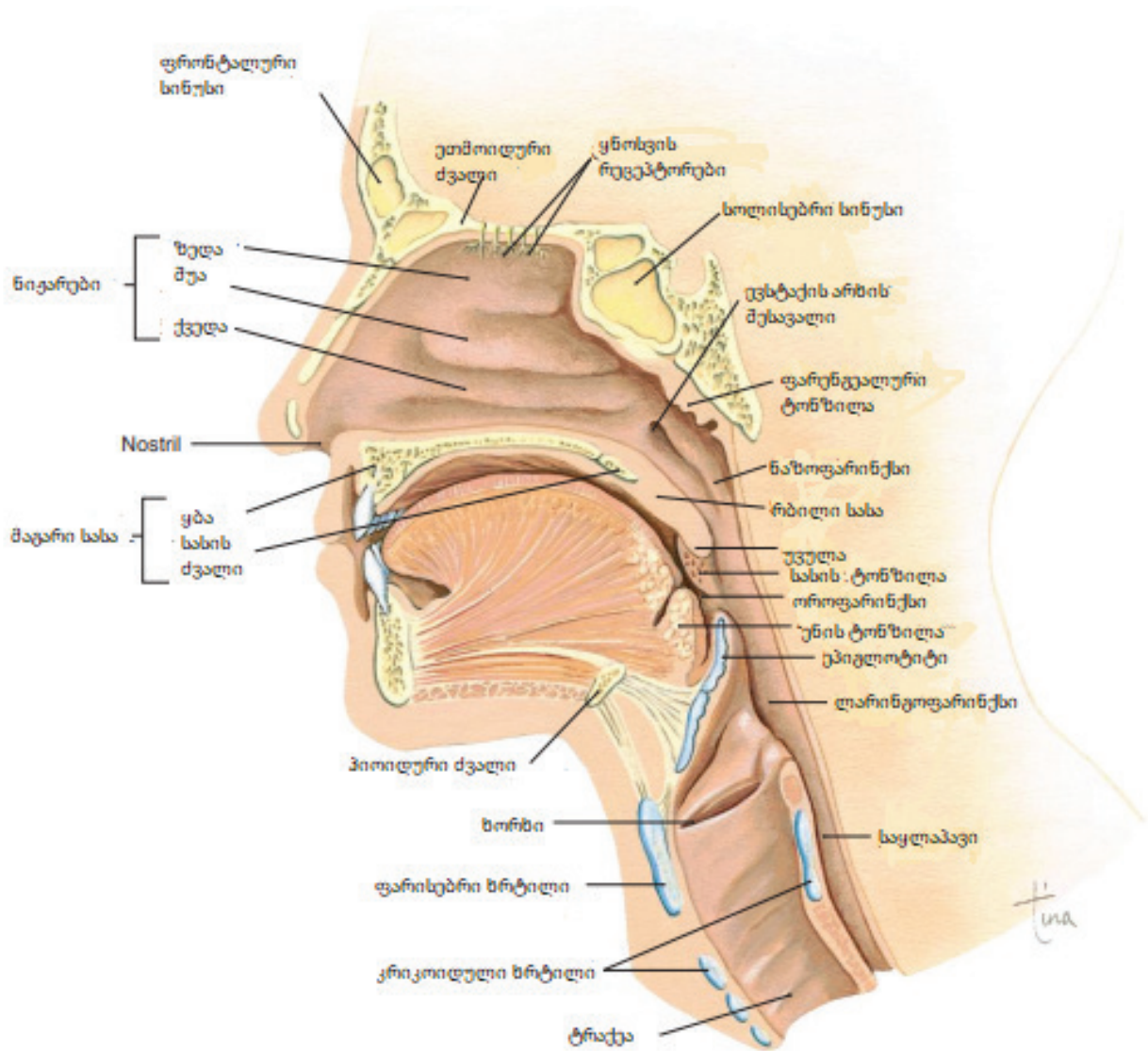
ნაზოფარინქსი მარტო ჰაერს ატარებს, ფარინქსის დანარჩენი ნაწილები კი ჰაერსაც და საკვებსაც, მაგრამ არა ორივეს ერთდროულად. **ოროფარინქსი** პირის უკან მდებარეობს და ამოფენილია სქვამოზური ეპითელიუმით, რაც პირის ღრუს ამომფენი ეპითელიუმის გაგრძელებაა. მის ლატერალურ კედელზე განლაგებულია სასის ტონზილები, რომლებიც ასევე ლიმფურ კვანძუკებს წარმოადგენენ. ადენოიდთან და ენის ფუძესთან განლაგებულ, ენის ტონზილებთან ერთად, ისინი წარმოქმნიან ხახის ირგვლივ რგოლს, რომელიც ახდენს მუკოზაში შეჭრილი პათოგენების განადგურებას.

**ლარინგოფარინქსი** ფარინქსის ყველაზე ქვემო ნაწილია. წინ ის ხორხისკენ (ლარინქსისკენ) იხსენება, უკან კი საყლაპავისკენ. ოროფარინქსისა და ლარინგოფარინქსის კუნთების შეკუმშვა ყლაპვის რეფლექსის ნაწილია.

## ლარინქსი (ხორხი)

**ლარინქსს**, ხშირად, ხმოვან ყუთს უწოდებენ, რაც მის ერთ-ერთ ფუნქციაზე, მეტყველების შესაძლებლობაზე მიუთითებს. ხორხის კიდევ ერთი ფუნქცია ხახიდან ტრაქეაში ჰაერის გატარებაა. ჰაერგამტარი გზები სულ გამავალი უნდა იყოს, ამის გამო ლარინქსი წარმოადგენილია მყესებით შეერთებულ ცხრა ხრტილისგან. ხრტილი მყარი, თუმცა მოქნილი ქსოვილია, რაც ხელს უშლის ხორხის კოლაფსს; ხორხისგან განსხვავებით, საყლაპავი საკვების გატარების მომენტის გარდა, სულ ჩაჩუტულ მდგომარეობაშია.

ხორხის ყველაზე დიდი ხრტილი, **ფარისებრი (თიროიდული) ხრტილია** (იხილეთ, სურათი 15-2), რომელსაც თქვენ, შესაძლოა, კისრის წინა ზედაპირზე შეიგრძნობდეთ. ეპიგლოტი-ხორხსარქველი ყველაზე ზედაპირული ხრტილია. ყლაპვის დროს, ხორხი მალა იწევა და ეპიგლოტიტი ეფარება მის შესავალს, როგორც ლუქი, რათა არ მოხდეს ნერწყვისა და საკვების ხორხში გადასვლა.

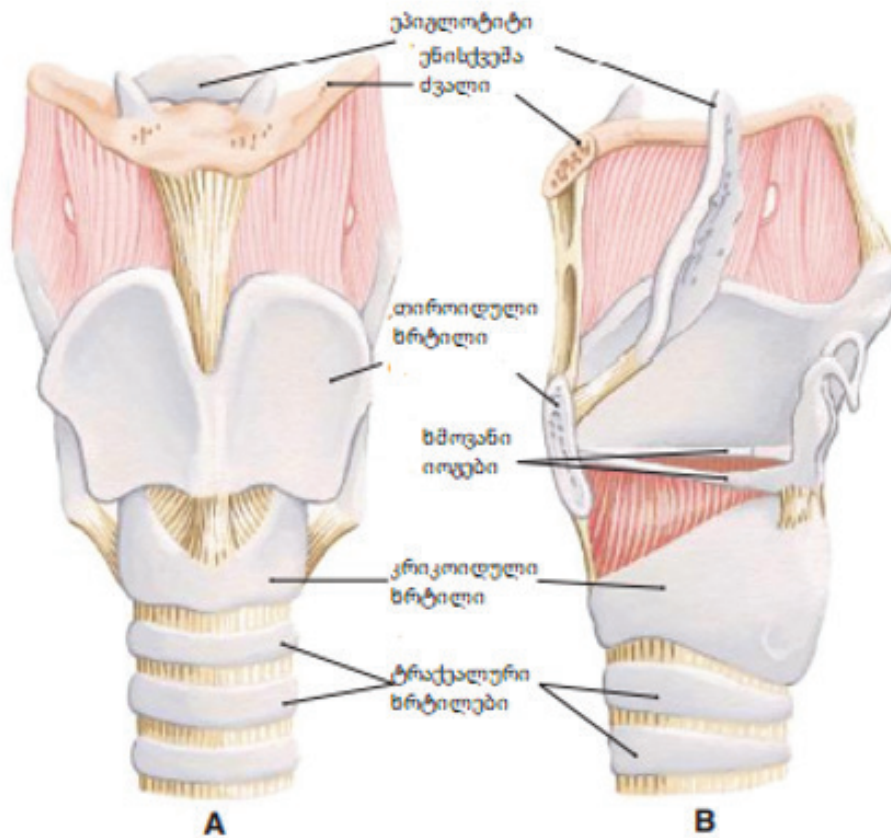


**სურათი 15-1.** თავისა და კისრის მიდსაგიტალური ჭრილი, რომელიც გვიჩვენებს ზედა რესპირატორული ტრაქტის ორგანოებს

**შკიოთვა:** აღწერეთ ნივარების ფორმა? რა არის ნივარების ფუნქცია?

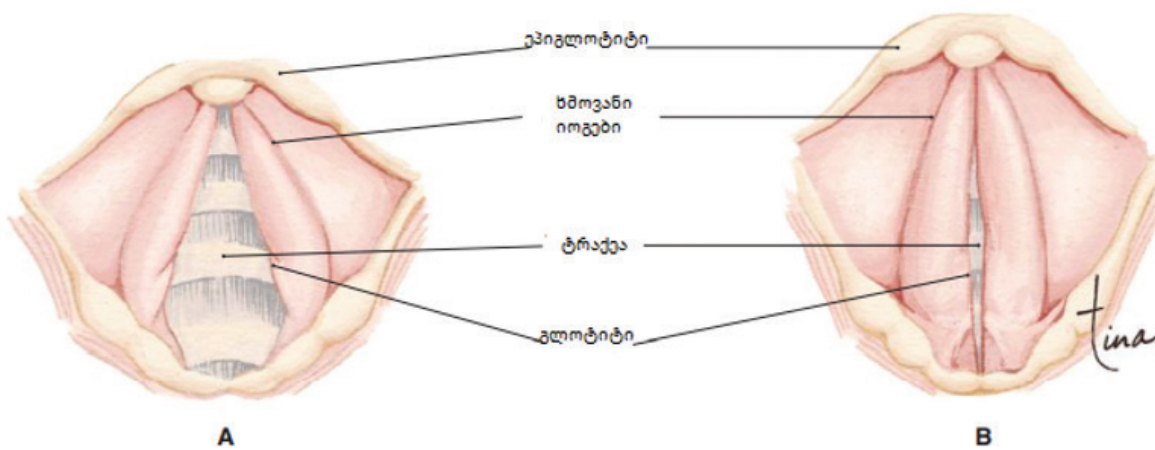
ხორხის მუკოზა წარმოადგენს ნამნამოვან ეპითელიუმს, გარდა ხმის იოგებისა, რომლებიც დაფარულნი არიან ბრტელი არაკერატიფიცირებული ეპითელიუმით. მუკოზის ნამნამები ზემოთ განდევნიან ლორწოსა და მასში ჩაფლულ მტვერს და მიკროორგანიზმებს.

**ხმოვანი იოგები გლოტისის** (იოგებს შორის შესავალი) ორივე მხარეს მდებარეობენ. სუნთქვის დროს ვოკალური იოგები გვერდებზე იწევიან, რაც ჰაერს თავისუფლად გაგლის საშუალებას აძლევს (იხილეთ, სურათი 15-3). საუბრის დროს ხორხის შინაგანი კუნთი გლოტისისკენ ქაჩავს ხმოვან იოგებს და ამოსუნთქული ჰაერი იწევეს მათ ვიბრაციას, რაც გამოსცემს ბგერებს, რომლებიც მეტყველებად გარდაიქმნება. მეტყველება ჩასუნთქვისასაა შესაძლებელი, თუმცა ჩვენ ამას არ ვაკეთებთ. მეტყველებაში ჩართულნი არიან ცდომილი და დამატებითი ნერვები, რომლებიც კრანიალური ნერვებია და ხორხის მოტორული ნერვებს წარმოადგენენ. თქვენ ასევე შეიძლება გაიხსენოთ, რომ ადამიანების უმეტესობისთვის, მეტყველის ზონა მარცხენა ჰემისფეროში მდებარეობს.



**სურათი 15-2.** ლარინქსი. (A) წინა ხედი (B) შიდასაგიტალური განაკვეთი, ხედი მარცხენა მხრიდან

**შეკითხვა:** რა არის ეპიგლოტიტის ფუნქცია?



**სურათი 15-3.** ვოკალური ქორდები და გლოტიტი, ზედახედი. (A) ხმის იოგები პოზიცია სუნთქვის დროს. (B) ხმის იოგების პოზიცია საუბრისას

**შეკითხვა:** რა იწვევს ხმის იოგების ვიბრაციას?



## ტრაქეა და ბრონქიალური ხე

**ტრაქეას** სიგრძე 10-13 სმ-ია და ლარინქსიდან პირველად ბრონქამდე ვრცელდება. ის საყლაპავის წინ მდებარეობს. თუ თითის წვერებით დაანვებით კისრის ქვედა ნაწილს, მკერდის ძვლის ოდნავ ზემოთ, თქვენ შეიძლება შეიგრძნოთ ტრაქეის სიმყარე. ტრაქეის კედელს წარმოქმნის 16-დან 20-მდე C-ფორმის ხრტილი, რომლებიც უზრუნველყოფენ რომ ტრაქეის სანათური სულ ღია იყოს (იხილეთ, სურათი 15-4). არასრული ხრტილოვანი რგოლების ღიობები ტრაქეის უკანა ზედაპირზე მდებარეობს, რაც ყლაპვის დროს, საყლაპავს გაფართოების საშუალებას აძლევს. ტრაქეის მუკოზაც წამწამოვანი ეპითელიუმია, ფიალისებრი უჯრედებით (იხილეთ, თავი 4, სურათი 4-3, ნაწილი C). ტრაქეის მუკოზის წამწამებიც, ლორწოს, ზევით, ხახისკენ განდევნიან.

მარჯვენა და მარცხენა **პირველადი ბრონქები** ტრაქეის განშტოებებია, რომლებიც მარჯვენა და მარცხენა ფილტვებში შედიან (იხილეთ, სურათი 15-4). მათი სტრუქტურა ტრაქეას სტრუქტურის მსგავსია, C-ფორმის ხრტილებით და წამწამოვანი ეპითელიუმით. ფილტვების შიგნით, თითოეული პირველადი ბრონქი იტოტება მეორად ბრონქებად, რომლებიც ფილტვების წილებში შედიან (სამი მარჯვენა, ორი მარცხენა). ბრონქიალური სადინრების შემდგომ დაყოფას, ხშირად, **ბრონქიალურ ხეს** უწოდებენ. წარმოიდგინეთ, რომ ტრაქეა ზემოდან ქვემოთ მიმართული ხის ტანია, რომელიც სულ უფრო პატარა ტოტებად იტოტება. ამ პატარა ტოტებს **ბრონქიოლები** ეწოდება. ბრონქიოლების კედლები არ შეიცავენ ხრტილებს. ამას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ასთმის დროს (იხილეთ, სამახსოვრო 15-1). წვრილი ბრონქიოლები ალვეოლარული კლასტერებით, ფილტვების ჰაერის შემცველი ტომრებით, მთავრდებიან.

## ფილტვები და პლევრალური მემბრანები

**ფილტვები** გულმკერდის ღრუში მდებარეობენ, გულის ორივე მხარეს და შემოსაზღვრულები და დაცულები არიან ნეკნებით. თითოეული ფილტვის ფუძე დიაფრაგმაზე მდებარეობს. მწერვალოები კი ლავინის დონეზეა განლაგებული. თითოეული ფილტვის მედიალურ ზედაპირზე არის ჩაღრმავება, რომელსაც ჰილუსი ეწოდება და რომლიდანაც ფილტვებში ბრონქები, ვენები და არტერიები შედიან.

პლევრალური მემბრანები გულმკერდის ღრუს სეროზული მემბრანებია. **პარიეტული პლევრა** ამოფენს გულმკერდის ღრუს, **ვისცერალური პლევრა** კი ფარავს ფილტვების გარეთა ზედაპირს. პლევრალურ მემბრანებს შორის აღინიშნება პლევრალური სითხე, რომელიც სუნთქვის დროს ამცირებს ხახუნს და მემბრანის ორ ფურცელს ერთიანობას უნარჩუნებს.

### სამახსოვრო 15-1|ასთმა

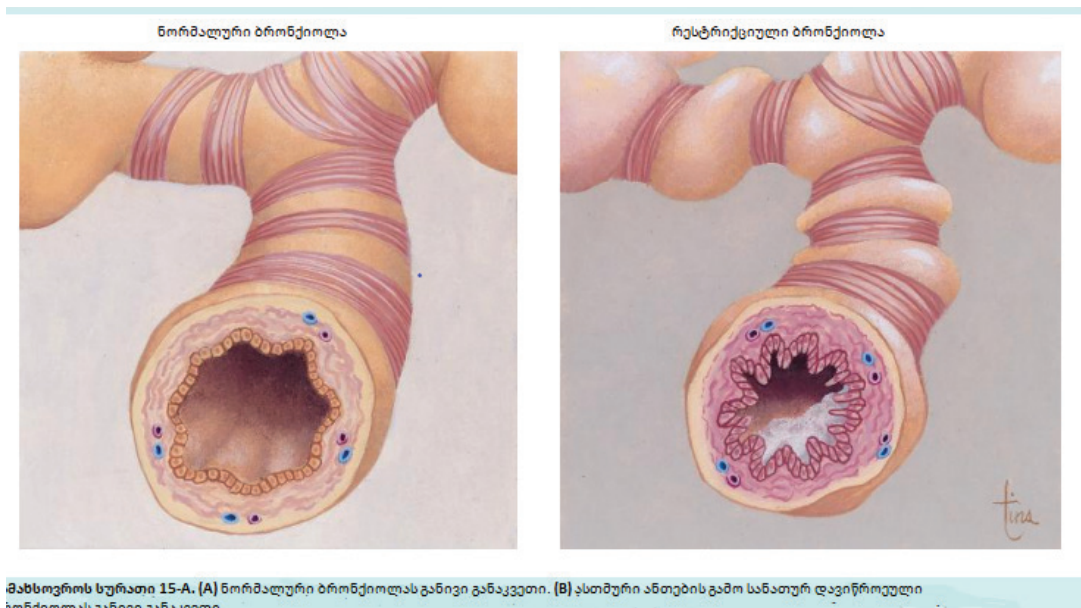
ასთმა ბრონქიალური ხის ანთებაა და ჩვეულებრივ, გამონვებულია ინფექციით, ან ალერგიული რეაქციით, რომელიც გავლენას ახდენს ბრონქიოლების გლუვ კუნთებსა და ჯირკვლებზე. ალერგენების როლს შეიძლება ასრულებდეს საკვები, ან ისეთი შესუნთქული ნივთიერებები, როგორებიცაა მტვერი, მცენარეული მტვერი, შინაური ცხოველის ბენვი, მწერების ქიტინი, ან სოკოების ნაწილები. ასთმური შეტევისთვის დამახასიათებელია ხიხინი და დისპნეა (სუნთქვის გაძნელება), რომლის სიმძიმე შეიძლება მსუბუქიდან ფატალურამდე იყოს.

ალერგენის საპასუხოდ, ბრონქიოლების გლუვი კუნთი იკუმშება (იხილეთ, სურათი 15-A). რადგან ბრონქიოლის კედელი საერთოდ არ შეიცავს ხრტილს, სანათური შეიძლება მთლიანად დაიხუროს. ანთებითი რეაქციის გამო, ბრონქიოლების ამომფარავი გარსი შუბდება და ლორწოს წარმოქმნა იზრდება მნიშვნელოვნად; ამის გამო, უკვე შეკუმშული და დავინრობული ბრონქიოლა შეიძლება მთლიანად დაიხშოს ლორწოთი.

ქრონიკული ასთმა ემფიზემის განმაპირობებელი ფაქტორია. როდესაც ობსტრუგირებული ბრონქიოლები ხელს უშლიან ალვეოლურ ვენტილაციას, ალვეოლების კედლები ზიანდება და იშლება, რაც დიდ ღრუებს ტოვებს, ეს ამცირებს აირთა ცვლის ზედაპირს.

ფილტვების მნიშვნელოვანი დაზიანების თავიდან აცილების ერთ-ერთი გზა ასთმური შეტევების პრევენციაა, რაც მიიღწევა IgE ანტისხელების გამომუშავების დამბლოკველი

მედიკამენტებით. ალერგია იმუნური სისტემის გადაჭარბებული რეაქციაა და მისი დაბლოკვა მოახდენს ფილტვებზე ანთების არასასურველი ეფექტების პრევენციას. ზოგიერთ შემთხვევაში, ბავშვებში, D ვიტამინის კორექცია (თუ მისი ნაკლებობაა) ამცირებს ასთმური შეტევების სიმძიმეს. ასთმის სამკურნალო ზოგიერთი მედიკამენტი ბლოკავს ლეიკოტრიენების და სხვა ანთებითი ციტოკინების მოქმედებას. ამერიკის შეერთებულ შტატებში ასთმის განვითარების სიხშირე იზრდება ქალაქებში მცხოვრებ ბავშვებში (სოფლად მცხოვრებლებში, ნაკლებია). ამის მიზეზი შესაძლოა იყოს ან ჰაერის დაბინძურება, ან იმუნური სისტემის მომწიფების პროცესში, მცენარეულ და ცხოველურ ანტიგენებთან კონტაქტის ნაკლებობა.



## ალვეოლები

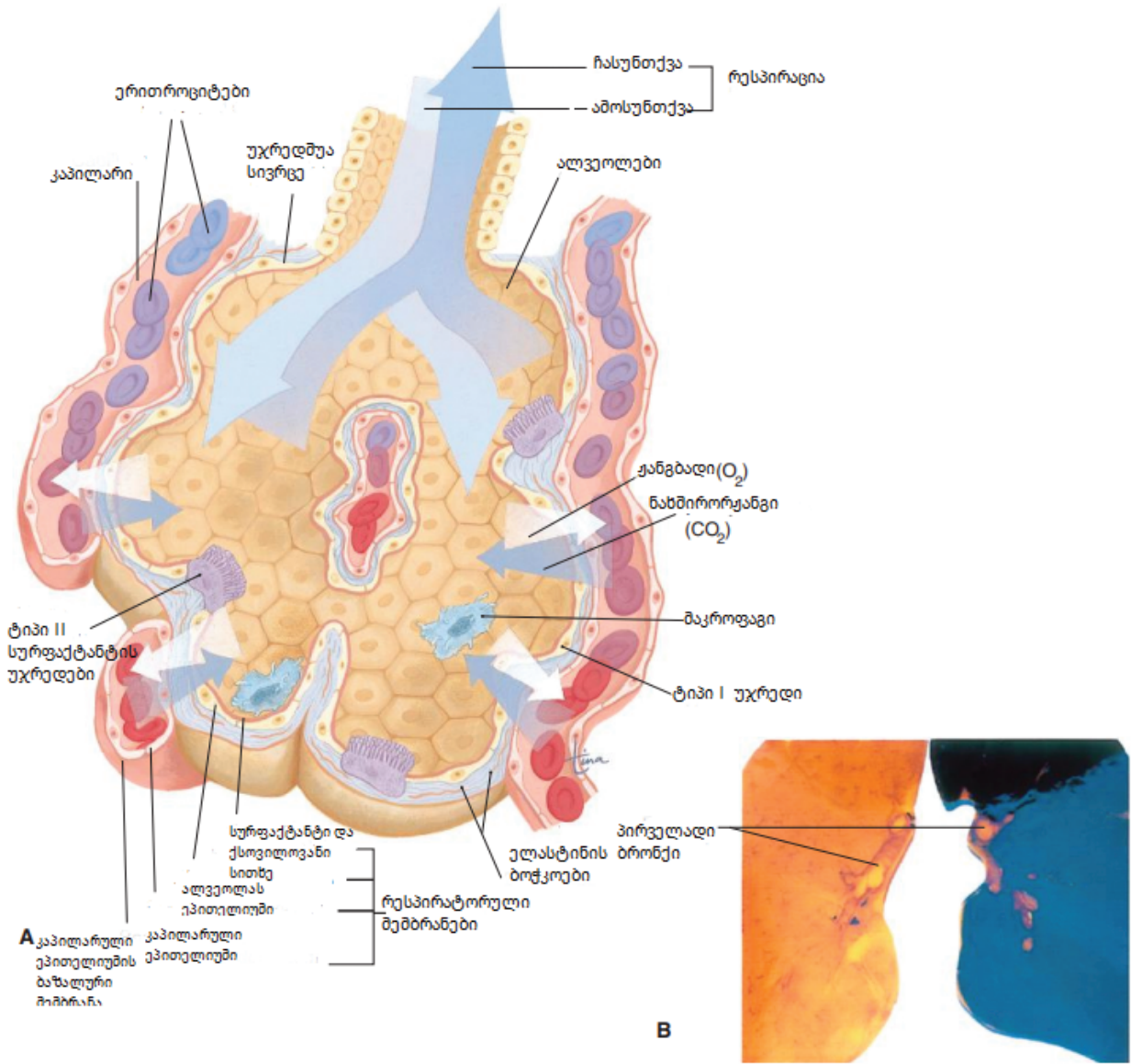
ფილტვების ფუნქციური ერთეულები ჰაერის შემცველი ტომრები **ალვეოლებია**. თითოეულ ფილტვში მილიონობით ალვეოლაა და მათი საერთო ზედაპირული ფართობი 65-75 კვადრატული მეტრია. ამ ზედაპირით ხდება ჟანგბადსა და ნახშირორჟანგს შორის გაზთა ცვლა. ალვეოლების კედლები წარმოქმნილია ალვეოლური I უჯრედებით - მარტივი ბრტყელი ეპითელიუმით. სანამ ალვეოლას შიგნითა სტრუქტურას განვიხილავთ, ვნახოთ რას წარმოადგენენ ალვეოლების გარშემო სტრუქტურები.

ალვეოლურ კლასტერებს შორის მოთავსებულია ელასტიური შემაერთებელი ქსოვილი. ელასტიური ბოჭკოები ხელს უწყობენ ამოსუნთქვას. თითოეული ალვეოლა გარშემორტყმულია პულმონური კაპილარული ქსელით (იხილეთ, სურათი 15-4). გაიხსენეთ, რომ კაპილარების კედლებსაც ბრტყელი ეპითელიუმი ქმნის; ასე, რომ ჰაერსა და სისხლს შორის მხოლოდ ორი უჯრედი (ერთი ალვეოლის კედლიდან და ერთი პულმონური კაპილარის კედლიდან), რაც აირებს დიფუზიის საშუალებას აძლევს (იხილეთ, სურათი 15-5). კაპილარული ქსელისთვის სისხლის მიმწოდებელი პულმონარული არტერიოლები, სისტემური არტერიოლებისგან განსხვავდებიან, ფილტვების ქსოვილში ჟანგბადის შემცველობაზე პასუხით. ჰიპოქსიის საპასუხოდ, პულმონური არტერიოლები ვინროვდებიან (ნაცვლად დილატაციისა), რაც იწვევს კაპილარული ქსელისთვის სისხლის დინების შემცირებას. რა მიზანი აქვს ამას? განვიხილოთ პულმონური პნევმონიის მაგალითი, რომლის დროსაც ალვეოლები სითხითაა ამოვსებული. ასეთი ალვეოლები ცუდად ვენტილირდება, მათში მცირე რაოდენობით ჰაერი შედის და მის მიმდებარე კაპილარებს ჰაერის აღება მცირე რაოდენობით, ან სულ აღარ შეუძლიათ. ამის გამო, ფილტვების დატოვება სისხლს მოუწევს სისტემური ცირკულაციის ქსოვილებისთვის მისაწოდებელი ჟანგბადის გარეშე. ამ სიტუაციაში, პულმონური არტერიოლების შევიწროვება შეამცირებს სისხლის მიდინებას ცუდად ვენტილირებულ ალვეოლებამდე; სამაგიეროდ, სისხლის უფრო მეტი ნაკადი მიეწოდება შედარებით უკეთესად ვენტილირებულ ალვეოლების მიმდებარე კაპილარებს, საიდანაც მოხდება ჟანგბადის ამოღება.





ალვეოლებს გაბერვის საშუალებას (იხილეთ, სამახსოვრო 15-2: ჰიალინური მემბრანის დაავადება). ალვეოლების ნორმალური გაბერვა, თავის მხრივ, ხელს უწყობს აირების ცვლას, მაგრამ სანამ ამ პროცესს განვიხილავთ, მოდით ვნახოთ როგორ შედის ჰაერი ფილტვებში და როგორ გამოდის იქიდან.



**სურათი 15-5. (A)** ალვეოლის სტრუქტურა I და II ტიპის უჯრედებით და ალვეოლარული მაკროფაგით. რესპირატორული მემბრანები: სტრუქტურები და სუბსტანციები, რომლებშიც აირებმა უნდა გაიარონ დიფუზიის დროს - ჰაერიდან სისხლში (ჯანგბადი), სისხლიდან ჰაერში (ნახშირორჟანგი) **(B)** ადამიანის ფილტვის მოდელი: მარცხნივ - მოზრდილის ნორმალური ფილტვი, მარჯვნივ - მწველის ფილტვი (ფოტოგრაფია - Dan Kaufman).

**შეკითხვა:** რომელი უჯრედებია რესპირატორული მემბრანის ნაწილი? რომელი არა და რა არის მათი ფუნქცია?

## სამახსოვრო 15-2|ჰიალინური მემბრანის დაავადება

**ჰიალინური მემბრანის დაავადებას** ახალშობილთა დისტრეს სინდრომიც (RDS) ეწოდება და უმეტესწილად ნაადრევი ახალშობილებისთვისაა დამახასიათებელი, რომელთა ფილტვები ვერ გამოიმუშავებენ საკმარის სურფაქტანტს.

რამდენიმე პირველი ჩასუნთქვის შემდეგ ახალშობილის კოლაფსირებული ფილტვის უმეტესი ნაწილი იბერება და სურფაქტანტი უზრუნველყოფს ალვეოლების ღიად დარჩენას. შემდგომი რესპირაცია უფრო მარტივია და მალე ახალშობილი თავისუფლად სუნთქვას იწყებს.

სურფაქტანტის გარეშე, ალვეოლებში არსებული ქსოვილოვანი სითხე, ღიად შენარჩუნების მაგივრად, მათ ჩაჩუტვას იწვევს. ყოველი ჩასუნთქვისთვის, ახალშობილს დიდი ძალისხმევა და ენერჯის დახარჯვა სჭირდება.

ნაადრევე ახალშობილებს შესაძლოა რესპირატორული დახმარება დასჭირდეთ, სანამ მათი ფილტვები საკმარისად მომწიფდებიან და შეძლებენ სურფაქტანტის გამომუშავებას. სინთეზური სურფაქტანტის გამოყენება, ზოგიერთი ახალშობილისთვის, მნიშვნელოვანი დახმარებაა და ისინი ნაკლებად ხდებიან ვენტილატორ-დამოკიდებული. მიმდინარეობს კვლევები სურფაქტანტის ხანგრძლივად გამოყენების ეფექტების შესასწავლად, იმ ახალშობილებში, რომლებიც ამ ნივთიერების ხანგრძლივ მიღებას საჭიროებენ.

## სუნთქვის მექანიზმები

**ვენტილაცია** ეწოდება ჰაერის მოძრაობას ალვეოლიდან გარეთ და გარედან ალვეოლაში. ვენტილაცია ორ პროცესს მოიცავს: ჩასუნთქვას და ამოსუნთქვას, რომელიც ცდება ნერვული სისტემით და სასუნთქი კუნთებით. სუნთქვის ცენტრები მოთავსებულია მედულასა და მოგრძო ტვინში. მათი სპეციფიური ფუნქციები ამ თავის მომდევნო ნაწილებშია განხილული, მაგრამ სასუნთქი კუნთებისადმი იმპულსების გაგზავნაზე მედულა პასუხისმგებელია.

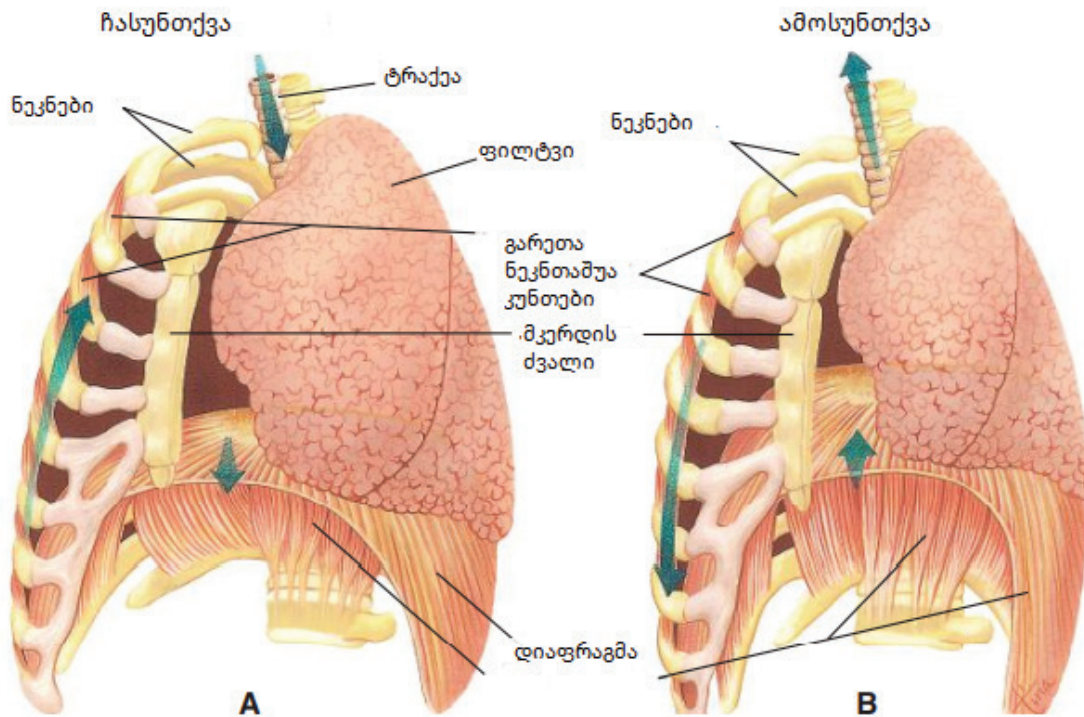
**დიაფრაგმა** გუმბათისებრი კუნთია, რომელიც ფილტვების ქვემოთ მდებარეობს. შეკუმშვისას, ის ბრტყელდება და ქვემოთ ეშვება. ნეკნთაშუა კუნთები ნეკნებს შორის მდებარეობენ. **გარეთა ნეკნთაშუა კუნთები** ნეკნებს ზემოთ და განზე სწევენ, **შიგნითა ნეკნთაშუა კუნთები** კი ქვემოთ და შიგნით. რესპირატორული კუნთები იწვევენ ალვეოლებსა და ბრონქიალურ ხეში წნევის ცლილებას, რის შედეგადაც ვითარდება ვენტილაცია.

სუნთქვისთვის სამი ტიპის წნევაა მნიშვნელოვანი:

1. **ატმოსფერული წნევა** - ჰაერის წნევა გარემოში, ჩვენს გარშემო. ზღვის დონეზე ატმოსფერული წნევის მნიშვნელობა 760 მმ/ვწყ სვ-ია. უფრო მაღალ სიმაღლეზე, ატმოსფერული წნევა ნაკლებია.
2. **ინტრაპლევრალური წნევა** - წნევა პოტენციურ პლევრალურ სივრცეში, პლევრის ვისცერალურ და პარიეტალურ ფურცლებს შორის. პლევრალური სივრცე უფრო პოტენციურია, ვიდრე ნამდვილი. სეროზული სითხის თხელი ფენა პლევრის ფურცლებს ერთმანეთთან შენეპებულ მდგომარეობაში ამყოფებს. ინტრაპლევრალური წნევა ყოველთვის მცირედ დაბალია ატმოსფერულზე (დაახლოებით, 756 მმ ვწყ სვ) და უარყოფით წნევად იწოდება. ელასტიური ფილტვები ყოველთვის კოლაფსისკენ არიან მიდრეკილნი და ვისცერალურ პლევრას პარიეტალურისგან შიგნით ქაჩავენ. სეროზული სითხე ხელს უშლის პლევრალური ფურცლების სეპარაციას (იხილეთ, სამახსოვრო 15-3: პმევმოთორაქსი).
3. **ინტრაპულმონური წნევა** - ბრონქიალური ხის და ალვეოლების შიგნითა წნევაა. ამ წნევის მაჩვენებელი ფლუქტუირებს სუნთქვის ციკლთან დაკავშირებით - ატმოსფერულ წნევაზე ხან მაღლა და ხან დაბლა.

## ჩასუნთქვა

**ჩასუნთქვა (ინჰალაცია)** წარმოადგენს გარკვეული მოვლენების ზუსტ თანმიმდევრობას, რომელიც ასე შეიძლება აღინეროს: ელექტრონული იმპულსი მედულადან დიაფრაგმის ნერვით მიემართება დიაფრაგმამდე და ნეკნთაშუა ნერვებით გარეთა ნეკნთაშუა კუნთებამდე. დიაფრაგმა იკუმშება, დაბლა ეშვება და ზრდის გულმკერდის ღრუს ზედა-ქვედა ზომას. გარეთა ნეკნთაშუა კუნთები ქაჩავენ ნეკნებს გარეთ და ზემოთ და ზრდიან გულმკერდის წინა-უკანა და გვერდითა ზომებს.



**სურათი 15-6.** სასუნთქი კუნთების აქტივობები. (A) ჩასუნთქვა: დიაფრაგმა იკუმშება და ქვემოთ ჩამოდის; გარეთა ნეკნთაშუა კუნთები ნეკნებს ზემოთ და გარეთ სწევენ; ფილტვები იზღებებიან (B) ნორმალური ამოსუნთქვა: დიაფრაგმა ღუნდება და ზემოთ იწევა; გარეთა ნეკნთაშუა კუნთები ღუნდებიან და ნეკნები ქვემოთ ეშვებიან; ფილტვები კომპრესიას განიცდიან.

**შეკითხვა:** რატომაა ნორმალური ამოსუნთქვა პასიური პროცესი?

გულმკერდის ღრუს გაფართოება იწვევს პარიეტალური პლევრის გაფართოებასაც. ინტრაპლევრალური წნევა კიდევ უფრო ნეგატიური ხდება და პლევრალურ ფურცლებს შორის რაღაც შენოვასავით წარმოიშობა. სეროზული სითხის მიერ განხორციელებული ადჰეზია, ვისცერალურ პლევრასაც აფართოებს, რასაც ფილტვების გაშლაც მოყვება.

ფილტვების გაშლა იწვევს ინტრაპულმონური წნევის ატმოსფერულზე დაბლა დაწევას და ჰაერი ცხვირიდან, რესპირატორული გზების გავლით, ალვეოლებში ხვდება. ჰაერის შესვლა მანამდე გრძელდება, სანამ ინტრაპულმონური წნევა ატმოსფერულს არ გაუტოლდება. ეს ნორმალური ჩასუნთქვაა. რა თქმა უნდა, შესაძლებელია რომ შესუნთქვა ნორმალურზე მეტად გაგრძელდეს, რასაც ღრმა ჩასუნთქვა ეწოდება. ამისათვის საჭიროა რესპირატორული კუნთების უფრო ძლიერი შეკუმშვა, რასაც ფილტვების უფრო მეტად გაშლა და მეტი ჰაერის შესვლა მოყვება.

**სამახსოვრო 15-3| პნევმოთორაქსი**

**პნევმოთორაქსი** ეწოდება პლევრის ღრუში ჰაერის არსებობას, რაც მოცემულ მხარეს, ფილტვის კოლაფსს იწვევს. გაიხსენეთ, რომ პლევრალური სივრცე მხოლოდ პოტენციური სივრცეა, რადგან სეროზული სითხე პლევრალურ ფურცლებს ერთმანეთთან შენეპებულ მდგომარეობაში ამყოფებს; ამასთან, ინტრაპლევრალური წნევა, ყოველთვის, მცირედ დაბალია ატმოსფერულზე. როგორც კი ჰაერი ატმოსფერული წნევით პლევრის ღრუში შეაღწევს, მაღალი წნევის მოქმედებით ფილტვი კოლაბირდება (ამას ხელს უწყობს ფილტვების ელასტიურობაც).



ტრავმის გარეშე სპონტანური პნევმოთორაქსის მიზეზი შესაძლოა ფილტვის ზედაპირზე არსებული ალვეოლის გასკდომა გახდეს.

პლევრის ღრუში ჰაერის შესვლას და შედეგად, ფილტვის კოლაპსს გულმკერდის ნაჩხვლეტი ჭრილობაც იწვევს. მძიმე შემთხვევებში, ჰაერის დიდი რაოდენობა გულს, დიდ სისხლძარღვებს, ტრაქეასა და საყლაპავს სანინალმდეგო მხარეს გადაადგილებს (შუასაყარის გადანაცვლება), რაც მეორე ფილტვს აწვება და სუნთქვის გაძნელებას იწვევს. ამას დაძაბული პნევმოთორაქსი ეწოდება და საჭიროებს გადაუდებელ სამედიცინო ჩარევას ჰაერის ევაკუაციისთვის.

## ამოსუნთქვა

**ამოსუნთქვა (ექსპლაცია)** იწყება, როდესაც მედულადან წამოსული ნერვული იმპულსების ინტენსივობა მცირდება და დიაფრაგმა და ნეკნთაშუა კუნთები დუნდებიან. რადგან გულმკერდის ზომა მცირდება, ფილტვები იჭყლიტებიან, ჩასუნთქვის დროს დაჭიმული ელასტიური შემაერთებელი ქსოვილი სანყის მდგომარეობას უბრუნდება, რაც ალვეოლების კომპრესიასაც იწვევს. როდესაც ინტრაპულმონური წნევა ატმოსფერულ წნევაზე მეტი გახდება, ჰაერი ფილტვებიდან გამოიდევენება, მანამ, სანამ ეს ორი წნევა ისევ არ გაუტოლდება ერთმანეთს.

ყურადღება მიაქციეთ, რომ ჩასუნთქვა აქტიური პროცესია და საჭიროებს კუნთების შეკუმშვას, მაშინ როდესაც ნორმალური ამოსუნთქვა პასიური პროცესია, ხორციელდება კუნთების მოდუნების შედეგად და ძირითადად, დამოკიდებულია ჯანსაღი ფილტვების ნორმალურ ელასტიურობაზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ნორმალურ პირობებში, ჩასუნთქვაზე ჩვენ ენერჯის ვხარჯავთ, ამოსუნთქვაზე კი არა (იხილეთ, სამახსოვრო 15-4: ემფიზემა).

ჩვენ რა თქმა უნდა შეგვიძლია უფრო ძლიერად ამოვისუნთქოთ, როგორც ეს ხდება ლაპარაკის, სიმღერის და ბუშტის გაბერვის დროს. ასეთი ძალისმიერი ამოსუნთქვა აქტიური პროცესია და სხვა კუნთების ჩართვას საჭიროებს. შიგნითა ნეკნთაშუა კუნთების შეკუმშვა ნეკნებს ქვემოთ სწევს და მეტ ჰაერს გამოდევნის ფილტვებიდან. აბდომინალური კუნთები, როგორცაა მუცლის სწორი კუნთის შეკუმშვა, აწვება მუცლის ღრუს ორგანოებს და ზემოთ სწევს დიაფრაგმას, რაც ასევე ხელს უწყობს ფილტვებიდან ჰაერის გამოდევნას (იხილეთ, სამახსოვრო 15-5: ჰეიმლიკის მანევრი).

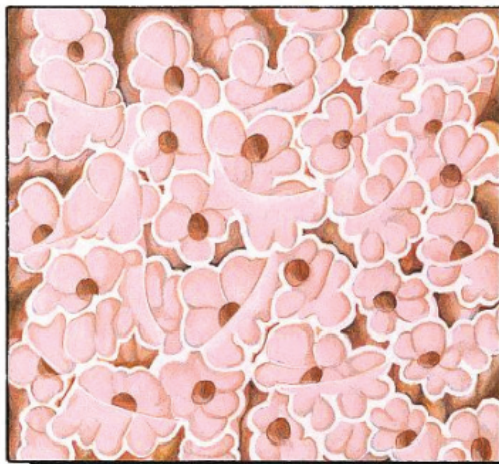
### სამახსოვრო 15-4 | ემფიზემა

**ემფიზემა** ქრონიკული პულმონური ობსტრუქციული დაავადების (COPD) გამოვლინებაა. ეს უკანასკნელი დეგენერაციული დაავადებაა, რომლის დროსაც ალვეოლები კარგავენ ელასტიურობას და ვეღარ აღიდგენენ ფორმას. ყველზე ხშირი და თავიდან აცილებადი რისკ-ფაქტორი სიგარეტის მოწევაა. სხვა შესაძლო მიზეზებია მძიმედ დაბინძურებული გარემოს ხანგრძლივი ზემოქმედება, ინდუსტრიული მტვერი, ქრონიკული ასთმა, ან ბრონქიტი. შესუნთქული გამალიზიანებლები იწვევენ ალვეოლის კედლის და მისი შემომფარგვლელი ელასტიური ქსოვილის დაზიანებას. დაზიანებული ადგილისკენ გადაადგილდებიან მაკროფაგები, რომლებიც გამოიმუშავენ ელასტინის დამშლელ ენზიმს. ეს პროცესი მაგალითია, იმისა თუ როგორ შეიძლება ჭარბი სასარგებლო რეაქცია (დაზიანებული ქსოვილებისგან გათავისუფლება) თავად გადაიქცეს დამაზიანებლად. ალვეოლების დაშლის შედეგად, წარმოიქმნება უფრო დიდი ჰაერის შემცველი სივრცეები, რომლებიც ვეღარ ახორციელებენ ეფექტიან გაზთა ცვლას (იხილეთ, სურათი 15-B).

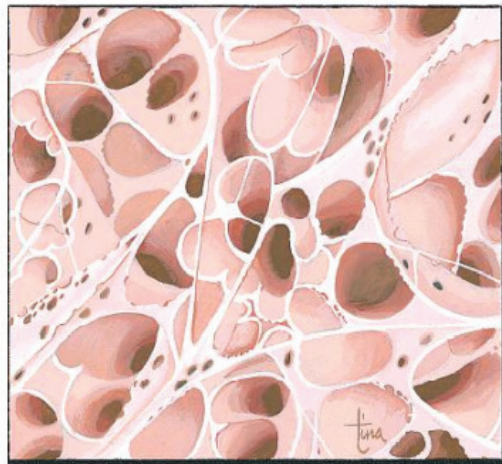
პროგრესული ემფიზემის შემთხვევაში, დაზიანებული ფილტვის ქსოვილი ფიბროზული შემადგენელი ქსოვილით (ნანიბუროვანი ქსოვილი) ნაცვლდება, რომელიც კიდევ უფრო ზღუდავს აირების დიფუზიას. სისხლში ჟანგბადის შემცველობა იკლებს და ნახშირორჟანგისა იმატებს. დაგროვებული ნახშირორჟანგი იწვევს ქსოვილოვანი სითხეების pH-ის შემცირებას. ამას რესპირატორული აციდოზი ეწოდება.

ზოგიერთ მწველში, რომლებსაც COPD უვითარდებათ, ფილტვების დაზიანების მიზეზი თამბაქოს მიერ სტიმულირებული აუტოიმუნური პროცესია. იმუნური სისტემის არასასურველი გააქტივება ფილტვების დაზიანებას მაშინაც გააგრძელებს, თუ ადამიანი მონეებს შეწყვეტს.

ემფიზემის დამახასიათებელი ერთ-ერთი ნიშანი ისაა, რომ ამ პათოლოგიის დროს ამოსუნთქვა ძალისხმევას საჭიროებს. ფილტვების ნორმალური ელასტიურობის დაკარგვა, ამოსუნთქვას, პასიურის ნაცვლად, აქტიურ პროცესად ხდის. ადამიანს ენერჯის დახარჯვა უწევს, რათა ამოსუნთქოს, რათა ჰაერს ფილტვებში შესვლის საშუალება მისცეს. ამოსუნთქვის განსახორციელებლად საჭირო ეს დამატებითი მუშაობა შეიძლება ძალიან გამომფიტავი იყოს ადამიანისთვის რაც განაპირობებს ემფიზემის დამასუსტებელ ეფექტს.



ნორმალური ფილტვი



ემფიზემა

სურათი 15-B. (A) ფილტვის ნორმალური ქსოვილი. (B) ფილტვის ქსოვილი ემფიზემის დროს

## პულმონური მოცულობები

ფილტვების ტევადობა ადამიანის ზომითა და ასაკით განისაზღვრება. მაღალ ადამიანებს, დაბლებზე მეტი ტევადობა აქვთ. ასაკის მატებასთან ერთად ფილტვების ტევადობა კლებულობს, რადგან ფილტვის ქსოვილი კარგავს ელასტიურობას, სასუნთქი კუნთები კი ნაკლებ ეფექტიანნი ხდებიან. ქვემოთ მოყვანილია ახალგაზრდა, ჯანმრთელი ადამიანის პულმონური მოცულობები. იხილეთ ასევე, სურათი 15-7.

1. **სასუნთქი მოცულობა (TV)** - ერთ ნორმალურ ჩასუნთქვა-ამოსუნთქვაში ჩართული ჰაერის მოცულობა. სასუნთქი მოცულობის საშუალო სიდიდე 500 მლ-ია, თუმცა მრავალ ადამიანს, ზედაპირული სუნთქვის გამო, ეს მაჩვენებელი უფრო დაბალი აქვს.
2. **ფილტვების წუთმოცულობა (MRV)** - ერთი წუთის განმავლობაში ჩასუნთქული და ამოსუნთქული ჰაერის მოცულობა, რომელიც გამოითვლება სასუნთქი მოცულობის სუნ-

თქვის სიხშირეზე (საშუალოდ, 12-20 სუნთქვა/წთ) გამრავლებით. თუ სასუნთქი მოცულობა 500 მლ-ია, ხოლო სუნთქვის სიხშირე 12, ფილტვების წუთმოცულობა 6000 მლ, ანუ 6 ლიტრი გამოდის (ეს საშუალო მაჩვენებელია). ზედაპირული სუნთქვის დროს, სასუნთქი მოცულობა უფრო დაბალია და საჭირო წუთმოცულობის მისაღწევად, ადამიანს უფრო ხშირი სუნთქვა სჭირდება.

3. **ჩასუნთქვის რეზერვი** - ჰაერის მოცულობა, რომელიც ადამიანმა, სასუნთქი მოცულობის მიღმა, ყველაზე ღრმა ინჰალაციის დროს შეიძლება ჩაისუნთქოს. ნორმაში 2000-3000 მლ-ს შეადგენს.
4. **ამოსუნთქვის რეზერვი** - ჰაერის მოცულობა, რომელიც ადამიანმა, სასუნთქი მოცულობის მიღმა, ყველაზე ღრმა ექსპალაციის დროს შეიძლება ამოსუნთქოს. ნორმაში 1000-1500 მლ-ს შეადგენს.
5. **სასიცოცხლო ტევადობა** - სასუნთქი მოცულობის, ჩასუნთქვისა და ამოსუნთქვის რეზერვების ჯამი. სხვანაირად რომ ვთქვათ, სასიცოცხლო ტევადობა ჰაერის ის მოცულობაა, რომელიც ჩართულია ყველაზე ღრმა ჩასუნთქვაში, რომელსაც მოყვება ყველაზე ძლიერი ამოსუნთქვა და საშუალოდ, 3500-5000 მლ-ს შეადგენს.
6. **ნარჩენი (რეზიდუალური) მოცულობა** - ჰაერის მოცულობა, რომელიც ფილტვში ყველაზე ძლიერი ამოსუნთქვის შემდეგ რჩება; საშუალო მაჩვენებელი 1000-1500 მლ-ია. რეზიდუალური მოცულობა მნიშვნელოვანია, რადგან ფილტვებში ჰაერი მუდმივად უნდა რჩებოდეს, რათა აირთა ცვლა, რომელიც მუდმივი პროცესია, ჩასუნთქვებს შორის შუალედებშიც გაგრძელდეს. ზემოთ აღწერილი ზოგიერთი მოცულობის გაზომვა სპირომეტრიითაა შესაძლებელი. პროფესიონალ მომღერლებს და სასულე ინსტრუმენტებზე დამკვრელ მუსიკოსებს, მათი სიმაღლისა და ასაკის შესაბამის მაჩვენებელზე, უფრო მაღალი სასიცოცხლო მოცულობა აქვთ, რისი მიზეზიც რესპირატორული კუნთების უფრო ეფექტიანი მუშაობაა, რაც მათი „გავარჯიშებით“ მიიღწევა. იგივე შეიძლება ითქვას რეგულარულად მოვარჯიშე სპორტსმენებზეც. ემფიზემით დაავადებულს, ამოსუნთქვისთვის ძალისხმევა სჭირდება და ასეთ შემთხვევაში, სასიცოცხლო ტევადობა და ამოსუნთქვის რეზერვი, საშუალოზე დაბალია.

ემფიზემის დროს გაზომვადი კიდევ ერთი მახასიათებელი **ფორსირებული ამოსუნთქვის მოცულობა (FEV)**. სახელი მიგვანიშნებს, როგორ ხდება ამ მაჩვენებლის გაზომვა: ღრმა ჩასუნთქვის შემდეგ, ადამიანმა უნდა ამოსუნთქოს რაც შეიძლება სწრაფად და ძლიერად; მოცულობა ისაზღვრება 1-ელ, მე-2 და მე-3 წამებზე. ალვეოლების ნებისმიერ გავრცელებული დაზიანება გამოიწვევს FEV-ის დაქვეითებას.

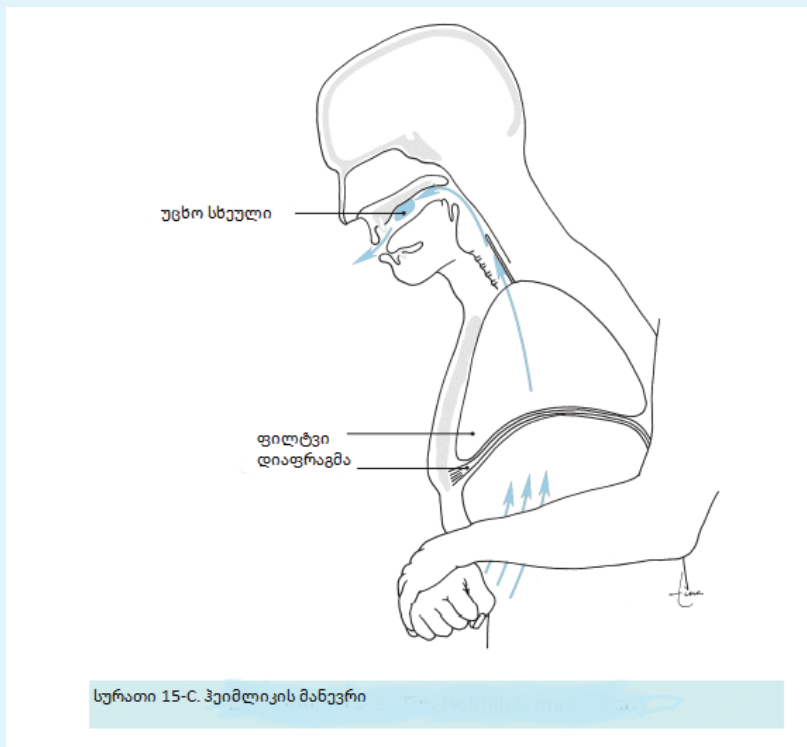
## სამახსოვრო 15-5 | ჰეიმლიკის მანევრი

**ჰეიმლიკის მანევრი** საქვეყნოდ ცნობილი ტექნიკაა და მას მართლაც სიცოცხლის გადარჩენის უნარი აქვს.

თუ ხახაში, ან ხორხში უცხო სხეულის (მაგალითად, საკვების) გაჭედვის გამო, ადამიანი იხრჩობა, ფილტვების ჰაერი, შესაძლოა გამოყვებულ იქნას ამ უცხო სხეულის გამოსადევნად. ამ ტექნიკის ფიზიოლოგია გამოსახულია სურათზე 15-C.

ადამიანი, რომელიც ამ მანევრს ასრულებს, მსხვერპლის უკან უნდა დაადგეს და ხელები მას წელზე შემოხვიოს. ერთი ხელი წარმოქმნის ფირფიტას, რომელიც მსხვერპლის ჭიპს და ნეკნებს შორის (დიაფრაგმის ქვემოთ) თავსდება. მეორე ხელი ეფარება პირველს. იმისთვის, რომ თავიდან ავიცილოთ მსხვერპლის ნეკნების გატეხვა. ძალიან მნიშვნელოვანია ხელები სწორად მოვათავსოთ. ორივე ხელით ტარდება სწრაფი, ზემოთ მიმართული დარტყმა, რომელიც საჭიროების შემთხვევაში, მეორდება. ამ დროს ხდება დიაფრაგმას ზემოთ ინწევა, რაც იწვევს ფილტვების კომპრესიას და ფილტვებიდან ჰაერის ძლიერად გამოდევნას. ჰაერის ძლიერი გამოდევნა, ხშირად, საკმარისია გაჭედული უცხო სხეულის გამოსადევნად.





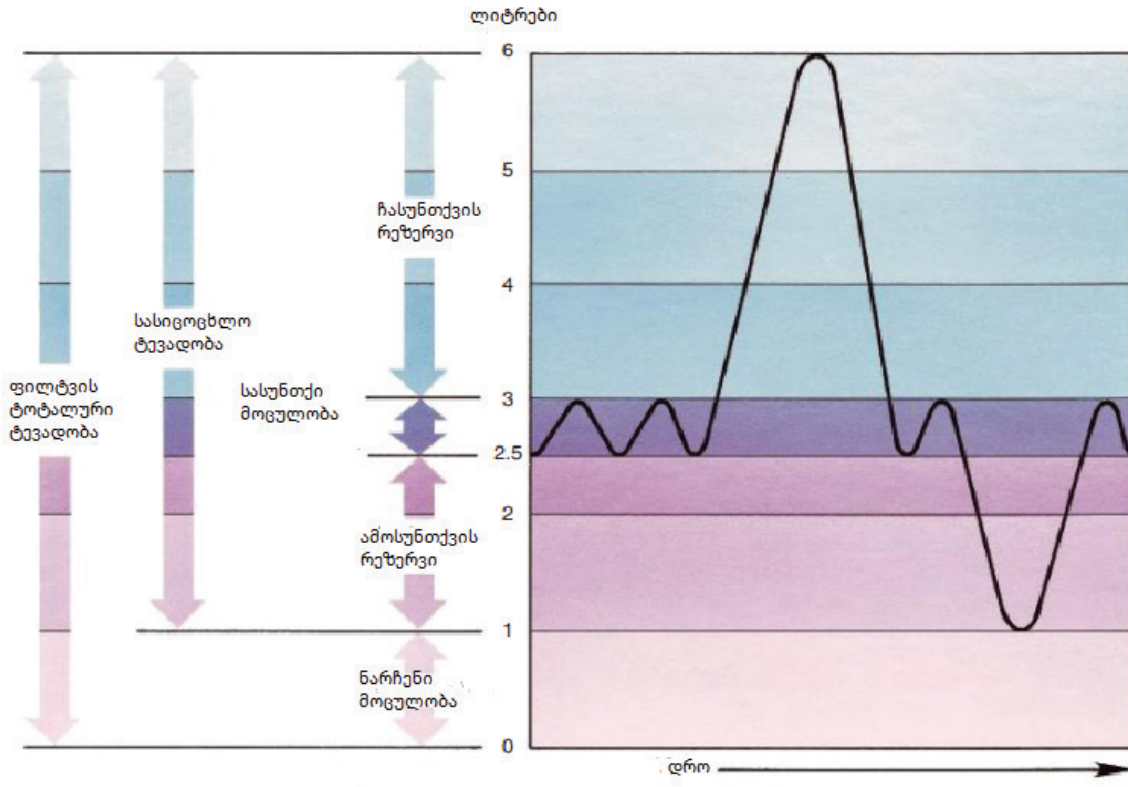
პულმონური მოცულობების კიდევ ერთი მაჩვენებელი **ალვეოლარული ვენტილაციაა**, ანუ ჰაერის მოცულობა, რომელიც აღწევს ალვეოლებში და მონაწილეობას ღებულობს აირთა ცვლაში. საშუალო სასუნთქი მოცულობა 500 მლ-ია, აქედან 350-400 მლ, ჩასუნთქვის ბოლოსთვის, ალვეოლებამდე აღწევს. დანარჩენი 100-150 მლ ჰაერგამტარ გზებში რჩება და **მკვდარი ანატომიური სივრცე** ეწოდება. მიუხედავად საშიში დასახელებისა, ამ სივრცის არსებობა ნორმალურია და ყველა ადამიანს აღენიშნება.

**მკვდარი ფიზიოლოგიური სივრცე** გულისხმობს არამოფუნქციონირე ალვეოლებში დარჩენილ ჰაერის მოცულობას და პათოლოგიაა. ამ მაჩვენებლის გაზრდის მიზეზები შეიძლება იყოს ბრონქიტი, პნევმონია, ტუბერკულოზი, ემფიზემა, ასთმა, ფილტვების შეშუპება და ფილტვის კოლაფსი.

გულმკერდის კედლისა და ფილტვების **დამყოლობა**, რაც მათი ნორმალური გაჭიმვადობის მაჩვენებელია, აუცილებელია ალვეოლების საკმარისი ვენტილაციისთვის. გულმკერდის დამყოლობა (გულმკერდის ღრუს გაფართოების უნარი) შეიძლება შემცირდეს პლევრიტის, ან ნეკნების მოტეხილობის დროს, რაც ჩასუნთქვას მტკივნეულს ხდის, ან სკოლიოზის და ასციტის შემთხვევაში, რაც ხელს უშლის რესპირატორული კუნთების ნორმალურ შეკუმშვას. ფილტვების დამყოლობა, ჯანმრთელი, ჰაერით სავსე ფილტვის გაჭიმვადობის უნარი, ქვეითდება ყველა იმ მდგომარეობის დროს, რომელიც იწვევს მკვდარი ფიზიოლოგიური სივრცის გაზრდას. ნორმალური დამყოლობა უზრუნველყოფს ფილტვების შესაბამის გაშლას, რაც განაპირობებს ალვეოლებში აუცილებელ გაზთა ცვლას.

## გაზთა ცვლა

ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის ცვლა ორ ადგილას ხდება - ფილტვებსა და სხეულის ქსოვილებში. გაზთა ცვლას ჰაერსა და ალვეოლებს და სისხლსა და პულმონარულ კაპილარებს შორის, **გარეგანი სუნთქვა** ეწოდება. ეს ტერმინი თავიდან შესაძლოა დამაბნეველი აღმოჩნდეს, რადგან ჩვენ, „გარეგანს“, ჩვეულებრივ, ორგანიზმის გარეთ მომხდარს ვეძახით. ამ შემთხვევაში, „გარეგანი“ ნიშნავს, რომ ცვლაში ჩართულია გარემოს ჰაერი, თუმცა ცვლა ხდება ფილტვებში. **შინაგანი სუნთქვა** ეწოდება გაზთა ცვლას სისხლსა და სისტემურ კაპილარებს და სხეულის ქსოვილოვან სითხეს (უჯრედებს) შორის.



**სურათი 15-7.** ფილტვის მოცულობები (ადწერა იხილეთ, ტექსტში)

**შეკითხვა:** რომელი მოცულობები ქმნის სასიცოცხლო ტევადობას? რომელი მოცულობის გაზომვა ვერ მოხდება სპირომეტრით?

ჩვენს მიერ ჩასუნთქული ჰაერი (დედამინის ჰაერი) შეიცავს, დაახლოებით, 21 % ჟანგბადს და 0.04% ნახშირორჟანგს. ატმოსფერული ჰაერის უმრავლესობა (78 %) წარმოდგენილია აზოტით; ამ გაზს ჩვენ არ მოვიხმართ და უბრალოდ, ამოვისუნთქავთ. ამოსუნთქული ჰაერიც შეიცავს 16 % ჟანგბადს და 4.5 % ნახშირორჟანგს. ცხადია, რომ ჟანგბადის გარკვეული რაოდენობა ორგანიზმში რჩება; უჯრედების მიერ წარმოქმნილი ნახშირორჟანგიც ამოისუნთქება.

**ცხრილი 15-1| პარციალური წნევები და ჟანგბადის სატურაცია**

ადგილი	PO2 (მმ ვწყ სვ)	PCO2 (მმ ვწყ სვ)	SaO2
ატმოსფერო	160	0.15	
ალვეოლური ჰაერი	104	40	
სისტემური ვენური სისხლი (პულმონური არტერიებისკენ)	40	45	70-75 %
სისტემური არტერიული სისხლი (პულმონური ვენებიდან)	100	40	95-100 %
ქსოვილოვანი სითხე	40	50	

პარციალური წნევა ასე გამოითვლება:		
ნარევეში აირის % X მთლიან წნევაზე = P <sub>აირის</sub>		
მაგალითი: <b>O2 ატმოსფეროში</b>		
21 % X 760 მმ/ვწყ სვ = 160 მმ/ვწყ სვ (PO <sub>2</sub> )		
მაგალითი: <b>CO2 ატმოსფეროში</b>		
0.04% X 760 მმ/ვწყ სვ = 0.15 მმ/ვწყ სვ (PCO <sub>2</sub> )		
<p>გაითვალისწინეთ, რომ ალვეოლარული პარციალური წნევები ყოველთვის არ არის ატმოსფერული პარციალური წნევების ტოლი. ალვეოლარული ჰაერი შეიცავს დიდი რაოდენობით წყლის ორთქლს და სისხლიდან დიფუზირებულ CO<sub>2</sub>-ს. ალვეოლებიდან პულმონარულ კაპილარებში, ჟანგბადიც ასევე დიფუზირდება. ამის გამო, ალვეოლური PO<sub>2</sub> უფრო დაბალია, ვიდრე ატმოსფერული P<sub>O2</sub>. ალვეოლური PC<sub>2</sub> კი უფრო მაღალია, ვიდრე ატმოსფერული PC<sub>2</sub>.</p>		

## აირთა დიფუზია - პარციალური წნევები

სხეულის შიგნით, აირი დიფუზირდება მაღალი კონცენტრაციის სივრციდან დაბალი კონცენტრაციის სივრცეში. თითოეული გაზის კონცენტრაცია მოცემულ მიდამოში (ალვეოლარული ჰაერი, სისხლი და ა.შ.) გამოისახება მახასიათებლით, რომელსაც **პარციალური წნევა** ეწოდება. აირის პარციალური წნევა მმ/ვწყ სვ-ში იზომება და წარმოადგენს მოცემული აირის წნევას გაზების ნარევეში, გაზის თუ სითხის (მაგალითად, სისხლი) მდგომარეობაში. 15-1 ცხრილში მოყვანილია ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის პარციალური წნევები ატმოსფეროსა და აირთა ცვლის ადგილებში. პარციალური წნევა აღინიშნება "P"-თი. ეს შემოკლება გამოიყენება, მაგალითად, ლაბორატორიული ანალიზების პასუხებში და აქაც გამოვიყენებთ.

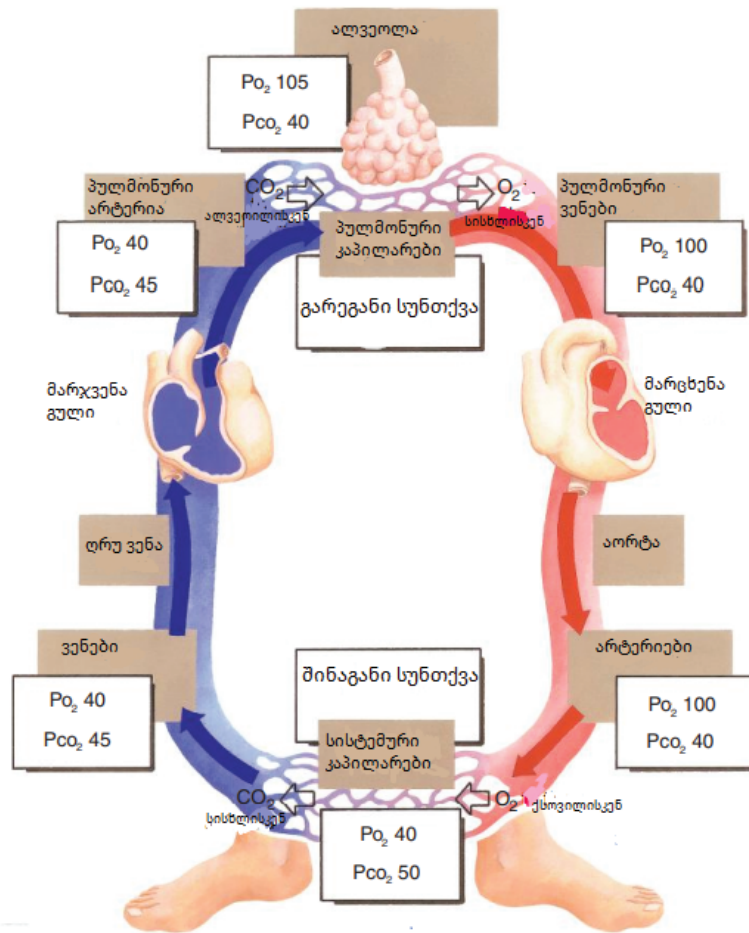
ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის პარციალური წნევები, შინაგანი და გარეგანი სუნთქვის ადგილებში, ნაჩვენებია სურათზე 15-8. რადგან პარციალური წნევა კონცენტრაციას ასახავს, აირი, მაღალი წნევის არიდან გადავა დაბალი წნევის არეში.

ალვეოლის ჰაერის PO<sub>2</sub> მაღალია, PCO<sub>2</sub> კი დაბალი. პულმონური კაპილარების სისხლში, რომელიც ქსოვილებიდან მოედინება, PCO<sub>2</sub> მაღალია, ხოლო PO<sub>2</sub> დაბალი. ამის გამო, გარეგანი სუნთქვის დროს ჟანგბადი ალვეოლის ჰაერიდან სისხლში დიფუზირდება, ხოლო ნახშირორჟანგი სისხლიდან ალვეოლის ჰაერში. გულში დაბრუნებულ სისხლში PO<sub>2</sub> მაღალია, ხოლო PCO<sub>2</sub> დაბალი და ასეთი სისხლი, გულის მიერ, სისტემურ ცირკულაციაში გადაიტუმბება.

არტერიულ სისხლში, რომელიც სისტემურ კაპილარებს მიაღწევს PO<sub>2</sub> მაღალია, ხოლო PCO<sub>2</sub> დაბალი. ორგანიზმის უჯრედებსა და ქსოვილოვან სითხეში PO<sub>2</sub> დაბალია, ხოლო PCO<sub>2</sub> მაღალი, რადგან უჯრედული სუნთქვისთვის (ენერჯის წარმოსაქმნელად), უჯრედები უწყვეტად მოიყენებენ ჟანგბადს და გამოყოფენ ნახშირორჟანგს. ამის გამო, შინაგანი სუნთქვის დროს ჟანგბადი დიფუზირდება სისხლიდან ქსოვილოვან სითხეში (უჯრედებში), ხოლო ნახშირორჟანგი გადადის ქსოვილოვანი სითხიდან სისხლში. გულში დასაბრუნებლად, სისტემურ ვენებში გადასულ სისხლში PO<sub>2</sub> დაბალია, ხოლო PCO<sub>2</sub> მაღალი. ეს სისხლი მარჯვენა პარკუჭის მიერ ფილტვებში გადაიტუმბება, რათა ჩაერთოს გარეგან სუნთქვაში.



გარეგანი სუნთქვის დარღვევებში, ხშირად, ფილტვებია ჩართული (იხილეთ, სამახსოვრო 15-6: პულმონური შეშუპება და სამახსოვრო 15-7: პნევმონია).



**სურათი 15-8.** გარეგანი სუნთქვა ფილტვებში და შინაგანი სუნთქვა სხეულში. ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის პარციალური წნევები ნაჩვენებია შესაბამის მხარეს

**შეკითხვა:** აღწერეთ ჟანგბადის მოძრაობა გარეგანი სუნთქვის დროს. აღწერეთ ნახშირორჟანგის მოძრაობა შინაგანი სუნთქვის დროს.

## სამახსოვრო 15-6 | პულმონური შეშუპება

ალვეოლებში სითხის დაგროვებას **პულმონური შეშუპება** ეწოდება. ეს, ხშირად, გულის უკმარისობის შედეგია, როდესაც გულის მარცხენა ნახევარი (ან მთლიანად გული) ვეღარ ახერხებს ეფექტიან ტუმბოს როლის შესრულებას. თუ მარცხენა პარკუჭი სისხლს ძლიერად ვეღარ გადატუმბავს, კამერა საკმარისად ვეღარ დაიცლება და აღარ შეეძლება სხეულიდან, მარცხენა წინაგულში, მოდინებული სისხლის სრულად მიღება. ამის გამო, სისხლი “გუბდება” და უკან მიედინება პულმონური ვენებისკენ და შემდგომ პულმონური კაპილარებისკენ. პულმონურ კაპილარებში სისხლის წნევის გაზრდა განაპირობებს ქსოვილოვანი სითხის ფილტრაციას, რომელიც ალვეოლებში გროვდება.

სითხით სავსე ალვეოლები ვეღარ ასრულებენ ეფექტიან აირთა ცვლას და განვითარებული **ჰიპოქსია** იწვევს დისპნეას სიმპტომების განვითარებასა და სუნთქვის სიხშირის გაზრდას. ყველაზე ეფექტური მკურნალობა გულის მტუბავი ფუნქციის აღდგენაა.

**პნევმონია** ფილტვების ბაქტერიული ინფექციაა. პნევმონიის გამონვევა მრავალ ბაქტერიას შეუძლია, თუმცა ყველაზე ხშირი მიზეზი, სავარაუდოდ, **Streptococcus pneumoniae**-ია. აშშ-ში, ამ პათოგენით განპირობებული პნევმონიის შემთხვევათა რაოდენობა წელიწადში 500 000-ია, რომელთაგან 50 000 სიკვდილით მთავრდება.

**Streptococcus pneumoniae** ზემო სასუნთქი გზების გარდამავალი ბაქტერიაა; ის არ ითვლება სასარგებლო მიკრობიოტას ნაწილად, თუმცა ადამიანთა უმრავლესობისთვის, ის ვირულენტური არ არის. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ჯანმრთელი ადამიანების წამწამოვანი ეპითელიუმი და იმუნური სისტემა უზრუნველყოფენ ინფექციის პრევენციას. პნევმონიის უმეტესი შემთხვევები ხანდაზმულ ადამიანებში (პირველადი ინფექციის, მაგალითად, გრიპის შემდგომ), ან ძალიან მცირეწლოვან ბავშვებში ვითარდება.

როდესაც ბაქტერიებს შესწევთ ალვეოლებში დაბუდების უნარი, ალვეოლარული უჯრედები იწყებენ სითხის სეკრეციას, რომელიც ჰაეროვან ტომრებში გროვდება. მრავალი ნეიტროფილი მიგრირებს დაზიანების ადგილისკენ და ცდილობს ბაქტერიების ფაგოციტირებას. ალვეოლები სითხით, ბაქტერიებითა და ნეიტროფილებით ივსება (ამას კონსოლიდაცია ეწოდება). ეს აქვითებს აირთა ცვლას.

პნევმოვაცხი ამ ტიპის პნევმონიის ვაქცინაა. ის შეიცავს ყველაზე უფრო გავრცელებული **Streptococcus pneumoniae**-ის კაპსულებს და თავად არ შესწევს დაავადების გამონვევის უნარი (ბაქტერიული კაპსულები არატოქსიურნი, მაგრამ ანტიგენურები არიან; რაც იმას ნიშნავს, რომ მათ შეუძლიათ ანტისხეულების წარმოქმნის სტიმულაცია). ვაქცინაცია რეკომენდებულია 60 წელს გადაცილებული, ფილტვების ქრონიკული დაავადებით შეპყრობილი, ან სხვა მძიმე დაავადების მქონე პაციენტებისთვის; ასევე, ჩვილებისთვის.

## აირების ტრანსპორტი სისხლით

მიუხედავად იმისა, რომ ჟანგბადის ნაწილი სისხლის პლაზმაშია გახსნილი და გარკვეულ  $PO_2$ -ს ქმნის, ეს ტრანსპორტირებული ჟანგბადის მხოლოდ 1.5%-ს შეადგენს და არ არის საკმარისი სიცოცხლის შენარჩუნებისთვის. როგორც თქვენ უკვე იცით, ჟანგბადის უმეტესი ნაწილი ტრანსპორტირება ერთროციტებით - **ჰემოგლობინთან** შეკავშირებულ მდგომარეობაში. მინერალი რკინა ჰემოგლობინის ნაწილია და ამ პროტეინს ჟანგბადის შეკავშირების უნარს აძლევს.

ოქსიგენ-ჰემოგლობინის კავშირი წარმოიქმნება ფილტვებში სადაც  $PO_2$  მაღალია. ეს კავშირი შედარებით არამყარია და როდესაც სისხლი ხვდება ქსოვილებში დაბალი  $PO_2$ -ით, კავშირიწყდება და ჟანგბადი გადადის ქსოვილებში. რაც დაბალია ქსოვილში ჟანგბადის კონცენტრაცია, მით მეტი ჟანგბადი გამოთავისუფლდება ჰემოგლობინიდან. ეს მექანიზმი უზრუნველყოფს იმას, რომ აქტიური ქსოვილები, მაგალითად, მომუშავე კუნთები, უჯრედული სუნთქვის გასაგრძელებლად, მეტ ჟანგბადს იღებენ. სხვა ფაქტორებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ჰემოგლობინისგან ჟანგბადის გამოთავისუფლებას მიეკუთვნებიან მაღალი  $PCO_2$  (დაბალი pH) და მაღალი ტემპერატურა; ორივე ამ ფაქტორის არსებობა დამახასიათებელია აქტიური ქსოვილებისთვის.

სისხლის ჟანგბადის შემცველობის სხვა მახასიათებელია ჰემოგლობინის ჟანგბადის სატურაცია ( $SaO_2$ ). რაც მაღალია  $PO_2$ , მით მეტია  $SaO_2$ ; მცირდება  $PO_2$ , და მცირდება  $SaO_2$ , თუმცა არც ისე სწრაფად. როდესაც  $PO_2$ -ის მნიშვნელობა 100-ია,  $SaO_2$  97 %-ია, როგორც ეს სისტემურ არტერიებშია. როდესაც  $PO_2$ -ის მნიშვნელობა 40-ია, როგორც სისტემურ ვენებში,  $SaO_2$ , დაახლოებით, 75 %-ია. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ვენური სისხლიც შეიცავს ჟანგბადის გარკვეულ რაოდენობას. რაც უფრო აქტიურ ქსოვილში გაივლის სისხლი, მით მეტი ჟანგბადი გამოთავისუფლდება ჰემოგლობინისგან. საჭიროების შემთხვევაში, აქტიური ქსოვილების ჟანგბადის მოსამარაგებლად, ამ ნივთიერების ვენური რეზერვიც გამოიყენება (იხილეთ, სამახსოვრო, 15-8: ნახშირჟანგი).

ნახშირორჟანგის ტრანსპორტი ცოტა უფრო რთულია. მის გარკვეული ნაწილი სისხლის პლაზმაში იხსნება, ნაწილი კი ჰემოგლობინით (**კარბოჰემოგლობინით**) გადაიტანება; თუმცა ეს ნახშირორჟანგის მხოლოდ 20%-ის ტრანსპორტირების მექანიზმია. სისხლის პლაზმაში, ნახშირორჟანგის უმეტესობა გადაიტანება ბიკარბონატის იონების ( $\text{HCO}_3^-$ ) მიერ. მოდით ვნახოთ, როგორ ხდება  $\text{CO}_2$ -ის  $\text{HCO}_3^-$ -ად გარდაქმნა.

### სამახსოვრო 15-8|ნახშირჟანგი

ნახშირჟანგი უსუნო და უფერო აირია, რომელიც წარმოიქმნება ისეთი პროდუქტების წვის დროს, როგორებიცაა: ბენზინი, ქვანახშირი, ზეთი და ხე-ტყე. როგორც თქვენთვის ცნობილია,  $\text{CO}$  შხამია, რომელსაც დიდი რაოდენობით, ან ხანგრძლივად ჩასუნთქვისას, სიკვდილის გამოწვევა შეუძლია.

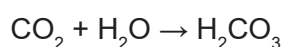
$\text{CO}$  მომნამვლელობის მიზეზი ისაა, რომ მას შეუძლია ძლიერი და სტაბილური კავშირის წარმოქმნა ჰემოგლობინთან (**კარბოქსიჰემოგლობინი**).  $\text{CO}$ -თან შეკავშირებული ჰემოგლობინი ვეღარ იერთებს ჟანგბადს და ვეღარ ახდენს მის ტრანსპორტირებას. აქედან გამომდინარე, მკვეთრად მცირდება სისხლის მიერ გადატანილი ჟანგბადის რაოდენობა. მხოლოდ 0.1 %  $\text{CO}$ -ს შესუნთქვამ, შეიძლება მოახდინოს ორგანიზმის საერთო ჰემოგლობინის ნახევარი რაოდენობის სატურაცია.

ღია კანის ფერის ადამიანებში, ჟანგბადის ნაკლებობა, ხშირად, **ციანოზით**, კანის, ტუჩების და ფრჩხილის ნუნების მოლურჯო შეფერვით, ვლინდება. ციანოზის მიზეზი შემდეგია: ჰემოგლობინი მაშინაა ნითელი, როდესაც რაიმესთან, ჩვეულებრივ, ჟანგბადთანაა დაკავშირებული; როდესაც ის  $\text{CO}$ -ს უკავშირდება, სისხლი ღია ნითელ ფერს იძენს. ეს ფერი შეიძლება გამოჩნდეს ღია ფერის კანის ქვეშ და შესაძლოა შეცდომაში შეგვიყვანოს;  $\text{CO}$ -თი მონამვლული ადამიანი მძიმე ჰიპოქსიურ მდგომარეობაში იმყოფება. ნახშირჟანგით მონამვლა, ყველაზე ხშირად, ვლინდება თავის ტკივილით და თავბრუსხვევით. შეიძლება, ასევე, აღინიშნებოდეს სუნთქვის გაძნელება, ცნობიერების დაბინდვა და გულისრევა. შეიძლება გულიც დაზიანდეს, რადგან  $\text{CO}$  უერთდება კარდიომიოციტების მიოგლობინს (მათში ხდება ჟანგბადის შენახვა) და ხელს უშლის მიტოქონდრიებს ფუნქციონირებაში, რის შედეგადაც მცირდება  $\text{ATP}$ -ის პროდუქცია.

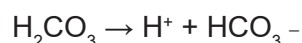
$\text{CO}$  სიგარეტის კვამლიც გვხდება, თუმცა ძალიან მცირე და არალეტალური რაოდენობით. თუმცა, მძიმე მწვევლები შეიძლება ქრონიკულ ჰიპოქსიურ მდგომარეობაში იმყოფებოდნენ, რადგან მათი ჰემოგლობინის დიდი ნაწილი  $\text{CO}$ -თანაა შეკავშირებული. ამის საკომპენსაციოდ, შეიძლება გაიზარდოს ერითროციტების პროდუქცია და ასეთი ადამიანების ჰემატოკრიტმა 50 %-ზე მეტს მიაღწიოს.

ნახშირჟანგით მონამვლის სამკურნალოდ, შესაძლოა, საჭირო გახდეს ჰიპერბარიული კამერის გამოყენება, რომელშიც პაციენტი ჟანგბადის ნიღბით სუნთქავს. ჰიპერბარიული კამერები გამოიყენება სხვა დაავადებების სამკურნალოდაც, როგორებიცაა: დამწვრობა, ძვლის ინფექციები, მრავალი ქსოვილის განგრენა და მძიმე ანემია.

სისხლში მოხვედრილი ბიკარბონატის უმეტესობა ერითროციტებში შედის, რომლებიც შეიცავენ ფერმენტ **კარბონულ ანჰიდრაზას**. ენზიმი (შეიცავს თუთიას) აკატალიზებს რეაქციას ნახშირორჟანგსა და წყალს შორის, რაც იწვევს ნახშირმჟავას წარმოქმნას:



ამის შემდეგ ნახშირმჟავა დისოცირდება და მიიღება ბიკარბონატის იონი:



ბიკარბონატის იონები ერითროციტებიდან პლაზმაში დიფუზირდებიან, წყალბადის იონებს ( $\text{H}^+$ ) კი ერითროციტებში ტოვებენ.  $\text{H}^+$  ჭარბ რაოდენობას ერითროციტების მჟავიანობის მნიშ-



ვნელოვნად მომატება შეუძლია, მაგრამ, აციდოზის თავიდან ასაცილებლად, ჰემოგლობინი ბუფერის როლს ასრულებს. იონური ნონასნორობის შესანარჩუნებლად ქლორის იონები (Cl) პლაზმიდან ერთროციტებში შედიან; ამას ქლორის გადანაცვლება ეწოდება. სად არის CO<sub>2</sub>? ის პლაზმაშია, ბიკარბონატის იონის შემადგენლობაში. როდესაც სისხლი ფილტვებს მიაღწევს, სადაც PCO<sub>2</sub> დაბალია, რეაქცია ტრიალდება და ბიკარბონატი კვლავ CO<sub>2</sub>-ად გარდაიქმნება; შემდეგ ის ალვეოლებში დიფუზირდება და ამოისუნთქება.

## სუნთქვის რეგულაცია

სუნთქვა ორი ტიპის მექანიზმით რეგულირდება: ნერვული რეგულაცია და ქიმიური რეგულაცია. რადგან სუნთქვის სიხშირისა და სიღრმის ნებისმიერი ცვლილება ნერვულ იმპულსებზეა დამოკიდებული, ჯერ ნერვულ რეგულაციას განვიხილავთ.

## ნერვული რეგულაცია

რესპირატორული ცენტრები განთავსებულია **მედულასა (მოგრძო ტვინი) და პონსში (ხიდი)**, რომლებიც ტვინის ღეროს ნაწილებს წარმოადგენენ (იხილეთ, სურათი 15-9). მედულას შიგნით მდებარეობენ ინსპირაციის (ჩასუნთქვის) და ექსპირაციის (ამოსუნთქვის) ცენტრები.

**ინსპირაციის ცენტრი** ავტომატურად აგენერირებს რიტმული იმპულსების სერიებს. ნერვების საშუალებით ეს იმპულსები სასუნთქ კუნთებამდე მიიტანება და იწვევს მათ შეკუმშვას. შედეგად ხდება ინჰალაცია. როდესაც ფილტვები გაიბერება, ეს შეიგრძნობა ფილტვის ქსოვილის ბარორეცეპტორების მიერ და ხდება სენსორული იმპულსების მედულამდე გაგზავნა. ეს იმპულსები იწყებენ ინსპირაციის ცენტრის დათრგუნვას. ამას **Hering-Breuer**-ის ჩასუნთქვის რეფლექსი ეწოდება და ფილტვების ჰიპერვენტილაცია საპრევენციო მექანიზმიცაა.

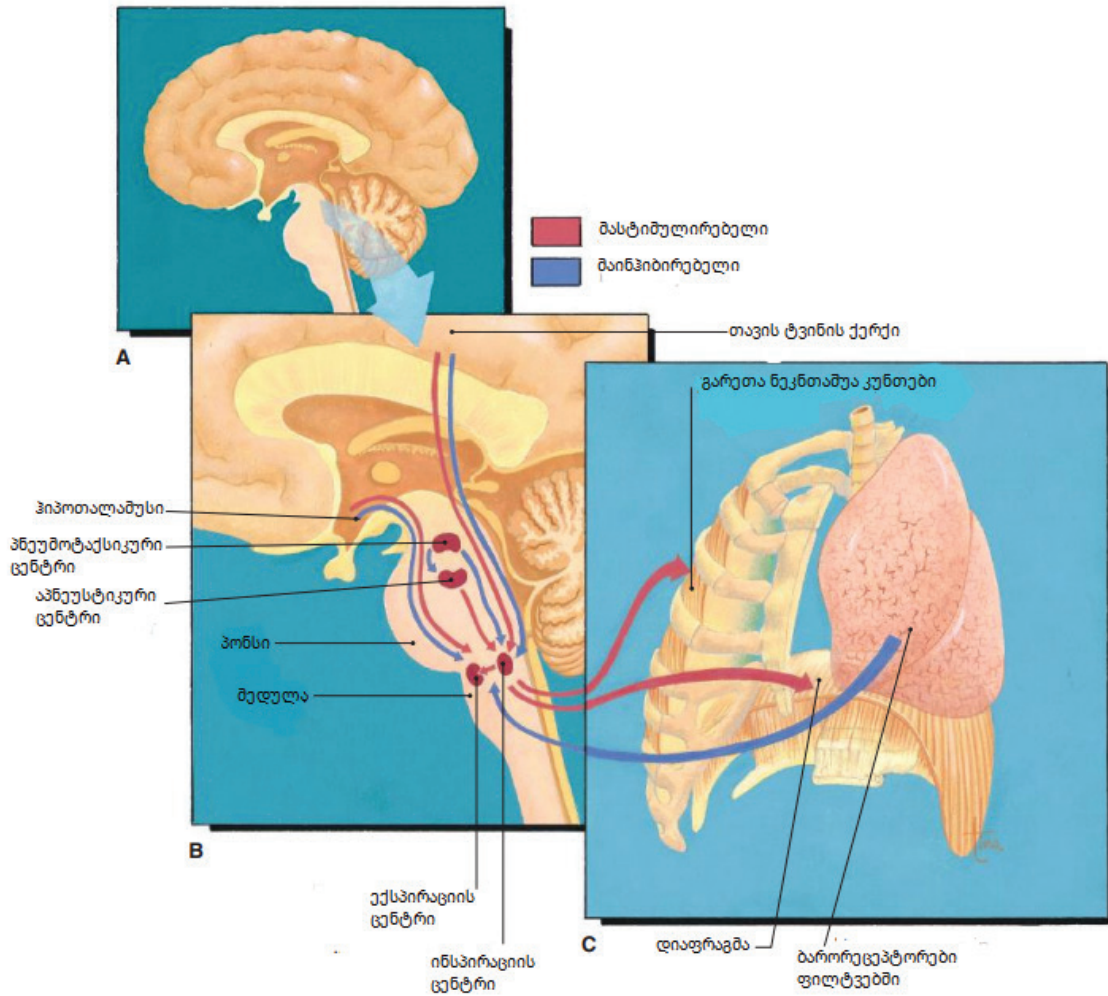
ინსპირაციის ცენტრის დათრგუნვის შედეგად, სუსტდება რესპირატორულ კუნთებამდე წამოსული იმპულსების ინტენსივობა, რაც იწვევს ამ კუნთების მოდუნებას და ამოსუნთქვას. შემდეგ ინსპირაციული ცენტრი კვლავ აქტივდება და იწყება სუნთქვის ახალი ფაზა. უფრო ძლიერი ამოსუნთქვის საჭიროების შემთხვევაში, მაგალითად ფიზიკური ვარჯიშის დროს, ინსპირაციის ცენტრი ააქტივებს **ექსპირაციის ცენტრს**, რომელიც აგზავნის იმპულსებს შიდა ნეკნთაშუა და მუცლის კუნთებისკენ.

პონსის ორი რესპირატორული ცენტრი, ინსპირაციულ ცენტრთან ერთად განსაზღვრავს ნორმალური სუნთქვის სიხშირეს. **აპნეუსტიკური ცენტრი** ახანგრძლივებს ჩასუნთქვას, რომელიც წყდება **აპნეუმოტაქსიკური ცენტრიდან** წამოსული იმპულსებით, რომელთაც ამოსუნთქვაზე აქვთ გავლენა. ნორმალური სუნთქვის დროს, ჩასუნთქვა 1-2 წამს გრძელდება, რომელსაც შედარებით ხანგრძლივი (2-3 წმ) ამოსუნთქვა მოყვება. ზემოთ აღწერილი პროცესები განაპირობებენ ნორმალურ სუნთქვის სიხშირეს - 12-20 სუნთქვა/წთ.

ჩვენს მიერ აღწერილი პროცესი ნორმალურ სუნთქვას შეეხება, თუმცა საკმაოდ ხშირად რესპირაცია განსხვავებულად ხდება. ემოციები ხშირად ზემოქმედებენ რესპირაციაზე; მაგალითად, უეცარმა შიშმა შეიძლება გამოიწვიოს სულის შეხუთვა, ან კივილი, სიბრაზე ზრდის სუნთქვის სიხშირეს. ასეთ სიტუაციებში, **ჰიპოთალამუსიდან** წამოსული იმპულსები ახდენენ მედულას აქტივობის მოდიფიკაციას. ტვინის ქერქი საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სუნთქვის, საუბრის, ან სიმღერის რიტმის ნებელობითი ცვლილება, ასევე, შევანელოთ და ავაჩქაროთ სუნთქვა და 1-2 წთ-ის განმავლობაში, საერთოდ შევწყვიტოთ. ასეთი ცვლილებები, არ შეიძლება უსასრულოდ გაგრძელდეს და ბოლოს და ბოლოს მედულა იბრუნებს რესპირაციაზე კონტროლს.

**ხველება და ცემინება** რეფლექსური რეაქციებია, რომელთა მიზანი სასუნთქ გზებში მოხვედრილი გამაღიზიანებლების მოცილებაა. ორივე რეფლექსის ცენტრი მედულაშია მოთავსებული. ცემინება სტიმულირდება ცხვირის ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებით, ხველა კი ხახის, ხორხის და ტრაქეას მუკოზის გაღიზიანებით. რეფლექსური ქმედება ორივე შემთხვევაში ერთნაირია: ჩასუნთქვას მოჰყვება ამოსუნთქვა, რომელიც იწყება დახურული გლოტისით, რაც ზრდის წნევას. შემდეგ გლოტისი უცაბედად იხსნება და ამოსუნთქვა უკიდურესად ძლიერია. ხველება ამოსუნთქვას პირისკენ მიმართავს, ცემინება კი ცხვირისკენ. ზოგიერთ ადამიანს აცემინებს კაშკაშა, მაგალითად მზის სინათლის, ზემოქმედების შედეგად. ამას ფოტო ცემინება ეწოდება და გენეტიკურად, აუტოსომურ-დომინანტური ტიპით გადაეცემა. ამ თვისების გამოვლენას

მხოლოდ ერთი გენი ჭირდება, დედის ან მამის მხრიდან. (მიიჩნევა, რომ ამის მიზეზი ცემინების და სინათლის აღმქმელ რეფლექსებს შორის არასწორი ნეირონული კავშირებია, რასაც არანარი სასარგებლო ეფექტი არ აქვს).



**სურათი 15-9.** სუნთქვის ნერვული რეგულაცია. (A) ტვინის მიდსაგიტალური განაკვეთი (B) მედულასა და პონსის რესპირატორული ცენტრები. (C) რესპირატორული კუნთები. აღწერა იხილეთ ტექსტში.

**შეკითხვა:** რომელი ცენტრი პირდაპირ ახდენს სუნთქვის რეგულაციას?

სლოკინიც რეფლექსია და წარმოადგენს დიაფრაგმულ სპაზმებს. შედეგად ვითარდება სწრაფი ჩასუნთქვა, რომელიც წყდება გლოტისის დახურვისას, რაც წარმოშობს სპეციფიურ ხმიანობას. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს კუჭის, ან დიაფრაგმის ნერვების გაღიზიანება. სლოკინი შეიძლება გამოიწვიოს ჭარბმა ალკოჰოლმა; ზოგიერთი მიზეზი უცნობია.

მთქნარება კიდევ ერთი რესპირატორული რეფლექსია. ბევრი ჩვენგანი ამთქნარებს, როდესაც გადაღლილია, თუმცა რა წარმოადგენს ამ რეფლექსის სტიმულს, ან მიზანს, ამ ეტაპზე ზუსტად დადგენილი არ არის. ერთ-ერთი მასტიმულირებელი ფაქტორი შეიძლება იყოს ორგანიზმში ნახშირორჟანგის დაგროვება (როცა გვეძინება, ან გადაღლილები ვართ, ჩვენი სუნთქვა ზედაპირული ხდება). არსებობს მტკიცებულებები, რომ ტვინიდან სახისკენ თბილი სისხლის ნაწილებით (სახე უფრო ზედაპირულადაა განლაგებული და სითბოს დაკარგვაც უფრო ადვილია), მთქნარება ეხმარება ტვინს გაგრილებაში. ეს სასარგებლო იქნებოდა, რადგან გრილი ტვინი უფრო ფხიზელია. ამ მიმართულებით კვლევები კვლავაც გრძელდება. ასევე, არ არის დადგენილი რატომაა მთქნარება გადამდები - როცა ერთი ადამიანი ამთქნარებს, სხვამაც შეიძლება გაიმეოროს ეს ქმედება. თქვენ შეიძლება კიდევაც დაამთქნარეთ ამ აზბაცის კითხვის დროს.

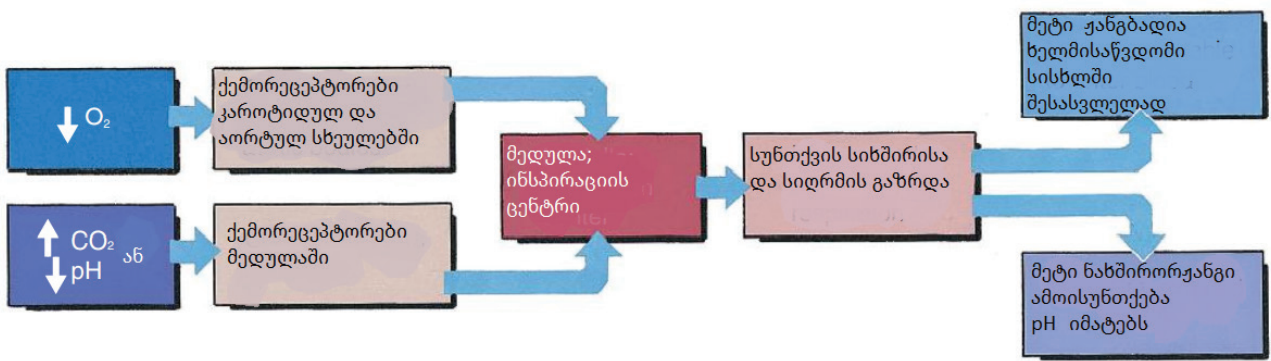
## ქიმიური რეგულაცია

ქიმიური რეგულაცია ეწოდება სუნთქვაზე სისხლის pH-ის და ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის შემცველობის ზეგავლენას. ეს ნაჩვენებია სურათზე 15-10. ქემორეცეპტორები რეაგირებენ სისხლში აირების დონისა და pH-ის ცვლილებაზე და განლაგებულნი არიან კაროტიდულ და აორტის სხეულებსა და თავად მედულაში.

სისხლში ჟანგბადის დონის დაქვეითება (ჰიპოქსემია) აღიქმება კაროტიდულ და აორტის სხეულებში განლაგებული ქემორეცეპტორებით. ამ რეცეპტორების მიერ გენერირებული სენსორული იმპულსები, გლოსოფარინგული და ცდომილი ნერვებით, მედულაში მიემართება, რაც იწვევს სუნთქვის სიხშირის, ან სიღრმის (ან ერთროულად ორივეს) გაზრდას. ეს პასუხი განაპირობებს ფილტვებში უფრო მეტი ჰაერის შესვლას და შესაბამისად, სისხლში უფრო მეტი ჟანგბადის დიფუზიას, რაც ჰიპოქსიის გამოსწორებას იწვევს.

სისხლში ნახშირორჟანგის ჭარბი რაოდენობის დაგროვებას (ჰიპერკაპნია) არასასურველი ეფექტი აქვს, რადგან მისი წყალთან ურთიერთქმედებით, წარმოიშობა ნახშირმჟავა, რომელიც  $H^+$  იონების წყაროა; წყალბადის იონები კი იწვევენ pH-ის დაქვეითებას. შესაბამისად, ჭარბი ნახშირორჟანგი სისხლს უფრო სუსტ ტუტედ (უფრო ძლიერ მჟავად) გარდაქმნის. მედულა შეიცავს ქემორეცეპტორებს, რომლებიც ძალიან მგრძობიარენი არიან pH ცვლილებების (განსაკუთრებით, დაქვეითების) მიმართ. როდესაც ნახშირორჟანგის აკუმულაცია გამოიწვევს pH-ის დაქვეითებას, მედულა უპასუხებს რესპირაციის გაზრდით. ამის მიზანი არა ჩასუნთქვის ინტენსივობის გაზრდაა, არამედ მეტი ნახშირორჟანგის ამოსუნთქვაა, რათა მოხდეს pH-ის ნორმამდე ანევა.

ამ ორი რესპირატორული აირიდან, რომელი უფრო მნიშვნელოვანია სუნთქვის რეგულაციისთვის? თქვენ, ალბათ, ფიქრობთ, რომ ჟანგბადი, რადგან ის მნიშვნელოვანია, ქსოვილოვანი სუნთქვის დროს, ენერჯის წარმოსაქმნელად. თუმცა, რესპირატორულ სისტემას შეუძლია სისხლში ჟანგბადის ნორმალური დონის შენარჩუნება, მაშინაც კი როდესაც სუნთქვა ნორმალურზე ნაკლები სიხშირით ხორციელდება, ან სულაც რამდენიმე წუთით ჩერდება. გაიხსენეთ, რომ ამოსუნთქულ ჰაერში ჟანგბადის შემცველობა 16 %-ია. ჟანგბადი არ გადასულა სისხლში, მიუხედავად იმისა, რომ საჭიროების შემთხვევაში, ის ხელმისაწვდომი იყო. სუნთქვის შენელების დროს სისხლის მომარაგება ფილტვების ნარჩენი ჰაერიდანაცაა შესაძლებელი.



სურათი 15-10. სუნთქვის ქიმიური რეგულაცია. აღწერა იხილეთ ტექსტში

**შეკითხვა:** სხეულის პასუხი ორ სრულიად განსხვავებულ ცვლილებაზე (ნაკლები ჟანგბადი და მეტი ნახშირორჟანგი) ერთნაირია. ახსენით რატომ.

აქედან გამომდინარე, ნახშირორჟანგი სუნთქვის ძირითადი მარეგულირებელია და ამის მიზეზი მისი სისხლის pH-ზე ზეგავლენაა. როგორც ახლახან აღვნიშნეთ, ჭარბი  $CO_2$  იწვევს სისხლის pH-ის დაქვეითებას, პროცესს რომელსაც არ უნდა მიეცეს გაგრძელების საშუალება. ამის გამო, სისხლში  $CO_2$  დონის ნებისმიერი მომატება, სწრაფად კომპენსირდება სუნთქვის გაზრდით, რათა მოხდეს მეტი  $CO_2$ -ის ამოსუნთქვა. მაგალითად, თუ თქვენ სუნთქვას შეიკავებთ, რა გამოიწვევს სუნთქვის განახლებას? თქვენ დაცლილი ხართ ჟანგბადისგან? ზემოთ ნახსენები



მიზეზების გამო, სავარაუდოდ, არა. სუნთქვის განახლება იმიტომ მოხდება, რომ ორგანიზმში დაგროვილია  $\text{CO}_2$ , რაც იწვევს pH-ის იმ დონემდე დაქვეითებას, რომ მოხდეს მედულის სტიმულირება, რათა სუნთქვის ციკლი თავიდან დაიწყოს.

ზოგიერთ შემთხვევაში, სუნთქვის მთავარი მარეგულირებელი ფანგბადი ხდება. ადამიანებს მძიმე ქრონიკული პულმონური დაავადებით, მაგალითად, ემფიზემით, ორივე აირის (ფანგბადი და ნახშირორჟანგი) ცვლა აქვთ დარღვეული.  $\text{CO}_2$ -ის აკუმულირებით დაქვეითებული pH-ის დონე თირკმელებით კორექტირდება, თუმცა სისხლში ფანგბადის დონე კვლავ დაქვეითებული რჩება. საბოლოოდ, ფანგბადის შემცველობა შეიძლება იმ დონემდე დაქვეითდეს, რომ ის ძალიან ძლიერი სტიმული გახდეს სუნთქვის სილრმისა და სისხირის გასაზრდელად.

## სუნთქვა და მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა

როგორც ახლახან შეიტყვეთ, რესპირაცია სხეულის სითხეების pH-ზე მოქმედებს, რადგან ის არეგულირებს ამ სითხეებში ნახშირორჟანგის დონეს. გაიხსენეთ, რომ  $\text{CO}_2$  ურთიერთქმედებს წყალთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ნახშირმჟავა ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ); ეს უკანასკნელი იშლება  $\text{H}^+$  და  $\text{HCO}_3^-$  - იონებად. რაც მეტი წყალბადის იონია სითხეში, მით ნაკლებია მისი pH; რაც ნაკლები წყალბადის იონია, მით მეტია pH.

რესპირატორულ სისტემას შეუძლია pH დისბალანსის გამონვევა; მას ასევე შეუძლია, სხვა მიზეზებით გამოწვეული, pH-ის დისბალანსის კორექტირება.

## რესპირატორული აციდოზი და ალკალოზი

**რესპირატორული აციდოზი** ვითარდება თუ სუნთქვის ეფექტიანობა ან სისხირე იკლებს, რაც იწვევს სხეულის სითხეებში ნახშირორჟანგის აკუმულაციას. ჭარბი  $\text{CO}_2$  განაპირობებს მეტი  $\text{H}^+$  იონების წარმოქმნას და pH-ის დაქვეითებას. სუნთქვის შეკავებასაც შეუძლია მსუბუქი რესპირატორული აციდოზის გამონვევა, რაც მალევე მოახდენს მედულის სტიმულაციას და გამოიწვევს სუნთქვის განახლებას. რესპირატორული აციდოზის უფრო სერიოზული მიზეზები ფილტვის ისეთი დაავადებებია, როგორცაა პნემონია, ემფიზემა, ან მძიმე ასთმა. თითოეული ეს დაავადება მოქმედებს აირთა ცვლაზე და ხელს უწყობს ჭარბი  $\text{CO}_2$ -ის სხეულის სითხეებში დაგროვებას.

**რესპირატორული ალკალოზი** ვითარდება როდესაც რესპირაციის სისხირე იზრდება და  $\text{CO}_2$  ძალიან სწრაფად ამოისუნთქება.  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობის შემცირება აქვეითებს  $\text{H}^+$  იონების წარმოქმნას, რაც ზრდის pH-ს. რამდენიმე წთ-ის განმავლობაში განხორციელებულ სწრაფ სუნთქვას მსუბუქი ალკალოზის გამონვევა შეუძლია. ჩვილები, რომლებიც დიდი ხნის განმავლობაში ტირიან (ტირილი ხმაურიანი ამოსუნთქვაა) თავის თავს ამ მდომარეობაში იყენებენ. ზოგადად, რესპირატორული ალკალოზი ჩვეული მოვლენა არაა. მძიმე ფიზიკურ ტრავმას და შოკს, ან მენტალური და ემოციური აშლილობის ზოგიერთ მდგომარეობას შეუძლია ჰიპერვენტილაციის და ასევე, რესპირატორული ალკალოზის გამონვევა. დამატებით, მაღალმთიან რეგიონში მოგზაურობამ (სადაც ჰაერი ნაკლებ ფანგბადს შეიცავს) შეიძლება სუნთქვის დროებითი გახშირება გამოიწვიოს (სანამ საკომპენსაციო მექანიზმებით გაიზრდება ერითროციტების პროდუქციის იხილეთ, თავი 11).

## რესპირატორული კომპენსაცია

თუ pH დისბალანსი, რესპირატორული ცვლილებების გარდა, სხვა მიზეზებითაა განპირობებული, ამას მეტაბოლური აციდოზი, ან მეტაბოლური ალკალოზი ეწოდება. ორივე შემთხვევაში, pH-ის ცვლილება ასტიმულირებს რესპირაციის შეცვლას, რამაც შეიძლება ალადგინოს სხეულის სითხეების ნორმალური pH.

**მეტაბოლური აციდოზი** შეიძლება გამოიწვიოს არანამკურნალებმა შაქრიანმა დიაბეტმა (კეტოაციდოზი), თირკმელების დაავადებამ, ან მძიმე დიარეამ. ამ შემთხვევებში, სხეულის სითხეებში მატულობს  $\text{H}^+$  იონების კონცენტრაცია. რესპირატორული კომპენსაცია მოიცავს სუნთქვის სისხირისა და სილრმის გაზრდას, რათა მოხდეს მეტი  $\text{CO}_2$ -ის გამოყოფა და შემცირდეს  $\text{H}^+$  იონების წარმოქმნა, რაც გამოიწვევს pH-ის ცვლილებას ნორმალური მაჩვენებლისკენ.

**მეტაბოლური ალკალოზი** იშვიათად გვხვდება და შეიძლება გამოიწვიოს ტუტე მედიკამენტების (მაგალითად, კუჭის სამკურნალო) ჭარბი რაოდენობით მიღებამ. მეორე შესაძლო მიზეზია მხოლოდ კუჭის შიგთავსის ლებინებაა. ასეთ შემთხვევებში  $H^+$  იონების კონცენტრაცია სხეულის სითხეებში ქვეითდება. რესპირატორული კომპენსაცია მოიცავს რესპირაციის დაქვეითებას, რათა მოხდეს ნაკლები  $CO_2$ -ის გამოყოფა და გაიზარდოს  $H^+$  იონების წარმოქმნა, რაც გამოიწვევს pH-ის ცვლილებას ნორმალური მაჩვენებლისკენ.

რესპირატორულ კომპენსაციას არ შეუძლია ბოლომდე დაარეგულიროს pH დისბალანსი, რადგან არსებობს ზღვარი, რომლის მიღმა ვერ მოხდება  $CO_2$ -ის გამოყოფა ან შენარჩუნება. უმეტეს შემთხვევებში, რესპირატორული კომპენსაცია დაახლოებით 75 %-იანი ეფექტურობისაა. მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობის სრული აღწერა გადმოცემული მე-19 თავში.

## დაბერება და რესპირატორული სისტემა

ყველაზე ეფექტური გზა, რომ რესპირატორული სისტემა მშვიდად დაბერდეს, მონევის თავიდან არიდებაა. ქიმიური ზემოქმედების გარეშე, რესპირატორული ფუნქცია ასაკთან ერთად ქვეითდება, თუმცა ადეკვატური რჩება. ჩონჩხის სხვა კუნთების მსგავსად, რესპირატორული კუნთებიც, დაბერებასთან ერთად, სუსტდებიან (ფიზიკური ვარჯიში, თუნდაც სწრაფი სიარული ეხმარება რესპირატორულ კუნთებს ძალის შენარჩუნებაში). ფილტვის ქსოვილი კარგავს ელასტიურობას და ალვეოლის კედლების დაშლის გამო, ალვეოლები იკარგება. ყოველივე ეს იწვევს ვენტილაციისა და ფილტვების ტევადობის დაქვეითებას, თუმცა დარჩენილი ტევადობა საკმარისია ორდინარული აქტივობების განსახორციელებლად. რესპირატორული მუკოზას წამნამების მდგომარეობა ასაკთან ერთად უარესდება; ალვეოლარული მაკროფაგები ნაკლებად ეფექტიანნი ხდებიან, რაც ხანდაზმულ ადამიანებს პნევმონიისადმი (სერიოზული პულმონური ინფექცია) უფრო მიდრეკილს ხდის.

ემფიზემის, ან ქრონიკული ბრონქიტის შედეგად განპირობებულმა ქრონიკულმა ალვეოლარულმა ჰიპოქსიამ, შესაძლოა პულმონური ჰიპერტენზია გამოიწვიოს; ეს უკანასაკნელი კი მარჯვენა პარკუჭის გადატვირთვის მიზეზი ხდება. სისტემური ჰიპერტენზია გულის მარცხენა პარკუჭს ასუსტებს და იწვევს გულის შეგუბებით უკმარისობასა და ფილტვების შეშუპებას (ჭარბი ქსოვილოვანი სითხის ალვეოლებში დაგროვება და აირთა ცვლის დაქვეითება). ცირკულატორულ და რესპირატორულ სისტემებს შორის ურთიერთდამოკიდებულება ყველა ასაკისთვისაა დამახასიათებელი, მაგრამ განსაკუთრებით გამოხატულია ხანდაზმულებში.

## შეჯამება

როგორც თავად დარწმუნდით, სუნთქვა გაცილებით რთული პროცესია, ვიდრე მექანიკური რესპირატორული ქმედებები. ჩასუნთქვა ორგანიზმს ჟანგბადით ამარაგებს, რაც აუცილებელია უჯრედული სუნთქვის პროცესში ATP-ის წარმოსაქმნელად. ამოსუნთქვა განაპირობებს ორგანიზმიდან ნახშირორჟანგის, ქსოვილოვანი სუნთქვის პროდუქტის, გამოყოფას. სუნთქვა, ასევე, არეგულირებს ორგანიზმში  $CO_2$ -ის დონეს და ამით ხელს უწყობს სხეულის სითხეებში მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობის შენარჩუნებას. მიუხედავად იმისა, რომ რესპირატორული აირები არ წარმოქმნიან სხეულის სტრუქტურულ კომპონენტებს, ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ორგანიზმის ქიმიური ორგანიზაციისთვის, რაც აუცილებელია სხეულის ყველა დონეზე ფუნქციონირებისთვის.

## თავი 16

### საჭმლის მომწოდებელი სისტემა

სწრაფი საუზმე, როდესაც სამსახურში, ან სასწავლებელში გაგვიანდებათ, სადღესასწაულო სადილი, დიეტა - ზედმეტი კილოგრამების დასაკლებად - რა აქვთ ამ აქტივობებს საერთო? საკვების მიერთება შესაძლოა დღესასწაული იყოს, ან ვნატრობდეთ, რომ ამდენს არ ვჭამდეთ. მიუხედავად იმისა, რომ საკვები ჟანგბადით მნიშვნელოვანი არ არის, მას დიდი ადგილი უჭირავს ჩვენს ცხოვრებაში. საჭმელი შეიცავს უჯრედების რეპროდუქციისა და ახალი ქსოვილის ასაშენებლად აუცილებელ საშენ მასალას. ამისათვის საჭირო ენერჯია, ქსოვილოვანი სუნთქვის პროცესში, საკვებისგან გამოიყოფა. სინამდვილეში, საკვებიდან საშენი მასალის მიღება იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ორგანიზმმა შეიძლება გარკვეული მარაგიც დააგროვოს. ის „ზედმეტი კილოგრამები“, ხშირად ადიპოზურ ქსოვილში შენახული ცხიმია.

აღსანიშნავია, რომ ჩვენს მიერ მიღებული საკვები არ არის იმ ფორმაში, რომელიც ჩვენმა უჯრედებმა შეიძლება გამოიყენონ. ასე მაგალითად, ინდაურის სენდვიჩი შეიცავს კომპლექსურ ცილებს, ცხიმებსა და ნახშირწყლებს. **საჭმლის მომწოდებელი სისტემის** ფუნქცია ამ რთული ორგანული მოლეკულების უფრო მარტივ ორგანულ და არაორგანულ მოლეკულებად დაშლას, რომლებიც მერე აბსორბირდებიან სისხლსა ან ლიმფაში და ტრანსპორტირდებიან უჯრედებამდე. ამ თავში ჩვენ შევისწავლით საჭმლის მომწოდებელ ორგანოებს და თითოეული მათგანის როლს მონელებასა და აბსორბციაში.

### საჭმლის მომწოდებელი სისტემის ნაწილები

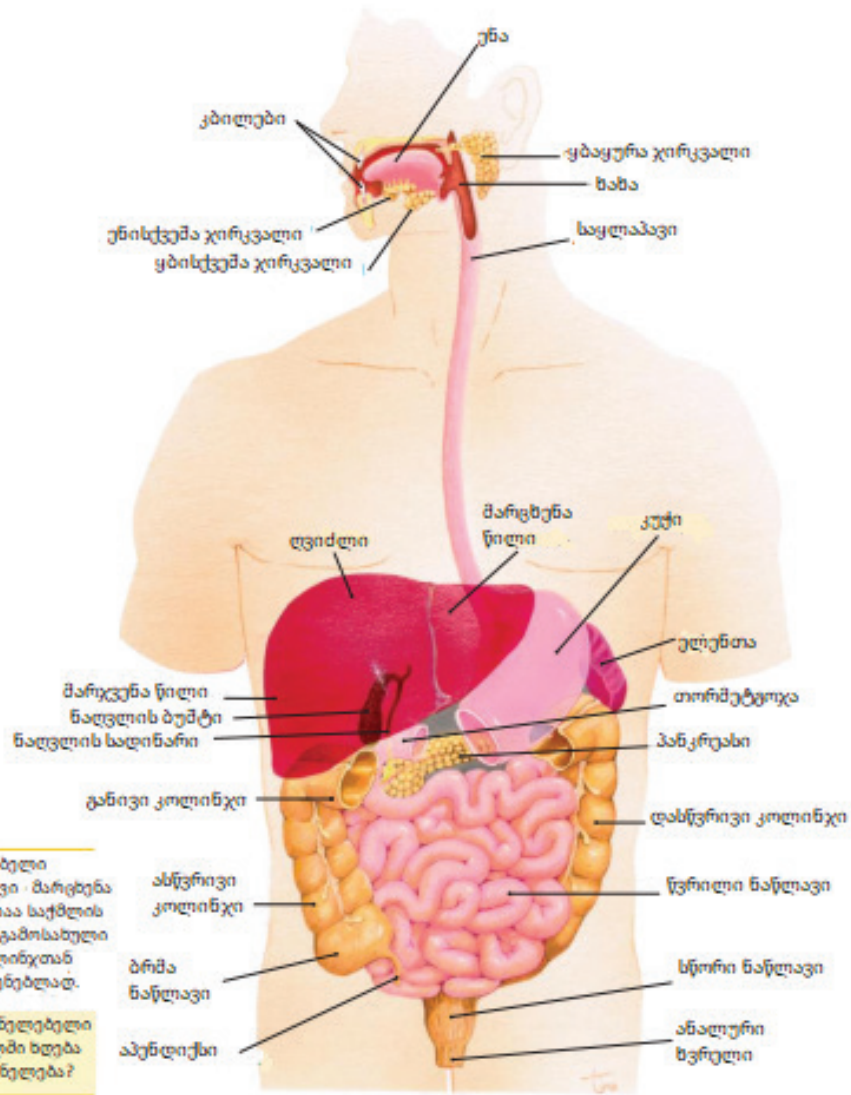
გამოყოფენ საჭმლის მომწოდებელი სისტემის ორ ნაწილს: საჭმლის მომწოდებელი ტრაქტი (მილი) და დამხმარე ორგანოები (იხილეთ, სურათი 16-1). **საჭმლის მომწოდებელი ტრაქტი** იწყება პირიდან და მთავრდება ანუსით. ის მოიცავს პირის ღრუს, ხახას, საყლაპავს, კუჭს, წვრილ ნაწლავს და მსხვილ ნაწლავს. მონელებას ადგილი აქვს პირის ღრუში, კუჭსა და წვრილ ნაწლავში; საკვები ნივთიერებების უმეტესი ნაწილი აბსორბირდება წვრილ ნაწლავში; მოუნელებელი მასალა, ძირითადად, ცელულოზა, ელიმინირდება მსხვილი ნაწლავის მიერ, რომელსაც კოლინჯსაც უწოდებენ.

საჭმლის მომწოდებელი სისტემის **დამხმარე ორგანოებია**: კბილები, ენა, სანერწყვე ჯირკვლები, ღვიძლი, ნაღვლის ბუშტი და პანკრეასი. ამ ორგანოებში საჭმლის მონელება არ ხდება, თუმცა თითოეული მათგანი ხელს უწყობს მონელების პროცესს.

### მონელების ტიპები

ჩვენს მიერ მიღებული საკვები განიცდის ორი ტიპის მონელებას: მექანიკურს და ქიმიურს. **მექანიკური მონელება** საკვების მცირედ ნაწილებად დაყოფას (დაქუცმაცება). ლეჭვა ამ ტიპის მონელების მაგალითია. დაქუცმაცებული საკვების უფრო მეტი ზედაპირული ფართობი განიცდის მონელებელი ენზიმების (ენზიმები განხილული მე-2 თავში) ზემოქმედებას. საჭმლის მომწოდებელი ენზიმების როლი დაქუცმაცებული **საკვების ქიმიური მონელებაა**, რომლის დროსაც რთული ქიმიური მოლეკულები უფრო მარტივ ნივთიერებებად გარდაიქმნებიან, რომელთა უტილიზაციის უნარი ორგანიზმს გააჩნია. მიღებული საკვების ცილებთან, ცხიმებთან და ნახშირწილებთან მიმართებაში, ენზიმები სპეციფიკურად მოქმედებენ. ასე მაგალითად, ცილების მონელებელი ენზიმები, მხოლოდ ცილებზე მუშაობენ და არა ცხიმებსა და ნახშირწყლებზე. თითოეული ენზიმი წარმოიქმნება საჭმლის მომწოდებელი სისტემის კონკრეტული ორგანოს მიერ და კონკრეტულ ადგილას ფუნქციონირებს. ამასთან, ენზიმის პროდუქციის ადგილი, შესაძლოა, არ ემთხვეოდეს მისი მოქმედების ადგილს. საჭმლის მომწოდებელი ენზიმები და მათი მოქმედების ადგილები განხილული იქნება ამ თავის ბოლო ნაწილებში.





**სურათი 16-1.** საჭმლის მომნელებელი ორგანოები: ტანი წინა ხედი, თავი - მარცხენა ლატერალური ხედი. ელენთა არაა საჭმლის მომნელებელი ორგანო, მაგრამ გამოსახული ღვიძლთან, პანკრეასთან და კოლინჯთან მედარებითი მდებარეობის საჩვენებლად.

**შეკითხვა:** საჭმლის მომნელებელი სისტემის რომელ ნაწილში ხდება რეალურად საკვების მომწელება?

## მონელების საბოლოო პროდუქტები

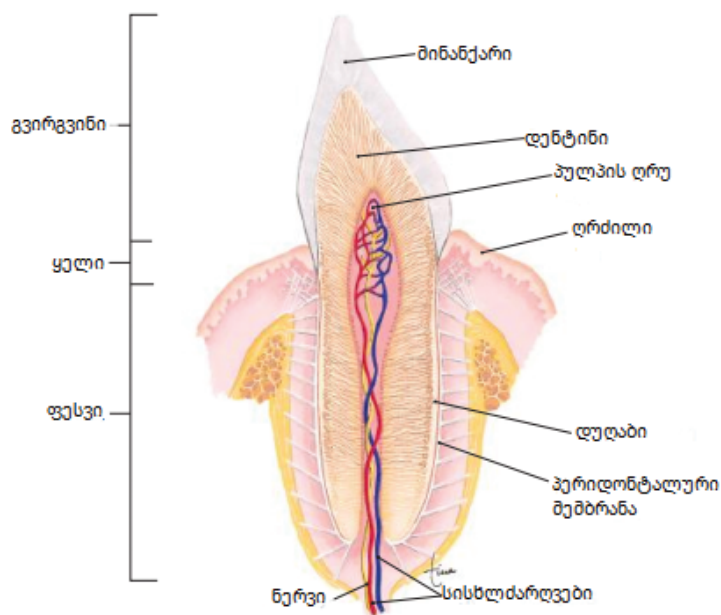
საჭმლის მომნელებელი სისტემის ორგანოების აღწერამდე, მოდიოთ ვნახოთ რა მოსდის საკვებს მონელების შედეგად. საკვები შეიცავს სამი ტიპის რთულ ორგანულ მოლეკულებს: ნახშირწყლებს, ცილებსა და ცხიმებს. მონელების პროცესში, თითოეული ამ ტიპის მოლეკულა გარდაიქმნება უფრო მარტივ ნივთიერებებად, რომელთა გამოყენება ორგანიზმს შეუძლია. კარბოჰიდრატები, როგორებიცაა სახამებელი და დისაქარიდები, გარდაიქმნებიან მონოსაქარიდებად, როგორებიცაა გლუკოზა, ფრუქტოზა და გალაქტოზა; პროტეინები გარდაიქმნებიან ამინომჟავებად, ხოლო ცხიმები - ცხიმოვან მჟავებად და გლიცერინად. გარდა ამისა, მონელების შემდეგ გამოთავისუფლებიან ვიტამინები, მინერალები და წყალი. ჩვენ ახლა დავუბრუნდებით საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის საწყის ნაწილს და განვიხილოთ საჭმლის მომნელებელი ორგანოები და მონელების პროცესი.

## პირის ღრუ

საჭმელი ორგანიზმში პირის ღრუს საშუალებით ხვდება. პირის ღრუს საზღვრებია: ზემოდან - მაგარი სასა და რბილი სასა; გვერდებიდან - ლოყები; ქვემოდას - პირის ძირი. პირის ღრუ შეიცავს კბილებს, ენას და სანერწყვე ფირკვლების სადინრების გამოსავალს.

## კბილები

**კბილების** ფუნქცია, რა თქმა უნდა, ლეჭვაა. ლეჭვის დროს ხდება საკვების მცირე ნაწილებად დაყოფა (დაქუცმაცება) და ამ ნაწილების ნერწყვთან შერევა. ადამიანს კბილების ორი კომპლექტი აქვს: სარძევე და მუდმივი. **სარძევე კბილების** ამოსვლა 6 თვის ასაკიდან იწყება; ჩვეულებრივ, ბავშვობის ასაკში, სარძევე კბილები, თანდათანობით, **მუდმივი კბილებით** იცვლება. პირველები, ჩვეულებრივ, მოლარებია, რომელთა მოცვლა 6 წლის ასაკამდე ხდება. მუდმივი კბილების სრული კომპლექტი 32 კბილს შეადგენს. კბილების ტიპებია: საჭრელი კბილები, ეშვები, მოლარები და პრემოლარები. სიბრძნის კბილი ორივე ყბის თითოეულ მხარეს არსებული მესამე მოლარია. ზოგიერთ ადამიანის სიბრძნის კბილები ვერ ახერხებენ ღრძილებიდან ამოსვლას, რადგან მათი ადგილი თანკბილვაში აღარაა. ამოუსვლელი სიბრძნის კბილები შეიძლება დაზიანდეს და დაანვეს მეორე მოლარების ფესვებს. ასეთ შემთხვევაში, სხვა კბილების დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით, შეიძლება საჭირო გახდეს სარძევე კბილების ექსტრაქცია.



**სურათი 16-2.** კბილის სტრუქტურა. სიბრძნის განაკვეთი კბილის შიდა სტრუქტურის საჩვენებლად.

**შეკითხვა:** კბილის რომელი ნაწილებია ცოცხალი? საიდან იცით?

სურათზე 16-2 გამოსახულია კბილის სტრუქტურა. ღრძილის (**გინგივა**) ზემოთ წარმოდგენილი ნაწილს გვირგვინი ეწოდება. ფესვი ჩამალულია ზედა და ქვედა ყბების ალვეოლებში (ძვლოვან ბუდეებში). ძვლის ნაწილს, რომელიც ალვეოლებს შეიცავს კბილის რკალი ეწოდება. ალვეოლას (ძვლოვან ბუდეს) ამოფენს **პერიდონტალური მემბრანა**, რომელიც წარმოქმნის ძვლისმაგვარ დულაბს, რაც ამაგრებს კბილს. კბილის გარეგან გარსს **მინანქარი** ეწოდება, რომელიც ამელობლასტებითაა შედგენილი. მინანქარი უზრუნველყოფს მყარ სალექ ზედაპირს და კბილის სხვა ნაწილებთან შედარებით, ნაკლებადაა ლპობისკენ მიდრეკილი. მინანქრის შიგნით **დენტინია**, რომელიც ძალიან გავს ძვალს და პროდუცირდება ოდონტობლასტების მიერ. დენტინი კბილის ფესვსაც წარმოქმნის. კბილის ყველაზე შიდა ნაწილი **პულპური ღრუა**, რომელიც შეიცავს სისხლძარღვებსა და ტრიგემინიალური ნერვის (მე-5 კრანიალური) ნერვულ დაბოლოებებს.

როგორც თქვენ იცით, რომ პირის ღრუ მიკრობიომია, ერთ-ერთი ჩვენი ბაქტერიული პოპულაციის სახლი. კბილის ნორმალური ფლორა წარმოდგენილია საფუარი სოკოების, პროტოზოების და ბაქტერიების მცირე რაოდენობით და ჩვეულებრივ ეხმარება ორგანიზმს პათოგენების

ზედმეტად გამრავლების თავიდან აცილებაში. პირის სოკოვანი ინფექცია, ჩვეულებრივ, სუსტი იმუნური სისტემის მქონე ადამიანებში (მაგალითად, აივ-ით გამოწვეული შიდსი), ან იმ პაციენტებში ვითარდება, რომლებიც ლეზულებზე ანტიბიოტიკებს ბაქტერიული ინფექციის სამკურნალოდ. თუმცა გარკვეული გავრცელებული ბაქტერიები, რომლებიც შაქარს, მიღებული საკვებიდან, თავიანთ საკვებ პროდუქტად გარდაქმნიან, შეიძლება დამაზიანებელი აღმოჩნდნენ. მათი გვერდითი პროდუქტებია მჟავები, რომლებიც ინვევენ მინანქრისა და დენტინის შრეების განადგურებას, რასაც მივყავართ **დენტალურ კარიესამდე**, ანუ ღრუების წარმოქმნამდე. თუ კარიესს არ ვუმკურნალებთ, ბაქტერიები შეიძლება პულპის ღრუშიც შეიჭრნენ და ძნელად ასატანი კბილის ტკივილი, ასევე, შესაძლოა, კბილის სიკვდილი და კბილის ბუდის ინფექცია გამოიწვიონ.

## ენა

**ენა** გლუვკუნთოვანი ქსოვილია, რომელიც ჰიპოგლოსალური ნერვებით (მე-12 კრანიალური) ინერვირდება. ენის ზედა ზედაპირი დაფარულია მცირე გამონაზარდებით, რომლებსაც **პაპილები** ეწოდებათ; ბევრი მათგანი შეიცავს გემოვნების კვირტებს (იხილეთ, თავი 9). გემოვნების სენსორული ნერვებია, აგრეთვე, კრანიალური ნერვები: მე-7 (სახის) და მე-9 (გლოსოფარინგეალური). როგორც იცით, გემოს შეგრძნება მნიშვნელოვანია, რადგან ის ჭამას სასიამოვნოს ხდის, თუმცა ენას სხვა ფუნქციებიც აქვს.

ღეჭვას ეფექტიანობას ენის მოქმედება ანიჭებს, რომელიც საკვებს კბილებს შორის ინახავს და ნერწყვთან ურევს. ენის მოძრაობები რეფლექსურია. ეს რომ ასე არ იყოს, ღეჭვის დროს, ჩვენ დიდი ყურადღების მობილიზება დაგვჭირდებოდა და დღეში რამდენჯერმე ვიკბენდით ენაზე. ენის აწევა ყლაპვის პირველი ეტაპია. ეს ნებელობითი აქტია, რომლის დროსაც ენა იკუმშება და მყარი სასის ზედაპირის ხვდება. ამით, საკვების პორცია, რომელსაც ბოლუსი ეწოდება, უკან ხახისკენ გადაიტყორცნება. ყლაპვის დანარჩენი ნაწილი რეფლექსურია, რომელსაც ხახის ნაწილში განვიხილავთ.

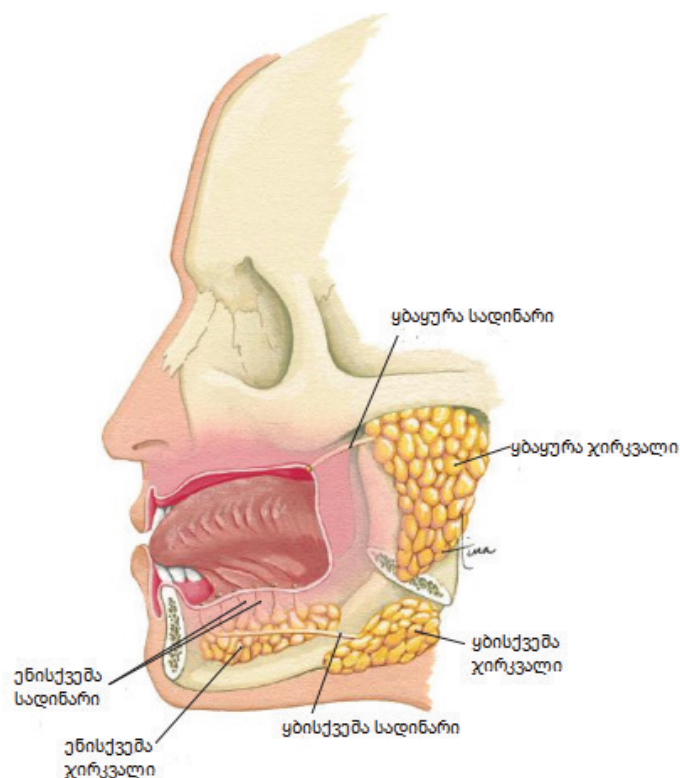
## სანერწყვე ჯირკვლები

პირის ღრუს საჭმლის მომნელებელი სეკრეტი ნერწყვია, რომელიც სანერწყვე ჯირკვლებში პროდუცირდება (იხილეთ, სურათი 16-3). **ყბაყურა ჯირკვლები** განლაგებულია ყურების ოდნავ ქვემოთ და წინ. **ყბისქვეშა ჯირკვლები** მოთავსებულია არიან ქვედა ყბის კუთხეების უკან. **ენისქვეშა ჯირკვლები** მდებარეობენ პირის ღრუს ფსკერის ქვემოთ. თითოეულ ჯირკვალს, სულ მცირე, ერთი სადინარი აქვს, რომლითაც ნერწყვი პირის ღრუში ჩაედინება.

ნერწყვის სეკრეცია უწყვეტი პროცესია, თუმცა რაოდენობა სიტუაციის მიხედვით ცვალებადობს. პირის ღრუში საკვების, ან სხვა რამის არსებობა, ზრდის ნერწყვის სეკრეციას. ეს პარასიმპათიკური პასუხია, რომელიც სახისა და გლოსოფარინგეალური ნერვების მოქმედებით გამოიწვევა. საკვების დანახვა, ან სუნის შეგრძნება, ასევე, ინვევს ნერწყვის სეკრეციის გაზრდას. სტრესულ სიტუაციებში, სიმპათიკური ინერვაციის გაზრდით, ნერწყვის სეკრეცია მცირდება, რაც პირის სიმშრალეს და ყლაპვის გაძნელებას განაპირობებს. თუ თქვენ როდესმე შეგშინებიათ, თუნდაც საშინელებათა ფილმის ყურების დროს, ან დიდი ხნის განმავლობაში გინერვიულიათ, თქვენ იცით, რას ნიშნავს მშრალი პირი.

ნერწყვი, ძირითადად, წყლისგან შედგება და ეს ძალიან მნიშვნელოვანია, გემოს შეგრძნებისთვის, საჭმლის განსაზავებლად და გადაყლაპვისთვის, დასატენიანებლად. ნერწყვის ენზიმი **ლიზოციმი** ძალიან გავს ცრემლს და იგივე ფუნქცია აქვს - მოახდინოს მრავალი ბაქტერიის ზრდის დათრგუნვა. ის მათ პირდაპირ არ კლავს, როგორ კუჭის წვენის მარილმჟავა (თორემ ეს ორალური ღრუს მუკოზური მემბრანების ცოცხალ უჯრედებსაც იგივეს უზამდა), არამედ ანელებს ბაქტერიების რეპროდუქციას. ნერწყვის მომნელებელი ენზიმი **ამილაზაა**, რომელიც სახამებლის მოლეკულებს უფრო მცირე გლუკოზის, მალტოზის, ან დისაქარიდების ჯაჭვებამდე შლის. აღსანიშნავია, რომ ჩვენი უმრავლესობა, ღეჭვას საკმარის დროს არ უთმობს, რათა ნერწყვის ამილაზას ეფექტიანობა სრულად გამოვლინდეს. როგორც თქვენ ნახავთ, სხვა, პანკრეასის ამილაზასაც აქვს სახამებლის მონელების უნარი. ცხრილი 16-1 აჯამებს მომნელებელ სეკრეტებს.





**სურათი 16-3.** სანერწყვე ჯირკვლები მარცხენა ლატერალურ ხედში

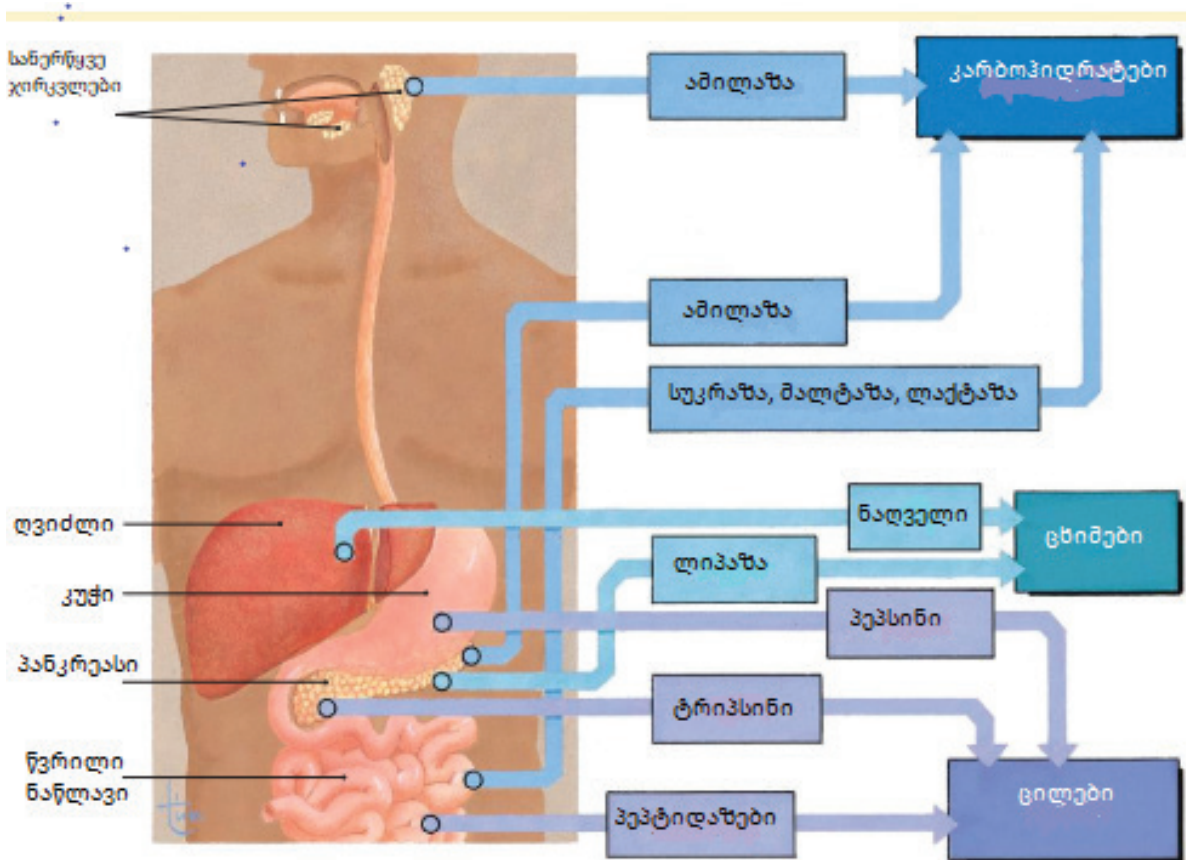
**შეკითხვა:** რატომ არიან ესენი ეგზოკრინული ჯირკვლები? რისგან მზადდება ნერწყვი?

ნერწყვი სისხლის პლაზმისგან წარმოიქმნება და შესაბამისად, პლაზმაში არსებულ ბევრ ნივთიერებას შეიცავს. მიმდინარეობს მნიშვნელოვანი კვლევები, რომლებიც ფოკუსირებულნი არიან ნერწყვში ზოგიერთი დაავადების, მაგალითად, კიბოს მარკერების გამოსავლენად; მათი მიზანი დიაგნოსტიკური კვლევებისთვის, სისხლის მაგივრად, ნერწყვის გამოყენებაა.

### ცხრილი 16-1| საჭმლის მონელების პროცესი

ორგანო	ენზიმი ან სხვა სეკრეტი	ფუნქცია	მოქმედების ადგილი
სანერწყვე ჯირკვლები	ამილაზა	სახამებელს გარდაქმნის მალტოზად	პირის ღრუ
კუჭი	პეპსინი	ცილებს გარდაქმნის პოლიპეპტიდებად	კუჭი
კუჭი	HCl	პეპსინოგენს გარდაქმნის პეპსინად; ინარჩუნებს pH 1–2; შლის პათოგენებს	კუჭი
ღვიძლი	ნაღვლის მარილები	ახდენს ცხიმების ემულგირებას	წვრილი ნაწლავი
პანკრეასი	ამილაზა	სახამებელს გარდაქმნის მალტოზად	წვრილი ნაწლავი

პანკრეასი	ტრიპსინი	გარდაქმნის პოლიპეპტიდებს პეპტიდებად	წვრილი ნაწლავი
პანკრეასი	ლიპაზა	გარდაქმნის ემულგირებულ ცხიმებს ცხიმოვან მჟავეებად და გლიცერინად	წვრილი ნაწლავი
წვრილი ნაწლავი	პეპტიდაზები	გარდაქმნის პეპტიდებს ამინომჟავეებად	წვრილი ნაწლავი
წვრილი ნაწლავი	სუკრაზა	გარდაქმნის სუკროზას გლუკოზად და ფრუქტოზად	წვრილი ნაწლავი
წვრილი ნაწლავი	მალტაზა	გარდაქმნის მალტოზას გლუკოზად (2)	წვრილი ნაწლავი
წვრილი ნაწლავი	ლაქტაზა	გარდაქმნის ლაქტოზას გლუკოზად და გალაქტოზად	წვრილი ნაწლავი



**სურათი 16-A.** მომწელებელი სეკრეტების ფუნქციები

**შეკითხვა:** რომელი ორგანოს სეკრეტები გამოიყენება ცილების მოსაწელებლად?

## ხახა (ფარინქსი)

როგორც წინა თავში იყო აღწერილი, ოროფარინქსი და ლარინგოფარინქსი, ჰაერის გამტარ გზებთან ერთად, პირიდან საყლაპავამდე, საჭმლის გატარების გზაცაა. ხახაში საჭმლის მონელება არ ხდება. ის მხოლოდ ყლაპვაში, საკვების მექანიკურ მოძრაობაში, ღებულობს მონაწილეობას. როდესაც საკვების ბოლუსი ენის უკან გადაიტანება, როგორც ყლაპვის რეფლექსის აქტივობა, ხახის შემკუმშავი კუნთები შეიკუმშებიან. ყლაპვის რეფლექსური ცენტრი მედულაში მდებარეობს, რომელიც ახდენს მრავალი ქმედების: ხახის შეკუმშვის, სუნთქვის შეწყვეტის, ნაზოფარინქსის დასაბლოკად, რბილი სახის ზემოთ აწევის, ეპიგლოტიტის დახურვის და საყლაპავის პერისტალტიკის კოორდინაციას.

როგორც ხედავთ, ყლაპვა რთული პროცესია, მაგრამ რადგან ის რეფლექსია, ჩვენ იმაზე ფიქრი არ გვინევს, თუ როგორ განვხორციელოთ ის სწორად. აღსანიშნავია, რომ ჭამის დროს სიცილმა ან საუბარმა, შესაძლოა, გავლენა იქონიოს ყლაპვის რეფლექსზე და საკვები „არასწორ მილში“, ხორხში, გადაიტანოს. ასეთ დროს, ხველის რეფლექსი, ჩვეულებრივ, ეფექტურია ჰაერგამტარი გზების გასათავისუფლებლად.

## საყლაპავი

**საყლაპავი** კუნთოვანი მილია, რომელსაც საკვები ხახიდან კუჭამდე გადააქვს. საყლაპავში საჭმლის მონელება არ ხდება. საყლაპავის პერისტალტიკა უზრუნველყოფს საკვების ერთი მიმართულებით გადაადგილებას და კუჭში მოხვედრას, მაშინაც კი, როდესაც სხეული ჰორიზონტალურ, ან თავდაყირა მდგომარეობაშია. კუჭთან მიერთების ადგილას, საყლაპავის სანათური შემოსაზღვრულია ცირკულარული გლუვი კუნთით, **ქვედა ეზოფაგური სფინქტერით (LES, ან კარდიის სფინქტერით)**. ამ სფინქტერის მოდუნება საკვებს კუჭში შესვლის საშუალებას აძლევს, შეკუმშვა კი ხელს უშლის კუჭის შიგთავსის უკან დაბრუნებას. თუ LES სრულად არ იხურება, კუჭის წვენი, შესაძლოა, საყლაპავში გადმოვიდეს. ამ მტკივნეულ შეგრძნებას, ჩვენ გულძმარვას, ან გასტროეზოფაგურ რეფლუქსს (GERD) ვუწოდებთ. ყველა ადამიანს, ერთხელ მაინც, გამოუცდია ეს შეგრძნება, თუმცა ქრონიკული GERD უფრო სერიუზული მდგომარეობაა. საყლაპავის ამომფარავი გარსი ვერ უძლებს კუჭის წვენის კოროზიულ ზემოქმედებას და შეიძლება დაზიანდეს, რაც სიხლდენის, ან პერფორაციის მიზეზიც კი შეიძლება გახდეს. არსებობს მედიკამენტები ამ მდგომარეობის სამკურნალოდ.

## საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის სტრუქტურული შრეები

სანამ საჭმლის სხვა მომნელებელი ორგანოების განხილვაზე გადავალთ, მოდით შევისწავლოთ საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ტიპური სტრუქტურები. განივ განაკვეთზე, საჭმლის მომნელებელ მილს ოთხი შრე აქვს (იხილეთ, სურათი 16-4): მუკოზა, სუბმუკოზა, გარე კუნთოვანი შრე და სეროზა. თითოეულ შრეს სპეციფიკური აგებულება აქვს და მათი ფუნქციები ხელს უწყობს იმ ორგანოს ფუნქციონირებას, რომლის ნაწილსაც ისინი წარმოადგენენ.

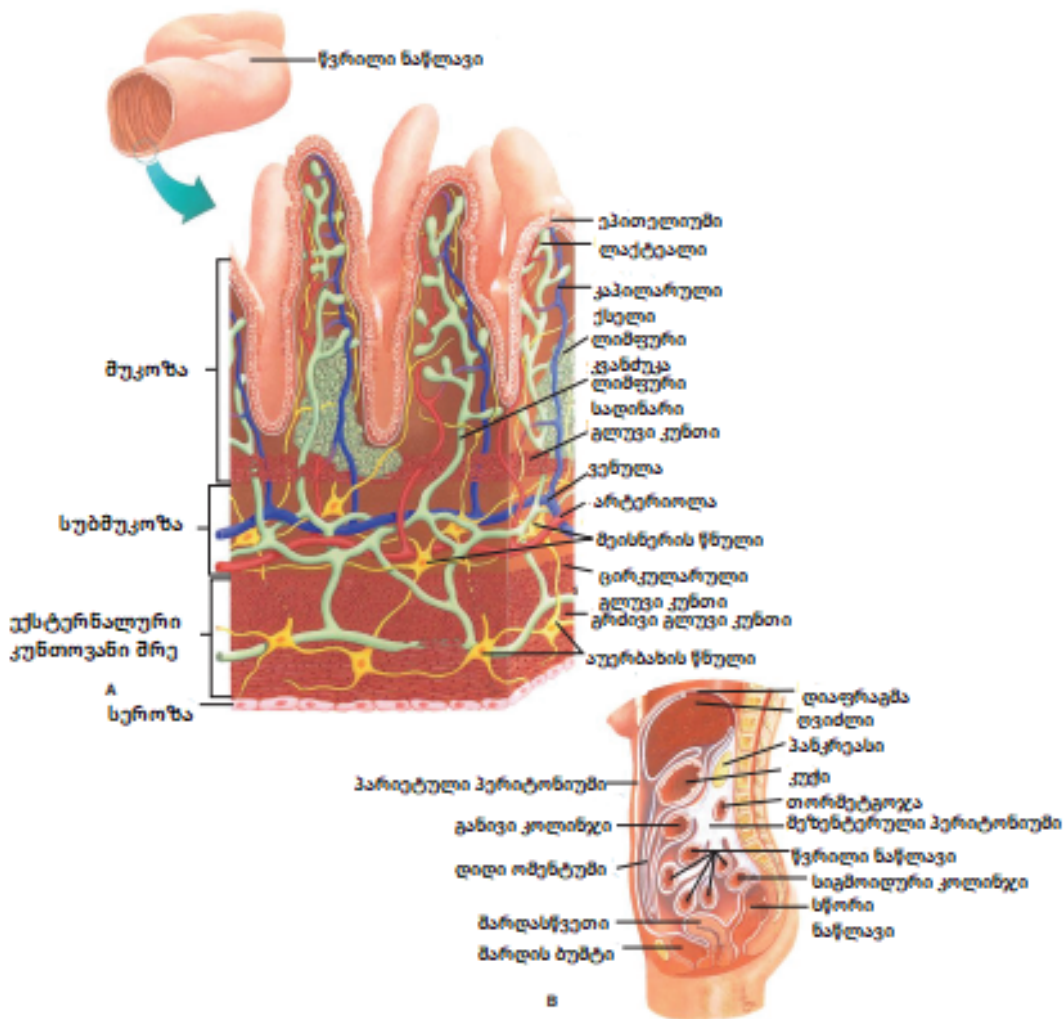
## მუკოზა

საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის **მუკოზა, ანუ ლორწოვანი შრე**, წარმოდგენილია ეპითელიური ქსოვილით, არეოლარული შემაერთებული ქსოვილითა და გლუვკუნთოვანი ქსოვილის ორი თხელი შრით. საყლაპავში წარმოდგენილია ბრტყელი მარტივი ეპითელიუმი; კუჭსა და ნაწლავებში გვხვდება ერთშიანი ცილინდრული ეპითელიუმი. ეპითელიუმი წარმოშობს ლორწოს, რომელიც ახდენს საკვების ლუბრიკაციას და ასევე, გამოყოფს კუჭისა და წვრილი ნაწლავის საჭმლის მომნელებელ ენზიმებს. უშუალოდ ეპითელიუმის ქვეშ, ალეოლარულ შემაერთებულ ქსოვილში განლაგებულნი არიან ლიმფური კვანძულები, რომლებიც შეიცავენ ლიმფოციტებს (ანტისხეულების წარმოსაქმნელად) და მაკროფაგებს (ბაქტერიებისა და სხვა უცხო მასალის ფაგოციტოზისთვის). გლუვი კუნთების შრეები, მუკოზაში, ნაკეცებსა და ტალღებს ქმნიან, რათა ყველა ეპითელიური უჯრედი შეხებაში იყოს ორგანოს შიგთავსთან. ეს მნიშვნელოვანია, კუჭსა და წვრილ ნაწლავში, აბსორბციის განსახორციელებლად.



## სუბმუკოზა

სუბმუკოზა შედგება არეოლარული შემაერთებელი ქსოვილისგან და შეიცავს დიდი რაოდენობით სისხლძარღვებსა და ლიმფურ სადინრებს. მასში, ასევე, წარმოდგენილია მილიონობით ნერვული ბოჭკო, რასაც **ენტერული ნერვული სისტემა**, ანუ ნაწლავის ტვინი ეწოდება და რომელიც მომწველებელი ტრაქტის მთელ სიგრძეზე ვრცელდება. ენტერულ ნერვულ სისტემას, ცენტრალური ნერვული სისტემისგან დამოუკიდებლად ფუნქციონირება შეუძლია, თუმცა აუტონომური ნერვული სისტემა, მასზეც ახდენს გავლენას. სუბმუკოზაში არსებულ ნერვულ ქსელს **მეისნერის წნული** (სუბმუკოზური წნული) ეწოდება, რომელიც ახდენს მუკოზის ინერვაციას, სეკრეციის რეგულაციისთვის. პარასიმპათიკური სტიმულები იწვევენ სეკრეციის გაძლიერებას, სიმპათიკური იმპულსები კი სეკრეციის შემცირებას. გლუვ კუნთებში სენსორული (ნაწლავების გაბერვა ან სპაზმი საკმაოდ მტკივნეულია) და სისხლძარღვების მოტორული (სისხლძარღვის დიამეტრის და სისხლის დინების სარეგულაციოდ) ნეირონებიცაა წარმოდგენილი.



**სურათი 16-4.** საჭმლის მომწველებელი ტრაქტის შრეები. (A) საჭმლის მომწველებელი ტრაქტის კედლის ოთხი ტიპური შრე. (B) მუცლის დრუს საფუძვლიანი ქონილი, რომელშიც ნაჩვენებია მუცლის დრუს ორგანოების დამოკიდებულება პერიტონეუმთან და მესენტერულ პერიტონეუმთან.  
**შეკითხვა:** რა არის ექსტერნალური კუნთოვანი შრის ფუნქცია?

## ექსტერნალური კუნთოვანი შრე

ექსტერნალური კუნთოვანი შრე გლუვი კუნთის ორ შრეს მოიცავს: შიგნითა, ცირკულარულ შრეს და გარეთა, სიგრძივ შრეს. ზოგან, გარკვეული თავისებურებებიც შეინიშნება. საყლაპავის ზედა მესამედში წარმოდგენილია განივზოლიანი კუნთი, რომელიც ქვედა ნაწილებში, თანდათანობით გლუვ კუნთში გადადის. კუჭს სამი გლუვკუნთოვანი შრე აქვს.

კუნთოვანი გარსის შეკუმშვა ხელს უწყობს საჭმლის ნაწილებად დაყოფას და მომწელებელ ნვენებთან შერევას. ერთი მიმართულების შეკუმშვები, ანუ **პერისტალტიკა**, საკვებს ანუსისკენ გადაადგილებს. **აუერბახის წნული** (მიოენტერული წნული) ენტერული ნერვული სისტემის ნაწილია, რომელიც ამ შრეში მდებარეობს და მისი მილიონობით ნეირონი, აუტონომური ნერვული სისტემის იმპულსებს იღებენ. სიმპათიკური ინერვაცია ანელებს შეკუმშვებსა და პერისტალტიკას, პარასიმპათიკური იმპულსები კი ინვევენ შეკუმშვებისა და პერისტალტიკის გაძლიერებას. პარასიმპათიკური ინერვაცია წარმოდგენილია ვაგუსით (ცდომილი, მე-10 კრანიალური) ნერვით.

## სეროზა (სეროზული გარსი)

დიაფრაგმის ზემოთ, საცლაპავის სეროზა (ყველაზე გარეთა შრე) ფიბროზული შემადგენელი ქსოვილია. დიაფრაგმის ქვემოთ, სეროზა წარმოდგენილი **მეზენტერული**, ან ვისცერალური პერიტონიუმით - სეროზული მემბრანით. მუცლის ღრუ ამოფენილია პარიეტული პერიტონიუმით, რომელსაც, ჩვეულებრივ, **პერიტონიუმს** ვუწოდებთ. პერიტონიუმი და მეზენტერული პერიტონიუმი, სინამდვილეში, ერთი მემბრანაა (იხილეთ, სურათი 16-4). პერიტონიუმსა და მეზენტერიულ პერიტონიუმს შორის არსებული სეროზული სითხე ამცირებს, საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის შეკუმშვისა და ორგანოების ერთმანეთის მიმართ სრიალის დროს, წარმოშობილ ხახუნს.

ზემოთ აღწერილი შრეები საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის ტიპური შრეებია. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გვხვდება გარკვეული თავისებურებები, რაც აღწერილი იქნება ორგანოების შესაბამის სექციებში.

## კუჭი

**კუჭი** მდებარეობს მუცლის ღრუს მარცხენა ზედა კვადრანტში, ღვიძლის მარცხნივ და ელენთის წინ. მიუხედავად იმისა, რომ ის საჭმლის მომწელებელი ტრაქტის ნაწილია, ის არ წარმოადგენს მილს; უფრო ტომარაა, რომელიც საცლაპავიდან წვრილ ნაწლავამდე ვრცელდება. რადგან კუჭი ტომარაა, ის საჭმლის რეზერვუარს წარმოადგენს. ასე რომ მონელება თანდათანობით ხდება და ჩვენ არ გვინევს მუდმივად ჭამა. კუჭში ადგილი აქვს, როგორც მექანიკურ, ისე ქიმიურ მონელებას.

კუჭის ნაწილები გამოსახულია სურათზე 16-5. კარდიის ხვრელი საცლაპავის სანათურია, კუჭის ძირი, კი კუჭის ნაწილია, რომელიც ამ ხვრელის დონის ზემოთ მდებარეობს. კუჭის დიდ ცენტრალურ ნაწილს კუჭის სხეული ეწოდება, რომელიც ლატერალურად შემოსაზღვრულია დიდი სიმრუდით, ხოლო მედიალურად მცირე სიმრუდით. პილორუსი, თორმეტგოჯა და წვრილ ნაწლავებთან მიმდებარეა და **პილორული სფინქტერი** ამ ორი ორგანოს შეერთებას შემოსაზღვრავს. კუჭის ძირი და სხეული ძირითადად, საჭმლის რეზერვუარის როლს ასრულებენ, საჭმლის მონელებას პილორუსში აქვს ადგილი.

როდესაც კუჭი ცარიელია, მუკოზა დანაოჭებულად, ან ნაკეცებიანად გამოიყურება. ამ **კუჭის ნაოჭები** ეწოდება. კუჭის საჭმლით ავსებისას, ნაოჭები, კუჭის ამომფარავი გარსის დაზიანების გარეშე, სწორდება. **კუჭის ღრმულები** კუჭის ჯირკვლებია, რომელიც სხვადასხვა ტიპის უჯრედებს შეიცავენ. მათ ერთობლივ სეკრეტებს კუჭის წვენი ეწოდება. მუკოზური უჯრედები გამოიმუშავენ ლორწოს, რომელიც ფარავს კუჭის ზედაპირს და ხელს უწყობს მისი დაზიანების თავიდან აცილებას. **მთავარი უჯრედები** აპროდუცირებენ პეპსინოგენს, ენზიმ პეპსინის არააქტიურ ფორმას. **პარიეტალური უჯრედები** წარმოქმნიან ქლორმჟავას (HCl); ეს უჯრედები გამოიმუშავენ ენზიმებს, **პროტონის ტუმბოებს**, რომლებიც კუჭის ღრუში წარმოქმნიან  $H^+$  იონებს.  $H^+$ -ის იონები უერთდებიან, პარიეტული უჯრედებიდან გამოთავისუფლებულ  $Cl^-$ -ის იონებს და კუჭის სანათურში წარმოიქმნება HCl. HCl პეპსინოგენს პეპსინად გარდაქმნის, რომელიც შემდეგ იწყებს ცილების პოლიპეპტიდებმადე გარდაქმნას და ასევე, კუჭის წვენს ანიჭებს pH-ს 1-დან 2-მდე. უკიდურესად მჟავა გარემო აუცილებელია პეპსინის ფუნქციონირებისთვის; ეს, ასევე, კლავს კუჭში მოხვედრილი მიკროორგანიზმების უმეტესობას. პარიეტული უჯრედები, ასევე, გამოიმუშავენ შინაგან ფაქტორს, რომელიც აუცილებელია, რათა თავიდან იქნას აცილებული  $B_{12}$ , ვიტამინის მონელება და წვრილი ნაწლავის მიერ მოხდეს მისი შეწოვა. ენტე-





## წვრილი ნაწლავი

**წვრილი ნაწლავის** დიამეტრი 2.5 სმ-ია, სიგრძე, კი დაახლოებით, 6 მეტრი და ის ბრმა ნაწლავამდე გრძელდება. მუცლის ღრუში, წვრილი ნაწლავი შემოსაზღვრული მსხვილი ნაწლავით (იხილეთ, სურათი (16-1)).

თორმეტგოჯა ნაწლავი წარმოადგენს წვრილი ნაწლავის პირველ, 25 სმ-იან მონაკვეთს. ნაღვლის სადინარი შედის თორმეტგოჯა ნაწლავის ფატერის ამპულაში (ჰეპატოპანკრეატული ამპულა). **მღივი ნაწლავის** სიგრძე, დაახლოებით, 2.5 მეტრია, **თედოს ნაწლავის**, კი დაახლოებით, 3,3 მეტრი. ცოცხალი ადამიანის წვრილი ნაწლავი უფრო მოკლეა, რადგან ის ყოველთვის შეკუმშულ მდგომარეობაში იმყოფება.

საჭმლის მონელება წვრილ ნაწლავში მთავრდება და მონელების საბოლოო პროდუქტები სისხლსა და ლიმფაში აბსორბირდება. მუკოზა წარმოქმნილია მარტივი ცილინდრული ეპითელიუმით, რომელიც შეიცავს მიკროვილებსა (წვრილ ხაოებს) და ლორწოს მაპროდუცირებელ, ფიალოვან უჯრედებს. ენტეროენდოკრინული უჯრედები აპროდუცირებენ წვრილი ნაწლავების ჰორმონებს. ლიმფური კვანძულები, რომელთაც პეიერის ფოლაქები ეწოდებათ, უზვადაა წარმოდგენილი ინტერსტინალურ მუკოზაში, განსაკუთრებით, მღივ ნაწლავში, რათა მოახდინონ აბსორბირებული პათოგენების განადგურება. ექსტერნალური კუნთოვანი შრე წამოდგენილია ტიპური ცირკულარული და გრძივი გლუვი კუნთებით და უზრუნველყოფენ თხევადი შიგთავსის სეკრეტებთან შერევასა და მსხვილი ნაწლავისკენ გადაადგილებას. მასტიმულირებელი იმპულსები ენტერული ნერვებამდე ცდომილი ნერვით მოიტანება, თუმცა პერისტალტიკა ცენტრალური ნერვული სისტემის გარეშე, ენტერალური ნერვული სისტემის დამოუკიდებელი მოქმედებითაც შეიძლება განხორციელდეს.

წვრილ ნაწლავის საჭმლის მომნელებელი სეკრეტები სამ ორგანოში პროდუცირდება: ღვიძლი, პანკრეასი და წვრილი ნაწლავი. სხვა ორგანოების განხილვის შემდეგ, ჩვენ მოვუბრუნდებით წვრილ ნაწლავს.

### სამახსოვრო 16-1 | კუჭის დაავადებები

**პირღებინება** კუჭის და ნაწლავების შიგთავსის, საყლაპავის და პირის საშუალებით ამოფრქვევაა. გულის რევის გამომწვევი შეიძლება გახდეს კუჭის გაღიზიანება, “მოძრაობის ავადმყოფობა”, საკვებით ინტოქსიკაცია, ან მენინგიტი. ღებინების ცენტრი მედულაში მდებარეობს, რომელიც ახდენს დიაფრაგმისა და მუცლის კუნთების ერთობლივი შეკუმშვის კოორდინაციას. ეს ინვევს კუჭისა და ნაწლავების ზედა ნაწილებზე ზეწოლას და მათი შიგთავსის ამოფრქვევას. როგორც რეფლექსის ნაწილი, ქვედა ეზოფაგური სფინქტერი დუნდება და გლოტისი იხურება. თუ გლოტისი არ დაიხურება, რაც შეიძლება მოხდეს ალკოჰოლური, ან მედიკამენტური ინტოქსიკაციის დროს, შეიძლება მოხდეს პირნალები მასის ასპირაცია და რესპირატორული გზების ფატალური ობსტრუქცია.

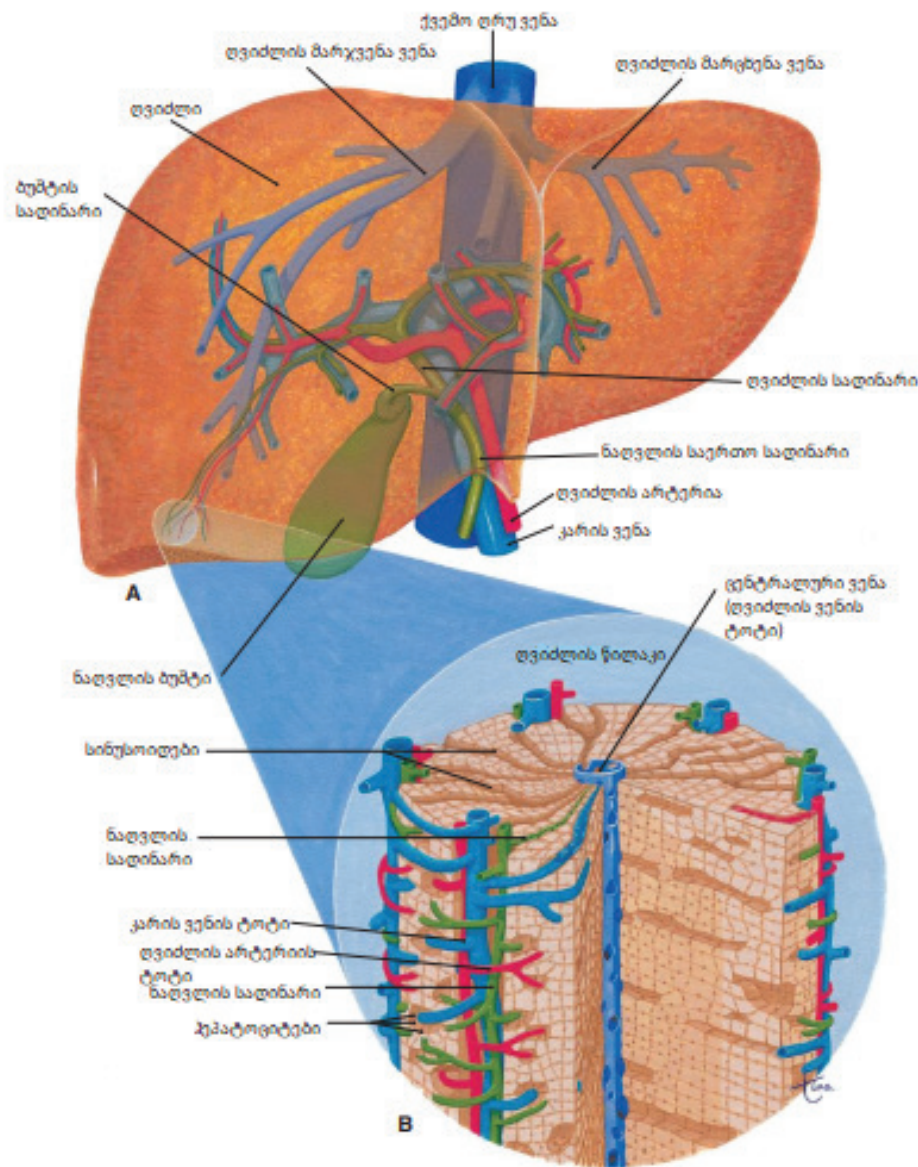
**პილორული სტენოზი** პილორული სფინქტერის ხვრელის შევიწროვებაა, რაც ხელს უშლის კუჭის დაცლას. უხშირესად, ეს პილორული სფინქტერის ჰიპერტროფიით გამოწვეული, თანდაყოლილი დაავადებაა. უცნობი მიზეზების გამო, ეს მდგომარეობა მდებარეობითი სქესის ახალშობილებზე მეტად, მამრობითი სქესის ახალშობილებში გვხვდება. როდესაც კუჭი საკმარისად ვერ იცლება, კუჭში და წნევა მატულობს და პირღებინება ამცირებს წნევას - ეს პილორული სტენოზის კლასიკური ნიშანია. ამ მდომარების გამოსწორება შესაძლებელია სფინქტერის ხვრელის ქირურგიული გაფართოებით.

**კუჭის წყლული** კუჭის მუკოზას ეროზიაა. კუჭის უჯრედების სწრაფი მიტოზისა და ლორწოს მუდმივი პროდუქციის გამო, კუჭის ნორმალური ამომფენი გარსი რეზისტენტულია კუჭის წვენის კოროზიული მოქმედების მიმართ. კუჭის წყლულის განვითარება, ან მარილმჟავას ჰიპერსეკრეციის, ან ლორწოს სეკრეციის დაქვეითების შედეგია. თუ ეროზია სუბმუკოზას მიაღწევს, მოხდება წვრილი სისხლძარღვების დაზიანება და სისხლდენის განვითარება.

ამ შემთხვევაში, პირნალებ მასას “ყავის ნალექის” შესახედაობა აქვს, რადგან ის შეიცავს კუჭის წვენიტ ზემოქმედებულ კუჭის წვენს. კუჭის კედლის პერფორაცია უფრო სერიოზული გართულებაა, რაც იწვევს კუჭის შიგთავსის მუცლის ღრუში გადადინებას და **პერიტონიტს**. უმეტეს შემთხვევებში, კუჭის წყლულის მიზეზს **Helicobacter pylori** წარმოადგენს. რამდენიმე კვირიანი ანტიბიოტიკოთერაპია, ამ ბაქტერიის ერიდიკაციისთვის, მრავალ პაციენტში იწვევს წყლულების სწრაფ განკურნებას. სავარაუდოდ, ეს ბაქტერიაა პასუხისმგებელი კუჭის კიბოს განვითარების ყველა შემთხვევაზე. მედიკამენტები, რომლებიც ამცირებენ მარილმჟავას სეკრეციას, სასარგებლოა იმ პაციენტებისთვის, რომლებშიც ანტიბიოტიკოთერაპია უშედეგოა.

## ღვიძლი

**ღვიძლი** (იხილეთ, სურათი 16-6) შეიცავს ორ დიდ წილს, მარჯვენას და მარცხენას და მდებარეობს მუცლის ღრუს მარჯვენა ზედა კვადრანტში, უშუალოდ დიაფრაგმის ქვეშ. ღვიძლის სტრუქტურული ერთეული ღვიძლის წილაკია - ღვიძლის უჯრედების (ჰეპატოციტების), დაახლოებით, ექვს-კუთხა სვეტი. მოსაზღვრე წილაკებს შორის შედიან ღვიძლის არტერიების და კარის ვენების ტოტები.



**სურათი 16-6. (A)** ღვიძლი და ნაღვლის ბუშტი სისხლძარღვებით და ნაღვლის სადინარებით. **(B)** ღვიძლის ერთი წილაკის გადიდებული გამოსახულება

**შეკითხვა:** B ნაწილის მიხედვით, როგორია სისხლის ნაკადის გზას ღვიძლის წილაკში?

ნილაკების კაპილარებს სინუსოიდები ეწოდებათ, რომლებიც წარმოადგენენ დიდ, ადვილად განვლად სისხლძარღვებს, და არის ჰეპატოციტების რიგებს შორის განთავსებული. სინუსოიდები, სისხლს იღებენ ღვიძლის არტერიებისა და კარის ვენებიდანაც. სწორედ ამ სისხლის ნაზავში ავლენენ ჰეპატოციტები თავიანთ ფუნქციებს.

ჰეპატოციტებს უამრავი ფუნქცია აქვთ, რაც შემდგომ სექციებში იქნება განხილული. მათი ერთადერთი მომწოდებელი ფუნქციაა, **ნალვლის** პროდუქციაა. ნალველი შედის ნალვლის წვრილ სადინარებში, რომლებსაც ნალვლის კანალიკულები ეწოდებათ და რომლებიც ერთიანდებიან უფრო დიდ სადინრებად და ბოლოს **ღვიძლის სადინრად**, რომელსაც ნალველი ღვიძლიდან გამოაქვს (იხილეთ, სურათი 16-1). ღვიძლის საერთო სადინარი უერთდება ნალვლის ბუშტის სადინარს და წარმოიქმნება **ნალვლის საერთო სადინარი**, რომელსაც ნალველი თორმეტგოჯა ნაწლავში მიაქვს.

ნალველი, ძირითადად, წყლისგან შედგება და ახდენს ბილირუბინისა და ქარბი ქოლესტეროლის ნაწლავებამდე მიტანას, საიდანაც უნდა მოხდეს ამ ნივთიერებების, განავალთან ერთად, გამოყოფა. ნალვლის მომწოდებელ უნარს **ნალვლის მარილები** განაპირობებენ, რომლებიც წვრილ ნაწლავში ახდენენ ცხიმის **ემულსიფიკაციას**. ემულსიფიკაცია ნიშნავს ცხიმის დიდი ბურთულების უფრო მცირე ბურთულებად დაყოფას. ეს მექანიკური და არა ქიმიური მოწოდებაა; ცხიმი კვლავ ცხიმად რჩება, თუმცა მეტი ზედაპირული ფართობი აქვს, რაც ხელს უწყობს მის ქიმიურ მოწოდებას.

ნალვლის სეკრეცია სტიმულირდება ჰორმონ **სეკრეტინით**, რომელიც პროდუცირდება თორმეტგოჯა ნაწლავის მიერ, მას შემდეგ რაც საკვები მასში გადადის. ცხრილში 16-2 შეჯამებულია საჭმლის მომწოდებელი სეკრეტების რეგულაცია.

## ნალვლის ბუშტი

**ნალვლის ბუშტი 7.5-10** სმ-იანი ტომარაა. რომელიც ღვიძლის მარჯვენა წილის ქვედა ზედაპირზე სიგრძივად მდებარეობს. ღვიძლის სადინრიდან, ნალველი, **ბუშტის სადინრის** მეშვეობით, ნალვლის ბუშტში ჩაედინება (იხილეთ, სურათი 16-6), რომელიც ნალველს მანამდე აგროვებს, სანამ წვრილ ნაწლავს მისი საჭიროება არ დაუდგება. ნალვლის ბუშტი, წყლის შენოვით, ასევე, ახდენს ნალვლის კონცენტრირებას (იხილეთ, სამახსოვრო 16-2: ნალვლის ბუშტის კენჭები).

როდესაც თორმეტგოჯაში შედის ცხიმიანი საკვები, თორმეტგოჯას მუკოზას ენტეროენდოკრიუნული სისტემის უჯრედები გამოყოფენ ჰორმონ **ქოლესტოკინინს**. ეს ჰორმონი ახდენს ნალვლის ბუშტის კედლის გლუვი კუნთის შეკუმშვას, რის შედეგადაც ხდება ნალვლის ბუშტიდან ნალვლის ბუშტის სანათურში გადასროლა. შემდეგ, ნალველი ნალვლის საერთო სადინარსა და თორმეტგოჯა ნაწლავში გადადის.

## პანკრეასი

**პანკრეასი** მოთავსებულია მუცლის ღრუს ზედა მარცხენა კვადრატში, თორმეტგოჯა ნაწლავსა და ელენთას შუა და მისი სიგრძე 15 სმ-ია. პანკრეასის ენდოკრიუნული ფუნქციები აღწერილია მე-10 თავში, ამ თავში, მხოლოდ, მის ეგზოკრიუნულ ფუნქციებს განვიხილავთ. პანკრეასის ეგზოკრიუნულ ჯირკვლებს აცინუსები ეწოდება (იხილეთ სურათი, 16-7). ისინი გამოიმუშავენ სამივე ტიპის საკვები მოლეკულების მომწოდებელ ენზიმებს.

პანკრეასული **ამილაზა** სახამებელს მალტოზამდე ინელებს. მას ნერწვის ამილაზას „სარეზერვო“ ენზიმი შეიძლება ეწოდოს, თუმცა ის პასუხისმგებელია სახამებლის უმეტესი ნაწილის მოწოდებაზე. **ლიპაზა** ემულგირებულ ცხიმებს ცხიმოვან მჟავებად და გლიცერინად გარდაქმნის. ნალვლის მიერ, ცხიმების ემულსიფიკაცია, ანუ ნაწილებად დაყოფა, ზრდის მათი ზედაპირის ფართობს და ლიპაზას უფრო ეფექტიანი მუშაობის საშუალებას აძლევს. ტრიპსინოგენი არააქტიური ენზიმია, რომელიც თორმეტგოჯაში აქტიურ **ტრიპსინად** გარდაიქმნება. ტრიპსინი ინვეს პოლიპეპტიდების უფრო მოკლე ამინომჟავებად დაშლას.



ცხრილი 16-2| საჭმლის მომნელებელი სეკრეტების რეგულაცია

ორგანო		ნერვული რეგულაცია	ქიმიური რეგულაცია
ნერწყვი		პირის ღრუში საკვების მოხვედრა, ან საჭმლის დანახვა, ან სუნის შეგრძნება; პარასიმპათიკური იმპულსები მე-7 და მე-9 კრანიალური ნერვების საშუალებით	არა
კუჭის წვენი		პირის ღრუში საკვების მოხვედრა; პარასიმპათიკური იმპულსები მე-10 კრანიალური ნერვების საშუალებით	გასტრინი - წარმოიქმნება კუჭის მუკოზას G უჯრედების მიერ, კუჭში საკვების მოხვედრისას
ღვიძლი			
	ღვიძლის მიერ სეკრეცია	არა	სეკრეტინი - წარმოიქმნება თორმეტგოჯა ნაწლავის ენტეროენდოკრინული უჯრედების მიერ, თორმეტგოჯაში ქიმუსის (თხევადი შიგთავსის) მოხვედრისას
	ნაღვლის ბუშტის შეკუმშვა	არა	ქოლეცისტოკინინი - წარმოიქმნება თორმეტგოჯა ნაწლავის ენტეროენდოკრინული უჯრედების მიერ, თორმეტგოჯაში ქიმუსის (თხევადი შიგთავსის) მოხვედრისას
ენზიმი			
	პანკრეასის წვენი	არა	ქოლეცისტოკინინი - თორმეტგოჯა ნაწლავიდან
ბიკარბონატი			
	პანკრეასის წვენი	არა	სეკრეტინი - თორმეტგოჯა ნაწლავიდან
ნაწლავის წვენი		თორმეტგოჯაში ქიმუსის (თხევადი შიგთავსის არსებობა); იმპულსები მე-10 კრანიალური ნერვის გავლით	არა

პანკრეასის წვენი გადაიტანება წვრილი სადინრებით, რომლებიც უფრო დიდ სადინრებად ერთიანდებიან და საბოლოოდ, წარმოქმნიან **პანკრეასის სადინარს**. შესაძლოა არსებობდეს დამატებითი სადინარიც. პანკრეასის მთავარი სადინარი გამოდის პანკრეასის მედიალური ნაწილიდან და თორმეტგოჯა ნაწლავში უერთდება ღვიძლის საერთო სადინარს (იხილეთ, სურათი 16-7).

## სამახსოვრო 16-2 | ნაღვლის ბუშტის კენჭები

ნაღვლის ბუშტის ერთ-ერთი ფუნქცია, წყლის შენოვის საშუალებით, ნაღვლის კონცენტრაციაა. თუ ნაღველი დიდი რაოდენობით ქოლესტეროლს შეიცავს, წყლის აბსორბციამ, შესაძლოა მისი დალექვა და ქოლესტეროლის კრისტალების წარმოქმნა გამოიწვიოს. ეს კრისტალებია **ნაღვლის ბუშტის კენჭები**.

თუ კენჭები მცირე ზომისაა, ისინი თავისუფლად გაივლიან ბუშტისა და ნაღვლის საერთო სადინრებს და სიმპტომების გამოწვევის გარეშე, გადავლენ თორმეტგოჯა ნაწლავში. დიდი ზომის კენჭები ვერ გამოდიან ნაღვლის ბუშტიდან და შეიძლება გახდენენ სხვადასხვა ინტენსივობის (მსუბუქიდან მძიმემდე) ტკივილის გამოწვევის მიზეზი; ეს ტკივილი, ჩვეულებრივ, მარჯვენა მხრისკენ ირადირებს. თუ ობსტრუქციის გამო, ნაღველი უკან ღვიძლში დაბრუნდება და ბილირუბინი სისხლში რეაბსორბირდება, ამან შესაძლოა მექანიკური სიყვითლის განვითარება გამოიწვიოს.

ნაღვლ-კენჭოვანი დაავადების მკურნალობა რამდენიმე მეთოდითაა შესაძლებელი. მედიკამენტები, რომლებიც იწვევენ კენჭების დაშლას, ნელა მუშაობენ, ჩვეულებრივ რამდენიმე თვის განმავლობაში, და სარგებლიანი იმ შემთხვევაში არიან, თუ ობსტრუქცია ძლიერად გამოხატული არაა. ლითოტრიპტერი ინსტრუმენტია, რომელიც შოკური ტალღების წარმოქმნით, იწვევს კენჭების წვრილ ნაწილებად დაფშვას, რომლებიც ადვილად გადადიან თორმეტგოჯა ნაწლავში. ამ პროცედურას **ლითოტრიპსია** ეწოდება. ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ნაღვლის ბუშტის ქირურგიული ამოღება (ქოლექცისტექტომია). ამის შემდეგ ღვიძლის სადინარი პირდაპირ ნაღვლის საერთო სადინართანაა შეერთებული და განზავებული ნაღველი თორმეტგოჯა ნაწლავში გადადის. ასეთი ქირურგიის ჩარევის შემდგომ, პაციენტი უნდა მოერიდოს ცხიმის საკვების მიღებას.

პანკრეასი ასევე წარმოქმნის **ბიკარბონატულ წვენს** (შეიცავს ნატრიუმის ბიკარბონატს), რომელსაც ტუტე რეაქცია აქვს. ეს განაპირობებს თორმეტგოჯაში გადადინებული, უკიდურესად მჟავე რეაქციის მქონე კუჭის წვენის ნეიტრალიზაციას, რაც იცავს თორმეტგოჯას მუკოზას. ნეიტრალიზაცია ხორციელდება პანკრეასული წვენის ნატრიუმის ბიკარბონატის მიერ, რომელიც თორმეტგოჯას შიგთავსის pH-ს, 7.5-მდე ზრდის.

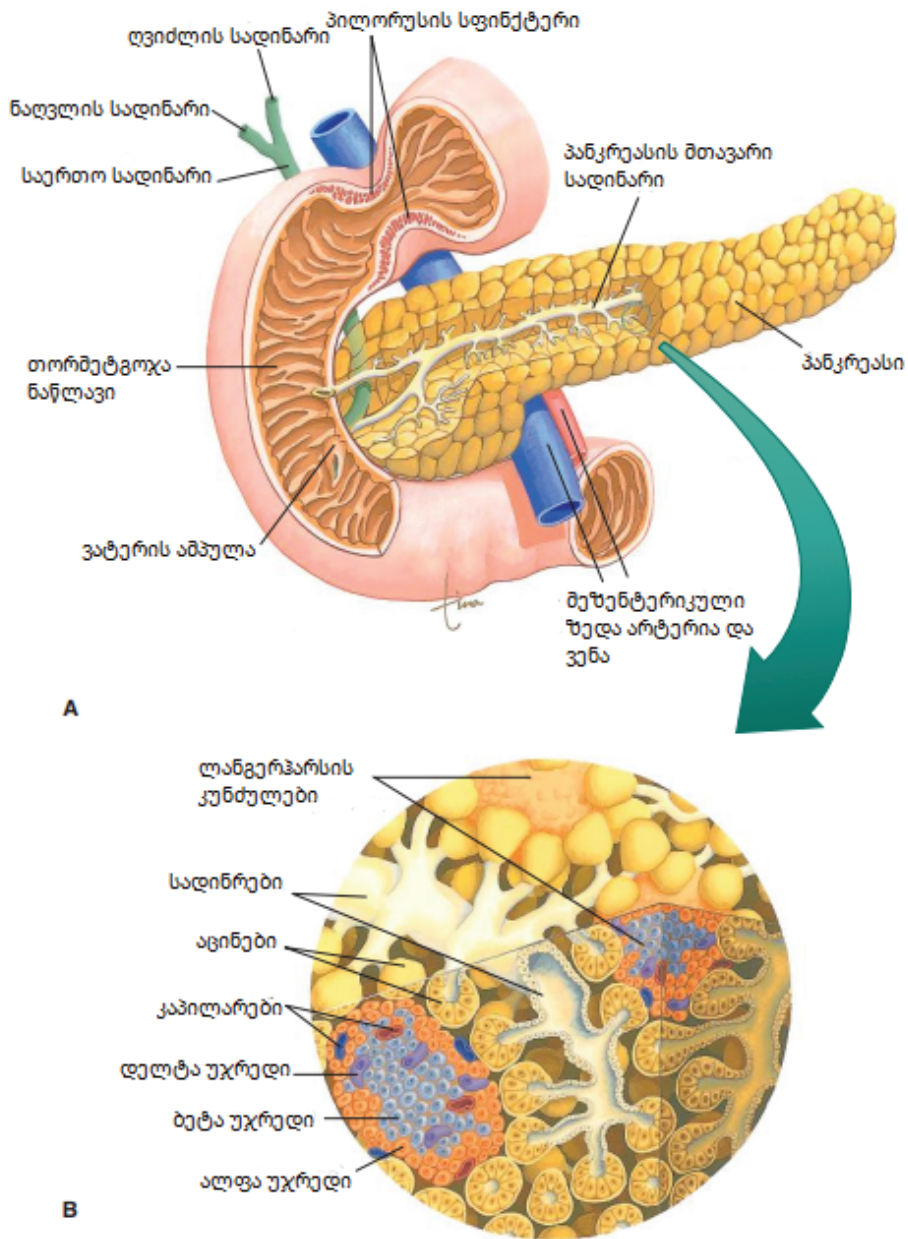
პანკრეასის წვენის პროდუქციის სტიმულირებას ახდენენ ფერმენტები სეკრეტინი და ქოლესტოკინინი, რომლებსაც თორმეტგოჯას მუკოზა აწარმოებს, როდესაც მასში საკვები მოხვდება. **სეკრეტინი** ასტიმულირებს, პანკრეასის მიერ, ბიკარბონატული წვენის პროდუქციას, ხოლო ქოლესტოკინინი პანკრეასის ენზიმების წარმოქმნას.

## მონელების დასრულება და აბსორბცია

### წვრილი ნაწლავი

ნაწლავის ჯირკვლოვანი ქსოვილის მიერ სეკრეტების პროდუქცია სტიმულირდება საკვების თორმეტგოჯა ნაწლავში მოხვედრით. ნაწლავური ენზიმებია: პეპტიდაზები და სუკრაზა, მალტაზა და ლაქტაზა. **პეპტიდაზები** ასრულებენ ცილების მონელებას, მოკლე პოლიპეპტიდური ჯაჭვის ამინომჟავეებად დაშლით. **სუკროზა, მალტაზა და ლაქტაზა**, დისაქარიდებს ინელებენ სუკროზამდე, მალტოზამდე და ლაქტოზამდე.

ნაწლავის ჯირკვლების ენტეროენდოკრინული უჯრედები გამოიმუშავენ ნვრილი ნაწლავის ჰორმონებს. სეკრეცია სტიმულირდება თორმეტგოჯა ნაწლავში საკვების მოხვედრით. მონელების სეკრეტები და მათი ფუნქციები შეჯამებული ცხრილში 16-1-ში, სეკრეტების რეგულაცია - ცხრილში 16-2.



**სურათი 16-7.** (A) პანკრეასის განაკვეთი, ისე რომ გამოჩნდნენ პანკრეასის სადინრები. პანკრეასის მთავარი სადინარი უერთდება ნაღვლის მთავარ სადინარს. (B) აცინას მიკროსკოპული გამოსახულება, რომელზეც გამოსახული სადინრები და სხვადასვა უჯრედის შემცველი, ლანგერჰარსის კუნძულები  
**შეკითხვა:** რას აპროდუცირებენ აცინები?

## აბსორბცია

მონელების საბოლოო პროდუქტების უმეტესი ნაწილის აბსორბცია ნვრილ ნაწლავში ხდება (თუმცა, წყალი და ალკოჰოლი კუჭიდანაც აბსორბირდება). აბსორბციის პროცესი საჭიროებს დიდ ზედაპირულ ფაქტორს, რაც მიიღწევა ნვრილი ნაწლავის სტრუქტურის რამდენიმე თავისებურებით (იხილეთ, სურათი 16-8). **წრიული ნაოჭები (Plica circulares)** წარმოადგენენ მუკოზასა და სუბმუკოზას მაკროსკოპიულ ნაკეცებს, რომლებიც აკორდენის ნაკეცებს გვანან.



ამის გარდა, მუკოზაზე აღინიშნება უფრო წვრილი ნაკეცები, რომლებსაც **ხაოები (villi)** ეწოდებათ და ნაწლავის ზედაპირს, ხავერდის-მაგვარ შესახედაობას აძლევენ. თითოეულ ცილინდრულ უჯრედს (გარდა ლორწოს მაპროდუცირებელი ფიალოვანი უჯრედებისა), თავისუფალ ზედაპირზე **მიკროხაოებიც (microvilli)**, უჯრედის მემბრანის მიკროსკოპიული ნაკეცები აღენიშნება. ყველა ეს ნაკეცი მნიშვნელოვნად ზრდის ნაწლავის ამომფენი ზედაპირის ფართობს. გამოთვლილია, რომ თუ ნაწლავის მუკოზას დავაბრტყელებთ, მისი საერთო ფართობი 180 კვ მ-ზე დიდი იქნება (კალათბურთის მოედნის ნახევრის ფართობი).

ნაწლავის სანათურიდან საკვები ნივთიერებები ხაოების სისხლძარღვებში გადადიან. გაიხსენეთ, სურათი 16-8, რომელზეც ჩანს, რომ თითოეული ხაო შეიცავს **კაპილარულ ქსელს და ლაქტეალს** (ლიმფის სადინრის ყრუ დაბოლოება). წყალში ხსნადი ნივთიერებები კაპილარული ქსელის საშუალებით, სისხლში აბსორბირდებიან. მონოსაქარიდები, ამინომჟავები, დადებითი იონები და წყალში ხსნადი ვიტამინები (C და B) აბსორბირდებიან აქტიური ტრანსპორტით. უარყოფითი იონები შეიძლება აბსორბირდნენ, როგორც პასიური, ისე აქტიური სატრანსპორტო მექანიზმებით. წყალი აბსორბირდება ოსმოსური მექანიზმით, მინერალების, განსაკუთებით, ნატრიუმის კვალდაკვალ. ზოგიერთი ნივთიერების შენოვას დამატებითი პირობები სჭირდება, მაგალითად, B<sub>12</sub> ვიტამინის შესანოვად აუცილებელია, კუჭის მუკოზის პარიეტალური უჯრედების მიერ პროდუცირებული, შინაგანი ფაქტორის არსებობა, კალციუმის ეფექტიანი აბსორბცია კი საჭიროებს პარათირეოიდულ ჰორმონსა და D ვიტამინს.

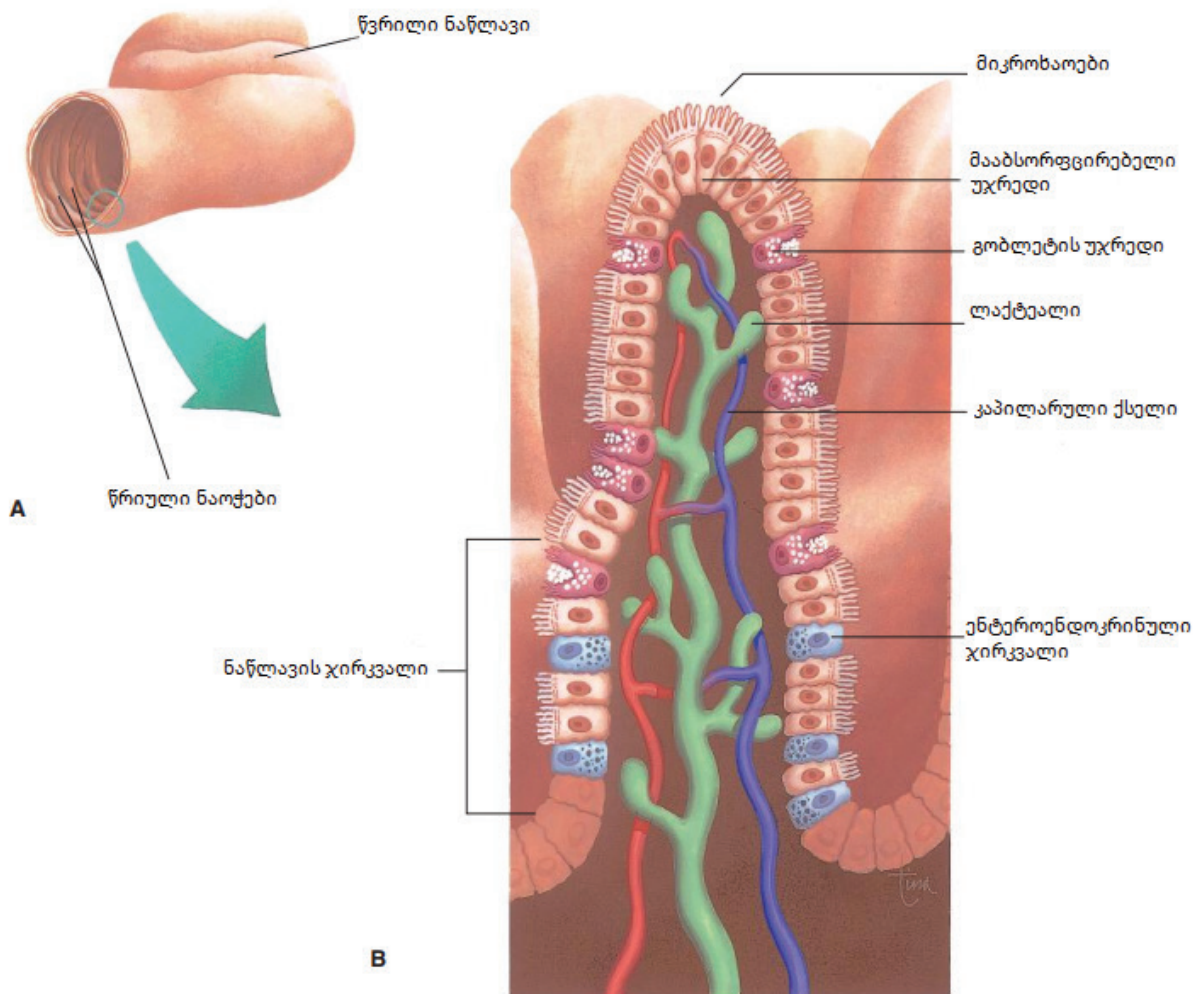
ცხიმში ხსნადი ნივთიერებები ლიმფაში აბსორბირდებიან, ხაოების ლაქტეალების საშუალებით. ცხიმოვანი მჟავების და ცხიმში ხსნადი ვიტამინების (A, D, E, K) ეფექტიანი შენოვისთვის აუცილებელია ნაღვლის მარილების არსებობა. აბსორბციის შემდგომ, ცხიმოვანი მჟავები კვლავ უერთდებიან გლიცერინს და წარმოქმნიან ტრიგლიცერიდებს. ქოლესტეროლთან და ცილებთან ერთად, ეს ტრიგლიცერიდები წარმოქმნიან ბურთულებს, რომელთაც **ქილომიკრონები** ეწოდებათ. აბსორბირებული ცხიმის უმეტესობა, ქილომიკრონების სახით, ლიმფაში ტრანსპორტირდება და ბოლოს მარცხენა ლავინქვეშა ვენაში ჩადის.

ხაოების კაპილარული ქსელიდან სისხლი პირდაპირ გულში არ ბრუნდება, არამედ პორტალური ვენით, ჯერ ღვიძლისკენ მიემართება. თქვენ შეიძლება გაგახსენდეთ, პორტალური ცირკულაციის მნიშვნელობა, რომელიც მე-13 თავში იყო განხილული. ეს ცირკულაცია ღვიძლს აძლევს საშუალებას, რომ დაარეგულიროს გლუკოზისა და ამონომჟავების დონეები, შეინახოს ზოგიერთი ვიტამინი და ცირკულაციიდან ამოიღოს პოტენციური მომწამვლელი ნივთიერებები (იხილეთ, სამახსოვრო 16-3: ნაწლავების დაავადებები).

## მსხვილი ნაწლავი

**მსხვილი ნაწლავის**, რომელსაც ასევე, **კოლინჯსაც** უწოდებენ დიამეტრი, დაახლოებით, 6.3 სმ, ხოლო სიგრძე 1.5 მ-ია. ის იწყება წვრილი ნაწლავის თედოს ნაწლავის შემდეგ და ანუსამდე, ტერმინალურ ხვრელამდე გრძელდება. კოლინჯის ნაწილები ნაჩვენებია 16-9 სურათზე. **ბრმა ნაწლავი** მსხვილი ნაწლავის პირველი მონაკვეთია. მისი თედოს ნაწლავთან შეერთების ადგილას ლოკალიზებული **ილიოცეკალური სარქველი**, რომელიც არ წარმოადგენს სფინქტერს, მაგრამ მის ფუნქციას ასრულებს. ილიოცეკალური სარქველი ნაწლავის მუკოზის ნაკეცია, რომელიც შემოსაზღვრავს თედოს ნაწლავიდან ბრმა ნაწლავში გადასვლის ადგილს. როდესაც მოუნელებელი საკვები (რომელიც ამ ეტაპზე, ძირითადად, ცელულოზას წარმოადგენს) და წყალი მოხვდება ბრმა ნაწლავში, პერისტალტიკის ფონზე, ეს ნაოჭი ბრტყელდება და საბოლოოდ იხურება, რაც ხელს უშლის ფეკალური მასების უკან თედოს ნაწლავში გადასვლას.

ბრმა ნაწლავზე მიმარგრებულია **აპენდიქსი**, წვრილი მილი, ყრუ დაბოლოებით და უხვი ლიმფური ქსოვილით. როგორც ჩანს, აპენდიქსი **რუდიმენტული ორგანოა**, რაც იმას ნიშნავს, რომ მისი ფუნქცია და ზომა უმნიშვნელოა. მიუხედავად იმისა, რომ აპენდიქსის კედელში უხვადაა წარმოდგენილი ლიმფური ქსოვილი, დანამდვილებით არ არის დადგენილი, რომ, იმუნურ სისტემაში მას რამე განსაკუთრებული როლი ენიჭება. **აპენდიციტი** აპენდიქსის ანთებაა, რომელიც ვითარდება, როდესაც აპენდიქსში მოხვედრილი ფეკალური მასა დაინფიცირდება. ეს ხშირად **აპენდექტომიის**, აპენდიქსის ქირურგიულად ამოღების საჭიროებას ქმნის.



**სურათი 16-8.** წრილი ნაწლავი. (A) წრილი ნაწლავის განაკვეთი, რომელზეც ჩანს წრიული ნაოჭები. (B) ხაოს მიკროსკოპიული სურათი, რომელიც გვიჩვენებს მის სტრუქტურას. ენტეროენდოკრინული ჯირკვლები ასევეტირებენ ნაწლავის ჰორმონებს.

**შეკითხვა:** რა არის ხაოების ფუნქცია? კიდევ რა სტრუქტურებს აქვთ იგივე ფუნქცია?

### სამახსოვრო 13-3| ნაწლავების დაავადებები

**თორმეტგოჯას წყლულები** თორმეტგოჯა ნაწლავის კედლის ეროზიებია, რაც შეიძლება გამონვეულ იყოს კუჭიდან ნაწლავში ჩამოდინებული კუჭის წვენით. ყველაზე სერიოზული გამოსავალი სისხლდენა და პერფორაციაა.

**ნაწლავის დამბლა** ნაწლავის კუნთოვანი შრის შეკუმშვების შეწყვეტაა. ეს მდგომარეობა, შეიძლება აბდომინალური ქირურგიული ოპერაციის გართულება იყოს, თუმცა შესაძლოა, მუცლის ღრუს ნებისმიერი ნაწილის ანთების, ან პერიტონიტის შედეგადაც განვითარდეს. პერისტალტიკის შეწყვეტამ, შესაძლოა, ნაწლავის გაუვალობა გამოიწვიოს. ნაწლავური მოძრაობის შეწყვეტის გამო, ნაწლავში წნევის გაზრდის შესამსუბუქებლად, შეიძლება პაციენტს ღებინება დაეწყოს. მკურნალობა მოიცავს, ობსტურქციის აღმოსაფხრელად, ნაწლავის შიგთავსის ევაკუაციას, რაც ნაწლავს ნორმალური მობილობის აღდგენის საშუალებას მისცემს.

**ლაქტოზის აუტანლობა**, ფერმენტ ლაქტაზას დეფიციტის გამო, ლაქტოზის მოუნელებლობაა. ლაქტოზის აუტანლობა შეიძლება იყოს როგორც თანდაყოლილი (არასრული მომწიფების შედეგი), ან მოგვიანებით შეძენილი. გვიანი ფორმა საკმაოდ ხშირია აფრიკული და აზიური წარმომავლობის ადამიანებში და გენეტიკური ხასიათი აქვს. როდესაც ლაქტოზის, ანუ რძის შაქრის მონელება ვერ ხდება, ნაწლავში მცხოვრები ბაქტერიები ახდენენ მის ფერმენტაციას. დაავადების სიმპტომები მოიცავს დიარეას, მუცლის ტკივილს. მუცლის შებერვასა და მეტეორიზმს.

**ცელიაკია** აუტოიმუნური დაავადებაა, როდესაც ორგანიზმს დამანგრეველი რეაქცია აქვს ცილა გლუტენზე, რომელიც შედის ხორბლის, შვრიის, ჭვავისა და სხვა მარცვლეულების შემადგენლობაში. ორგანიზმი გლუტენს პათოგენად აღიქვამს და მის მიმართ ვითარდება იმუნოლოგიური რეაქცია, რაც იწვევს წვრილი ნაწლავის ამომფენი გარსის ანთებით დაზიანებას და შედეგად, საკვები ნივთიერებების ცუდ აბსორბციას. სიმპტომები მოიცავს მუცლის ტკივილს და შებერვას. ანთების საპრევენციოდ აუცილებელია გლუტენისგან თავისუფალი საკვების მიღება. როგორც სხვა აუტოიმუნური დაავადებების შემთხვევაში, ტრიგერი აქაც უცნობია.

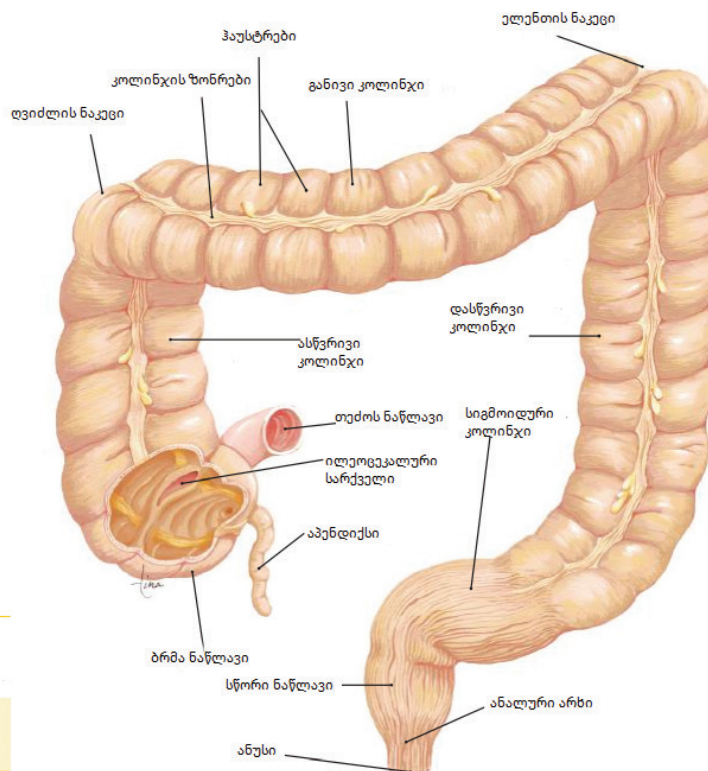
**დივერტიკულა** ნაწლავის გათხელებული კედლის გამობერილობაა, რომელიც წვრილ ნაწლავთან შედარებით, უფრო ხშირად მსხვილ ნაწლავში ვითარდება და მრავალი წლის განმავლობაში, შეიძლება, სრულიად უსიმპტომოდ მიმდინარეობდეს. დივერტიკულის არსებობას **დივერტიკულოზი** ეწოდება, ხოლო ანთებას, რომელიც უფრო ხშირად, დივერტიკულში განავლისა და ბაქტერიების ჩარჩენის შედეგია, **დივერტიკულიტი** ეწოდება. სიმპტომები მოიცავს მუცლის ტკივილს, მუცლის მგრძობელობას და ტემპერატურის აწევას. გაურთულებელი დივერტიკულიტის მკურნალობა ანტიბიოტიკებით და დიეტის მოდიფიცირებითაა შესაძლებელი. ყველაზე სერიოზული გართულება დივერტიკულას პერფორაციაა, რის შედეგადაც განავლოვანი მასები მუცლის ღრუში ხვდებიან და პერიტონიტს იწვევენ. ითვლება, რომ ბოჭკოვანი დიეტა, დაავადების პრევენციის მნიშვნელოვანი ასპექტია, რადგან ის ზრდის განავლის ზომას და ამაგრებს კოლინჯის კედლებს.

კოლინჯის დანარჩენი ნაწილი მოიცავს: **ასწვრივ, განივ და დასწვრივ კოლინჯებს**, რომლებიც შემოსაზღვრავენ წვრილ ნაწლავს; **სიგმოიდურ კოლინჯს**, რომელიც უხვევს მედიალურად და ქვევით; **სწორ ნაწლავს** და **ანალურ არხს**. სწორი ნაწლავი, დაახლოებით, 15 სმ სიგრძისაა და კოლინჯის ტერმინალური ნაწილია, რომელიც შემოსაზღვრავს **ანუსს**. კლინიკურად, კოლინჯის დაბოლოებად, ჩვეულებრივ, სწორი ნაწლავი ითვლება.

კოლინჯში საჭმლის მონელება არ ხდება. კოლინჯის მუკოზას ერთადერთი სეკრეტი ლორწოა, რომელიც ახდენს მსხვილ ნაწლავში გადაადგილებული ფეკალური მასების ლუბრიკაციას. კოლინჯის გრძივი გლუვი კუნთოვანი შრე წარმოდგენილია სამი ზონრის სახით, რომლებსაც **კოლინჯის ზონრები (taeniae coli)** ეწოდება. კოლინჯის დანარჩენი ნაწილი ამ ზონრების შესაბამისად „ლაგდება“, რაც კოლინჯს დამახასიათებელ შეჭმუხნულ, ან ჯიბეებიან შესახედაობას აძლევს. კოლინჯის ჯიბეებს **ჰაუსტრები** ეწოდება და ისინი ზრდიან კოლინჯის შიდა ზედაპირულ ფართობს.

კოლინჯის ფუნქცია ნყლის, მინერალების და ვიტამინების შეწოვა და საკვების მოუნელებელი ნარჩენების ელიმინაციაა. კოლინჯიდან აბსორბირებული ნებისმიერი ნივთიერება, ჯერ, ღვიძლის ცირკულაციაში ხვდება. კოლინჯში შესული ნყლის 80 % უკან შეინოვება (400-800 მლ დღეში). ასევე, აბსორბდება პოზიტიური და ნეგატიური იონები. კოლინჯში აბსორბირებულ ვიტამინებს კოლინჯში მცხოვრები ტრილიონობით ბაქტერია გამოიმუშავებს. ეს ბაქტერიები წარმოადგენენ კოლინჯის **ნორმალურ ფლორას**, ანუ ჩვენს **მიკრობიოტას** ნაწილს.





**სურათი 16-9. მსხვილი ნაწლავი წინა ხედში.**

**შეკითხვა:** რა არის ილეოცეკალური სარქველის ფუნქცია?

ადამიანისა და კოლინჯის ბაქტერიების (ისევე, როგორც ჩვენი ნებისმიერი ნორმალური ფლორის) ურთიერთობა **სიმბიოზის**, ანუ ერთობლივად ცხოვრების მაგალითია. ჩვენ ბაქტერიებს ვაძლევთ სახლს (სისტემას შესანიშნავი კლიმატ-კონტრლით და უამრავი საკვებით), ისინი კი ინელებენ, ან აფერმენტირებენ ჩვენს მოუნელებელ საკვებს და წარმოქმნიან თავისთვის სასარგებლო პროდუქტებს. ზოგიერთი ეს პროდუქტი ჩვენთვისაც სასარგებლოა. ვიტამინი K, რაც საკმარისია ღვიძლში შემადედებელი ფაქტორების წარმოსაქმნელად, კოლინჯში წარმოიქმნება და აბსორბირდება უფრო მცირე რაოდენობით პროდუცირდება დანარჩენი ვიტამინები, როგორებიცაა რიბოფლავინი, თიამინი, ბიოტინი და ფოლიუმის მჟავა, ბაქტერიები, ასევე, ხელს უწყობენ იმუნური სისტემის განვითარებას. ზოგიერთი ბაქტერიული პროდუქტები, შეიძლება, არ იყოს ჩვენთვის სასარგებლო და გავლენა იქონიოს წონის მატებაზე, ან ანთებისა და ათეროსკლეროზის განვითარებაზე. ნორმალური ფლორის კიდევ ერთი ფუნქცია პათოგენების ზრდის დათრგუნვაა. ისინი ამას ახერხებენ ან მარტივად, სივრცის დაკავებით და საკვების მოხმარებით, ან ანტიბიოტიკური მოქმედების ქიმიური ნივთიერებების გამოყენებით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კოლინჯის ნორმალური მიკროფლორა ვერ ახორციელებს, პათოგენების წინააღმდეგ, ჩვენს სრულყოფილ დაცვას, რადგან მათ არ შეუძლიათ ვირუსების ინჰიბირება და შეიძლება დაითრგუნონ სხვა ბაქტერიების, მაგალითად **Salmonella** (გვხდება თერმულად ბოლომდე დაუმუშავებელ კვერცხში, ან ქათამში და ინვევს საკვებისმიერ ინტოქსიკაციას) მიერ. ინფორმაცია, მცირეწლოვან ბავშვებში პათოგენური ბაქტერიების სპორებით გამოწვეული დაავადების შესახებ, იხილეთ სამახსოვრო 16-4: ბოტულიზმი ჩვილებში. გაითვალისწინეთ, რომ ჩვენ კიდევ ბევრი რამ გვაქვს სასწავლი ჩვენი და ჩვენი მიკრობიოტას ურთიერთობაზე.

## განავლის ელიმინაცია

განავალი შეიცავს ცელულოზას და სხვა მოუნელებელ მასალას, მკვდარ და ცოცხალ ბაქტერიებს და წყალს. პერისტალტიკური ტალღური შეკუმშვებით, რაც საკვების მიღების შემდგომ უფრო ინტენსიური ხდება, ფეკალური მასები კოლინჯში გადაადგილდებიან. გასტროკოლიკური და დუოდენოკოლიკური რეფლექსები, საკვების არსებობა საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის შესაბამის ნაწილებში - კუჭსა და თორმეტგოჯაში და ამ ორგანოების პერისტალტიკა, ასტიმულირებს კოლინჯის შეკუმშვებს. ეს რეფლექსები გამოწვეულია ენტერული ნერვული სისტემის

მიერ - ნანლავებს საკუთარი გონი აქვთ. განავლის ელიმინაცია სრულდება **დეფეკაციის რეფლექსით** (ზურგის ტვინის რეფლექსი, რომელიც შეიძლება ნებელობით გაკონტროლდეს). სწორი ნანლავი, ჩვეულებრივ, ცარიელია, სანამ კოლინჯის პერისტალტიკა მასში განავალს არ გადაისვრის. სწორ ნანლავეში განავლის გადასვლა იწვევს მისი კედლის გაჭიმვას, რაც წარმოადგენს დეფეკაციის რეფლექსის სტიმულს.

სწორი ნანლავის გლუვი კუნთოვანი შრის გაჭიმვის რეცეპტორები სენსორულ იმპულსებს აგზავნიან ზურგის ტვინის გავის ნაწილში. უკან დაბრუნებული მოტორული იმპულსები იწვევენ სწორი ნანლავის გლუვი კუნთის შეკუმშვას. ანუსს შემოსაზღვრავს **შიდა ანალური სფინქტერი**, რომელსაც გლუვიკუნთოვანი შენება აქვს. რეფლექსის ფარგლებში, სფინქტერი დუნდება, რაც შესაძლებელს ხდის დეფეკაციას.

**გარეთა ანალური სფინქტერი** ჩონჩხის კუნთს წარმოადგენს და შემოსაზღვრავს შიგნითა ანალურ სფინქტერს (იხილეთ, სურათი 16-10). თუ დეფეკაცია უნდა შეკავდეს, გარეთა ანალური სფინქტერი, შეიძლება ნებელობით შეიკუმშოს და ანუსი დაიხუროს. სწორი ნანლავის გაჭიმვის რეცეპტორები ადაპტირდებიან და დეფეკაციის სურვილი აღმოიფხვრება. პერისტალტიკის შემდგომი ტალღა კვლავ ახდენს სწორი ნანლავის რეცეპტორების სტიმულაციას (იხილეთ, სამახსოვრო 16-5: ბოჭკო).

## სამახსოვრო 15-4 | ბოტულიზმი ჩვილებში

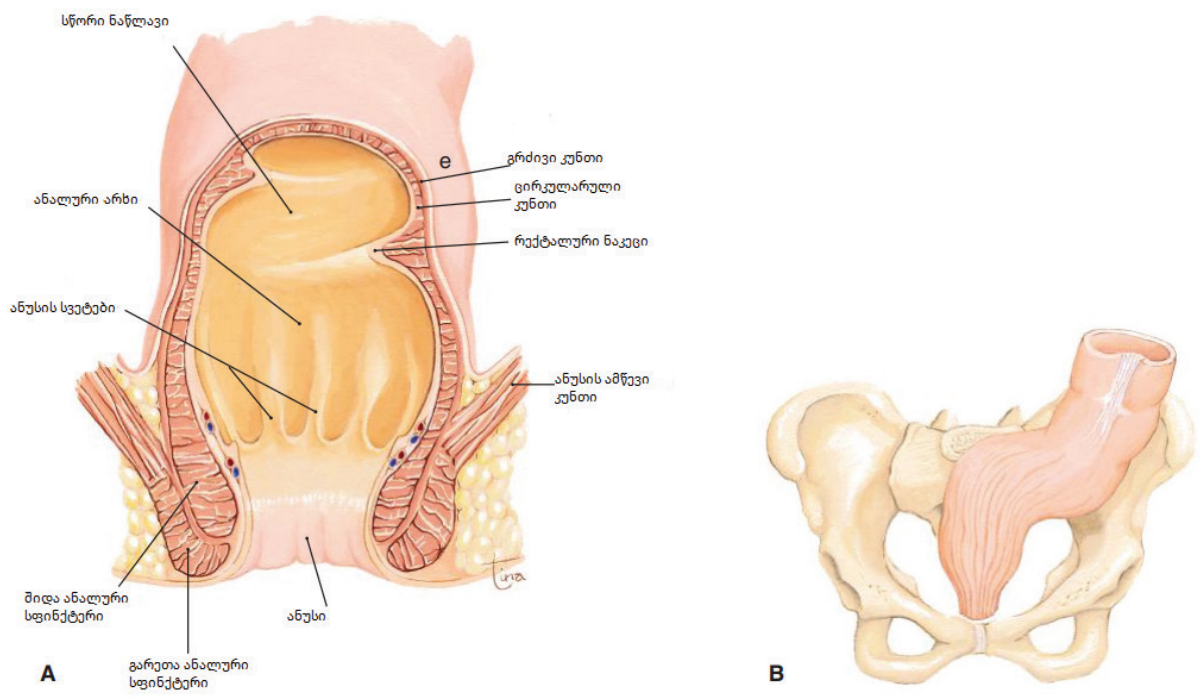
**ბოტულიზმი** ყველაზე ხშირად საკვებიდან გვემართება. როდესაც ნიადაგში გავრცელებული ბოტულიზმის არააქტიური სპორები მოხვდებიან ანაერობულ გარემოში (მაგალითად, კონსერვის ქილაში) ისინი გარდაიქმნებიან აქტიურ ბაქტერიებად, რომლებიც წარმოქმნიან ნეიროტოქსინს. თუ ადამიანი მიიღებს ამ ტოქსინის შემცველ საკვებს, მას განუვითარდება დამბლა, რაც ბოტულიზმის დამახასიათებელი ნიშანია.

1 წლამდე და განსაკუთრებით, 6 თვემდე ასაკის ჩვილებში, ამ დაავადების განვითარება შეიძლება ბაქტერიის სპორებმაც გამოიწვიოს. ჩვილის კუჭი ვერ გამოიმუშავებს დიდი რაოდენობით მარილმჟავას, ასე რომ კუჭში მოხვედრილი სპორები შეიძლება ვერ განადგურდნენ. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ ჩვილის კოლინჯის ნორმალური ფლორაც არ არის ჯერ ჩამოყალიბებული. ამ ნორმალური პოპულაციის გარეშე, რომელიც ვერ შედის კონკურენციაში ბოტულიზმის სპორებთან, სპორები შეიძლება ბაქტერიებად გარდაიქმნენ და დაიწყონ თავიანთი ტოქსინის წარმოქმნა.

დაავადებული ჩვილი ლეთარგიული და სუსტი ხდება (ეს მდგომარეობა პირველად 1976 წელს აღინერა, როგორც “დავარდნილი ბავშვის სინდრომი”). დამბლა შეიძლება ნელა ან სწრაფად განვითარდეს. მკურნალობა შესაძლებელია (ბოტულიზმის ანტიტიქსინი), თუმცა შეიძლება დაგვიანდეს, თუ დაავადება დროზე არ იქნება ამოცნობილი. ჩვილებში ბოტულიზმის ბევრი შემთხვევა თაფლთანაა დაკავშირებული, რომელიც შეიძლება შეიცავდეს ბოტულიზმის სპორებს. უფრო მოზრდილი ბავშვებისთვის და ზრდასრულებისთვის ამ სპორებს არ აქვთ დამაზიანებელი ეფექტები, რადგან მათ ჩამოყალიბებული აქვთ კოლინჯის ნორმალური მიკროფლორა, რაც ხელს უშლის ბოტულიზმის ბაქტერიების დამკვიდრებას.

## ღვიძლის სხვა ფუნქციები

**ღვიძლი** ძალიან მნიშვნელოვანი ორგანოა და მხოლოდ ტვინს აქვს მასზე მეტი ფუნქცია. ღვიძლის უჯრედები (ჰეპატოციტები) გამოიმუშავენ მრავალ ენზიმს, რომლებიც აკატალიზებენ მრავალ სხვადასხვა ქიმიურ რეაქციას. ეს რეაქციები ღვიძლის ფუნქციებია. როდესაც სისხლი ღვიძლის კაპილარულ ქსელში (სინუსოიდებში) გავლის (იხილეთ, სურათი 16-6), ჰეპატოციტების მიერ, ხდება ნივთიერებების სისხლიდან ამოღება და მათ მიერ პროდუცირებული სეკრეტების სისხლში გადასვლა. ღვიძლის ზოგიერთი ფუნქცია თქვენთვის უკვე ცნობილია. ზოგს შემდეგ თავში თავიდან აღვწერთ და უფრო დეტალურად განვიხილავთ. რადგან ღვიძლს სხეულის ბევრ სისტემაზე, ამდენი სხვადასხვა ეფექტი აქვს, მის ფუნქციებს ქვემოთ მოყვანილ კატეგორიებში შევაჯამებთ.



**სურათი 16-10. (A)** შიდა და გარეთა ანალური სფინქტერები ფრონტალურ განაკვეთზე სწორი ნაწლავის ქვედა ნაწილისა და ანალური არხის მიმართულები **(B)** სწორი ნაწლავის და ანალური არხის მდებარეობა მენჯის ძვალთან მიმართებაში.

**შეკითხვა:** შიდა ანალური სფინქტერი სწორი ნაწლავის რომელი ნაწილის გაგრძელებაა?

- კარბოჰიდრატების მეტაბოლიზმი** - როგორც თქვენთვის ცნობილია ღვიძლი არეგულირებს სისხლის გლუკოზის დონეს. როდესაც გლუკოზის დონე მაღალია, ჭარბი გლუკოზა გლიკოგენად (გლუკოგენეზი) გარდაიქმნება; ჰორმონები, ინსულინი და კორტიზოლი, ხელს უწყობენ ამ პროცესს. ჰიპოგლიკემიის, ან სტრესული სიტუაციების დროს, გლუკოზის დონის ასაწევად, გლიკოგენი ისევ გლუკოზად გარდაიქმნება (გლიკოგენოლიზისი). ამ პროცესს, ჰორმონები ეპინეფრინი და გლუკაგონი, უწყობენ ხელს. ღვიძლი სხვა მონოსაქარიდებსაც გარდაქმნის გლუკოზად. ფრუქტოზა და გალაქტოზა, მაგალითად, სუკროზას და ლაქტოზას გადამუშავების პროდუქტებია. რადგან უჯრედების უმეტესობა, ენერჯის წყაროდ, ვერ ახერხებს ფრუქტოზას და გალაქტოზას გამოყენებას, ღვიძლის მიერ ისინიც გლუკოზად გარდაიქმნებიან.

**სამახსოვრო 16-5| ბოჭკო**

**ბოჭკოს** ჩვენ ვუნოდებთ მცენარეების უჯრედების კედლებში არსებულ ორგანულ მასალას - ძირითადად, ცულულოზას, პექტინებს და სხვა კომპლექსურ კარბოჰიდრატებს. დიეტური ბოჭკო და მისი სასარგებლო როლი, ბოლო წლებში ჩატარებული კვლევების დიდი ნაწილის საგანია, განსაკუთრებით იმიტომ, რომ ის ჩვენი მიკრობიოტას, ანუ სასარგებლო ბაქტერიული ფლორას საკვებია. მნიშვნელოვანია გავარჩიოთ რა წარმოადგენს სინამდვილეს და რა არის სპეკულაცია.

მრავალი კვლევიტაა დადგენილი, რომ პოპულაციები (ადამიანთა დიდი ჯგუფი, განსაკუთრებით სხვადასხვა კულტურული წარმომადგენლობით), რომლებიც საკვებად ბოჭკოთი მდიდარ საკვებს ღებულობენ, ნაკლებად ავადდებიან ისეთი დაავადებებით, როგორებიცაა:



დივერტიკულიტი, კოლინჯის კიბო, კორონარული არტერიული დაავადება, დიაბეტი და ჰიპერტენზია. ეს პათოლოგიები უფრო იმ პოპულაციებში გვხვდება, რომელთა საკვები ღარიბია ბოსტნეულით, ხილით და მარცვლეულით და მდიდარია ხორციით და დამუშავებული საკვებით. სხვა კვლევებმა არ გამოავლინეს ბოჭკოს დამცავი ეფექტი კოლინჯის კიბოს წინააღმდეგ. რაც ამ ეტაპზე დანამდვილებით შეიძლება ვთქვათ ის არის, რომ ბოჭკო კოლინჯის კიბოს განვითარების ერთადერთი ფაქტორი არ არის.

განცხადებები, რომ ბოჭკოს მაღალი შემცველობის დიეტა პირდაპირად იწვევს სისხლის წნევისა და ქოლესტეროლის დაქვეითებას, კლინიკური და ექსპერიმენტული კვლევებით არ დასტურდება. ამის ერთ-ერთი ახსნა ის არის, რომ ადამიანი, რომლის დიეტა ძირითადად მცენარეულ საკვებს შეიცავს, ნაკლები რაოდენობით იღებს ცხიმებით მდიდარ საკვებს, რაც იწვევს სისხლში ქოლესტეროლის და ცხიმების დონის დაქვეითებას. დამატებით, ბოჭკოვანი დიეტის შესაძლო სარგებელი (ჩვენი მიკრობიოტასთვის კარგი საკვების მიწოდებასთან ერთად), ის არის რომ ასეთი დიეტა დიდი რაოდენობით შეიცავს ხილსა და ბოსტნეულს, რომლებიც ორგანიზმს ვიტამინებისა და მინერალების მნიშვნელოვანი რაოდენობით ამარაგებენ.

- 2. ამინომჟავების მეტაბოლიზმი**- პროტეინებზე, ქსოვილების საჭიროებების მიხედვით, ღვიძლი არეგულირებს სისხლში ამინომჟავების დონეს. ადამიანის პროტეინების სინთეზირებისთვის 20 საჭირო ამინომჟავიდან, ღვიძლს 12 ამინომჟავის (**არასასიცოცხლო ამინომჟავები**) სინთეზის უნარი აქვს. პროცესს, რომელიც ამას ახორციელებს **ტრანსამინაცია** ეწოდება, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ჭარბი ამინო ჯგუფის ( $\text{NH}_2$ ) ამონომჟავიდან ნახშირბადის ჯაჭვზე გადატანას, რის შედეგადაც სრულიად ახალი ამინომჟავას მოლეკულა წარმოიქმნება. დანარჩენი 8 ამინომჟავას, რომელთა სინთეზი ღვიძლს არ შეუძლია, **სასიცოცხლო ამინომჟავები** ეწოდებათ. ამ შემთხვევაში „სასიცოცხლო“ ნიშნავს, რომ ამ ამინომჟავების წარმოქმნა ღვიძლს არ შეუძლია და ისინი საკვებით უნდა მივიღოთ. „არასასიცოცხლო“ გულისხმობს, რომ ღვიძლი ახდენს ამ ამინომჟავების სინთეზს და არ არის აუცილებელი მათი საკვებთან ერთად მიღება. ჩვენი სხეულის პროტეინების სინთეზისთვის ოცივე ამინომჟავა აუცილებელია.  
ჭარბი ამონომჟავების, რომელთა გამოყენების საჭიროება მოცემულ ეტაპზე არაა, შენახვა ვერ ხვდება. თუმცა, მათ სხვა გამოყენება აქვთ. **დეამინიზაციის** პროცესით, რომელიც ასევე ღვიძლში მიმდინარეობს, ხდება  $\text{NH}_2$  ჯგუფის ამინომჟავისგან გამოიყოფა და დარჩენილი ნახშირბადის ჯაჭვის მარტივი კარბოჰიდრატის მოლეკულად, ან ცხიმად გარდაქმნება. შედეგად, ჭარბი ამინომჟავები დაუყოვნებელი ენერჯის, ან ადიპოზურ ქსოვილში შენახული, პოტენციური ენერჯის წყაროდ გარდაიქმნებიან. დარჩენილი  $\text{NH}_2$  ჯგუფები ერთდებიან და წარმოქმნიან შარდოვანას, რომელიც თირკმელების მიერ, შარდთან ერთად გამოიყოფა.
- 3. ლიპიდების მეტაბოლიზმი** - ღვიძლი ახდენს ლიპოპროტეინების წარმოქმნას, რომლებიც, სახელიდან გამომდინარე, ლიპიდების და პროტეინების ნაერთებია და გამოიყენებიან სისხლში, ცხიმების ქსოვილებამდე ტრანსპორტირებისთვის. ღვიძლი, ასევე, ასინთეზირებს ქოლესტეროლს და მის ჭარბ რაოდენობას გამოყოფს ნაღველში, რათა განავალთან ერთად მოხდეს მისი ელიმინაცია.  
ცხიმოვანი მჟავები ენერჯის პოტენციური წყაროა, მაგრამ იმისათვის, რომ უჯრედული სუნთქვის დროს, მათი გამოყენება შესაძლებელი იყოს, ისინი უფრო პატარა მოლეკულებად უნდა დაიშალონ. **ბეტა-ოქსიდაციის** პროცესის დროს ცხიმოვანი მჟავების გრძელი ჯაჭვები, ორი ნახშირბადის შემცველ მოლეკულებად იშლებიან, რომლებსაც აცეტილ ჯგუფები ეწოდებათ და მარტივ კარბოჰიდრატებს წარმოადგენენ. ჰეპატოციტების მიერ, აცეტილ ჯგუფები შესაძლოა გამოყენებულ იქნას ATP-ის წარმოსაქმნელად, ან მოხდეს მათი კომბინირება კეტონების სინთეზით, სისხლით სხვა უჯრედებამდე მისატანად. შემდგომში, ეს სხვა უჯრედები, კეტონებს ATP-ის სინთეზისთვის იყენებენ.
- 4. პლაზმის პროტეინების** სინთეზი ღვიძლის ფუნქციაა, რაც თქვენ, ალბათ, მე-11 თავიდან გახსოვთ. ღვიძლი ასინთეზირებს სისხლში მოციურკულირე მრავალ პროტეინს. ალ-

ბუმინი, ყველაზე უხვი პროტეინია, რომელიც ქსოვილოვანი სითხის კაპილარებამდე მოზიდვით, ინარჩუნებს სისხლის მოცულობას.

**შემადგებელი ფაქტორებიც** ღვიძლის მიერ პროდუცირდება. როგორც გახსოვთ, ამ ფაქტორებს მიეკუთვნებიან პროთრომბინი, ფიბრინოგენი და ფაქტორი 8, რომლებიც სისხლში ცირკულირებენ, მათი საჭიროების აღმოცენებამდე. ღვიძლი, ასევე, ასინთეზირებს ალფა და ბეტა **გლობულინებსაც**, რომლებიც სხვა მოლეკულების, როგორებიცაა ცხიმის მოლეკულები, სატრანსპორტოდ გამოიყენება.

5. **ბილირუბინის წარმოქმნა** - ღვიძლის ეს, კიდევ ერთი, კარგად ნაცნობი ფუნქციაა. ღვიძლი შეიცავს ფიქსირებულ მაკროფაგებს, რომლებიც ახდენენ დაბერებული ერთროციტების ფაგოციტოზს. შედეგად, ჰემოგლობინის ჰემის პორციიდან, წარმოიშობა ბილირუბინი. ღვიძლს, ასევე, სისხლიდან გამოაქვს ელენთასა და ძვლის წითელ ტვინში წარმოქმნილი ბილირუბინი და გამოყოფს ნალველში, განავალთან ერთად ელიმინაციისთვის.

6. **ფაგოციტოზი კუპფერის უჯრედების მიერ** - ღვიძლის ფიქსირებულ მაკროფაგებს **კუპფერის უჯრედები** (ვარსკვლავური რეტიკულოენდოთელიური უჯრედები) ეწოდებათ. ერთროციტების ფაგოციტირებასთან ერთად, ისინი ახდენენ პორტალურ ცირკულაციაში მოხვედრილი პათოგენების, ან სხვა უცხო მასალის ფაგოციტოზს. ღვიძლში მოხვედრილი ბაქტერიების დიდ ნაწილს კოლინჯური წარმომავლობა აქვს. ეს ბაქტერიები კოლინჯის ნორმალური მაცხოვრებლებია, მაგრამ სხეულის სხვა ნაწილებში მოხვედრისას, მათ დიდი ზიანის გამოწვევა შეუძლიათ. ბაქტერიები, რომლებიც სისხლში კოლინჯიდან წყლის აბსორბციასთან ერთად ხვდებიან, პორტალური ცირკულაციით ღვიძლამდე მიიტანება. ღვიძლის კუპფერის უჯრედები ახდენენ ამ ბაქტერიების ფაგოციტოზს და განადგურებას და ამით, მათი სისხლიდან მანამდე ამოღებას, სანამ სისხლი გულში დაბრუნდება და ფილტვებში გადაიტუმბება.

7. **შენახვა** - ღვიძლი ინახავს ცხიმში ხსნად ვიტამინებს A, D, E, K და ასევე, წყალში ხსნად B<sub>12</sub> ვიტამინს. ღვიძლში A და D ვიტამინების 6-12 თვის მარაგი შეიძლება იყოს დაგროვებული, რომელთა წყარო ქათმის ღვიძლის ნახევარია.

ღვიძლში, ასევე, ინახება მინერალები - რკინა და სპილენძი. თქვენ უკვე იცით, რომ რკინა აუცილებელია ჰემოგლობინისა და მიოგლობინისთვის, რაც მათ ჟანგბადთან შეკავშირების უნარს ანიჭებს. სპილენძი (რკინასთან ერთად) ზოგიერთი პროტეინის ნაწილია, რომლებიც მონაწილეობას ღებულობენ ქსოვილოვან სუნთქვაში და ასევე, შედის ზოგიერთი ენზიმის შემადგენლობაში, რომლებიც აუცილებელი არიან ჰემოგლობინის სინთეზისთვის.

8. **დეტოქსიკაცია** - ღვიძლს შეუძლია ისეთი ენზიმების სინთეზირება, რომლებიც ახდენენ მომწამლავი ნივთიერებების დეტოქსიფიკაციას, ანუ მათ გარდაქმნას არადაზიანებელ ნივთიერებებად. ასე მაგალითად, ალკოჰოლი იცვლება აცეტატად, რომელიც ორნახშირბადიანი მოლეკულაა (როგორც აცეტილ ჯგუფი) და გამოიყენება უჯრედული სუნთქვისთვის.

ყველა მედიკამენტი პოტენციურად ტოქსიკურია, მაგრამ ღვიძლი გამოიუმამავეებს ენზიმებს, რომლებიც ახდენენ მათ დაშლას, ან გარდაქმნას. შესაბამისი დოზით მიღებისას, მედიკამენტს აღენიშნება თერაპიული მოქმედება, შემდეგ კი ნაკლებად აქტიურ ნივთიერებად გარდაიქმნება და უმეტესწილად, თირკმელებით გამოიყოფა. მედიკამენტის ზედოზირება ნიშნავს, რომ მოცემულ დროში, ღვიძლს არ შესწევს მისი დეტოქსიფიკაციის უნარი და მედიკამენტი დარჩება სისხლში და შესაძლოა დამაზიანებელი მოქმედება აღმოაჩნდეს. ამის გამო, მედიკამენტების მიღების დროს არ შეიძლება ალკოჰოლის მიღებაც. ასეთმა კომბინაცია შეიძლება აღემატებოდეს ღვიძლის დეტოქსიფიკაციის შესაძლებლობებს და ორივე, ალკოჰოლიც და მედიკამენტიც, უფრო დიდი ხნის განმავლობაში დარჩენენ ტოქსიკურები. სწორედ ამის გამო, ხშირად სიკვდილით მთავრდება საძილე საშუალებებად გამოყენებული ბარბიტურატების, ალკოჰოლთან ერთად მიღება.

ამიაკი კოლინჯის ბაქტერიების მიერ წარმოქმნილი ტოქსიკური ნივთიერებაა. რადგან ის წყალში ხსნადია, მისი ნაწილი სისხლში აბსორბირდება და სანამ ცირკულაციაში მოხვდება და უჯრედებს, განსაკუთრებით ტვინის უჯრედებს დააზიანებს, იგი ღვიძლში ხვდება

და იგი ამიაკს ნაკლებად ტოქსიკურ ნივთიერებად, შარდოვანად გარდაქმნის, წარმოქმნილი შარდოვანა თირკმელებით გამოიყოფა.

## სამახსოვრო 15-6 | ჰეპატიტები

**ჰეპატიტები** სხვადასხვა ვირუსით გამოწვეული ღვიძლის ანთებაა. მათგან ყველაზე გავრცელებულებია **A**, **B** და **C**, თუმცა სხვა ვირუსებიც გვხვდებიან. ჰეპატიტის სიმპტომებია: ანორექსია, გულისრევა, სისუსტე და სიყვილის განვითარების შესაძლებლობა. დაავადების სიმძიმე მერყეობს უაღრესად მსუბუქიდან (თითქმის უსიმპტომო) ფატალურამდე. აშშ-ში, ყოველწლიურად ჰეპატიტის ათასობით შემთხვევა ფიქსირდება და მიუხედავად იმისა, რომ ღვიძლის ანთება სამივე მათგანისთვის საერთოა, მათი გადაცემის გზები და გამოსავალი სხვადასხვაა.

**ჰეპატიტი A** ნაწლავური ვირუსია, რომელიც ფეკალურ-ორალური გზით ვრცელდება. მსუბუქად მიმდინარე ჰეპატიტით დაავადებული ადამიანების ხელებით დაბინძურებული საკვები, დაავადების გადაცემის ძირითადი გზაა, თუმცა ამ ვირუსის გადაცემის მეორე შესაძლო გზა ადამიანების გამონაყოფებით დაბინძურებული წყლიდან მოპოვებული მოლუსკები არიან. ჰეპატიტი **A**, უხშირესად, მსუბუქი მიმდინარეობის დაავადებაა, გამოჯანმრთელების შემდეგ ტოვებს მყარ იმუნიტეტს და არ არის აღწერილი ვირუსის მატარებლობის შემთხვევები. ვაქცინა ხელმისაწვდომია, ამასთან, **A** ჰეპატიტით ინფიცირებისას, შეიძლება განხორციელდეს გამა გლობულინების ინექცია, დაუყოვნებლივი იმუნური დაცვისას მისაღწევად და ინფექციის განვითარების საპრევენციოდ.

**ჰეპატიტი B** გადაეცემა ქსოვილოვან სითხეებთან (სისხლი, სპერმა), ან დაავადებულ ადამიანთან კონტაქტის შედეგად. **B** ჰეპატიტი შეიძლება ძიმედ მიმდინარეობდეს, ან სულაც ფატალური შედეგით დასრულდეს; ამასთან, გამოჯანმრთელებულების, დაახლოებით, 10% ვირუსის მატარებელი რჩება. ვირუსის მატარებლობის შესაძლო გამოსავალი ქრონიკული ჰეპატიტის განვითარება, რომელიც შესაძლოა ციროზამდე, ან ღვიძლის კიბომდე პროგრესირდეს. თანაბარი მნიშვნელობისაა ისიც, რომ ვირუსის მატარებლები ინფექციის წყაროდ რჩებიან სხვების, განსაკუთრებით, სექსუალური პარტნიორებისთვის. **B** ჰეპატიტის ვაქცინა არსებობს და ის ახალშობილთა და ჯანდაცვის მუშაკთა (ვისაც სისხლთან, თუნდაც იშვიათი შეხება აქვს) სტანდარტული ვაქცინაციის ერთ-ერთი კომპონენტია. **B** ჰეპატიტის ვაქცინაციის სხვა შესაძლო კანდიდატები, ვირუსის მატარებელთა სექსუალური პარტნიორები არიან.

**ჰეპატიტი C**-ს ვირუსიც ქსოვილოვან სითხეებში გვხვდება და სისხლით და მუკოზური მემბრანების კონტაქტით ვრცელდება. ადამიანთა უმეტესობას ქრონიკული დაავადება უვითარდება, თუმცა ნაწილი ინფიცირებიდან წლების განმავლობაში, შესაძლოა უსიმპტომოდ დარჩეს. აქტიური დაავადების შემთხვევაში, ვირუსმა შესაძლოა ღვიძლის უკმარისობა გამოიწვიოს. ასეთ შემთხვევაში, ერთადერთი მკურნალობა ღვიძლის ტრანსპლანტაციაა. ჯანდაცვის მუშაკებისა და მათი პაციენტებისთვის მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, რომ ჰეპატიტის ვირუსები სისხლის გადასხმით არ ვრცელდება, რადგან დონაციის გზით მიღებული სისხლი ყოველთვის მონმდება ვირუსების არსებობაზე.

## დაბერება და საჭმლის მომნელებელი სისტემა

დაბერების დროს საჭმლის მომნელებელ სისტემაში მრავალი ცვლილებაა მოსალოდნელი. გემოვნების შეგრძნება ბლავდება, ნერწყვი უფრო ნაკლები რაოდენობით გამოიყოფა და ამის გამო, იზრდება პერიდონტალური დაავადების განვითარების და კბილების დაკარგვის შესაძლებლობა. მთელი სისტემის მასშტაბით მცირდება სეკრეცია და ქვეითდება პერისტალტიკის ეფექტიანობა. მოუნელებლობა უფრო ხშირად ვითარდება, განსაკუთრებით, საყლაპავის გარეთა სფინქტერის მოდუნებისას და ჩნდება საყლაპავის დაზიანების დიდი რისკი. კოლინჯში შეიძლება დივერტიკულები წარმოიშვას - ნაწლავის გათხელებული კედლების გამობერილობები, რომლებიც შეიძლება უსიმპტომოდ დარჩნენ, ან დაინფიცირდნენ. წერილი, ან მსხვილი ნაწლავი



ვის ობსტრუქცია, უფრო მეტად ხანდაზმულებში გვხვდება. დუნე პერისტალტიკა ხელს უწყობს ყაბზობას, რომელიც თავის მხრივ, შესაძლოა ჰემოროიდების განვითარების მიზეზი გახდეს. იზრდება პირის ღრუს და კოლინჯის კიბოს განვითარების რისკი.

ღვიძლი, ჩვეულებრივ, ღრმა სიბერემდე ინარჩუნებს ადეკვატურად ფუნქციონირების უნარს, თუ პათოგენების, მაგალითად ჰეპატიტის ვირუსების, ან ტოქსინების, მაგალითად, ალკოჰოლის, მიერ არ არის დაზიანებული. იზრდება ნაღვლის ბუშტის კენჭების ფორმირების ტენდენცია, იმდენად, რომ შესაძლოა ნაღვლის ბუშტის ქირურგიული ამოღების საჭიროება დადგეს. ხანდაზმულებში, ასევე, უფრო ხშირია ნაღვლის ბუშტის ანთების (ქოლეცისტიტის) შემთხვევები. სპეციფიკური დაავადებების არ არსებობისას, პანკრეასი, ჩვეულებრივ, კარგად ფუნქციონირებს, თუმცა უცნობი გენეზის მწვავე პანკრეატიტი უფრო ხშირია ხანდაზმულებში.

## შაჯამება

საჭმლის მონღელება და საკვები ნივთიერებების აბსორბცია, ორგანიზმს, მათი, მრავალი მიზნით გამოყენების საშუალებას აძლევს. ჩვენს მიერ მიღებული საკვების უმეტესობა, პირდაპირი მნიშვნელობით, ჩვენი ნაწილი ხდება. ზრდისა და ქსოვილების აღდგენისთვის, სხეული ახდენს პროტეინების და ლიპიდების სინთეზირებას და წარმოქმნის ენზიმებს ყველა იმ რეაქციის კატალიზაციისთვის, რაც ხელს უწყობს ჰომეოსტაზის შენარჩუნებას. ზოგიერთი საკვები გვამარაგებს ენერგიით, რომელიც აუცილებელია ზრდის, აღდგენის, მოძრაობის, შეგრძნებისა და ფიქრისთვის. შემდეგ თავში, ჩვენ შევისწავლით მიღებული საკვებიდან ენერჯის წარმოქმნის ქიმიურ საფუძვლებს და განვიხილავთ ენერჯის წარმოების კავშირს სხეულის ტემპერატურის შენარჩუნებასთან.

**სხეულის ტემპერატურა და მეტაბოლიზმი**

ჩვენი სიცოცხლის ყველა მომენტში, ჩვენი უჯრედები შლიან მიღებული საკვების მოლეკულებს, რათა წარმოქმნილი ATP (ატფ, ადენოზინ ტრიფოსფატი) ენერგია-დამოკიდებული უჯრედული პროცესებისთვის გამოიყენონ. ბუნებრივია, ჩვენ შეიძლება არაფერი ვიცოდეთ უჯრედული სუნთქვის შესახებ, მაგრამ შეიძლება გვსმენია მისი ერთ-ერთი პროდუქტის, სითბოს სახით, ენერჯის წარმოქმნაზე. სინამდვილეში, ადამიანის სხეული ნამდვილად თბილია და სხეულის ტემპერატურა ზედმინევით რეგულირდება. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენ არ შეგვიძლია, პინგვინებივით ფეხშიშველებმა ვიაროთ, ანტარქტიდის ყინულოვანი ზამთრის თვეების განმავლობაში, გარემოს ტემპერატურის ფართო დიაპაზონში, ადაპტირების და გადარჩენის უნარი გაგვაჩნია.

ამ თავში ჩვენ განვიხილავთ სხეულის ტემპერატურის რეგულაციას და ასევე, შევეხებით **მეტაბოლიზმს** - ჩვენს სხეულში მიმდინარე ყველა რეაქციის ერთობლიობას. ეს რეაქციები მოიცავს ენერჯის წარმოქმნელ უჯრედულ სუნთქვას და ასევე, ენერჯის მოხმარებად პროცესებს, როგორებიცაა პროტეინების და დნმ-ის (DNA) სინთეზი მიტოზისათვის.

**სხეულის ტემპერატურა**

სხეულის ტემპერატურის ნორმალური ზღვრებია: 96.5°-99.5°F (36°-38°C), პირის ღრუს საშუალო ტემპერატურაა 98.6°F (37°C). 1992 წელს ჩატარებული კვლევის მონაცემებით, პირის ღრუს საშუალო ტემპერატურა მცირედ დაბალია - : 98.2° F (ფარენჰაიტი), ან 36.8° C (ცელსიუსი), მაგრამ ყველა „ტრადიციულ“ საშუალო ტემპერატურას ამჯობინებს. დღე-ღამის განმავლობაში სხეულის ტემპერატურა 1°-2° გრადუსით მერყეობს და ყველაზე დაბალი ძილის დროს ფიქსირდება.

ასაკობრივი სპექტრის ორივე ბოლოში, სხეულის ტემპერატურის რეგულაცია შეიძლება ისეთი ზუსტი არ იყოს, როგორც მოზრდილ ბავშვებსა და ახალგაზრდა ზრდასრულებში. ჩვილებს, მოცულობასთან შედარებით, უფრო დიდი ზედაპირული ფართობი (კანი) აქვთ და შესაბამისად, მიდრეკილნი არიან სითბოს სწრაფად დაკარგვისკენ. ხანდაზმულებში, სხეულის ტემპერატურის შემანარჩუნებელი მექანიზმები, შეიძლება, ადრინდელივით ეფექტიანად აღარ მუშაობდნენ და გარემოს ტემპერატურის ცვლილება, შეიძლება სწრაფად და ეფექტიანად ვეღარ კომპენსირდეს. ამის ცოდნას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ძალიან ახალგაზრდა და ძალიან მოხუცი პაციენტების მოვლის დროს.

**სითბოს პროდუქცია**

ქსოვილოვანი სუნთქვა, პროცესი, რომლის დროსაც ATP-ის წარმოსაქმნელად, საკვებიდან ენერგია გამოთავისუფლდება, ერთ-ერთ ენერჯის პროდუქტს, სითბოს გამოყოფს. მიუხედავად იმისა, რომ ქსოვილოვანი სუნთქვა მუდმივი პროცესია, მისი სიჩქარე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული:

1. ფარისებრი ჯირკვლის მიერ პროდუცირებული, ჰორმონი **თიროქსინი** და თავისუფალი ტრიიოდთირონინი (T3), სხეულის ყველა ქსოვილში ზრდის უჯრედული სუნთქვის სიჩქარეს და სითბოს წარმოშობას. თიროქსინის სეკრეცია რეგულირდება სხეულის ენერჯის პროდუქციის სიჩქარით, ანუ მეტაბოლიზმის სიჩქარით. (იხილეთ, მე-10 თავი, რომელშიც განხილულია უკუკავშირის მექანიზმები, რომლებიც მოიცავენ ჰიპოთალამუსს და თავი 1, ილუსტრაციისთვის). როდესაც მეტაბოლიზმის სიჩქარე მცირდება, ხდება ფარისებრი ჯირკვლის სტიმულაცია, უფრო მეტი თიროქსინის წარმოსაქმნელად. რადგან თიროქსინი ზრდის უჯრედული სუნთქვის და მეტაბოლიზმის სიჩქარეს, ნეგატიური უკუკავშირის გამო, ქვეითდება თიროქსინის შემდგომი პროდუქცია, სანამ მეტაბოლიზმის სიჩქარე ისევ არ შემცირდება. ასე რომ, თიროქსინი მაშინ წარმოიქმნება, როდესაც უჯრედული სუნთქვის გაზრდის საჭიროება დგება და ეს, სავარაუდოდ, ენერჯის პროდუქციის ყვე-

ლაზე მნიშვნელოვანი ყოველდღიური მექანიზმია.

- სტრესულ სიტუაციებში, თირკმელზედა ჯირკვლის მედულა გამოყოფს ეპინეფრინსა და ნორეპინეფრინს და ხდება სიმპათიკური ნერვული სისტემის გააქტიურება. ეპინეფრინი ზრდის უჯრედული სუნთქვის სიჩქარეს, განსაკუთრებით, ისეთ ორგანოებში, როგორებიცაა გული, ჩონჩხის კუნთები და ღვიძლი. სიმპათიკური ნერვული სისტემა ამ ორგანოების აქტივობასაც ზრდის. სტრესულ სიტუაციებში, ორგანიზმის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, ATP-ის პროდუქციის გაზრდა, ასევე, მეტი სითბოს წარმოქმნას ნიშნავს.
  - ორგანოები, რომლებიც ჩვეულებრივ, აქტიურები არიან (წარმოშობენ ATP-ს), მოსვენების მდგომარეობაში, სითბოს მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენენ. ასე მაგალითად, ჩონჩხის კუნთები, ჩვეულებრივ, მცირედ შეკუმშულები არიან, რასაც კუნთოვანი ტონუსი ეწოდება. რადგან თუნდაც მსუბუქი შეკუმშვა საჭიროებს ATP-ს, კუნთები ამავედროულად, სითბოსაც წარმოქმნიან. მოსვენების მდგომარეობაში, ეს სხეულის საერთო სითბოს, დაახლოებით, 25%-ია და ფიზიკური დატვირთვის დროს, როცა უფრო მეტი ATP წარმოიქმნება, კიდევ უფრო იზრდება.
- ღვიძლი კიდევ ერთი მუდმივად აქტიური ორგანოა, რომელიც ATP-ს მრავალი ფუნქციის განსახორციელებლად წარმოქმნის. შედეგად, მოსვენების მდგომარეობაში, ღვიძლი სხეულის საერთო სითბოს 20%-ს წარმოშობს. ამ აქტიური ორგანოების მიერ წარმოქმნილი სითბო, სისხლის საშუალებით, მთელს ორგანიზმში ვრცელდება. როდესაც შედარებით გრილი სისხლი ისეთ ორგანოებს გაივლის, როგორებიცაა კუნთები და ღვიძლი, ამ ორგანოების მიერ წარმოქმნილი სითბო სისხლს გადაეცემა და იგი თბება. თბილი სისხლი ცირკულირებს სხეულის სხვა ნაწილებში და გასცემს ამ სითბოს.
- საკვების მიღება ასევე ზრდის სითბოს პროდუქციას, რადგან იზრდება მომნელებელი ტრაქტის მეტაბოლური აქტივობა. სითბო წარმოიქმნება საჭმლის მომნელებელი ორგანოების მიერ, პერისტალტიკისთვის საჭირო ATP-ის პროდუქციისა და მომნელებელი ენზიმების სეკრეციის დროს.
  - სხეულის ტემპერატურის ცვლილებას, ასევე, აქვს გავლენა მეტაბოლიზმის სიჩქარესა და სითბოს პროდუქციაზე. კლინიკურ მნიშვნელობას ეს სხეულის ტემპერატურის აწევის დროს იძენს. მაღალი სიცხის დროს იზრდება მეტაბოლიზმის სიჩქარე, რაც ზრდის სითბოს წარმოქმნას და კიდევ უფრო მაღლა სწევს სხეულის ტემპერატურას. აქედან გამომდინარე, სხეულის ტემპერატურის მომატება, შეიძლება სითბოს ზედმეტად წარმოქმნილი მანკიერი წრის ტრიგერი გახდეს. სიცხეს ამ თავის შემდეგ ნაწილებში განვიხილავთ.

სითბოს წარმოქმნაზე მოქმედი ფაქტორები შეჯამებულია ცხრილში 17-1.

### ცხრილი 17-1 | ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებენ სითბოს წარმოქმნაზე

ფაქტორი	ეფექტი
თიროქსინი	ყოველდღიური მეტაბოლიზმის ყველაზე მნიშვნელოვანი რეგულატორი; ზრდის საკვების მიღებას ATP-ის პროდუქციისთვის, რითაც ზრდის სითბოს წარმოქმნას
ეპინეფრინი და სიმპათიკური სტიმულაცია	მნიშვნელოვანია სტრესულ სიტუაციებში; ზრდის მრავალი ორგანოს მეტაბოლურ აქტივობას; ზრდის ATP-ის და სითბოს პროდუქციას
ჩონჩხის კუნთები	კუნთების ნორმალური ტონუსი საჭიროებს ATP-ს; წარმოქმნილი სითბო, მოსვენების მდგომარეობაში მთლიანი სხეულის სითბოს, დაახლოებით, 25%-ია
ღვიძლი	ყოველთვის მეტაბოლურად აქტიურია; წარმოქმნის, მოსვენების მდგომარეობაში, სხეულის მთელი სითბოს 20%-ს



საკვების მიღება	ზრდის გასტროინტესტინური ტრაქტის აქტივობას; ზრდის ATP-ის და სითბოს პროდუქციას
სხეულის მომატებული ტემპერატურა	ზრდის მეტაბოლიზმის სიჩქარეს, რაც ზრდის სითბოს პროდუქციას, რაც თავის მხრივ, ზრდის მეტაბოლიზმის სიჩქარეს და სითბოს წარმოქმნას; შეიძლება საზიანო გახდეს მაღალი ტემპერატურის დროს

## სითბოს დაკარგვა

სხეულიდან სითბოს დაკარგვის გზებია: კანი, რესპირატორული ტრაქტი და შედარებით, ნაკლები მოცულობით, საშარდე და საჭმლის მომნელებელი სისტემები.

### სითბოს დაკარგვა კანის საშუალებით

რადგანაც სხეული კანითაა დაფარული, გარემოში ყველაზე მეტი სითბოს გაცემა კანით ხორციელდება. როდესაც გარემოს ტემპერატურა სხეულის ტემპერატურაზე დაბალია (როგორც, ეს ჩვეულებრივ ხდება) სითბოს დაკარგვა, გარდაუვალია. დაკარგული სითბოს რაოდენობა განისაზღვრება კანის სისხლის მიმოქცევით და საოფლე ჯირკვლების აქტივობით.

კანში სისხლის მიმოქცევა სითბოს დაკარგვაზე გავლენას ახდენს პროცესებით, რომლებსაც გამოსხივება, გატარება და კონვექცია ეწოდებათ. **გამოსხივება** ნიშნავს სხეულიდან გრილ საგნებზე სითბოს, შეხების გარეშე, გადანაწილებას, ისევე როგორც რადიატორი ახდენს ოთახის გათბობას (გამოსხივება ნაკლებ ეფექტური ხდება, როდესაც გარემოს ტემპერატურა 31°C-ზე მაღალია). **გატარება** ნიშნავს სითბოს გადაცემას უფრო გრილი ჰაერისა და საგნებისთვის, მაგალითად, ტანსაცმლისთვის, რომლებიც კანს ეხებიან. **კონვექცია** გულისხმობს ჰაერის ნაკადის მიერ თბილი ჰაერის კანის ზედაპირიდან განდევნას და სითბოს დაკარგვის ხელშეწყობას; ამის გამოა, რომ ცხელ დღეებში, ვენტილატორს შეუძლია ჩვენი გაგრილება. კონვექციით სითბოს დაკარგვას „ქარის გამაგრილებელი ეფექტი“ აქვს, რასაც ჩვენ ზამთარში განვიცდით. ქარიან ცივ დღეს, ჩვენ მეტად ვგრძნობთ სიცივეს, ვიდრე ცივ, მაგრამ წყნარ ამინდში, რადგან ქარი გამოდევნის ჩვენი სხეულის გარშემო არსებულ, შედარებით, თბილ ჰაერს და მას ცივი ჰაერით ანაცვლებს.

როგორც მე-5 თავში იყო განხილული, კანის ტემპერატურა და სითბოს შემდგომი დაკარგვა განპირობებულია კანის სისხლის მიმოქცევით. დერმისის არტერიოლებს აქვთ კონსტრიქციის და დილათაციის უნარი, რაც ინვესს სისხლის მიმოქცევის შემცირებას, ან გაზრდას. ცივ გარემოში, **ვაზოკონსტრიქცია** განაპირობებს სისხლის მიმოქცევის დაქვეითებას და ამის გამო, სითბოს დაკარგვის შემცირებას. თბილ გარემოში ვითარდება **ვაზოდილათაცია**, რაც ზრდის კანის სისხლის მიმოქცევას და გარემოსთვის სითბოს გადაცემას.

კანიდან სითბოს გადაცემის კიდევ ერთი მექანიზმი ოფლის გამოყოფაა. **ეკრინული საოფლე ჯირკვლები** კანის ზედაპირზე ახდენენ ოფლის (წყლის) გამოყოფას და სხეულის ჭარბი სითბო ინვესს ოფლის აორთქლებას. გაიხსენეთ გამდინარე წყლის ქვეშ მოთავსებული ცხელი ტაფა, რომელიც ძალიან სწრაფად გრილდება, რადგან მისი სითბო, წყალთან ერთად, ორთქლდება. მიუხედავად იმისა, რომ ოფლის გამოყოფა ასეთი დრამატული პროცესი არ არის (არ ხდება ხილული ორთქლის წარმოქმნა), მოქმედების პრინციპი იგივეა.

ოფლიანობა განსაკუთრებით ეფექტიანია, როდესაც გარემოს ტენიანობა დაბალია. ტენიანობა განისაზღვრება, როგორც ატმოსფეროში წყლის ორთქლის შემცველობის მაქსიმალური შესაძლებელი პროცენტი. როდესაც ტენიანობა 90 %-ია, ეს ნიშნავს, რომ ჰაერი უკვე 90 %-ითაა გაჯერებული წყლის ორთქლით და წყლის ორთქლის, მხოლოდ, მცირე რაოდენობის შეკავება შეუძლია. ასეთ სიტუაციებში, ოფლი ადვილად ვეღარ ორთქლდება და პირიქით, მიუხედავად იმისა, რომ იგი აგრძელებს გამოყოფას, კანის ზედაპირზე რჩება. როდესაც ჰაერის ტენიანობა 40%-ია, ჰაერს ბევრად მეტი წყლის ორთქლის სატურაცია შეუძლია და კანის ზედაპირიდან, ოფლი სწრაფად ორთქლდება და ზედმეტი სითბოც გამოაქვს. სრულიად მშრალ ჰაერზე, კარგი ჰიდრატაციის შემთხვევაში, 93 °C-ზე, ადამიანს, დაახლოებით, 1 საათის განმავლობაში შეუძლია გაძლოს.

მიუხედავად იმისა, რომ ოფლის გამოყოფა სითბოს დაკარგვის ძალიან მნიშვნელოვანი მექანიზმია, მას თავის უარყოფით მხარეც აქვს, რადგან სითბოს დაკარგვა წყლის დაკარგვასაც საჭიროებს. ოფლიანობის დროს წყლის დაკარგვამ შეიძლება ძალიან სწრაფად გამოიწვიოს დეჰიდრატაცია და დაკარგული წყალი უნდა ჩანაცვლდეს სითხეების მიღებით (იხილეთ, სამახსოვრო 17-1: სიცხესთან დაკავშირებული დარღვევები).

სითბოს მცირე რაოდენობით დაკარგვა, ე.წ. „წყლის შეუგრძნობი დაკარგვითაც“ ხდება. რადგან კანი ცელოფანის პარკი არაა და წყლის გამტარია, წყლის მცირე რაოდენობა კანის საშუალებით დიფუზირდება და სხეულის სითბოს საშუალებით ორთქლდება. ოფლიანობასთან შედარებით, წყლის შეუგრძნობი დაკარგვა, სითბოს გაცემის უმნიშვნელო წყაროა.

### **სითბოს დაკარგვა რესპირატორული ტრაქტის საშუალებით**

სითბო რესპირატორული ტრაქტიდანაც იკარგება, რადგან თბილი რესპირატორული მუკოზა, ცოცხალი ეპითელიუმიდან, წყლის აორთქლებას განაპირობებს. წარმოქმნილი წყლის ორთქლი ამოისუნთქება და სითბოც მცირე რაოდენობაც იკარგება.

ძაღლები, რომლებსაც ბევრი საოფლე ჯირკვალი არ აქვთ, ცხელ ამინდში სწრაფად სუნთქავენ, რაც განაპირობებს ჰაერის სწრაფ მოძრაობას გარეთა რესპირატორულ გზებში, რითაც მათი თბილი ზედაპირი აორთქლებს დიდი რაოდენობით წყალს. ამ გზით, ცხოველს, დიდი რაოდენობით სითბოს დაკარგვა შეუძლია.

## **სამახსოვრო 17-1|სიცხესთან დაკავშირებული დარღვევები**

**სითბოსგან გამოფიტვა** - გამოწვეულია, ჭარბი ოფლიანობის გამო, წყლის და მარილების, განსაკუთრებით, NaCl-ის დაკარგვით. ასეთ შემთხვევაში ადამიანი თავს ძალიან სუსტად გრძნობს, კანი, ჩვეულებრივ, გრილი და ნესტიანია. სხეულის ტემპერატურა ნორმალურია, ან ნორმალურზე ოდნავ დაბალი., პულსი, ხშირად, სწრაფი და სუსტია, სისხლის წნევა, სითხის დაკარგვის გამო, შეიძლება დაბალი იყოს. სხვა სიმპტომები მოიცავს თავბრუსხვევას, გულისრევას და კუნთოვან კრუნჩხვებს. მკურნალობა გულისხმობს მოსვენებას და მარილიანი სითხეების, ან ხილის წვენების მიღებას (მცირე რაოდენით და ხშირი ინტერვალებით).

**სითბური დაკვრა** სიცოცხლისთვის საშიში მდგომარეობაა, რომელიც ცხელ და ნესტიან დღეებში, ხანდაზმულ ადამიანებს, ან ქრონიკულად დაავადებულებს აზიანებს, ან ცხელ ამინდში, ზედმეტად აქტიური ფიზიკური დატვირთვის ფონზე, სხვა მხრივ ჯანმრთელ ადამიანებში ვითარდება. მაღალი ტენიანობა, ოფლის გამოყოფას, სითბოს დაკარგვის არაეფექტიან იარაღად აქცევს, თუმცა სიცხეში ოფლის გამოყოფა მაინც გრძელდება. სითხის დიდი რაოდენობით დაკარგვის შემთხვევაში, ოფლის გამოყოფა წყდება, რათა მოხდეს ქსოვილოვანი სითხის შენარჩუნება და სხეულის ტემპერატურა სწრაფად იწევს (105°F, 40.°C და შესაძლოა 110°F, 43.3°C-ზე ზემოთ). სითბური დარტყმის კლასიკური სიმპტომია ცხელი, მშრალი კანი. ადამიანი, ხშირად, გონებას კარგავს, რაც თავის ტვინზე, მაღალი ტემპერატურის, გამანადგურებელი ეფექტის შედეგია. მკურნალობა მოითხოვს ჰოსპიტალიზაციას, რათა მოხდეს სითხეების ინტრავენურად გადასხმა და სხეულის ტემპერატურამ სამედიცინო მეთვალყურების ქვეშ დაიწიოს. პირველი დახმარება უნდა იყოს, რაც შეიძლება მეტი, გრილი (არა ყინულოვანი) წყლის კანზე შესხმა. წყალი არასოდეს არ უნდა დავალებინოთ არაცნობიერ მდგომარეობაში მყოფ ადამიანს, რათა თავიდან ავიცილოთ სითხის რესპირატორულ ტრაქტში მოხვედრა.

### **სითბოს დაკარგვა საშარდე და საჭმლის მომნელებელი ტრაქტების საშუალებით**

გამოყოფის დროს, შარდი და განავალი სხეულის ტემპერატურისაა და მათი ელიმინაცია განაპირობებს მცირე რაოდენობით სითბოს დაკარგვას.

სითბოს დაკარგვის გზები შეჯამებულია ცხრილში 17-2.

## ცხრილი 17-2 | სითბოს დაკარგვის გზები

გზა	მექანიზმები
კანი (ძირითადი გზა)	გამოსხივება და გატარება - სითბო სხეულიდან გადაეცემა უფრო გრილ ჰაერს და საგნებს
	კონვექცია - ჰაერის ნაკადი ამორებს სითბოს კანიდან
	ოფლიანობა - სხეულის ზედმეტი სითბო ინვევს კანის ზედაპირიდან ოფლის აორთქლებას
რესპირატორული ტრაქტი (მეორადი გზა)	აორთქლება - სხეულის სითბო ინვევს რესპირატორული მუკოზიდან წყლის აორთქლებას და წყლის ორთქლი ამოისუნთქება
შარდის გამომყოფი ტრაქტი (მცირე გზა)	მოშარდვის დროს შარდი სხეულის ტემპერატურისაა
საჭმლის მომნელებელი ტრაქტი (მცირე გზა)	დეფეკაცია - დეფეკაციისას, განავალი სხეულის ტემპერატურისაა

## სხეულის ტემპერატურის რეგულაცია

ჰიპოთალამუსი პასუხისმგებელია სხეულის ტემპერატურის რეგულაციაზე და იგი სხეულის „თერმოსტატად“ განიხილება. როგორც თერმოსტატს, სითბოს პროდუქციასა და გაცემას შორის ბალანსის შენარჩუნებით, ჰიპოთალამუსი ინარჩუნებს ტემპერატურის „დადგენილ“ მაჩვენებლებს.

ამისათვის, ჰიპოთალამუსს უნდა ქონდეს საშუალება, მიიღოს ინფორმაცია სხეულის შიგნით და გარემოს ტემპერატურების შესახებ. ჰიპოთალამუსის სპეციალური რეცეპტორები აღიქვამენ თავის ტვინში გამავალი სისხლის ტემპერატურას. კანის ტემპერატურული რეცეპტორები კი აწვდიან ინფორმაციას გარემოს ტემპერატურის ცვლილების შესახებ. შემდეგ ჰიპოთალამუსი ახდენს სენსორული ინფორმაციის ინტეგრირებას და ხელს უწყობს ნორმალური ტემპერატურის შემანარჩუნებელი პასუხების ფორმირებას.

### სითბოს გაცემის გაზრდის მექანიზმები

თბილ გარემოში, ან ფიზიკური ვარჯიშის დროს, სხეულის ტემპერატურა იმატებს და საჭირო ხდება უფრო მეტის სითბოს დაკარგვა. ეს ხორციელდება დერმისში ვაზოდოლატაციით და ოფლის გამოყოფით. ვაზოდოლატაცია ინვევს მეტი თბილი სისხლის სხეულის ზედაპირზე მიდინებას და გარემოსთვის მეტი სითბოს გადაცემას. თუმცა გარემოში, რომლის ტემპერატურა სხეულის ტემპერატურის ტოლია, ან აღემატება მას, ეს მექანიზმი არაეფექტური ხდება. მეორე მექანიზმია ოფლის გამოყოფის გაზრდა, რომლის დროსაც სხეულის ჭარბი სითბო ინვევს ოფლის კანის ზედაპირიდან აორთქლებას. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, ოფლის გამოყოფა არაეფექტიანი ხდება, როდესაც ატმოსფეროს ტენიანობა მაღალია.

ცხელ დღეებში, სითბოს წარმოქმნა კუნთების ტონუსის დაქვეითებითაც შეიძლება შემცირდეს. ამის გამო, ასეთ ამინდში ჩვენ შეიძლება თავი ძალიან მოდუნებულად ვიგრძნოთ; ჩვენი კუნთები ჩვეულებრივზე უფრო სუსტად არიან შეკუმშულები და უფრო ნელა რეაგირებენ.

### სითბოს შენარჩუნების მექანიზმები

ცივ გარემოში, სხეულიდან სითბოს გაცემის თავიდან აცილება შეუძლებელია, თუმცა გარკვეულ დონემდე, შესაძლოა შემცირდეს. დერმისში ვაზოკონსტრიქცია, სისხლს, სხეულის ზედა-



პირიდან სილრმეში გადაისვრის, რათა სხეულში უფრო მეტი სითბო დარჩეს. ოფლის გამოყოფა მცირდება და სრულიად წყდება, როდესაც ჰიპოთალუსის ტემპერატურა  $37^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბლა დაინევის (დაიმახსოვრეთ, რომ ტვინის შიდა ტემპერატურა პირის ღრუს ტემპერატურაზე მაღალია და ნაკლებადაა დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურის ცვლილებებზე).

თუ სხეულის ტემპერატურის დაცემის შესაჩერებლად, ეს მექანიზმები საკმარისი არ აღმოჩნდება, კუნთების ტონუსის მომატებამ, შეიძლება მეტი სითბოს წარმოქმნა გამოიწვიოს. როდესაც ძირითადი ტემპერატურა (მაგალითად, ღვიძლის)  $36^{\circ}\text{C}$ -მდე დაინევის, კუნთების ტონუსის მომატება, შესაძლოა, კანკალით გამოვლინდეს. კანკალმა სითბოს წარმოქმნა ნორმალურთან შედარებით, ხუთჯერ შეიძლება გაზარდოს.

სიცივეზე ადამიანებს ქცევითი პასუხებიც აქვთ. ისეთი ქმედებები, როგორებიცაა სვიტერის ჩაცმა, ან შენობის შიგნით შესვლა, ასახავს, რომ ჩვენ ვაცნობიერებთ, რომ სიცივეს დისკომფორტის გამოწვევა შეუძლია. ადამიანს, ზოგიერთი ძუძუმწოვარისგან განსხვავებით, სქელი ბენჯი არ აქვს, შესაბამისად, ეს ნებაყოფლობითი აქტივობები მნიშვნელოვანია ცივ ამინდში ზედმეტი სითბოს დაკარგვის საპრევენციოდ. (იხილეთ სამასხოვრო 17-2:სიცივესთან დაკავშირებული დარღვევები).

## სამასხოვრო 17-2|სიცივესთან დაკავშირებული დარღვევები

**მოყინვა** სხეულის ნაწილის გაყინვაა. სიცივისგან, ყველაზე ხშირად, ხელის და ფეხის თითები, ცხვირი და ყურები ზიანდებიან, რადგან ზედაპირულ ფართობთან შედარებით, მათი მოცულობა ნაკლებია. თავიდან კანზე ჩნდება ჩხვლეტის შეგრძნება, მერე ვითარდება დაბუჟება. როდესაც ქსოვილოვანი სითხეები იყინება, წარმოქმნილმა ყინულის კრისტალებმა შეიძლება გამოიწვიონ კაპილარების და ქსოვილების დაზიანება (რადგან გაყინვისას, წყალი ფართოვდება) და კანზე წარმოიქმნება ბუშტუკები. ყველაზე მძიმე შემთხვევებში ვითარდება განგრენა, როდესაც, ჟანგბადის ნაკლებობის გამო, ქსოვილი კვდება. მოყინვის მკურნალობა მოყინული არის გათბობაა. თუ კანის დაზიანება გამოხატულია, მას ისევე უნდა ვუმკურნალოთ, როგორც დამწვრობას.

**ჰიპოთერმია** არანორმალურად დაბალი ტემპერატურაა ( $95^{\circ}\text{F}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბალი), რაც უფრო ხშირად, სიცივის ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგია. მიუხედავად იმისა, რომ თავიდან ადამიანს აქვს სიცივის შეგრძნება, შემდგომში ამ შეგრძნებამ შეიძლება გაიაროს და ცნობიერების დარღვევით, მეტყველების გაძნელებით, ძილიანობით და კოორდინაციის დარღვევით შეიცვალოს. ამ ეტაპზე ადამიანები, ხშირად, ვერ აღიქვამენ სიტუაციის სერიოზულობას და თუ გარე აქტივობებით არიან დაკავებულები (ციგურებით, ან თხილამურებით სრიალი) შეიძლება არც ეცადონ თბილ გარემოში შესვლას. ჰიპოთერმიისადმი ასევე მიდრეკილნი არიან ხანდაზმულები, რომელთა ტემპერატურის რეგულაციის მექანიზმები უკვე ნაკლებად ეფექტიანია, რადგან ასეთ ადამიანებს სიცივის აღქმის უნარი არ აქვთ. ორივე ამ ჯგუფებში, ჩონჩხის კუნთების აქტივობის არქონის გამო, სითბოს წარმოქმნა დაქვეითებულია. ზოგიერთი ტიპის კარდიოლოგიური, ან ნეროქირურგიული ოპერაციების დროს, პაციენტი შეიძლება, ხელოვნურ ჰიპოთერმიაში გადავიყვანოთ. სხეულის ტემპერატურის თანდათანობითი კონტროლირებული დაქვეითება, ამცირებს ორგანიზმის მეტაბოლიზმის სიჩქარეს და ჟანგბადის მოხმარების საჭიროებას და შესაძლებელს ხდის ხანგრძლივი ქირურგიული ოპერაციების ჩატარებას, პაციენტის ქსოვილების გავრცელებული კვდომის გარეშე.

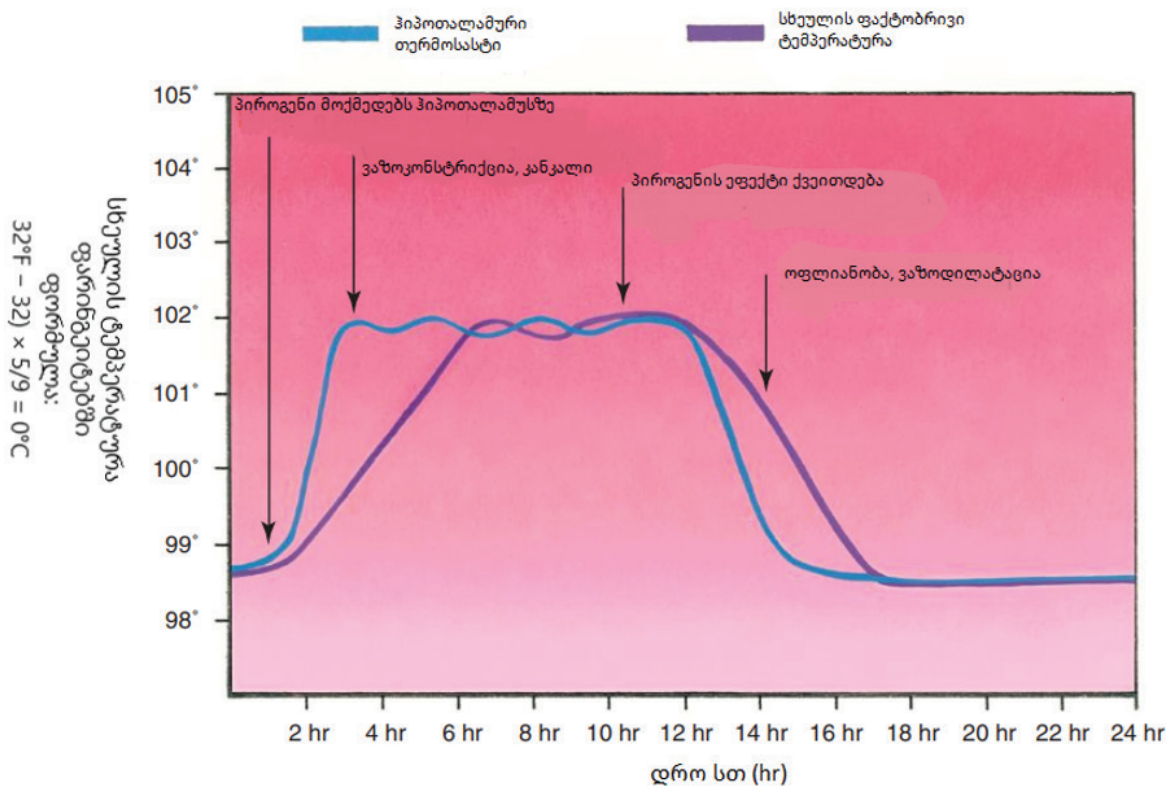
## ცხელება

ცხელება სხეულის ტემპერატურის ნორმაზე მაღლა აწევს და შეიძლება თან ახლდეს ინფექციურ დაავადებებს, სერიოზულ ფიზიკურ ტრავმას, კიბოს, ან ცენტრალური ნერვული სისტემის (CNS) დაზიანებას. სიცხის გამომწვევ სუბსტანციებს **პიროგენები** ეწოდება. პიროგენებს მიეკუთვნებიან ბაქტერიები, უცხო პროტეინები, ანთების დროს გამოთავისუფლებული ნივთიერებები. ანთების დროს გამომუშავებულ ნივთიერებებს **ენდოგენური პიროგენები**

ენოდება. ენდოგენური ნიშნავს „შიგნით გამოშვებულს“. ითვლება, რომ ეს პიროგენები ქიმიურად ზემოქმედებენ ჰიპოთალამუსზე და ინვევენ ჰიპოთალამუსის თერმოსტატის სამიზნე ტემპერატურის „ანევას“. ამის შემდეგ, ჰიპოთალამუსი ისეთი პასუხების სტიმულაციას გამოიწვევს, რომლებიც სხეულის ტემპერატურას ახალ სამიზნემდე აწვევენ.

მოდით განვიხილოთ ბავშვის მაგალითი, რომელსაც სტრუპტოკოკური ანგინა აქვს. ბაქტერიული და ენდოგენური პიროგენები ინვევენ ჰიპოთალამური თერმოსტატის უფრო მაღალ ტემპერატურაზე (39°C) „გადაწყობას“. დასაწყისში, სხეულის ტემპერატურა ჰიპოთალამუსის „სამიზნე მაჩვენებელზე“ დაბალია, აქტივირდება სითბოს შენახვისა და პროდუქციის მექანიზმები. ბავშვს ამცივნებს და აკანკალებს. საბოლოოდ, წარმოიქმნება საკმარისი სითბო და სხეულის ტემპერატურა ჰიპოთალამუსის დადგენილ, ახალ სამიზნე მაჩვენებლამდე, 39°C-მდე აიწვევს. ამ მომენტისთვის, ბავშვი, არც სიცხეს და არც სიცივეს აღარ გრძნობს, რადგან სხეულის ტემპერატურა ისაა, რაც ჰიპოთალამუსმა დაადგინა.

როდესაც პიროგენების ეფექტები მცირდება, ჰიპოთალამუსის სამიზნე ტემპერატურაც თითქმის ნორმალურამდე, 37°C-მდე ქვეითდება. ახლა ბავშვს დასცხება და გააქტივდება სითბოს გაცემის მექანიზმები. განვითარდება კანის ვაზოდილატაცია და გაიზრდება ოფლის გამოყოფა, სანამ ტემპერატურა ჰიპოთალამუსის მიერ დადგენილ, ახალ სამიზნე მაჩვენებლამდე არ დაქვეითდება. ზოგჯერ ამას „კრიზის“, უწოდებენ, თუმცა სინამდვილეში კრიზისი უკვე გავლილია, რადგან ოფლის წარმოშობა მიანიშნებს, რომ სხეულის ტემპერატურა ნორმას უბრუნდება. სიცხის დროს ტემპერატურის ცვლილების თანმიდევრობა ნაჩვენებია სურათზე 17-1.

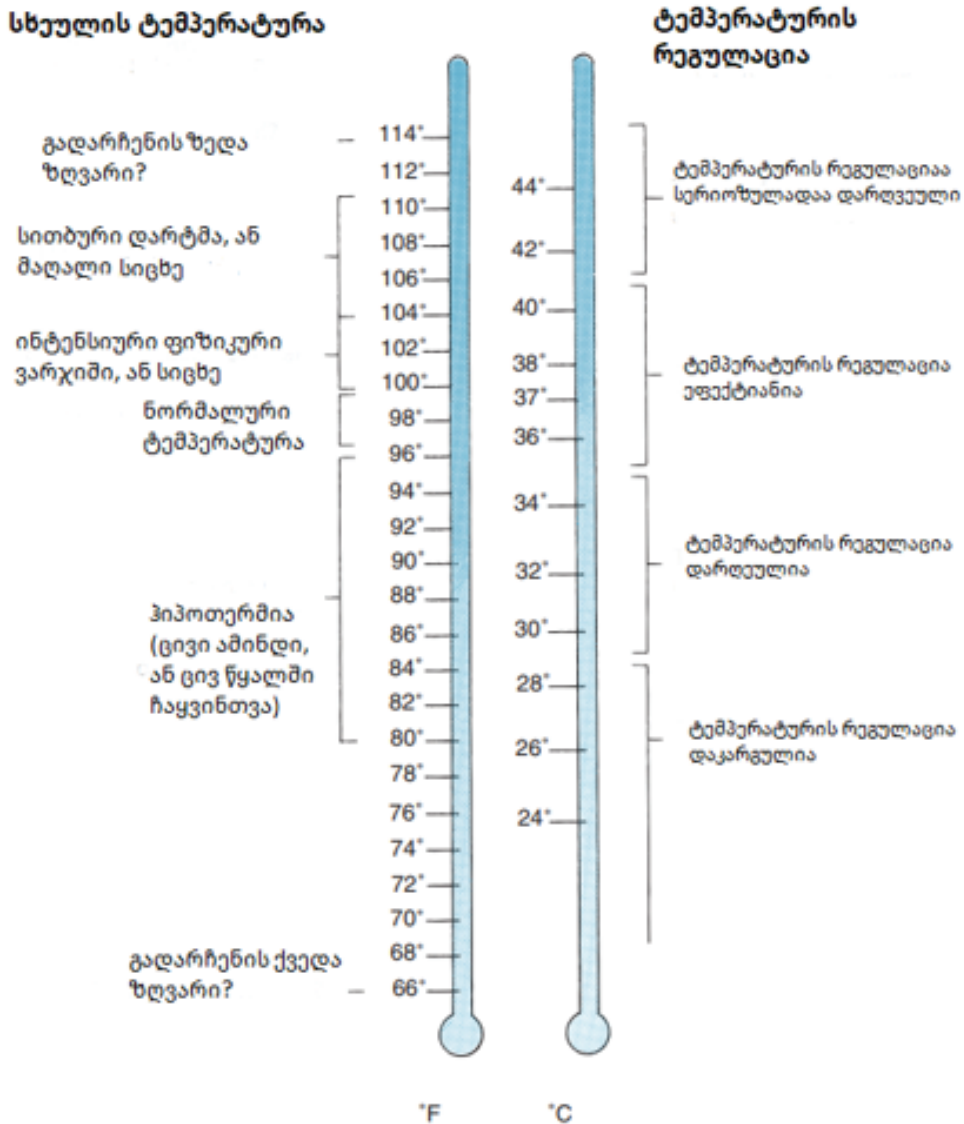


**სურათი 17-1.** ცვლილება სხეულის ტემპერატურაში სიცხის ეპიზოდის დროს. სხეულის ტემპერატურა იცვლება (იისფერი ხაზი), თუმცა ჩამორჩება ჰიპოთალამუსის თერმოსტატის ცვლილებას (ლურჯი ხაზი), მაგრამ საბოლოოდ მიაღწევს თერმოსტატის მოთხოვნილს.

**შეკითხვა:** ცხელების ამ ციკლში, რატომ ვითარდება ოფლიანობა და ვაზოდილატაცია?

თქვენ შეიძლება დაგაინტერესოს, მოაქვს თუ არა სიცხეს სარგებელი? ინფექციით გამოწვეული დაბალი სიცხეებისთვის, დიახ. ზომიერად მომატებული ტემპერატურის ფონზე, ლეიკოციტები აქტივირდებიან და ზოგიერთი პათოგენის მეტაბოლიზმი ითრგუნება. აქედან გამო-

მდინარე, სიცხეს შესაძლოა სასარგებლო ეფექტი ქონდეს, რადგან პათოგენების დესტრუქციის აჩქარებით, შეიძლება შეამოკლოს ინფექციის ხანგრძლივობა.



**სურათი 17-2.** სხეულის ტემპერატურის ცვლილების გავლენა ჰიპოთალამუსის ტემპერატურის მარეგულირებელ უნარზე. ტემპერატურა ნაჩვენებია ფარენჰაიტებსა და ცელსიუსებში.

**შეკითხვა:** სხეულის ტემპერატურის რა საზღვრებში შეუძლია ჩვეულებრივ ადამიანს გადარჩენა?

მაღალ სიცხეს, კი სერიოზული გამოსავალი შეიძლება ქონდეს. სიცხე ზრდის მეტაბოლიზმის სიჩქარეს, რომელიც იწვევს სითბოს წარმოქმნის გაზრდას, რაც კიდევ უფრო მაღლა სწევს სხეულის ტემპერატურას. ეს პოზიტიური უკუკავშირის მექანიზმია, რომელიც მანამდე გაგრძელდება, ვიდრე რომელიმე გარეთა ფაქტორი (მაგალითად, ასპირინი, ან პათოგენის დაღუპვა) არ გამოიწვევს პროცესის შეწყვეტას (იხილეთ, თავი 1, სურათი 1-3). როდესაც სხეულის ტემპერატურა 41°C-ს მიაღწევს, ჰიპოთალამუსი კარგავს ტემპერატურის რეგულაციის უნარს. უჯრედის პროტეინები, განსაკუთრებით, ენზიმები ამ ტემპერატურაზე ზიანდებიან. ენზიმები დენატურირდებიან, კარგავენ თავიანთ ფორმას და ვეღარ ახდენენ უჯრედების შიგნით აუცილებელი რეაქციების კატალიზს (იხილეთ, თავი 2, სურათი 2-9). შედეგად, უჯრედები კვდომას იწყებენ. ყველაზე საშიში ეს ტვინისთვისაა, რადგან ნეიორონების ჩანაცვლება არ ხდება, ან ყოველ შემთხვევაში, სწრაფად. უჯრედების სიკვდილი ტვინის დაზიანების მიზეზი ხდება, რაც ხანგრძლივ მაღალ ტემპერატურას შეიძლება მოყვეს. სხეულის ტემპერატურის ჰიპოთალამუს-



ზე მოქმედების ეფექტები, მოყვანილია სურათზე 17-2. ისეთი მედიკამენტი, როგორც ასპირინი **ანტიპირეტიკულ** მედიკამენტად იწოდება, რადგან მას სხეულის ტემპერატურის დაქვეითების უნარი აქვს, სავარაუდოდ, ჰიპოთალამუსის თერმოსტატზე ზემოქმედებით. მაღალი ტემპერატურის დასაქვეითებლად, სხეული გრილი წყლითაც შეიძლება დამუშავდეს. სხეულის მაღალი ტემპერატურა გამოიწვევს წყლის აორთქლებას და შედეგად, ტემპერატურის დაქვეითებას. ძალიან მაღალი ტემპერატურა საჭიროებს სამედიცინო ყურადღებას.

## მეტაბოლიზმი

ტერმინი **მეტაბოლიზმი** გულისხმობს ორგანიზმში მიმდინარე ყველა რეაქციას. ყველაფერი რაც ჩვენში ხდება მეტაბოლიზმია. მეტაბოლიზმის რეაქციები ორ ძირითად კატეგორიად შეიძლება დაიყოს: ანაბოლიზმი და კატაბოლიზმი.

**ანაბოლიზმი** ნიშნავს სინთეზის, ან „ნარმოქმნის“ რეაქციებს, მცირე მოლეკულების ერთმანეთთან დაკავშირებას, უფრო დიდს ნარმოსაქმნელად. ძვლის წითელი ტვინის მიერ ჰემოგლობინის სინთეზი, ოსტეობლასტების მიერ ძვლის მატრიქსის სინთეზი, ღვიძის უჯრედების მიერ გლუკოზის სინთეზი, ცხიმების სინთეზი ადიპოზურ ქსოვილში შესანახად - ყველა ეს რეაქცია ანაბოლიზმის მაგალითია.

**კატაბოლიზმი** ნიშნავს დაშლას, ანუ დიდ მოლეკულებში კავშირების განწყვეტას, უფრო მცირე მოლეკულების ნარმოსაქმნელად. უჯრედული სუნთქვა კატაბოლური რეაქციების სერიაა, რომლის დროსაც საკვების დიდი მოლეკულები ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე იშლება. კატაბოლიზმის დროს, ხშირად, ენერჯია გამოთავისუფლდება და გამოიყენება ATP-ის სინთეზისთვის (სითბოს ენერჯიის გამოთავისუფლება წინა სექციაში იყო განხილული). კატაბოლიზმის დროს ნარმოქმნილი ATP, შემდგომში, გამოიყენება ენერჯია-მოხმარებადი ანაბოლური რეაქციებისთვის, როგორებიცაა მიტოზის წინმსწრები DNA-ის რეპლიკაცია.

ჩვენი ანაბოლური და კატაბოლური რეაქციების უმეტესობა ენზიმებით კატალიზდება. ენზიმები პროტეინებია, რომლებიც შესაძლებელს ხდიან, რომ რეაქციები სხეულის ტემპერატურაზე განხორციელდნენ. გაიხსენეთ მეორე თავი და „აქტიური ადგილის თეორია“, რომლის მიხედვით, ენზიმის ფუნქციას განსაზღვრავს ენზიმისა და სუბსტრატის მოლეკულების ფორმები. ორგანიზმში ათასობით ენზიმია და თითოეული სპეციფიკურია, ანუ აკატალიზებს რომელიმე ერთი ტიპის რეაქციას. როდესაც ქვემოთ მოყვანილ ტექსტს წაიკითხავთ, გახსოვდეთ რამდენად მნიშვნელოვანია ენზიმების როლი.

## უჯრედული სუნთქვა

თქვენთვის უკვე ნაცნობია უჯრედული სუნთქვის საბოლოო რეაქცია,



რომლის მიზანი ATP-ის ნარმოქმნაა. გლუკოზა შეიცავს პოტენციურ ენერჯიას და ეს ენერჯია გამოთავისუფლდება, როდესაც ის  $CO_2$ -მდე და  $H_2O$ -მდე იშლება. საჭირო ჟანგბადს სუნთქვის საშუალებით ვიღებთ, გამოთავისუფლებული ნახშირორჟანგი კი ფილტვებამდე ცირკულირება, საიდანაც უნდა მოხდეს მისი ამოსუნთქვა. ნარმოშობილ წყალს მეტაბოლური წყალი ეწოდება და გვეხმარება წყალზე ჩვენი ყოველდღიური მოთხოვნილების დაკმაყოფილებაში. სითბოს სახით ნარმოქმნილი ენერჯია უზრუნველყოფს სხეულის ტემპერატურას და ნარმოქმნილი ATP გამოიყენება ენერჯია-მოხმარებადი რეაქციებისთვის. ATP-ის სინთეზი ნიშნავს, რომ ენერჯია გამოიყენება ფოსფატის თავისუფალი მოლეკულის ADP-თან (ადენოზინ დიფოსფატი) დასაკავშირებლად. ADP და თავისუფალი ფოსფატი უჯრედებში ენერჯია-მოხმარებადი პროცესების შედეგად, ATP-ის დაშლის შედეგად მიიღებიან (იხილეთ, თავი 2, სურათი 2-11).

გლუკოზის დაშლის აქ მოყვანილი პროცესი ასე მარტივი არ არის და მოიცავს რეაქციების რთულ სერიებს, რომელთა დროს ხდება წყალბადის იონების ამოღება და ნახშირბად-ნახშირბად კავშირების განწყვეტა. ეს იწვევს გლუკოზის ენერჯიის თანდათანობით გამოთავისუფლებას, რომლის მნიშვნელოვანი ნაწილის (დაახლოებით, 40 %) გამოყენება შესაძლებელია ATP-ის სინთეზისთვის.

გლუკოზის უჯრედული სუნთქვა მოიცავს სამ მთავარ სტადიას: გლიკოლიზს, კრებსის ლიმონმჟავას ციკლს და ციტოქრომულ (ან ელექტრონულ) სატრანსპორტო სისტემას. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული ეტაპის დანვრელებითი განხილვა ამ ნიგნის მიზანი არაა, ჩვენ შევაჯამებთ, თითოეული სტადიის ყველაზე მნიშვნელოვან ასპექტებს და მერე დავაკავშირებთ ამინომჟავებისა და ცხიმების ენერგიისთვის გამოყენებასთან. ეს მარტივი შეჯამება წარმოდგენილია სურათზე 17-3. საკვების სამი ძირითადი ტიპი და მონელების საბოლოო პროდუქტები ნაჩვენებია სურათის ზედა ნაწილში; ქვემოთ მიმართულ ისრებს უჯრედული რესპირაციის სტადიებამდე მივყავართ.

### გლიკოლიზი

გლიკოლიზის რეაქციისთვის საჭირო ენზიმებს უჯრედების ციტოპლაზმა შეიცავს და ამისთვის ჟანგბადი არ არის საჭირო (გლიკოლიზი ანაერობული პროცესია). ამ ნაწილის წაკითხვასთან ერთად, თვალი გადაავლეთ სურათს 17-3. გლიკოლიზის პროცესში, ექვს-ნახშირბადიანი გლუკოზის მოლეკულა იშლება პიროყურძნის მჟავის, ორ სამ-ნახშირბადიან მოლეკულად. ამ პროცესის დასაწყებად საჭიროა ATP-ის ორი მოლეკულა. მათ მიერ მონოდებულ ენერგიას აქტივაციის ენერგია ეწოდება და აუცილებელია იმისთვის, რომ გლუკოზის მოლეკულა საკმარისად არასტაბილური გახდეს და დაშლა დაიწყოს. ამ რეაქციების შედეგად, გამოიყოფა ენერგია, რაც საკმარისია ATP-ის ოთხი მოლეკულის სინთეზისთვის, წმინდა მოგება ორი ATP-ის მოლეკულა ერთ გლუკოზზე. გლიკოლიზის დროს, NAD-ის გადამზიდველი მოლეკულის მიერ, (შეიცავს ვიტამინი ნიაცინი) ამოიღება ორი წყვილი წყალბადი. NAD-ის ორი მოლეკულა ასე  $2NADH_2$ -ად გადაიქცევა და შეკავშირებული ნახშირბადების წყვილი ციტოქრომის სატრანსპორტო სისტემამდე მიიტანება.

თუ უჯრედი ჟანგბადს არ შეიცავს, რაც შეიძლება მოხდეს კუნთოვან უჯრედებში ფიზიკური ვარჯიშის დროს, პიროყურძნის მჟავა რძემჟავად გარდაიქმნება, რაც კუნთოვან სისუსტეს განაპირობებს. ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში, პიროყურძნის მჟავა შემდეგ საფეხურზე, კრებსის ლიმონმჟავას ციკლში (უფრო მარტივად, კრებსის ციკლში) გადადის.

### კრებსის ლიმონმჟავას ციკლი

კრებსის ციკლის ენზიმები უჯრედების მიტოქონდრიებშია ლოკალიზებული. უჯრედული სუნთქვის ეს მეორე სტადია აერობულია, რაც ნიშნავს, რომ ჟანგბადს საჭიროებს. რეაქციების სერიაში, პიროყურძნის მჟავა იშლება და მისი ნახშირბადები  $CO_2$ -ად გარდაიქმნება. პირველი  $CO_2$ -ის მოლეკულა ამოღებული იქნება ენზიმის მიერ, რომელსაც ვიტამინი თიამინი შეიცავს. ეს ტოვებს ორ-ნახშირბადიან მოლეკულას, რომელსაც აცეტილ ჯგუფი ეწოდება და რომელიც უერთდება მოლეკულას კოენზიმ A-ს, რათა წარმოიქმნას აცეტილ კოენზიმ A (აცეტილ CoA). აცეტილ CoA განაგრძობს კრებსის ციკლში მონაწილეობას და მას  $CO_2$ -ის ფორმით, ნახშირბადის კიდევ ორი მოლეკულა ცილდება; NAD-ისა და FAD-ის (კიდევ ერთი გადამზიდავი მოლეკულა, რომელსაც ვიტამინი რიბოფლავინი შეიცავს) ხდება წყალბადის მეტი წყვილების მიბმა და წარმოიქმნება  $NADH_2$  და  $FADH_2$ , რომლებიც წყალბადებს ციტოქრომის სატრანსპორტო სისტემამდე მიიტანენ.

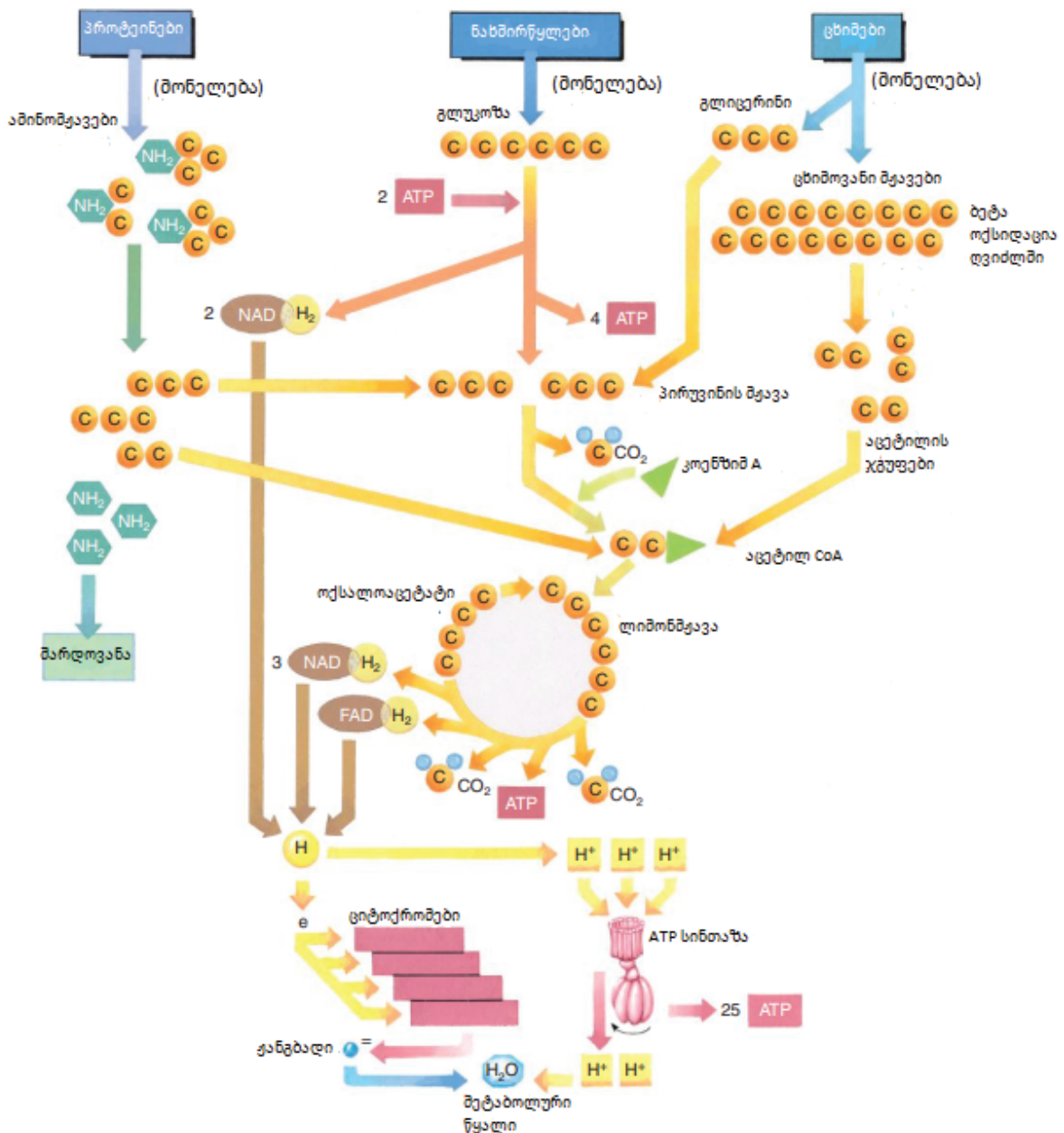
კრებსის ციკლის დროს მცირე ენერგია გამოთავისუფლდება, რაც საკმარისია ATP-ის ერთი მოლეკულის (ორი ერთ გლუკოზზე) სინთეზისთვის. ყურადღება მიაქციეთ, რომ  $CO_2$ -ის წარმოქმნის შემდეგ რეგენერირდება ოთხ-ნახშირბადიანი მოლეკულა (ოქსალოცეტატის მჟავა), რომელიც ურთიერთქმედებაში შედის შემდეგ აცეტილ CoA-სთან, რაც კრებსის ციკლს წამდვილ „მარადიულ“ ციკლად აქცევს. კრებსის ციკლის ეტაპების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 17-3. სანამ გააგრძელებთ, შეიძლება მოგინდეთ ამ ცხრილის გადახედვა, რათა ნახოთ სადამდე მივიდა პროცესი.

### ციტოქრომული (ელექტრონული სატრანსპორტო სისტემა)

ციტოქრომები არის პროტეინები, რომლებიც ან რკინას, ან სპილენძს შეიცავენ და უჯრედის შიდა მემბრანაზე გვხვდებიან. წყალბადის წყვილები, რომლებიც თავიდან გლუკოზის ნაწილები იყვნენ, NAD-ისა და FAD-ის მიერ, ციტოქრომებამდე მიიტანება. თითოეული წყალბადის ატომი შემდეგ წყალბადის პროტონად ( $H^+$  იონი) და ელექტრონად იყოფა.  $H^+$  იონები აკუმულირდებიან და კონცენტრაციულ გრადიენტს ქმნიან. ფერმენტ ATP სინთაზას მეშვეობით, ისინი ნა-

კლები კონცენტრაციის ადგილისკენ მიედინებიან. წარმოიქმნება დიდი ზომის კაშხლის ტურბინები, რომლებიც წყლის გავლისას ტრიალებენ და წარმოქმნიან ელექტრობას. სწორედ ასე,  $H^+$  იონების ნაკადით, „ირთვება“ ATP სინთაზა, რაც საკმარისია ATP-ის 25 მოლეკულის წარმოსაქმნელად. როგორც ხედავთ, ყველზე მეტი ATP უჯრედული სუნთქვის ამ ეტაპზე წარმოიქმნება.

საბოლოოდ და ეს ძალიან მნიშვნელოვანია, ჟანგბადის თითო ატომი, ციტოქრომებისგან ორ ელექტრონს შეიძენს, ურთიერთქმედებს ორ  $H^+$  იონთან და წარმოიქმნება წყალი. მეტაბოლური წყლის წარმოქმნა ხელს უწყობს უჯრედშიდა სითხის ფორმირებას და ენინააღმდეგება აციდოზის განვითარებას.  $H^+$  იონები, რომ აკუმულირდებოდნენ, ისინი ძალიან სწრაფად დააქვეითებდნენ უჯრედის Ph-ს. ეს ასე არ ხდება, რადგან  $H^+$  იონები, წყლის წარმოსაქმნელად, ურთიერთქმედებენ ჟანგბადთან და თავიდანაა აცილებული Ph-ის დაქვეითება.



**სურათი 17-3.** უჯრედული სუნთქვის სქემატური წარმოდგენა. გლუკოზის გარდაქმნა ნაჩვენებია ცენტრში, ამინომჟავები მარცხნივ, ხოლო ცხიმები და გლიცერინი მარჯვნივ.

**შეკითხვა:** ლიზონმწავას ციკლში შესასვლელად, რომელ 2 მოლეკულად შეიძლება გარდაიქმნას სამივე ტიპის საკვები?



ამ სამი ეტაპის შეჯამება, პროცესში ჩართულ ვიტამინებთან და მინერალებთან ერთად, მოყვანილია ცხრილში 17-3. მნიშვნელოვანია დამოკიდებულება ჭამასა და სუნთქვას შორის. ჭამა ჩვენ მნიშვნელოვანი ენერჯის წყაროთი (ძირითადად, გლუკოზით) და აუცილებელი ვიტამინებითა და მინერალებით გვამარაგებს. თუმცა იმისთვის, რომ საკვებიდან ეს ენერჯია გამოთავისუფლდეს, ჩვენ უნდა ვსუნთქავდეთ. სწორედ ამიტომ ვსუნთქავთ. ჩვენს მიერ ჩასუნთქული ჟანგბადი მნიშვნელოვანია, უჯრედული სუნთქვისთვის და წარმოქმნილი CO<sub>2</sub> ამოსუნთქება.

**ცხრილი 17-3| უჯრედული სუნთქვის შეჯამება**

ლოკალიზაცია	პროცესში ჩართული მოლეკულები	შედეგები	საჭირო მინერალები და ფერმენტები
გლიკოლიზი (ციტოპლაზმა)	გლუკოზა - ATP საჭიროა აქტივაციის ენერჯისთვის	2 ATP ( წმინდა მოგება)	ნიაცინი (NAD-ის ნაწილი)
		2 NADH <sub>2</sub> (ციტოქრომის სატრანსპორტო სისტემა)	
		2 პიროყურძნის მჟავა (აერობული: კრებსის ციკლი); ანაერობული: რძემჟავას წარმოქმნა)	
კრებსის ციკლი (მიტოქონდრია)	პიროყურძნის მჟავა - გლუკოზა, ან გლიცერინი, ან ჭარბი ამინომჟავები	CO <sub>2</sub> (ამოსუნთქული)	თიამინი (CO <sub>2</sub> )
	ან	ATP (2 ერთ გლუკოზაზე)	ნიაცინი (NAD-ის ნაწილი)
	აცეტილ CoA - ცხიმოვანი მჟავებიდან, ან ჭარბი ამინომჟავებიდან	3 NADH <sub>2</sub> და 1 FADH <sub>2</sub> (ციტოქრომის სატრანსპორტო სისტემა)	რიბოფლავინი (FAD-ის ნაწილი)
		4 ნახშირბადის მოლეკულა რეგენირდება შემდგომი ციკლისთვის	პანტოთენის მჟავა (CoA-ს ნაწილი)
ციტოქრომი, ან ელექტრონური სატრანსპორტო სისტემა	NADH <sub>2</sub> და FADH <sub>2</sub> გლიკოლიზის ან კრების ციკლიდან	25 ATP	რკინა და სპილენძი (ზოგიერთი ციტოქრომის ნაწილი)
		მეტაბოლური წყალი	

### პროტეინები და ცხიმები, როგორც ენერჯის წყარო

მიუხედავად იმისა, რომ გლუკოზა ენერჯის პირველადი წყაროა, პროტეინები და ცილებიც შეიცავენ პოტენციურ ენერჯიას და ზოგიერთ სიტუაციაში, ენერჯის პოტენციურ წყაროს წარმოადგენენ.

როგორც უკვე იცით, პროტეინები უფრო მცირე მოლეკულებისგან შედგებიან, რომლებსაც **ამინომჟავები** ეწოდებათ და ჩვენს მიერ საკვებისგან მიღებული ამინომჟავების პირველადი გამოყენება, ახალი პროტეინების სინთეზია. ჭარბი ამინომჟავები, რომელთა საჭიროება ცილების სინთეზისთვის, მოცემული მომენტისთვის არ არის, შეიძლება ენერჯის წყაროდ იქნან გამოყენებული. ღვიძლში ჭარბი ამინომჟავები **დეამინირდებიან**, რაც ნიშნავს ამინო ჯგუფის ( $\text{NH}_2$ ) ამოღებას. დარჩენილი ნაწილი გარდაიქმნება მოლეკულად, რომელსაც კრების ციკლში შესვლა შეუძლია. ასე მაგალითად, დეამინირებული ამინომჟავა შეიძლება გარდაიქმნას სამ-წყალბადიან პირუფინის მჟავად, ან ორ-წყალბადიან აცეტილ ჯგუფად. როდესაც ეს მოლეკულები კრების ციკლში შედიან, ისეთივე შედეგები მიიღება, როგორც გლუკოზის შემთხვევაში. ეს გამოსახულია სურათზე 17-3.

ცხიმები, გლიცერინის და ცხიმოვანი მჟავებისგან შედგებიან, რომლებიც მონელების საბოლოო პროდუქტებს წარმოადგენენ. ეს მოლეკულებიც შეიძლება ისე გარდაიქმნან, რომ კრების ციკლში შესვლა შეძლონ (მათი გარდაქმნის პროცესი, ჩვეულებრივ, ღვიძლში ხდება). გლიცერინი სამ-ნახშირბადიანი მოლეკულაა, რომელიც შეიძლება სამ-ნახშირბადიან პიროყურძნის მჟავად გარდაიქმნას, რომელიც კრების ციკლში მონაწილეობს. ბეტა-ოქსიდაციის პროცესით, ცხიმოვანი მჟავების გრძელი ჯაჭვები ორ-ნახშირბადიან აცეტილ ჯგუფებად გარდაიქმნებიან, რომლებიც მოგვიანებით, კრების ციკლში შედიან (იხილეთ, სურათი 17-3).

ორივე, ამინომჟავები და ცხიმოვანი მჟავები ღვიძლში **კეტონებად** შეიძლება გარდაიქმნენ, რომლებიც ორ- ან ოთხ-ნახშირბადიანი მოლეკულებია, როგორებიცაა აცეტონი და აცეტოლმარმჟავა. მიუხედავად იმისა, რომ ორგანიზმს შეუძლია კეტონების უჯრედული სუნთქვისთვის გამოყენება, ეს ნელი პროცესია. მდგომარეობას, როდესაც ცხიმები, ან ამინომჟავები ენერჯის ძირითადი წყარო ხდებიან, **კეტოზი** ეწოდება. ეს აღწერილია სამახსოვროში 17-3: კეტოზი. ჭარბი ამინომჟავები, შეიძლება, გლუკოზადაც გარდაიქმნენ; ეს მნიშვნელოვანია ტვინის მომარაგებისთვის, როდესაც ნახშირწყლების დიეტური მიღება დაბალია. საკვების მეტაბოლიზმზე ჰორმონების ზემოქმედება შეჯამებულია ცხრილში 17-4.

### სამახსოვრო 17-3 | კეტოზი

როდესაც ენერჯის წყაროდ, ცხიმების და ამინომჟავების გამოყენება ხდება, ღვიძლის მიერ, ისინი კეტონებად გარდაიქმნებიან. კეტონები ორგანული მოლეკულებია, როგორც აცეტონი, რომელიც შეიძლება აცეტილ CoA-ად გარდაიქმნეს და კრების ციკლში შევიდეს. სხვა უჯრედებს შეუძლია კეტონების ენერჯის წყაროდ გამოყენება, თუმცა ეს პროცესი ნელია. როდესაც კეტონები მცირე რაოდენობით წარმოიქმნებიან, როგორც ეს, ჩვეულებრივ, საჭმლის მიღებას შორის შუალედებში ხდება, სისხლში მათი დონე მნიშვნელოვნად არ იწვევს.

**კეტოზი** მაშინ დგება, როდესაც ცხიმები და პროტეინები, ენერჯის პირველადი წყარო ხდებიან და კეტონები სისხლში იმაზე სწრაფად აკუმულირდებიან, ვიდრე უჯრედები მათ უტილიზაციას მოასწრებენ. რადგან კეტონები ორგანული მჟავებია, ისინი სისხლის pH-ს აქვეითებენ. როდესაც სისხლში კეტონების დონე აიწვევს, თირკმელები მათ ექსკრეციას ახდენენ. მაგრამ მათ ამავდროულად წყლის, როგორც გამსხნელის გამოყოფაც უნდა მოახდინონ, რაც დეჰიდრატაციასაც იწვევს.

კეტოზი მნიშვნელოვანია ისეთი კლინიკური მდგომარეობების დროს, როგორებიცაა შაქრიანი დიაბეტი, შიმშილობა და კვებითი აშლილობები, მაგალითად, ანორექსია ნევროზა. ცუდად კონტროლირებული დიაბეტი შეიძლება **კეტოაციდოზამდე** პროგრესირდეს. კეტოაციდოზი მეტაბოლური დარღვევის სახეა, რომელიც შეიძლება გამოვლინდეს გონების დაბინდვით, კომით და სიკვდილით. ამ მდგომარეობის გამოსწორება საჭიროებს ენერჯის ნახშირწყლოვან წყაროს და ინსულინის მისი უტილიზაციისთვის.

**ცხრილი 17-4| ჰორმონები, რომლებიც არეგულირებენ მეტაბოლიზმს**

ჰორმონი (ჯირკვალი)	ეფექტი
თიროქსინი (ფარისებრი ჯირკვალი)	ზრდის სამივე ტიპის საკვების (გლუკოზა, ცხიმები, ამინომჟავები) მოხმარებას
	ზრდის პროტეინის სინთეზს
ზრდის ჰორმონი (წინა ჰიპოფიზი)	ზრდის ამინომჟავების ტრანსპორტს უჯრედებში
	ზრდის პროტეინის სინთეზს
	ზრდის ცხიმების მოხმარებას ენერჯისთვის
ინსულინი (პანკრეასი)	ზრდის გლუკოზის ტრანსპორტს უჯრედებში და ენერჯისთვის გამოყენებას
	ზრდის, ღვიძლსა და კუნთებში, გლუკოზის გარდაქმნას გლიკოგენად
	ზრდის ამინომჟავების და ცხიმოვანი მჟავების უჯრედში ტრანსპორტს, სინთეზისთვის გამოსაყენებლად (და არა ენერჯის პროდუქციისთვის)
გლუკაგონი (პანკრეასი)	ზრდის გლიკოგენის გლუკოზად გარდაქმნას
	ზრდის ამინომჟავების და ცხიმოვანი მჟავების მოხმარებას ენერჯისთვის
კორტიზოლი (თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქი)	ზრდის გლუკოზის გლიკოგენად გარდაქმნას ღვიძლში
	ზრდის ამინომჟავების და ცხიმოვანი მჟავების გამოყენებას ენერჯისთვის
	აქვეითებს პროტეინის სინთეზს, გარდა ღვიძლისა და გასტრორინტესტინური ტრაქტისა
ეპინეფრინი (თირკმელზედა ჯირკვლის მედულა)	ზრდის გლიკოგენის გლუკოზად გარდაქმნას
	ზრდის ცხიმების მოხმარებას ენერჯისთვის

**სამი ტიპის საკვებიდან ხელმისაწვდომი ენერჯია**

საკვების პოტენციური ენერჯია იზომება ერთეულებში, რომელსაც **კალორიები**, ან **კილოკალორიები** ეწოდება. კალორია "c" ენერჯის რაოდენობაა, რომელიც 1 გრამი წყლის ტემპერატურას 1°C-ით სწევს. კილოკალორია "C" კალორიაზე 1000-ჯერ მეტია.

1 გრ ნახშირწყალი იძლევა 4 კილოკალორიას. 1 გრამი პროტეინიც იძლევა 4 კილოკალორია. 1 გრამი ცხიმი, კი 9 კილოკალორიას, ხოლო გრამი ალკოჰოლი, 7 კილოკალორიას, სწორედ ამი-



ტომაა, რომ ცხიმებით მდიდარი დიეტა განაპირობებს წონის მომატებას, თუ კალორიები არ დაიხარჯება ენერჯის მოხმარებად აქტივობებში. ერთი და იგივე წონის ცხიმს, მაგალითად, კარტოფილის ჩიფსებისთვის მოხმარებულ 8 გრამს, ამავე წონის შაქრებზე, ორჯერ მეტი კალორია აქვს.

თქვენ ალბათ გსმენიათ ტერმინი „ცარიელი კალორიები“ (ტკბილეულის და გამაგრილებელი სასმელების დასახასიათებლად). ამ შემთხვევაში „ცარიელი“ არ ნიშნავს „ნულს“ ან „არაფერს“. ის მიაჩნება „სარგებლის გარეშე“. გამაგრილებელ სასმელში შემავალი 150 გრ შაქარი, შეიძლება ენერჯის წარმოსაქმნელად იქნას მოხმარებული, მაგრამ შაქარს სხვა გამოყენება არ აქვს, ამიტომ, თუ მისი რაოდენობა ენერჯის საჭიროებაზე მაღალია, იგი ცხიმად გარდაიქმნება და შეინახება.

კალორიების შემცველობა საკვების ეტიკეტზე, საკვების შესახებ ინფორმაციის ნაწილია. ასეთ ეტიკეტებზე კალორია ნიშნავს კილოკალორიას.

## საკვების გამოყენება სინთეზისთვის

ენერჯის პროდუქციის გარდა, სამივე ტიპის საკვები, უჯრედებისა და ქსოვილების საჭირო მასალის სინთეზის, ანუ ანაბოლური რეაქციებისთვისაც გამოიყენება. ეს რეაქციები მარტივად და შეჯამებული სურათზე 17-4. სამივე ტიპის საკვები და მათი მონელების პროდუქტები გამოსახულია სურათის ქვედა ნაწილში და ზევით მიმართული ისრები, მიაჩნებენ წარმოქმნილ პროდუქტებზე. ამ ნაწილის ნაკითხვისას, გადახედეთ სურათს 17-4.

### გლუკოზა

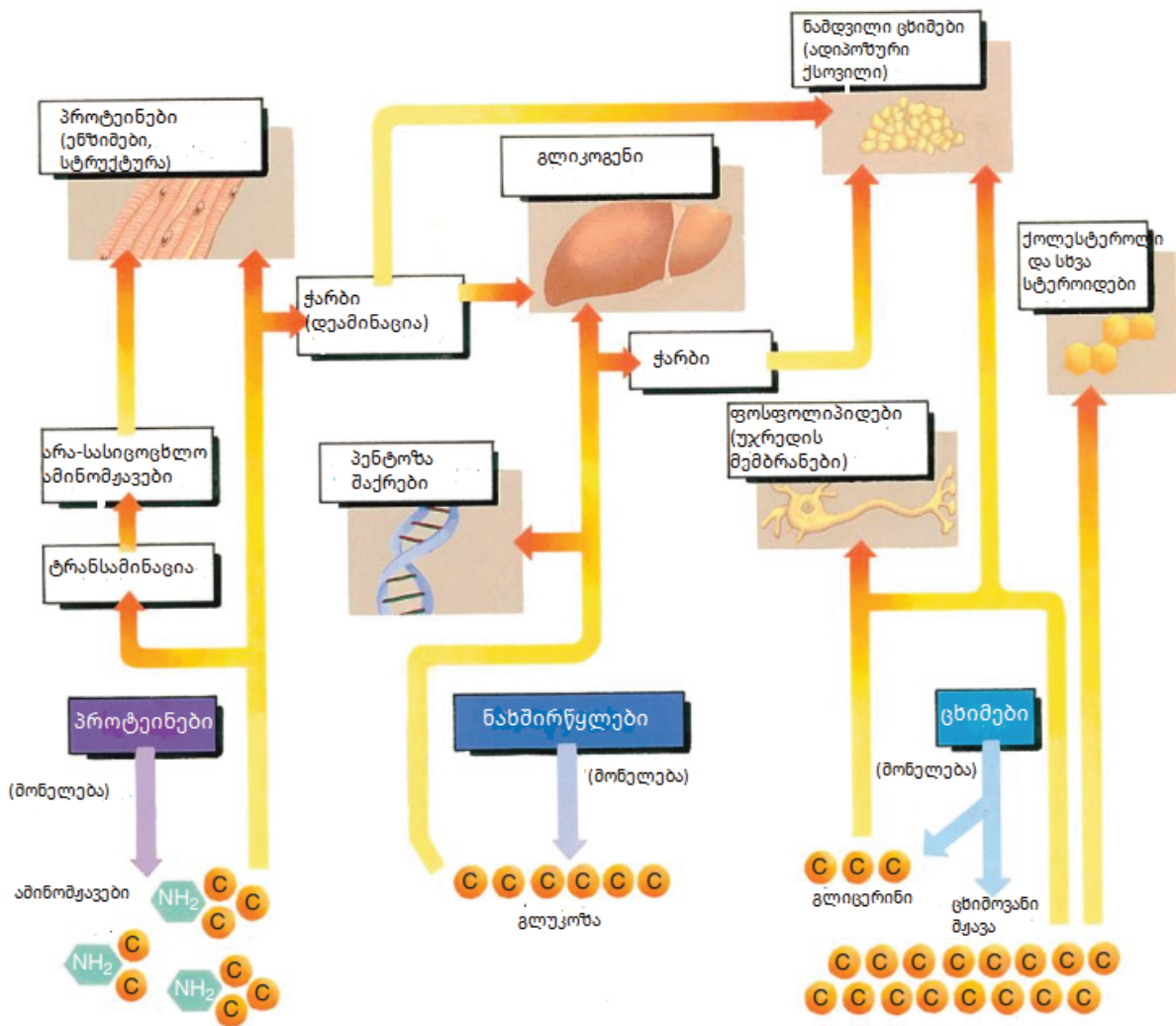
გლუკოზა ნედლი მასალაა, ასეთივე მნიშვნელოვანი მონოსაქარიდების სინთეზისთვის, როგორებიცაა **პენტოზა შაქრები** და ამონომჟავების შემადგენლობაში შედიან. დეოქსირიბოზა ხუთ-ნახშირბადიანი შაქარია და DNA-ს შეიცავს, რიბოზა კი RNA-ის ნაწილია. გლუკოზის ეს ფუნქცია ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან პენტოზა შაქრების გარეშე, ჩვენს უჯრედებს არ ექნებოდა, გაყოფისთვის საჭირო, არც ახალი ქრომოსომების წარმოქმნის უნარი და ვერც პროტეინების სინთეზს ვერ აწარმოებდნენ.

ნებისმიერი რაოდენობის გლუკოზა, რომელიც არ მოიხმარება, როგორც ენერჯის წყარო, ან არ შეიცვლება პენტოზა შაქრებად, ღვიძლსა და ჩონჩხის კუნთებში **გლიკოგენად** გარდაიქმნება. ჰიპოგლიკემიურ მდგომარეობებში, ან ფიზიკური ვარჯიშის დროს, გლიკოგენი ენერჯის წყარო ხდება. თუ გლუკოზის მარაგი კიდევ დარჩება, ის ცხიმად გარდაიქმნება და ადიპოზურ ქსოვილში ინახება.

### ამინომჟავები

როგორც ადრე იყო აღნიშნული, ამინომჟავების პირველადი გამოყენება, ღვიძლში, **არა-სა-სიცოცხლო ამინომჟავების** წარმოქმნა და ყველა ქსოვილში ახალი **პროტეინების** სინთეზია. გამეორების მიზნით, ჩამოვთვალოთ, თქვენთვის უკვე ნაცნობი პროტეინები, როგორებიცაა: კერატინი და მელანინი ეპიდერმისში; კოლაგენი დერმისში, მყესებსა და იოგებში; მიოზინი, აქტინი და მიოგლობინი კუნთების უჯრედებში; ჰემოგლობინი ერითროციტებში; ანტიბიოტიკები ლეიკოციტებში; პროთრომბინი და ფიბრინოგენი შედედებისთვის; ალბუმინი სისხლის მოცულობის შესანარჩუნებლად; პეპსინი და ამილაზა მონელებისთვის; ზრდის ფაქტორი და ინსულინი; და ათასობით ენზიმი, ორგანიზმში მიმდინარე რეაქციების კატალიზისთვის.

საკვებისგან მიღებულ ამინომჟავების გამოყენებით, ჩვენი უჯრედები, ყველა ამ პროტეინს, ორგანიზმისთვის საჭირო რაოდენობით წარმოქმნიან. მხოლოდ ახალი პროტეინებზე მოთხოვნის პროდუქციის დაკმაყოფილების შემთხვევაში, ხდება ამინომჟავების ენერჯის წარმოსაქმნელად გამოყენება. მაგრამ, შეხედეთ სურათს 17-4 და ნახეთ რა მოსდის ზედმეტ ამინომჟავებს: ისინი განიცდიან დეამინაციას, გარდაიქმნებიან მარტივ ნახშირწყლებად და ხელს უწყობენ გლიკოგენის შენახვას, ან შეიძლება ცხიმებად გარდაიქმნან და ადიპოზურ ქსოვილში შექმნან მარაგი.



სურათი 17-4. სინთეზი საკვების პროდუქციისთვის.

**შეკითხვა:** ზედმეტი ამონომჟავები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნახშირწყლების ან ცხიმების სინთეზისთვის. შეიძლება რომელიმე სხვა საკვები იქნას გამოყენებული პროტეინების სინთეზისთვის?

### ცხიმოვანი მჟავები და გლიცერინი

ცხიმების მონელების საბოლოო პროდუქტები, რომელთა მყისიერი საჭიროება ენერჯის წარმოქმნისთვის არ არის, **ადიპოზურ ქსოვილში** ცხიმებად (ტრიგლიცერიდებად) ინახებიან. ადიპოზური ქსოვილის უმეტესობა კანქვეშა განლაგებული და საკვების მიღების შემცირების დროს, ენერჯის პოტენციური წყარო ხდება. როგორც 17-4 სურათზეა ასახული, ინსულინი ხელს უწყობს ცხიმების სინთეზსა და შენახვასაც. წონის მომატების ერთი თეორიის მიხედვით, შაქრისა და სახამებლის მაღალი შემცველობის დიეტა იმდენი ინსულინის პროდუქციის სტიმულაციას ახდენს, რომ ცხიმის მხოლოდ შენახვა შეძლება და ვეღარ ხდება სამარაგე ქსოვილიდან მისი გამოტანა და ენერჯისთვის გამოყენება.

ცხიმოვანი მჟავები და გლიცერინი **ფოსფოლიპიდების** სინთეზისთვისაც გამოიყენება, რომლებიც ყველა უჯრედული მემბრანის მნიშვნელოვანი კომპონენტებია. მიელინი, მაგალითად, შვანის უჯრედების მემბრანების ფოსფოლიპიდია, რომელიც პერიფერიული ნეირონების მიელინურ გარსს ქმნის.

ორგანიზმისთვის საჭირო ცხიმოვანი მჟავების უმეტესობა ღვიძლში სინთეზირდება. ორი გამონაკლისია ლინოლენისა და ლინოლენის მჟავები, რომლებსაც **სასიცოცხლო ცხიმოვანი მჟავებს** უწოდებენ და საკვებისგან უნდა იყვინ მიღებული. ლინოლენის მჟავა ლეციტინის ნაწილია, რომელიც ყველა უჯრედის მემბრანაში შედის. ბოსტნეულის ცხიმები ამ მნიშვნელოვანი ცხიმოვანი მჟავების წყაროა.

ბეტა-ოქსიდაციის პროცესის დროს, ცხიმოვანი მჟავების დაშლის შედეგად მიღებული აცეტილის ჯგუფები, შესაძლოა ქოლესტეროლის, ან სტეროიდების სინთეზისთვისაც იქნას გამოყენებული. ეს, ძირითადად, ღვიძლში ხდება, თუმცა საკუთარი მემბრანისთვის, ყველა უჯრედს აქვს ქოლესტეროლის სინთეზის უნარი. ღვიძლი ქოლესტეროლს ნაღვლის მარილების სინთეზისთვის იყენებს, რომლებიც მონელების დროს, ახდენენ ცხიმების ემულსიფიკაციას. **სტეროიდული ჰორმონებიც** ქოლესტეროლისგან მიიღება. კორტიზოლს და ალდოსტერონს თირკმელზედას ქერქი წარმოქმნის, ესტროგენები და პროჟესტერონი საკვერცხეებში, ხოლო ტესტოსტერონი სათესლეებში წარმოიშობა.

## ვიტამინები და მინერალები

ვიტამინი ორგანული მოლეკულებია, რომლებიც ძალიან მცირე რაოდენობაა საჭირო ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. ზოგიერთი ვიტამინი კონზიმება, ამის გამო ისინი აუცილებელია ზოგიერთი ენზიმის ფუნქციონირებისთვის. სხვები ანტიოქსიდანტებია, მათ შორის C, E და ბეტა-კაროტენი (A ვიტამინის წინამორბედი). ანტიოქსიდანტები გვიცავენ თავისუფალი რადიკალების (მოლეკულები, რომლებიც შეიცავენ შეუწყვილებენ ელექტრონებს და ძალიან რეაქტიულები არიან) დამაზიანებელი მოქმედებისგან. თავისუფალი რადიკალების რეაქციებს შეუძლია DNA-ის, უჯრედების მემბრანების და უჯრედული ორგანელების დაზიანება. თავისუფალი რადიკალები ორგანიზმში მიმდინარე ზოგიერთი ნორმალური პროცესის დროსაც წარმოიქმნებიან, მაგრამ მონევა და დაბინძურების ზემოქმედება, ზრდის მათ პროდუქციას. ანტიოქსიდანტი ვიტამინები მანამდე უკავშირდებიან თავისუფალ რადიკალებს, ვიდრე ისინი უჯრედულ კომპონენტებზე იმოქმედებენ. მცენარეული საკვები ასეთი ვიტამინების კარგი წყაროა. ცხრილში 17-5 შეჯამებულია ჩვენთვის საჭირო ვიტამინების მეტაბოლური და კვებითი ასპექტები.

ვიტამინების ნაკლებობა, ხშირად, დაავადებების გამომწვევია, მაგალითად C ვიტამინის ნაკლებობა და სურავანდი (იხილეთ, თავი 4, სამახსოვრო 4-2). ათწლეულების განმავლობაში ცნობილი სხვა ვიტამინოდეფიციტური დაავადებებია: პელაგრა (ნიაცინის ნაკლებობა), ბერი-ბერი (რიბოფლავინი), პერნიციოზული ანემია (B12) და რაქიტი (D). უფრო მოგვიანებით დადგინდა ფოლუმის მჟავის (ფოლაციინის) მნიშვნელობა ნაყოფის ნერვული სისტემის ჩამოყალიბებისთვის. ორსულობის პერიოდში ფოლის მჟავის ადეკვატური რაოდენობით მიღებას შეუძლია მნიშვნელოვნად შეამციროს, ნაყოფში სპინა ფიზიდასა (ღია ხერხემლის სვეტი) და ანენცეფალიის (ტვინის არარსებობა, ყოველთვის ფატალური), განვითარების რისკი.

### ცხრილი 17-5| ვიტამინები

ვიტამინი	ფუნქციები	საკვები წყარო	კომენტარი
<b>წყალში ხსნადი</b>			
თიამინი (B1)	პიროყურძნის მჟავის გარდაქმნა აცეტილ CoA-ად, უჯრედული სუნთქვის დროს	ხორცი, კვერცხი, პარკოსნები, მწვანე ფოთლოვანი ბოსტნეული, მარცვლეული	სრაფად ნადგურდება სიცხით
	პენტოზა შაქრების სინთეზი		
	აცეტილქოლინის სინთეზი		
რიბოფლავინი (B2)	FAD-ის ნაწილი ქსოვილოვანი სუნთქვის დროს	ხორცი, რძე, ყველი, მარცვლეული	მცირე ნაწილი პროდუცირდება გასტროინტესტინური ბაქტერიებით



ნიაცინი (ნიკოტი- ნამიდი)	<b>NAD</b> -ის ნაწილი ქსოვილოვან სუნთქვის დროს	ხორცი, თევზი, მარცვლეული, კვერცხი, პარკოს- ნები	შეიძლება სინთე- ზირდეს ამინომჟავა ტრიპტოფანისგან
	ცხიმების მეტაბოლიზმი ენე- რჯიისთვის		
პირიდოქსინი (B6)	ამინომჟავების მეტაბოლიზ- მისა და პროტეინის სინთე- ზისთვის, ნუკლეინის მჟავის სინთეზისთვის, ანტისხეულე- ბის სინთეზისთვის საჭირო ენზიმების ნაწილი	ხორცი, თევზი, მარცვლეული, საფუარი, იოგუ- რტი	მცირე ნაწილი პრო- დუცირდება გასტ- როინტესტინური ბაქტერიებით
<b>B12</b> ციანკობა- ლამინი	<b>DNA</b> სინთეზი, განსაკურე- ბით, ერთროციტების პრო- დუქციისთვის	ღვიძლი, ხორცი, თევზი, კვერცხი, რძე, ყველი	შეიცავს კობალტს; აბსორბციისთვის აუცილებელია პარი- ეტული უჯრედების შინაგანი ფაქტორი
	ამინომჟავების მეტაბოლიზ- მი ენერჯიისთვის		
	მიელინის გარსის სინთეზი, განსაკუთრებით ცნს-ში		
ბიოტინი	ნუკლეინის მჟავის სინთეზი	საფუარი, ღვი- ძლი, კვერცხი	მცირე ნაწილი პრო- დუცირდება გასტ- როინტესტინური ბაქტერიებით
	ცხიმოვანი მჟავების და ამი- ნომჟავების სინთეზი		
ფოლიუმის მჟავა (ფოლაციინი)	<b>DNA</b> სინთეზი, განსაკუთ- რებით, ერთროციტების პროდუქციისთვის	ღვიძლი, მარცვ- ლეული, პარკოსნები, ფოთლოვანი მწვანე ბოსტნე- ული	მცირე ნაწილი პრო- დუცირდება გასტ- როინტესტინური ბაქტერიებით
	ხელს უწყობს ნაყოფის ცენ- ტრალური ნერვული სისტე- მის განვითარებას		
პანტოთენის მჟავა	კოენზიმ <b>A</b> -ს ნაწილი ქსოვი- ლოვან სუნთქვაში, იყენებს ამინომჟავებს და ცხიმებს ენერჯიისთვის	ხორცი, თევზი, მარცვლეული, პარკოსნები, ბოსტნეული	მცირე ნაწილი პრო- დუცირდება გასტ- როინტესტინური ბაქტერიებით

ვიტამინი C (ასკორბინის მჟავა)	კოლაგენის სინთეზი, განსაკუთრებით, ქრილობის შეხორცებისთვის	ციტრუსები, პომიდორი, კარტოფილი	სრაფად ნადგურდება სიცხით
	ამინომჟავების მეტაბოლიზმი		
	რკინის აბსორბცია		
	ანტიოქსიდანტი - ხელს უშლის თავისუფალი რადიკალების მიერ უჯრედის დაზიანებას		
ცხიმში ხსნადი			
ვიტამინი A	როდოპსინის სინთეზი	ყვითელი და მწვანე ბოსტნეული, ღვიძლი, რძე, კვერცხი	ინახება ღვიძლში; შენოვისთვის საჭიროა ნალვლის მარილები
	ძვლების მზარდი კალციფიკაცია		
	ეპითელური ქსოვილის შენარჩუნება		
ვიტამინი D	წვრილ ნაწლავში კალციუმის და ფოსფორის აბსორბცია	ნედლი რძე, კვერცხის გული, თევზის ღვიძლი ზეთი	წარმოიქმნება კანში ულტრაისფერი სხივების ზემოქმედების შედეგად; ინახება ღვიძლში; შენოვისთვის საჭიროა ნალვლის მარილები
	ხელს უწყობს იმუნურ პასუხებს, ინსულინის მოქმედებას და კუნთოვანი მასის და ძალის შენახვას		
ვიტამინი E	ანტიოქსიდანტი - ხელს უშლის უჯრედის მემბრანების დაზიანებას	თხილი, გაღვივებული ხორბალი, მზესიმზურის ზეთები	ინახება ღვიძლსა და ადიპოზურ ქსოვილში; შენოვისთვის საჭიროა ნალვლის მარილები
	ხელს უწყობს ქრილობის შეხორცებას და ღვიძლის დეტოქსიფიკაციურ მოქმედებას		
ვიტამინი K	პროთრომბინის და სხვა შემადგენელი ფაქტორების სინთეზი	ღვიძლი, ისპანახი, კომბოსტო	პროდუცირდება გასტროინტესტინური ბაქტერიებით; შენოვისთვის საჭიროა ნალვლის მარილები

**მინერალები** მარტივი არაორგანული ნივთიერებებია, რომელთა შესახებ თქვენ უკვე შეიძლება მეორე თავში ე.წ. მცირე რაოდენობის ნივთიერებების განხილვისას. ცხრილში 17-6 მოყვანილია მინერალების ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ასპექტი. თქვენ ნახავთ, რომ ზოგიერთი ფუნქცია სტრუქტურულია, მაგალითად კალციუმი ჩონჩხის მატრიქსისთვის, ან ქლორი, როგორც მარილმჟავას შემადგენელი; ზოგიერთი ფუნქცია პროცესების ნაწილია, მაგალითად კალციუმი სისხლის შედედებისთვის, ან ქლორი ოსმოსურობისთვის. მე-19 თავში, მჟავა-ტუტოვანი ბანალანსის განხილვის დროს, ჩვენ მივუბრუნდებით მინერალებს.

**ცხრილი 17-6 | მინერალები**

მინერალი	ფუნქციები	საკვები წყარო	კომენტარი
კალციუმი	კბილების და ძვლების ფორმირება	რძე, ყველი, იოგურტი, მოლუსკები, ფოთლოვანი მწვანე ბოსტნეული	აბსორბციისთვის საჭიროა ვიტამინი D; ინახება ძვლებში
	ნეირონების და კუნთების ფუნქციონირება		
	სისხლის შედედება		
ფოსფორი	კბილების და ძვლების ფორმირება	რძე, ყველი, თევზი, ხორცი	აბსორბციისთვის საჭიროა ვიტამინი D; ინახება ძვლებში
	DNA, RNA, ATP-ის და ფოსფოლიპიდების ნაწილი		
	ფოსფატის ბუფერული სისტემის ნაწილი		
ნატრიუმი	ხელს უწყობს ქსოვილოვან სითხეში ოსმოსური წნევის შენარჩუნებას	სუფრის მარილი, თითქმის ყველა საკვები	ყველაზე ჭარბი კათიონი (+) ექსტრაცელულარულ სივრცეში
	ნერვული იმპულსების გადაცემა და კუნთების შეკუმშვა		
	ბიკარბონატის ბუფერული სისტემის ნაწილი		
კალიუმი	ხელს უწყობს ქსოვილოვან სითხეში ოსმოსური წნევის შენარჩუნებას	ყველა საკვები	ყველაზე ჭარბი კათიონი (+) ინტრაცელულარულ სივრცეში
	ნერვული იმპულსების გადაცემა და კუნთების შეკუმშვა		
ქლორი	ხელს უწყობს ქსოვილოვან სითხეში ოსმოსური წნევის შენარჩუნებას	სუფრის მარილი	
	მარილმჟავას ნაწილი კუჭის წვენში		ყველაზე ჭარბი ანიონი (-) ექსტრაცელულარულ სივრცეში



რკინა	ჰემოგლობინის და მიოგლობინის ნაწილი	ხორცი, მოლუსკები, გარგრის ჩირი, პარკოსნები, კვერცხი	ინახება ღვიძლში
	ზოგიერთი ციტოქრომის ნაწილი, უჯრედულ სუნთქვის პროცესში		
იოდი	თიროქსინის და T3-ის ნაწილი	იოდიზირებული მარილი, ზღვის პროდუქტები	კრიტიკულია ბავშვების გონებრივი განვითარებისთვის
გოგირდი	ზოგიერთი ამინომჟავას ნაწილი	ხორცი, კვერცხი	ინსულინი და კერატინი საჭიროებენ გოგირდს
	თიამინის და ბიოტინის ნაწილი		
მაგნიუმი	ძვლის ფორმირება	მწვანე ბოსტნეული, პარკოსნები, ზღვის პროდუქტები, რძე	ქლოროფილის ნაწილი მწვანე მცენარეებში
	ATP-ADP მეტაბოლიზმი		
მანგანუმი	შარდოვანას წარმოქმნა	პარკოსნები, მარცვლეული, თხილი, ფოთლოვანი მწვანე ბოსტნეული	ნაწილი ინახება ღვიძლში
	ცხიმოვანი მჟავების და ქოლესტეროლის სინთეზი		
სპილენძი	ჰემოგლობინის სინთეზი	ღვიძლი, ზღვის პროდუქტები, მარცვლეული, თხილი, პარკოსნები	ინახება ღვიძლში
	ზოგიერთი ციტოქრომის ნაწილი უჯრედულ სუნთქვის პროცესში		
	მელანინის სინთეზი		
კობალტი	B12 ვიტამინის ნაწილი	ღვიძლი, ხორცი, თევზი	ინახება ღვიძლში
თუთია	კარბონჰიდრატის ნაწილი, რაც საჭიროა CO2-ის ტრანსპორტისთვის	ხორცი, ზღვის პროდუქტები, მარცვლეული, პარკოსნები	ჭარბი რაოდენობა ხელს უშლის სპილენძის მეტაბოლიზმს და შეიძლება გამოიწვიოს ცნოსვის დაქვეითება

	პეპტიდაზას ნაწილი, რომელიც საჭიროა პროტეინის მონელებისთვის		
	აუცილებელია გემოს ნორმალური შეგრძნებისთვის		
	ჩართულია ქრილობის მოშუშებაში		

## მეტაბოლიზმის სიჩქარე

### სამახსოვრო 17-4 | მეტაბოლიზმის სიჩქარე

ბაზალური მეტაბოლური სიჩქარის (BMR) დასადგენად, უნდა გამოითვალოს 1 საათში მოხმარებული კილოკალორიების (კკალ) რაოდენობა, ქვემოთ მოყვანილი მეთოდით:

ქალებისთვის:  $0.9 \text{ კკალ/სთ} \times \text{სხეული კილოგრამ (კგ) წონაზე}$

მამაკაცებისთვის:  $1.0 \text{ კკალ/სთ} \times \text{სხეულის კილოგრამ (კგ) წონაზე}$

მიღებული მაჩვენებელი უნდა გამრავლდეს 24 საათზე, დღიური კილოკალორიების გამოსათვლელად

მაგალითი: **55 კგ-იანი ქალი:**

$$\text{BMR} = 55 \text{ კგ} \times 0.9 \text{ კკალ/სთ} = 49.5 \text{ კკალ/სთ}$$

$$\text{კკალ } 24 \text{ სთ-ში} = 49.5 \text{ კკალ/სთ} \times 24 \text{ სთ} = 1200 \text{ კკალ/დღეში}$$

მაგალითი: **73 კგ-იანი მამაკაცი:**

$$\text{BMR} = 73 \text{ კგ} \times 1.0 \text{ კკალ/სთ} = 73 \text{ კკალ/სთ}$$

$$\text{კკალ } 24 \text{ სთ-ში} = 73 \text{ კკალ/სთ} \times 24 \text{ სთ} = 1752 \text{ კკალ/დღეში}$$

მომხმარებელი ენერჯის დღიური (24 სთ-ში) საშუალოს გამოსათვლელად, შეიძლება შემდეგი პროცენტული მაჩვენებელი გამოვიყენოთ:

ჯდომითი ცხოვრების წესი: BMR-ს უნდა დაემატოს არსებული BMR-ის 40-50 %

მსუბუქი აქტივობა: BMR-ს უნდა დაემატოს არსებული BMR-ის 50-65 %

ზომიერი აქტივობა: BMR-ს უნდა დაემატოს არსებული BMR-ის 65-75 %

ინტენსიური აქტივობა: BMR-ს უნდა დაემატოს არსებული BMR-ის 75-100 %

თუ ამ ფორმულას 55 კგ-იანი ქალისთვის გამოვიყენებთ, რომლის BMR 1200 კკალ/დღეში:

ჯდომითი ცხოვრების წესი: 1680-1800 კკალ/დღეში

მსუბუქი აქტივობა: 1800-1980 კკალ/დღეში

ზომიერი აქტივობა 1980-2100 კკალ/დღეში

ინტენსიური აქტივობა: 2100-2400 კკალ/დღეში

მიუხედავად იმისა, რომ ტერმინი **მეტაბოლიზმი** იხმარება ორგანიზმში მიმდინარე ყველა პროცესის აღსაწერად, **მეტაბოლიზმის სიჩქარე**, ჩვეულებრივ, სითბოს წარმოქმნის რაოდენობას ასახავს. ეს იმიტომ, რომ ორგანიზმში მიმდინარე ბევრი პროცესი, რომელიც ATP-ის უტილიზაციას ახდენს, სითბოსაც წარმოშობს. ეს პროცესები მოიცავს კუნთების შეკუმშვას, გულის მიერ სისხლის გადატუმბვას და უჯრედული კომპონენტების ნორმალურ დაყოფას. ამის გამო, შესაძლებელია, რომ სითბოს პროდუქცია მეტაბოლური აქტივობის საზომად გამოვიყენოთ. როგორც ადრე იყო აღნიშნული, საკვებისგან გამოთავისუფლებული ენერჯია კილოკალორიებში

(კვალ) იზომება. კილოკალორიები, ასევე, გამოიყენება სხეულის მიერ დახარჯული ენერჯის გასაზომად. ასე მაგალითად, 68 კგ-იანი ადამიანი, ძილის დროს, დაახლოებით, 60-70 კვალ-იას ხარჯავს. ლოგინიდან ადგომა და საუზმის მომზადება ენერჯის დანახარჯს 80-90 კვალ-მდე ზრდის. დედისთვის, რამდენიმე მცირეწლოვანი ბავშვით, ეს დანახარჯი, შეიძლება, მნიშვნელოვნად მეტი იყოს. ცხადია, მეტი აქტივობა, ენერჯის მეტ დანახარჯს განაპირობებს.

პასიური არსებობისთვის საჭირო ენერჯიას (ლოგინში წყნარად წოლა) **მეტაბოლიზმის ბაზალური სიჩქარე (BMR)** ეწოდება. იხილეთ, სამახსოვრო 17-4: მეტაბოლიზმის სიჩქარე, თქვენი მეტაბოლური სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულის სანახავად. აქტიური ადამიანის მეტაბოლიზმის სიჩქარეზე რამდენიმე ფაქტორი ახდენს გავლენას:

### სამახსოვრო 17-5 | წონაში დაკლება

წინაში დაკლება ემყარება ერთ მარტივ ფაქტს: აქტივობის დროს დახარჯული კალორიების რაოდენობა, ჭამის დროს მიღებული საკვების კალორიების რაოდენობაზე მეტი უნდა იყოს. (ტერმინი **კალორია** აქ გამოყენებულ იქნება, როგორც კილოკალორია).

სხეულის ცხიმის 0.45 კგ-ის დასაკლებად, რომელსაც შეიცავს ცხიმს, წყალს და პროტეინს, უნდა დაიხაროს 3500 კალორია. მიუხედავად იმისა, რომ ნებისმიერი ტიპის აქტივობა ინვესტს კალორიების დახარჯვას, რაც ინტენსიურია ვარჯიში, მით მეტია კალორიების დანახარჯი. ზოგიერთი მაგალითი მოყვანილია ცხრილში:

შეფუთული საკვების უმეტესობა შეიცავს ინფორმაციას საკვების კვებითი ღირებულების, მათ შორის, თითოეული პორციის კალორიაჟის შესახებ. მიღებული კალორიების რაოდენობის გაკონტროლება, წონაში დაკლების მცდელობის, მნიშვნელოვანი ნაწილია. მნიშვნელოვანია, ასევე, გვახსოვდეს, რომ ცხიმის მდგრადი დაკლება, კვირაში 0.45-0.9 კგ-ს არ აღემატება. ნაწილობრივ, ამის მიზეზი ისაა, რომ კალორიების მიღების შემცირება, ინვესტს მეტაბოლიზმის სიჩქარის დაქვეითებას. ვარჯიში ძალიან მნიშვნელოვანია.

წონაში დასაკლები გონივრული დიეტა უნდა შეიცავდეს ნახშირწყლებს ენერჯეტიკული მიზნებისთვის, საკმარისს პროტეინს (40-45 გრამი დღეში) და ცხოველური ცხიმების მცირე რაოდენობას. დიეტა, ასევე, უნდა შეიცავდეს ბოსტნეულს და ხილს ვიტამინების, მინერალებისა და ბოჭკოს მოსამარაგებლად.

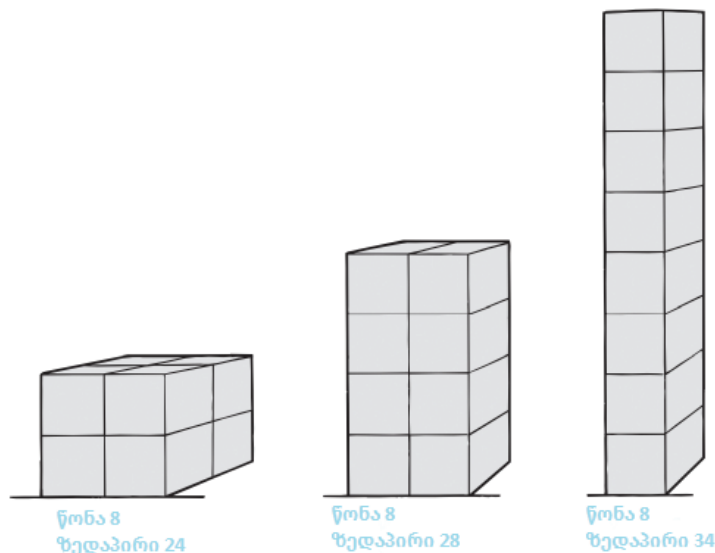
აქტივობა	კალორიების საშუალო რაოდენობა ყოველ 10 წთ-ში
ჩქარი სიარული	45
კიბეებზე ასვლა	170
ნელი ცეკვა	40
ჩქარი ცეკვა	65
სირბილი (8 მწმ)	120
ველისიპედით სიარული (10 მწმ)	70
ველისიპედით სიარული (15 მწმ)	115
ცურვა	100

1. ვარჯიში - ჩონჩხის კუნთების შეკუმშვა ზრდის ენერჯის ხარჯვას (იხილეთ, სამახსოვრო 17-5: წონაში დაკლება).
2. ასაკი: მეტაბოლიზმის სიჩქარე ყველაზე მაღალია ბავშვებში და ასაკის მატებასთან ერთად, მცირდება. ზრდისთვის საჭირო ენერჯის მოთხოვნები და სითბოს უფრო ინტენ-



სიური დაკარგვა ყველაზე მაღალია მცირენლოვან ბავშვებში. ზრდის შეწყვეტის შემდეგ, მეტაბოლიზმის სიჩქარე, ყოველ 10 წელიწადში, 2 %-ით იკლებს. თუ ადამიანი ნაკლებად აქტიური ხდება, მეტაბოლიზმის სიჩქარის დაქვეითება, ყოველ ათწლეულში, 5 %-ით იკლებს.

- სხეულის ფორმა მოზრდილებში - მაღალ ადამიანებს, იმავე წონის, დაბლებთან შედარებით, უფრო მაღალი მეტაბოლიზმის სიჩქარე აქვთ. ეს იმიტომ ხდება, რომ მაღალ, გამხდარ ადამიანს უფრო მეტი ზედაპირული ფართობი აქვს (წონის პროპორციულად), საიდანაც სითბო მუდმივად იკარგება. ამის საკომპენსაციოდ, მათი მეტაბოლიზმის სიჩქარე უფრო მაღალია. წონა-ზედაპირის ფართობის შეფარდებები სხეულის სხვადასხვა კონფიგურაციისთვის, მოცემულია სურათზე 17-5.



**სურათი 17-5.** წონის-ზედაპირის ფართობის შეფარდება.

წარმოიდგინეთ, რომ სამივე ფორმა ერთი და იმავე წონის ადამიანია. მარჯვენა, თხელ ადამიანს მარჯვნივ, მარცხენა დაბალ-სქელ ადამიანთან შედარებით 50 %-ით მეტი ზედაპირული ფართობი აქვს. რაც მეტია ზედაპირის ფართობი (საიდანაც სითბო იკარგება), მით მეტია მეტაბოლიზმის სიჩქარე.

**შეკითხვა:** რომელი შეფარდება შეეფერება ჩვილს? (წონის მაგივრად, იფიქრეთ, შიდა-გარე პროპორციაზე).

- სასქესო ჰორმონები - ესტროგენთან შედარებით, ტესტოსტერონი მეტად ზრდის მეტაბოლურ აქტივობას, რის გამოც მამაკაცების მეტაბოლიზმის სიჩქარე, ქალებზე მაღალია. მამაკაცებს, ასევე, მეტი კუნთოვანი მასა (აქტიური ქსოვილი) აქვთ, ქალებს კი მეტი ცხიმი (არააქტიური ქსოვილი).
- სიმპათიკური სტიმულაცია - სტრესულ სიტუაციებში, სხეულის უჯრედების მეტაბოლიზმის სიჩქარე იზრდება. ამას, ასევე, ხელს უწყობენ ჰორმონები ეპინეფრინი და ნორეპინეფრინი.
- საკვების მიღების შემცირება - თუ საკვების მიღება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში შემცირდება, მეტაბოლიზმის სიჩქარეც შემცირდება. მეტაბოლიზმის „შენელების“ მიზანი, ჯერ კიდევ ხელმისაწვდომი, ენერჯის წყაროების შენარჩუნებაა (იხილეთ, სამახსოვრო 17-6: ლეპტინი და სხეულის მასის ინდექსი).
- კლიმატი - ცივ კლიმატში მაცხოვრებლებს 10-20 %-ით უფრო მაღალი მეტაბოლიზმის სიჩქარე აქვთ, ვიდრე ტროპიკულ რეგიონებში მცხოვრებლებს. ითვლება, რომ ამის მიზეზის თიროქსინის სეკრეციის თავისებურებაა, ჰორმონის, რომელიც ყველაზე მეტად მოქმედებს მეტაბოლიზმის სიჩქარეზე. ცივ კლიმატში, სითბოს უფრო მეტი რაოდენობით წარმოქმნის საჭიროება, განაპირობებს თიროქსინის სეკრეციის გაზრდას და მეტაბოლიზმის მაღალ სიჩქარეს.

## სამახსოვრო 17-6 | ლეპტინი და სხეულის მასის ინდექსი (BMI)

**ლეპტინი** სხეულის ცხიმოვანი უჯრედების მიერ წარმოქმნილი პეპტიდია - ჰორმონი, რომელიც ახდენს ჰიპოთალამუსის ინფორმირებას, რათა მოხდეს მადის დათრგუნვა. ის აცნობებს თავის ტვინს, რამდენი ცხიმი ინახება ორგანიზმში და ჩართულია სხეულის წონის რეგულაციაში (სხვა მრავალ ნივთიერებასთან ერთად, რომელთაგან ზოგი ჯერ კიდევ ცნობილი არ არის).

ლეპტინი, ასევე, ხელს უწყობს სექსუალური მომნიშვნელობის დადგომას, განსაკუთრებით, გოგონებში. მცირე წონიან, გამხდარ გოგონებს, მცირე ცხიმის შემცველობით, ნორმალური წონის გოგონებთან შედარებით, მენსტრუაცია უფრო გვიან ეწყებათ. სხეულის ცხიმის გარკვეული რაოდენობა აუცილებელია რეგულარული მენსტრუალური ციკლის შესანარჩუნებლად. ლეპტინი ამ პროცესის ქიმიური მედიატორია.

ლეპტინი, ოსტეობლასტების მიერ პროდუცირებულ ოსტეციკლინთან ერთად, აქვეითებს უჯრედებში ცხიმის დაგროვებას (და მას ენერგიად გამოიყენებს) და აუმჯობესებს ინსულინის წარმოქმნილი პანკრეასის უჯრედიების ეფექტიანობას.

სიმსუქნის შეფასების ერთ-ერთი საზომი **სხეულის მასის ინდექსია**, რომელიც კილოგრამისა და სანტიმეტრისთვის, შემდეგნაირად გამოითვლება: სხეულის მასის ინდექსი (BMI) = სხეულის წონა/სიმაღლე/სიმაღლე X 10 000

მაგალითი: ადამიანის, რომლის სიმაღლე 168"-სმ-ია, წონა კი 59 კგ, BMI იქნება:

$$59/168/168 \times 1000=20.90$$

ოპტიმალური სხეული მასის ინდექსი 21-ია. 25-ზე მეტი, უკვე ჭარბ წონად ითვლება

## დაბერება და მეტაბოლიზმი

როგორც წინა სექციაში იყო აღნიშნული, ასაკის მატებასთან ერთად, მეტაბოლიზმის სიჩქარე ქვეითდება. მიუხედავად ამისა, აქტიური ხანდაზმული ადამიანები ინარჩუნებენ, მათი მოთხოვნილებების დამაკმაყოფილებელი ენერგიის პროდუქციის უნარს (თუ ჯანმრთელობის ზოგადი მდგომარეობა კარგია). ზოგ ხანდაზმულს აღენიშნება ფიზიკური და ემოციური დაუძლურება, თუმცა ამის მიზეზი შეიძლება არასრულყოფილი კვება იყოს. ჯანდაცვის მუშაკმა უნდა გამოიკვლიოს ეს რისკი - შეეკითხოს პაციენტს რამდენჯერ იკვებება დღეში, როგორია მადი - კარგი, საშუალო თუ ცუდი და როგორი გემო აქვს საკვებს. ამ მარტივი შეკითხვებით, შეიძლება უზრუნველყოთ ხანდაზმულების ადეკვატური კვება.

გარემოს ტემპერატურის მიმართ მგრძობიანობა, ასაკთან ერთად, შეიძლება დაქვეითდეს და სხეულის ტემპერატურის რეგულაციაც ძალიან ზუსტი აღარაა. საოფლე ჯირკვლები აღარ არიან უწინდებურად აქტიურები და გარემოს მაღალი ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედება, ხანდაზმულებისთვის, სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. 2003 წელს, ევროპაში, უჩვეულოდ ხანგრძლივი და მაღალი ტემპერატურები, სულ მცირე, 25000 ადამიანის სიკვდილის მიზეზი გახდა, რომელთა უმრავლესობა, ხანდაზმულები იყვნენ.

## შეჯამება

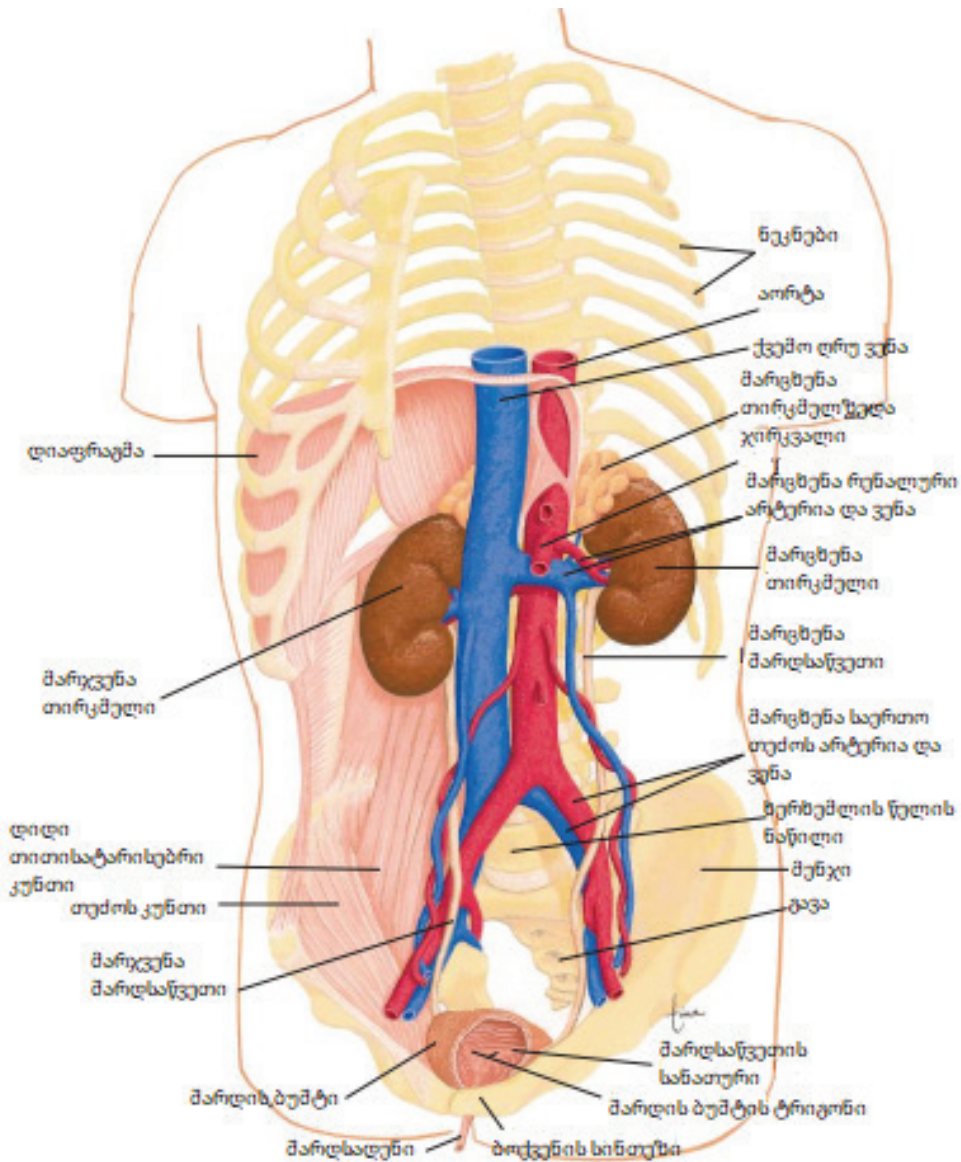
საკვები საჭიროა ახალი უჯრედებისა და ქსოვილების სინთეზისა და ამ სინთეზის განმარტოვებული რეაქციებისათვის, საჭირო ენერგიისთვის. მეტაბოლიზმის შედეგად წარმოქმნილი სითბოს ენერგია, უზრუნველყოფს სხეულის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას და მეტაბოლური აქტივობების გაგრძელებას. ამ თავში აღწერილი მეტაბოლური აქტივობები, სხეულის სრული მეტაბოლიზმის მცირე ნაწილია. თუმცა ეს მარტივი პრეზენტაცია კი გვიჩვენებს ადამიანის ფუნქციონირების უდიდეს ქიმიურ სირთულეს.

# თავი 18

## საშარდე სისტემა

ორგანოს პირველი წარმატებული ტრანსპლანტაცია, 1953 წელს შესრულებული თირკმლის გადანერგვა იყო. რადგან დონორი და რეციპიენტი ერთუჯრედიანი ტყუპები იყვნენ, რეციპიენტის მიერ გადანერგილი ორგანოს მოცილება, პრობლემას არ წარმოადგენდა. ამის შემდეგ თირკმლის ტრანსპლანტაციის ათასობით ოპერაციაა ჩატარებული და უფრო ეფექტური იმუნო-სუპრესიული მედიკამენტების გამოგონებამ, უამრავ ადამიანს მისცა, გადანერგილი თირკმელე-ბით, ნორმალური ცხოვრების საშუალება. მიუხედავად იმისა, რომ ადამიანს, ჩვეულებრივ, ორი თირკმელი აქვს, ერთი თირკმელი სრულიად საკმარისია ქსოვილოვანი სითხეების ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებელი რთული პროცესების სანარმოებლად.

ურინარული სისტემა ორ თირკმელს, ორ შარდსანვეთს, შარდის ბუშტსა და შარდსადენს მოიცავს (იხილეთ, სურათი 18-1). შარდის ფორმირება თირკმელების ფუნქციაა, ხოლო დანარჩენი ორგანოები პასუხისმგებელი არიან შარდის ელიმინაციაზე.



სურათი 18-1. საშარდე სისტემა წინა ხედიდან

შეკითხვა: რატომაა სისხლის წნევა თირკმელებში შედარებით მაღალი?



სხეულის უჯრედები წარმოქმნიან ნარჩენ პროდუქტებს, როგორებიცაა შარდოვანა, კრეატინინი და ამიაკი, რომელთა ელიმინაცია მანამდე უნდა მოხდეს, სანამ ისინი ტოქსიკური რაოდენობით დაგროვდებიან. ჩვენს მიერ მიღებული საკვები და მედიკამენტებიც მეტაბოლიზდებიან და შეიძლება ისეთი ნივთიერებები წარმოქმნიან, რომლებიც ორგანიზმისთვის უსარგებლო და შესაძლოა, დამაზიანებლებიც აღმოჩნდეს. რადგან, თირკმელები, ნარჩენი პროდუქტების მოსაცილებლად, შარდს გამოყოფენ, მათ სხვა მრავალი მნიშვნელოვანი ფუნქციაც აქვთ:

1. სისხლის მოცულობის რეგულაცია წყლის გამოყოფით, ან შეკავებით.
2. სისხლის ელექტროლიტების შემცველობის რეგულაცია მინერალების გამოყოფით, ან შეკავებით.
3. სისხლის მჟავა-ტუტოვანი ბალანსის შენარჩუნება იონების, როგორებიცაა  $H^+$  და  $HCO_3^-$ , გამოყოფით, ან შეკავებით.
4. ყველა ზემოთ აღნიშნულის რეგულაცია ქსოვილოვან სითხეებში.

ექსტრაცელულარული სითხეებიდან იმ ნივთიერების ამოღებით, რომლებიც უარყოფით გავლენას მოახდენენ მათ ნორმალურ შემადგენლობასა და ბალანსზე, შარდის წარმოქმნის პროცესი განაპირობებს, როგორც სისხლის, ასევე ქსოვილოვანი სითხეების ნორმალური შემადგენლობის, მოცულობის და pH-ის შენარჩუნებას.

## თირკმელები

ორივე **თირკმელი** მდებარეობს მუცლის ღრუს ზედა ნაწილში, ხერხემლის სვეტის ორივე მხარეს, პერიტონიუმის უკან (**რეპტროპერიტონეალურად**). თირკმელების ზედა ნაწილები ებჯინება დიაფრაგმის ქვედა ზედაპირს და გარედან შემოსაზღვრულები არიან ნეკნების კარკასით (იხილეთ, სურათი 18-1). როგორც ამ სურათზე ხედავთ, მარცხენა თირკმელი მარჯვენაზე ოდნავ მაღლა მდებარეობს. მარჯვენა თირკმელი უფრო ქვემოთ იმიტომაც განლაგებულია, რომ მუცლის ღრუს მარჯვენა ზედა კვადრანტში მდებარეობს ღვიძლი. თირკმელები ჩაფლულნი არიან ადიპოზურ ქსოვილში, რომელიც ბალიშის როლს ასრულებს და თავის მხრივ, დაფარულია ფიბროზული შემაერთებელი ქსოვილით, რომელსაც **თირკმლის ფასცია** ეწოდება და რომელიც თირკმელებს თავის ადგილას აკავებს (იხილეთ, სამახსოვრო 18-1: მოხეტიალე თირკმელი).

### სამახსოვრო 18-1: მოხეტიალე თირკმელი

მოხეტიალე თირკმელი ეწოდება მდგომარეობას, როდესაც თირკმელი არ არის თავის ადგილას. ეს შეიძლება დაემართოს ძალიან გამხდარ ადამიანებს, რომელთა თირკმლის შემოსაზღვრელი ადიპოზური ქსოვილი ძალიან თხელია, ან შეიძლება იყოს ზურგზე ძალიან მკვეთრი დარტყმის შედეგი, რომელიც აცილებს თირკმელს.

თირკმელებს ნებისმიერ პოზიციაში შეუძლია ფუნქციონირება. მოხეტიალე თირკმლის პრობლემა იმაშია, რომ შარდსანვეთი, შესაძლოა, გადაიგრისოს, ან მოიკეცოს. თუ შარდს აღარ ექნება შარდშსანვეთში დინების საშუალება, ის უკან დაბრუნდება და თირკმლის მენჯში შეგროვდება. თირკმლის მილაკებიდან ნამოსული შარდი ასევე უკან წავა. თუ რენალური ფილტრაცი ბაუმანის კაფსულებიდან ვეღარ გამოვა, კაფსულებში წნევა მოიმატებს გლომერულურ სისხლის წნევასთან მიმართებაში. რაც შეუძლებელს გახდის გლომერულურ ფილტრაციას. გამოსწორების გარეშე, ამ მდგომარეობამ, თირკმლის პერმანენტული დაზიანება შეიძლება გამოიწვიოს.

ორივე თირკმელს, მედიალურ ზედაპირზე აქვს ჩაღრმავება, რომელსაც **ჰილუსი** ეწოდება. ჰილუსიდან შედის თირკმელში თირკმლის არტერია და გამოდის თირკმლის ვენა და შარდსანვეთი. თირკმლის არტერია აბდომინალური არტერიის ტოტია, თირკმლის ვენა კი სისხლს ქვემო ღრუ ვენაში აბრუნებს (იხილეთ, სურათი 18-1). შარდსანვეთს შარდი თირკმლიდან გამოაქვს და შარდის ბუშტში მიაქვს.

## თირკმლის შინაგანი სტრუქტურა

თირკმლის კორონარულ, ან ფრონტალურ განაკვეთზე სამი შრე განირჩევა (იხილეთ, სურათი 18-2). ლატერალური და შუა ნაწილები ქსოვილოვანი შრეებია, ხოლო მედიალური ნაწილი ჰილუსთან, ღრუ. გარეთა ქსოვილოვან შრეს **თირკმლის ქერქი** ეწოდება, რომელიც თირკმლის კორპუსკულებიდან და ხვეული მილაკებისგან შედგება. ეს ორგანოები ნეფრონის ნაწილებია და შემდეგ სექციაში იქნება განხილული. შიგნითა შრეს **თირკმლის მედულა, ანუ ტვინოვანი შრე** ეწოდება, რომელიც ჰენლეს მარყუჟებისა და შემკრები მილაკებისგან (ასევე, ნეფრონის ნაწილები) შედგება. თირკმლის მედულა შეიცავს სოლის ფორმის ნაწილებს, რომლებსაც **თირკმლის პირამიდები** ეწოდება. თირკმლის პირამიდის წვერს მწვერვალო, ან პაპილა ეწოდება.

მესამე ნაწილი **თირკმლის მენჯია**, რომელიც არ არის ქსოვილოვანი შრე; იგი უფრო ღრუა, რომელიც ჰილუსთან, თირკმლის შიგნით, შარდსანვეთის გაფართოებით იქმნება. თირკმლის მენჯის ძაბრისებრ გაფართოებებს, რომლებიც თირკმლის პირამიდების მწვერვალოებს ფარავენ, კალიქსები ეწოდება. შარდი რენალური პირამიდებიდან კალიქსებში ჩაედინება, შემდეგ თირკმლის მენჯში და აქედან შარდსანვეთში.

## ნეფრონი

ნეფრონი თირკმლის სტრუქტურული და ფუნქციონალური ერთეულია. თითოეული თირკმელი, დაახლოებით, 1 მილიონამდე ნეფრონს შეიცავს. სწორედ ნეფრონსა და მასთან ასოცირებულ სისხლძარღვებში ხდება შარდის წარმოქმნა. თითოეულ ნეფრონს ორი ძირითადი ნაწილი აქვს: რენალური კორპუსკულა და რენალური ტუბულა. თითოეულ ამ ნაწილს თავისი ქვენაწილები აქვს, თავისი სისხლძარღვებით, (იხილეთ, სურათი 18-3).

### რენალური კორპუსკულა

**რენალური კორპუსკულა** შეიცავს ბაუმანის კაპსულით შემოსაზღვრულ, გლომერულს. **გლომერულა** კაპილარული ქსელია, რომელიც იწყება **მომტანი არტერიოლათი** და გადადის **გამომტან არტერიოლაში**. გამომტანი არტერიოლას დიამეტრი მომტანი არტერიოლას დიამეტრზე მცირეა, რაც უზრუნველყოფს გლომერულაში საკმაოდ მაღალი არტერიული წნევის შენარჩუნებას.

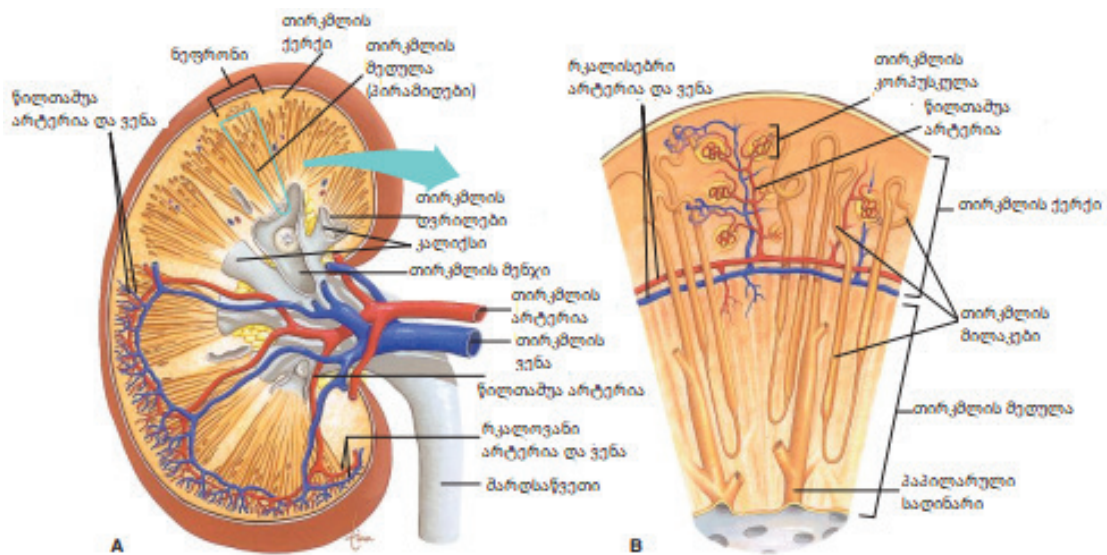
**ბაუმანის კაპსულა** (გლომერული კაპსულა) რენალური ტუბულას გაფართოებული ბოლოა და ის შემოსაზღვრავს გლომერულას. ბაუმანის კაპსულის შიდა შრე **პოდოციტებისგან** შედგება (იხილეთ, სურათი 18-3). პოდოციტები ისე არიან განლაგებულნი, რომ მათ შორის იქმნება ფორები, ან ნაპრალები, რაც ამ შრეს ძალიან განვლადს ხდის. ბაუმანის კაფსულის გარეთა შრეს არანირი ფორები არ აქვს და არ არის გამტარი. გლომერული კაპსულის შიდა და გარე შრეებს შორის სივრცე შეიცავს რენალურ ფილტრატს, სითხეს, რომელიც გლომერულაში სისხლისგან წარმოიშობა და საბოლოოდ, შარდად გარდაიქმნება.

### რენალური ტუბულა

**რენალური ტუბულა (მილაკი)** ბაუმანის კაპსულის გაგრძელება და ოთხი შემდეგი ნაწილისგან შედგება: **პროქსიმალური ხვეული მილაკი** (შიდა რენალურ ქერქში), **ჰენლეს მარყუჟი** (ნეფრონის მარყუჟი, რენალურ მედულაში) და **დისტალური ხვეული მილაკი** (რენალურ კორტექსში). რამდენიმე ნეფრონის დისტალური ხვეული მილაკები იცლებიან **შემკრებ მილაკში**. შემდეგ რამდენიმე შემკრები მილაკი უერთდება პაპილარულ სადინარს, რომლითაც შარდი თირკმლის მენჯის კალიქსში გადადის.

რენალური ტუბულის განაკვეთები ნაჩვენებია სურათზე 18-3. დააკვირდით, როგორი თხელია მილაკის კედლები, ისევე როგორც პროქსიმალური ხვეული მილაკი მიკროხაობი. ეს ანატომიური თავისებურებები განაპირობებენ ნივთიერების ეფექტიან ცვლას, რაშიც თქვენ მალე დარწმუნდებით.

რენალური ტუბულის ყველა ნაწილი შემოსაზღვრულია **პერიტუბულარული კაპილარებით**, რომლებიც მომტანი არტერიოლიდან წარმოიქმნება. პერიტუბულარული კაპილარები იღებენ რენალური მილაკების აბსორბირებულ მასალას. ეს პროცესი აღწერილია შარდის წარმოქმნის სექციაში.



**სურათი 18-1. (A)** მარჯვენა თირკმლის ფრონტალური განაკვეთი, მინაგანი სტრუქტურების და სისხლძარღვების ჩვენებით; **(B)** თირკმლის გადიდებული გამოსახულება რამდენიმე ნეფრონის ჩვენებით; **(C)** თირკმლის ვასკულარული ყალიბი გვერდითა ხედიდან. წითელი კლასტრასი ავსებს სისხლძარღვებს; **(D)** ვასკულარული ყალიბი მუდიალური ხედიდან. სისხლძარღვები ამოღებულია. ყვითელი კლასტრასი ავსობს თირკმლის მენჯს და მარდსაწვეთს.

**შეკითხვა:** ნეფრონის რომელი ძირითადი ნაწილებია თირკმლის ქერქში? თირკმლის რომელ ნაწილშია პირამიდის სისხლძარღვები?

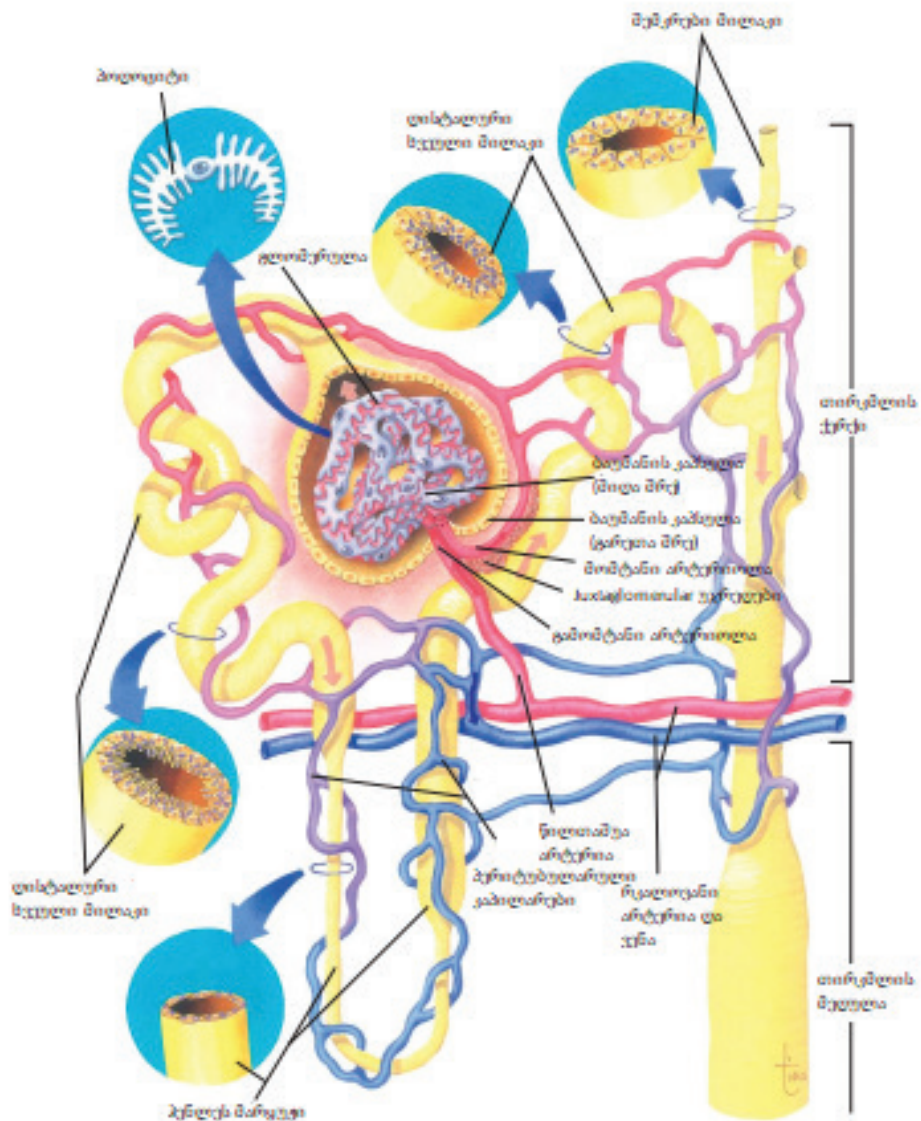
## თირკმლის სისხლძარღვები

თირკმელებში სისხლის ნაკადის გზა, შარდის წარმოქმნის მნიშვნელოვანი ასპექტია. აბდომინალური არტერიიდან სისხლი **რენალურ არტერიაში** შედის, რომელიც მრავალ ნილთაშუა (თირკმლის პირამიდებს შორის) არტერიად იტოტება. თითოეული ნილთაშუა არტერია გადაიქცევა რკალოვან არტერიად (რკალივით შემოსაზღვრავს პირამიდას), რომელიც მერე მრავალ ნილთაშუა არტერიას წარმოშობს და ეს არტერიები თირკმლის ქერქში შედიან (იხილეთ, სურათი 18-2). ნილთაშუა არტერიებიდან, თირკმლის ქერქში, მომტანი არტერიოლები წარმოიშობა (იხილეთ, სურათი 18-3). მომტანი არტერიოლებიდან სისხლი გლომერულეებში (კაპილარებში) შედის, შემდეგ გამომტანი არტერიოლებში გადადის, მერე პერიტუბულარულ კაპილარებში და შემდეგ ვენების სერიაში, რომლებიც თავიანთი მეზობელი არტერიოლების თანამოსახელები არიან (ნილთაშუა და რკალოვანი). ნილთაშუა ვენები ჰილუსთან ერთიანდებიან და წარმოქმნიან **თირკმლის ვენას**, რომელიც ქვემო ღრუ ვენას უერთდება. ყურადღება მიაქციეთ, რომ სისხლის ნაკადის გზა ორ კაპილარულ ქსელზე გადის და შეგახსენებთ, რომ სწორედ კაპილარებში ხდება ნივთიერებათა ცვლა სისხლსა და გარემომცემოვ ქსოვილებს შორის. აქედან გამომდინარე, თირკმელებში ნივთიერებათა ცვლა ორ ადგილას ხორციელდება. ნეფრონსა და თირკმლის კაპილარებში განხორციელებული ცვლა განაპირობებს სისხლის პლაზმისგან შარდის წარმოქმნას.



## შარდის წარმოქმნა

შარდის წარმოქმნა სამ მთავარ პროცესს მოიცავს. პირველი გლომერულური ფილტრაციაა, რომელიც რენალურ კორპუსკულებში ხდება, მეორე და მესამე პროცესები ტუბულარული რეაბსორბცია და ტუბულარული სეკრეციაა და თირკმლის მილაკებში ხორციელდება.



**სურათი 18-3.** ნეფრონი ასოცირებული სისხლძარღვებით. ნეფრონის ნაწილები გალიდებულია. ისრები აჩვენებენ სისხლის და რენალური ფილტრატის მოძრაობის მიმართულებებს.

**შეიშვა:** როგორ უწყობს ხელს პოლიციტების ფორმა მათი ეფექციანობა რისთვისაა სპეციალიზებული პოლიციტული-სეკუნდული მილაკის ამომუშავი შრე?

## გლომერული ფილტრაცია

თქვენ შეიძლება გახსოვთ, რომ ფილტრაცია პროცესია, რომლის დროსაც სისხლის წნევა აიძულებს პლაზმას და მასში გახსნილ ნივთიერებებს, გამოვიდნენ კაპილარებიდან. **გლომერული ფილტრაციის** დროს, სისხლის წნევა აიძულებს პლაზმას, მასში გახსნილ ნივთიერებებს და პატარა პროტეინებს, გლომერულებიდან ბაუმანის კაპსულაში გადავიდნენ. ამ სითხეს უკვე პლაზმა აღარ ეწოდება, ის რენალური ფილტრაციაა.

სხვა კაპილარებთან შედარებით, გლომერულებში სისხლის წნევა უფრო მაღალია და 60 მმ ვნე სვ-ს შეადგენს. ბაუმანის კაპსულაში წნევა ძალიან დაბალია და მისი ქვედა, პედოციტური შრე ძალიან განვლადი; ამის გამო, გლომერულებში შემავალი სისხლის 20-25%, ბაუმანის კაპსულაში, რენალური ფილტრაციი ხდება. სისხლის უჯრედები და დიდი პროტეინები, თავიანთი

ზომის გამო, ვერ გაიდევენებიან გლომერულებიდან და სისხლში რჩებიან. ნარჩენები ნივთიერებები სისხლის პლაზმაში არიან გახსნილები, ამიტომ ისინი რენალურ ფილტრატიში გადადიან. სისხლში პლაზმაში სასარგებლო ნივთიერებებიც (მაგალითად, ნუტრიენტები და მინერალები) არიან გახსნილი და ისინიც ხვდებიან რენალურ ფილტრატიში; ფილტრაცია ვერ ახდენს სარგებლიანობის მიხედვით ამორჩევას, სელექცია მხოლოდ ზომის მიხედვით ხდება. ამის გამო რენალური ფილტრატი ძალიან გავს პლაზმას, განსხვავებით, მასში ბევრად ნაკლები პროტეინია და არ არის სისხლის უჯრედები.

**გლომერული ფილტრაციის სიჩქარე (GFR)**, თირკმელების მიერ, 1 წთ-ში წარმოქმნილი რენალური ფილტრატის რაოდენობაა და საშუალოდ, 100-125 მლ/წთ შეადგენს. GFR შეიძლება შეიცვალოს თირკმელში სისხლის ნაკადის ცვლილებასთან ერთად. თუ სისხლის ნაკადი იზრდება, უფრო მეტი რენალური ფილტრატი წარმოიქმნება. თუ სისხლის ნაკადი მცირდება (მაგალითად, მძიმე სისხლდენის დროს), GFR-იც მცირდება, ნაკლები ფილტრატი წარმოიქმნება და შარდის გამოყოფაც ქვეითდება (იხილეთ, სამახსოვრო 18-2: თირკმლის უკმარისობა და ჰემოდიალიზი).

## ტუბულარული რეაბსორბცია

ტუბულარული რეაბსორბცია რენალური ტუბულებიდან პერიტუბულარულ კაპილარებში ხდება. 24 სთ-იანი პერიოდის განმავლობაში, თირკმელები 150-180 ლიტრ ფილტრატს წარმოშობენ, გამოყოფილი შარდის ნორმალური რაოდენობა კი 1-2 ლიტრია. წარმოიდგინეთ, რომ თქვენ მაგიდაზე გიდევთ 150 თეთრი, რაც საკმაოდ მცირე თანხას წარმოადგენს და ასახავს თირკმელების მიერ გამომუშავებული ფილტრატის რაოდენობას ლიტრებში. თქვენ რომ თირკმელები იყოთ, რამდენი თეთრის გაცემა მოგიწევთ, შარდის დღიური რაოდენობის შესაბამისად? მართალია, ერთი, ან ორის; დანარჩენი უნდა შეინახოთ. აქედან გამომდინარე, თქვენ ხედავთ, რომ რენალური ფილტრატის უმეტესობა ორგანიზმში რჩება, სისხლში ბრუნდება და შარდად არ გარდაიქმნება. სინამდვილეში, რენალური ფილტრატის 99 % პერიტუბულარული კაპილარებიდან, უკან, სისხლში აბსორბირდება. რენალური ფილტრატის მხოლოდ 1 % შევა თირკმლის მენჯში, როგორც შარდი.

### სამახსოვრო 18-2|თირკმლის უკმარისობა და ჰემოდიალიზი

თირკმლის უკმარისობა მდგომარეობაა, როდესაც თირკმელებს არ შეუძლიათ ნორმალურად ფუნქციონირება, რასაც შესაძლოა სამი ზოგადი მიზეზი ჰქონდეს: პრერენალური, რენალური და პოსტრენალური.

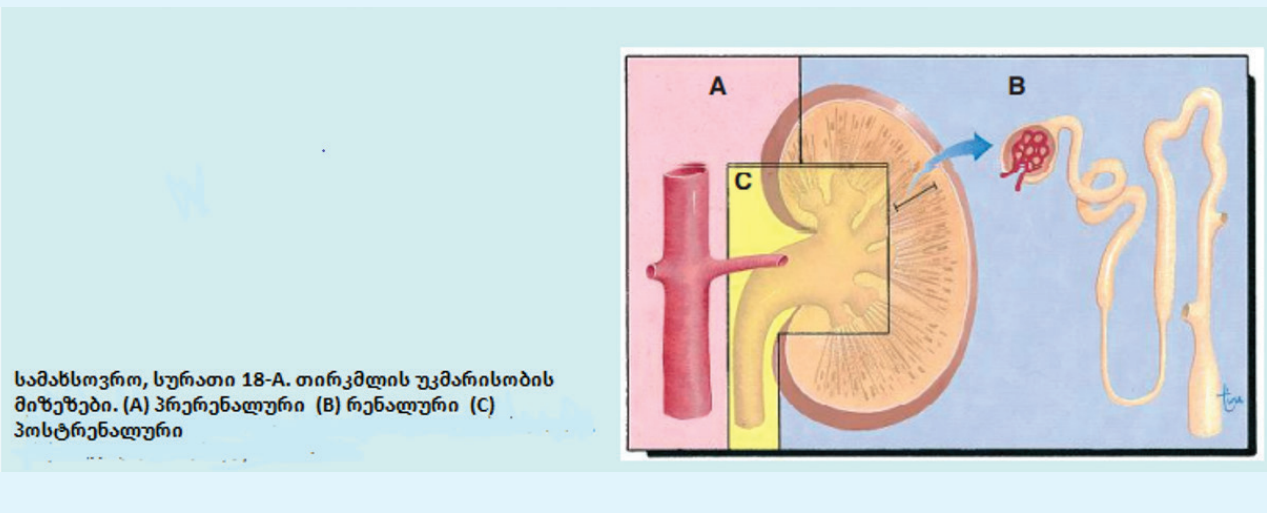
“პრერენალური” ნიშნავს, რომ პრობლემა თირკმელებამდეა, ანუ თირკმელებამდე მიმავალ სისხლის მიმოქცევაში. ნებისმიერი მდგომარეობა, რომელიც ამცირებს თირკმელებამდე სისხლის ნაკადს, შესაძლოა მისი დაზიანების და უკმარისობის გამომწვევი გახდეს. ამის მაგალითებია მძიმე სისხლდენა, გულის შეტევის (მიოკარდიუმის ინფარქტის) შემდგომ ძალიან დაბალი არტერიული წნევა, ან სითხეების დაკარგვა გამოხატული დიარეის, ან პირღებინების დროს.

“რენალური” უკმარისობა ნიშნავს, რომ თავად თირკმელებს აქვთ პრობლემები. დიაბეტი და არტერიული ჰიპერტენზია აზიანებენ თირკმლის სისხლძარღვებს და 70 % შემთხვევებში, საბოლოო სტადიის თირკმლის უკმარისობა სწორედ ამითაა განპირობებული. თირკმელების ბაქტერიულმა ინფექციამ, ან გარკვეულმა ნივთიერებებმა (ზოგიერთმა ანტიბიოტიკმა) შესაძლოა გამოიწვიოს ნეფრონების დაზიანება. **რაბდომიოლიზი** ჩონჩხის კუნთების დაზიანებაა. ისეთი დიდი მოლეკულები, როგორც მიოგლობინია, გამოდიან დაზიანებული უჯრედებიდან და შეიძლება გაიჭედონ თირკმლის მილაკებში. ეს პოტენციურად ფატალური მდგომარეობა მძიმე ავარიების (მაგალითად, ავტოავარიების), ან ელექტრული შოკის შედეგად ვითარდება. პოლიციტური თირკმელი გენეტიკური დაავადებაა, რომლის დროსაც თირკმლის მილაკები ფართოვდება და არაფუნქციური ხდება. მძიმე დაზიანება შეიძლება 40-60 წლამდე არ გამოვლინდეს, მაგრამ შეიძლება პროგრესირდეს თირკმლის უკმარისობამდე.

“პოსტრენალური” ნიშნავს, რომ პრობლემა თირკმელების შემდეგ, საშარდე სისტემის სხვა ადგილას არის. შარდის დინების ობსტრუქცია შეიძლება შარდსანვეთში კენში გაჭედვამ, შარდსანვეთის გადაგრეხამ, ან წინამდებარე ჯირკვლის ჰიპერტროფიამ გამოიწვიოს, რაც ხელს უშლის შარდის ბუშტის დაცლას.

თუ შესაძლებელია, თირკმლის უკმარისობის მკურნალობა, მოიცავს გამომწვევი მიზეზის კორექტირებას. თუ ეს შეუძლებელია და თირკმლის დაზიანება სამუდამოა, ადამიანს თირკმლის ქრონიკული უკმარისობა უვითარდება. **ჰემოდიალიზი** ხელოვნური თირკმლის მოწყობილობის გამოყენებაა, რომელიც იმ ფუნქციას ასრულებს, რისი შესრულებაც ნეფრონებს აღარ შეუძლიათ. პაციენტის სისხლი გადის წვრილ მილებში, რომლებიც გარშემორტყმულია სითხით (დიალიზატით), რომელსაც ისეთივე შემადგენლობა აქვს როგორც პლაზმას. ნარჩენი პროდუქტები და ზედმეტი მინერალები პაციენტის სისხლიდან მოწყობილობაში დიფუზირდებიან.

მიუხედავად იმისა, რომ ჰემოდიალიზი ახანგრძლივებს თირკმლის უკმარისობიანი პაციენტების სიცოცხლის ხანგრძლივობას, ის ბოლომდე ვერ ასრულებს თირკმელების ფუნქციას. თირკმლის გადანერგვის წარმატებული ოპერაციების რაოდენობის გაზრდამ, ნამდვილად მისცა ასეთ პაციენტებს ნორმალური ცხოვრების საშუალება.



რეაბსორბციის და სეკრეციის უმეტესობა (დაახლოებით, 65 %) პროქსიმალურ ხვეულ მილაკებში ხორციელდება, რომლის უჯრედებს მიკროხაოები აღენიშნებათ, რაც ზრდის მათ ზედაპირულ ფართობს. დისტალური ხვეული მილაკები და შემკრები მილაკები, ასევე, მნიშვნელოვანი ადგილებია წყლის რეაბსორბციისთვის (იხილეთ, სურათი 18-4).

### რეაბსორბციის მექანიზმები

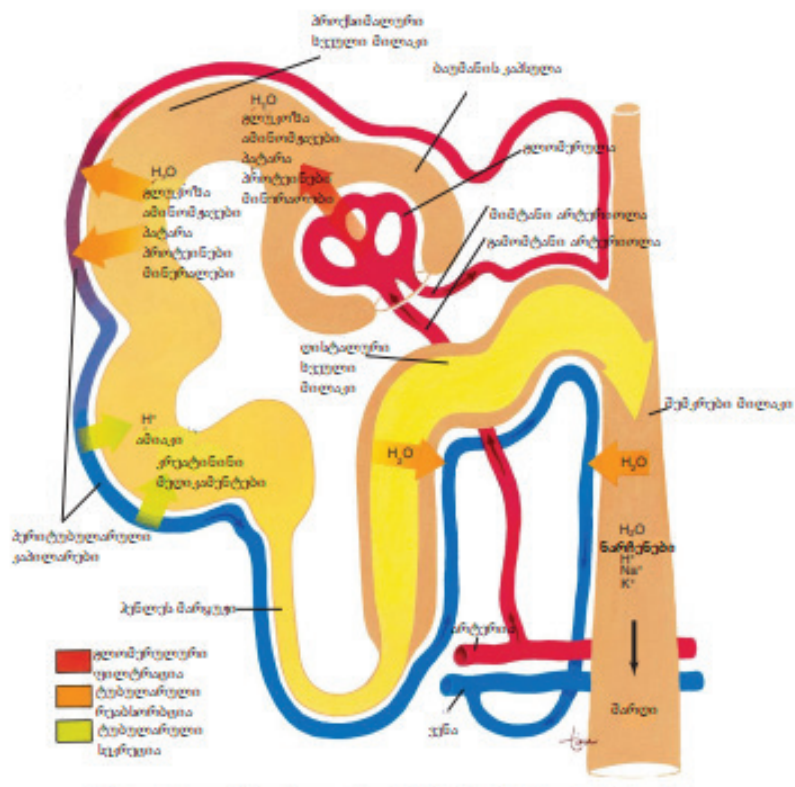
1. **აქტიური ტრანსპორტი** - რენალური ტუბულის უჯრედები იყენებენ ATP-ს, სასარგებლო ნივთიერებების ფილტრატიდან სისხლში გადასატანად. ეს სასარგებლო ნივთიერებებია: გლუკოზა, ამინომჟავები, ვიტამინები და პოზიტიური იონები. ბევრი ასეთი ნივთიერებისთვის, რენალურ ტუბულებს, **რეაბსორციის ზღურბლი** აქვთ. ეს ნიშნავს, რომ არსებობს ლიმიტი, რა რაოდენობის ნივთიერებების ამოღება შეუძლიათ ტუბულებს ფილტრატიდან. ასე მაგალითად, თუ ფილტრატში გლუკოზის დონე ნორმალურია (შეესაბამება სისხლში გლუკოზის ნორმალურ დონეს), ტუბულები მოახდენენ გლუკოზის სრულად რეაბსორბციას და გლუკოზა შარდში ვეღარ მოხვდება. ეს პროცესი ასე ხდება: ტუბულარული უჯრედების მემბრანების გლუკოზის სატრანსპორტო მოლეკულების რაოდენობა, საკმარისია ფილტრატში არსებული გლუკოზის მოლეკულების გარკვეული რაოდენობისთვის. ამის გამო, თუ სისხლში გლუკოზის დონე ნორმაზე მაღალია, ფილტრატშიც მაღალი იქნება და გადააჭარბებს რეაბსორბციის ზღურბლს. რეაბსორბ-



ცირებელი გლუკოზის მოლეკულების რაოდენობა უფრო მეტი იქნება, ვიდრე არსებული სატრანსპორტო მოლეკულების რაოდენობა. ასეთ შემთხვევაში, გლუკოზის გარკვეული რაოდენობა ფილტრატიში დარჩება და შარდთან ერთადაც გამოვა.

$Ca^{+2}$  იონების რეაბსორბცია პარათიროიდული ჰორმონის (PTH) ზეგავლენით იზრდება. როდესაც სისხლში კალციუმის იონების დონე შემცირდება, პარათიროიდული ჯირკვლები მოახდენენ პარათიროიდული ჰორმონის სეკრეტირებას. თირკმელების მიერ,  $Ca^{+2}$  იონების რეაბსორბცია, ერთ-ერთი მექანიზმია, რომლითაც სისხლში კალციუმის დონე ნორმას უბრუნდება.

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის მიერ გამოიმუშავებული ჰორმონი ალდოსტერონი, ზრდის  $Na^{+}$  იონების რეაბსორბციას და  $K^{+}$  იონების სეკრეციას. ნატრიუმისა და კალიუმის ცვლაზე ზემოქმედების გარდა, ალდოსტერონი გავლენას სისხლის მოცულობაზეც ახდენს.



სურათი 18-4. გლომერული ფილტრაციის სქემატური გამოსახულება, ტუბულარული რეაბსორბცია, ტუბულარული სეკრეცია. რენალური ტუბული დასველი არია, პერიტუბულარული კაპილარები ტუბულის გვერდზე გამოსახული.

შეკითხვა: აღწერეთ ტუბულარული სეკრეცია. საიდან რა საღ მიდის? რა ნაფიქრების სეკრეცია მუძდება?

2. **პასიური ტრანსპორტი** - პოზიტიური იონების რეაბსორბციას, მოჰყვება მრავალი ნეგატიური იონის სისხლში დაბრუნება, რადგან სანინალმდეგო მუხტები ერთმანეთს იზიდავენ.
3. **ოსმოსი** - მინერალების რეაბსორბციას, განსაკუთრებით, ნატრიუმის იონების, თან სდევს წყლის რეაბსორბცია. წყლის რეაბსორბციაზე ზეგავლენის მქონე ჰორმონები განხილულია შემდეგ თავში.
4. **პინოციტოზი** - მცირე ზომის პროტეინები იმაზე დიდები არიან, რათა აქტიური ტრანსპორტით მოხდეს მათი რეაბსორბცია. მათი ადსორბირება პროქსიმალურ ხვეულ მილაკებში ხდება. უჯრედის მემბრანა შიგნით ჩაიზნიქება და პროტეინს გარშემო შემოეხვევა, რომ უჯრედში შეიტანოს (იხილეთ, თავი 3, სურათი 3-3, ამ და სხვა სატრანსპორტო მექანიზმების გამოსახულების სანახავად). ნორმაში, ფილტრატიდან ყველა პროტეინის რეაბსორბირება უნდა მოხდეს და ისინი შარდში არ უნდა აღმოჩნდნენ.

## ტუბულარული სეკრეცია

ეს მექანიზმიც ცვლის შარდის შემადგენლობას. ტუბულარული სეკრეციის დროს, პერიტუბულარულ კაპილარებში, ნივთიერებები სისხლიდან რენალურ ტუბულუმში სეკრეტირდებიან (რეაბსორბციის საწინააღმდეგო პროცესი). ნარჩენი ნივთიერებები, როგორებიცაა ამიაკი, კრეატინინის გარკვეული რაოდენობა და მედიკამენტების მეტაბოლური პროდუქტები, შეიძლება ფილტრატში სეკრეტირდნენ, რომ შარდის საშუალებით, მოხდეს მათი გამოტანა. შემკრები მილაკები შეიცავენ ინტეკალირებულ უჯრედებს, რომელთა მემბრანების თავისუფალ ზედაპირებზე განთავსებულია პროტონული ტუმბოები. ამ ტუმბოებს შეუძლიათ ფილტრატში წყალბადის იონების ( $H^+$ ) სეკრეცია, მაღალი კონცენტრაციული გრადიენტის საწინააღმდეგოც კი, რაც ხელს უწყობს სისხლის ნორმალური pH-ის შენარჩუნებას. ამის გამოა, რომ შარდის pH შეიძლება უფრო მუყავე იყოს, ვიდრე სისხლისა, საიდანაც ის წარმოიშვა.

## ჰორმონები, რომლებიც გავლენას ახდენენ წყლის რეაბსორბციაზე

ალდოსტერონი თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქში სეკრეტირდება, სისხლში კალიუმის მაღალი შემცველობის, ან ნატრიუმის დაბალი შემცველობის საპასუხოდ, ან მაღალი არტერიული წნევის დასაწევად. როდესაც, ალდოსტერონი ახდენს  $Na^+$  იონების რეაბსორბციის სტიმულირებას, წყალი მათ ფილტრატთან სისხლში მიჰყვება. ეს ხელს უწყობს, ნორმალური სისხლის მოცულობის და სისხლის წნევის შენარჩუნებას.

თქვენ შეიძლება გაგახსენდეთ ალდოსტერონის ანტაგონისტი, **ნინაგულოვანი ნატრიურეზული პეპტიდი (ANP)**, კარდიალური პეპტიდების ჯგუფიდან, რომელიც ნინაგულუმში, მათი კედლების გაჭიმვისას (წნევის, ან მოცულობითი გადაძაბვის დროს) წარმოიქმნება. ANP აქვეითებს თირკმელების მიერ,  $Na^+$  იონების რეაბსორბციას, რის გამოც ისინი ფილტრატში, წყალთან ერთად, რჩებიან და შარდით გამოიყოფიან. ნატრიუმის და წყლის გამოყოფით, ANP აქვეითებს სისხლის მოცულობასა და სისხლის წნევას.

**ანტიდიურეზული ჰორმონი (ADH)** გამოიშავდება უკანა ჰიპოფიზის მიერ, როდესაც ორგანიზმში წყლის შემცველობა დაიკლებს. ამ ჰორმონის ზეგავლენით, დისტალურ ხვეულ მილაკებსა და შემკრები მილაკებში ძლიერდება ფილტრატთან წყლის რეაბსორბცია. ეს ხელს უწყობს, ნორმალური სისხლის მოცულობის და ნორმალური წნევის შენარჩუნებას და ასევე, საშუალებას აძლევს თირკმელებს, სხეულის სითხეებზე უფრო კონცენტრირებული შარდი წარმოქმნან. კონცენტრირებული შარდის წარმოქმნა ძალიან მნიშვნელოვანია, რათა მოხდეს წყლის დიდი რაოდენობით გამოყოფის პრევენცია და ამავე დროს, ელიმინირდეს ყველა ნივთიერება, რომელთა ექსკრეცია საჭიროა.

თუ სხეულში წყლის შემცველობა მატულობს, ADH-ის პროდუქცია მცირდება და თირკმელები ნაკლები წყლის რეაბსორბციას მოახდენენ. ასეთ შემთხვევაში, შარდი, განზავებული იქნება და წყალი მანამდე გამოიყოფა, სანამ ორგანიზმში მისი რაოდენობა ნორმას არ დაუბრუნდება. ასეთი რამ, დიდი რაოდენობით სითხეების მიღების შემდეგ ხდება. თირკმელებზე ჰორმონების ეფექტები შეჯამებულია ცხრილში 18-1 და გამოსახული სურათზე 18-5.

## შარდის ფორმირების შეჯამება

1. თირკმელები წარმოქმნიან შარდს სისხლის პლაზმისგან. თირკმელებში სისხლის ნაკადი, შარდის გამოყოფაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორია.
2. გლომერულური ფილტრაცია შარდის ფორმირების პირველი საფეხურია. ფილტრაცია არ არის სელექტიური ნივთიერების სარგებლიანობის მიხედვით, მაგრამ სელექტიურია ზომის მიხედვით. გლომერულუმში შედარებით მაღალი წნევა, პლაზმას, გახსნილ ნივთიერებებსა და მცირე პროტეინებს ბაუმანის კაპსულაში გამოდევნის. ამ სითხეს რენალური ფილტრატი ეწოდება.
3. ტუბულარული რეაბსორბცია სელექტიურია სარგებლიანობის მიხედვით. ნუტრიენტები, როგორებიცაა გლუკოზა, ამონომუჟავები და ვიტამინები რეაბსორბირდებიან აქტიური ტრანსპორტით და შესაძლებელია ქონდეთ რენალური აბსორბციის ზღვარი. პოზიტიური იონები აბსორბირდებიან აქტიური ტრანსპორტით, ნეგატიური იონები კი, უფრო ხშირად

რად, პასიური ტრანსპორტი. წყალი აბსორბირდება ოსმოსით, მცირე პროტეინები კი პინოციტოზით.

4. ტებულარული სეკრეცია ხორციელდება პერიტუბულარული კაპილარების სისხლიდან ნივთიერებების, რენალური ტუბულების საშუალებით, ფილტრატში გადატანით და უზრუნველყოფს ნარჩენი ნივთიერებების, როგორებიცაა კრეტანინი, ან  $H^+$  ჭარბი რაოდენობა, სისხლიდან ფილტრატში აქტიურ გადატანას.
5. ჰორმონები, როგორებიცაა ალდოსტერონი, ANP და ADH მოქმედებენ წყლის რეაბსორბციაზე და ხელს უწყობენ სისხლის ნორმალური მოცულობისა და წნევის შენარჩუნებას. ADH-ის სეკრეცია განსაზღვრავს კონცენტრირებული იქნება შარდი, თუ განზავებული.
6. ნარჩენი ნივთიერებები რჩებიან რენალურ ფილტრატში და გამოიყოფიან შარდთან ერთად.

### ცხრილი 18-1 | ჰორმონების გავლანა თირკმელებზე

ჰორმონი (ჯირკვალი)	ფუნქცია
ანტიდიურეზული ჰორმონი (ADH) (უკანა ჰიპოფიზი)	ზრდის ფილტრატიდან სისხლში წყლის რეაბსორბციას (შარდის რაოდენობა მცირდება)
პარათირეოიდული ჰორმონი (PTH) (პარათირეოიდული ჯირკვალი)	ზრდის ფილტრატიდან სისხლში $Ca^{+2}$ იონების რეაბსორბციას და ფოსფატის იონების ფილტრატში ექსკრეციას
ალდოსტერონი (თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქი)	ზრდის ფილტრატიდან სისხლში $Na^+$ იონების რეაბსორბციას და ფილტრატში $K^+$ იონების ექსკრეციას. ნატრიუმის კვალდაკვალ წყალიც რეაბსორბირდება. (შარდის გამოყოფა მცირდება)
წინაგულოვანი ნატრიურეზული პეპტიდი (ANP) (წინაგულები)	მცირდება $Na^+$ იონების რეაბსორბცია და ისინი რჩებიან ფილტრატში. უფრო მეტი ნატრიუმი და წყალი გამოიყოფა შარდთან ერთად (შარდის გამოყოფა იზრდება)

### თირკმელები და მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა

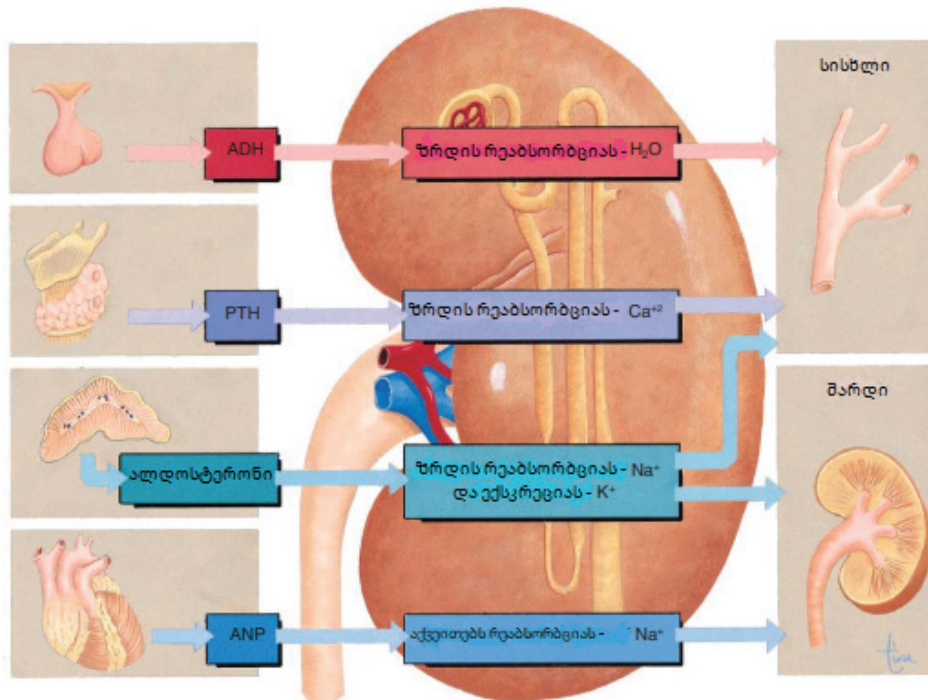
თირკმელები ყველაზე მეტად არიან პასუხისმგებელი სისხლისა და ქსოვილოვანი სითხეების pH-ის ნორმალურ ზღვრებში შენარჩუნებაზე. მათ განსაკუთრებული უნარი აქვთ მოახდინონ pH-ის ცვლილებების კომპენსაცია და pH-ის კორექცია, გამონვეული იქნება ეს ორგანიზმის ნორმალური მეტაბოლიზმით, თუ რაიმე დაავადებით.

თირკმელების რეგულატორული ფუნქცია რთულია. ყველაზე მარტივად ის ასე შეიძლება აღინეროს: თუ ქსოვილოვანი სითხეები ძალიან მჟავე ხდება, თირკმელები, რენალურ ფილტრატში უფრო მეტი  $H^+$  იონების სეკრეციას მოახდენენ და უფრო მეტ  $HCO_3^-$  იონებს დააბრუნებენ სისხლში. ეს ხელს შეუწყობს სისხლის pH-ის ნორმამდე აწევას. ამ მექანიზმში ჩართული რეაქციები ნაჩვენებია სურათზე 18-6, რასაც ოდნავ მოგვიანებით მივუბრუნდებით. მოდით პირველ რიგში, მოკლედ აღვწეროთ როგორ მოახდენენ თირკმელები ძალიან ტუტე ქსოვილოვანი სითხეების pH-ის გამოსწორებას. თქვენ შეიძლება ელოდებით, რომ თირკმელები ზემოთ აღწერილი პროცესის საწინააღმდეგოდ მოქმედებენ და ეს მართლაც ზუსტად ასე ხდება. თირკმელები მეტ  $H^+$  იონებს დააბრუნებენ სისხლში და უფრო მეტ  $HCO_3^-$  იონების გამოყოფას მოახდენენ შარდში. ეს ხელს უწყობს pH-ის ნორმამდე დაქვეითებას.

რადგან ქსოვილოვანი სითხეები, ბუნებრივად, უფრო მჟავიანობისკენ არიან მიდრეკილნი, მოდით pH-ის აწევის მექანიზმი უფრო დეტალურად განვიხილოთ (იხილეთ, სურათი 18-6). რენალური მილაკების უჯრედებს,  $Na^+$  იონების სანაცვლოდ, შეუძლიათ  $H^+$  იონების, ან ამიაკის სეკრეტირება და ამით ზემოქმედებენ სხვა იონების რეაბსორბციაზე. წყალბადის და ბიკარბო-

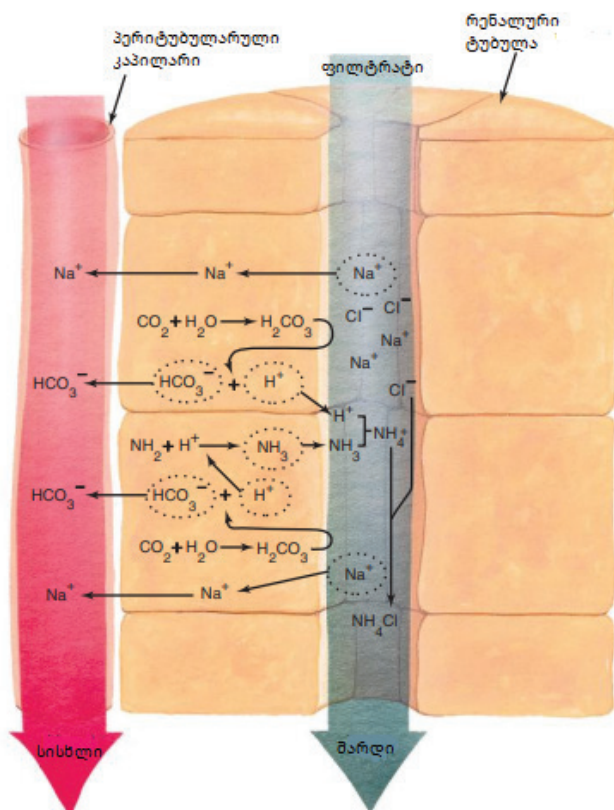


ნატის იონები მიიღება ნახშირორჟანგისა და წყლის ურთიერთქმედებით (ან სხვა პროცესებით). ამინო ჯგუფი ამინომჟავებიდან უერთდება  $H^+$  იონებს და წარმოიქმნება ამიაკი.



**სურათი 18-5.** ჰორმონების ეფექტები თირკმელზე.

**შეკითხვა:** აქედან რომელიმე ჰორმონი მოქმედებს ურთოდროლად რეაბსორბციასა და სეკრეციასზე? თუ ახა, რომელი?



**სურათი 18-6.** შავა-ტუტოვანი ნონასწორობის რენალური რეგულაცია. რენალური ტუბულის უჯრედები ფილტრატში ასეკრეტირებენ  $H^+$  და ამონიუმს და აბრუნებენ სისხლში  $Na^+$  და  $HCO_3^-$  პერიტუბულარულ კაპილარებში.

**შეკითხვა:** რენალური ტუბულის უჯრედები იყენებენ  $CO_2$ -ს. რისთვის იყენებენ  $CO_2$ -ს?

ტუბულარული უჯრედება  $H^+$  იონებს და ამიაკს რენალურ ფილტრატში გამოყოფენ და სანა-ცვლოდ, ორი  $Na^+$  იონი რეაბსორბირდება. ფილტრატში  $H^+$  და ამიაკი წამოქმნიან  $NH_4^+$  (ამიაკის რადიკალს), რომელიც ურთიერთქმედებს ქლორის იონთან ( $Cl^-$ ), რათა წარმოიქმნას  $NH_4Cl$  (ამონიუმის ქლორიდი), რომელიც შარდში გამოიყოფა.

რადგან  $Na^+$  იონები, პერიტუბულარული კაპილარების სისხლში ბრუნდებიან, ტუბულარულ უჯრედებში გენერირებული  $HCO_3^-$  იონები მათ უკან მიჰყვება. ყურადღება მიაქციეთ, რა მოხდა: ორი  $H^+$  იონი ექსკრეტირდა შარდში და ორი  $Na^+$  იონი და ორი  $HCO_3^-$  იონი სისხლში დაბრუნდა. ასეთი რეაქციების გამო ქსოვილოვანი სითხეების მჟავიანობა ძალიან არ იმატებს. თირკმელები ერთადერთი ორგანოებია, რომლებსაც ჭარბი  $H^+$  იონების ელიმინაციით დაქვეითებული pH-ის კორექტირება შეუძლიათ.

სხვა მექანიზმი, რომლითაც თირკმელებს pH-ის რეგულირება შეუძლიათ ფოსფატური ბუ-ფერული სისტემაა, რომელიც ამავე პრინციპს ემყარება:  $H^+$  იონების და  $HCO_3^-$  იონების წარმოქმნას და მათ ექსკრეტირებას, ან შენარჩუნებას. ეს მექანიზმი აღწერილი და ილუსტრირებული იქნება მე-19 თავში.

## თირკმელების სხვა ფუნქციები

ზემოთ აღწერილი ფუნქციების გარდა, თირკმელებს სხვა ფუნქციებიც აქვთ და ზოგიერთი მათგანი არ არის პირდაპირ დაკავშირებული შარდის წარმოქმნასთან. ეს ფუნქციებია: რენინის სეკრეცია (რაც გავლენას ახდენს შარდის წარმოქმნაზე), ერითროპოეტინის პროდუქცია და D ვიტამინის აქტივაცია.

- 1. რენინის სეკრეცია** - როდესაც სისხლის წნევა დაიწვეს, მომტანი არტერილების კედლებში არსებული გლომერულების მიმდებარე (juxtaglomerular) უჯრედები, ახდენენ ენზიმ რენინის გამოყოფას. ეს პირველად მე-13 თავში იყო აღწერილი და პროცესების თანმიმდევრობა მოყვანილია ცხრილში 18-2. ამ მექანიზმის საბოლოო პროდუქტია ანგიოტენზინ II, რომელიც იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და ალდოსტერონის გამოყოფის სტიმულაციას; ორივე ეს ნივთიერება ხელს უწყობს არტერიული წნევის აწევას. სისხლის ნორმალური წნევის შენარჩუნება ძალიან მნიშვნელოვანია ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის. სისხლდენის გამო, ყველაზე სერიოზული ცვლილება, შესაძლოა, წნევის უცაბედი დაცემა იყოს. ამაზე საპასუხოდ, თირკმელები შეამცირებენ ფილტრაციას და შარდის გამოყოფას და დაიწყებენ ანგიოტენზინ II-ის წარმოქმნას. ამ გზით, თირკმელები უზრუნველყოფენ, რომ გულმა საკმარისი სისხლი მიიღოს, გულის წუთ-მოცულობისა და სისხლის წნევის შესანარჩუნებლად.

### ცხრილი 18-2 | რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმი

თანმიმდევრობა	
1	დაბალი არტერიული წნევა ასტიმულირებს თირკმელებს, რათა მათ მოახდინონ რენინის სეკრეტირება.
2	რენინი გარდაქმნის, ღვიძლის მიერ სინთეზირებულ პლაზმის პროტეინ ანგიოტენზინოგენს, ანგიოტენზინ I-ად.
3	ანგიოტენზინი I გარდაიქმნება ანგიოტენზინ II-ად, ფილტვის ქსოვილსა და ვასკულარული ენდოთელიუმში არსებული ენზიმის მიერ
4	ანგიოტენზინი II იწვევს ვაზოკონსტრიქციას და ასტიმულირებს თირკმელებზე და ჯირკვლის ქერქს, ალდოსტერონის წარმოსაქმნელად

- 2. ერითროპოეტინის სეკრეცია** - ეს ჰორმონი წარმოიქმნება, როდესაც სისხლში ჟანგბადის დონე ქვეითდება (ჰიპოქსემია). ერითროპოეტინი ახდენს ძვლის წითელი ტვინის

სტიმულაციის, ერითროციტების პროდუქციის გასაზრდელად. რაც მეტი ერითროციტი ცირკულირებს სისხლში, მით მეტია სისხლის ჟანგბადის გადატანის უნარი და ჰიპოქსემიური მდგომარეობა შეიძლება გამოსწორდეს (იხილეთ, სამახსოვრო 18-3).

3. **D ვიტამინის აქტივაცია** - გაიხსენეთ, რომ D ვიტამინი ულტრაიისფერი სხივების ზეგავლენით, კანში ქოლესტეროლისგან წარმოიქმნება. ეს ვიტამინი რამდენიმე სტრუქტურულ ფორმაში არსებობს, რომლებიც თირკმელების მიერ, ვიტამინ D<sub>3</sub>-ად (კალციტრიოლი) გარდაიქმნებიან. ვიტამინ D<sub>3</sub> D ვიტამინის ყველაზე აქტიური ფორმაა, რომელიც ზრდის წვრილ ნაწლავებში კალციუმის და ფოსფატის აბსორბციას და სხვა მეტაბოლური ფუნქციებიც აქვს (იხილეთ, თავი 17, სურათი 17-5).

### სამახსოვრო 18-3|ერითროპოეტინი

ანემია თირკმლის უკმარისობის ერთ-ერთი ყველაზე მძიმე შედეგია და ერთ-ერთი, რომელსაც ჰემოდიალიზი ვერ აკორექტირებს. დაავადებული თირკმელები წყვეტენ ერითროპოეტინის, RBC-ის პროდუქციის ნატურალური სტიმულატორის, წარმოქმნას. ერითროპოეტინი შეიძლება გენეტიკური ინჟინერიის გზითაც დამზადდეს და ჰემოდიალიზის ქვეშ მყოფ პაციენტებს მიენოდოთ. წარსულში, მათი ანემიის გამოსწორება, მხოლოდ ტრანფუზიებით შეიძლებოდა, რომელიც მათ დონორის სისხლის ხშირი გადასხმების გამო, იმუნოლოგიური გართულებების, ან ვირუსების გადაცემების რისკის ქვეშ აგდებდა. სინთეზური ერითროპოეტინი აღმოფხვრის ასეთ რისკებს.

თუმცა ამას სიფრთხილით უნდა მოვეკიდოთ, რადგან ზოგიერთი კლინიკური კვლევის მონაცემებით, ხელოვნური ერითროპოეტინის რეციპიენტებში სიკვდილობა უფრო მაღალია, ვიდრე იმ პაციენტებში, რომლებსაც ეს მედიკამენტი არ მიუღიათ. ზოგიერთი მკვლევარი მიიჩნევს, რომ სინთეზურმა ერითროპოეტინმა შეიძლება შეასრულოს ზოგიერთი კიბოს უჯრედების ზრდის სტიმულატორის როლი.

## შარდის გამოყოფა

შარდსაწვეთი, შარდის ბუშტი და შარდსადენი არ ცვლიან შარდის შემადგენლობას, მაგრამ პასუხისმგებელი არიან შარდის პერიოდულ გამოყოფაზე.

## შარდსაწვეთები

თითოეული **შარდსაწვეთი (ureter)** თირკმლის ჰილუსიდან მიემართება შარდის ბუშტის ქვედა, უკანა მხარისკენ (იხილეთ, სურათი 18-1). თირკმელების მსგავსად, შარდსაწვეთებიც რეტროპერიტონეალურად ანუ პერიტონიუმის უკან არიან განლაგებულნი. შარდსაწვეთის განაკვეთი ნაჩვენებია სურათზე 18-7. დააკვირდით, რა სქელია კუნთოვანი შრე და რა მცირეა სანათური. შარდსაწვეთის ამომფარავ გარსს განიერი და დიდი ნაკეცები აქვს, რაც ამცირებს სანათურის ზომას.

შარდსაწვეთის კედლის გლუვი კუნთი პერისტალტიკურად იკუმშება, რათა შარდი შარდის ბუშტამდე მიიტანოს. გავსების შემდეგ, შარდის ბუშტი ფართოვდება და აწვება შარდსაწვეთის დაბოლოებებს, რაც ეწინააღმდეგება შარდის უკან, შარდსაწვეთებში გადასვლას.

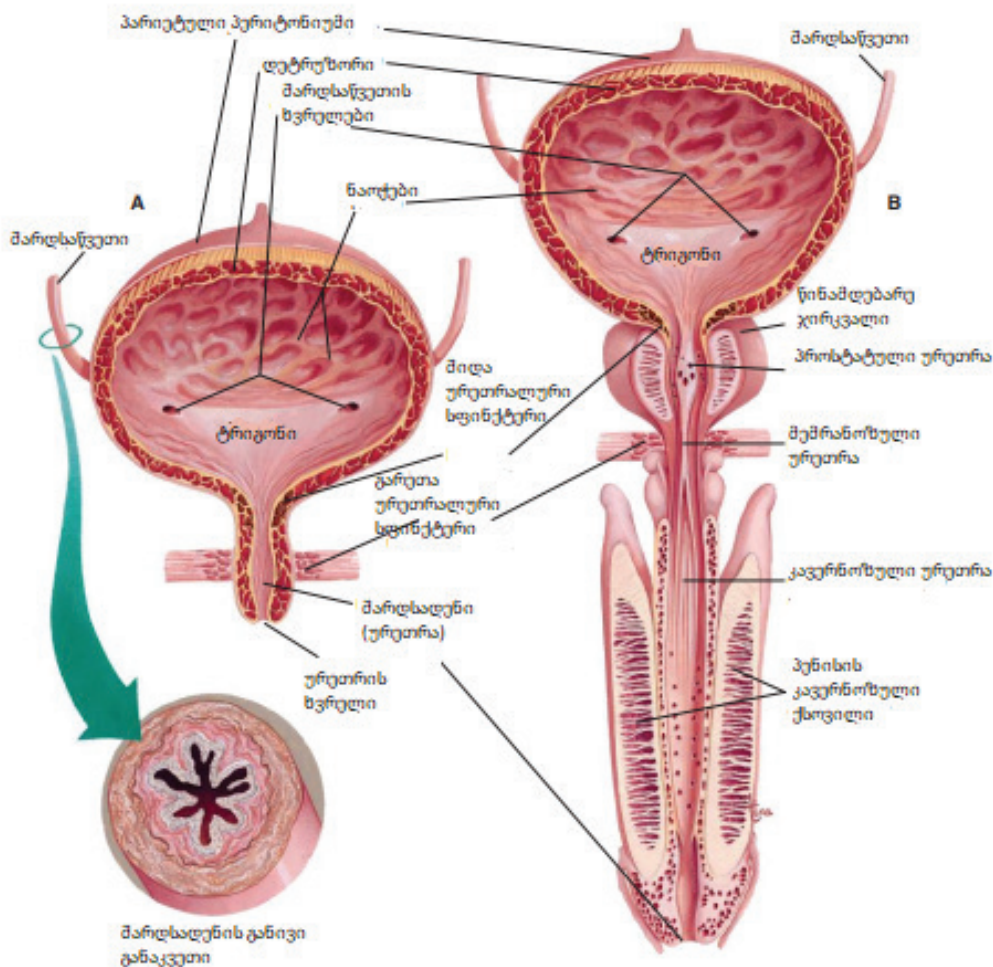
## შარდის ბუშტი

შარდის ბუშტი კუნთოვანი ტომარაა, რომელიც პერიტონიუმის ქვემოთ და ბოქვენის ძვლების უკან მდებარეობს. ქალებში შარდის ბუშტი შარდსადენის ქვემოთ მდებარეობს, მამაკაცებში კი წინამდებარე ჯირკვლის ზემოთ. შარდის ბუშტი დაგროვილი შარდის რეზერვუარია და იკუმშება შარდის ელიმინაციისთვის.



შარდის ბუშტის მუკოზა **გარდამავალი ეპითელიუმია**, რაც მას, გახვევის გარეშე, გაფართოების საშუალებას აძლევს. როდესაც ბუშტი ცარიელია, მუკოზა დანაოჭებულად გამოიყურება; ამ ნაკეცებს **ნაოჭები (rugae)** ეწოდებათ, რაც ასევე ხელს უწყობს გაფართოებას. შარდის ბუშტის ძირში სამკუთხედი სივრცეა, რომელსაც **ტრიგონი** ეწოდება. ტრიგონს არ აქვს ნაოჭები და გაფართოების შესაძლებლობა. სამკუთხედის კუთხეებში იხსნებიან ორი შარდსანვითი და შარდსადენი (იხილეთ, სურათი 18-7).

შარდის ბუშტის კუნთოვან შრეს **დეტრუსორი კუნთი** ეწოდება. ეს არის სფეროს ფორმის კუნთი, რომელიც შეკუმშვისას პატარა სფერო ხდება და მისი მოცულობა მცირდება. შარდსადენის ხვრელის გარშემო, დეტრუსორის კუნთოვანი ბოჭკოების ქმნიან **შიგნითა ურეთრალურ სფინქტერს** (ან შარდის ბუშტის სფინქტერს), რომელიც უნებლიეა.



**სურათი 18-7. (A)** ქალის შარდის ბუშტისა და შარდსაწვეთის ფრონტალური განაკვეთი. ნაჩვენებია, ასევე შარდსადენის განივი განაკვეთი. **(B)** მამაკაცის შარდის ბუშტისა და შარდსაწვეთის ფრონტალური განაკვეთი.

**შეკითხვა:** დაასახელეთ სამარტე სისტემის სფინქტერები და აღნიშნეთ რომელია მათ შორის ნებელობითი და არანებელობითი.

## შარდსადენი

**შარდსადენს (urethra)** (იხილეთ, სურათი 18-7) შარდი შარდის ბუშტიდან გარეთ გამოაქვს. **გარეთა ურეთრალური სფინქტერი** შექმნილია გარშემომყოფი მენჯის ძირის განივზოლიანი ჩონჩხის კუნთისგან და ნებელობითია.

ქალებში შარდსადენის სიგრძე 2.5-4 სმ-ია და საშოს წინ მდებარეობს. მამაკაცებში შარდსადენის სიგრძე 17-20 სმ-ია. უშუალოდ შარდის ბუშტის გარე, პირველ ნაწილს პროსტატული

ურეთრა ეწოდება, რადგან ის შემოსაზღვრულია წინამდებარე ჯირკვლით. შემდეგი ნაწილი მემბრანოზული ურეთრაა, რომლის გასწვრივაცაა გარეთა ურეთრალური სფინქტერი. ყველაზე გრძელი კავერნოზული ურეთრაა (ან პენისის ურეთრა), რომელიც პენისის კავერნოზულ (ან ერექციულ) ქსოვილში გადის. მამაკაცის ურეთრა ატარებს შარდს და სპერმასაც.

## მოშარდვის რეფლექსი

**მოშარდვის, ან ურინაციის რეფლექსი** ზურგის ტვინის რეფლექსია, რომლის ნებაყოფლობითი კონტროლი შესაძლებელია. რეფლექსის სტიმული შარდის ბუშტის დეტრუსორი კუნთის გაჭიმვაა. შარდს ბუშტს შეუძლია 800 მლ და უფრო მეტი შარდის დატევა, თუმცა რეფლექსი ბევრად ადრე აქტივდება.

როდესაც შარდის მოცულობა 200-400 მლ-ს მიაღწევს, გაჭიმვა საკმარისია სენსორული იმპულსების წარმოსაქმნელად, რომლებიც ხერხემლის გავის ნაწილში მიემართებიან. მოტორული იმპულსები, დეტრუსორამდე პარასიმპათიკური ნერვებით ბრუნდება და იწვევს მის შეკუმშვას. ამავდროულად, ხდება შიდა ურეთრალური სფინქტერის მოდუნება. თუ გარეთა ურეთრალური სფინქტერი ნებაყოფლობით მოდუნდება, შარდი შარდსადენში გადავა და შარდის ბუშტი დაიცვლება.

შარდის გამოყოფა შეიძლება შეკავდეს გარეთა ურეთრალური სფინქტერის ნებაყოფლობითი შეკუმშვით. თუმცა თუ შარდის ბუშტის ავსება და გაჭიმვა გაგრძელდება, ნებაყოფლობითი კონტროლი, საბოლოოდ, ვეღარ განხორციელდება.

## შარდის მახასიათებლები

შარდის მახასიათებლები მოიცავს ფიზიკურ და ქიმიურ ასპექტებს, რომლებიც ხშირად შარდის საერთო ანალიზის ნაწილია. ზოგიერთი მათგანი აქ არის აღწერილი (იხილეთ, აგრეთვე, დამატება D: ხშირად გამოყენებადი შარდის ანალიზის ნორმალური მაჩვენებლები).

**რაოდენობა** - 24 საათში წარმოქმნილი შარდის რაოდენობა, ნორმაში 1-2 ლიტრია. მრავალი ფაქტორი მოქმედებს გამოყოფილი შარდის რაოდენობაზე. ჭარბი ოფლიანობა, ან დიარეის გამო სითხის დაკარგვა, ორგანიზმში წყლის შესანარჩუნებლად, გამოიწვევს შარდის რაოდენობის შემცირებას (**ოლიგურია**). სითხეების დიდი რაოდენობით მიღება, კი ზრდის გამოყოფილი შარდის რაოდენობას (**პოლიურია**). ალკოჰოლის მოხმარება, ასევე, ზრდის შარდის რაოდენობას, რადგან ალკოჰოლი თრგუნავს ADH-ს და თირკმელები მოახდენენ ნაკლები წყლის რეაბსორბციას.

**ფერი** - შარდის ტიპურ ყვითელ ფერს, ხშირად „ჩალისფერს“, ან „ქარვისფერს“ უწოდებენ. კონცენტრირებული შარდი უფრო მუქი ყვითელია (ქარვისფერი), ვიდრე განზავებული. ახლად გამოყოფილი შარდი გამჭვირვალეა და არ არის მღვრიე.

**ხვედრითი წონა** - ნორმალური მაჩვენებელი 1.010-დან 1.025-ია. ეს შარდში გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობის საზომია. დისტილირებული წყლის ხვედრითი წონა 1.000-ია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ის არ შეიცავს გახსნილ ნივთიერებებს. აქედან გამომდინარე, რაც მაღალია ხვედრითი წონა, მით მეტი ნივთიერებაა გახსნილი. ძლიერი ფიზიკური დატვირთვის დროს, ოფლის დიდი რაოდენობით გამოყოფა, ამცირებს შარდის რაოდენობას, რომელიც უფრო კონცენტრირებული იქნება.

ხვედრითი წონა კონცენტრაციის უნარის საზომია: წარმოქმნილი ნარჩენი ნივთიერებები, თირკმელებმა, რაც შეიძლება მცირე რაოდენობის წყალთან ერთად უნდა გამოყონ.

**pH** - შარდის pH 4.6-დან 8.0-მდეა, საშუალოდ 6.0. დიეტა დიდ გავლენას ახდენს შარდის pH-ზე. ვეგეტერიანული დიეტის დროს შარდი უფრო ტუტეა, მაღალი პროტეინების შემცველი დიეტის დროს, კი უფრო მჟავა.

**შემადგენლობა** - შარდის 95 % წყალია, რომელიც წარმოადგენს გამხსნელს ნარჩენი ნივთიერებებისა და მარილებისთვის. მარილები არ წარმოადგენენ ნამდვილ ნარჩენ პროდუქტებს, რადგან საჭიროებისას, ორგანიზმი მათ იყენებს, თუმცა ჭარბი რაოდენობა შარდით გამოიყოფა (იხილეთ, სამახსოვრო 18-4: თირკმლის კენჭები).

## სამახსოვრო 18-4 | თირკმლის კენჭები

**თირკმლის კენჭები**, ან თირკმლის ქვები, ნორმაში შარდში არსებული მარილების კრისტალებია. შარდში მარილები ძალიან მაღალი კონცენტრაცია, შესაძლოა გახდეს მარილების დალექვის და კრისტალების წარმოქმნის მიზეზი, რომელთა ზომა შეიძლება მიკროსკოპიულიდან 10-20 მმ-მდე დიამეტრის იყოს. ყველაზე გავრცელებული თირკმლის კენჭები კალციუმის მარილებია, შედარებით იშვიათად გვხვდება შარდმჟავა კენჭები.

ყველაზე მეტი ალბათობით, თირკმლის კენჭები თირკმლის მენჯში წარმოიქმნებიან. განაპირობებელი ფაქტორები მოიცავს სითხეების მცირე რაოდენობით მიღებას, ან მინერალების (როგორც, მინერალების დანამატები) ჭარბი რაოდენობით მიღებას; ორივე მათგანი განაპირობებს ძალიან კონცენტრირებული შარდის ფორმირებას.

თირკმლის კენჭის შარდსაწვეთში შესვლამ შესაძლოა გამოიწვიოს ინტენსიური ტკივილი (თირკმლის კოლიკა) და სისხლდენა. შარდსაწვეთის კენჭით ობსტრუქცია შეიძლება გახდეს შარდის უკან გადადინების და თირკმლების შესაძლო დაზიანების მიზეზი. მკურნალობა მოიცავს კენჭების ქირურგიული გზით ამოღებას, ან ლითოტრიპსიას, შოკური ტალღების გამოყენებით, კენჭების იმ ზომებამდე დაქუცმაცებას, რომ მათმა გამოდევნამ, არ გამოიწვიოს საშარდე ტრაქტის დაზიანება.

## სამახსოვრო 18-5 | სისხლის ტესტები და თირკმლის ფუნქცია

ნორმაში, ნარჩენი პროდუქტები სისხლში გვხვდებიან და თითოეული მათგანის კონცენტრაცია, გარკვეულ ნორმალურ ზღვრებშია. სისხლის ბიოქიურ ანალიზის ფარგლებში, რომელიც სტანდარტული ლაბორატორული ტესტების ერთერთი წარმომადგენელია, ისაზღვრება სამი აზოტოვანი ნარჩენის (შარდოვანა, კრეატინინი და შარდმჟავა) დონე.

თუ ამ სამი ნივთიერების დონე ნორმის ფარგლებშია, შეიძლება დავასკვნათ, რომ თირკმელები ამ პროდუქტებს ნორმალური სიჩქარით გამოყოფენ. თუმცა, თუ სისხლში ამ ნივთიერებების დონე ანეულია, ერთ-ერთი მიზეზი თირკმლის ფუნქციის დარღვევა შეიძლება იყოს. ამ სამიდან, თირკმლის ფუნქციის ყველაზე სპეციფიკური მაჩვენებელი, ალბათ, კრეატინინია. სისხლის შარდოვანა აზოტის (BUN) დონე შეიძლება სხვა, თირკმელებთან არაპირდაპირად დამოკიდებული, მიზეზებითაც შეიცვალოს. ასე მაგალითად, BUN-ის დონე შეიძლება გაიზარდოს ცილების მაღალი შემცველობის დიეტის, ან შიმშილობის შემდეგ, როდესაც სხეულის პროტეინი ნორმალურზე სწრაფად იშლება. შარდმჟავას დონეც შესაძლოა დიეტის მიზეზით შეიცვალოს. თუმცა, ამ სამი აზოტოვანი ნარჩენის დონის მომატება, ჩვეულებრივ, მიუთითებს გლომერულური ფილტრაციის დარღვევაზე.

**ურემია** ზოგადი ტერმინია, რომელიც სისხლში შარდოვანას დონის აწევას ასახავს. ზოგიერთი კლინიციისტი თვლის, რომ ტერმინი არაზუსტია, რადგან სხვა ნარჩენი პროდუქტებიც ტოქსიკურიები არიან. რადგან ეს ტერმინი, ჯერ კიდევ, გამოიყენება, უნდა ვიცოდეთ ამის შესახებ.

**აზოტოვანი ნარჩენები** - როგორც მათი დასახელებიდან ჩანს, ყველა ეს ნივთიერება შეიცავს აზოტს. შარდოვანა წარმოიქმნება ღვიძლის უჯრედების მიერ, როდესაც ენერჯის წარმოქმნისთვის ხდება ჭარბი ამინომჟავების დეამინაცია. კრეატინინი კრეატინ ფოსფატის მეტაბოლიზმის (კუნთებში ენერჯის წყაროს) შედეგია. შარდმჟავა DNA-სა და RNA-ის დაშლის - ნუკლეინის მჟავას მეტაბოლიზმის პროდუქტია. მიუხედავად, რომ ისინი ნარჩენი პროდუქტებია, მათი გარკვეული რაოდენობა ყოველთვისაა სისხლში. სამახსოვრო 18-5: სისხლის ტესტები და თირკმლის ფუნქცია, აღწერს დამოკიდებულებას ამ ნარჩენი ნივთიერებების სისხლში დონესა და თირკმლის ფუნქციას შორის.



სხვა არა-აზოტოვანი ნარჩენი ნივთიერებებია ხანდაზმული ერთროციტების ჰემოგლობინისგან გამოთავისუფლებული ურობილინის მცირე რაოდენობა (იხილეთ, თავი 11, სურათი 11-4) და შესაძლოა, მედიკამენტების გადამუშავების პროდუქტები. ცხრილი 18-3 აჯამებს შარდის მახასიათებლებს.

**ცხრილი 18-3| ნორმალური შარდის მახასიათებლები**

მახასიათებელი	აღწერა
რაოდენობა	24 საათში 1-2 ლიტრი; მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მიღებული სითხის რაოდენობასა და კანიდან და გასტროინტენსტივური ტრაქტიდან წყლის დაკარგვაზე
ფერი	ჩალისფერი, ან ქარვისებრი; კონცენტრირებული უფრო მუქია; უნდა იყოს გამჭვირვალე და არ იყოს შემღრეული
ხვედრითი ნონა	1.010-1.025; შარდში გახსნილი ნივთიერებების საზომი; რაც დაბალია მნიშვნელობა, მით უფრო განზავებულია შარდი.
pH	საშუალო 6. ზღვარი 4.6 - 8.0; დიეტა უდიდეს გავლენას ახდენს შარდის pH-ზე
შემადგენლობა	95% წყალი; 5% მარილები და ნარჩენი პროდუქტები
აზოტოვანი ნარჩენები	შარდოვანა - ამინომჟავების მეტაბოლიზმიდან
	კრეატინინი - კუნთოვანი მეტაბოლიზმიდან
	შარდმჟავა - ნუკლეინის მჟავას მეტაბოლიზმიდან

როდესაც ნივთიერება, რომელიც შარდში ნორმაში არ უნდა იყოს და ჩნდება, ამის მიზეზი არსებობს. ეს მიზეზი შესაძლოა სპეციფიკური, ან ზოგადი იყოს. ცხრილში 18-4 ჩამოთვლილია შარდის ზოგიერთი არანორმალური შემადგენლები და ამის შესაძლო მიზეზები (ნახეთ, ასევე, სამახსოვრო 18-6: საშარდე სისტემის ინფექციები).

**დაბერება და საშარდე სისტემა**

ასაკთან ერთად, თირკმლის ნეფრონების რაოდენობა მცირდება და 70-80 წლისთვის დარჩენილია საწყისი რაოდენობის ნახევარი, რაც თირკმელებს კონცენტრაციის უნარს გარკვეულად აკარგვინებს. გლომერულური ფილტრაცია, ასევე, ნაწილობრივ მცირდება არტერიოსკლეროზისა და თირკმლის სისხლის მიმოქცევის შემცირების შედეგად. მიუხედავად ამისა, აზოტოვანი ნარჩენების ექსკრეცია ადეკვატური რჩება.

შარდის ბუშტი ზომასი კლებულობს და დეტრუსორ კუნთის ტონუსი მცირდება. ამ ცვლილებებმა შესაძლოა უფრო ხშირი ურინაციის მოთხოვნა გამოიწვიოს. შარდის შეუკავებლობა არ ნარმოადგენს დაბერების აუცილებელ გამოსავალს და შესაძლებელია მისი პრევენცია ან მინიმინიზირება. ხანდაზმული ადამიანები უფრო მიდრეკილნი არიან საშარდე სისტემის ინექციების მიმართ, განსაკუთრებით, თუ მოშარდვის შემდეგ შარდის ბუშტში ნარჩენი შარდი რჩება.

**ცხრილი 18-4 | ნივთიერებები, რომლებიც ნორმალურ შარდში არ გვხვდება**

მახასიათებელი	მიზეზები
<p><b>გლუკოზურია</b> (გლუკოზის არსებობა)</p>	<p>სანამ სისხლის გლუკოზის დონე ნორმალურია, ფილტრატში გლუკოზის შემცველობაც ნორმალური იქნება და არ ასცდება რეაბსორციის ზღურბლს. არანამკურნალები დიაბეტის შემთხვევაში, როდესაც სისხლში გლუკოზის დონე ძალიან მაღალია, ფილტრატშიც მაღალი იქნება. თირკმელები მოახდენენ გლუკოზის რეაბსორბციას ზღურბლოვან მაჩვენებლამდე, დანარჩენი ფილტრატში დარჩება და შარდში ექსკრეტირდება.</p>
<p><b>პროტეინურია</b> (პროტეინის არსებობა)</p>	<p>პროტეინების მოლეკულების უმეტესობა იმაზე დიდია, ვიდრე გლომერულებს შეუძლიათ ძალით გამოდევნონ, მცირე პროტეინები კი, რომლებიც ფილტრატში გადადიან, პინოციტოზით რეაბსორბირდებიან. შარდში პროტეინის არსებობა მიანიშნებს, რომ გლომერულები ზედმეტად განვლადნი ხდებიან, როგორც ეს თირკმლის ზოგიერთი დაავადების დროს ხდება.</p>
<p><b>ჰემატურია</b> (სისხლის - RBC-ების არსებობა)</p>	<p>შარდში RBC-ების არსებობაც, ასევე მიუთითებს, რომ გლომერულები ძალიან განვლადნი არიან. სხვა შესაძლო მიზეზი შეიძლება იყოს სისხლდენა ურინარულ ტრაქტში. სისხლდენის წყაროს აღმოჩენა სპეციალური კვლევების ჩატარებას საჭიროებს.</p>
<p><b>ბაქტერიურია</b> (ბაქტერიების არსებობა)</p>	<p>ბაქტერიები შარდს შემღვრეულ შესახედაობას აძლევენ; შესაძლოა, ასევე აღინიშნოს WBC-ებიც. შარდში ბაქტერიების არსებობა მიუთითებს ურინარული ტრაქტის რომელიმე ნაწილის ინფექციაზე. ინფექციის ზუსტი ლოკალიზაციის დასადგენად საჭიროა სპეციფიკური კვლევების ჩატარება.</p>
<p><b>კეტონურია</b> (კეტონების არსებობა)</p>	<p>კეტონები წარმოიქმნება ცხიმებისა და პროტეინებისგან და გამოიყენება ენერჯის წარმოქმნისთვის. უმნიშვნელო რაოდენობით, კეტონების შარდში აღმოჩენა, ნორმალურია. კეტონების დონის მომატება მიანიშნებს, რომ ენერჯის წარმოსაქმნელად ცხიმები და პროტეინები გამოიყენებიან. ეს შესაძლოა ან ნახშირწყლების მეტაბოლიზმის დარღვევით იყოს გამოწვეული (როგორც შაქრიანი დიაბეტის დროს), ან მარტივად პროტეინის მაღალი შემცველობის დიეტით.</p>

**სამახსოვრო 18-6 | საშარდე სისტემის ინფექციები**

ინფექციები საშარდე სისტემის ნებისმიერ ნაწილში შეიძლება განვითარდეს და უფრო ხშირად, სექსუალურად გადამდები დაავადებების გამომწვევი მიკრობული აგენტებით (იხილეთ, თავი 20), ან კოლინჯის ნორმალური ფლორითაა განპირობებული. ამ უკანასკნელი მიზეზით, საშარდე სისტემის ინფექციები, განსაკუთრებით, ქალებში ვითარდება, რადგან ქალებში საშარდე და ანალური ხვრელები ახლოსა ერთმანეთთან და კოლინჯის ბაქტერიები შორისის კანიდან შეიძლება საშარდე სისტემაში შეიჭრნენ. ჰოსპიტალიზებულ, ან საწოლს მიჯაჭვულ პაციენტებში შარდის კათეტერების გამოყენებაც შეიძლება გახდეს ინფექციის განვითარების მიზეზი, თუ სტერილური ტექნიკის დაცვა სრულად არ ხდება.

**ცისტითი** შარდის ბუშტის ინფექციაა. სიმპტომები მოიცავს ხშირ და მტკივნეულ ურინაციას, ზურგის ქვედა ნაწილის ტკივილს. **ნეფრიტი** (ან პიელონეფრიტი) თირკმელების ანთებაა. მიუხედავად იმისა, რომ ეს შეიძლება სისტემური ბაქტერიული ინფექციის შედეგი იყოს, ის ხშირად, არანამკურნალები საშარდე ინფექციის, მაგალითად, ცისტიტის გართულებაა. შესაძლო სიმპტომებია სიცხე და ფერდების ტკივილი (თირკმელების საპროექციო არეში). არანამკურნალებმა ნეფრიტმა შეიძლება ნეფრონების დაზიანება გამოიწვიოს, რომელიც შეიძლება თირკმლის უკმარისობამდე პროგრესირდეს.

## შეჯამება

თირკმელები ორგანიზმის შიდა გარემოს ძირითადი მარეგულირებელია. ქსოვილოვანი სითხეების შემადგენლობა პირდაპირ, ან არაპირდაპირად რეგულირდება თირკმელების მიერ, რადგან ისინი შარდს სისხლის პლაზმისგან წარმოქმნიან. თირკმელებს, ასევე დიდი როლი ეკისრება სხეულის სითხეების pH-ის რეგულაციაში. ეს საკითხები განხილულია შემდეგ თავში.



# თავი 19

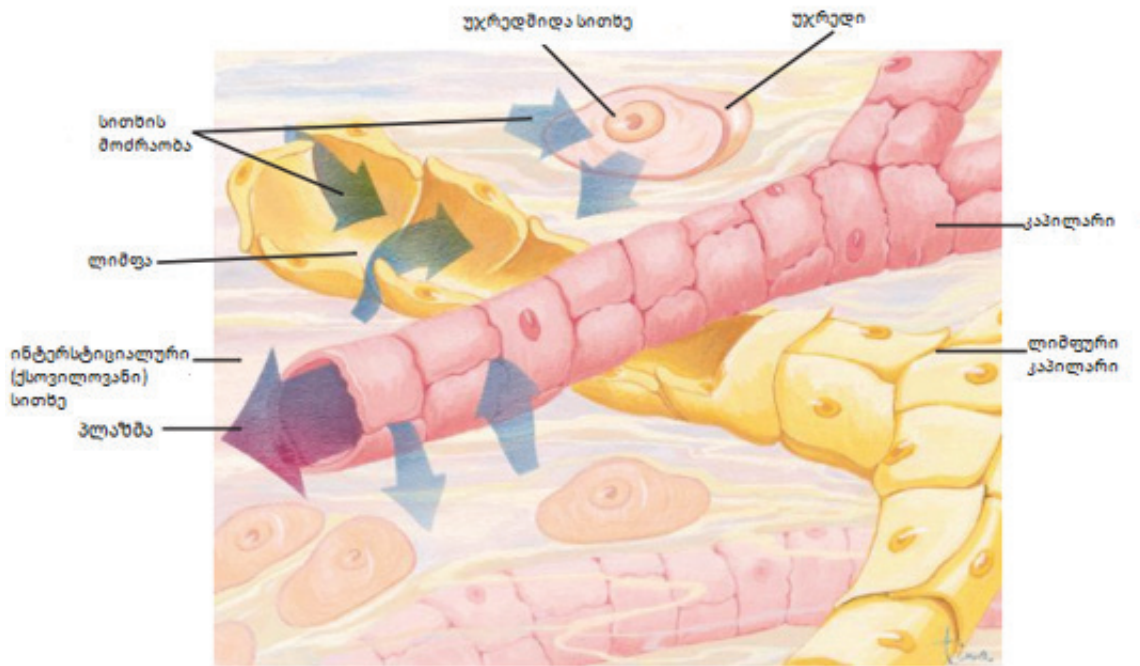
## მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობა

ადამიანები წყლის ქმნილებები არიან. უფრო ზუსტად, ჩვენ მარილიანი, თუმცა არა ოკეანესავით მარილიანი, წყლის ქმნილებები ვართ. წყალი, ადამიანის სხეულის თხევადი გარემო, სხეულის წონის 55%-70%-ს შეადგენს. ჩვილებში წყლის შემცველობა უფრო მეტია, ვიდრე მოზდილებში, მამაკაცები უფრო მეტ წყალს შეიცავენ, ვიდრე ქალები.

ელექტროლიტები ქსოვილოვან სითხეებში არსებული დადებითი და უარყოფითი იონებია. წინა თავებში, ჩვენ მათ მარილებს ვუწოდებდით. ზოგჯერ მიკროელემენტებს. ამ იონების და მინერალების უმეტესობას თქვენ უკვე იცნობთ. ქსოვილოვან სითხეებში, თითოეულს თავისი ფუნქცია აქვს და ზოგიერთი მათგანი ჩართულია ქსოვილოვანი სითხეების ნორმალური pH-ის შენარჩუნებაში. ამ თავში ჩვენ განვიხილავთ მჟავა-ტუტოვან წონასწორობას და გავიმეორებთ და შევაჯამებთ მჟავა-ტუტოვანი ბალანსის შენარჩუნების მექანიზმებს.

### წყლის კუპეები (კომპარტმენტები)

სხეულის წყლის უმეტესობა, საერთო მოცულობის, დაახლოებით 2/3, უჯრედების შიგნით გვხვდება და მას **ინტრაცელულარული სითხე (ICF)** ეწოდება. დანარჩენ სითხეს **ექსტრაცელულარული სითხე (ECF)** ეწოდა და მოიცავს პლაზმას, ლიმფას, ქსოვილოვან სითხეს და სპეციალიზებულ სითხეებს, როგორებიცაა ცერებროსპინალური სითხე, სინოვიალური სითხე, თვალის ბროლის წყალი და სეროზული სითხე.



სურათი 19-1. წყლის კუპეები. დასახელება მიცემული ლოკალიზაციის მიხედვით.

**შეკითხვა:** დასახელეთ ორი სპეციალიზებული სითხე, რომლებიც ქსოვილოვანი სითხის მსგავსია.

**ფილტრაციის და ოსმოსის მექანიზმების მეშვეობით, წყალი მუდმივად გადაადგილდება სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეში. წყლის ამ ადგილებს წყლის კუპეები ეწოდება (იხილეთ, სურათი 19-1). გულის კამერები და ყველა სისხლძარღვი ერთ კუპეს ქმნის და მასში არსებულ**

წყალს პლაზმა ენოდება. კაპილარებში ფილტრაციის პროცესის შედეგად, პლაზმის ნაწილი ქსოვილოვან სივრცეებში (სხვა კუპე) გადაიდევნება და მას ქსოვილოვანი სითხე ეწოდება. შემდეგ, ოსმოსის პროცესით, სითხე უჯრედებში, სხვა კუპეში შედის და მას ინტრაცელულარული სითხე ეწოდება. ქსოვილოვანი სითხე, რომელიც ლიმფურ სადინრებში, სხვა კუპეში, შედის ლიმფად მოიხსენება.

სხვა პროცესს, რომლითაც სითხე ერთი კუპიდან მეორეში გადაადგილდება ოსმოსი ეწოდება, რაც ალბათ, გახსოვთ, რომ წარმოადგენს ნახევრად-გამტარ მემბრანებში წყლის დიფუზიას. წყალი, უჯრედების მემბრანების გავლით, გადაადგილდება მაღალი კონცენტრაციიდან დაბალ კონცენტრაციისკენ. სხვანაირად რომ ვთქვათ, წყალი დიფუზირდება სივრცეში, რომელშიც განხილული ნივთიერებების კონცენტრაცია მაღალია. სითხის სხვადასხვა კუპეებში ელექტრიულიტების კონცენტრაცია განსაზღვრავს როგორ იმოქმედებს ოსმოსი. აქედან გამომდინარე, თუ ყველა კუპეში წყალი წონასწორობაშია, ელექტროლიტებიც წონასწორობაში იქნება.

მიუხედავად იმისა, რომ წყალი და ელექტროლიტები მუდმივ მოძრაობაში არიან, კუპეებში მათი შედარებითი პროპორციები მუდმივი რჩება; ეს სითხე-ელექტროლიტების ჰომეოსტაზია და მისი შენარჩუნება სასიცოცხლოა (იხილეთ, სამახსოვრო 19-1: შეშუპება).

## სამახსოვრო 19-1| შეშუპება

**შეშუპება** ქსოვილოვანი სითხის რაოდენობის პათოლოგიური გაზრდაა, რაც შეიძლება იყოს ლოკალიზებული, ან სისტემური. ზოგჯერ შეშუპება არ ჩანს, ზოგჯერ კი გამოხატულია, როგორც შესივება.

ლოკალიზებული შეშუპება, სხეულის რომელიმე ნაწილის დაზიანების, ან ანთების დროს ვითარდება. ასე მაგალითად, კოჭის დაჭიმვა, ინვევს ქსოვილების დაზიანებას და ჰისტამინის გამოთავისუფლებას. ჰისტამინი ზრდის კაპილარების განვლადობას და უფრო მეტი ქსოვილოვანი სითხე წარმოიქმნება. როდესაც ქსოვილოვანი სითხე დაგროვდება, კოჭი შეიძლება შესივდეს.

სისტემური შეშუპება კაპილარებში წყლის შესვლა-გამოსვლის, ფილტრაციისა და ოსმოსის, ბალანსის დარღვევის შედეგია. კაპილარებში წნევის მომატება გამოიწვევს ჭარბ ფილტრაციას. ეს შეიძლება გამოიწვევოს იყოს თრომბოზით გამოწვეული ვენური ობსტრუქციით, ან გულის შეგუგებითი უკმარისობით. ამ ტიპის შეშუპება, ხშირად, ქვემო კიდურებში ვლინდება (პულმონური შეშუპება აღწერილი იყო მე-15 თავში).

სისტემურ ბაქტერიულ ინფექციებსაც შეუძლია კაპილარების განვლადობის გაზრდა - პლაზმის ქსოვილოვან სივრცეებში გადასვლა სეფსისის ერთ-ერთი გამოვლინებაა. ამ შემთხვევაში, შეშუპებას, ჰიპოტენზიასთან შედარებით, რომელიც სიცოცხლისათვის საშიში შეიძლება გახდეს, მეორადი მნიშვნელობა აქვს.

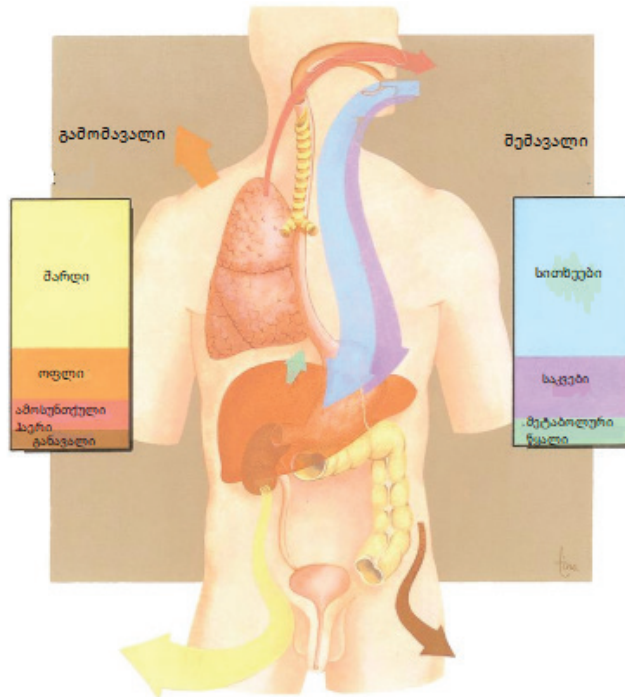
არასაკმარისი ოსმოსი, ქსოვილოვანი სითხის კაპილარებში დაბრუნება, პლაზმაში პროტეინების, განსაკუთრებით, ალბუმინის ნაკლებობის შედეგია. ეს მდგომარეობა შეიძლება განვითარდეს ლვიძლის სერიოზული დაავადების, მაგალითად, ციროზის ფონზე, თირკმლოვანი პათოლოგიის დროს, როდესაც შარდით პროტეინის დაკარგვა ხდება, მალნუტრიციის, ან მძიმე დამწვრობის შემთხვევაში.

რადგან შეშუპება სიმპტომია და არა დაავადება, მკურნალობა მიმართულია სპეციფიკური მიზეზის აღმოსაფხვრელად. თუ ეს შეუძლებელია, მაშინ ქსოვილოვანი სითხის შემცირება უნდა მოხდეს მარილის მცირე რაოდენობის შემცველი დიეტით, ან შარდმდენების გამოყენებით.

## წყლის შესვლა და გამოსვლა

ორგანიზმისთვის საჭირო წყლის უმეტეს ნაწილს სითხეების სახით ვიღებთ. ეს დღეში 1600 მლ-ია. ჩვენს მიერ მიღებული საკვებიც შეიცავს წყალს. ის საჭმელიც, კი რომელიც ჩვენ მშრალად მიგვაჩნია, მაგალითად პური, მნიშვნელოვანი რაოდენობით წყალს შეიცავს. საკვებისგან

დღიურად მიღებული სითხის რაოდენობა, დაახლოებით, 700 მლ-ია. წყლის კიდევ ერთი წყარო, დაახლოებით, 200 მლ დღეში, უჯრედული სუნთქვის პროდუქტია და მას მეტაბოლური წყალი ეწოდება. აქედან გამომდინარე, მიღებული წყლის დღიური ოდენობა, დაახლოებით, 2500 მლ, ანუ 2.5 ლ-ია.



**სურათი 19-2.** წყლის შესვლა და გამოსვლა.

**შეიშვება:** ძალიან ცხელ დღეს, როგორ შეიცვლება გამომავალი სითხის მოცულობები?

ორგანიზმიდან წყლის უმეტესი რაოდენობა შარდის სახით გამოიყოფა, რომელსაც თირკმელები წარმოქმნიან და დღეში, დაახლოებით, 1500 მლ-ია. დღეში 500 მლ ოფლის სახით იკარგება, დღეში 300 მლ ორთქლის სახით, ამოსუნთქულ ჰაერთან ერთად და კიდევ 200 მლ დღეში, განავალთან ერთად. აქედან გამომდინარე, სითხის ყოველდღიური დანაკარგიც, დაახლოებით, 2500 მლ-ია.

ბუნებრივად, წყლის დანაკარგის გაზრდა უნდა კომპენსირდებოდეს მეტი წყლის მიღებით. ასე მაგალითად, ძლიერი ფიზიკური დატვირთვის დროს, ოფლის სახით, შეიძლება 1-2 ლიტრი სითხე დაიკარგოს, რაც უნდა ჩანაცვლდეს მეტი რაოდენობით სითხის მიღებით. ჯანმრთელ ადამიანისთვის, მიღებული და გამოყოფილი სითხის ოდენობა ერთნაირია, მიუხედავად, იმისა, რომ თითოეულის რაოდენობა შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ჩვენს მიერ მოყვანილი საშუალოებისგან (იხილეთ სურათი 19-2 და ცხრილი 19-1).

**ცხრილი 19-1| წყლის მიღება და გამოყოფა**

ფორმა	საშუალო რაოდენობა 24 საათში (მლ)
<b>მიღება</b>	
სითხეები	1600
საკვები	700
მეტაბოლური წყალი	200
<b>გამოყოფა</b>	
შარდი	1500
ოფლი და წყლის შეუგრძნობი დაკარგვა	500



ამოსუნთქვა	300
განავალი	200

## წყლის მიღების და გამოყოფის რეგულაცია

ტვინში არსებული ჰიპოთალამუსი შეიცავს **ოსმორეცეპტორებს**, რომლებიც აღიქვამენ ქსოვილოვანი სითხეების ოსმოლარობას. **ოსმოლარობა**, სითხეში გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაციებია. დეჰიდრატაცია ზრდის სისხლის ოსმოლარობას: რაც ნიშნავს, რომ გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაციებთან მიმართებაში, წყლის პროპორცია ნაკლებია. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, სისხლი უფრო კონცენტრული სითხე ხდება. დეჰიდრატაციის დროს ჩვენ წყურვილის შეგრძნება გვაქვს, რაც გამოიხატება პირის ღრუსა და ხორხის სიმშრალით, რადგან ნაკლები ნერწყვი წარმოიქმნება. წყურვილი არაკომოფორტული შეგრძნებაა და ჩვენ ვიღებთ სითხეების ამ შეგრძნების მოსახსნელად. ჩვენს მიერ მიღებული სითხე სწრაფად შეინწოვება კუჭის და ნაწლავების მუკოზის მიერ და აქვეითებს სისხლის ოსმოლარობას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მიღებული წყალი იწვევს ჩვენი სისხლის განზავებას და რადგან შრატის ოსმოლარობა ნორმას უბრუნდება, წყურვილის შეგრძნება ქრება.

როგორც შეიძლება გახსოვდეთ, ანტიდიურეზული ჰორმონის (**ADH**) გამომუშავებით, რომელიც უკანა ჰიპოფიზში იწარმოება, ჰიპოთალამუსი ჩართულია წყლის ბალანსის რეგულაციაში. დეჰიდრატაციის დროს, ჰიპოთალამუსი ასტიმულირებს ჰიპოფიზიდან **ADH**-ის გამოყოფას. ანტიდიურეზული ჰორმონი შემდეგ ზრდის, თირკმელების მიერ, წყლის რეაბსორბციას. სისხლის მოცულობის შესანარჩუნებლად, წყალი ბრუნდება სისხლში და შარდის გამოყოფა მცირდება.

თირკმლეუდა ჯირკვლის ქერქის ჰორმონი, ალდოსტერონი, ასევე ღებულობს მონაწილეობას წყლის გამოყოფის რეგულაციაში. ალდოსტერონი ზრდის თირკმლის მილაკებში **Na<sup>+</sup>** იონების რეაბსორბციას და წყალი რენალური ფილტრებიდან, **Na<sup>+</sup>** იონებს უკან, სისხლში მიჰყვება. ალდოსტერონი მაშინ სეკრეტირდება, როდესაც სისხლში **Na<sup>+</sup>** იონების კონცენტრაცია კლებულობს, ან როდესაც არტერიული წნევა მნიშვნელოვნად ქვეითდება (იხილეთ, რენინ-ანგიოტენზინის მექანიზმი).

სხვა მრავალი ფაქტორიც უწყობს ხელს წყლის დაკარგვას. ეს მოიცავს ჭარბ ოფლიანობას, დიარეას, ან პირღებინებას, მძიმე დამწვრობას და სიცხეს. ამ გარემოებებში, თირკმელები მოახდენენ წყლის შეკავებას, თუმცა ორგანიზმი, ასევე, უნდა შეივსოს დიდი რაოდენობით სითხის მიღებით. სისხლდენის შემდგომ, ან ზოგიერთი დაავადების დროს, სითხეების ჩანაცვლება, შესაძლოა, სითხეების ინტრავენური გადასხმით მოხდეს.

შედარებით იშვიათი მდგომარეობაა, ზედმეტი ჰიდრატაცია - სხეულში ჭარბი რაოდენობით წყლის არსებობა. ეს შეიძლება მოხდეს სითხეების ზედმეტი რაოდენობის მიღებით. სისხლის ოსმოლარობა იკლებს, რაც ნიშნავს რომ ელექტროლიტებთან მიმართებაში, წყლის კონცენტრაცია ძალიან მალაღია, ან სისხლი ძალიან განზავებულია. ამ მდგომარეობამ შესაძლოა სიმპტომების გამოვლენაც გამოიწვიოს და მას წყლის ინტოქსიკაცია ქვია. სიმპტომები მოიცავს თავბრუსხვევას, აბდომინალურ სპაზმებს, გულისრევას და ძლიანობას. მძიმე შემთხვევებში შესაძლოა კრუნჩხვებიც განვითარდეს და უნდა მოხდეს სითხეების მიღების შეზღუდვა, სანამ თირკმელები წყლის ზედმეტ რაოდენობას არ გამოყოფენ. ჰორმონი, რომელიც ამ პროცესს ხელს შეუწყობს წინაგულივანი ნატრიურეზული პეპტიდია (**ANP**), რომელიც წინაგულების მიერ გამოიყოფა, როდესაც სისხლის მოცულობა, ან წნევა მოიმატებს. **ANP** აქვეითებს, თირკმელების მიერ, **Na<sup>+</sup>** იონების რეაბსორბციას, რაც ზრდის ნატრიუმის და წყლის გამოყოფას. ასევე, მცირდება **ADH**-ის სეკრეცია, რაც ზრდის შარდის გამოყოფას და სისხლს ნორმალურ ოსმოლარობას უბრუნებს.

## ელექტროლიტები

**ელექტროლიტები** ქიმიური ნივთიერებებია, რომლებიც წყალში იხსნებიან და პოზიტიურ და ნეგატიურ იონებად დისოცირდებიან. ადამიანის ქსოვილოვან სითხეებში არსებული ელექტროლიტების უმეტესობა არაორგანული მარილები, მჟავები და ტუტეებია.

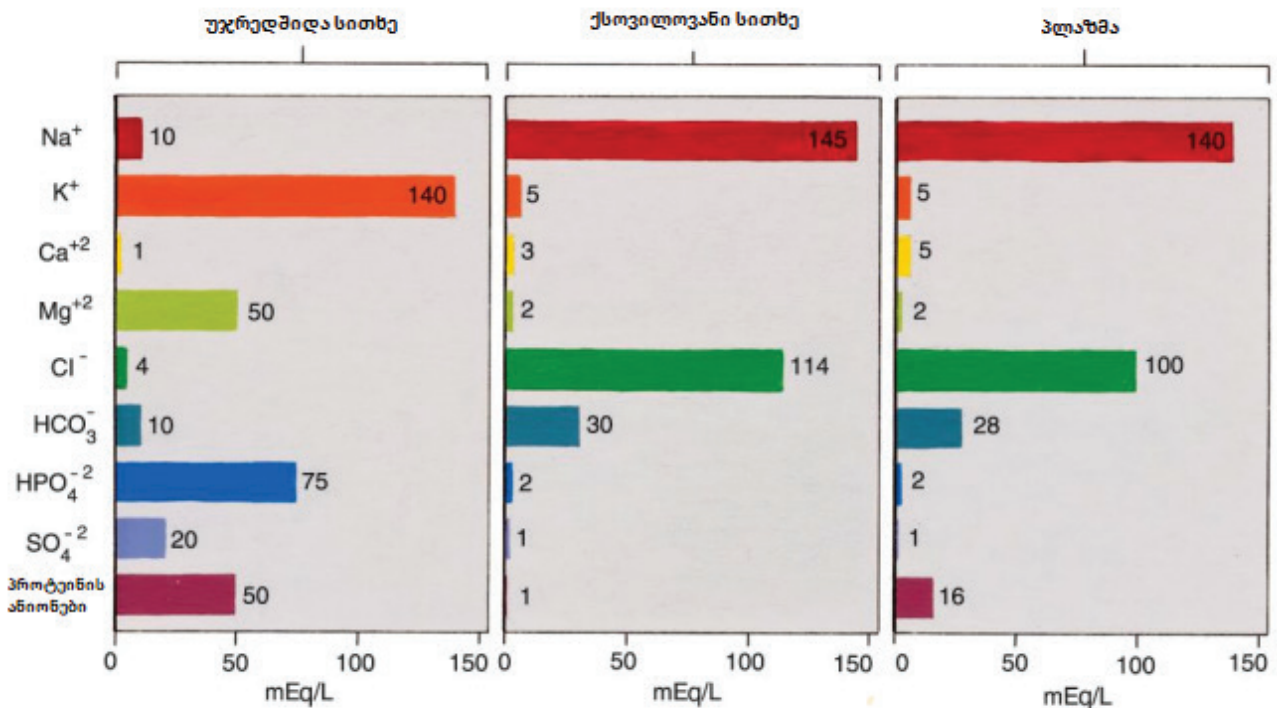
ორგანული შემადგენლების უმეტესობა არ არის ელექტროლიტები, რაც იმას ნიშნავს, რომ სითხეში ისინი არ იონიზდებიან. ასე მაგალითად, გლუკოზა იხსნება სითხეში, მაგრამ არ იონიზდება და ინტაქტურ გლუკოზის მოლეკულად რჩება. თუმცა, ზოგიერთი პროტეინი წარმოქმნის იონურ კავშირებს და სითხეებში იონებად დისოცირდება.

პოზიტიურ იონებს **კათიონები** ეწოდება. ამის მაგალითებია  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  და  $\text{H}^+$  იონები. ნეგატიურ იონებს **ანიონები** ჰქვია და მათი მაგალითებია:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  (სულფატი),  $\text{HPO}_4^{-2}$  (ფოსფატი) და პროტეინის ანიონები.

ელექტროლიტები ხელს უწყობს ქსოვილოვანი სითხეების ოსმალარობის შექმნას და ამით არეგულირებენ, სხვადასხვა კუპებს შორის, წყლის ოსმოსს. ზოგიერთი ელექტროლიტი ჩართულია მჟავა-ტუტოვანი წონასწორობის რეგულაციის მექანიზმებში, ზოგი მათგანი ქსოვილების სტრუქტურული კომპონენტები, ან ენზიმების ნაწილებია. ზოგიერთი ელექტროლიტის შენახვა ორგანიზმშია შესაძლებელი, მაგალითად, კალციუმი და ფოსფორი ძვლებში ინახება, მაგნიუმი ძვლებში, რკინა და სპილენძი, კი ღვიძლში.

## ელექტროლიტები სხეულის სითხეებში

სხეულში სამი ძირითადი სითხეა: ინტრაცელულარული სითხე, ექსტრაცელულარული სითხე - პლაზმა და ქსოვილოვანი სითხე. ამ სითხეებში ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი ელექტროლიტების შედარებითი კონცენტრაციები მოყვანილია სურათზე 19-3. ძირითადი განსხვავებები, შესაძლებელია ასე შევაჯამოთ: ინტრაცელულარულ სითხეში ყველაზე ჭარბი კათიონია  $\text{K}^+$ , ყველაზე ჭარბი ანიონი, კი  $\text{HPO}_4^{-2}$ ; ასევე, ჭარბადაა პროტეინის ანიონები. ორივე ქსოვილოვან სითხესა და პლაზმაში, ყველაზე ჭარბი კათიონია  $\text{Na}^+$  და ყველაზე ჭარბი ანიონი  $\text{Cl}^-$ ; პროტეინული ანიონები პლაზმის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია, მაგრამ არა ქსოვილოვანი სითხის. ძირითადი ელექტროლიტების ფუნქციები აღწერილია ცხრილში 19-2.



**სურათი 19-3.** ელექტროლიტების კონცენტრაციები უჯრედშიდა სითხეში, ქსოვილოვან სითხეში და პლაზმაში. კონცენტრაციები გამოსახულია მილიექვივალენტები ლიტრში (mEq/L).

**შეკითხვა:** რომელ სითხეს უფრო გავს ქსოვილოვანი სითხე? რატომ იცით ეს თქვენ?

## მიღება, გამოყოფა და რეგულაცია

ელექტროლიტები შედის ჩვენს მიერ მიღებული საკვებისა და სითხეების შემადგენლობაში, გასტროინტესტინური ტრაქტიდან სისხლში შეიწოვებიან და სხეულის ქსოვილების ნაწილები ხდება. ჰორმონები არეგულირებს ზოგიერთი ელექტროლიტის ECF კონცენტრაციებს. ალდოსტერონი ზრდის, თირკმელების მიერ,  $\text{Na}^+$  იონების რეაბსორბციას და  $\text{K}^+$  იონების სეკრეციას. ამის შედეგად სისხლში ნატრიუმის დონე იზრდება, კალიუმის დონე ქვეითდება. ANP ზრდის, თირკმელების მიერ,  $\text{Na}^+$  იონების ექსკრეციას და აქვეითებს ნატრიუმის დონეს სისხლში. პარათირეოიდული ჰორმონი (PTH) და კალციტონინი არეგულირებს სისხლში კალციუმისა და ფოსფორის დონეს. PTH ზრდის ამ მინერალების რეაბსორბციას ძვლებიდან და ასევე, წვრილ ნაწლავში ზრდის საკვებიდან, ამ ნივთიერებების, აბსორბციას (D ვიტამინის არსებობა აუცილებელია). კალციტონინი ხელს უწყობს კალციუმის და ფოსფორის სისხლიდან ამოღებას ძვლოვანი მატრიქსის წარმოსაქმნელად.

### ცხრილი 19-2 | ძირითადი ელექტროლიტები

ელექტროლიტი	პლაზმის დონე mEq/L*	უჯრედშიდა (ICF) დონე mEq/L	ფუნქციები
<b>ნატრიუმი (<math>\text{Na}^+</math>)</b>	136-142	10	წარმოქმნის უჯრედგარე სითხის (ECF) უმეტეს ოსმოსურ წნევას. ყველაზე ჭარბი კათიონი ECF-ში
			მნიშვნელოვანი ნეირონებისა და კუნთოვანი უჯრედების ელექტრონული აქტივობისთვის
<b>კალიუმი (<math>\text{K}^+</math>)</b>	3.8-5.0	141	წარმოქმნის უჯრედშიდა სითხის (ICF) უმეტეს ოსმოსურ წნევას. ყველაზე ჭარბი კათიონი ICF-ში
			მნიშვნელოვანი ნეირონებისა და კუნთოვანი უჯრედების ელექტრონული აქტივობისთვის
<b>კალციუმი (<math>\text{Ca}^{+2}</math>)</b>	4.6 - 5.5	1	უმეტესობა (98%) გვხვდება კბილებსა და ძვლებში
			ინარჩუნებს ნეირონების და კუნთოვანი უჯრედების ნორმალურ აგზნებადობას
			მნიშვნელოვანი სისხლის შედედებისთვის
<b>მაგნიუმი (<math>\text{Mg}^{+2}</math>)</b>	1.3-2.1	58	ყველაზე ჭარბადაა ძვლებში (50%)
			უფრო მეტია ICF-ში, ვიდრე ECF-ში
			მნიშვნელოვანია ATP-ის პროდუქციისა და ნეირონებისა და კუნთოვანი უჯრედების აქტივობისთვის



ქლორი (Cl <sup>-</sup> )	95-103	4	ყველაზე ჭარბი ანიონია ECF-ში; ადვილად დიფუზირდება უჯრედის შიგნით და გარეთ; ხელს უწყობს ოსმოსური წნევის რეგულირებას.
			კუჭის წვენის HCl-ის ნაწილი
ბიკარბონატი (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	28	10	ბიკარბონატული ბუფერული სისტემის ნაწილი
ფოსფატი (HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	1.7-2.6	75	უმეტესობა (85%) გვხვდება კბილებსა და ძვლებში
			ICF-ის ძირითადი ანიონი
			DNA, RNA, ATP და ფოსფოლიპიდების ნაწილი
			ფოსფატური ბუფერული სისტემის ნაწილი
სულფატი (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	1	2	ზოგიერთი ამინომჟავის და პროტეინების ნაწილი

\*ანიონის კონცენტრაცია ხშირად გამოიხატება მილიექვივალენტებში ლიტრზე (mEq/L,) რაც ნიშნავს ელექტრული მუხტების რაოდენობას თითოეულ ლიტრში.

ელექტროლიტები იკარგება შარდით, ოფლითა და განავლით. შარდი შეიცავს იმ ელექტროლიტებს, რომელთა რეაბსორბცია არ მოხდა თირკმლის მილაკების მიერ. ყველაზე მეტი Na<sup>+</sup> იონებია. შარდში სხვა ელექტროლიტებიც ხვდება, თუ ორგანიზმის მოთხოვნილება მათ რაოდენობაზე დაბალია.

ოფლში ყველაზე ჭარბად Na<sup>+</sup> და Cl<sup>-</sup> იონებია. განავალთან ერთად ის ელექტროლიტები იკარგებიან, რომლებიც წვრილ ნაწლავში, ან კოლინჯში არ შეიწოვებიან. ზოგიერთი ძირითადი ელექტროლიტური დისბალანსი აღწერილია სამახსოვროში 19-2: ელექტროლიტური დისბალანსი.

### სამახსოვრო 19-2|ელექტროლიტური დისბალანსი

#### ნატრიუმის დისბალანსი

**ჰიპონატრემია** - ჭარბი ოფლიანობის, დიარეის, ან პირღებინების შედეგი. ხასიათდება თავბრუსხვევით, გონების დაბინდვით, სისუსტით, არტერიული წნევის დაქვეითებით, შოკით.

**ჰიპერნატრემია** -წყლის დიდი რაოდენობის დაკარგვის, ან ნატრიუმის დიდი რაოდენობით მიღების შედეგი. ხასიათდება უჯრედშიდა სითხის (ICF) დაკარგვით, უკიდურესი წყურვილის შეგრძნებით და აგზნებადობით.

#### კალიუმის დისბალანსი

**ჰიპოკალემია** - პირღებინების, დიარეის, ან თირკმლის დაავადების შედეგი. ხასიათდება სისუსტით, გონების დაბინდვით, შესაძლო გულის უკმარისობით.

**ჰიპერკალემია** -თირკმლის მწვავე უკმარისობის, ან ადისონის დაავადების შედეგი. ხასიათდება სისუსტით, პათოლოგიური შეგრძნებებით, არითმიებით და შესაძლო გულის გაჩერებით.

### კალციუმის დისბალანსი

**ჰიპოკალცემია** - ჰიპოპარათირეოზმის ან კალციუმის მცირე რაოდენობით მიღების შედეგი. ხასიათდება ხანგამოშვებითი კუნთოვანი სპაზმებით - ტეტანიით.

**ჰიპერკალცემია** -ჰიპერპარათირეოზის შედეგი. ხასიათდება კუნთოვანი სისუსტით, ძვლების მტვრევადობით და თირკმლის კენჭების შესაძლო განვითარებით.

## მჟავა-ტუტოვანი ბალანსი

თქვენ მცირე რამ ნასწავლი გაქვთ ქსოვილოვან სითხეებში pH-ის რეგულაციაზე, იხილეთ თავი 2, pH-ის შკალა, რესპირატორული სისტემა და ურინარული სისტემა. ამ ნაწილში, თქვენ შეკრიბავთ ამ თავებში გადმოცემულ ინფორმაციებს.

სისხლის ნორმალური pH-ის ზღვრებია 7.35 - 7.45. ქსოვილოვანი სითხის pH მსგავსია, თუმცა შესაძლოა იყოს ამ ზღვარს ოდნავ ქვევით, ან ზევით. ინტრაცელულარული სითხის pH-ის ზღვრები 6.8- 7.0-ია. ყურადღება მიაქციეთ, რომ pH-ის ზღვრები საკმაოდ ვიწროა. ისინი ამ ზღვრებში უნდა შენარჩუნდნენ ენზიმური და სხვა პროცესების ნორმალურად განსახორციელებლად.

ქსოვილოვან სითხეებში მჟავა-ტუტოვანი ჰომეოსტაზის შენარჩუნება ბუფერული სისტემებით, რესპირაციის სიხშირისა და სიღრმის რეგულირებით და თირკმელებით ხდება.

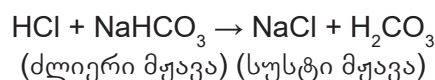
## ბუფერული სისტემები

ბუფერული სისტემის მიზანი pH-ის მკვეთრი ცვლილებების თავიდან აცილებაა, რაც ხორციელდება ძლიერ მჟავებთან ან ტუტეებთან ქიმიურ რეაქციაში შესვლით, რომლებიც სხვა შემთხვევაში, მნიშვნელოვნად შეცვლიდნენ pH-ს. ბუფერული სისტემა მოიცავს სუსტ ტუტეს და სუსტ მჟავას. ეს მოლეკულები რეაქციაში შედის ძლიერ მჟავასთან, ან ტუტესთან და განაპირობებს მათ ისე შეცვლას, რომ მათ აღარ ქონდეთ დიდი გავლენა pH-ზე.

### ბიკარბონატული ბუფერული სისტემა

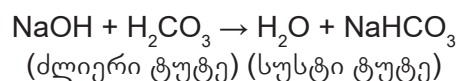
ამ ბუფერული სისტემის ორი კომპონენტი ნახშირბადის მჟავა ( $H_2CO_3$ ), სუსტის მჟავა და ნატრიუმის ბიკარბონატი ( $NaHCO_3$ ), სუსტი ტუტე. თითოეული ეს მოლეკულა მონაწილეობს ლებულობს სპეციფიკურ რეაქციაში.

თუ pH-ის პოტენციური ცვლილება განპირობებულია ძლიერი მჟავით, მაშინ ადგილი ექნება შემდეგ რეაქციას:



ძლიერი მჟავა რეაქციაში შევა ნატრიუმის ბიკარბონატთან, რათა წარმოშვას მარილი ( $NaCl$ ) და სუსტი მჟავა, რომელსაც მცირე გავლენა აქვს pH-ზე.

თუ pH-ის პოტენციური ცვლილება განპირობებულია ძლიერი ტუტით, შემდეგ რეაქციას ექნება ადგილი:



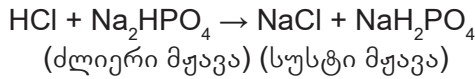
ძლიერი ტუტე რეაქციაში შედის ნახშირბადის მჟავასთან, რათა მოხდეს წყლის წარმოქმნა, რომელიც არ მოქმედებს pH-ზე და სუსტი ტუტეს წარმოქმნა, რომელსაც მცირე რეაქცია აქვს pH-ზე.

ბიკარბონატის სისტემა მნიშვნელოვანია, როგორც სისხლის, ასევე ქსოვილოვანი სითხისთვის. ნორმალური მეტაბოლიზმის შემთხვევაში, ეს სითხეები მჟავიანობისკენ მიდრეკილნი არიან, ანუ ნახშირბადის მჟავაზე მეტად, უფრო ნატრიუმის ბიკარბონატის საჭიროებაა. ამ მოლეკულების ჩვეული თანაფარდობა, დაახლოები 20:2 ( $\text{NaHCO}_3 : \text{H}_2\text{CO}_3$ ).

**ფოსფატური ბუფერული სისტემა**

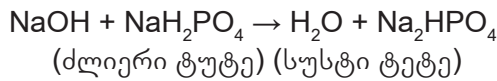
ამ სისტემის ორი კომპონენტი: ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატი ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), სუსტი მჟავა და ნატრიუმის მონოჰიდროგენ ფოსფატი ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), სუსტი ტუტე. მოდით ვნახოთ სპეციფიკური რეაქცია, რომ გავიგოთ როგორ მუშაობს ეს ბუფერი:

თუ pH-ის პოტენციური ცვლილება განპირობებულია ძლიერი მჟავით, მაშინ ადგილი ექნება შემდეგ რეაქციას:

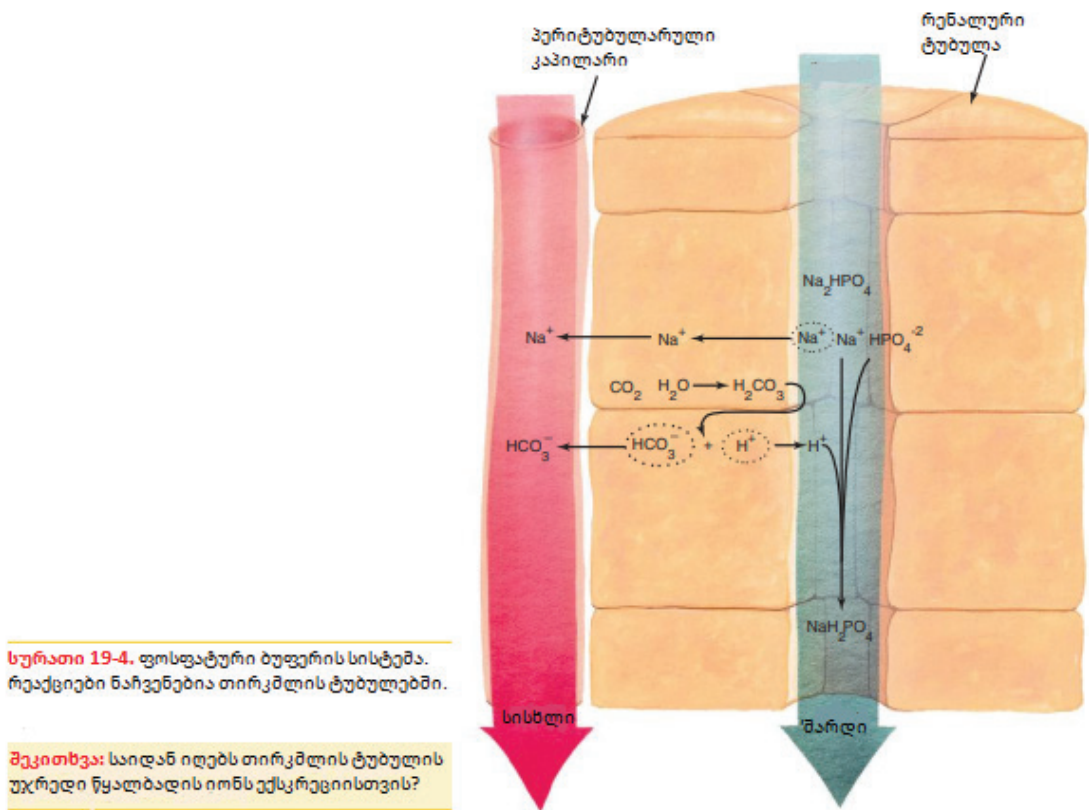


ძლიერი მჟავა რეაქციაში შედის ნატრიუმის მონოჰიდროგენ ფოსფატთან, რათა წარმოქმნას მარილი, რომელსაც არ აქვს ეფექტი pH-ზე და სუსტი მჟავა, რომელსაც მცირე ეფექტი აქვს pH-ზე.

თუ pH-ის პოტენციური ცვლილება განპირობებულია ძლიერი ტუტით, მაშინ ადგილი ექნება შემდეგ რეაქციას:



ძლიერმა ტუტე რეაქციაში შევიდა ნატრიუმ დიჰიდროგენ ფოსფატთან და წარმოიქმნა წყალი, რომელსაც არ აქვს გავლენა pH-ზე და სუსტი ტუტე, რომელსაც მცირე გავლენა აქვს pH-ზე.



ფოსფატური ბუფერი მნიშვნელოვანია თირკმელების მიერ სისხლის pH-ის რეგულირებისთვის (იხილეთ, სურათი 19-4). თირკმლის მილაკების უჯრედებს აქვთ წყალბადის ზედმეტი იონების ამოღების საშუალება, რომლის დროსაც წარმოიქმნება  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , რომელიც შემდეგ შა-

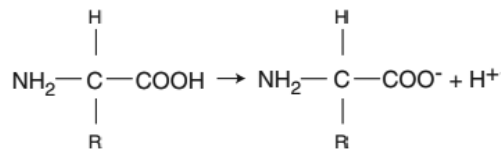


რდში ექსკრეტირდება. დარჩენილი  $\text{Na}^+$  იონები, ბიკარბონატის იონებთან ერთად, პერიტუბულარული კაპილარების სისხლში დაბრუნდება. ეს ბიკარბონატის ახალი იონებია, რომლებსაც თირკმლის უჯრედები ნახშირორჟანგისა და წყლისგან ასინთეზებენ.

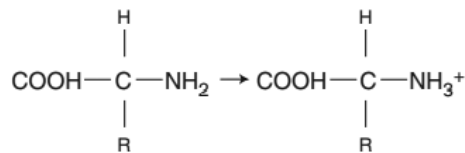
### პროტეინული ბუფერული სისტემა

ეს ბუფერული სისტემა ყველაზე მნიშვნელოვანია ინტრაცელულარული სითხისთვის. მე-15 თავიდან, თქვენ შეიძლება გახსოვთ, რომ ჰემოგლობინი ახდენს წყალბადის იონების ბუფერირებას, რომლებიც წარმოიქმნებიან  $\text{CO}_2$ -ის ტრანსპორტირების დროს. თითოეული ამინომჟავა, რომლებიც შეადგენენ პროტეინების შემადგენელ ნაწილს, შეიცავს კარბოქსილ ჯგუფს ( $\text{COOH}$ ) და ამინო ჯგუფს ( $\text{NH}_2$ ), რომლებმაც შეიძლება ითამაშონ ან მჟავას, ან ტუტეს როლი.

კარბოქსილ ჯგუფმა შეიძლება შეასრულოს მჟავას როლი, რადგან მას შეუძლია წყალბადის იონის ( $\text{H}^+$ ) სითხისთვის დონაცია, რათა შეენიანამდეგოს სითხის ტუტეანობის გაზრდას:



ამინო ჯგუფს შეუძლია ტუტეს როლის შესრულება, რადგან მას ზედმეტი წყალბადის იონების სითხიდან ამოღების უნარი აქვს, რათა შეენიანამდეგოს სითხის მჟავიანობის გაზრდას:



ეს ბუფერული სისტემები რეაგირებს წამიერად, რათა ხელი შეუშალოს pH-ის მნიშვნელოვან ცვლილებებს. აქვე უნდა აღინიშნოს, მათ ყველაზე ნაკლები ტევადობა (შესაძლებლობა) აქვთ, რადგან ქსოვილოვან სითხეებში ამ მოლეკულების შეზღუდული რაოდენობაა. როდესაც მიმდინარე ცვლილებები ცვლიან ნორმალურ pH-ს, საჭირო ხდება რესპირატორული და რენალური მექანიზმების ჩართვა.

### რესპირატორული მექანიზმები

რესპირატორული სისტემა მოქმედებს pH-ზე, რადგან ის არეგულირებს ქსოვილოვან სითხეებში  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობას. როგორც თქვენთვის ცნობილია, რესპირატორული სისტემა შესაძლოა pH-ის დისბალანსის მიზეზი იყოს, ან მოახდინოს სხვა მიზეზით განპირობებული pH-ის დისბალანსის კორექცია.

#### რესპირატორული აციდოზი და ალკალოზი

**რესპირატორული აციდოზის** მიზეზი შეიძლება გახდეს, ნებისმიერი მიზეზის, სუნთქვის ეფექტიანობის დაქვეითება. მძიმე პულმონურ დაავადებებს შეუძლია რესპირატორული აციდოზის გამოწვევა. როდესაც  $\text{CO}_2$ -ის ამოსუნთქვა ისე სწრაფად ვერ ხდება, რა სიჩქარითაც ის უჯრედული რესპირაციის პროცესში წარმოიშობა, ჭარბი  $\text{CO}_2$  ინვევს ჭარბი  $\text{H}^+$  წარმოქმნას, როგორც ეს ამ რეაქციაშია ნაჩვენები:



ჭარბი  $\text{H}^+$  იონები ინვევენ ქსოვილოვანი სითხეების pH-ის დაქვეითებას.

რესპირატორული ალკალოზი ბევრად უფრო იშვიათია და მისი მიზეზი უფრო სწრაფი სუნთქვაა, რის გამოც იზრდება ამოსუნთქული  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობა. რადგანაც ქსოვილოვან სითხეებში, ნაკლები  $\text{CO}_2$  რჩება, ნაკლები  $\text{H}^+$  წარმოქმნება, რაც pH-ის აწევას გამოიწვევს.

### **pH-ის მეტაბოლური ცვლილებების რესპირატორული კომპენსაცია**

რესპირატორულის გარდა, pH-ის სხვა მიზეზებით ცვლილებას, მეტაბოლური აციდოზი ან ალკალოზი ეწოდება. ორივე შემთხვევაში, რესპირატორული სისტემა, შეიძლება დაეხმაროს pH-ის მნიშვნელოვანი ცვლილების პრევენციაში.

**მეტაბოლური აციდოზი** შეიძლება გამოწვეულ იყოს თირკმლების დაავადებით, არაკონტროლირებული შაქრიანი დიაბეტით, გამოხატული დიარეით, ან გულისრევით, ან ზოგიერთი დიურეტიკის გამოყენებით. როდესაც  $H^+$  იონების ჭარბი რაოდენობა წარმოდგენილია ქსოვილოვანი სითხეებში, pH იწყებს დაქვეითებას და ეს ახდენს მედულას რესპირატორული ცენტრების სტიმულაციას. პასუხად, სუნთქვის სიხშირე იზრდება, რათა მოხდეს მეტი  $CO_2$ -ის ამოსუნთქვა და  $H^+$  იონების წარმოქმნის შემცირება. ეს ხელს უწყობს pH-ის ნორმისკენ აწევას.

**მეტაბოლური ალკალოზი** ხშირი მოვლენა არაა, თუმცა შეიძლება განვითარდეს ანტაციდების ჭარბი რაოდენობით მიღების, ან მხოლოდ კუჭის შიგთავსის ლებინებით. ქსოვილოვანი სითხეების pH-ის გაზრდის საპასუხოდ, სუნთქვა ნელდება და ქვეითდება ამოსუნთქვული  $CO_2$ -ის რაოდენობა. ორგანიზმში დარჩენილი  $CO_2$  ზრდის  $H^+$  იონების წარმოქმნას, და pH ნორმისკენ ქვეითდება.

pH-ის დრამატული ცვლილების პრევენციისთვის, რესპირატორული სისტემა სწრაფად, ჩვეულებრივ, 1-3 წთ-ში პასუხობს. თუმცა, pH-ის მიმდინარე დისბალანსს რესპირატორული სისტემა სრულად ვერ აკომპენსირებს - ის მხოლოდ 50%-75%-შია ეფექტური.

### **რენალური მექანიზმები**

როგორც ახლახან, მე-18 თავში იყო განხილული, თირკმელები არეგულირებენ ექსტრაცელულარული სითხის pH-ს,  $H^+$  იონების ექსკრეციით, ან შენარჩუნებით და  $Na^+$  and  $HCO_3^-$  იონების რეაბსორბციით, ან არა. ერთ-ერთი მექანიზმი გადმოცემული იყო სურათზე 18-6 და მეორე, ფოსფატური ბუფერის სისტემის გამოყენებით, სურათზე 19-4.

თირკმელებს, მიმდინარე pH-ის ცვლილებების ბუფერირების, ყველაზე მეტი შესაძლებლობა (ტევადობა) აქვთ. მიუხედავად იმისა, რომ რენალური მექანიზმები სრულად ფუნქციონირებას რამდენიმე საათიდან რანდენიმე დღემდე იწყებენ, თუ დაიწყეს შემდეგ რესპირატორულ მექანიზმებზე ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში რჩებიან აქტიურნი. ცოტა ხანში ჩვენ ვნახავთ რატომ ხდება ეს, მაგრამ მოდით, ჯერ მაგალითის სახით განვიხილოთ არანამკურნალეები შაქრიანი დიაბეტის მქონე პაციენტი, რომელსაც კეტოაციდოზი, მეტაბოლური აციდოზი აქვს. რადგანაც მჭავა კეტონები სისხლში აკუმულირდებიან, ექსტრაცელულარული სითხის (ECF) ბუფერები მალე გამოიფიტება. შემდეგ იზრდება სუნთქვის სიხშირე, და მეტი  $CO_2$  ამოსუნთქება, რომ მოხდეს  $H^+$  იონების ფორმირება ECF-ის და pH აიწვეს. თუმცა არსებობს სუნთქვის გახშირების ლიმიტი, შემდეგ კი რენალური ბუფერული მექანიზმები ხდებიან ეფექტურნი. ამ მომენტისთვის, თირკმელებია, რომლებიც აციდოზის პრევენციით, პაციენტს სიცოცხლეს უნარჩუნებენ.

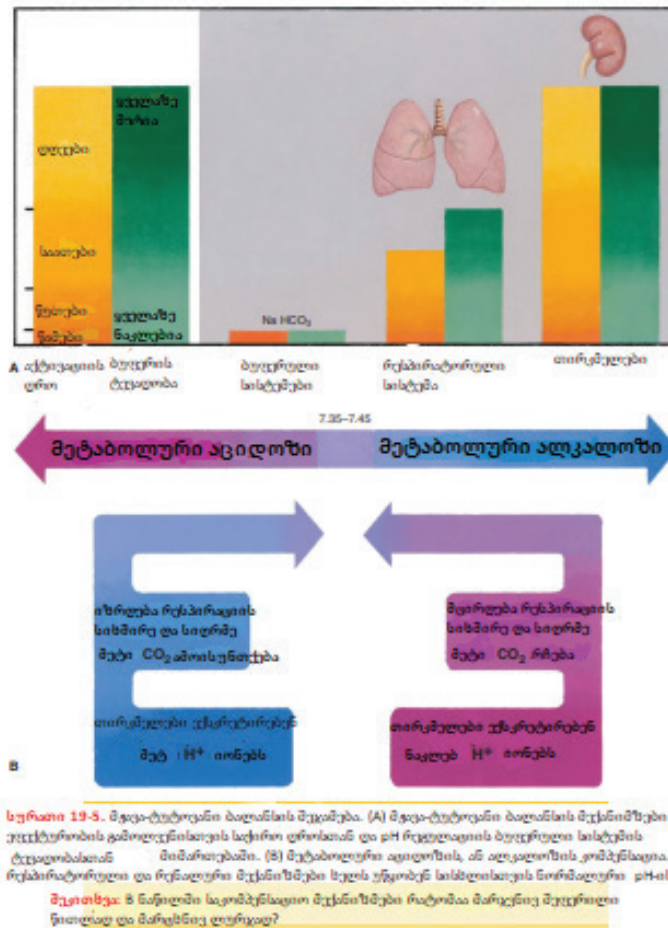
თირკმელებს ყველაზე მეტი შესაძლებლობა აქვთ მოახდინონ ფატალური აციდოზის პრევენცია, რადგან თირკმელებს შეუძლიათ  $H^+$  იონების ორგანიზმიდან გამოტანა და შარდთან ერთად ექსკრეცია. ბუფერული სისტემები არ ახდენენ  $H^+$  იონების ორგანიზმიდან გამოტანას, არამედ მათ ისეთ მოლეკულებში ინახავენ, რომლებიც ადვილად არ იონიზდებიან. რესპირატორულ სისტემას,  $CO_2$  ამოსუნთქვის გაზრდით, უნარი აქვს მოახდინოს  $H^+$  იონების წარმოქმნის შემცირება, მაგრამ ის ვერ ახდენს  $H^+$  იონების სხვა წყაროებიდან, მაგალითად, კეტონებიდან მოცილებას. მხოლოდ თირკმელებს შეუძლიათ  $H^+$  იონების ქსოვილოვანი სითხეებიდან გამოტანა; ასევე, ახალი ბიოკრონატის იონების წარმოქმნა და სისხლში გადატანა. თუმცა, თვით თირკმელებსაც აქვთ ლიმიტი და სიკვდილის თავიდან ასაცილებლად, უნდა მოხდეს მიზეზის გამოსწორება.

ალკალოზის შემთხვევაში, თირკმლის მილაკების უჯრედები, ნახშირორჟანგისა და წყლიდან, მოახდენენ  $H^+$  და  $HCO_3^-$  იონების სინთეზირებას (როგორც ეს სურათზე 19-4 ნაჩვენებია). მაგრამ  $H^+$  იონები უნდა შენარჩუნდნენ და სისხლში დაბრუნდნენ,  $HCO_3^-$  იონები კი შარდთან ერთად გამოიყოფიან. ეს გამოიწვევს სისხლის pH-ის დაქვეითებას ნორმალური ზღვრისკენ.

მჭავა-ტუტოვანი რეგულაციის შეჯამება გამოსახულია სურათზე 19-5. ნაწილი A ბუფერული სისტემების, რესპირაციის და თირკმელების ტევადობა, ნაწილი B ასახავს pH-ის ცვლილებების საკომპენსაციო მექანიზმებს.

## pH-ის ცვლილებების ეფექტები

**აციდოზი** ყველაზე დამაზიანებელი ცენტრალური ნერვული სისტემისთვისაა, რადგან იწვევს სინაფსებში იმპულსის გადაცემის შეფერხებას. აციდოზის დროს ადამიანს ებინდება გონება და ხდება დეზორიენტირებული და შემდეგ კომაში ვარდება.



**ალკალოზს** საწინააღმდეგო ეფექტები აქვს ცენტრალურ და პერიფერიულ ნერვულ სისტემაზე. იზრდება სინაფსური გადაცემა, სტიმულების გარეშეც კი, რაც გამოიხატება გაღიზიანებლობით და კუნთოვანი შეკუმშვებით. პროგრესირებადი ალკალოზი ხასიათდება მძიმე კუნთოვანი სპაზმითა და კრუნჩხვებით.

pH-ის ცვლილების ტიპები შეჯამებულია ცხრილში 19-3.

### ცხრილი 19-3 | pH-ცვლილებები

ცვლილება	შესაძლო მიზეზები	კომპენსაცია
მეტაბოლური აციდოზი	თირკმელების დაავადება, კეტოზი, დიარეა, ან პირღებინება	სუნთქვის სისშირის გაზრდა $CO_2$ -ის ამოსასუნთქად
მეტაბოლური ალკალოზი	ბიკარბონატული მედიკამენტების ჭარბი რაოდენობით მიღება, კუჭის გამორეცხვა	სუნთქვის სისშირის შემცირება $CO_2$ -ის შესანარჩუნებლად



<b>რესპირატორული აციდოზი</b>	სუნთქვის სიხშირის, ან ეფექტიანობის შემცირება; ემფიზემა, ასთმა, პმევმონია, სასუნთქი კუნთების დამბლა	თირკმელები მიერ $H^+$ იონების ექსრეტირება და $Na^+$ და $HCO_3^-$ იონების რეაბსორბცია
<b>რესპირატორული ალკალოზი</b>	სუნთქვის სიხშირის გაზრდა: შფოთვა, მაღალი სიმაღლე ზღვის დონიდან	თირკმელები მიერ $H^+$ იონების შენარჩუნება და $Na^+$ და $HCO_3^-$ იონების ექსკრეცია

## დაბერება და სითხისა და pH-ის რეგულაცია

ხანდაზმულ ადამიანებში, წყლის, ან pH-ის ცვლილებები, ხშირად, დაავადების და რომელიმე ორგანოს დაზიანების შედეგია. სუსტი გული (გულის შეგუბებითი უკმარისობა), რომელსაც აღარ შეუძლია ეფექტიანად გადატუმბვა, სისხლს უკან ცირკულაციაში დაბრუნების საშუალებას აძლევს. თავის მხრივ, ამან შეიძლება გამოიწვიოს შემუშება, სისხლის პათოლოგიური დაგროვება. შემუშება შეიძლება იყოს სისტემური (ხშირად ვლინდება ქვემო კიდურებში), თუ მარჯვენა პარკუჭი სუსტია, ან პულმონარული, თუ მარცხენა პარკუჭია სუსტი.

ხანდაზმულებში წყურვილის შეგრძნება მცირდება, რის გამოც ისინი შეიძლება მანამდე აღმოჩნდნენ მძიმე დეჰიდრატაციულ მდგომარეობაში, ვიდრე წყურვილს შეიგრძნობენ. მნიშვნელოვანი ქცევითი თავისებურებაა, რომ შარდის შეუკავებლობის შიშით, მოხუცები ერიდებიან სითხეების მიღებას.

მინერალების უკმარისობა შეიძლება იყოს ცუდი კვების შედეგი, ან ზოგიერთი მედიკამენტის (განსაკუთრებით, ჰიპერტენზიის სამკურნალო იმ მედიკამენტების, რომლებიც ზრიდან შარდის გამოყოფას) გვერდითი ეფექტი. pH-ის დარღვევები შეიძლება გამოიწვიოს ფილტვების ქრონიკულმა დაავადებამ, დიაბეტმა, ან თირკმელების დაავადებამ.

## თავი 20

### ქალისა და მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემა

მამაკაცისა და ქალის რეპროდუქციული სისტემის დანიშნულებაა ადამიანის სახეობის გაგრძელება შთამომავლობის წარმოქმნის გზით. ეს განაცხადი მშრალი და ემოციას მოკლებულია, თუ არ გავიაზრებთ, რომ ჩვენ წარმოვადგენთ ჩვენი სახეობის გაგრძელებას და ბევრ ჩვენგანს ეყოლება თავისი შვილები. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი ცხოველის სახეობა ხასიათდება შთამომავლების მოვლით ორგანიზებულ ოჯახური ტიპის ჯგუფებში, ადამიანი წარმოადგენს უნიკალურ სახეობას, რომელიც, კულტურის გავლენით, განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევს რეპროდუქციულ და ოჯახურ ცხოვრებას.

სხვა ცხოველების მსგავსად, შთამომავლობის წარმოქმნა და აღზრდა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის საკითხია. მამაკაცებისა და ქალების რეპროდუქციულ სისტემაში წარმოიქმნება **გამეტები**, რომელიც წარმოადგენილია სპერმატოზოიდებითა და კვერცხუჯრედებით და მათი შეერთება ხდება *სექსუალური ინტერკოიტუსის* შედეგად განაყოფიერების გზით. ქალებში საშვილოსნო წარმოადგენს ადგილს, სადაც ვითარდება ემბრიონი- ნაყოფი მანამ, სანამ იგი იმდენად არ მომწიფდება, რომ შეძლოს დედის ორგანიზმის გარეთ არსებობა.

ამ თავში აღწერილია რეპროდუქციული სისტემის ორგანოები და თითოეული მათგანის როლი ახალი სიცოცხლის წარმოშობაში ან მთლიანი რეპროდუქციული სისტემის ფუნქციონირებაში. თავდაპირველად განვიხილოთ გამეტების ფორმირების საკითხი.

### მეიოზი

უჯრედის დაყოფის პროცესში, რომელსაც **მეიოზი** ეწოდება, წარმოიქმნება გამეტები: სპერმატოზოიდი ან კვერცხუჯრედი. მეიოზის პროცესში, ქრომოსომების დიპლოიდური (ადამიანის შემთხვევაში - 46) რაოდენობის მქონე ერთი უჯრედი იყოფა ორჯერ, რის შედეგადაც წარმოიქმნება 4 უჯრედი, თითოეული ქრომოსომების ჰაპლოიდური რაოდენობით. *ჰაპლოიდური* ნიშნავს *ნახევარს*, ჩვეულებრივ, დიპლოიდურის. ადამიანის შემთხვევაში ეს გულისხმობს 23 ქრომოსომას. მიუხედავად იმისა, რომ *მეიოზის პროცესი ძირითადად მსგავსად მიმდინარეობს*, ქალისა და მამაკაცის ორგანიზმში მიმდინარე მეიოზის პროცესებს შორის მაინც არის მნიშვნელოვანი სხვაობა.

### სპერმატოგენეზი

სპერმატოგენეზი არის მეიოზის პროცესი, რომელსაც ადგილი აქვს სათესლე ჯირკვლებში, სადაც ხდება სპერმატოზოიდების წარმოქმნა. თითოეულ სათესლე ჯირკვალში არის **სათესლე არხები**, რომელიც შეიცავს სპერმატოგონიუმს და წარმოადგენს ლეროვან უჯრედებს, საიდანაც წარმოიქმნება სპერმატოზოიდები. სპერმატოგონიუმი მიტოზის გზით იყოფა ორ უჯრედად, რომელთაგან ერთი რჩება ადგილზე, როგორც *ლეროვანი უჯრედი*, ხოლო მეორე განიცდის დიფერენცირებას (სპეციალიზაციას) და გარდაიქმნება პირველად სპერმატოციტად, რომელიც შემდგომში აგრძელებს დაყოფას მეიოზის გზით (სურათი 20-1). გავიხსენოთ მე-10 თავიდან, რომ გამეტების ფორმირება რეგულირდება ჰორმონების მეშვეობით. ჰიპოთალამუსი ახდენს გონადოტროპინის გამათავისუფლებელი ჰორმონის (GnRH) სეკრეციას, რომელიც ასტიმულირებს წინა პიტუიტარულ ჯირკვალს, რომელიც გამოყოფს ფოლიკულო-მასტიმულირებელ ჰორმონსა (FSH) და მალუტეინიზირებელ ჰორმონს (LH). FSH ასტიმულირებს სპერმატოზოიდების და ტესტოსტერონის წარმოქმნას, რომელთა სეკრეცია ხდება სათესლე ჯირკვლებიდან LH-ით სტიმულაციის შემდეგ, ხელს უწყობს სპერმატოზოიდების მომწიფებას. ინჰიბინი, რომელიც ასევე წარმოიქმნება სათესლე ჯირკვლებში, ამცირებს FSH-ის სეკრეციას. როგორც სურათ 20-1-ზეა ნაჩვენები, თითოეული სპერმატოციტიდან მეიოზის შედეგად მიიღება ოთხი სრულფასოვანი სპერმატოზოიდი.

სპერმატოზოიდების წარმოქმნა იწყება **პუბერტატულ** ასაკში (10-14 წელი) და სათესლე ჯირკვლებში ყოველდღიურად მილიონობით სპერმატოზოიდის წარმოქმნა ხდება. მიუხედავად იმისა, რომ ასაკში სპერმატოზოიდების წარმოქმნა მცირდება, მათი წარმოქმნის სრულიად შეწყვეტა არ ხდება, როგორც ქალებში მენოპაუზის დროს წყდება კვერცხუჯრედების წარმოქმნა.

## ოოგენეზი

ოოგენეზი არის მეიოზის პროცესი, რომლის შედეგად წარმოიქმნება კვერცხუჯრედი; ეს პროცესი მიმდინარეობს საკვერცხეებში და ასევე რეგულირდება ჰორმონების მეშვეობით. ჰიპოთალამუსის GnRH ჰორმონი ასტიმულირებს წინა პიტუიტარული ჯირკვლის მიერ FSH სეკრეციას. FSH-ის გავლენით **საკვერცხის ფოლიკული** იწყებს ზრდას. თითოეული ფოლიკული შეიცავს ოოგენიუმს, ღეროვან უჯრედს საკვერცხის წარმოქმნისათვის (სურათი 20-2). ამ ჰორმონის მეშვეობით ასევე ხდება ფოლიკულის მიერ ესტროგენის სეკრეცია, რომელიც ხელს უწყობს კვერცხუჯრედის მომწიფებას. საყურადღებოა, რომ თითოეული პირველადი ოოციტიდან მეიოზის შედეგად მიიღება მხოლოდ ერთი სრულფასოვანი კვერცხუჯრედი. დანარჩენი სამი უჯრედი, რომელიც მეიოზის შედეგად მიიღება, წარმოადგენს პოლარულ სხეულებს, რომელთაც ფუნქცია არ აქვთ და დროთა განმავლობაში ქრება. საკვერცხის მომწიფებული ფოლიკული შეიცავს მეორეულ ოოციტს, მეორე მეიოზური გაყოფა ხდება მხოლოდ მაშინ, თუ კვერცხუჯრედი განაყოფიერდება.

კვერცხუჯრედის წარმოქმნა იწყება პუბერტატულ პერიოდში (10-14 წელი) და გრძელდება **მენოპაუზამდე** (45-55 წელი), როდესაც საკვერცხეები ატროფირდება და აღარ რეაგირებს პიტუიტარულ ჰორმონზე. ამ 30-40 წლიან პერიოდში კვერცხუჯრედების წარმოქმნა ციკლური ხასიათისაა, კვერცხუჯრედის მომწიფება ხდება ყოველ 28 დღეში (მენსტრუალური ციკლი აღწერილია ქვემოთ, ამავე თავში). რეალურად, ყოველი ციკლის პერიოდში რამდენიმე ფოლიკული იწყებს განვითარებას, მაგრამ პირველი ფოლიკულის გახეთქვის (ოვულაცია) შედეგად დანარჩენი ფოლიკულების ზრდა ჩერდება.

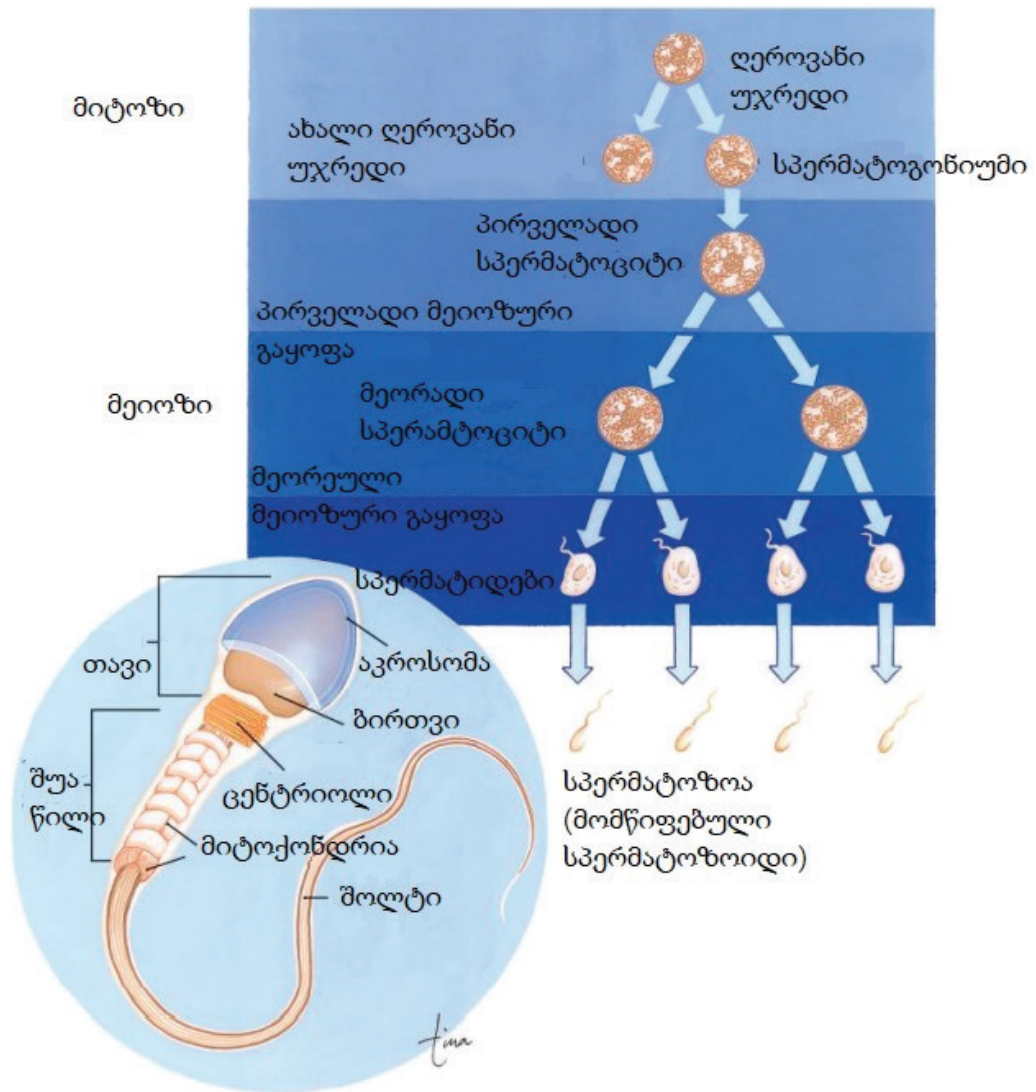
ისევე, როგორც ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე სხვა პროცესების დროს, მეიოზის დროსაც შესაძლებელია „შეცდომა“ მოხდეს. ერთ-ერთი ასეთი შეცდომაა ტრისომია, რომელიც განხილულია დანართში 20-1: ტრისომია და დაუნის სინდრომი.

მეიოზის გზით წარმოქმნილი თითოეული ჰაპლოიდური კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის შემადგენლობაში შედის 23 ქრომოსომა. განაყოფიერების დროს კვერცხუჯრედისა და სპერმატოზოიდის ბირთვები ერთმანეთს შეერწყმება და განაყოფიერებულ კვერცხუჯრედში (**ზიგოტა**) უკვე დიპლოიდური 46 ქრომოსომაა. ამრიგად, მეიოზის შედეგად გამეტებში ქრომოსომების ორად გაყოფა უზრუნველყოფს ადამიანის სახეობაში ქრომოსომების დიპლოიდურ რაოდენობას.

## მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემა

მამაკაცების რეპროდუქციული სისტემა შედგება სათესლე პარკის, მილაკებისა და ჯირკვლებისაგან. სპერმის წარმოქმნა ხდება სათესლე ჯირკვლებში და შემდეგ ხდება მისი გადაადგილება რეპროდუქციულ სადინრებში: ეპიდიდიმისი, სათესლე სადინრები, თესლისგამომტანი სადინარი და ურეთრა (სურათი 20-3). რეპროდუქციული ჯირკვლები წარმოქმნის სეკრეტს, რომელიც სპერმის შემადგენელი ნაწილია. ამ ჯირკვლებს წარმოადგენს *სათესლე ბუშტუკები*, წინამდებარე ჯირკვალი და ბუღბოურეთრალური ჯირკვალი.



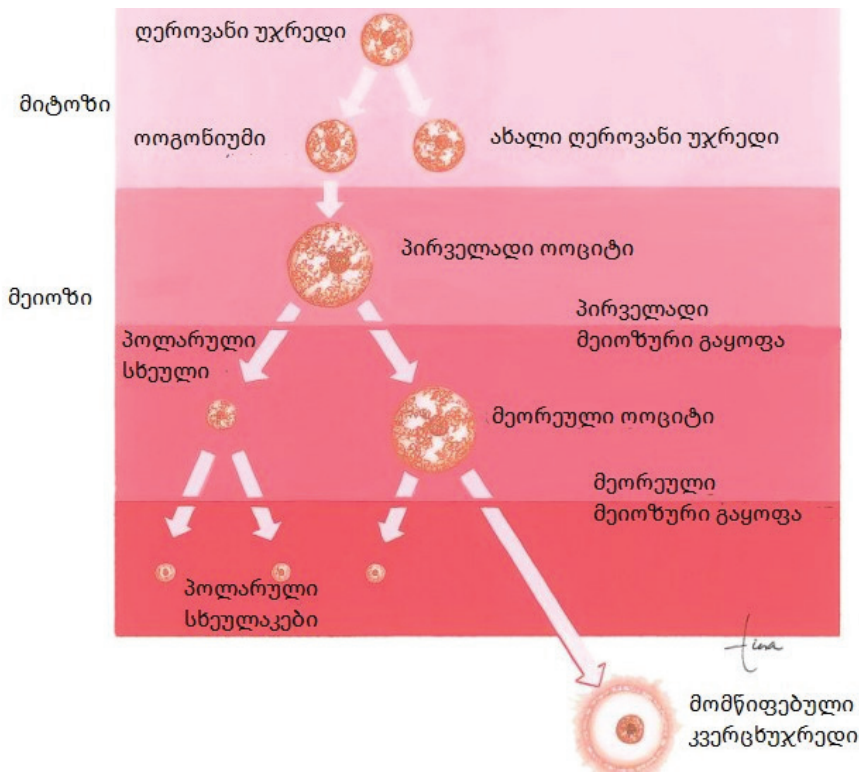


**სურათი 20-1** სპერმატოგენეზი. ნაჩვენებია მიტოზისა და მეიოზის პროცესები. თითოეული პირველადი სპერმატოციტიდან მეიოზის შედეგად მიიღება ოთხი სრულფასოვანი სპერმატოზოიდი. ასევე ნაჩვენებია მომწიფებული სპერმატოზოიდის სტრუქტურა.

**კითხვა:** რამდენი ქრომოსომაა სპერმატოზოიდის უჯრედში და სად არიან ისინი განთავსებული?

## სათესლე ჯირკვლები

სათესლე ჯირკვლები განლაგებულია სკროტუმში, რომელიც წარმოადგენს ბარძაყებს შორის, ზემო ნაწილში მოთავსებულ კანის ტომარას. სკროტუმში ტემპერატურა დაახლოებით 35.5 °C (96 °F), რაც ცოტა ნაკლებია, ვიდრე სხეულის ტემპერატურა. შედარებით დაბალი ტემპერატურა აუცილებელია სიცოცხლისუნარიანი სპერმატოზოიდების წარმოებისთვის. მამრობით ნაყოფში სათესლე ჯირკვალი მდებარეობს თირკმელებთან ახლოს V და უშუალოდ დაბადების წინ ჩამოდის თავის ანატომიურ ადგილას. მდგომარეობას, როდესაც სათესლე ჯირკვალი არ ჩამოდის სკროტუმში, კრიპტორხიზმი ეწოდება. ასეთ შემთხვევაში მამაკაცი სტერილურად (უნაყოფოდ) ითვლება, სანამ სათესლე ჯირკვლებს ქირურგიული გზით არ ჩამოიტანენ სკროტუმში. თითოეული სათესლე ჯირკვალის ზომაა 4 სმ X 2.5 სმ (1.5 ინჩი X 1 ინჩი) და შიგნით იყოფა წილებად (სურათი 20-4).



**სურათი 20-2** ოოგენეზი. ნაჩვენებია მიტოზისა და მეიოზის პროცესები. თითოეული ოოციტიდან მეიოზის შედეგად მიიღება მხოლოდ ერთი სრულფასოვანი კვერცხუჯრედი.

**კითხვა:** როდის ისწეება მეორე მეიოზური გაყოფა მეორად ოოციტში?

## ჩანართი 20-1 | ტრისომია და დაუნის სინდრომი

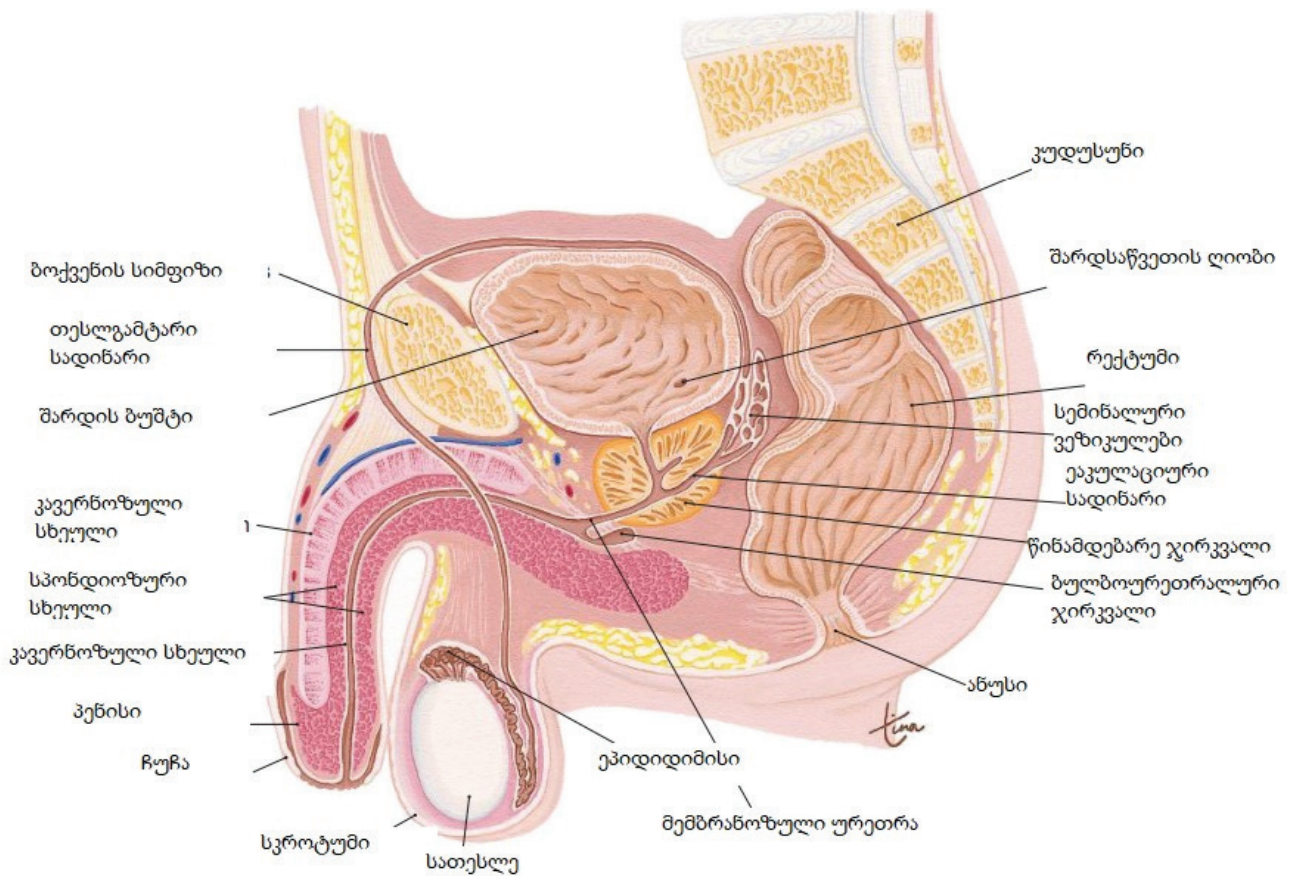
ტრისომია ეწოდება მდგომარეობას, როდესაც ინდივიდის უჯრედებში კონკრეტული ქრომოსომა ორის ნაცვლად (რაც ნორმალურია) არის სამი ქრომოსომით წარმოდგენილი. ეს შეიძლება მოხდეს მეორე მეიოზური გაყოფის დროს, თუ ქრომოსომების წყვილში მათი სრულად დაშორება არ მოხდება. ჩვეულებრივ, (მაგრამ არა ყოველთვის) ეს ხდება კვერცხუჯრედში. კვერცხუჯრედში არის ორი ცალი კონკრეტული ქრომოსომა და თუ სპერმატოზოიდით განაყოფიერება მოხდება, კონკრეტულად ეს ქრომოსომა იქნება სამი და არა ორი, ანუ უჯრედებში ჯამში 46-ის ნაცვლად იქნება 47 ქრომოსომა.

ტრისომიების უმეტესობა უპირატესად ლეტალურია ანუ დაზიანებული ემბრიონი მალე ილუპება, მანამდეც კი, ვიდრე ქალი მიხვდება, რომ ორსულადაა. იმ შემთხვევაში, თუ ემბრიონი გადარჩება და ბავშვი ტრისომიით დაიბადება, ყოველთვის გამოხატულია დეფექტი.

ყველაზე გავრცელებულია მე-13 ქრომოსომის ტრისომია და მე-18 ქრომოსომის ტრისომია: ყოველ 5000 ცოცხალშობილზე რეგისტრირებულია თითოეული ამ ტრისომიის თითო შემთხვევა. ეს ორივე ტრისომია ხასიათდება გონებრივი და ფიზიკური განვითარების მძიმე ჩამორჩენით, გულის მანკებით, სიყრუითა და ძვლების პათოლოგიებით. დაავადებული ჩვილების უმეტესობა სიცოცხლის პირველ წელს ილუპება.

დაუნის სინდრომი (21-ე ქრომოსომის ტრისომია) ყველაზე გავრცელებული ტრისომიაა, რაც დაახლოებით 750 ცოცხალშობილზე ერთი გვხვდება. დაუნის სინდრომის მქონე ბავშვებს აღენიშნებათ კოგნიტიური ჩამორჩენა, მაგრამ ამ ჯგუფში მენტალური განვითარების სხვადასხვა სპექტრია. ფიზიკური მახასიათებლები მოიცავს შემდეგს: კანის ნაკეცი ორივე თვალის ზემოთ, მოკლე კიდურები, კუნთების დაბალი ტონუსი და გულის მანკები. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ სიმძიმე ცვალებადობს დიდ დიაპაზონში.

35 წელზე უფროსი ასაკის ქალებს დაუნის სინდრომის მქონე ბავშვის გაჩენის უფრო მაღალი რისკი აქვთ, ვიდრე ნაკლები ასაკის ქალებს. ეს შესაძლებელია განპირობებული იყოს შედარებით დიდი ასაკის კვერცხუჯრედების მეიოზის პროცესში მომხდარი დარღვევებით.



**სურათი 20-3** მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემა. ნაჩვენებია მენჯის ღრუს შუა საგიტალური ქრილი.

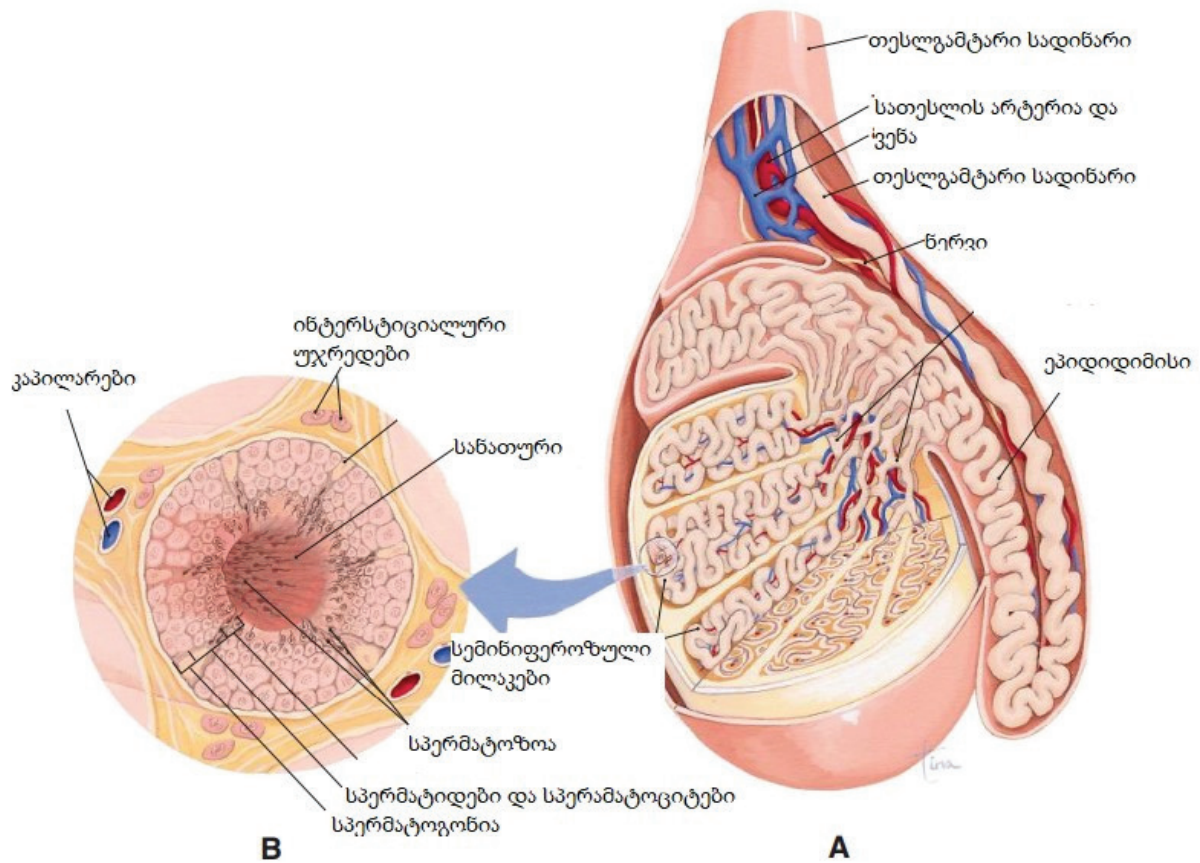
**კითხვა:** დაასახელეთ სადინრები, რომლითაც ხდება სპერმის გადაადგილება მენჯის ღრუში

თითოეული წილი მოიცავს მრავლობით სათესლე მილაკებს, რომელშიც ხდება სპემატოგენეზი. სათესლე მილაკების სპერმატოგონიებს შორის არის სერტოლის უჯრედები, რომელიც ტესტოსტერონით სტიმულაციის შედეგად გამოყოფს ჰორმონ ინჰიბინს. სათესლე მილაკების მარყუჟებს შორის არის ინტერსტიციალური უჯრედები, რომელიც წინა პიტუიტარული ჯირკვლის მალუთეინიზირებელი ჰორმონით (LH) სტიმულირების შედეგად გამოყოფს ტესტოსტერონს. სპერმატოზოიდის მომნიფებაზე პასუხისმგებლობის გარდა, ტესტოსტერონი ასევე განაპირობებს მამაკაცების მეორეულ სასქესო ნიშნების განვითარებას, რომელიც იწყება პუბერტატულ პერიოდში (ცხრილი 20-1)

სპერმატოზოიდის უჯრედი შედგება რამდენიმე ნაწილისგან, რომელიც ნაჩვენებია სურათზე 20-1. თავი შეიცავს 23 ქრომოსომას. თავის წვერზე მდებარეობს აკროსომა, რომელიც ლიზოსომის მსგავსია და შეიცავს ფერმენტს, რომლის მეშვეობითაც სპერმატოზოიდი შლის კვერცხუჯრედის მემბრანას. შუა ნაწილში განლაგებულია მიტოქონდრიები, რომელიც ნარმოქმნის ატფ-ს. შოლტი უზრუნველყოფს მოძრაობას, სპერმატოზოიდის გადაადგილების უნარს. სწორედ ამ შოლტის დარტყმის მაგვარი მოძრაობისთვისაა საჭირო ატფ-ით მიღებული ენერჯია.

სპერმატოზოიდი სათესლე მილაკებიდან გადადის მილაკოვან ქსელში, რომელსაც სათესლე ბადე ეწოდება, შემდეგ - ეპიდდიმისში, პირველ რეპროდუქციულ სადინარში.





**სურათი 20-4 (A)** სათესლე ჯირკვლის შუა საგიტალური სიბრტყის ნაწილი; ეპიდიდიმისი მდებარეობს სათესლე ჯირკვლის უკან. (B) თესლის გამომტანი სადინრების ჭრილი, ნაჩვენებია სპერმის წარმოქმნა .

**კითხვა:** აღწერეთ სპერმატოზოიდის გზა მათ წარმოქმნიდან თესლგამომტან სადინრამდე.

## ეპიდიდიმისი

ეპიდიდიმისი წარმოადგენს 6 მ (20 ფუტი) სიგრძის მილაკს, რომელიც თითოეული სათესლის უკან მდებარეობს დახვეულ მდგომარეობაში (იხ. სურათი 20-4). ეპიდიდიმისში სრულდება სპერმატოზოიდის მომწიფება და შოლტი ფუნქციური ხდება. ეპიდიდიმისის კედლის გლუვი კუნთები ეხმარება სპერმატოზოიდს თესლგამომტანი სადინრისკენ გადაადგილებაში.

## სათესლე სადინარი

სათესლე სადინარი, რომელსაც ასევე თესლგამომტან სადინარსაც უწოდებენ, წარმოადგენს ეპიდიდიმისის გაგრძელებას, რომელიც მას აკავშირებს სკროტუმთან. სათესლე სადინარი სკროტუმში მოხვედრამდე გაივლის მუცლის ღრუს საზარდულის არხის მეშვეობით - მუცლის კედელში გახსნილი სათესლე არხი, რომელშიც გაივლის შემაერთებელ ქსოვილში გახვეული სათესლე მილაკები და სათესლე ჯირკვლების სისხლძარღვები და ნერვები. რადგან საზარდულის არხი კუნთებში გადის, ბუნებრივად „სუსტი ადგილია“, სადაც ყველაზე ხშირად უვითარდებათ მამაკაცებს თიაქარი.

მუცლის ღრუში შეღწევის შემდეგ თესლგამტარი სადინარი ზევიდან გადაივლის შარდის ბუშტზე და ეშვება უკანა მხარეს ქვემოთ, სადაც უერთდება ეაკულაციის სადინარს (იხ. სურათი 20-3). თესლგამომტანი სადინარის გლუვი კუნთები ტალღისებურად იკუმშება, რაც უზრუნველყოფს პერისტალტიკას ეაკულაციის დროს (იხ. ჩანართი 20-2: კონტრაცეფცია).

## თესლგამომტანი სადინარი

თესლგამომტანი სადინარი, რომელსაც ასევე ეძახიან **თესლგამომტან ძარღვს**, სკროტუმში მოთავსებული ეპიდიდისიდან **საზარდულის არხის** გავლით გადადის მუცლის ღრუში. ეს არხი მუცლის კედელში იხსნება **სათესლე არხისთვის**, რომლის შემადგენლობაში შედის თესლგამომტანი სადინარი, სათესლეების სისხლძარღვები და ნერვები. იმის გამო, რომ საზარდულის არხი იხსნება კუნთოვან კედელში, წარმოადგენს ბუნებრივად „სუსტ ნერტილს“ და მამაკაცებში თიაქარის განვითარების ყველაზე ხშირ ადგილს.

მას შემდეგ, რაც თესლგამომტანი სადინარი მუცლის ღრუში მოხვდება, შარდის ბუშტის გადაუვლის ზემოდან და მის უკან ეშვება ქვემოთ, სადაც უერთდება ეაკულაციის სადინარს (იხ. სურათი 20-3). თესლგამომტანი სადინარის გლუფ-კუნთოვანი შრე იკუმშება ტალღისებურად, რაც უზრუნველყოფს ეაკულაციას (იხ. ჩანართი 20-2: კონტრაცეფცია).

## ეაკულაციის სადინარი

ორივე **ეაკულაციის სადინარი** ცალ-ცალკე იღებს თესლგამომტანი სადინრიდან სპერმას და სათესლე პარკებიდან - სეკრეტებს. ორივე ეაკულაციური სადინარი შიგთავსს გამოყოფს ორ დამოუკიდებელ ურეთრაში (იხ. სურათი 20-3)

## სათესლე სადინრები

**სათესლე სადინრები** (წყვილი) მოთავსებულია შარდის ბუშტის უკან (იხ. სურათი 20-3). მათი სეკრეტი შეიცავს ფრუქტოზას, რაც სპერმის უჯრედებს უზრუნველყოფს ენერგიით და მისი მჟავიანობა არის ტუტე, რაც აძლიერებს სპერმის მოძრაობას. თითოეული სათესლე სადინარი უერთდება თესლგამომტან სადინარს ეაკულატორული სადინრის მახლობლად.

### ცხრილი 20-1: მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემის ჰორმონები

ჰორმონი	სეკრეციის ადგილი	ფუნქცია
<b>FSH</b>	წინა პიტუიტარული ჯირკვალი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ინიცირებას უკეთებს სათესლეებში სპერმის წარმოქმნის პროცესს</li> </ul>
<b>LH (ICSH)</b>	წინა პიტუიტარული ჯირკვალი	<ul style="list-style-type: none"> <li>ასტიმულირებს სათესლეების მიერ ტესტოსტერონის სეკრეციას</li> </ul>
<b>ტესტოსტერონი*</b>	სათესლეები (ინტერსტიციული უჯრედები)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ხელს უწყობს სპერმის მომწიფებას</li> <li>ინიცირებას უკეთებს მეორეული სასქესო ნიშნების ჩამოყალიბებას                             <ul style="list-style-type: none"> <li>რეპროდუქციული ორგანოების ზრდა;</li> <li>ხორხის ზრდა;</li> <li>სახესა და სხეულზე თმის ზრდა;</li> <li>ცილების სინთეზის გაზრდა, განსაკუთრებით ჩონჩხის კუნთების</li> </ul> </li> </ul>
<b>ინჰიბინი</b>	სათესლეები (დამჭერ უჯრედებში)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ამცირებს FSH-ის სეკრეციას, რითც ინარჩუნებს სპერმატოგენეზის ერთნაირ</li> </ul>

\*\_ ორივე სქესის ადამიანებში ტესტოსტერონი (ქალებში - სეკრეცია ხდება ადრენალური ქერქიდან) ხელს უწყობს სქესობრივ ლტოლვასა და ჩონჩხის კუნთების ცილების სინთეზს.

## პროსტატის (წინამდებარე) ჯირკვალი

პროსტატის ჯირკვალი წარმოადგენს კუნთოვან ჯირკვალს, რომელიც განთავსებულია შარდის ბუშტის ქვემოთ. მისი სიმაღლე 1.2 ინჩია, სიგანე - 1,6 ინჩი, ხოლო სისქე-0.8 ინჩი (3 სმ X 4 სმ X 2 სმ, დაახლოებით კაკლის ზომის). ჯირკვალი გარს ეკვრის ურეთრას, ურეთრის ქვედა ნაწილს, სადაც იგი უახლოვდება შარდის ბუშტს (იხ. სურათი 20-3). პროსტატის ჯირკვლოვანი ქსოვილები წარმოქმნის სუსტად მჟავა სეკრეტს, რომელიც შეიცავს ანტიმიკრობულ ნივთიერებას და ლიმონჟავას, რომელიც საჭიროა ენერგიის წარმოქმნისთვის (სპერმის უჯრედების მიტოქონდრიებში). პროსტატის გლუვი კუნთები იკუმშება ეაკულაციის დროს, რაც ხელს უწყობს ურეთრიდან სპერმის გადმონთხევას (იხ. დანართი 20-3: პროსტატის ჰიპერტროფია)

## ბულბოურეთრალური ჯირკვალი

ბულბოურეთრალურ ჯირკვლებს ასევე უწოდებენ კუპერის ჯირკვლებსაც. თითოეული ეს ჯირკვალი დაახლოებით მუხუდოს ზომისაა და მოთავსებულია პროსტატის ჯირკვლის ქვემოთ. მათი შიგთავსი ასევე გადადის ურეთრაში. უშუალოდ ეაკულაციის წინ ამ ჯირკვლების ტუტე სეკრეტი ამოეფინება ურეთრის შიდა ზედაპირს, რაც ანეიტრალებს შარდის მჟავობას.

აღბათ შეამჩნიეთ, რომ მამაკაცთა რეპროდუქციული სისტემის სამი ჯირკვლიდან ორი ტუტე სეკრეტს გამოყოფს. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან ქალის საშოში მჟავა pH გარემოა, რაც წარმოიქმნება ნორმალური ფლორით, ვაგინის ბუნებრივი ბაქტერიული პოპულაციით. სათესლე სითხის ტუტე ბუნება ანეიტრალებს საშოს მჟავა pH გარემოს და ხელს უწყობს სპერმის გადაადგილებას. სხვა შემთხვევაში მჟავა-ტუტოვანი გარემო არ იქნება ხელსაყრელი სპერმატოზოიდების გადაადგილებისთვის.

### ჩანართი 20-2: | კონტრაცეფცია

არსებობს კონტრაცეფციის ანუ ჩასახვის სანინაალმდეგო რამდენიმე მეთოდი. ზოგი მათგანი მეტად ეფექტურია, ზოგი - ნაკლებად. ერთადერთი მეთოდი, რომელიც 100%-იანია, არის აბსტინენცია - თავის შეკავება.

**სტერილიზაცია** - მამაკაცებში სტერილიზაცია შედარებით მარტივი პროცედურაა, რომელსაც **ვაზექტომია** ეწოდება. თესლგამომტან სადინართან მიდგომა ხდება სკროტუმიდან, რომელზეც ორმხრივად კეთდება განაკვეთი და სადინარი იკერება და გადაიჭრება. მიუხედავად იმისა, რომ სათესლეებში სპერმის წარმოქმნა კვლავ გრძელდება, გადაკეტილი სადინრის გამო გარეთ გამოსვლას ვერ ახერხებს და მარტივად ადგილზევე კვდება და რეაბსორბირდება.

ქალებში სტერილიზაცია, ჩვეულებრივ, მიღების ლიგაციით, გადაკეცილი ხდება, რომლის დროსაც ფალოპის მილები იკერება და გადაიჭრება. კვერცხუჯრედი ამ წინააღმდეგობას ვერ ძლევს და სპერმა ვერ გადის მილში, რომ კვერცხუჯრედი გაანაყოფიეროს.

სწორად ჩატარებული ამ ქირურგიული სტერილიზაციით მიიღწევა კონტრაცეფციის პრაქტიკულად 100%.

**ორალური კონტრაცეპტივები** (მედიკამენტური) - ჩასახვის სანინაალმდეგო ტაბლეტები შეიცავს პროჟესტერონს და ესტროგენს სხვადასხვა პროპორციით. ეს ჰორმონები ხელს უშლის ოვულაციას წინა პიტიუტარული ჯირკვლიდან FSH და LH სეკრეციის ინჰიბირებით. ამ ტაბლეტების გეგმისა და დანიშნულების მიხედვით მიღება უზრუნველყოფს 98%-იან ეფექტურობას. ზოგიერთი ქალი აღნიშნავს ამ მედიკამენტების გვერდით ეფექტებს, როგორცაა თავის ტკივილი, წონის მატება და გულისრევა. ქალები, რომლებიც კონტრაცეფციის ამ მეთოდს იყენებენ, არ უნდა ეწეოდნენ, რადგან მოწევა ასოცირებულია თრომბოზების განვითარებასთან და ზრდის გულის შეტევისა და ინსულტის განვითარების რისკს.



ბარიერული მეთოდები - მოიცავს პრეზერვატივებს (კონდომებს), დიაფრაგმასა და საშვილოსნოს ყელის ქუდებს, რომელიც ხელს უშლის სპერმის საშვილოსნოსა და ფალოპის მილებში მოხვედრას. სპერმიციდების (ქიმიური ნივთიერება, რომელიც კლავს სპერმას) გამოყენება ზრდის ამ მეთოდების ეფექტურობას. კონდომი არის ლატექსის ან რეზინის გარსი, რომელიც ეცმევა პენისს და მასში გროვდება ეაკულაციის შედეგად გამოტყორცნილი სპერმა. შესაძლებელია მოხდეს კონდომიდან სპერმის გაჟონვა და აქედან გამომდინარე, ამ მეთოდის ეფექტურობა 80-90%-ია. ამასთან, კონდომი არის კონტრაცეფციის ერთადერთი მეთოდი, რომელიც ამცირებს სქესობრივი გზით გადადები დაავადების გავრცელებას.

დიაფრაგმა და საშვილოსნოს ყელის ქუდები არის პლასტიკური სტრუქტურა, რომელიც იდგმება ვაგინაში და ფარავს საშვილოსნოს ყელს. ეს მეთოდები 80%-ით ეფექტურია. საყურადღებოა, რომ ამ მეთოდების გამოყენება არ შეიძლება იმ ქალებთან, რომელთაც აღენიშნებათ ვაგინალური ინფექცია ან ცვლილებები PAP ტესტით ან ანამნეზში აქვთ ტოქსიური შოკის სინდრომი.

## ჩანართი 20-3 | პროსტატის ჰიპერტროფია

პროსტატის ჰიპერტროფია არის პროსტატის (ნინამდებარე) ჯირკვლის ზომაში მომატება. ჩვეულებრივ, პროსტატის ჰიპერტროფია იწყება მამაკაცებში 60 წლის ზემოთ. გადიდებული პროსტატის ჯირკვალი ახდენს მასში გამავალი ურეთრის კომპრესიას და ქმნის პრობლემას შარდვის დროს, ან ვითარდება შარდის შეკავება. პროსტატექტომია არის ქირურგიული ჩარევა, რომლის დროსაც ხდება პროსტატის ნაწილის ან მთლიანი ჯირკვლის ამოკვეთა. შესაძლოა ამ ჩარევის შედეგად დაზიანდეს ეაკულაციის პროცესი. თანამედროვე ქირურგიული პროცედურები საშუალებას იძლევა შენარჩუნებული იყოს სექსუალური ფუნქცია და ასევე ხელმისაწვდომია მედიკამენტები, რომელიც ხელს უწყობს გაზრდილი პროსტატის ჯირკვლის ზომაში შემცირებას.

პროსტატის კიბო მეორე ყველაზე გავრცელებული კიბოა მამაკაცებში (ფილტვის კიბო არის პირველი). შემთხვევათა უმრავლესობა ვლინდება 50 წელზე უფროსი ასაკის მამაკაცებში. პროსტატის კიბოს მკურნალობა შეიძლება მოიცავდეს ჯირკვლის მოშორების მიზნით ქირურგიულ ჩარევას, რადიაციულ თერაპიას ან ტესტოსტერონის დონის შესამცირებლად ჰორმონალურ თერაპიას.

## ურეთრა - პენისი

**ურეთრა** წარმოადგენს სპერმის გამტარი სადინარის ბოლო ნაწილს და მისი ყველაზე გრძელი ნაწილი მოთავსებულია პენისში.

**პენისი** წარმოადგენს გარეთა სასქესო ორგანოს. მის დისტალურ ბოლოს პენისის ჯირკვალი ეწოდება და დაფარულია კანის ნაკეცით, რომელსაც ჩუჩა ქვია.

**ცირკუმციზია** (წინდაცვეთა) არის ჩუჩის ქირურგიული გზით მოშორება. ცირკუმციზია გავრცელებული პროცედურაა პატარა ასაკის მამრობით სქესის ბავშვებში. მიმდინარეობს სამეცნიერო დისკუსია, სასარგებლოა თუ არა ცირკუმციზია. კვლევები აჩვენებს, რომ ცირკუმციზიით მამაკაცებში აივ ინფექციის ნაკლები შემთხვევებია რეგისტრირებული.

პენისის შიგნით არის კავერნოზული (ერექციული) ქსოვილის სამი მასა (იხ. სურათი 20-3). თითოეული მასა შედგება გლუვი კუნთების ჩარჩოსა და შემაერთებული ქსოვილისგან, რომელშიც მდებარეობს სისხლის სინუსები, რაც წარმოადგენს დიდი ზომის, არარეგულარულ სისხლძარღვოვან არხებს.

როდესაც ამ სინუსებში სისხლის მიმოქცევა მინიმალურია, პენისი მოდუნებულია. სექსუალური სტიმულაციის დროს პენისის არტერიები ფართოვდება და სინუსები ივსება სისხლით,

რის შედეგადაც პენისი ერექციული და მყარი ხდება. პენისის არტერიების გაფართოება და შედეგად ერექცია გამონვეულია აზოტის ოქსიდის (NO) ლოკალური გამოთავისუფლებით და პარასიმპათიკური იმპულსებით. ერეგირებულ პენისს შეუძლია შეაღწიოს ქალის საშოში და მიიტანოს სპერმა. სექსუალური სტიმულაციის კულმინაცია არის ეაკულაცია, სიმპათიკური რეაქცია, რომელიც გამონვეულია რეპროდუქციული სისტემის ყველა სადინრის პერისტალტიკით და პროსტატის ჯირკვლისა და მენჯის ფსკერის კუნთების შეკუმშვით.

## სპერმა

სპერმა შედგება სპერმატოზოიდებისა და სათესლე სადინრების, პროსტატისა და ბუღბოურეთრალური ჯირკვლების სეკრეტებისაგან. სპერმის მჟავობა (pH) საშუალოდ 7.4. ეაკულაციის დროს გადმოინთხევა დახლოებით 2-4 მლ სპერმა. სპერმის თითო მილილიტრი შეიცავს დაახლოებით 100 მილიონ სპერმატოზოიდს.

## ქალის რეპროდუქციული სისტემა

ქალის რეპროდუქციული სისტემა შედგება წყვილი საკვერცხეების, წყვილი ფალოპის მილების, ერთი საშვილოსნოს, ერთი ვაგინისა და გარეთა სასქესო სტრუქტურებისგან (იხ. სურათ 20-5). კვერცხუჯრედი წარმოიქმნება საკვერცხეში და ფალოპის მილების გავლით გადაადგილდება საშვილოსნოსკენ. საშვილოსნო არის ემბრიონის - ნაყოფის ზრდის ადგილი.

## საკვერცხეები

**საკვერცხეები** წარმოადგენს დაახლოებით 4 სმ (1.5 ინჩი) სიგრძის ოვალურ წყვილ სტრუქტურებს, რომელიც განლაგებულია მენჯის ღრუში, საშვილოსნოს ორივე მხარეს (იხ. სურათი 20-6). საკვერცხის იოგი გადაჭიმულია თითოეული საკვერცხის მედიალური ნაწილიდან საშვილოსნოს კედლამდე, ხოლო განიერი იოგი წარმოადგენს პერიტონეუმის ნაკეცს, რომელიც შემოხვეულია საკვერცხეებზე. ეს იოგები უზრუნველყოფს საკვერცხეების ფიქსაციას თავის ადგილას.

დაბადების მომენტიდან თითოეულ საკვერცხეში არის ასეულ-ათასობით პირველადი ფოლიკული. ქალის რეპროდუქციული ასაკის პერიოდში ამ პირველადი ფოლიკულებიდან მხოლოდ 300-400 წარმოქმნის მომწიფებულ კვერცხუჯრედს - ისევე, როგორც მამაკაცებში პოტენციური გამეტების მარაგი გაცილებით აღემატება რეალურად საჭირო რაოდენობას, მაგრამ ეს უზურუნველყოფს ადამიანის სახეობის გაგრძელებას.

თითოეული პირველადი საკვერცხის ფოლიკული შეიცავს ოოციტს, პოტენციურ კვერცხუჯრედს. ოოციტები გარშემორტყმულია ფოლიკულის უჯრედებით, რომელიც ახდენს ესტროგენის სეკრეციას. ფოლიკულის მომწიფება, რომლისთვისაც აუცილებელია FSH და ესტროგენი, აღწერილია ზემოთ, ოოგენეზის თავში. მომწიფებულ ფოლიკულს ასევე ეწოდება **გრააფის ფოლიკული** და წინა პიტუიტარული ჯირკვლის წარმოებულ LH ჰორმონი იწვევს ოვულაციას. ოვულაცია არის მომწიფებული ფოლიკულის გახეთქვისა და კვერცხუჯრედის გამოთავისუფლების პროცესი. ამ დროს დანარჩენი, განვითარებადი ფოლიკულები აჩერებს განვითარებას. მათ **ატრეზიული ფოლიკულები** ეწოდებათ. შემდგომში ატრეზიულ ფოლიკულებს ფუნქცია არა აქვთ. LH-ის გავლენით გახეთქილი ფოლიკული ყვითელ სხეულად იქცევა და იწყებს პროჟესტერონისა, ისევე როგორც ესტროგენის წარმოქმნას. ასევე, ყვითელი სხეული მცირე რაოდენობით წარმოქმნის სხვა ჰორმონებსაც - ინჰიბინსა და რელაქსინს.

## ფალოპის მილები

**ფალოპის მილი** ორია (მათ ასევე უწოდებენ საშვილოსნოს მილებს ან საკვერცხის მილებს). თითოეული მათგანი 10 სმ (4 ინჩი) სიგრძისაა. ფალოპის მილის ლატერალური ბოლო მდებარეობს საკვერცხესთან, ხოლო მედიალური ბოლო იხსნება საშვილოსნოს ღრუში. მილის ბოლოზე,

რომელიც საკვერცხეებთან არის მოთავსებული, განთავსებულია ფიმბრიები, ფოჩისებრი ნა-  
ნაზარდები, რომელიც საკვერცხის გარშემო სითხეში წარმოქმნის მუხტს, რომლის მეშვეობით  
კვერცხუჯრედი გადადის ფალოპის მილში.

რადგან კვერცხუჯრედს არა აქვს მექანიზმი, რომელიც უზრუნველყოფდა მის თვით-გადა-  
ადგილებას (ისევე, როგორც სპერმას), ფალოპის მილის სტრუქტურა უზრუნველყოფს მის გა-  
დაადგილებას საშვილოსნოს ღრუსკენ. მილების გლუვკუნთოვანი შრე იკუმშება და წარმოქმნის  
პერისტალტიკის ტალღებს, რაც ეხმარება კვერცხუჯრედს (ან ზიგოტას, როგორც ამას მალე  
ვნახავთ) საშვილოსნოს ღრუსკენ გადაადგილებაში. ამომფენი (ლორწოვანი) შრე შეიცავს უხვ  
ნაკეცებს და წარმოდგენილია ცილიარული ეპითელიური ქსოვილით. ცილიარული უჯრედების  
მიზანმიმართული მოძრაობა ასევე ეხმარება საკვერცხეს საშვილოსნოს ღრუსკენ გადაადგილე-  
ბაში. ფალოპის მილის ძირილი ნაჩვენებია სურათი 20-6-ზე.

განაყოფიერება, ჩვეულებრივ, ხდება ფალოპის მილში. თუ განაყოფიერება არ მოხდა, კვე-  
რცხუჯრედი 24-28 საათის განმავლობაში კვდება და იშლება ან ფალოპის მილში ან საშვილოს-  
ნოში. განაყოფიერების შემთხვევაში, კვერცხუჯრედი გარდაიქმნება ზიგოტად და გადადის  
საშვილოსნოში. ამას დაახლოებით 4-5 დღე სჭირდება (იხ. ჩანართი 20-4: ინ-ვიტრო განაყოფი-  
ერება).

ორსულობების 1-2%-ში ზიგოტა ვერ აღწევს საშვილოსნოს ღრუს, მაგრამ აგრძელებს განვი-  
თარებას მილში. ამას ეწოდება **ექტოპიური ორსულობა** *ectopic* ნიშნავს - „უჩვეულო ადგილას“.   
განვითარებადი ემბრიონი შეიძლება მიმაგრდეს, ჩაინერგოს ფალოპის მილში ან საკვერცხეში ან  
მუცლის ღრუს ნებისმიერ ადგილას. ექტოპიური ორსულობა დიდხანს ვერ გრძელდება, რადგან  
ემბრიონის მიმაგრებისათვის უჩვეულო ადგილები არ არის საშვილოსნოსავით სპეციალიზებუ-  
ლი პლაცენტის წარმოების ან ზომაში მატებისთვის, რათა დაიტეოს მზარდი ემბრიონი და უზ-  
რუნველყოს იგი სიცოცხლისთვის საჭირო პირობებით. ექტოპიური ორსულობის სპონტანური  
შენწყვეტა, ჩვეულებრივ, იწვევს სისხლდენას და ჰემორაგიული შოკისგან დედის სიცოცხლის გა-  
დასარჩენად შესაძლოა საჭირო გახდეს ქირურგიული ჩრევა. აშშ-ში დიაგნოსტიკური მეთოდე-  
ბის გაუმჯობესებამ სიკვდილობა შეამცირა 2000 ექტოპიური ორსულობის შემთხვევიდან 1-მდე.  
ბევრ განვითარებად ქვეყანაში ამ მიზეზით დედათა სიკვდილობის მაჩვენებელი გაცილებით მა-  
ღალია. იშვიათ შემთხვევაში ექტოპიური ორსულობა ბოლომდე გრძელდება და ჩნდება ჯანმრ-  
თელი ბავშვი. ასეთი შემთხვევები არის ადამიანის ორგანიზმის კარგი ადაპტაციური უნარებისა  
და მედიცინის მეცნიერების მიღწევების დემონსტრირება.

## საშვილოსნო

**საშვილოსნოს** გადაბრუნებული მსხლის ფორმა აქვს, დაახლოებით 3 ინჩის სიგრძის, 2 ინჩის  
სიგანისა და 1 ინჩი სიღრმისაა (7.5 სმ X 5 სმ X 2.5 სმ). იგი განლაგებულია შარდის ბუშტის  
ზემოთ, მენჯის ღრუში, საკვერცხეებს შორის (იხ. სურათი 20-5). განიერი იოგი, გარდა  
იმისა რომ შემოხვეულია საკვერცხეებზე, ასევე ფარავს საშვილოსნოსაც (იხ. სურათი 20-6).  
ორსულობის პერიოდში საშვილოსნო ზომაში მნიშვნელოვნად იმატებს, ემბრიონის - ნაყოფის  
გამოსაკვებად შეიცავს პლაცენტას და გესტაციის ბოლოს გამოდევნის ბავშვს.

საშვილოსნოს შემადგენელი ნაწილები და შრეები ნაჩვენებია სურათი 20-6-ზე. საშვილოსნოს  
**ფუძე** წარმოადგენს ზედა ნაწილს, რომელიც მოიცავს სივრცეს ფალოპის მილების შეერთების  
ადგილის ზემოთ და **სხეული** არის დიდი, ცენტრალური ნაწილი. საშვილოსნოს ვინრო, ქვედა  
ბოლო წარმოადგენს **ყელს**, რომელიც იხსნება ვაგინაში.

საშვილოსნოს გარეთა შრე არის სეროზული, ანუ ეპითელიური, რაც პერიტონეუმის ნაკეცს  
წარმოადგენს. **მიომეტრიუმი** არის გლუვკუნთოვანი შრე. ორსულობის პერიოდში ეს უჯრედები  
ზომაში იზრდება, რათა საშვილოსნომ დაიტეოს მზარდი ნაყოფი და ორსულობის ბოლოს, მშო-  
ბიარობის დროს შეიკუმშოს.

შიდა მხრიდან საშვილოსნო ამოფენილია **ენდომეტრიუმით**, რომელიც ორი შრისგან შედგე-  
ბა. **ბაზალური შრე**, რომელიც მიმაგრებულია მიომეტრიუმზე, სისხლძარღვოვანი შრეა, მაგრამ  
ძალიან თხელია და მუდმივად არსებობს. **ფუნქციური შრე** რეგენირდება და ჩამოიშლება ყოვე-  
ლი მენსტრუალური ციკლის დროს. შესაძლო ემბრიონის მოლოდინში, მოსამზადებელ ეტაპზე,  
საკვერცხის მიერ გამოყოფილი ესტროგენისა და პროჟესტერონის გავლენით, სისხლძარღვების



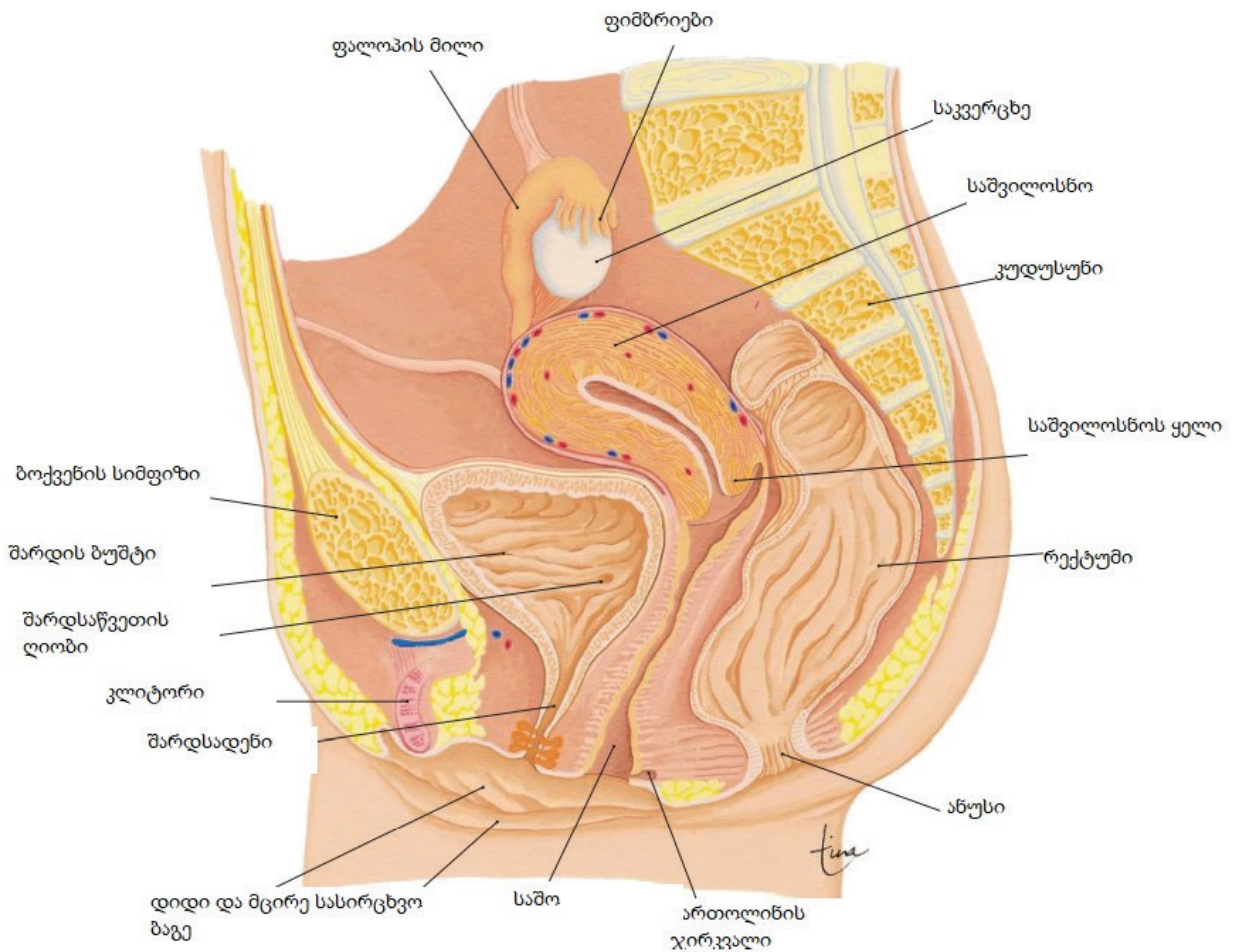
ზრდა ასქელებს ფუნქციურ შრეს. თუ განაყოფიერება არ მოხდა, ფუნქციური შრე ჩამოიშლება და გარეთ გამოდის მენსტრუაციის სახით. ორსულობის პერიოდში ენდომეტრიუმიდან ყალიბდება პლაცენტის დედის ნაწილი.

## ვაგინა (საშო)

**ვაგინა** არის დაახლოებით 10 სმ (4 ინჩ) სიგრძის კუნთოვანი მილი, რომელიც წარმოადგენს ყელის გაგრძელებას **შორისის** შესასვლელამდე (მენჯის ფსკერი). იგი მდებარეობს ურეთრის უკან და რექტუმის (სწორი ნალავი) წინ (იხ. სურათი 20-5). ჩვეულებრივ, ვაგინის შესასვლელი ნაწილობრივ დაფარულია თხელი მემბრანით, რომელსაც **ჰიმენა** (საქალწულე აპკი) ეწოდება და რომელიც იხვევა პირველი სქესობრივი კონტაქტის შედეგად ან მენსტრუაციის დრო ტამპონის გამოყენებით.

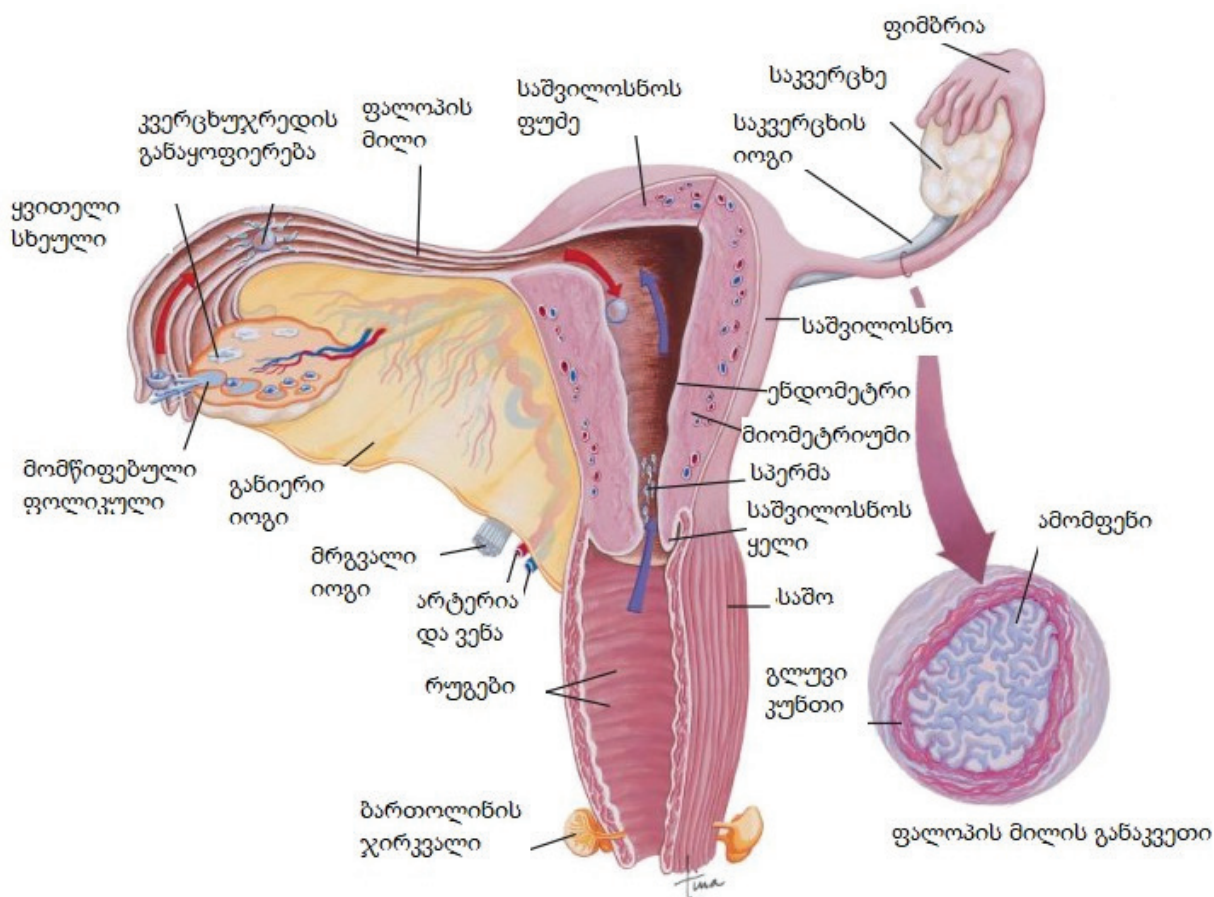
ვაგინის ფუნქციაა სქესობრივი კონტაქტის დროს პენისიდან მიიღოს სპერმა, გაატაროს მენსტრუალური სისხლის ნაკადი და იქცეს სამშობიარო არხად ორსულობის ბოლოს.

ვაგინის ლორწოვანი პუბერტატული ასაკის შემდეგ იშლება სკვამოზურ ეპითელიუმად, რაც შედარებით რეზისტენტულია პათოგენების მიმართ. ვაგინის ნორმალური ფლორა (მიკრობიოტა) წარმოქმნის მჟავა pH გარემოს, რაც ხელს უწყობს პათოგენების ზრდის ინჰიბირებას, განსაკუთრებით სოკოების. სხეულის ნებისმიერი სხვა ინფექციის გამო მიღებულმა ანტიბიოტიკმა შეიძლება შეამციროს ვაგინალური ბაქტერიების რაოდენობა, რაც გამოიწვევს მიკრობიომის pH-ის ცვლილებას და ქმნის სოკოების ზრდისთვის ხელსაყრელ გარემოს (იხ. ჩანართი 20-5: სქესობრივი გზით გადამდები დაავადებები).



**სურათი 20-5:** ქალის რეპროდუქციული სისტემა, ნაჩვენებია მენჯის რღუს შუა საგიტალური კვეთა

**შეკითხვა:** სად მდებარეობს საშვილოსნო შარდის ბუშტთან მიმართებაში, და რატომ არის ეს მნიშვნელოვანი?



**სურათი 20-6** ქალის რეპროდუქციული სისტემა, ნაჩვენებია წინხედი. ილუსტრაციის მარცხნივ საკვერცხე ნაჩვენებია ჭრილში, განვითარებადი ფოლიკულის დემონსტრირებისათვის. ფალოპის მილი, ილუსტრაციაზე მარცხნივ- ნაჩვენებია ჭრილში განაყოფიერების დემონსტრირებისათვის. მარჯვენა ფალოპის მილის გამჭოლი ჭრილი მოცემულია ილუსტრაციის მარჯვენა მხარეს. საშვილოსნო და ვაგინა ნაჩვენებია ჭრილში შიდა სტრუქტურების დემონსტრირებისთვის. ისრები აჩვენებს კვერცხუჯრედის გადაადგილებას საშვილოსნოს მიმართულეობით და სპერმის მოძრაობას ვაგინიდან ფალოპის მილისკენ.

**შეკითხვა:** საშვილოსნოს კედლის რომელი შრე ყველაზე სქელი? რა ტიპის ქსოვილისგან არის ეს შრე წარმოქმნილი?

## ჩანართი 20-4 | ინ ვიტრო განაყოფიერება

ინ ვიტრო განაყოფიერება (In vitro fertilization (IVF)) არის განაყოფიერება სხეულის გარეთ, ჩვეულებრივ, მინის ფინჯანზე. ქალს, რომელიც გეგმავს ამ გზით დაორსულებას, უტარდება FSH-ით სტიმულაცია, რათა ერთდროულად განვითარდეს საკვერცხის რამდენიმე ფოლიკული. შემდეგ შეიძლება LH-ის მიცემა ერთდროული ოვულაციის სტიმულირებისთვის. კვერცხუჯრედების ამოღება ხდება მუცლის კედელში მცირე განაკვეთის მეშვეობით და ამოღებული კვერცხუჯრედები თავსდება სითხეში, რომელიც შეიცავს ქალის პარტნიორი მამაკაცის სპერმას (ან ანონიმური დონორის სპერმას). განაყოფიერებისა და გახლეჩვის პირველი მიტოზური დაყოფის შემდეგ, ადრეული ემბრიონი თავსდება დედის საშვილოსნოში. ასევე შესაძლებელია კვერცხუჯრედების შერევა სპერმასთან და დაუყოვნებლივ დაბრუნება ქალის ფალოპის მილში. ამის შემდეგ განვითარება ხდება იმავე გზით, როგორც ბუნებრივი განაყოფიერების დროს.

პირველი „სინჯარის ბავშვი“ გაჩნდა 1978 წელს და მას შემდგომ მრავალი ათასი ბავშვია გაჩენილი ამ მეთოდით. ეს ტექნიკა ყოველთვის წარმატებული არ არის და განმეორებითი მცდელობები შეიძლება ძალიან ძვირი იყოს.

დამატებით, ინ-ვიტრო განაყოფიერების დროს იმპლანტაციამდე შეიძლება ჩატარდეს გენეტიკური ანალიზი, გენეტიკური დაავადებებისა და ქრომოსომული პათოლოგიების, როგორცაა მაგალითად ჩანართ 20-1-ში აღწერილი ტრისომია, აღმოსაჩენად. ეს მეთოდი განსაკუთრებით ხელსაყრელია ასაკოვანი ქალებისთვის, რომელთაც გადაწყვეტილი აქვთ დაორსულება და ნყვილებისთვის, რომელთაც გენეტიკური დაავადებების ოჯახური ანამნეზი აქვთ, მაგალითად ნამგლისებრუჯრედოვანი ანემია ან ცისტოფიბროზი.

## ჩანართი 20-5 | სქესობრივი

**სქესობრივი გზით გადამდებ დაავადებებს (სგგდ) მიეკუთვნება ის დაავადებები, რომელთა გამომწვევის გადაცემა ხდება სქესობრივი აქტივობის დროს. ამ დაავადებების უმეტესობა ბაქტერიული ან ვირუსულია.**

**გონორეა** - გამომწვევია ბაქტერია *Neisseria gonorrhoeae*. ინფიცირებულ მამაკაცებს აღენიშნებათ მტკივნეული და გახშირებული შარდვა და ჩირქი შარდში. ქალები ხშირად უსიმპტომოები არიან და ბაქტერია შეიძლება საშვილოსნოს ყელიდან რეპორდუქციული სისტემის სხვა ორგანოებზეც გავრცელდეს (მენჯის ანთებითი დაავადებები (PID)). ახალშობილებში ანტიბიოტიკის ჩანვეთებით აღმოიფხვრა ინფიცირებული დედისგან შეძენილი ახალშობილთა კონუქტივიტი. გონორეას მკურნალობისთვის გამოიყენება ანტიბიოტიკი, მაგრამ რეზისტენტული შტამების გავრცელება ართულებს მკურნალობას.

**სიფილისი** - გამომწვევი ბაქტერიაა *Treponema pallidum*. მიუხედავად იმისა, რომ სიფილისისგან განკურნება შესაძლებელია პენიცილინით, ეს დაავადება ხშირად ყურადღების მიღმა რჩება, რადგან ხასიათდება მინიმალური სიმპტომებით და სიმტომების მანიფესტაცია დიდხანს არ გრძელდება. არანამკურნალე შემთხვევებში სიფილისმა შეიძლება გამოიწვიოს ნერვული სისტემის ან გულის მძიმე ან ფატალური გამოსავალი. ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში შემცირებულია სიფილისის რეგისტრირებული შემთხვევების რაოდენობა და აშშ-ს დაავადებათა კონტროლის ცენტრები იმედოვნებს, რომ აშშ-ში მალე მოხდება სიფილისის ერადიკაცია.

**ქლამიდიური ინფექცია** - გამომწვეულია ძალიან მარტივი ბაქტერიით *Chlamydia trachomatis*. ინფიცირებულ მამაკაცებს შეიძლება აღენიშნებოდეთ ურეთრიტი ან ეპიდიდმიტისი. ქალებს სანყის ეტაპზე სიმტომები არ აღენიშნებათ, მაგრამ მოგვიანებით შეიძლება განუვითარდეთ PID, რაც ზრდის ექტოპიური ორსულობის რისკს. ინფიცირებული დედების ახალშობილებს უვითარდებათ კონიუქტივიტი, ან პნევმონია. ქლამიდიური ინფექციების ანტიბიოტიკებით მკურნალობა ძირითადად წარმატებულია.

**გენიტალური ჰერპესის** - გამომწვევია მარტივი ჰერპეს ვირუსი (ჩვეულებრივ, მე-2 ტიპის). გენიტალიების არეში მტკივნეული წყლულები წარმოადგენს დაავადების პირველ სიმპტომს. მიუხედავად იმისა, რომ წყლულები ხორცდება 5 - 9 დღის განმავლობაში, შესაძლებელია მათი განმეორებით განვითარება, რის ტრიგერსაც სავარაუდოდ წარმოადგენს ფიზიოლოგიური სტრესი, როგორცაა ავადმყოფობა. მიუხედავად იმისა, რომ ჰერპესისგან განკურნება შეუძლებელია, დამტკიცებულია, რომ მოწოდებული მედიკამენტები ამცირებს განმეორების შესაძლებლობას.

**ნეონატალური ჰერპესი** - წარმოადგენს ინფექციას, რომელიც ახალშობილს ემართება სამშობიარო არხში გამოვლისას. ახალშობილის იმუნური სისტემა ბოლომდე მომწიფებული არ არის იმისთვის, რომ გააკონტროლოს ჰერპეს ვირუსი და ინფექცია შეიძლება ფატალური გამოდგეს ან გამოიწვიოს ტვინის დაზიანება. ქალებმა, რომელთაც ანამნეზში აღენიშნებათ გენიტალური ჰერპესი, უპირატესობა უნდა მიანიჭონ საკეისრო კვეთას, რათა თავიდან აირიღონ შესაძლო გართულება.



ადამიანის პაპილომა ვირუსი (აპვ) - არსებობს აპვ-ს 100-ზე მეტი ტიპი, რომელთაგან ნაწილს შეუძლია გენიტალური მეჭეჭების განვითარება გამოიწვიოს. რამდენიმე მათგანი სტიმულირებას უკეთებს უჯრედების პათოლოგიურ ზრდას და ქალებში იწვევს საშვილოსნოს ყელის კიბოს. სხვა ტიპებმა შეიძლება გამოიწვიოს ხორხისა და პირის ღრუს კიბოს განვითარება ორივე სქესის ინდივიდებში. სხვა ვირუსული ინფექციების მსგავსად, არ არსებობს სპეციფიური სამკურნალო მედიკამენტი, მაგრამ არსებობს ვაქცინა, რომელიც უზრუნველყოფს გარკვეული ტიპის ვირუსისგან თავდაცვას. ამ ტიპებთან არის დაკავშირებული და რეგისტრირებული კიბოს შემთხვევების 70%, და 2 ტიპი, რომელიც ხშირად დაკავშირებული გენიტალური მეჭეჭებთან. აშშ-ში ვაქცინა რეკომენდებულია ორივე სქესის 11-12 წლის ბავშვებისთვის.

## გარეთა სასქესო ორგანოები

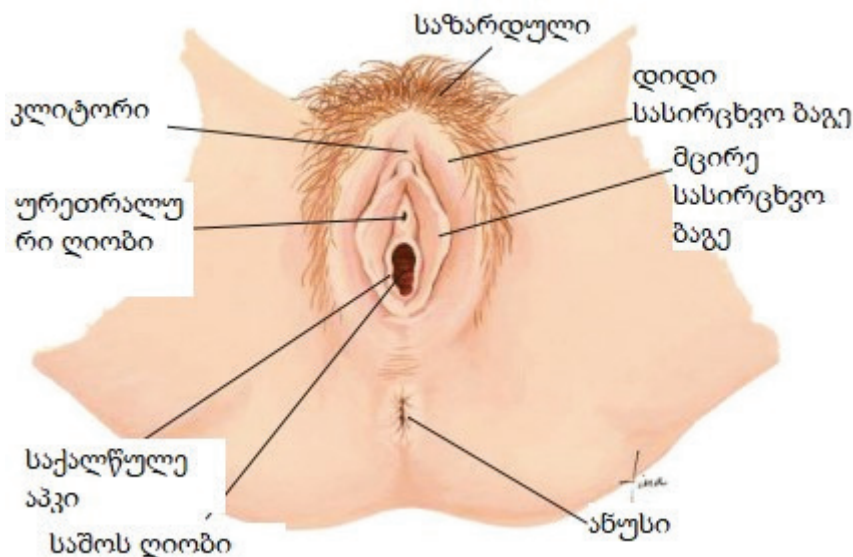
ქალის გარეთა სასქესო სტრუქტურები, რომელთაც ასევე შეიძლება ეწოდოს **ვულვა**, (იხ. სურათი 20-7) მოიცავს კლიტორს, დიდ და მცირე სასირცხო ბაგეებსა და ბართოლინის ჯირკვლებს (იხ. სურათი 20-5).

**კლიტორი** არის მცირე ზომის ერექტიული ქსოვილი, რომელიც მდებარეობს ურეთრის შესასვლელთან. კლიტორს ერთადერთი ფუნქცია აქვს - სენსორული. იგი რეაგირებს სექსუალურ სტიმულაციაზე და მისი ვასკულარული სინუსი ივსება სისხლით.

**ბოქვენის ბორცვი** წარმოადგენს ცხიმოვან ბალიშს, რომელიც მდებარეობს ბოქვენის სიმფიზის ზემოთ და დაფარულია კანითა და ბოქვენის თმით. ბოქვენის ბორცვი უკან მხარეს გადადის **დიდ სასირცხო** (ლატერალური) და

**მცირე სასირცხო** (მედიალური) **ბაგეებში**, რომელიც წარმოადგენს კანის წყვილ ნაკეცებს. მცირე სასირცხო ბაგეებს შორის არის კარიბჭე ეწოდება და მოიცავს ურეთრისა და ვაგინის ლიობებს. ბაგეები ფარავს ამ ლიობებს და ამით იცავს ლორწოვან მემბრანებს გამოშრობისგან.

**ბართოლინის ჯირკვლები**, რომელთაც ასევე კარიბჭის ჯირკვლებს უწოდებენ (იხ. სურათი 20-5 და 20-6) მოთავსებულია კარიბჭის ფსკერზე და მათი სადინრები იხსნება ვაგინის ხვრელის ლორწოვან შრეში. ამ ჯირკვლების სეკრეტი ატენიანებს ლორწოვანს და წარმოადგენს ვაგინის ლუბრიკანტს სქესობრივი აქტის დროს.



**სურათი 20-7** ქალის გარეთა სასქესო ორგანოები (ვულვა) ნაჩვენებია შორისის ქვედა ხედით.

**კითხვა:** რა არის დიდი და მცირე სასირცხო ბაგეების ფუნქცია?

## სარძევე ჯირკვლები

**სარძევე ჯირკვლები** სტრუქტურულად უკავშირდება კანს, მაგრამ ფუნქციურად წარმოადგენს რეპროდუქციულ სისტემას, რადგან ამ ჯირკვლებში ხდება შთამომავლობის გამოსაკვებად საჭირო რძის პროდუქცია. სარძევე ჯირკვლები განთავსებულია ძუძუების შიგნით და მდებარეობს გულმკერდის მთავარი კუნთების წინ; მათი სტრუქტურა ნაჩვენებია სურათზე 20-8.

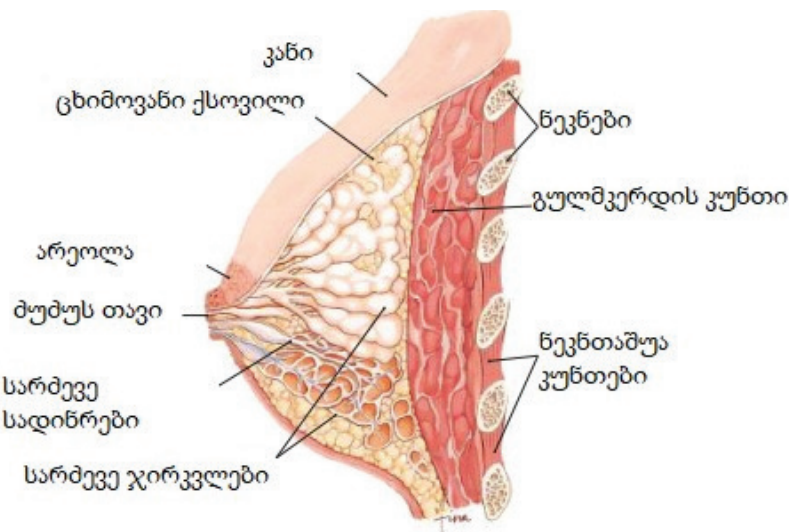
ჯირკვლოვანი ქსოვილი გარშემორტყმულია ცხიმოვანი ქსოვილით. ორსულობის დადგომის შემდეგ **ალვეოლური ჯირკვლები** წარმოქმნის რძეს. აქედან რძე გადადის ლაქტიფერულ სადინრებში, რომელიც თავს იყრის ძუძუს თავში, დვრილებში. დვრილების გარშემო კანი პიგმენტირებულია და ამ არეს არეოლა ეწოდება.

რძის წარმოქმნა კონტროლდება ჰორმონებით. ორსულობის პერიოდში ესტროგენისა და პროლაქტინის მაღალი დონე ამზადებს ჯირკვალს რძის წარმოქმნისთვის. **პროლაქტინი**, რომელსაც წინა პიტუიტარული ჯირკვალი გამოყოფს, იწვევს რძის სინთეზს ორსულობის შემდეგ. ჩვილის მიერ ძუძუს ნოვის პროცესში სტიმულირდება ჰიპოთალამუსი, რომელიც ნერვულ იმპულსს აგზავნის უკანა პიტუიტარულ ჯირკვალში, სადაც ხდება **ოქსიტოცინის** სეკრეცია, და შედეგად - რძის წარმოქმნა. ამ ჰორმონების მოქმედება სარძევე ჯირკვლებზე შეჯამებულია ცხრილში 20-2.

ადამიანის რძე ძირითადად შედგება წყლისგან, რომელშიც შერეულია ლაქტოზა, ცხიმოვანი მჟავები და მინერალები, რაც საკვებს წარმოადგენს ახალშობილისთვის. ოლიგოსაქარიდები წარმოადგენს საშენ მასალას ახალშობილის ნაწლავის მიკრობიოტის ფორმირების პროცესში. ნაწლავის მიკრობიოტა შედგება ბაქტერიებისგან, რომელიც ქმნის ლორწოვანის იმუნიტეტს და ახდენს ანთებითი პროცესების სუპრესირებას. ახალშობილისთვის ასევე უკიდურესად მნიშვნელოვანია დედის ანტიბიოტიკები, <sup>IGA</sup> მოლეკულები, რომელსაც შეიცავს დედის რძე. ახალშობილები, რომლებიც ძუძუთი იკვებებიან, პასიურ იმუნიტეტს იღებენ იმ დაავადებების საწინააღმდეგოდ, რომელთა საწინააღმდეგო იმუნიტეტიც აქვთ დედებს. როგორც მე-14 თავშია აღწერილი, ამ ტიპის იმუნიტეტი შენარჩუნებულია ძუძუთი კვების შეწყვეტიდან კიდევ 6 თვის განმავლობაში (ასევე იხ. ჩანართი 20-6: მამოგრაფია).

## მენსტრუალური ციკლი

**მენსტრუალური ციკლი** მოიცავს საკვერცხისა და წინა პიტუიტარული ჯირკვლის ჰორმონების აქტივობას და ცვლილებებს საკვერცხეებსა (საკვერცხეების ციკლი) და საშვილოსნოში (საშვილოსნოს ციკლი). ეს პროცესები წარმოდგენილია სურათზე 20-9. სურათი ერთი შეხედვით კომპლექსურია, მაგრამ ხელახლა დაუბრუნდით შემდეგი მასალის გაცნობის შემდეგ.



**სურათი 20-8** სარძევე ჯირკვლები, ნაჩვენებია შუა საგიტალური კვეთით

**კითხვა:** დაასახელეთ ჰორმონები, რომელიც ასტიმულირებს რძის წარმოქმნასა და გამოტანას.

**ცხრილი 20-2 | ჰორმონები, რომელიც გავლენას ახდენს სარძევე ჯირკვლებზე**

ჰორმონი	წყარო	ეფექტი
ესტროგენი	საკვერცხე (ფოლიკული), პლაცენტა	ხელს უწყობს სადინრების სისტემის განვითარებას
პროჟესტერონი	საკვერცხე (ყვითელი სხ), პლაცენტა	ხელს უწყობს სეკრეტორული ფუნქციის უჯრედების ზრდას
პროლაქტინი	ნინა პიტუიტარული	ხელს უწყობს რძის წარმოქმნას მშობიარობის შემდეგ
ოქსიტოცინი	უკანა პიტუიტარული (ჰიპოთალამუსი)	ხელს უწყობს რძის გამოყოფას

**ჩანართი 20-6 | მამოგრაფია**

მამოგრაფია არის კვლევის რენტგენოლოგიური მეთოდი, რომელიც გამოიყენება ძუძუს ქსოვილებში პათოლოგიების აღმოსაჩენად. ჯერჯერობით ყველაზე ხშირად მამოგრაფია გამოიყენება ძუძუს კიბოს დიაგნოსტიკისთვის, რომელიც ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული კიბოა ქალებში. ადრეულ ეტაპზე აღმოჩენის შემთხვევაში, შესაძლებელია ძუძუს კიბოსგან განკურნება ქირურგიული, რადიაციული და ქიმიოთერაპიული მეთოდების კომბინირებით.

ქალები უნდა იტარებდნენ ძუძუს თვითგასინჯვას ყოველთვიურად, მაგრამ მამოგრაფიით შესაძლებელია ისეთი მცირე ზომის კვანძების აღმოჩენა, რომელიც ხელით არ ისინჯება. ქალებს ჩატარებული უნდა ჰქონდეთ მამოგრაფია 30 წლის ასაკში, რასაც შემდგომში გამოიყენებენ მომდევნო მამოგრაფიების შესადარებლად.

მიაქციეთ ყურადღება, თავიდან პროცესში ჩართულია ოთხი ჰორმონი: ნინა პიტუიტარული ჯირკვლის გამომუშავებული FSH და LH, საკვერცხის ფოლიკულის წარმოებული ესტროგენი და საკვერცხის ყვითელი სხეულის წარმოქმნილი პროჟესტერონი. ნაჩვენებია ჰორმონების ფლუქტუაცია 28-დღიანი ციკლის პერიოდში. სრული ციკლი შეიძლება დაიყოს 3 ფაზად: მენსტრუალური ფაზა, ფოლიკულური ფაზა და ყვითელი სხეულის ფაზა.

1. მენსტრუალური ფაზა — ენდომეტრიუმის ფუნქციური შრის ჩამოშლას ეწოდება მენსტრუაცია ან მენზესი. მიუხედავად იმისა, რომ ფაქტიურად ეს მენსტრუალური ციკლის ბოლო ფაზაა, რადგან მენსტრუაციის დაწყება ადვილი შესამჩნევია, აქედან იწყებენ ციკლის ათვლას. მენსტრუაცია შეიძლება გრძელდებოდეს 2-8 დღე, საშუალოდ - 3-6 დღე. ამ პერიოდში იზრდება FSH-ის სეკრეცია და განვითარებას იწყებს საკვერცხის რამდენიმე ფოლიკული.



2. ფოლიკულური ფაზა —FSH სტიმულირებას უკეთებს საკვერცხის ფოლიკულების ზრდას და ფოლიკულური უჯრედების მიერ ესტროგენის სეკრეციას. ასევე იზრდება LH-ის სეკრეცია, მაგრამ შედარებით ნელა. FSH და ესტროგენი ხელს უწყობს კვერცხუჯრედის ზრდასა და მომწიფებას და ესტროგენი სტიმულირებას უკეთებს სისხლძარღვების ზრდას ენდომეტრიუმში, რათა მოხდეს ფუნქციური შრის რეგენერაცია.

ეს ფაზა სრულდება ოვულაციით, როდესაც LH-ის მკვეთრი მატება გახეივანებს საკვერცხის მომწიფებულ ფოლიკულს.

3. ლუტეალური (ყვითელი სხეულის) ფაზა —LH-ის ზემოქმედებით, გახეივანი ფოლიკული გადაიქცევა ყვითელ სხეულად და იწყებს პროჟესტერონის, ისევე როგორც ესტროგენის სეკრეციას. პროჟესტერონი ხელს უწყობს 5-8 დღიანი ემბრიონის ჩანერგვას ენდომეტრიუმში, სავარაუდოდ ამ მიდამოში ანთებითი პროცესის ინჰიბირების შედეგად. ის ასევე ასტიმულირებს ენდომეტრიუმის ფუნქციურ შრეში სისხლძარღვების ზრდას და ხელს უწყობს საკვები ნივთიერებების, როგორცაა გლიკოგენი, შენახვას.

როდესაც პროჟესტერონის სეკრეცია იმატებს, LH-ის სეკრეცია მცირდება და თუ კვერცხუჯრედი განაყოფიერებული არ არის, პროჟესტერონის სეკრეცია იწყებს შემცირებას. პროჟესტერონის გარეშე ენდომეტრიუმი ვერ შენარჩუნდება და იწყებს ჩამოშლას და მენსტრუაციის სახით გარეთ გამოისვლას. FSH-ის სეკრეცია იწყებს მატებას (რადგან ესტროგენისა და პროჟესტერონის დონე დაწეულია) და ციკლი იწყება თავიდან.

ციკლის პერიოდში ყვითელი სხეული ასევე ახდენს კიდევ 2 ჰორმონის, ინჰიბინისა და რელაქსინის, სეკრეციას. ინჰიბინი ახდენს წინა პითუიტარული ჯირკვლის მიერ FSH-ის, და სავარაუდოდ LH-ისაც, სეკრეციის ინჰიბირებას. ცნობილია, რომ რელაქსინი ინჰიბირებას უკეთებს მიომეტრიუმის შეკუმშვებს (ისევე, როგორც პროჟესტერონი), რაც ხელს უწყობს ადრეული ემბრიონის იმპლანტაციას.

28-დღიანი ციკლი, რომელიც ნაჩვენებია სურათზე 20-9, საშუალო ხანგრძლივობისაა. მენსტრუალური ციკლის ხანგრძლივობა ცვალებადობს 23-დან 35 დღემდე სხვადასხვა ქალთან და ყველა ეს ხანგრძლივობა ნორმალურია. ქალებს, რომლებიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში გადაძაბვით ვარჯიშობენ, შეიძლება აღენიშნოთ ამენორეა - მენზისის შეწყვეტა. ეს შესაძლოა განპირობებული იყოს სხეულის ცხიმის შემცირებით. რეპროდუქციული ციკლი შეიძლება შეუნწყდეს ქალს იმ შემთხვევაში, თუ არა აქვს საკუთარი თავისა და ნაყოფის განვითარებისთვის საკმარისი ენერჯის რეზერვი. ზუსტი მექანიზმი, რომელიც ამ პროცესებს ახსნის, სრულად ახსნილი არ არის, მაგრამ ითვლება, რომ პროცესში ჩართულია ლეპტინი, ცხიმოვანი ქსოვილების ჰორმონი, რომელიც ჰიპოთალამუსს სიგნალს აწვდის კანქვეშა ცხიმის რეზერვების შესახებ (იხ. ჩანართი 17-6, თავი 17). ამენორეა შეიძლება ასევე ახლდეს ფიზიკურ ან ემოციურ სტრესს, ნერვულ ანორექსიას ან სხვადასხვა ენდოკრინულ პათოლოგიას.

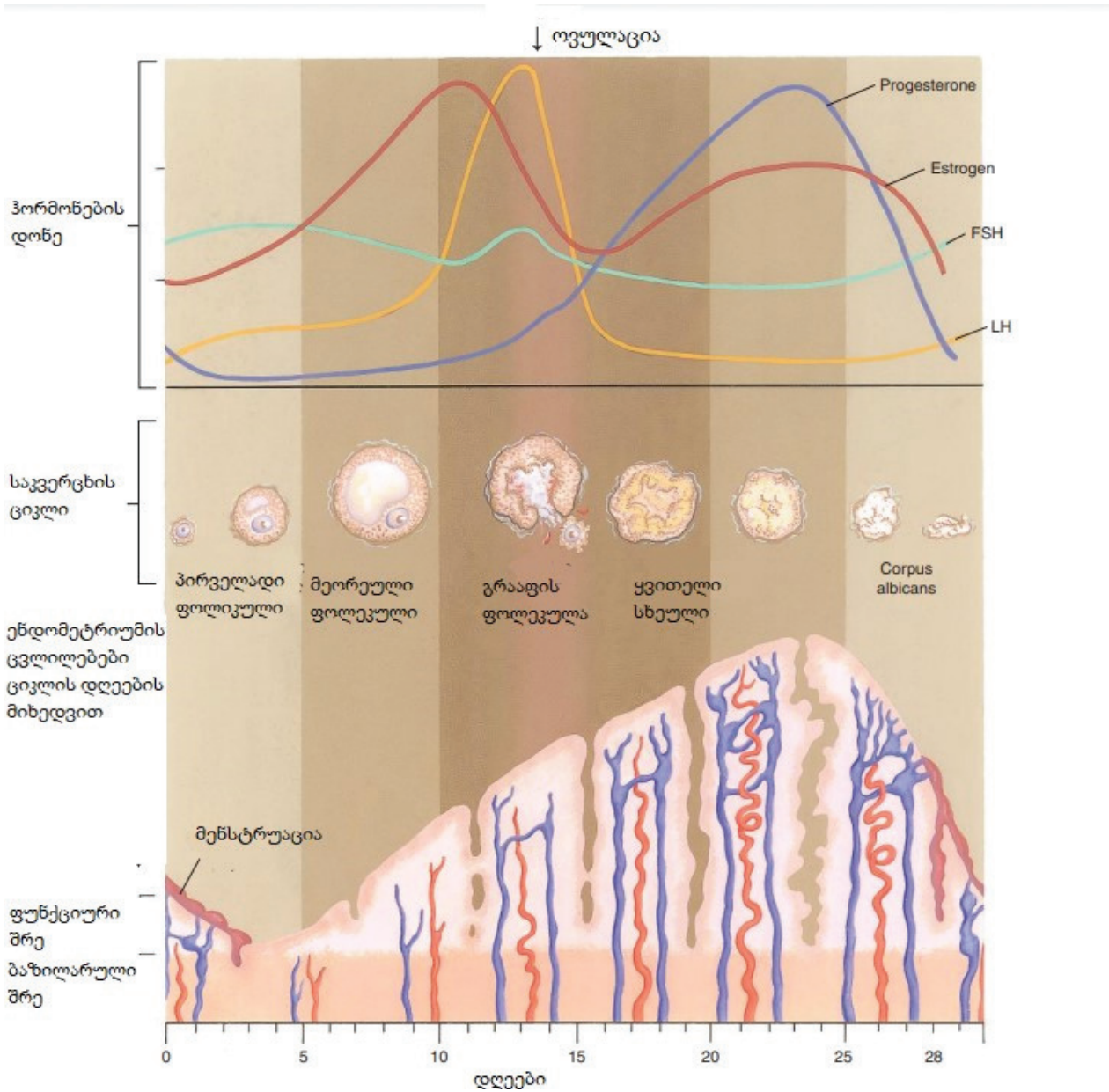
ქალის რეპროდუქციული ჰორმონების შესახებ ინფორმაცია შეჯამებულია ცხრილში 20-3-ში.

## დაბერება და რეპროდუქციული სისტემა

ქალები განიცდიან რეპროდუქციული შესაძლებლობების განსაზღვრულ დასასრულს. ამას მენოპაუზა ეწოდება და ჩვეულებრივ თავს იჩენს 45 – 55 წლის ასაკში. ესტროგენის სეკრეცია მცირდება, ოვულაცია და მენსტრუალური ციკლი არარეგულარულ სახეს იღებს და ბოლოს ქრება. ესტროგენის შემცირებას სხვა ეფექტებიც აქვს. ძვლის სტრუქტურის ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს ოსტეოპოროზი და მოტეხილობები; სისხლში ქოლესტერინის მომატება ზრდის კორონარული არტერიების დაავადებების განვითარების რისკს და ვაგინის ლორწოვანი გარსის გაშრობა ზრდის ვაგინალური ინფექციების მიმდებლობას. ესტროგენის ჩანაცვლებითმა თერაპიამ შესაძლოა გადაავადოს მენოპაუზასთან დაკავშირებული რისკები, მაგრამ ჩანაცვლება თავადაც შეიცავს გარკვეულ რისკებს, რის შესახებაც ქალი კარგად უნდა იყოს ინფორმირებული ჩანაცვლებითი თერაპიის დაწყებამდე. ძუძუს კიბოს განვითარების შანსები ასევე იმატებს ასაკთან ერთად და 50 წელს გადაცილებულ ქალებს ჩატარებული უნდა ჰქონდეთ მამოგრაფია,

რომელსაც სანყის პირობებად მიიჩნევენ და უნდა გაიაროს კონსულტაცია ექიმთან შემდგომი სკრინინგის ვადების შესახებ.

მამაკაცების უმრავლესობასთან ტესტოსტერონის სეკრეცია მთელი ცხოვრების მანძილზე გრძელდება, ისევე როგორც სპერმის წარმოქმნა, მაგრამ ასაკთან ერთად ორივე მცირდება. ასაკოვან მამაკაცებში ყველაზე გავრცელებული პრობლემა პროსტატის ჰიპერტროფია - წინამდებარე ჯირკვლის გადიდებაა. გაზრდილი პროსტატის ჯირკვლით ურეთრის მიჭყლეტვის გამო მამაკაცებს უვლინდებათ მოშარდვის გაძნელება და შარდის ბუშტში ნარჩენი შარდი ზრდის საშარდე სისტემის ინფექციების განვითარების შანსს. პროსტატის ჰიპერტროფია, ჩვეულებრივ, კეთილთვისებიანია, მაგრამ პროსტატის კიბო წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ავთვისებიან წარმონაქმნს ასაკოვან მამაკაცებში.



**სურათი 20-9** მენსტრუალური ციკლი. მნიშვნელოვანი ჰორმონების დონეები ერთმანეთთან მიმართებაში ნაჩვენებია ფარდობით შკალაზე სრული ციკლის პერიოდში. საკვერცხის ფოლიკულის ცვლილებები გამოსახულია. ენდომეტრიუმის შედარებითი სისქე ასევე ნაჩვენებია.

**კითხვა:** რომელი ჰორმონია ოვულაციის ტრიგერი? სხვა რა გავლენა აქვს ამ ჰორმონს ფოლიკულზე?

ცხრილი 20-3 | ქალის რეპროდუქციული ჰორმონები

ჰორმონი	სეკრეცია	ფუნქცია
<b>FSH</b>	ნინა პიტუიტარული	<ul style="list-style-type: none"> <li>საკვერცხის ფოლიკულების განვითარების ინიცირება</li> <li>ფოლიკულის უჯრედების მიერ ესტროგენის სეკრეციის სტიმულირება</li> </ul>
<b>LH</b>	ნინა პიტუიტარული	<ul style="list-style-type: none"> <li>ოვულაციის გამოწვევა</li> <li>საკვერცხის გახეთქილი ფოლიკულის ყვითელ სხეულად გარდაქმნა</li> <li>ყვითელი სხეულის მიერ პროჟესტერონის სეკრეციის სტიმულირება</li> </ul>
<b>ესტროგენი*</b>	საკვერცხე (ფოლიკული)	<ul style="list-style-type: none"> <li>საკვერცხის ფოლიკულის მომწიფების ხელშეწყობა</li> <li>ენდომეტრიუმში სისხლძარღვების ზრდის ხელშეწყობა</li> <li>მეორეული სასქესო ნიშნების განვითარების ინიცირება: <ul style="list-style-type: none"> <li>საშვილოსნოსა და სხვა რეპროდუქციული ორგანოების ზრდა</li> <li>სარძევე სადინრების ზრდა და ძუძუებში ცხიმის დაგროვება</li> <li>მენჯის ძვლების გაფართოება, გაშლა</li> <li>კანქვეშა ცხიმის დაგროვება თეძოებისა და ბარძაყების არეში</li> </ul> </li> </ul>
<b>პროჟესტერონი</b>	საკვერცხე (ყვითელი სხეული) პლაცენტა ორსულობის პერიოდში	<ul style="list-style-type: none"> <li>ხელს უწყობს ენდომეტრიუმში ემბრიონის წარმატებულ იმპლანტაციას</li> <li>ხელს უწყობს ენდომეტრიუმში სისხლძარღვების შემდგომ ზრდას და საკვები ნივთიერებების შენახვას</li> <li>მიომეტრიუმის შეკუმშვას აინჰიბირებს</li> </ul>
<b>ინჰიბინი</b>	საკვერცხე (ყვითელი) სხეული	<ul style="list-style-type: none"> <li>FSH სეკრეციას აინჰიბირებს</li> </ul>
<b>რელაქსინი</b>	საკვერცხე (ყვითელი სხეული) პლაცენტა ორსულობის პერიოდში	<ul style="list-style-type: none"> <li>იმპლანტაციის ხელშესაწყობად აინჰიბირებს მიომეტრიუმის შეკუმშვას</li> <li>ხელს უწყობს ბოქვენის სიმფიზის იოგების დაჭიმვას</li> </ul>

\* ესტროგენი გავლენას ახდენს როგორც ქალის, ასავე მამაკაცის ცხიმოვან ქსოვილებსა და ორგანოებზე, როგორცაა ძვლები და სისხლძარღვები. ესტროგენის წარმოქმნა ხდება ცხიმოვან ქსოვილებში მკერდსა და თეძოების არეში. მამაკაცებში ტესტოსტერონი ესტროგენად გარდაიქმნება ტვინში.



## შეჯამება

მამაკაცისა და ქალის გამეტების წარმოქმნა არის პროცესი, რომელიც რეგულირდება ჰორმონების მეშვეობით. სპერმატოზოიდით კვერცხუჯრედის განაყოფიერების შემთხვევაში წარმოიქმნება ზიგოტა, რომელსაც აქვს პოტენციური ჩამოყალიბდეს ადამიანად. ზიგოტის გარდაქმნა ემბრიონ - ნაყოფად და შემდგომ - ახალშობილად ასევე დამოკიდებულია ჰორმონებზე.

## ქირითადი საკითხები

### რეპროდუქციული სისტემები - მიზანს წარმოადგენს გამეტების (კვერცხუჯრედი და სპერმატოზოიდი) წარმოქმნა, განყოფიერების უზრუნველყოფა და ქალის ორგანიზმში ემბრიონის / ნაყოფის განვითარებისთვის გარემოს შექმნა

#### მეიოზი - უჯრედების დაყოფის პროცესი, რომლის დროსაც წარმოიქმნება გამეტები

1. ერთი უჯრედი, ქრომოსომების დიპლოიდური (46) კომპლექტით ორჯერ გაიყოფა და მიიღება ოთხი უჯრედი ქრომოსომების ჰაპლოიდური (23) კომპლექტით.
2. სპერმატოგენეზი ხდება სათესლეებში; პროცესი გრძელდება დაბადებიდან მთელი ცხოვრების მანძილზე; თითოეული პირველადი სპერმატოციტი წარმოქმნის ოთხ ფუნქციურ სპერმატოზოიდს (იხ. სურათი 20-1). FSH და ტესტოსტერონის არსებობა აუცილებელია (იხ. ცხრილი 20-1).
3. ოვოგენეზი ხდება საკვერცხეებში: პროცესი ციკლურია (ყოველ 28 დღეში ერთხელ) პუბერტატიული ასაკიდან მენოპაუზამდე; თითოეული პირველადი ოოციტიდან წარმოიქმნება ერთი ფუნქციური კვერცხუჯრედი და სამი არაფუნქციური, პოლარული სხეული (იხ. სურათი 20-2). FSH, LH და ესტროგენი პროცესის აუცილებელი კომპონენტებია

#### მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემა - შედგება სათესლეებისა და სადინრებისა და ჯირკვლებისგან, რომელიც მონაწილეობს სპერმის წარმოქმნაში (იხ. სურათი 20-3).

1. სათესლეები (წყვილი) - მდებარეობს სკროტუმში, ბარძაყის ზედა ნაწილებს შორის. სიცოცხლისუნარიანი სპერმის წარმოსაქმნელად, ტემპერატურა სათესლეებში არის 96°F. სპერმა წარმოიქმნება სემინიფერულ ტუბულებში (იხ. სურათი 20- 4 და ცხრილი 20-1). სპერმატოზოიდი შედგება სამი ნაწილისგან: თავი, რომლის შემადგენლობაში შედის 23 ქრომოსომა, შუა ნაწილი - ტანი, რომელშიც მოთავსებულია მიტოქონდრიები და მესამე - შოლტი მოძრაობისთვის, გადასაადგილებლად. სპერმატოზოიდს თავის წვერზე აქვს აკროსომი - კვერცხუჯრედის კედლის მოსანელებლად (იხ. სურათი 20-1).
2. ეპიდიდისი (წყვილი) - გრძელი ზამბარისებრი, დახვეული მილი ორივე სათესლეს უკანა ზედაპირზე (იხ. სურათი 20-4). სპერმის მომწიფება სრულდება ამ სტრუქტურაში.
3. თესლგამომტანი სადინარი (წყვილი) - წარმოადგენს ეპიდიდისის გაგრძელებას მუცლის ღრუში, სადაც ხვდება საზარდულის არხის გავლით, ზევიდან გადაივლის შარდის ბუშტზე და ეშვება მის უკანა კედელზე, სადაც უერთდება ეაკულაციის სადინარს (იხ. სურათი 20-3). კედლის გლუვი კუნთები იკუმშება ტალღურად, წარმოქმნის პერისტალტიკას.
4. ეაკულაციის სადინარი (წყვილი) - სპერმას იღებს თესლგამომტანი სადინარიდან და სეკრეტებს - სათესლე სადინარიდან (იხ. სურათი 20-3).
5. სათესლე სადინარები (წყვილი) - მდებარეობს შარდის ბუშტის უკან, თითოეული სადინარი იხსნება ეაკულაციურ სადინარში (იხ. სურათი 20-3). სეკრეტი შეიცავს ფრუქტოზას, რომელიც გამოიყენება სპერმატოზოიდების საკვებ ნივთიერებად და ტუტეს, რომელიც აუმჯობესებს სპერმატოზოიდის გადაადგილებას.
6. პროსტატის (წინამდებარე) ჯირკვალი - მდებარეობს შარდის ბუშტის ქვემოთ, მოიცავს ურეთრის პირველ 1 ინჩიან მონაკვეთს (იხ. სურათი 20-3); სეკრეტი შეიცავს ლიმონმჟავას სპერმატოზოიდისთვის ენერჯის უზრუნველსაყოფად. გლუვი კუნთები ხელს უწყობს ეაკულაციის პროცესს.

7. ბულბოურეთრალური ჯირკვალი (წყვილი) - მდებარეობს პროსტატის ჯირკვლის ქვემოთ; იხსნება ურეთრაში (იხ. სურათი 20-3); სეკრეტი ტუტეა, ეაკულაციის წინ ასწორებს ურეთრას და აძლიერებს სპერმის გადაადგილებას.
8. ურეთრა (ერთი) - მდებარეობს პენისში; გააქვს სპერმა გარეთ (იხ. სურათი 20-3). პენისის შემადგენლობაში შედის სამი, ერექტიულქსოვილიანი მასა, რომლებშიც არის სისხლის სინუსები. სქესობრივი სტიმულაციისა და პარასიმპათიკური იმპულსების ზემოქმედებით პენისის არტერიები ფართოვდება და ხდება ერექცია. სპერმის ეაკულაციისათვის ხდება მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემის ყველა სადინრის პერისტალტიკა და პროსტატის ჯირკვლისა და მენჯის ფსკერის კუნთების შეკუმშვა.
9. სპერმა - სპერმატოზოიდების და სათესლე სადინრების, პროსტატის და ბულბო-ურეთრალური ჯირკვლების სეკრეტის ნარევი. ტუტე გარემო pH (7.4) ანეიტრალურს ქალის ვაგინის მჟავა გარემოს.

**ქალის რეპროდუქციული სისტემა - შედგება საკვერცხეების, ფალოპის მილების, საშვილოსნოს, ვაგინისა და გარეთა სასქესო სტრუქტურებისგან**

1. საკვერცხეები (წყვილი) - განლაგებულია საშვილოსნოს ორივე მხარეს (იხ. სურათი 20-6). კვერცხუჯრედი წარმოიქმნება საკვერცხის ფოლიკულებში; თითოეული კვერცხუჯრედი შეიცავს 23 ქრომოსომას. გრააფის ფოლიკულის ოვულაციის სტიმულირება ხდება LH ჰორმონის ზემოქმედებით (იხ. ცხრილი 20-3).
2. ფალოპის მილები (წყვილი) - თითოეული ვრცელდება საკვერცხიდან საშვილოსნოსნომდე (იხ. სურათი 20-6); ფიმბრიები ატარებს კვერცხუჯრედს საშვილოსნოსკენ; მოციმციმე ეპითელიუმი და გლუვი კუნთების პერისტალტიკა საკვერცხეს საშვილოსნოსკენ უზიდავენ; ჩვეულებრივ, განაყოფიერება ხდება ფალოპის მილში.
3. საშვილოსნო (ერთი) - განლაგებულია შარდის ბუშტის ზემოთ, ორ საკვერცხეს შორის (იხ. სურათი 20-5). მიომეტრიუმი წარმოდგენილია გლუვი კუნთოვანი შრით, რომელიც მშობიარობის დროს იკუმშება (იხ. სურათი 20-6). ენდომეტრიუმის შრიდან შეიძლება ჩამოყალიბდეს პლაცენტა; ბაზალური შრე მუდმივია; ფუნქციური შრე გამოიდევენება მენსტრუაციის დროს და შემდეგ რეგენერირდება. შემადგენელი ნაწილები: ზედა ფუძე, ცენტრალური - ტანი და ქვედა - ყელი.
4. ვაგინა / საშო (ერთი) - ვრცელდება საშვილოსნოს ყელიდან საშოს ხვრელამდე (იხ. სურათი 20-5 და 20-6). სქესობრივი აქტის დროს იღებს სპერმას; მისი გავლით ხდება მენსტრუაციის დროს სისხლის გამოსვლა და ასევე წარმოადგენს სამშობიარო არხს მშობიარობის დროს. ნორმალური ფლორა უზრუნველყოფს მჟავა გარემოს (pH-ს), რაც აფერხებს პათოგენების ზრდას.
5. გარეთა სასქესო სტრუქტურები (იხ. სურათი 20-5 და 20-7) - ასევე უწოდებენ ვულვასაც. კლიტორი არის ერექციული ქსოვილის მცირე მასა, რომელიც რეაგირებს სექსუალურ სტიმულაციაზე; დიდი და მცირე სასირცხო ბაგეები არის კანის დანყვილებული ნაკეცები, რომელიც მოიცავს კარიბჭეს და ფარავს ურეთრისა და ვაგინის ღიობებს; ბართოლინის ჯირკვლები იხსნება საშოს ხვრელში და გამოყოფს ლორწოვან სეკრეტს.

**სარძევე ჯირკვლები - მკერდის ძირითადი კუნთების წინ მდებარეობს, გარემოცულია ცხიმოვანი ქსოვილით (იხ. სურათი 20-8)**

1. ალვეოლარული ჯირკვლები წარმოქმნის რძეს; ლაქტიფერული სადინრები ერთდება დვრილებში.
2. ჰორმონებით რეგულირება - იხ. ცხრილი 20-2.



3. ძუძუს რძე შეიცავს ლაქტოზას, ცხიმოვან მჟავებსა და ცილებს, ანტისხეულებს პასიური იმუნიტეტისთვის და ოლიგოსაქარიდებს ბავშვის ნაწლავის მიკრობიოტას განვითარებაში ხელშეწყობისთვის.

**მენსტრუალური ციკლი - საშუალოდ 28 დღე; მოიცავს ჰორმონებს FSH, LH, ესტროგენი და პროჟესტერონი, და და ცვლილებებს საკვერცხეებსა და ენდომეტრიუმში (იხ. სურათი 20-9 და ცხრილი 20-3)**

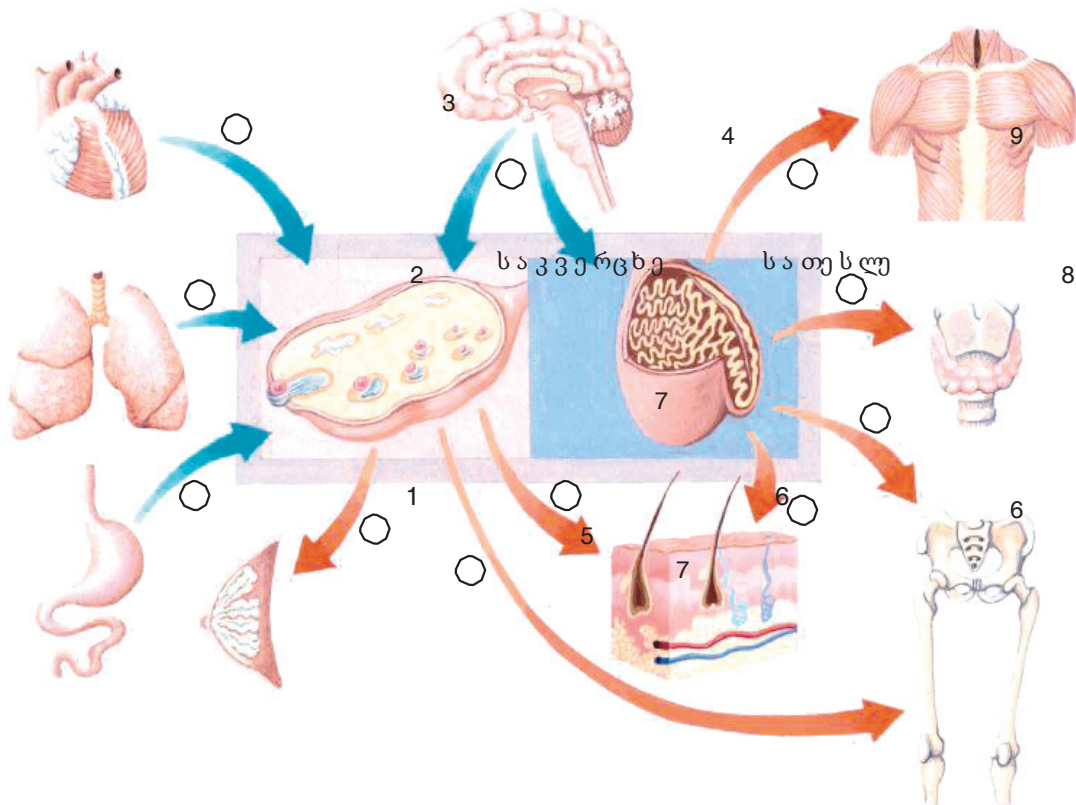
1. მენსტრუალური ფაზა - ენდომეტრიუმის ჩამოშლა და გამოსვლა
2. ფოლიკულური ფაზა - საკვერცხის რამდენიმე ფოლიკულის განვითარება; ოვულაცია არის მომნიშვნეული ფოლიკულის გახეთქვა; ენდომეტრიუმში იზრდება სისხლძარღვები.
3. ლუტეალური ფაზა - გახეთქილი ფოლიკული გადაიქცევა ყვითელ სხეულად; ენდომეტრიუმში აგრძელებს განვითარებას.
4. თუ განაყოფიერება არ მოხდა, მცირდება პროჟესტერონის დონე, რაც იწვევს ენდომეტრიუმის ჩამოფრცქვნას მენსტრუაციის სახით.

## კითხვები გამეორებისთვის

1. აღწერეთ სპერმატოგენეზი და ოოგენეზი ადგილის, თითოეული უჯრედიდან მეიოზის შედეგად მიღებული ფუნქციური უჯრედებისა და პროცესისთვის საჭირო დროის მიხედვით
2. დაასახელეთ FSH, LH, ინჰიბინისა და ტესტოსტერონის როლი სპერმატოგენეზში. აღწერეთ FSH და ესტროგენის როლი ოოგენეზში.
3. სად მდებარეობს სათესლეები და ეპიდიდიმისები, და რა არის მათი ფუნქცია?
4. დაასახელეთ ყველა სადინარი იმ თანმიმდევრობით, როგორც გადაადგილდება მათში სპერმა სათესლედან ურეთრამდე
5. ჩამოთვალეთ მამაკაცის რეპროდუქციული ჯირკვლები და თითოეული მათგანის როლი სპერმის ჩამოყალიბებაში.
6. აღწერეთ კავერნოზული ქსოვილის სტრუქტურა, როგორ უზრუნველყოფს პენისის ერექციას. დაასახელეთ სტრუქტურები, რომელიც ჩართულია ეაკულაციის პროცესში.
7. დაასახელეთ სპერმატოზოიდის თითოეული ნაწილის ფუნქცია: თავის, შუა ნაწილის, შოლტის და აკროსომის.
8. აღწერეთ საკვერცხეების მდებარეობა და დაასახელეთ ჰორმონები, რომელსაც იგი გამოყოფს.
9. ახსენით, როგორ მოძრაობს კვერცხუჯრედი ან ზიგოტა ფალოპის მილში.
10. რა არის მიომეტრიუმის, ენდომეტრიუმის ბაზალური შრისა და ენდომეტროიუმის ფუნქციური შრის როლი. დაასახელეთ ჰორმონები, რომელთაც არსებითი მნიშვნელობა აქვთ ენდომეტრიუმის ზრდისთვის.
11. ჩამოთვალეთ ვაგინის, დიდი და მცირე სასირცხო ბაგეების და ბართოლინის ჯირკვლების ფუნქციები.
12. დაასახელეთ სარძევე ჯირკვლების შემადგებელი ნაწილები და მათი დანიშნულება.
13. დაასახელეთ ის ჰორმონები, რომელთაც შემდეგი გავლენა აქვთ სარძევე ჯირკვლებზე:
  - a. ინვეს რძის მოდენას
  - b. ხელს უწყობს სადინრების ზრდას
  - c. ხელს უწყობს სეკრეტორული უჯრედების ზრდას
  - d. ასტიმულირებს რძის წარმოქმნას
14. მიუთითეთ მენსტრუაციის რომელ ფაზაში ხდება შემდეგი:
  - a. მომნიჭებული ფოლიკულის გახეთქვა
  - b. ენდომეტრიუმის ჩამოშლა / ჩამოფრცქვნა
  - c. ენდომეტრიუმის საბოლოოდ განვითარება
  - d. ყვითელი სხეულის განვითარება
  - e. საკვერცხის რამდენიმე ფოლიკულის განვითარება

## შედეგობი განსახილველი საკითხები

1. შედარეთ მეიოზი და მიტოზი ერთმანეთს გაყოფის რაოდენობების, მიღებული უჯრედების რაოდენობის, თითოეულ შემთხვევაში ქრომოსომების რაოდენობისა და წარმოქმნილი უჯრედების ფუნქციების მიხედვით.
2. საკვერცხის მომნიშვნელო ფოლიკულის გასკდომის შედეგად მიღებულია კვერცხუჯრედი, მაგრამ შემდეგ ეტაპზე ყვითელი სხეული ვერ წარმოქმნის პროჯესტერონს. კვერცხუჯრედი განაყოფიერდა. შესაძლებელია მოხდეს იმპლანტაცია? შესაძლებელია ორსულობა ბოლომდე გაგრძელდეს? ახსენით თქვენი პასუხები.
3. სქესობრივი გზით გადამდები დაავადებები, როგორიცაა გონორეა, ჩვეულებრივ, სიმპტომებით ვლინდება კაცებში, მაგრამ საკმაოდ ხშირად ქალებს სიმპტომები არ აღენიშნებათ. ახსენით ამის შედეგები და ვის შეეხება ეს შედეგები.
4. ზოგ სახელმძღვანელოში, ან პუბლიკაციაში საუბარია გენიტოურინარულ ან უროგენიტალურ სისტემებზე. ყველა შემთხვევაში სწორია ეს ტერმინები? ვინმესთვის? თუ სწორი ტერმინია და ზოგიერთ შემთხვევას მიესადაგება, აღწერეთ, ანატომიურად რა აქვს საერთო ამ ორ სისტემას.
5. რეპროდუქციული სისტემა ცოტა მეტად იზოლირებული და დამოუკიდებელი ჩანს სხვა სისტემებთან შედარებით, რადგან მისი ფუნქციაა ახალი სიცოცხლის შექმნა და არა ძველის შენარჩუნება, მაგრამ ცხადია, ბევრი კავშირი არსებობს. კითხვა 20-A ასახავს რეპროდუქციული სისტემების (რომელიც წარმოადგენს საკვერცხე და სათესლე ჯირკვლის ცენტრში) კავშირებს სხეულის სხვა სისტემებთან. ცისფერი ისრებით ნაჩვენებია მათი წვლილი რეპროდუქციულ სისტემებში; მოკლედ აღწერეთ თითოეული. ნარინჯისფერი ისრები წარმოადგენს რეპროდუქციული ჰორმონების გავლენას სხეულის სხვა სისტემებზე; მოკლედ აღწერეთ თითოეული.



**კითხვა ნახატი 20-A:** რეპროდუქციულ და სხეულის სხვა სისტემებს შორის დამოკიდებულება.



