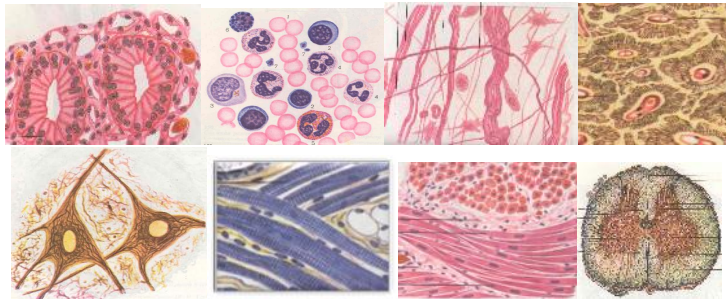


ქეთევან დოლიძე

ზოგადი ჰისტოლოგია



ბათუმი
2014

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ქეთევან დოლიძე

ზოგადი ჰისტოლოგია

*სახელმძღვანელო უმაღლესი სასწავლებლების
სტუდენტთათვის*



გამომცემლობა
„ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“
ბათუმი – 2014

სახელმძღვანელო შედგენილია ბიოლოგიის საუნივერსიტეტო საბაკალავრო საგანმანათლებლო პროგრამის შესაბამისად და ძირითადად განკუთვნილია უნივერსიტეტის ბიოლოგიური მიმართულებისა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის სპეციალობათა სტუდენტებისათვის. იგი გამოადგება, აგრეთვე, დაინტერესებულ მკითხველს.

რედაქტორი: რუსუდან ხუხუნაიშვილი –
ბიოლოგიის დოქტორი, სრული პროფესორი

რეცენზენტები: ლეილა ახვლედიანი –
ბიოლოგიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი
მარინა ნაგერვაძე –
ბიოლოგიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი
ოთარ ცეცხლაძე –
ბიოლოგიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი
ინგა სულაბერიძე – მედიცინის დოქტორი

აღიარებულია სახელმძღვანელოდ ბათუმის შოთა რუსთაველის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს მიერ
(დადგენილება №134, 14.11.2013)

ISBN 978-9941-434-76-1

© „ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“ – 2014

წ ი ნ ა ს ი ტ ყ ვ ა ო ბ ა

ჰისტოლოგია ბიოლოგიურ მეცნიერებათა სისტემაში, კერძოდ, მორფოლოგიაში შემავალი დარგია. იგი საბაზო დისციპლინას წარმოადგენს ბიოლოგიური მიმართულების სპეციალობებისათვის. ჰისტოლოგიას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სამედიცინო განათლების სისტემაშიც, რადგანაც იგი ნორმალური თუ პათოლოგიური მდგომარეობის დროს ადამიანის ორგანიზმის ცხოველმყოფელობის პროცესის ანალიზში სტრუქტურული და ფუნქციური მიდგომის საფუძველს ქმნის.

რამდენადაც ჰისტოლოგიას, როგორც დისციპლინას, წინ უსწრებს ციტოლოგიისა და ემბრიოლოგიის კურსები, რომელთა შესწავლის გარეშეც შეუძლებელია ჰისტოლოგიის შესწავლა, წინამდებარე სახელმძღვანელოში განხილულია მხოლოდ ქსოვილთა ზოგადი აგებულება. საგნის შესწავლის მნიშვნელობამ და ჰისტოლოგიაში სახელმძღვანელოთა სიმწირემ გადაგვაწყვეტინა, შეგვექმნა ჰისტოლოგიის წინამდებარე სახელმძღვანელო. საქართველოში უკანასკნელ პერიოდში გამოცემული ერთეული სახელმძღვანელოები ძირითადად სამედიცინო პროფილის სტუდენტებისთვისაა განკუთვნილი, რომლებშიც გადმოცემული ინფორმაცია ძირითადად სპეციფიკურია. ბიოლოგიური პროფილის სტუდენტები კი მათთვის შესაფერის სახელმძღვანელოს მოკლებულნი არიან. ამასთანავე, დღემდე არსებული ერთეული სახელმძღვანელო რუსულიდანაა ნათარგმნი. გარდა ამისა, რუსულ ენაზე არსებული სახელმძღვანელოები ქართველი სტუდენტებისათვის მიუწვდომელია, სხვა უცხოურ ენებზე არსებული სახელ-

მძღვანელოები თუ საინფორმაციო წყაროები კი სტუდენტთა მცირე ნაწილისთვისაა ხელმისაწვდომი.

ამდენად, ჩვენ შევეცადეთ შეგვევსო ეს „ვაკუუმი“ ბიოლოგიური სპეციალობების სტუდენტებისათვის, დავეყრდენით ჩვენს მრავალწლიან პედაგოგიურ გამოცდილებას და შევექმენით წინამდებარე სახელმძღვანელო, რომელიც, რა თქმა უნდა, დაზღვეული ვერ იქნება ხარვეზებისაგან სახელმძღვანელოებისადმი წაყენებული მოთხოვნებიდან გამომდინარე, მაგრამ, ვფიქრობთ, იგი დიდ სამსახურს გაუწევს ბიოლოგიის პროფილის სტუდენტებს ქსოვილთა შესწავლის საქმეში, მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე პერიოდში შესაბამისი ინფორმაციების მოძიების საუკეთესო ტექნოლოგიები არსებობს.

ავტორი მადლიერების გრძნობით მიიღებს ყველა საქმიან შენიშვნას თუ სურვილს.

ჰისტოლოგიის საბანი და ამოცანები

სიტყვა ჰისტოლოგია წარმომდგარია ბერძნულიდან: *histos* – ქსოვილი, *logos* – მოძღვრება, ე.ი. ჰისტოლოგია არის მოძღვრება ქსოვილის შესახებ. მაგრამ ასეთი განსაზღვრა ზღუდავს ამ საგნის მოცულობას და მნიშვნელობას. ჰისტოლოგიის შესწავლის საგანია აგრეთვე უჯრედიც, რადგანაც უჯრედი ქსოვილის სტრუქტურული ერთეულია. ჰისტოლოგია სწავლობს აგრეთვე ორგანოების ნატიფ აგებულებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჰისტოლოგიას ყოფენ სამ განყოფილებად: მოძღვრება უჯრედის შესახებ ანუ ციტოლოგია, ზოგადი ჰისტოლოგია და კერძო ჰისტოლოგია ანუ მიკროსკოპული ანატომია.

უჯრედის სტრუქტურის, ციტოპლაზმის ნატიფი აგებულების, უჯრედის სასიცოცხლო თვისებებისა და აგრეთვე უჯრედის წარმოშობის შესწავლა **ციტოლოგიის** საგანს შეადგენს. მოძღვრება ქსოვილთა განვითარების, აგებულების, ფუნქციებისა და წარმოშობის შესახებ შეადგენს **ზოგადი ჰისტოლოგიის** შინაარსს, ხოლო ორგანოთა ნატიფი აგებულების შესწავლა შედის **კერძო ჰისტოლოგიის** ანუ **მიკროსკოპული ანატომიის** ამოცანებში.

ასეთი დაყოფა პირობითია, რადგანაც უჯრედი ვერ იარსებებს ქსოვილთა გარეშე, ისევე, როგორც ქსოვილები – ორგანოების გარეშე. უჯრედი, ქსოვილები და ორგანოები მთლიანი ორგანიზმის ნაწილებია, სადაც მათ დაქვემდებარებული მნიშვნელობა აქვთ. ორგანული მთლიანობა ახასიათებს მხოლოდ ორგანიზმს მის გარე სამყაროსთან ერთიანობაში.

ჰისტოლოგიის, როგორც მეცნიერების, განვითარება ქსოვილთა და მისი კომპონენტების აგებულებისა და წარმოშობის შესახებ, დაკავშირებულია ტექნიკის, ოპტიკისა და მიკროსკოპირების მეთოდის გამოყენებასთან. მიკროსკოპულმა კვლევამ შესაძლებელი გახადა ორგანიზმის ნატიფი აგებულების შესახებ მონაცემების დაგროვება და თეორიული გან-

ზოგადება. ჰისტოლოგიის ისტორია ციტოლოგიის პარალელურია და უჯრედის აღმოჩენიდან იწყება (რ. ჰუკი, 1665). ქსოვილებზე პირველი მეცნიერული წარმოდგენა შეიქმნა მე-18 საუკუნის ბოლოს და ეკუთვნის ექიმ ბიშას (1801). იგი იყო ფრანგი სწავლული – ანატომი და ფიზიოლოგი (Bichat, 1771–1802). ბიშა ორგანოთა ანატომიური გამოკვლევებისას დაინტერესდა ორგანოების შემადგენლობაში არსებული სხვადასხვა შრით და დაწერა წიგნი ქსოვილებზე. იგი ეყრდნობოდა მაცერირებული ორგანოების მიკროსკოპულ კვლევას. ბიშამ თითქმის 20-ზე მეტ შრეს (ქსოვილს) მისცა სახელწოდება, მაგრამ იგი კლასიფიკაციისას არ იყენებდა მიკროსკოპულ გამოკვლევებს. მიაჩნდა, რომ ეს არასწორ წარმოდგენას შექმნიდა ქსოვილთა აგებულების შესახებ. მართლაც, იმ დროისათვის მიკროსკოპული ტექნიკა სრულყოფისაგან ჯერ კიდევ შორს იყო. ტერმინი „ჰისტოლოგია“ ბიშას არ ეკუთვნის, მაგრამ იგი მაინც შეიძლება ჩაითვალოს პირველ ჰისტოლოგად. ბიშას გარდაცვალებიდან 17 წლის შემდეგ გერმანელმა მეცნიერმა მეიერმა შემოიტანა ტერმინი „ჰისტოლოგია“.

სწორედ მიკროსკოპის საშუალებით გახდა შესაძლებელი ქსოვილების სრულყოფილი შესწავლა, ქსოვილთა ახალი, უფრო სრულყოფილი კლასიფიკაციის შექმნა, რამაც შესაძლებელი გახდა ქსოვილთა ოთხი ძირითადი ტიპის გამოყოფა, რომლებშიც, თავის მხრივ, რამდენიმე ქვეტიპია გაერთიანებული.

შეუძლებელია, არ აღინიშნოს ზოგიერთი მეცნიერული აღმოჩენის შესახებ.

მე-17 საუკუნეში ცნობილმა ფიზიკოსმა და ბიოლოგმა რობერტ ჰუკმა, რომელიც გამოირჩეოდა დიდი გამომგონებლობითი უნარით, შექმნა მიკროსკოპი (რაც იმ დროის უდიდესი აღმოჩენაა). მან მიკროსკოპის საშუალებით შეისწავლა კორპის თხელი ანათალი და აღმოაჩინა უჯრედი (1665). ამის შემდეგ უჯრედი ცხოველებშიც (ერითროციტები, სპერმატოზოიდები) იქნა აღმოჩენილი ჰოლანდიელი მეცნიერის ალექსანდრე ვან ლევენიუკის მიერ (1673). ამდაგვარი აღმოჩენების საფუძველზე ბოტანიკოსი შლეიდენი და ზოოლოგი შვანი ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მივიდნენ მსგავს დასკვნამდე, რომ ყვე-

ლა მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმი აგებულია ელემენტარული სტრუქტურული ერთეულებისაგან – უჯრედებისაგან, რაც გახდა უჯრედული თეორიის შექმნის საფუძველი (1839 წ.). მიკროსკოპით გახდა შესაძლებელი იმის დადგენაც, რომ უჯრედები ქმნიან ქსოვილებს, რომ ორგანიზმი შედგება რამდენიმე განსხვავებული ქსოვილისაგან. ქსოვილთა აგებულების განსხვავება განპირობებულია მათ მიერ ამა თუ იმ ფუნქციის შესრულებით.

მე-19 საუკუნის დასაწყისიდან მოძვრება სხეულის ნაწილთა ნატიფი აგებულების შესახებ ფიზიოლოგთა და ანატომთა ყურადღებას სულ უფრო და უფრო იპყრობს. 50-იანი წლებიდან ანატომიისა და ფიზიოლოგიის საუნივერსიტეტო კურსებში ჰისტოლოგიას მნიშვნელოვანი ადგილი ეთმობა. ჰისტოლოგიური გამოკვლევები სისტემატიურ ხასიათს იღებენ.

ჰისტოლოგიური გამოკვლევების რიცხვი ყოველწლიურად იზრდებოდა. თუ მე-19 საუკუნის II ნახევარში ჰისტოლოგიას მხოლოდ აღწერილობითი ხასიათი ჰქონდა, XX საუკუნეში იგი თანდათან გამდიდრდა შედარებითი და ექსპერიმენტული ნაშრომებით.

ტრადიციულად, ციტოლოგიას და ჰისტოლოგიას მორფოლოგიურ მეცნიერებებად თვლიდნენ. არსებითად, ადრეულ წლებში მათ ჰქონდათ კიდევ აღწერილობითი ხასიათი, თუმცა, მკვლევარები და კლინიციისტები ყოველთვის ცდილობდნენ, მორფოლოგიური მონაცემები შეედარებინათ ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ მონაცემებთან მორფო-ფიზიოლოგიური კორელაციის დადგენის მიზნით.

თანამედროვე მრავალფეროვანი მეთოდების (ციტოქიმიური, იმუნოციტოქიმიური, ავტორადიოგრაფიის, ჰიბრიდიზაცია in situ და სხვ.) მძლავრი არსენალის, ასევე, მოლეკულურ-ბიოლოგიური მეთოდების ფართო გამოყენების საფუძველზე თანამედროვე ციტოლოგია და ჰისტოლოგია მორფოფუნქციურ მეცნიერულ დისციპლინებად იქცა.

ჰისტოლოგიის, როგორც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური დისციპლინის, შესწავლა აუცილებელია არა მარტო ბიოლოგებისათვის, არამედ ექიმებისთვისაც. მისი ამოცა-

ნაა უჯრედთა, ქსოვილთა და ორგანოთა ნატიფი აგებულების, ფუნქციებისა და წარმოშობის შესწავლა.

ჰისტოლოგიის მიერ შემუშავებულ პრობლემებს: უჯრედთა და ქსოვილთა განვითარებისა და დიფერენცირების კანონზომიერებანი; ორგანიზმის ჰისტოლოგიურ სტრუქტურაში ასაკობრივი და ფუნქციური ცვლილებანი და მათი შეგუებითი მნიშვნელობა; ნერვული და ენდოკრინული სისტემების როლი ნივთიერებათა ცვლის, მორფოგენეზის პროცესთა და უჯრედების, ქსოვილებისა და ორგანოების ფუნქციონირების რეგულაციაში, უჯრედთა და ქსოვილთა რეგენერაცია და სხვა – უდიდესი მნიშვნელობა აქვს თეორიული და პრაქტიკული მედიცინისათვის.

ჰისტოლოგია სამედიცინო განათლების მნიშვნელოვანი ნაწილია. იგი ფუნდამენტური სამედიცინო დისციპლინების (ფიზიოლოგია, პათოლოგიური ფიზიოლოგია, ბიოქიმია, იმუნოლოგია, ფარმაკოლოგია) საფუძველს ქმნის, რამდენადაც, დაავადებათა მიზეზების, მექანიზმებისა და მიმდინარეობის შესწავლა ჰისტოლოგიისა და უჯრედის ულტრასტრუქტურისა თუ ბიოლოგიის ცოდნის საფუძველზეა შესაძლებელი. უკანასკნელ პერიოდში მნიშვნელოვან მონაცემებს იძლევა ბიოტექნოლოგიის მეთოდები. ბიოინჟინერიის ახალი მიმართულების - ქსოვილური ინჟინერიის მეთოდების განვითარების ტენდენციები კი მოწმობენ ამ მიმართულების დიდ პერსპექტივაზე.

ის ამოცანები, რომელთაც ჰისტოლოგია ისახავს მომავლისათვის, დაკავშირებულია არა მარტო გაღრმავებულ თეორიულ გამოკვლევებთან, არამედ მისი მიღწევების გამოყენებასთან მედიცინის, ვეტერინარიის, მეცხოველეობის პრაქტიკულ დარგებში.

შესავალი ქსოვილთა მოძვრების შესახებ

ცოცხალი ორგანიზმების ევოლუციური განვითარება (დაწყებული უმარტივესებიდან – ადამიანამდე) ხორციელდებოდა ახალი ფუნქციებისა და შესაბამისი სტრუქტურების თანდათანობით წარმოქმნის გზით. ორგანიზმთა ადაპტაციამ სხვადასხვა საარსებო პირობებთან სხვადასხვაგვარი მორფოლოგიური სტრუქტურის და მასთან დაკავშირებული შესაბამისი ფუნქციის დიფერენცირება განაპირობა. დიფერენცირების შედეგად აღმოცენებულმა რთულმა ჰისტოლოგიურმა სისტემებმა ქსოვილთა სახელწოდება მიიღეს (ბერძ. Histos-ქსოვილი).

ქსოვილი ისტორიულად ჩამოყალიბებული უჯრედთა და არაუჯრედული სტრუქტურების სისტემაა, რომელთაც აქვთ საერთო აგებულება და სპეციალიზებული არიან გარკვეული ფუნქციის შესასრულებლად.

ქსოვილთა კლასიფიკაცია

ქსოვილთა კლასიფიკაციის სხვადასხვა სახე არსებობს. ძირითადი ფუნქციების, აგებულებისა და განვითარების თავისებურებათა შესაბამისად, არჩევენ 4 ტიპის ქსოვილს:

ეპითელური ქსოვილი. მას მოსაზღვრე ქსოვილსაც უწოდებენ; ახასიათებს უჯრედთა მჭიდრო გაერთიანება ფენებად. მისი საშუალებით ხორციელდება ნივთიერებათა ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის. ეპითელური ქსოვილი ასრულებს დამცველობით, შეწოვის, სეკრეციის, ექსკრეციის ფუნქციებს. იგი ყალიბდება ექტოდერმის, ენტოდერმისა და მეზოდერმისაგან.

ქსოვილთა დიდი ჯგუფი ვითარდება **მეზენქიმიდან**. ესენია: სისხლი, ლიმფა, შემაერთებული ქსოვილის სხვადასხვა სახე (საკუთრივ შემაერთებული, ხრტილოვანი, ძვლოვანი), გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი. მაგრამ, ითვალისწინებენ რა მორფო-ფუნქციურ სპეციფიკურობას, გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი განიხილება კუნთოვან ქსოვილთა ჯგუფში, დანარჩენს

კი ერთი სახელწოდებით – *შემაერთებელი ქსოვილი* – აერთიანებენ, ან კიდევ, მათ შინაგანი გარემოს ქსოვილებსაც უწოდებენ.

სისხლს, ლიმფასა და შემაერთებელ ქსოვილს საერთო წარმოშობის საფუძველზე ზოგ სახელმძღვანელოში ერთ ჯგუფში აერთიანებენ სახელწოდებით – *საყრდენ-ტროფიკული ან მეზენქიმური ქსოვილი*.

სისხლი და ლიმფა შედგება თხიერი უჯრედშორისი ნივთიერებისა და მასში თავისუფლად შეწონილი უჯრედებისაგან. ისინი ავსებენ სისხლძარღვებსა და ლიმფურ ძარღვებს, ასრულებენ ტროფიკულ ფუნქციას. სისხლს გადააქვს უანგბადი და უზრუნველყოფს ჰუმორულ კავშირს ორგანოებს შორის.

შემაერთებელი ქსოვილების სხვა სახეებია: საკუთრივ შემაერთებელი ქსოვილი, რომელშიც აერთიანებენ ბოჭკოვან და სპეციალურთვისებრიან ქსოვილებს, ჩონჩხის ქსოვილები (ხრტილოვანი და ძვლოვანი ქსოვილები), კბილის ცემენტი და დენტინი. ყველა მათგანს ახასიათებს დიდი რაოდენობით ბოჭკოვანი უჯრედშორისი ნივთიერება.

შემაერთებელი ქსოვილების ძირითადი ფუნქციებია: ტროფიკული, პლასტიკური, დამცველობითი და მექანიკური. ამასთან, ცალკეულ მათგანში მეტ-ნაკლებადაა გამოკვეთილი ესა თუ ის ფუნქცია.

კუნთოვანი ქსოვილი. არჩევენ გლუვ კუნთოვან ქსოვილს, რომელიც შედგება სიგრძივად განწყობილი უჯრედებისაგან და განივზოლიანი (ჩონჩხისა და გულის განივზოლიანი) კუნთოვან ქსოვილს, რომელიც წარმოქმნილია სიმპლასტური (ბერძ. *symplostos* – ერთად, ნაძერწი ფენა, შრე) აგებულების კუნთოვანი ბოჭკოებისაგან. მისი ფუნქცია კუმშვითია. გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი ხასიათდება უნებლიე, ხოლო განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი – ბოჭკოების ნებელობითი შეკუმშვით (გულის კუნთის გამოკლებით). გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი ვითარდება მეზენქიმიდან, განივზოლიანი – მეზოდერმიდან.

ნერვული ქსოვილი – შედგება ნერვული უჯრედებისა და ნეიროგლიისაგან. ნერვულ უჯრედთა ფუნქციაა აგზნების მიღება და გატარება. ნეიროგლია ნერვულ უჯრედებთან დაკავშირებული დამხმარე ქსოვილია, რომელიც ასრულებს ტროფიკულ, მექანიკურ და დამცველობით ფუნქციებს. ნერვული სისტემის ნერვი ჩანასახში ადრეულ სტადიაში გამოცალკევდება ექტოდერმიდან.

ქსოვილთა ოთხი ძირითადი ტიპის გამოყოფა, თითქოს, არასაკმარისობის განცდას იწვევს. მაგრამ ასეთი კლასიფიკაციის ძირითადი კრიტერიუმი არის მათი მიკროსკოპული ორგანიზაცია და შესასრულებელი ფუნქციები.

აღმოჩნდა, რომ მფარავი ქსოვილების უმრავლესობა ვითარდება ექტოდერმიდან და ენტოდერმიდან, თუმცა, ზოგიერთი მათგანი მეზოდერმული წარმოშობისაა. შემაერთებელი ქსოვილი, როგორც აღვნიშნეთ, წარმოიქმნება მეზოდერმიდან. კუნთოვანი ქსოვილი, თითქმის მთლიანად, მეზოდერმიდან ვითარდება, მცირე გამონაკლისია ექტოდერმული წარმოშობის. ნერვული ქსოვილი ექტოდერმული წარმოშობისაა. თუმცა, კუნთოვანი ქსოვილის შემადგენლობაში, კუნთოვანი ბოჭკოების გარდა, შემაერთებელი ქსოვილიც შედის. ასევე, ნერვული ქსოვილის ზოგიერთ უბანში ექტოდერმული წარმოშობის სტრუქტურებთან შერეულია შემაერთებელი ქსოვილი, რომელიც მეზოდერმიდანაა წარმოშობილი. ამდენად, ასეთი კლასიფიკაცია, მიუხედავად, ერთი შეხედვით, მისი არასრულყოფილებისა, მნიშვნელოვნად სასარგებლო და მოსახერხებელია შესწავლისათვის.

უჯრედთა ინტეგრაცია ქსოვილებში

ქსოვილები უჯრედების მექანიკურ ჯამს კი არ წარმოადგენს, არამედ უჯრედები ერთმანეთთან რთულ ურთიერთდამოკიდებულებაში იმყოფებიან და ერთიან ფუნქციურ სისტემას ქმნიან. უჯრედებს შორის სპეციფიკური კავშირი თავდაპირველად უჯრედის მემბრანების ინტეგრალური ცი-

ლების მეშვეობით წარმოიქმნება. მათ ადჰეზიურ მოლეკულებს უწოდებენ (უჯრედული ადჰეზიური მოლეკულების 5 ძირითად კლასს გამოყოფენ: კადჰერინები, იმუნოგლობულინების სუპეროჯახი, სელექტინები, მუცინები და ინტეგრინები). შემდგომ ეტაპზე უჯრედთა რთული სტრუქტურულ-ფუნქციური ინტეგრაცია ხდება.

უჯრედები უჯრედშორის მატრიქსშია მოთავსებული. მატრიქსის მეშვეობით ხდება უჯრედთა არა მარტო დაკავშირება, არამედ უჯრედებს შორის ხორციელდება ნივთიერებათა ცვლა, ზრდა, დიფერენცირება. ადჰეზიური მოლეკულებით განხორციელებული უჯრედშორისი ურთიერთობები ქსოვილთა და ორგანოთა წარმოქმნის პროცესში დამატებითი სპეციფიკური კავშირების ჩამოყალიბებას განაპირობებს.

ფუნქციის შესაბამისად, ქსოვილში უჯრედშორისი კავშირების 3 სახეს გამოყოფენ:

1) *მეკრივი კონტაქტი* (ან ბრმა სარტყელი). ასეთი კავშირის დროს უჯრედის მემბრანები ერთმანეთს უშუალოდ უკავშირდება ისე, რომ უჯრედშორისი სივრცის ჰერმეტიზაცია ხდება. უჯრედშორისი კავშირის ეს სახე მხოლოდ ეპითელურ ქსოვილში გვხვდება.

2) *შეწებების სარტყელი, შეწებების ფასცია, დესმოსომა და ჰემიდესმოსომა*. ასეთი კავშირის დროს უჯრედებს შორის მოწესრიგებული სტრუქტურული კავშირი წარმოიქმნება. გვხვდება ეპითელურ და კუნთოვან ქსოვილებში.

3) *ნექსუსი ან ნაპრალისებური კავშირი*. ასეთი კავშირის დროს ხდება ინფორმაციის უშუალო გაცვლა უჯრედებს შორის. მისი მეშვეობით უჯრედებს შორის დაბალმოლეკულური ნაერთების ცვლა ხდება.

ინფორმაციის გაცვლა უჯრედებს შორის ხდება ე.წ. სასიგნალო მოლეკულების – *ლიგანდების* (ლათ. ligandus – დამაკავშირებელი) მეშვეობით, რომლებიც გამოიყოფა ერთი ტიპის უჯრედებიდან და ბიოლოგიური სითხეების (სისხლი, ლიმფა, ქსოვილური სითხე) საშუალებით მიიტანება სამიზნე უჯრედებთან. სასიგნალო მოლეკულა უკავშირდება შესაბა-

მისი რეცეპტორის გარკვეულ უბანს, ხდება რეცეპტორის კონფორმაციული ცვლილება და იწყება უჯრედული პასუხი – სამიზნე უჯრედები ცვლის თავის მეტაბოლიზმს. სასიგნალო მოლეკულების როლს ასრულებს ცილები, ამინოჰაფები, პეპტიდები. ზოგჯერ ლიგანდის დაკავშირება რეცეპტორთან ხდება ე.წ. მეორადი შუამავლების – *მესენჯერების* მეშვეობით. აღნიშნული კავშირი გვხვდება ეპითელურ, კუნთოვან და ნერვულ ქსოვილებში.

ცხოველურ ორგანიზმებში სასიგნალო მოლეკულები სხვადასხვა მანძილზე მოქმედებს. ამის მიხედვით ამ მოლეკულათა მოქმედების რამდენიმე ტიპს გამოყოფენ: ა) ენდოკრინული; ბ) პარაკრინული; გ) აუტოკრინული.

ენდოკრინული რეგულაციის შემთხვევაში სასიგნალო მოლეკულები – *ჰორმონები*, რომლებიც ენდოკრინულ ჯირკვლებში წარმოიქმნება, სისხლის საშუალებით გადაიტანება შორს მდებარე სამიზნე უჯრედებთან.

პარაკრინული რეგულაციის დროს სასიგნალო მოლეკულები გამოშუშავდება სამიზნე უჯრედებთან უშუალოდ ახლომდებარე უჯრედებში. ასეთი რეგულაციის ერთ-ერთი სახეა ნეიროკრინული რეგულაცია.

აუტოკრინული რეგულაციის დროს უჯრედი თვითონაა მის მიერ წარმოქმნილი სასიგნალო მოლეკულის სამიზნე. ამგვარად მოქმედებს ზრდის ფაქტორების დიდი ნაწილი. ასეთი რეგულაცია ახასიათებს აგრეთვე სიმსივნურ უჯრედებს.

ქსოვილთა ურთიერთკავშირი

ქსოვილები ქმნიან ორგანოებს. ამა თუ იმ ორგანოს შემადგენლობაში მყოფი სხვადასხვა ქსოვილი უზრუნველყოფს მისი ძირითადი ფუნქციის შესრულებას.

სხვადასხვა ქსოვილისა და ორგანოს შეთანხმებული მოქმედება განპირობებულია ნერვული და ენდოკრინული სისტემებით, ამიტომაც ასეთ სისტემებს ეწოდება **ინტეგრა-**

ციული, ე.ი. ორგანიზმის მთლიანობის განმახორციელებელი, აგრეთვე მარეგულირებელი, ე.ი. ორგანიზმის ნაწილთა ურთიერთქმედების განმაპირობებელი. ცხოველთა ისტორიული განვითარების პროცესში, მათი ორგანიზაციის გართულების შესაბამისად, სულ უფრო მეტად მატულობდა ნერვული სისტემის ინტეგრაციული და მარეგულირებელი როლი.

ქსოვილთა განვითარება ემბრიოგენეზში

ემბრიოგენეზი მოიცავს ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ დიფერენცირების, ორგანიზაციისა და ზრდის პროცესებს, რის შედეგადაც ზრდასრული განვითარებული ორგანიზმი იქმნება.

დიფერენცირება წარმოადგენს პროგრესულ ცვლილებებს ნივთიერებათა ცვლასა და უჯრედთა სტრუქტურებში, რის შედეგადაც პირველად ერთგვაროვან მასალაში უჯრედთა შორის წარმოიქმნება მორფოლოგიური და ქიმიური განსხვავებანი, რომლებიც მათ ფუნქციურ სპეციალიზაციასთანაა დაკავშირებული.

დიფერენცირებას მოსდევს გარკვეული ორგანიზაცია, რაც გამოიხატება მორფოგენეზით, ე.ი. ონტოგენეზში გარკვეული აგებულების ორგანოებისა და ორგანოთა სისტემების ჩამოყალიბებით. მას მოჰყვება ორგანიზმის ზრდა, რაც დაკავშირებულია უჯრედთა რაოდენობის მატებასთან მათი გამრავლების გზით.

დიფერენცირების ოთხ ძირითად პერიოდს არჩევენ:

1) **ოტიპური** დიფერენცირების პერიოდი. ამ დროს ნერგების მასალა წარმოდგენილია კვერცხუჯრედის ან ზიგოტის ციტოპლაზმის პრეზუმპციური (ლათ. *praesumptio* - აღბათობაზე დაფუძნებული ვარაუდი) უბნებით. მაგალითად, ამფიბების მომავალი ქორდა-მეზოდერმული მასალა მდებარეობს რუხი ნამგლის ციტოპლაზმაში;

2) **ბლასტომერული** დიფერენცირების პერიოდში მომავალ ქსოვილთა ნერგების მასალა განლაგებულია დაყოფადი

ჩანასახის სხვადასხვა ბლასტომერში (მაგ., ძირის, ჩანასახის სახურავის, გვერდითი ბლასტომერების);

3) **ჩანასახოვანი** დიფერენცირება, რაც გამოიხატება ჩანასახოვანი ფურცლების პირველად ერთგვაროვან უჯრედოვან მასალაში განსხვავებული უბნების წარმოქმნით. მაგ., ექტოდერმიდან გამოიყოფა ნერვული სისტემის ნერგი ლულის სახით, მეზოდერმიდან – ზურგის სეგმენტების დანაწევრებული უბნები, რომელთაგანაც თითოეული მათგანი ნაწევრდება სკლეროტომად, მიოტომად, დერმატომად და სხვა;

4) ბოლოს, განვითარებად ორგანიზმში დგება **ქსოვილოვანი დიფერენცირების** პერიოდი, როცა ქსოვილოვანი ნერგი ქსოვილად გარდაიქმნება. ნერგის გარდაქმნას ქსოვილად **ჰისტოგენეზი** ეწოდება. ჰისტოგენეზი არის პროცესი, რომლის განმავლობაშიც თითოეული ნერგის უჯრედები და არაუჯრედოვანი წარმონაქმნები სპეციალიზდებიან სხვადასხვა მიმართულებით, იღებენ თითოეული ქსოვილისათვის დამახასიათებელ სპეციფიკურ სტრუქტურას და იძენენ შესაბამის ფიზიოლოგიურ და ქიმიურ თვისებებს. ჩანასახის შემდგომი განვითარების დროს ორგანოები და ორგანოთა სისტემები ჩამოყალიბდებიან.

უჯრედთა და ქსოვილთა მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ თავისებურებათა რეგიონული (ლათ. *regionis* - უბანი) სხვაობანი წარმოიქმნება ქიმიური დიფერენციაციის შედეგად. ქიმიური დიფერენცირება კი, თავის მხრივ, განვითარებად ქსოვილებში ნივთიერებათა ცვლის პროცესში ძირითადი ცვლილებების შედეგია. მაგალითად, ემბრიონული ქსოვილები დიფერენცირების პროცესში განსხვავდება ერთმანეთისაგან საკვები ნივთიერებებისადმი მოთხოვნილებით. მაგალითად, წიწილის ჩანასახის გულის ნორმალური ჰისტოგენეზისათვის აუცილებელია გლუკოზის ძალიან დაბალი კონცენტრაცია, მაშინ, როცა ნერვული ქსოვილი ამ პირობებში არ ვითარდება. ნერვული სისტემის დიფერენცირება თითქმის ორჯერ უფრო მეტ გლუკოზს საჭიროებს. ნივთიერებათა

ცვლის სხვადასხვაობა ასახავს ფერმენტული აქტივობის სხვადასხვაობასაც. ცნობილია, რომ ფერმენტთა უმეტესობის აქტივობა სხვადასხვაა ერთი და იგივე ცხოველის სხვადასხვა ორგანოში. ასე რომ, დიფერენცირება შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ნივთიერებათა ცვლის შედეგად სხვაობათა რეგიონულად წარმოქმნის პროცესი, რაც იწვევს მეორად მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ განსხვავებებს. ფაქტორები, რომლებიც ადეტერმინანტებენ (ლათ. *determinantis* – განსაზღვრა) ამ განვითარებას, უპირველეს ყოვლისა, მემკვიდრული ფაქტორებია. რასაკვირველია, გამორიცხული არაა განვითარებად ჩანასახში ახალი თვისებების ჩამოყალიბება სხვადასხვა - გარე თუ შიგა ფაქტორების გავლენით.

ჩანასახის შემდგომი დიფერენცირებისა და ზრდის, ახალი უჯრედშიდა და უჯრედშორისი ურთიერთდამოკიდებულების განვითარების პარალელურად იზრდება ორგანიზმის ინტეგრაცია (ლათ. *integration* - აღდგენა, მთლიანი) ანუ – ორგანიზმის ცალკეული ნაწილების გაერთიანება ერთ მთლიანად. ამ მთლიანობის დონე სხვადასხვაა ემბრიოგენეზის სხვადასხვა ეტაპზე. იგი მატულობს ორგანოთა და ქსოვილთა დიფერენცირების შესაბამისად (ემბრიოგენეზის სხვადასხვა ეტაპზე ჩანასახი მთლიანი ორგანიზმია და არა ბლასტომერების უბრალო ჯამი).

ქსოვილთა ცვალებადობა და რეგენერაცია

ყველა ქსოვილი დეტერმინირებულია, ე.ი. მემკვიდრულადაა განპირობებული და ხასიათდება მყარი თვისებებით, რაც ერთი და იგივე მორფო-ფუნქციური რეაქციებით არის უზრუნველყოფილი, მაგრამ ნივთიერებათა ცვლის პროცესში მომხდარმა ცვლილებამ, სპეციფიკური ფუნქციების დარღვევამ ან შეწყვეტამ შეიძლება ქსოვილთა მორფო-ფუნქციური ცვლილებები – პათოლოგიური ცვლილებები გამოიწვიოს,

ამასთან, უჯრედებმა შეიძლება დაკარგოს სპეციფიკური სტრუქტურები და გადავიდეს განსაკუთრებულ მდგომარეობაში – შექმნილი პირობების შესაბამისად სხვადასხვა მიმართულებით განვითარების უნარი შეიძინოს. აღნიშნულ მიზეზთა საფუძველზე შესაძლებელია, წარმოიქმნას სტრუქტურები, რომლებიც არაა დამახასიათებელი ამ ქსოვილისათვის. ამ მოვლენას ქსოვილის *მეტაპლაზია* უწოდეს (ბერძ. *metaplasia* – გარდაქმნა).

ორგანიზმის მთელი სიცოცხლის მანძილზე ქსოვილებში მიმდინარეობს უჯრედული და არაუჯრედული ელემენტების ცვლთა, სიკვდილი (ფიზიოლოგიური დეგენერაცია) და მათი შეცვლა ახლით. ეს *ფიზიოლოგიური რეგენერაცია* (ლათ. *regeneratio* – აღდგენა), რაც სხვადასხვაგვარადაა გამოხატული სხვადასხვა ქსოვილში. ქსოვილებში, რომლებშიც შენარჩუნებულია მიტოზური გაყოფის უნარის მქონე მცირედ დიფერენცირებული ელემენტები, ფიზიოლოგიური რეგენერაცია მკვეთრადაა გამოხატული. მაგალითად, სისხლის უჯრედები, შემაერთებული ქსოვილის უჯრედოვანი ელემენტები, კანის მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელის უჯრედები და სხვა – ინტენსიურ ფიზიოლოგიურ რეგენერაციას განიცდის, მაშინ, როცა ნერვული ქსოვილის ფიზიოლოგიური რეგენერაციის შესაძლებლობები საკმაოდ შეზღუდულია.

სიცოცხლის მანძილზე ორგანიზმის ყველა ქსოვილში ასაკობრივი ცვლილებები ნელა მიმდინარეობს.

ფიზიოლოგიური რეგენერაციის ერთ-ერთი ფორმაა *აპოპტოზი* - *ქსოვილთა ფოთოლცვენა*. ამ დროს უჯრედთა დაპროგრამებული, გეგმიური, რეგულაციური სიკვდილი მიმდინარეობს. იგი ერთგვარი პროცესია, რომლის დროსაც ზოგიერთი გარეგანი და შინაგანი ფაქტორის გავლენით აქტიურდება თვითგანადგურების სპეციალური გენეტიკური პროგრამა, რომელიც იწვევს ფუნქციადაკარგულ, ვირუსით, ტოქსინით, მაიონებელი გამოსხივებით დაზიანებულ, დეფექტიან უჯრედთა გეგმიურ მოცილებას ქსოვილებიდან და განადგურებას. ეს

მეტად მნიშვნელოვანი პროცესია, რადგან ორგანიზმიდან პოტენციურად საშიში უჯრედების დროული მოცილება მათი ავთვისებიანი გადაგვარების ალბათობას მინიმუმამდე ამცირებს. ჯანმრთელი ადამიანის ორგანიზმში აპოპტოზის ხარჯზე ყოველდღიურად 50-დან 70 მილიარდამდე უჯრედი კვდება და ამდენივე ახალი ჩნდება. აპოპტოზი წინასწარ განსაზღვრული სისშირითა და სიჩქარით მიმდინარეობს, თუმცა, ზოგჯერ გარკვეულ ფაქტორთა გავლენით ტემპი ქვეითდება ან იმატებს. აპოპტოზის დაქვეითება უჯრედების დაგროვებას – სიმსივნურ ზრდას, გააქტიურება კი – ქსოვილების ზომაში შემცირებას, მათ განლევა – ატროფიას იწვევს.

ქსოვილთა უჯრედები ზოგჯერ მავნე ფაქტორთა ძალადობრივი ქმედებების შედეგად იღუპებიან. პროცესს, რომლის დროსაც მავნე ფაქტორთა მოქმედების შედეგად უჯრედები სრულად წყვეტენ ფუნქციონირებას და ბიოქიმიურად და სტრუქტურულად შეუქცევადად იცვლებიან, **ნეკროზი, ანუ ქსოვილთა ძალადობრივი სიკვდილი** ეწოდება. ეს უჯრედების გენეტიკურად დაუპროგრამებელი და გაუთვალისწინებელი, არაგეგმიური კვდომაა. ნეკროზს იწვევს ფიზიკური (ცეცხლსასროლი ჭრილობა, რადიაცია, ელექტრული დენი, დაბალი და მაღალი ტემპერატურა, გაყინვა და დამწვრობა), ტოქსიკური (მუავები, ტუტეები, მძიმე ლითონთა მარილები, ფერმენტები), სამკურნალო პრეპარატები (ეთილის სპირტი), ბიოლოგიური (ბაქტერიები, ვირუსები, უმარტივესები), ალერგიული (ენდო- და ეგზოალერგენები), სისხლძარღვოვანი (ინფარქტი - სისხლძარღვოვანი ნეკროზი), ნეიროტროფული (ნაწოლები, შეუსორცებადი ჭრილობები) ფაქტორები.

დაზიანების შემდეგ ქსოვილთა აღდგენას **რეპარაციული რეგენერაცია** ეწოდება (ლათ. reparatio – აღდგენა). დადასტურებულია, რომ ეს უნარი ყველა ქსოვილს აქვს. ამ დროს უჯრედები იზრდება დაზიანების არეში და ამოავსებს ან ფა-

რავს დეფექტს. წარმოქმნილი სტრუქტურები ან ნორმალურის იდენტურია, ან სხვადასხვა დონით განსხვავდება მათგან. ამ შემთხვევაშიც ეპითელური, შემაერთებელი და გლუვკუნთოვანი უჯრედები შესაძენვეად ადვილად აღდგება, განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი – მხოლოდ ხელშემწყობ პირობებში, ნერვულ სისტემაში კი უმთავრესად ნერვული ბოჭკოები რეგენერირებენ. რეპარაციული რეგენერაცია შესაძლოა იყოს სრული და არასრული. სრულის დროს დეფექტის აღდგენა იდენტური ქსოვილით ხდება, არასრულის შემთხვევაში კი დეფექტი შემაერთებელქსოვილოვანი ნაწიბურით ნაცვლდება. ორგანიზმში ჭრილობის ან ტრავმის შედეგად ქსოვილოვანი დეფექტის - წყლულის გაჩენის შემდეგ მის ირგვლივ მდებარე ყველა ქსოვილი გაძლიერებულად იწყებს გამრავლებას, მაგრამ სრულ სიმწიფეს მხოლოდ შემაერთებელქსოვილოვანი უჯრედები აღწევენ, დანარჩენები იღუპებიან, სწორედ ამიტომ რეგენერაციის შედეგად წარმოიქმნება დეფექტის აღმოსაფხვრელი შემაერთებელქსოვილოვანი - ფიბროზული ნაწიბური. დეფექტის ირგვლივ ფიბროზული ნაწიბურის ფორმირება რეგენერაციული პროცესის დასრულების მაუწყებელია.

რეგენერაციის ხარისხზე მოქმედებს ზოგადი (ასაკი, ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობა, სისხლძარღვი და იმუნური სისტემების მდგომარეობა) და ადგილობრივი (სისხლძარღვთა მდგომარეობა, ნეიროტროფიკა, ლიმფის მიმოქცევა, ორგანოთა და ქსოვილთა სტრუქტურულ-ფუნქციური თავისებურებები, დაზიანების მოცულობა) ფაქტორები.

გამოყოფენ **პათოლოგიურ რეგენერაციასაც**. ეს ქსოვილთა პათოლოგიური ცვლილება და გადაგვარებაა. ჰიპერრეგენერაცია, ჰიპორეგენერაცია, მეტაპლაზია და დისპლაზია პათოლოგიური რეგენერაციის ტიპებია. ჰიპერრეგენერაცია მოჭარბებული აღდგენაა, მისი მაგალითია მოტეხილობისას ძვლოვანი კოურების, ტერფზე ძვლოვანი წანაზარდების, კვლიდური ნაწიბურების, ადენომის გაჩენა. **ჰიპორეგენერაცია**

დაქვეითებული რეგენერაცია. ის ორგანოსა და ქსოვილებში მიმდინარე ქრონიკული ანთების შედეგია, როდესაც სისხლძარღვოვანი და ნერვული კვების დარღვევის გამო ქვედა კიდურებზე ჩნდება ტროფიკული წყლულები, ვითარდება კუჭის წყლული, დიაბეტიანებში ძნელდება ჭრილობების შეხორცება და სხვა. *მეტაპლაზია* ქსოვილოვანი გადაგვარებაა, მაგალითად, ძვლის ყვითელი ტვინისა წითელ ტვინად, ხრტილოვანი ქსოვილისა – ძვლოვან ქსოვილად. იგი ონკოლოგიური პროცესის წინამორბედი უჯრედების ფორმირებას უწყობს ხელს. *დისპლაზია* ქსოვილისთვის დამახასიათებელი უჯრედების ნაცვლად, ატიპური - განსხვავებული ფორმისა და ზომის, მსხვილბირთვიანი უჯრედების ფორმირებაა. განსხვავებენ დისპლაზიის სამ ხარისხს - მსუბუქს, ზომიერსა და მძიმეს. მძიმე დისპლაზიის დროს ქსოვილი მთლიანად ატიპურია, რაც დიაგნოსტირდება როგორც კიბო.

ქსოვილთა რეგენერაციის პირობების, აგრეთვე იმ პირობების შესწავლა, როცა უჯრედები კარგავენ სპეციფიკურ ფუნქციურ სტრუქტურებს და სხვადასხვა ჰისტოგენეტიკური დიფერენცირების უნარს იძენენ, ჰისტოლოგიის ერთ-ერთი ამოცანაა.

ეპითელიური ქსოვილი **(Textus Epithelialis)** **ზოგადი დახასიათება და კლასიფიკაცია**

ეპითელიური ქსოვილი, ანუ ეპითელიუმი (ლათ. epithelis) ფარავს სხეულის ზედაპირს, სეროზულ გარსებს, ამოფენს ღრუ ორგანოების (კუჭის, ნაწლავის, შარდის ბუშტის და სხვა ორგანოთა) შიგა ზედაპირს და ქმნის ორგანიზმის ჯირკვლების უმრავლესობას (მათ შორის: ღვიძლს, ფარისებრ და საოფლე ჯირკვლებს).

ეპითელიუმი მოსაზღვრე ქსოვილია. მისი საშუალებით ხდება ნივთიერებათა ცვლა ორგანიზმსა და გარემოს შორის, ე.ი. შეწოვა და ექსკრეცია (ლათ. *excerno* – გამოვეყოფ). ნაწლავის ეპითელიუმით შეიწოვება სისხლსა და ლიმფაში საკვები ნივთიერებები, ამასთან, ორგანიზმიდან მისი საშუალებით გამოიყოფა ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტები: ნახშირმჟავა – ფილტვის ეპითელიუმიდან, შარდოვანა – თირკმლის ეპითელიუმიდან. მოსაზღვრე მდებარეობის გამო ეპითელი ასრულებს დამცველობით ფუნქციასაც – ქიმიური, მექანიკური და სხვა სახის ზემოქმედებისაგან. იგი ბარიერს წარმოადგენს მიკროორგანიზმებისა და მრავალი შხამიანი ნივთიერებისათვის. ჯირკვლოვანი ეპითელი ასრულებს სეკრეტორულ ფუნქციას.

ეპითელი ემბრიოგენეზში (ადამიანში) მე-3-4 კვირიდან ვითარდება სამივე ჩანასახოვანი ფურცლიდან (ემბრიონის ეპითელიური შრე მე-15 დღეს ყალიბდება). ემბრიონული წყაროს მიხედვით, განასხვავებენ ექტოდერმული, ენტოდერმული და მეზოდერმული წარმოშობის ეპითელს. კერძოდ, კანის, პირისა და ცხვირის ღრუს ეპითელიუმი ექტოდერმული წარმოშობისაა, საჭმლის მომნელებელი, სასუნთქი სისტემისა და მათთან დაკავშირებული ჯირკვლების ეპითელიუმი – ენტოდერმული წარმოშობის, ხოლო სისხლძარღვთა ამომფენი ეპითელიუმი, თირკმლის ეპითელიუმი და სხვა – მეზოდერმისაგანაა წარმოშობილი.

კლასიფიკაცია. ეპითელიური ქსოვილის კლასიფიკაციის სხვადასხვა სახე არსებობს, რომელთაც საფუძვლად უდევს ეპითელიური ქსოვილის წარმოშობის, აგებულების ნიშნები და ფუნქციები. ფართოდაა გავრცელებული ფილოგენეტიური და მორფო-ფუნქციური კლასიფიკაციები. პირველს საფუძვლად უდევს ფილოგენეზში ჩამოყალიბებული მორფოლოგიური და ფუნქციური თავისებურებანი. ამ კლასიფიკაციის თანახმად, არჩევენ: კანის, ნაწლავის, თირკმლის, ცელომისა და ეპენდიმოგლიური ტიპის ეპითელიუმს.

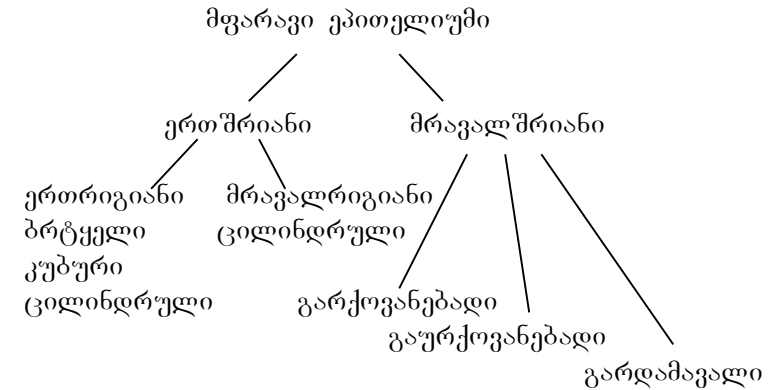
კლასიფიკაციის სხვა სახე ითვალისწინებს ეპითელიუმის აგებულების ხასიათს მის ფუნქციებთან დაკავშირებით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, არჩევენ *მფარავ* (კანის, გამომფენი – შინაგანი ორგანოების – პირის ღრუს, საყლაპავი მილის, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, სუნთქვის ორგანოების, საშვილოსნოს, შარდგამომტანი გზებისა და სხვათა – ლორწოვანი და სეროზულ გარსებზე) და *ჯირკვლოვანი* ეპითელს. ასეთი დაყოფა გარკვეულწილად პირობითია, რადგანაც ზოგიერთი ორგანოს, მაგალითად, კუჭის ლორწოვანი გარსის მფარავი ეპითელი სეკრეციას ასორციელებს, ამასთან, ზოგიერთი ჯირკვლოვანი უჯრედი, მაგალითად, ბოკალისებური (ფილისებური) უჯრედები ნაწლავის მფარავ ეპითელში გაფანტულია მფარავი ეპითელის უჯრედებს შორის.

ეპითელიუმს ბაზალურ მემბრანასთან მისი უჯრედების დამოკიდებულებისა და მათი ფორმის მიხედვით ყოფენ *ერთშრიანი* და *მრავალშრიანი* ეპითელიუმად (სქემა 1).

პირველ შემთხვევაში, ქსოვილის ყველა უჯრედი დაკავშირებულია ბაზალურ მემბრანასთან, ხოლო თუ ბაზალურ მემბრანასთან დაკავშირებულია მხოლოდ ერთი – ქვედა შრე, დანარჩენი კი ასეთ კავშირს მოკლებულია, ეპითელიუმი მრავალშრიანია. ეპითელიუმის უჯრედები შეიძლება იყოს კუბური, ცილინდრული, ბრტყელი. *ერთშრიანი* ეპითელიუმი შეიძლება იყოს *ერთრიგიანი* და *მრავალრიგიანი*. *მრავალშრიანი* ეპითელიუმი შეიძლება იყოს *გარქოვანებადი* და *გაურქოვანებადი*. მრავალშრიანი ეპითელიუმის განსაკუთრებული სახეა *გარდამავალი* ეპითელიუმი. ასეთი სახელწოდება

მან მიიღო გარეგნული სახის გამო, რომელიც იცვლება ამ ეპითელიუმით ამოფენილი ორგანოს, მაგალითად, შარდის ბუშტის კედლის გაჭიმვასთან დაკავშირებით. ერთშრიანი ერთრიგიანი ეპითელი ასორციელებს ნივთიერებათა ცვლას ორგანიზმსა და გარემოს შორის. მაგალითად, ნაწლავის ერთშრიანი ეპითელი უზრუნველყოფს საკვების შეწოვას სისხლსა და ლიმფაში. მრავალშრიანი და აგრეთვე ერთშრიანი მრავალრიგიანი ეპითელი ძირითადად დამცველობით ფუნქციას ასრულებს, მაგალითად, კანის ეპითელი.

სქემა 1.



ეპითელიუმი მოთავსებულია ბაზალურ მემბრანაზე, რომლის ქვეშაც ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი მდებარეობს. ის არ შეიცავს სისხლძარღვებს და მისი კვება ხორციელდება ბაზალური მემბრანის საშუალებით მის ქვეშ მდებარე შემაერთებული ქსოვილიდან.

ეპითელიოციტები (ლათ. epitheliocyti). ეპითელიუმს, როგორც უჯრედთა ფენას, ახასიათებს პოლარობა, ე.ი. მის ბაზალურ (basis-ფუძე) და აპიკალურ (apex- მწვერვალი) ნაწილებს სხვადასხვა აგებულება აქვთ. ეპითელიოციტებს განსხვავებული ფორმის მიუხედავად, ციტოპლაზმაში აქვთ ზოგადი, აგრეთვე სპეციალური ორგანოები.

ენდოპლაზმური ბადე კარგადაა განვითარებული იმ უჯრედებში, რომლებიც ცილოვანი ბუნების სეკრეტებს გამოიმუშავენ. მაგალითად, კუჭუკანა ჯირკვლის ტერმინალური ნაწილის ჯირკვლოვან უჯრედებში.

ეპითელიოციტებში დიდი რაოდენობით გვხვდება მიტოქონდრიები, რომელთაც აქვთ მოკლე ჩხირების ან ძაფების სახე. ცენტროსომა დიპლოსომის (ცენტრიოლების) სახით მდებარეობს ბირთვის ზემოთ. ცილინდრულ უჯრედებში იგი მოთავსებულია თავისუფალ, აპიკალურ ზედაპირთან ახლოს. მასთანაა დაკავშირებული ეპითელურ უჯრედებში წამწამებისა და შოლტების წარმოქმნა.

გოლჯის კომპლექსი კარგადაა განვითარებული სეკრეტის უნარის მქონე უჯრედებში, მაგალითად, ღვიძლის უჯრედებში. ეპითელიოციტების ციტოპლაზმაში ხშირად გვხვდება ტროფიკული, სეკრეტორული ან პიგმენტური ჩანართები.

ეპითელიოციტების ბირთვები შეიძლება იყოს მრგვალი, ოვალური ან დისკოს ფორმის. კუბურ უჯრედებში მრგვალია, ცილინდრულში – ოვალური, ბრტყელში – ოვალური ან დისკოს ფორმის; უმეტესად ერთი ბირთვია, ზოგჯერ – ორი ან მეტი, მაგალითად, მეზოთელიუმის უჯრედებში.

ეპითელური უჯრედების სპეციალიზებული სტრუქტურებია ტონოფიბრილები.

ეპითელიოციტების აპიკალურ ზედაპირზე შეიძლება იყოს მიკროხაოები, შემწოვი ანუ ცოცხისებრი ყაითანი, წამწამები, შოლტები, სტერეოცილიები ანუ უძრავი წამწამები.

ციტოლემამ იმ უჯრედებში, რომელთაც შეწოვის პროცესები ახასიათებს, შეიძლება წარმოქმნას ნაოჭები, რომლებიც შეჭრილია ციტოპლაზმაში ტიხრებისა და გამონაზარდების – 1,5 მკ-მდე სიგრძის მიკროხაოების სახით.

მიკროხაოები ციტოპლაზმის უწვრილესი გამონაზარდებია. უჯრედის თავისუფალ, დისტალურ ზედაპირზე მათ აქვთ ჩხირების სახე, რომელთა სიგრძე 1,1 მკ, ხოლო სიგანე – 0,1 მკ-ია.

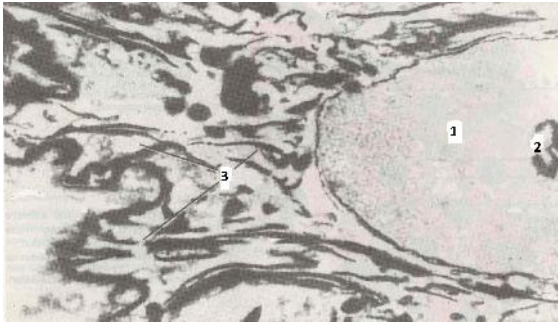
შემწოვი, ანუ *ცოცხისებრი ყაითანი* – მიკროხაოებისგანაა წარმოქმნილი. იგი ფარავს ცალკეული სახის ეპითელიოციტის თავისუფალ, დისტალურ ზედაპირებს, რომელთაც ინტენსიური შეწოვა ახასიათებს (ნაწლავის, თირკმლის). იგი შედგება დიდი რაოდენობით კარგად განვითარებული მიკროხაოსაგან (შეიძლება 3000-მდე).

სტერეოცილიები უჯრედის გრძელი, უმოძრავი მორჩებია. ფაქტიურად, ისინი წამწამები კი არა, გრძელი, დატოტვილი მიკროხაოებია, რომლებიც უჯრედის ზედაპირის ფართობს ზრდის. ისინი გვხვდება სათესლის დანამატის სადინარის ეპითელიოციტების აპიკალურ ნაწილში.

წამწამები მოძრავი სტრუქტურებია. ისინი განლაგებულია მოციმციმე უჯრედთა დისტალურ, თავისუფალ ზედაპირზე. წამწამები ციტოპლაზმის გამონაზარდებია, რომლებშიც გადის ორი წყვილი ცენტრალური და ცხრა წყვილი პერიფერიული ძაფი. წამწამების ზედაპირი დაფარულია გარსით, რომელიც უჯრედის მემბრანის გაგრძელებაა. პერიფერიული ძაფები დაკავშირებულია ბაზალურ სხეულაკებთან, რომლებიც უჯრედთა დისტალური ნაწილების ციტოპლაზმაშია განლაგებული. ბაზალური სხეულაკები სახეშეცვლილი ცენტრიოლებია.

შოლტები მამრობითი სასქესო უჯრედების სამოძრავო აპარატია. ისინი აგებულია წამწამებს ჰგავს.

ტონოფიბრილები ცილოვანი ბუნების ძაფისებრი სტრუქტურებია, რომლებიც განლაგებულია ეპითელიოციტების ციტოპლაზმაში (სურ. 1):

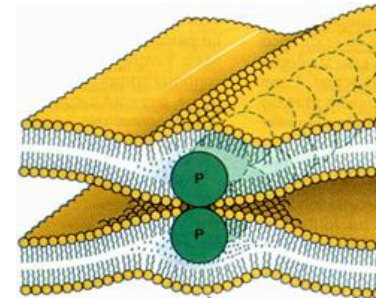


სურ. 1. ტონოფიბრილები ეპითელიოციტებში (ელექტრონული მიკროფოტოგრაფია). 1 - ეპითელიოციტის ბირთვი; 2 - ბირთვაკი; 3 - ტონოფიბრილები.

ელექტრონული მიკროსკოპით ჩანს, რომ ისინი შედგება უწვრილესი - 60 ანგსტრემაძღე დიამეტრის ძაფების - ტონოფილამენტებისაგან, რომლებიც ბოლოვდება დესმოსომებთან ახლოს და არ გადადის ერთი უჯრედიდან მეორეში. სავარაუდოა, რომ ტონოფიბრილები განაპირობებს ეპითელური უჯრედების სიმტკიცეს.

ეპითელიოციტების ბაზალურ ზედაპირზე, სადაც ისინი შემაერთებელ ქსოვილს ეხება, გვხვდება ბაზალური ნაოჭები და ინვაგინაციები, რომლებიც ზრდის ამ უჯრედების ზედაპირის ფართობს და უზრუნველყოფს მეტაბოლიზმის მაღალ ინტენსივობას შესაბამის უბანში.

ეპითელიოციტების კავშირი. ეპითელურ ქსოვილში უჯრედებს შორის კავშირებიდან გვხვდება 3 ძირითადი კავშირი. **მჭიდრო (მკვრივი) კონტაქტი** (სურ. 2) ეპითელის მომიჯნავე უჯრედების პლაზმური მემბრანის გამონაზარდები ერწყმიან ერთმანეთს სრული ან თითქმის სრული სიმტკიცით და ქმნიან ერთიან ფენას.

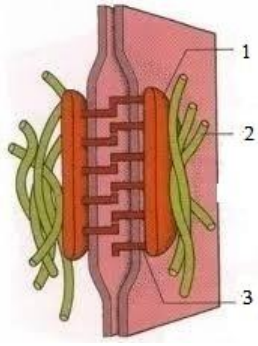


სურ. 2. ეპითელიოციტების კავშირი მკვრივი კონტაქტი - (ბრმა სარტყელი). PP- შეწებების ზონა.

ეპითელურ უჯრედთა კავშირის სხვა სახეა ადჰეზიური კონტაქტი (შეწებების ტიპის კონტაქტი - შეწებების სარტყელი) **დესმოსომების** მეშვეობით (ბერძნ. *desmos* - კავშირი, *soma* - სხეული) (სურ. 3,4). იგი უჯრედშორისი კონტაქტის ყველაზე უნივერსალური საშუალებაა. ასეთი კავშირის დროს ეპითელიუმის უჯრედებს შორის ვიწრო ნაპრალები რჩება, რომლებშიც ქსოვილის სითხე ცირკულირებს. დესმოსომების წარმოქმნის ადგილას ნაპრალები კი არ წყდება, არამედ ვიწროვდება. ამის გამო დესმოსომებში უჯრედები უფრო უახლოვდებიან ერთმანეთს თავიანთი ზედაპირებით. თითოეული დესმოსომა ორი ნახევრისაგან შედგება, ერთი ეკუთვნის ერთ უჯრედს, ხოლო მეორე - მეზობელ უჯრედს. დესმოსომების ნახევრებს აქვთ შიგნითა და გარეთა ნაწილები. გარეთა ნაწილი წარმოდგენილია უჯრედის გარსის გასქელებით, შიგნითა - ციტოპლაზმური, უფრო განიერი და ნაკლებად მკვრივია, შედგება წვრილი ძაფების ბადისაგან. თუ უჯრედში ტონოფიბრილებია, ისინი აღწევენ დესმოსომების ნახევრებში და ისე ბოლოვდებიან იქ, რომ არ გადადიან ერთიდან მეორე უჯრედში.



ა



ბ

სურ. 3. ეპითელიოციტების კავშირი. დესმოსომა.
 ა – ელექტრონული მიკროფოტო; ბ-სქემა. 1-ციტოპლაზმური “ლილი”; 2- შუალედური ფილამენტები; 3-კადჰერინი.



სურ. 4. ეპითელიოციტების კავშირი. შეწებების სარტყელი

იმ შემთხვევაში, როცა უჯრედშორისი ნაპრალები საკმაოდ განიერია, მეზობელი უჯრედების ერთიმეორისაკენ მიმართულ ზედაპირებზე წარმოიქმნება სხვადასხვა ფორმის ციტოპლაზმური გამონაზარდები. მათ დაბოლოებაზე განლაგებულია დესმოსომების ნახევრები. სინათლის მიკროსკოპში კავშირის ეს სახე **ციტოპლაზმური ხიდაკების** სახით ჩანს.

ეპითელური უჯრედები შეიძლება შეერთდეს სხვა გზითაც, მაგალითად, **ინვაგინაციით** (ნექსუსი ან ნაპრალისებური კავშირი) – მეზობლად მდებარე უჯრედების სხეულთა ფოსოებში მორჩების ურთიერთშედწევის ხარჯზე. ასეთი კავშირის დროს ხდება ინფორმაციის უშუალო გაცვლა უჯრედებს შორის.

დებს შორის. მისი მეშვეობით უჯრედებს შორის დაბალმოლეკულური ნაერთების ცვლა ხდება.

ეპითელური უჯრედები ბაზალურ მემბრანასთან შეიძლება დაკავშირებული იყოს **ნახევარდესმოსომებით**, რომლებიც აგებულებით დესმოსომების ნახევრების ანალოგიურია.

ბაზალური მემბრანა. ბაზალური მემბრანა 1 მკმ სისქის თხელი, ჰომოგენური ფირფიტაა, რომელზედაც ეპითელიუმი განლაგებული. იგი, როგორც ეპითელიუმის, ისე შემაერთებელი ქსოვილის წარმონაქმნია. შედგება ამორფული ნივთიერებისა და ფიბრილური სტრუქტურებისაგან, შეიცავს ნახშირწყლოვან-ცილოვან-ლიპიდურ კომპლექსებს, რომლებიც განაპირობებს ნივთიერებათა შერჩევით განვლადობას. ბაზალური მემბრანა ასრულებს ქსოვილთა შორის სტრუქტურული და ფილტრაციული ბარიერის ფუნქციას, მონაწილეობს უჯრედთა პროლიფერაციისა და დიფერენციაციის პროცესების რეგულაციაში, უზრუნველყოფს უჯრედთა პოლარობას, არეგულირებს უჯრედთა მიგრაციის პროცესებს. ვარაუდობენ, რომ ბაზალური მემბრანა უჯრედშორისი კავშირების ჩამოყალიბებისათვის აუცილებელ მნიშვნელოვან ინფორმაციას შეიცავს. მაგალითად, ცნობილია, რომ კუნთოვან უჯრედებში ბაზალური ფირფიტის არსებობა აუცილებელია ახალი ნერვ-კუნთოვანი კავშირების ჩამოყალიბებისათვის.

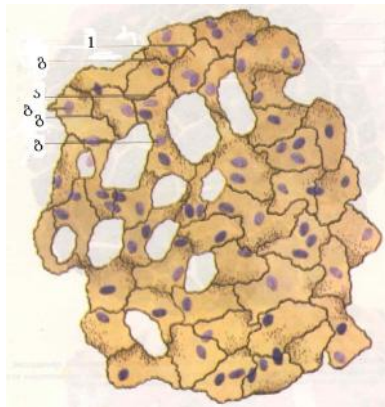
ბაზალური მემბრანის მეშვეობით დიფუზიურად ხდება ეპითელიუმის კვება მის ქვეშმდებარე შემაერთებელ ქსოვილში მოთავსებული სისხლძარღვებით.

ერთშრიანი ეპითელიუმი

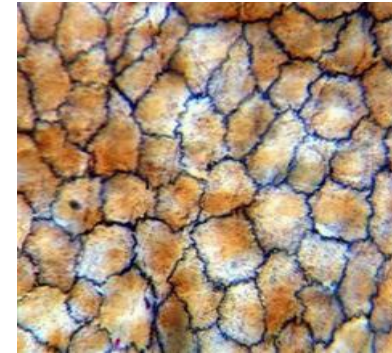
ერთშრიანი ეპითელიუმში გამოყოფენ **ერთრივიან** და **მრავალრივიან** ეპითელს. ერთი რიგით წარმოდგენილ ეპითელში ყველა უჯრედს აქვს ერთნაირი ფორმა – ბრტყელი, კუბური ან პრიზმული, ბირთვებიც, შესაბამისად, ერთ დონეზე, ერთ რიგში მდებარეობს. ასეთ ეპითელს **იზომორფულს** უწოდებენ. ერთშრიანი ეპითელს, რომლის უჯრედებიც სხვადას-

ხვა ზომისაა და ბირთვებიც სხვადასხვა დონეზეა, ანუ რამდენიმე რიგადაა განლაგებული, უწოდებენ *მრავალრიგიან* ანუ *ფსევდომრავალშრიან* ეპითელს.

ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელიუმი (მეზოთელიუმი) (სურ.5,6). მეზოდერმის იმ ნაწილის წარმონაქმნია, რომელიც ქმნის სხეულის მეორად ღრუს, ე.ი ცელომს. იგი ამოფენს პლევრის ფურცლებს, ხელს უწყობს ფილტვების სუნთქვითი ექსკურსიის ადვილად განხორციელებას, გულის შეკუმშვას და ნაწლავის პერისტალტიკას. მეზოთელიუმი ხელს უშლის დაზიანების შემთხვევაში შეხორცებების წარმოქმნას მუცლისა და გულმკერდის ღრუს ორგანოებს შორის. მეზოთელიოციტები პოლიგონური ფორმისაა – არასწორი კიდეებით.



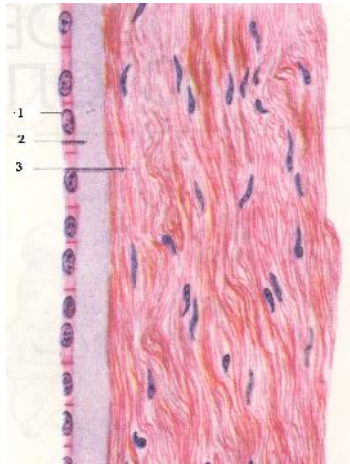
სურ. 5. ბადექონის ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელი (მეზოთელი). 1- ეპითელური უჯრედები: ა)ციტოპლაზმა; ბ)ბირთვი; გ)უჯრედის საზღვრები.



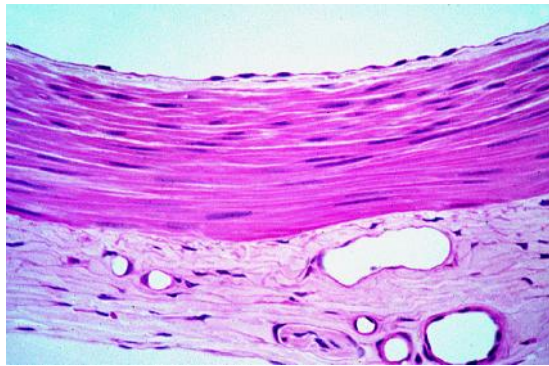
სურ. 6. ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელი (მეზოთელი)

ბირთვების განლაგების ადგილას უჯრედები რამდენადმე გასქელებულია. ზოგიერთი შეიცავს არა ერთ, არამედ ორ ან რამდენიმე ბირთვს, რაც დაუმთავრებელი ამიტოზური თუ მიტოზური გაყოფის შედეგია. უჯრედებს თავისუფალ ზედაპირზე, რომელიც მიმართულია მუცლის ღრუსაკენ, აქვს მიკროხაოები. მეზოთელის საშუალებით ხდება სეროზული სითხის გამოყოფა და შეწოვა. სეროზული გარსის დაზიანების დროს მეზოთელიუმის უჯრედები იკუმშებიან, სცილდებიან ერთმანეთს, მრგვალდებიან და ადვილად სცილდებიან ბაზალურ მემბრანას, რის შედეგადაც შეკუმშულ უჯრედთა შორის ან ჩამოფცქნილ უჯრედთა ადგილას წარმოიქმნება ხვრელები – სტომატები.

ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელით – ენდოთელით (სურ. 7,8) ამოფენილია სისხლისა და ლიმფის ძარღვების სანათურები, აგრეთვე გულის საკნები, გვხვდება თვალის რქოვანაში. იგი წარმოადგენს ბაზალურ მემბრანაზე ერთ შრედ განლაგებული ბრტყელი უჯრედების – ენდოთელიოციტების ფენას. ენდოთელი მონაწილეობს სისხლსა და სხვა ქსოვილებს შორის ნივთიერებათა და გაზთა ცვლაში. მისი დაზიანებისას შესაძლოა განვითარდეს სისხლძარღვებში სისხლის დინების ცვლილება და მათ სანათურებში სისხლის შედეგებისა და თრომბის წარმოქმნა.



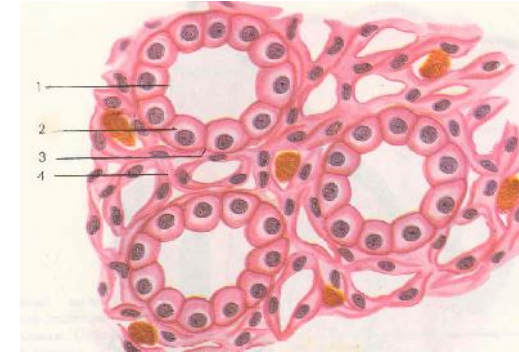
სურ. 7. თვალის რქოვანას ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელი (ენდოთელი). 1 – ენდოთელის უჯრედები ბირთვებით; 2–დესცემენტის გარსი (რქოვანას უკანა ძირითადი გარსი); 3–რქოვანას საკუთარი ნივთიერება.



სურ. 8. სისხლძარღვის ამოფენი ერთშრიანი ბრტყელი ეპითელი (ენდოთელი)

ერთშრიანი კუბური ეპითელით ამოფენილია თირკმლის მილაკების პროქსიმალური და დისტალური ნაწილები, მრავალი ჯირკვლის, მაგალითად, ღვიძლის, კუჭუკანა ჯირკვლის და სხვათა გამომტანი სადინარების წვრილი განტოტებები, აგრეთვე ფილტვების სასუნთქი გზების უწვრილესი ტოტები (სურ.9). იგი ვითარდება ექტოდერმისა და მეზოდერმისაგან. თირკმლის მილაკების ეპითელი სისხლში პირველადი შარდიდან რიგ ნივთიერებათა უკუშეწოვის (რეაბსორბციის) ფუნქციას ასრულებს.

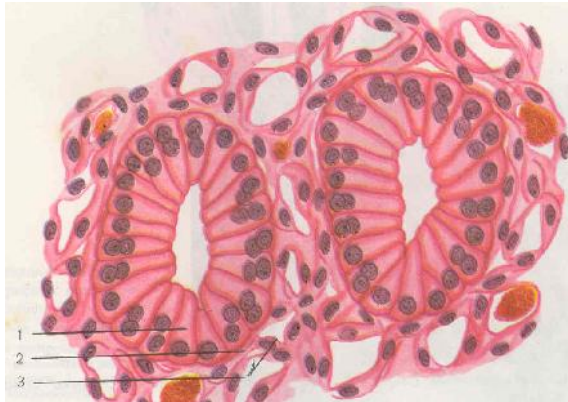
ვალი ჯირკვლის, მაგალითად, ღვიძლის, კუჭუკანა ჯირკვლის და სხვათა გამომტანი სადინარების წვრილი განტოტებები, აგრეთვე ფილტვების სასუნთქი გზების უწვრილესი ტოტები (სურ.9). იგი ვითარდება ექტოდერმისა და მეზოდერმისაგან. თირკმლის მილაკების ეპითელი სისხლში პირველადი შარდიდან რიგ ნივთიერებათა უკუშეწოვის (რეაბსორბციის) ფუნქციას ასრულებს.



სურ. 9. თირკმლის არხების კუბური (დაბალპრიზმული) ერთშრიანი ეპითელი. 1 - არხის სანათური; 2 - კუბური უჯრედები; 3 - ბაზალური მემბრანა; 4 - შემაერთებული ქსოვილი და არხისირგვლივი სისხლძარღვები.

ერთშრიანი პრიზმული (ცილინდრული) ეპითელი გვხვდება საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის შუა ნაწილის ორგანოებში, ამოფენს კუჭის წვრილი და მსხვილი ნაწლავების, ნაღვლის ბუშტის, ღვიძლისა და კუჭუკანა ჯირკვლის გამომტანი სადინარების შიგა ზედაპირს, ამოფენს საშვილოსნოსა და კვერცხსავალის დრუს (სურ. 10). ერთშრიანი პრიზმული ეპითელი ვითარდება ენტოდერმისა და მეზოდერმისაგან. კუჭში ერთშრიანი პრიზმული ეპითელის ყველა უჯრედი ჯირკვლოვანია, გამოიმუშავებს ღორწოს, რომელიც იცავს კუჭის კედელს საკვების უღუფისა და კუჭის წვენი მომნელებელი ნივთიერებების უხეში შემოქმედებისაგან. გარ-

და ამისა, კუჭის ეპითელით შეიწოვება სისხლში წყალი და ზოგიერთი მარილი.



სურ. 10. თირკმლის შემკრები მილის ერთშრიანი ცილინდრული (მაღალპრიზმული) ეპითელი. 1 - ცილინდრული ფორმის უჯრედები; 2 - ბაზალური მემბრანა; 3 - შემაერთებული ქსოვილი.

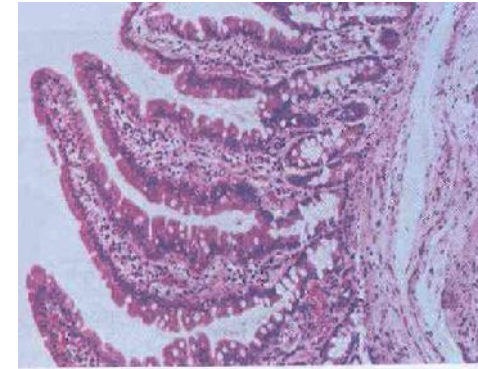
წვრილ ნაწლავში ერთშრიანი პრიზმული ეპითელი (“ყაითონოვანი“ ეპითელი) ასრულებს აქტიური შეწოვის ფუნქციას. ეპითელი წარმოქმნილია პრიზმული ეპითელიოციტებით, რომელთა შორისაც განლაგებულია ბოკალისებური (ფიალისებური) უჯრედები. ეპითელიოციტებს კარგად გამოხატული ჯაგრისისებური შემწოვი ყაითანი გააჩნიათ, რომელიც მრავალრიცხოვანი მიკროხაოთია წარმოდგენილი. ისინი მონაწილეობს საკვების ფერმენტულ დაშლაში (კედლისმიერი მონელება) და წარმოქმნილი პროდუქტების შეწოვაში სისხლსა და ლიმფაში.

ერთშრიანი ცილინდრული (პრიზმული) ეპითელიუმი, რომელიც ამოფენს კვერცხსავალსა და საშვილოსნოს, მოციმციმე – წამწამოვანი უჯრედებისაგან შედგება.

კუჭის ეპითელიუმის თავისებურებაა გამოყოს ღორწო, რომელიც კუჭის კედელს იცავს დაზიანებისაგან. ეპითელის

ასეთ სახესხვაობას ერთშრიან ცილინდრულ ჯირკვლოვან ეპითელს უწოდებენ, მის უჯრედებს – გლანდულოციტებს.

ამრიგად, ერთშრიანი ცილინდრული ეპითელიუმი სხვადასხვა მორფოლოგიისა და ფუნქციისაა და იგი შეიძლება დაეყოს ყაითონოვან (სურ. 11), მოციმციმე (სურ. 12,13) და ჯირკვლოვან ეპითელიუმიად (სურ. 14).

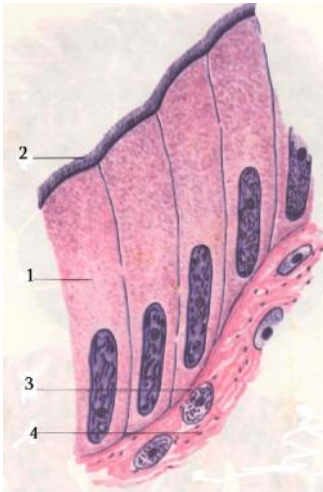


სურ. 11. ყაითონოვანი ეპითელი. წვრილი ნაწლავის ერთშრიანი ცილინდრული ეპითელი (წვრილი ნაწლავის ხაოები).

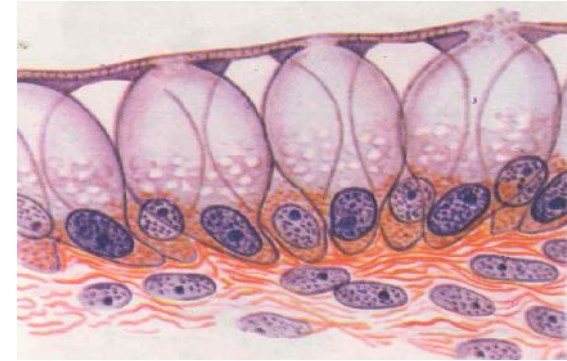
ერთშრიანი მრავალრიგიანი ეპითელი ამოფენს ჰაერგამტარ გზებს – ცხვირის ღრუს, ტრაქეას, ბრონქებს და რიგ სხვა ორგანოს. ჰაერგამტარ გზებში მრავალრიგოვანი ეპითელი წამწამოვანი ანუ მოციმციმეა. მასში არჩევენ სხვადასხვა ტიპის უჯრედებს: წამწამოვანს (მოციმციმე), მოკლე და გრძელ ჩართულ, ღორწოვან (ბოკალისებურ) უჯრედებს, აგრეთვე ბაზალურ – მარცვლოვან (ენდოკრინულ) უჯრედებს (სურ. 15,16).



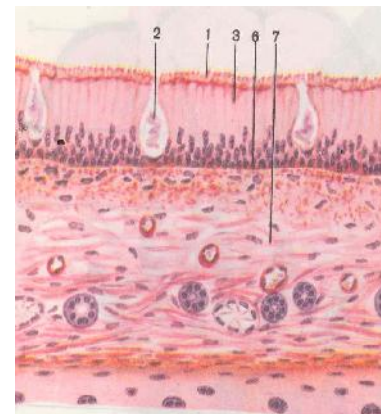
სურ. 12. ასკარიდას ნაწლავის ეპითელი. 1- მიტოქონდრიები (მარცვლის ფორმის); 2-მიტოქონდრიები (ძეწკვის ფორმის).



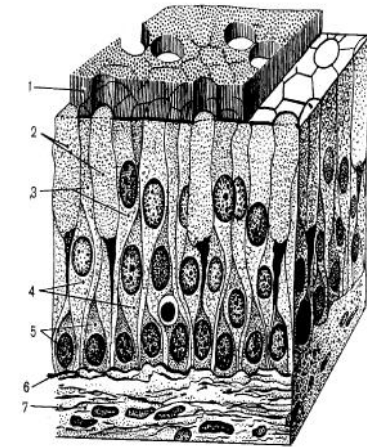
სურ. 13. კვერცხგამტარის ერთშრიანი წამწამოვანი (მოციმციმე) ეპითელი. 1-ცილინდრული უჯრედები; 2-უჯრედის წამწამები; 3-ბაზალური მემბრანა; 4-შემაერთებული ქსოვილი.



სურ. 14. ერთშრიანი ჯირკვლოვანი ეპითელი. მსხვილი ნაწლავის ეპითელის ბოკალისებური უჯრედები.

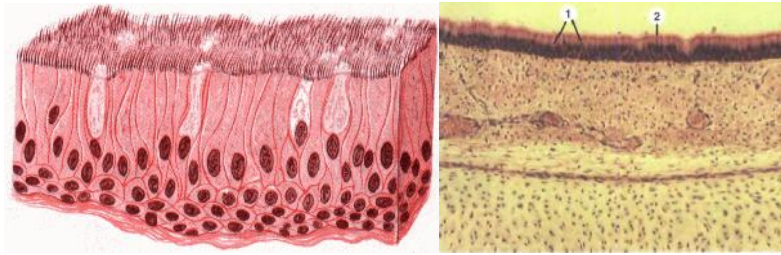


ა



ბ

სურ. 15. ერთშრიანი მრავალრიგიანი ეპითელი. ა - შეღებილია ჰემატოქსილინ-ეოზინით; ბ - აგებულების სქემა:
1-უჯრედის წამწამები; 2-ფიალისებური (ბოკალისებური) უჯრედები; 3-წამწამოვანი (მოციმციმე) უჯრედები; 4-გრძელი ჩართული უჯრედები; 5-მოკლე ჩართული უჯრედები; 6-ბაზალური მემბრანა; 7-შემაერთებული ქსოვილი.



სურ. 16. ტრაქტის მრავალრივანი მოციმციმე ეპითელი.
 ა - სქემა; ბ - განივი ჭრილი სინათლის მიკროსკოპში.
 1 - ეპითელიოციტები; 2- წამწამები უჯრედის აპიკალურ ძედაპირზე.

ჩართული უჯრედები ბაზალურ მემბრანაზე ფართო პროქსიმალური ნაწილით ემაგრება. მოციმციმე უჯრედებს ეს ნაწილი ვიწრო აქვთ, ხოლო მათი ფართო დისტალური ნაწილი ორგანოს სანათურისკენაა მიმართული. თითოეული მოციმციმე უჯრედი 250-მდე წამწამს შეიცავს. წამწამები თანმიმდევრულად, ერთმანეთის მიყოლებით მოძრაობენ. მოციმციმე და ჩართული უჯრედების გარდა მოციმციმე ეპითელის შემადგენლობაში მუდმივადაა ლორწოს გამომყოფი ბოკალისებური უჯრედები.

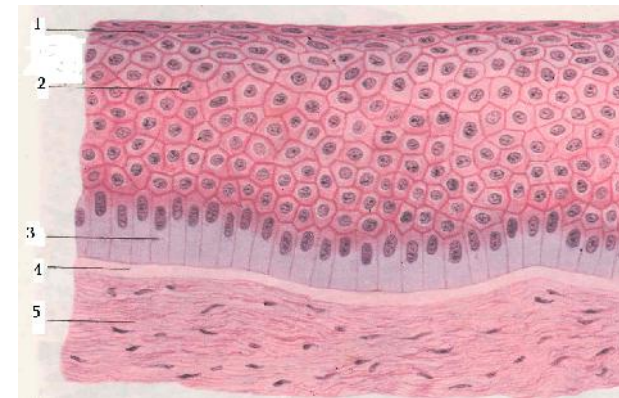
ჰაერგამტარ გზებში ჰაერთან ერთად მოხვედრილი მტკრის ნაწილაკები ილექება ეპითელის ლორწოვან ზედაპირზე და მისი მოციმციმე წამწამების მოძრაობის შედეგად თანდათანობით გამოიდევნება ცხვირის ღრუში და შემდგომ - გარემოში. ჰაერგამტარი გზების ეპითელში მოციმციმე, ჩართული და ლორწოვანი ეპითელიოციტების გარდა შეიძლება შეგვხვდეს ენდოკრინული ბაზალურ-მარცვლოვანი უჯრედები. ეს უჯრედები სისხლში გამოყოფენ ჰორმონებს, რომლებიც ახორციელებენ სასუნთქი სისტემის ადგილობრივ რეგულაციას.

მრავალშრიანი ეპითელი

მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელი სამი სახისაა: გარქოვანებადი, გაურქოვანებადი და გარდამავალი.

მრავალშრიანი ბრტყელი გაურქოვანებადი ეპითელი

მრავალშრიანი ბრტყელი გაურქოვანებადი ეპითელი გარედან ფარავს თვალის რქოვანას, ამოფენს პირის ღრუსა და საყლაპავ მილს (სურ. 17). მასში არჩევენ უჯრედების სამ შრეს: ბაზალურ, წვეტიანი უჯრედებისა და ბრტყელი უჯრედების შრეებს. ბაზალური შრე შედგება ცილინდრული ფორმის უჯრედებისაგან, რომლებიც განლაგებული არიან ბაზალურ მემბრანაზე. ამ შრის ხარჯზე ხდება ეპითელიუმის ზედაპირიდან ჩამოფცქვნილი დაღუპული უჯრედების



სურ. 17. თვალის რქოვანას მრავალშრიანი ბრტყელი ეპითელი (გაურქოვანებადი). 1-ზედაპირული შრის უჯრედები; 2-შუა შრის უჯრედები; 3-ბაზალური შრის უჯრედები; 4-ბაზალური მემბრანა; 5-რქოვანას საკუთარი ნივთიერება (შემაერთებელი ქსოვილი).

შეესება. წვეტიანი უჯრედების შრე შედგება უსწორმასწორო ფორმის მრავალკუთხა უჯრედებისაგან. მათი სხეულიდან გამოდის ერთი-ორი მოკლე მორჩი, რომლებიც ბაზალუ-

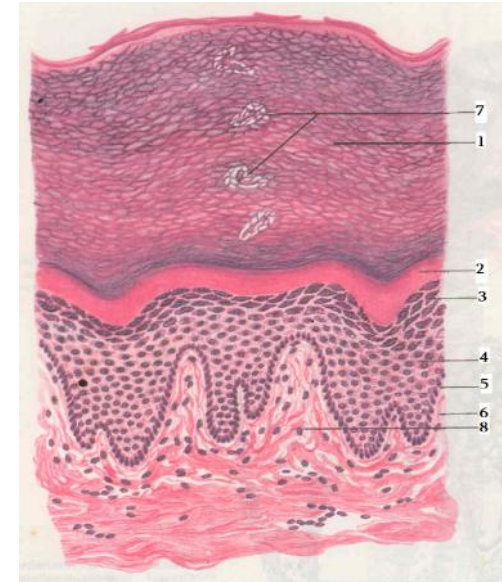
რი შრის უჯრედების აპიკალურ ბოლოებს შორის შედის. ბაზალური და, განსაკუთრებით, წვეტიანი უჯრედების შრეში კარგადაა განვითარებული ე.წ. უჯრედშორისი ხიდაკები. ესენი, სინამდვილეში, პროტოპლაზმური მორჩებია, რომლებიც ერთმანეთს მჭიდროდ ეხება. შეხების ადგილას მათ შორის დესმოსომებია. თუ ასეთ უჯრედს გამოვაცალკევებთ, მაშინ პროტოპლაზმური მორჩები გამოიყოფა მოკლე წვეტების სახით, რომლებიც მის ზედაპირს ფარავენ. ამიტომ უწოდებენ მათ წვეტიან უჯრედებს.

ბაზალური და წვეტიანი უჯრედების ციტოპლაზმაში განლაგებულია ტონოფიბრილები, რომელთაც წვრილი ძაფების სახე აქვთ (ტონოფიბრილები მკვრივი სტრუქტურებია, რომლებიც ზრდიან უჯრედების მდგრადობას მექანიკური ზემოქმედებისადმი).

ეპითელიუმის ზედა უჯრედები ბრტყელი უჯრედებისაგან შედგება. ისინი თანდათან იღუპება და ჩამოიფცქნება ეპითელიუმის ზედაპირიდან.

მრავალშრიანი ბრტყელი გარქოვანებადი ეპითელიუმი

მრავალშრიანი ბრტყელი გარქოვანებადი ეპითელიუმი კანის ზედაპირს ფარავს და ეწოდება **ეპიდერმისი**. კანი ორგანიზმის გარეთა საფარველს ქმნის, მისი საერთო ფართობი ადამიანის სხეულზე 16 000 სმ²-ია. კანი შედგება რამდენიმე ათეულ შრედ განლაგებული უჯრედებისაგან, რომელთა გაერთიანება შეიძლება 4-5 შრედ. ეპითელიუმი, რომელიც ფარავს ხელისგულისა და ფეხისგულის კანს, შედგება 5 შრისაგან (სურ. 18). **ბაზალური, წვეტიანი უჯრედების, მარცვლოვანი, პრიალა და რქოვანა** შრეებისაგან. სხეულის დანარჩენი უბნები დაფარულია ეპითელიუმით, რომელშიც არ არის პრიალა შრე.



სურ. 18. ადამიანის თითის კანის მრავალშრიანი ბრტყელი გარქოვანებადი ეპითელი. 1-რქოვანა შრე; 2-პრიალა შრე; 3-მარცვლოვანი შრე; 4-წვეტიანი შრე; 5-ბაზალური შრე; 6-ბაზალური მემბრანა; 7-საოფლე ჯირკვლის გამომტანი სადინარი; 8-ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილი.

უშუალოდ ბაზალურ მემბრანაზე, რომელიც ეპითელიუმს შემაერთებელი ქსოვილისაგან გამოყოფს, მდებარეობს ბაზალური შრის წარმომქმნელ უჯრედთა ერთი შრე. მასში არჩევენ ორი სახის უჯრედებს: **ბაზალურსა და მელანოციტებს (პიგმენტური უჯრედები)**.

ბაზალურ უჯრედებს აქვს ცილინდრული ფორმა, ისინი ერთმანეთთან და ზემოთ მდებარე უჯრედებთან დესმოსომების მეშვეობითაა შეერთებული.

მელანოციტებს აქვს პიგმენტ მელანინის სინთეზის უნარი. ამდენად, ისინი დიდი რაოდენობით შეიცავს მელანინის მარცვლებს. მელანოციტებს აქვთ მუქი ბირთვები და ნათელი, ოდნავ ბაზოფილური ციტოპლაზმა.

ბაზალური უჯრედების ზემოთ 5-10 შრეაა განლაგებული პოლიგონური ფორმის უჯრედები, რომლებიც ეპიდერმისის წვეტიანი უჯრედების შრეს ქმნის. უჯრედებს შორის კარგად ჩანს მრავალრიცხოვანი პროტოპლაზმური მორჩი, რომელთა შეხვედრის ადგილას დესმოსომები.

ბაზალურ და წვეტიან უჯრედებში წვრილი ძაფების სახით ვლინდება ტონოფიბრილები, რომლებიც დესმოსომებში ბოლოვდება. თითოეული მათგანი 60-150 Å დიამეტრის წვრილი ბოჭკოების - ტონოფიბრილების კონაა. ეპიდერმისის ბაზალური და წვეტიანი შრეების უჯრედებისათვის დამახასიათებელია ინტენსიური მიტოზური დაყოფის უნარი. ამიტომაც უწოდებენ მათ საერთო სახელწოდებას - *საზრდელ ანუ მალპიჯის შრეს*. მათი მიტოზური აქტივობა იმდენად მაღალია, რომ ეპიდერმისის მთლიანი განახლება დაახლოებით 19-20 დღის განმავლობაში ხდება.

საზრდელი შრის ზემოთ *მარცვლოვანი შრეა*. იგი შედგება 3-4 რიგად განლაგებული, შედარებით ბრტყელი უჯრედებისგან. მათი ციტოპლაზმა შეიცავს განსაკუთრებული ნივთიერების - *კერატოჰალინის* მარცვლებს. კერატოჰალინი ფიბრილური ცილების ჯგუფს მიეკუთვნება და გამოირჩევა არგინინის, ლიზინის, ჰისტიდინის, ცისტეინის მაღალი შემცველობით. ამ ნივთიერების არსებობა მიუთითებს იმაზე, რომ მათში იწყება გარქოვანების პროცესი. მას რქოვანა ნივთიერების - კერატინის საწყის სტადიად თვლიან.

მომდევნო შრე არის *პრიალა შრე*. ისიც შედგება 3-4 რიგად განლაგებული ბრტყელი უჯრედებისაგან, რომელთა ბირთვები დაღუპვის გამო არ იღებება, ციტოპლაზმა კი გაჟღენთილია ცილოვანი ნივთიერებით - *ელეიდინით* (ელეიდინი წარმოიქმნება კერატოჰალინის მარცვლებიდან და განსხვავდება დისულფიდური ჯგუფების მეტი შემცველობით. ამიტომაც კანის დაავადების სამკურნალო მალამოების შემადგენლობაში გოგირდი).

პრიალა შრეს პრეპარატზე აქვს უფრო მეტად პრიალა, ჰომოგენურად შედებილი თასმის სახე, რომლის შემადგენ-

ლობაშიც უჯრედები არ ჩანს. პრიალა შრის უჯრედები რქოვანა ქერცლებად გარდაქმნის სტადიაშია, რომელთაგანაც შედგება შემდეგი შრე.

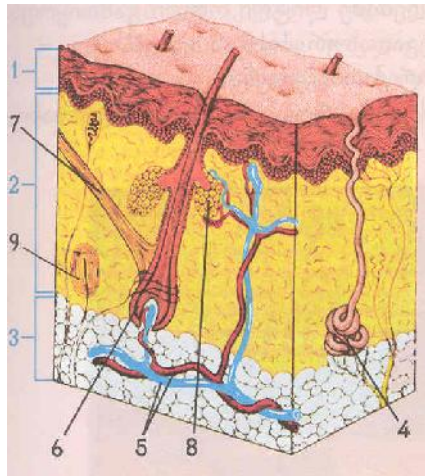
ეპიდერმისის ზედაპირული შრეა *რქოვანა შრე*. იგი ათობით რიგი გარქოვანებული უჯრედებისაგან - რქოვანა ქერცლებისაგან შედგება, რომლებიც ფორმით ბალიშებს ჰგავნან. ეს ქერცლები შეიცავს ელეიდინზე უფრო მკვრივ ნივთიერებას - კერატინს და ჰაერის ბუშტუკებს. კერატინი გოგირდით (5%) მდიდარი ცილაა და ძლიერ მდგრადია მრავალი ქიმიური აგენტის მიმართ (მჟავა, ტუტე და სხვა). გარემოსთან შეხების გამო ყველაზე ზედაპირული ქერცლები მუდმივად ჩამოიფცქნება და ახლით შეიცვლება. მათი შეცვლა ხდება ბაზალური შრის გამრავლებადი და თანდათანობით დიფერენცირებადი უჯრედების ხარჯზე. ეს მოვლენა ფიზიოლოგიური რეგენერაციის სახელითაა ცნობილი. ადამიანის კანის რქოვანა შრე მთლიანად განახლება 7-11 დღის განმავლობაში. იგი ძლიერ დრეკადია და სითბოს ცუდი გამტარი.

კანი ასეთი აგებულებისაა ხელისა და ფეხის გულებში, სხვა უბნებში ეპიდერმისი მნიშვნელოვნად თხელია, მაგალითად, თავის თმიან ნაწილზე 70-100 მკმ-ს არ აღემატება. მასში არ არის პრიალა, ზოგჯერ კი მარცვლოვანი შრე. რქოვანას შრე კი მხოლოდ 2-3 რიგი გარქოვანებული უჯრედების ქერცლებითაა წარმოდგენილი.

ზოგიერთი გარე თუ შინაგანი ფაქტორის გავლენით ეპიდერმისის ხასიათი შეიძლება შეიცვალოს, მაგალითად, A ავითამინოზის დროს გარქოვანების პროცესი ძლიერდება. ეპიდერმისში მუდმივად მიმდინარე რეგულაციისა და დიფერენცირების პროცესები ხსნის მასში დიდი რაოდენობით ფერმენტების არსებობას. ისინი მონაწილეობს, როგორც ნივთიერებათა ცვლის, ასევე უჯრედების პროლიფერაციის (გამრავლების) პროცესში. ეპიდერმისში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მუკოპოლისაქარიდებს, რომლებიც მაღალი წებოვნების გამო უჯრედშორის სივრცეში ასრულებს მაცუ-

მენტბელი ნივთიერების როლს. ეპიდერმისის ამავე უბნებში გვხვდება ცხიმებიც, რომლებიც მუკოპოლისაქარიდებთან ნაერთებს ქმნიან.

კანი სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებს (სურ. 19). იგი ქმნის საფარველს და ამდენად, ასრულებს **დამცველობით ფუნქციას**, რადგანაც დაზიანებისაგან იცავს მის ქვეშ მდებარე ნაწილებს. ამასთან, კანი არ ატარებს მიკროორგანიზმებს და გახსნილ შხამიან თუ მავნე ნივთიერებებს. კანი მონაწილეობს ორგანიზმში ნივთიერებათა საერთო ცვლაში. რქოვანა შრის ეპითელიუმი მკვრივია და ცუდი სითბოგამტარი, რაც მნიშვნელოვანია მექანიკური ზემოქმედებისას და თერმორეგულაციის პროცესში. კანი მონაწილეობს არა მარტო **სითბოს**, არამედ **წყლის** ცვლის რეგულაციაშიც.



სურ. 19. კანი. 1-ეპიდერმისი; 2-დერმა; 3-ცხიმოვანი უჯრედები; 4-საოფლე ჯირკვალი; 5-სისხლძარღვები; 6-თმის ძირი; 7-თმის ამწევი კუნთი; 8-ცხიმის ჯირკვალი; 9-რეცეპტორი.

კერატინი თითქმის შეუღწევადია წყლისთვის, ამიტომ ორგანიზმი, რომლის შემადგენლობაშიც ბევრი წყალია, ცოცხლობს მშრალ ატმოსფეროში. კერატინის არსებობის

გამო, მტკნარ წყალში ბანაობისას ორგანიზმის ცოცხალი უჯრედები არ ჯირჯვდება, მარილიან წყალში კი არ იჭმუხნება. გარდა ამისა, კერატინი იცავს კანს გამოშრობისაგან, ეპიდერმისი არ არის მთლად გაუმტარი, ზოგი ქიმიური ნივთიერება მისი გავლით შეიწოვება კაპილარებში და ლიმფურ ძარღვებში.

კანიდან დღე-ღამის განმავლობაში საშუალოდ 500 მლ-მდე წყალი გამოიდევნება, რაც ორგანიზმში მთელი მისი რაოდენობის 1%-ია. კანიდან გამოიყოფა აგრეთვე სხვადასხვა მარილი, უმეტესად ქლორიდები, აგრეთვე რძემჟავა და აზოტოვანი ცვლის პროდუქტები. მნიშვნელოვანია კანის როლი სითბოს გაცემის პროცესში. ორგანიზმიდან გაცემული სითბოს 82% კანის ზედაპირზე მოდის (ამ ფუნქციის დარღვევისას, მაგალითად, რეზინის კომბინეზონით დიდხანს მუშაობისას გადახურების გამო შეიძლება ადამიანმა სითბური დაკერა მიიღოს).

მნიშვნელოვანია კანის როლი **ვიტამინების ცვლაში**. კანზე ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით სინთეზირდება D ვიტამინი.

კანის საფარი გარკვეულ თანაფარდობაშია სასქესო ჯირკვლებთან, რის შედეგადაც მეორადი სასქესო ნიშნების უმეტესობა სწორედ კანში წარმოიქმნება.

კანში ხშირი სისხლძარღვოვანი ბადისა და მრავალრიცხოვანი არტერიულ - ვენური ანასტომოზების არსებობა განაპირობებს მის მნიშვნელობას სისხლის მიმოქცევის პროცესში. კანი სისხლის **დეპოს** ფუნქციას ასრულებს ელენთასთან, ღვიძლთან და ფილტვებთან ერთად. ზრდასრული ადამიანის კანის სისხლძარღვებში შეიძლება 1 ლიტრამდე სისხლი იყოს.

კანის საფარი ჭარბი ინერვაციის გამო უდიდესი **რეცეპტორული ველია**, რომელშიც მდებარეობს შეხების, ტემპერატურული, წნევის და ტკივილის შემგრძნობი ნერვული დაბოლოებანი (კანის ზოგიერთ უბანში, მაგალითად, თავისა და ხელის მტკენის 1 სმ² ზედაპირზე 3000-მდე მგრძნობიარე

წერტილია). ასე რომ, კანი დიდ როლს ასრულებს გარემოსადმი ორგანიზმის ადაპტაციაში.

კანის ფერი იცვლება სხვადასხვა პათოლოგიის დროს (ციანოზი, ბრინჯაოს დიაბეტი, სიყვითლე). სხვადასხვა ინფექცია იწვევს გამონაყარს კანზე, არის საკუთრივ კანის ბევრი დაავადებაც.

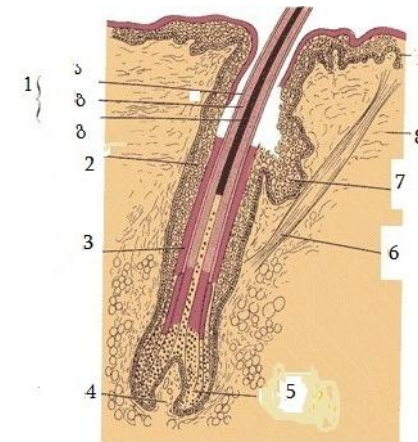
თითის კანზე აღინიშნება ღარები, რომელთა მიერ წარმოქმნილი ნახატი მკაცრად ინდივიდუალურია და შეიძლება გამოდგეს პიროვნების იდენტიფიკაციისათვის. ღარები და ნახატი ფეხისა და ხელის გულზე ჩნდება ემბრიოგენეზის მე-3-4 თვეზე. ამ დროს წარმოქმნილი ნახატი არ იცვლება მთელი სიცოცხლის განმავლობაში და განპირობებულია გენეტიკური ფაქტორებით, მაგალითად, დაუნის დაავადების დროს ეს ნახატი დამახასიათებელ სახესღებულს დაავადებათა 70%-ში, რასაც დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს.

კანის ეპითელური საფარი წარმოიქმნება ექტოდერმიდან.

კანის ეპითელის რქოვანი წარმონაქმნები. კანის ეპითელს ახასიათებს სხვადასხვა სახის რქოვანი წარმონაქმნი: თმა, ფრჩხილები, ქერცლი, ბუმბული, ბრჭყალები, კლანჭები და სხვა. განვიხილოთ ადამიანის თმა და ფრჩხილები.

თ მ ა (სურ. 20) ჩანასახოვანი ცხოვრების მესამე თვეზე ინერგება ეპიდერმული შემსხვილების სახით და შემდეგ ეპიდერმისიდან ღრმა შრეებში ჩაიზრდება. ეს ხდება წარბების, წამწამების, ნიკაპის, ზემო ტუჩის არეში, შემდეგ კი – ყველა უბანში, სადაც თხელი კანია. მე-5-6 თვეზე ნაყოფი იფარება თხელი, ნაზი თმით. მათ პირველადი ღანუგა (ლათ. lanuga – ბუმბული) ეწოდება. ეს ბეწვი ქრება ყველგან, წარბის, წამწამისა და თავის გარდა, სადაც თმა შენარჩუნდება და გაუხეშდება. დანარჩენ უბანში თმა ისევ იზრდება და სხეულს ფარავს ბეწვისებური, ღინღლისებური თმა - ვალუსი (ვალღუს - საწმისი). ჰორმონების გავლენით სქესობრივი მომწიფებისას თმა იზრდება ილღიებში, ბოქვენზე, მამაკაცებში -

სახეზეც. ამ უხეშ თმას მუდმივი ანუ ტერმინალური ეწოდება.



სურ. 20. კანის ეპითელის რქოვანი წარმონაქმნი. 1-თმა: ა) კუტიკულა; ბ) ქერქი; გ) გული; 2-გარეთა ფესვი; 3-შიგნითა ფესვი; 4-შემავრთებელი ქსოვილი; 5-მატრიცა; 6-ამწვევი კუნთი; 7-სანერწყვე ჯირკვალი; 8-ღერმა; 9-ეპიდერმისი.

თმაში არის ორი ტიპის კერატინი: რბილი და მკვრივი. ისინი ჰისტოქიმიურად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ორივე მათგანი თმის ფოლიკულებში გვხვდება. რბილი კერატინი ფარავს მთელ კანს, მყარი კი არის ფრჩხილებში, თმის კუტიკულაში და ქერქოვან ნივთიერებაში (ბუმბულში, რქებში, ბრჭყალებში). მყარი კერატინი წარმოიქმნება ცოცხალი უჯრედების გარქოვანებით. იგი არ ჩამოიფცქნება, ძალზე გამძლეა და ქიმიურად ნაკლებად აქტიური.

თმის ფოლიკული წარმოიქმნება ეპიდერმისის ჩაზრდით ღერმასა და კანქვეშა ქსოვილში. თავდაპირველად თმის ნერგს აქვს წაგრძელებული ეპითელური ცილინდრის სახე, რომელიც სიღრმეში კანის ზედაპირის მიმართ ირიბად ჩაიზრდება. ამ ცილინდრის ქვემო ნაწილში თავს იყრის მეზენქიმა, რომელიც თანდათან შეიჭრება მის ძირში და წარმოქმნის თმის ღერის ნერგს. მას ღერულში ჩაზრდილი სის-

ხლძარღვები კვებას. ჩანახარდის ყველაზე ღრმა ფენა გადაიქცევა ჩანახარდის მატრიცად ანუ თმის ბოლქვად, რომელიც მოთავსებულია თმის შემაერთებელქსოვილოვანი დვრილის ზემოთ. თმის ბოლქვს გარედან აქვს ბუდე, რომელშიც იგივე შრეებია, რაც ეპიდერმისში, რადგან მისი გაგრძელებაა, ამიტომაც ბუდე ეპიდერმისთან დაფარულია რბილი კერატინით, რომელიც ფოლიკულის ყელთან ერთვის კანის კერატინს. მატრიცაში უჯრედები მრავლდება, გამოიდევნება ბუდის არხით ზევით, შორდება დვრილს, რომელიც მათ კვებას და კერატინად გარდაიქმნება. ფოლიკულის იმ ზონას, სადაც კერატინიზაცია ხდება, *კერატოგენური ზონა* ეწოდება.

თმის იმ ნაწილს, რომელიც კანის ზემოთაა, *ღერო* ეწოდება, კანში მდებარე ნაწილს კი – *ფესვი*. ასე რომ, თმის ღერო თანდათან გადადის ფესვში, თმის ფესვი კი – *ბოლქვში*. ბოლქვის მიდამოში განვითარებული თმის ფესვი შედგება ცოცხალი უჯრედებისაგან, რომლებიც შორდება რა ბოლქვს, თანდათან რქოვანდება.

თმის ღერო შექმნილია გარქოვანებული უჯრედებით. მისი ძირითადი მასა ქერქოვანი ნივთიერებაა. იგი შედგება ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული რქოვანი ქერცლები-საგან. ქერცლებში შეიმჩნევა უჯრედთა ბირთვების ნაშთები. თმის ფერის განმსაზღვრებელი პიგმენტი მოთავსებულია, როგორც თვით ქერცლში, ისე მათ შორისაც. ღეროს გარეთა შრეს წარმოადგენს თხელი კუტიკულა. იგი არ შეიცავს არც ბირთვებს და არც პიგმენტებს.

თმის ფესვი მთლიანად მოთავსებულია *თმის ჩანთაში*, რომელიც შექმნილია ეპითელით და შემაერთებული ქსოვილით. ჩანთის ეპითელი კანის ეპითელის გაგრძელებაა. კანის ეპითელი ჩაიზნიჭება სიდრმეში და თმის ფესვს, თითქოს, სარეცელს უქმნის. ბოლქვის ძირში გამრავლების პროცესში მყოფი უჯრედების მთლიანი მასაა, რომლის ხარჯზეც ხდება თმის ზრდა.

თმის მთავარი *პიგმენტია მელანინი*. მელანოციტები განლაგებულია თმის ფოლიკულის მატრიცაში დვრილის მახლობლად. მელანინი ერთვება კერატინში და აძლევს მას ფერს. სიბერეში მელანინის სინთეზის უნარი იკარგება. ამიტომაც თმა ჭაღარავდება. არჩევენ *შავი, ყავისფერი და ყვითელი* ფერის პიგმენტებს. ყვითელ პიგმენტს *ფეომელანინი* ეწოდება.

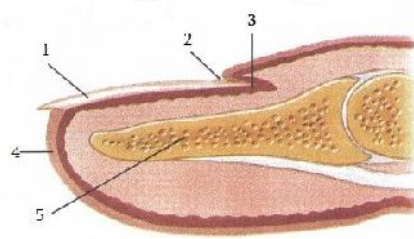
თმის ცენტრში არის ტვინოვანი ნივთიერება, რომელსაც რბილი კერატინი წარმოქმნის. ტვინოვანი ნივთიერება გარემოცულია კუტიკულით და ქერქოვანი ნივთიერებით. კუტიკულა შეიცავს მყარ კერატინს.

ყველა თმას აქვს გლუვკუნთოვანი ბოჭკოების პატარა მარაოების კონა - თმის ამწევი კუნთი.

თმის დარჩენა სავარცხელზე თმის ზრდის ციკლურობაზე მიუთითებს. თმის ფოლიკულები შეიძლება ზრდის ან მოსვენების ფაზაში იყოს, ამიტომაც თმა იზრდება ან აჩერებს ზრდას. შემდეგ თმა წყდება მატრიცას და ფოლიკულაში ზევით მოძრაობს. ბოლოს კი ვარდება. ამის შემდეგ თმის ბუდე ისევ ღრმად იზრდება და წარმოქმნის ახალ ფოლიკულს.

თმის პერიოდული ცვლა, როგორც ჩანს, გამოწვეულია ბოლქვის უჯრედებში ნივთიერებათა ცვლის დარღვევით, რის შედეგადაც ისინი წყვეტს გამრავლებას და განიცდის გარქოვანებას. რედუცირებული ბოლქვი გამოეყოფა გადაგვარებულ დვრილს. ახალი თმა წარმოიქმნება თმის ჩანთის ძირში, იზრდება და განდევნის ძველი თმის ნარჩენებს.

ფ რ ჩ ხ ი ლ ი. ფრჩხილი ეპიდერმისის რქოვანი ნაწილია (სურ. 21). იგი შედგება ფრჩხილის *ფირფიტის*, ფრჩხილის *სარეცელის*, ფრჩხილის *ნაოჭების*, ფრჩხილის *ძირისა* და *მატრიცისაგან*. ფრჩხილის *სარეცელი* წარმოდგენილია შემაერთებული ქსოვილითა და ეპიდერმისის ჩანახარდის შრით. მასზე მოთავსებულია ფრჩხილის *ფირფიტა*, რომელიც



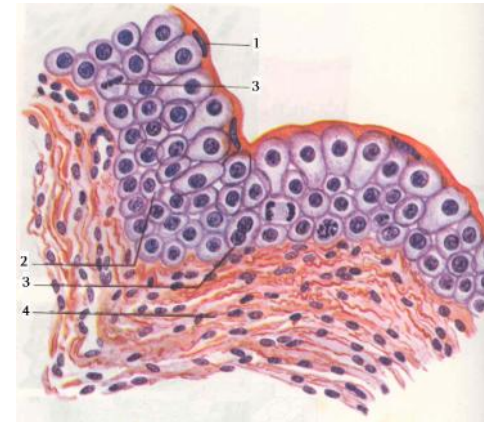
სურ. 21. კანის ეპითელის რქოვანი წარმონაქმნი. ფრჩხილი.
1-ფრჩხილის ფირფიტა; 2-კუტიკულა; 3-ფრჩხილის ძირი; 4-თითის მფარავი კანი; 5-თითის ძვალი (ფალანგი).

წარმოადგენს ფრჩხილის სარეცელის ჩანასახოვანი შრის ეპიდერმისის რქოვან ნაწილს. კანის ეპითელისაგან განსხვავებით, გარქოვანებულ ნაწილსა და ჩანასახოვან ზონას შორის გარდამავალი შრეები არ აღინიშნება. ფრჩხილის სარეცელის კიდეებს ზემოდან ფარავს კანის ნაოჭები – ფრჩხილის *ლილვაკები*. ლილვაკებსა და სარეცელს შორის მოთავსებულია ნაპრაღი, რომელიც განსაკუთრებით ღრმა ფრჩხილის ფესვის მიდამოშია, ანუ ფირფიტის იმ ნაწილში, რომელიც ამ ნაპრაღშია შეჭრილი. სარეცელის ქვეშ დერმა წარმოშობს თხემებს და ღარებს. ფრჩხილის სარეცელის ეპითელის იმ უბანს, რომელიც მოქცეულია ფრჩხილის ფესვის ქვეშ, *მატრიცა* ეწოდება. ამ ნაწილში ეპითელის ყველა შრე აღინიშნება. მატრიცა არის ფესვის ზრდის ადგილი. ფრჩხილის ზრდაში მონაწილეობს ფრჩხილის ძირი, ფრჩხილის ფირფიტის ქვეშ მდებარე კანის ფენა და მასთან შეზღუდული თითის ფალანგის ძვლისხედა. მატრიცაში წარმოიქმნება რქოვანა ნივთიერება. იგი ენაცვლება ფრჩხილის ძველ უბნებს და ფრჩხილს კიდისკენ გასწევს. ფრჩხილის ფირფიტის რქოვანი ნივთიერების განუწყვეტელი წარმოქმნა განაპირობებს ფრჩხილის განახლებას, რაც ადამიანში დაახლოებით 200 დღის განმავლობაში ხდება.

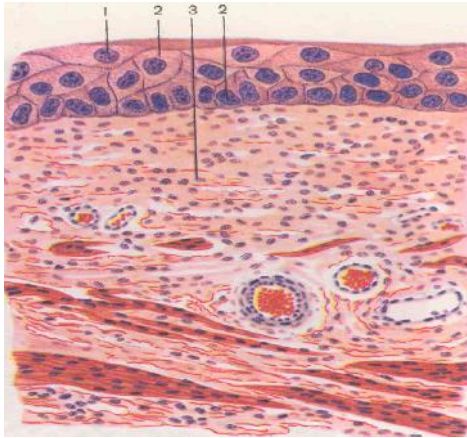
კანში მოთავსებულია ბევრი *ნერვული დაბოლოება*. ისინი ინკაფსულირებულია.

გარდამავალი ეპითელი

გარდამავალი ეპითელი ახასიათებს გამომყოფი სისტემის ორგანოებს, რომელთა კედლები მნიშვნელოვნად იჭიმება მათი ღრუს შარდით შევსების დროს. გარდამავალი ეპითელიუმი ამოფენს თირკმლის მენჯებს, ფიალებს, შარდსაწვეთებს, შარდის ბუშტსა და ნაწილობრივ – შარდის გამომტან არხსაც. მისი ფორმა იცვლება ორგანოს მდგომარეობის მიხედვით – გაჭიმულია თუ არა მისი კედელი (სურ. 22,23). მასში არჩევენ *ბაზალურ* და *მფარავ* შრეებს.



სურ. 22. შარდის ბუშტის გარდამავალი ეპითელი (ორგანოს კედლის ეპითელი გაუჭიმავია). 1-ეპითელის მფარავი შრის უჯრედები კუტიკულით ზედაპირზე; 2-ეპითელის ბაზალური და შუალედური შრეების უჯრედები; 3-უჯრედები ამიტოზისა და მიტოზის სტადიაზე; 4- ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი.



სურ. 23. შარდის ბუშტის გარდამავალი ეპითელი (ორგანოს კედელი გაჭიმულია). 1-ეპითელის მფარავი შრის უჯრედები კუტიკულით ზედაპირზე; 2-ეპითელის ბაზალური და შუალედური შრეების უჯრედები; 3-ბოჭკოვანი შემავრთებელი ქსოვილი სისხლძარღვებით.

ბაზალური შრე შედგება წვრილი, გაბრტყელებული, ინტენსიურად შეღებილი უჯრედებისაგან, რომლებიც ერთმანეთისაგან მკვეთრად გამოყოფილი და უფრო მსხვილი, ნათელი, მრავალკუთხა ან რამდენადმე მრგვალი უჯრედებისაგან.

მფარავი შრე შედგება ძლიერ მსხვილი, გაბრტყელებული უჯრედებისაგან. როცა ორგანოს კედელი ძლიერ გაჭიმულია, გარდამავალ ეპითელიუმში უჯრედების ეს ფენა შედარებით თხელია. ორგანოს კედლის შეკუმშვის დროს მისი სისქე მკვეთრად მატულობს, მაგრამ ბაზალურ მემბრანასთან თხელი ფენით დაკავშირებული რჩება. მფარავი უჯრედები იღებენ მსხლისებურ ფორმას, იკარგება მათი ზუსტი განლაგების რიგი. ამ დროს ეპითელიუმს სქელი ფენის სახე აქვს, რომელშიც ბაზალური შრე მავალრიგოვანი აგებულებისაა.

ეპითელიუმის რეგენერაცია

ეპითელიუმი, როგორც მოსაზღვრე ქსოვილი, გარემოს მუდმივ ზემოქმედებას განიცდის. მისი უჯრედები ნივთიერებათა ცვლის პროცესებში შედარებით ჩქარა ცვლება და კვდება. გამოთვლილია, რომ ჯანმრთელი ადამიანის პირის ღრუს ეპითელიუმის ზედაპირიდან ყოველ 5 წუთში 500 ათასზე მეტი უჯრედი ჩამოიფცქნება. ასეთი ძლიერი დაზიანების საპასუხოდ, ევოლუციის პროცესში მან გამოიმუშავა დამცველობითი რეაქცია – სწრაფი აღდგენის უნარი, რაც ხდება ეპითელიუმის უჯრედების მიტოზური დაყოფით. ერთშრიან ეპითელიუმში უჯრედთა უმრავლესობას აქვს გაყოფის უნარი, მრავალშრიან ეპითელში კი აღდგენა ბაზალური და ნაწილობრივ წვეტიანი უჯრედების ხარჯზე ხდება.

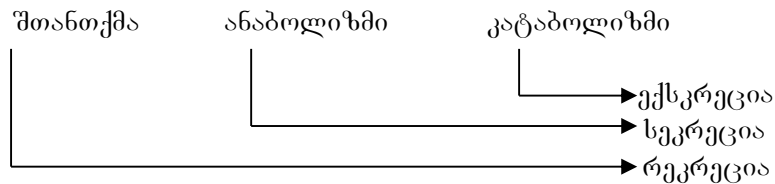
ფიზიოლოგიური რეგენერაციის მაღალი უნარი საფუძვლად უდევს მათ სწრაფ აღდგენას პათოლოგიის შემთხვევაშიც. ეპითელიუმის რეპარაციული რეგენერაცია მიმდინარეობს ჭრილობის კიდეებზე უჯრედების ინტენსიური გამრავლების გზით. გამრავლებადი ახალგაზრდა უჯრედები თანდათან გადაინაცვლებს დეფექტის ადგილას და თხელი ფენით ახდენენ ჭრილობის ეპითელიზაციას. შემდეგში უჯრედების განუწყვეტელი დაყოფის ხარჯზე ეპითელის ფენის სისქე მატულობს, მიმდინარეობს უჯრედთა მომწიფება და დიფერენცირება და ქსოვილიც დამახასიათებელ სახეს იღებს. რეგენერაციის პროცესებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვეშმდებარე შემავრთებელი ქსოვილის მდგომარეობას. ჭრილობის ეპითელიზაცია მიმდინარეობს მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ჭრილობა ამოივსება ახალგაზრდა, სისხლძარღვებით მდიდარი შემავრთებელი ქსოვილით, რომელსაც *გრანულაციური* ქსოვილი ეწოდება.

ჯირკვლოვანი ეპითელი

ჯირკვლების ზოგადი დახასიათება და კლასიფიკაცია

ცხოველმყოფელობის შედეგად უჯრედებიდან გამოიყოფა სამი ტიპის პროდუქტები: **რეკრეტები** – არაორგანული ნივთიერებები, რომლებიც მონაწილეობს უჯრედის მეტაბოლიზმში და მისგან გამოიყოფა იმავე გზით, როგორც მოხედება მასში (მაგალითად, წყალი, იონები); **ექსკრეტები** – დაშლის (კატაბოლიზმის) პროდუქტები, რომლებიც უჯრედიდან გამოიყოფა (ნახშირორჟანგი, რძემჟავა, შარდმჟავა და სხვა); **სეკრეტები** – სპეციფიკური ნივთიერებები, რომლებიც უჯრედში წარმოიქმნება სინთეზის (ანაბოლიზმის) გზით (სქემა 2):

სქემა 2.



სეკრეციის გზით ორგანიზმში სრულდება მრავალი მნიშვნელოვანი ფუნქცია: რბის, ნერწყვის, კუჭისა და ნაწლავის წვენის, ნაღვლის წარმოქმნა, ენდოკრინული (ჰუმორული) რეგულაცია და სხვა.

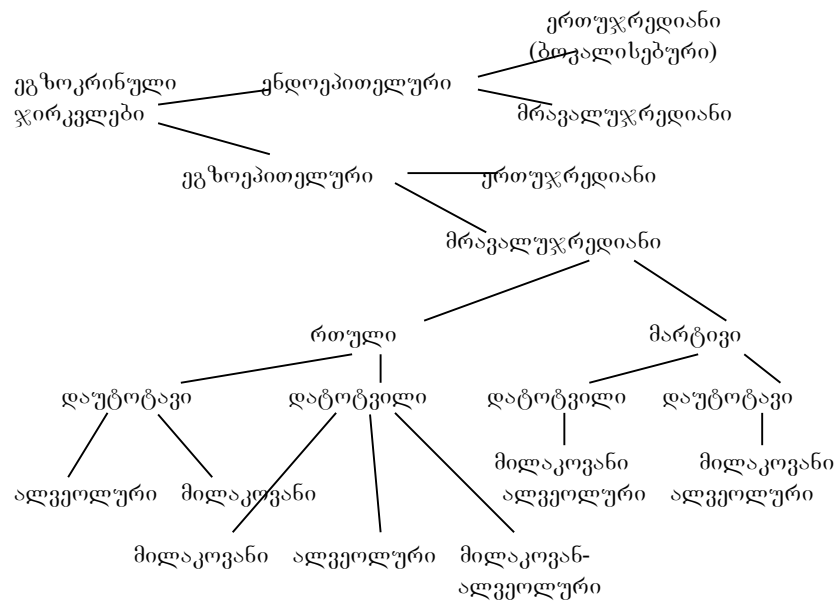
მრავალი ჯირკვალის დამოუკიდებელი, ანატომიურად ჩამოყალიბებული ორგანოა (მაგალითად, კუჭუკანა ჯირკვალი, მსხვილი სანერწყვე ჯირკვლები, ფარისებრი ჯირკვალი და სხვა), ზოგი მხოლოდ ორგანოთა შემადგენლობაშია (მაგალითად, ფუნდუსის ჯირკვლები კუჭის კედლის შემადგენელი ნაწილია). ჯირკვალთა უმეტესობა ეპითელიუმის წარმონაქმნია. მხოლოდ ჯირკვალთა მცირე რიცხვი ვითარდება სხვა

სახის ქსოვილებისაგან (მაგალითად, თირკმელზედა ჯირკვლის ტვინოვანი ნივთიერება და ჰიპოფიზის უკანა წილი დიფერენცირდება, როგორც ნერვული ქსოვილის წარმონაქმნი).

ჯირკვლებს ორ ჯგუფად ყოფენ: **ენდოკრინულ** და **ეგზოკრინულ** ჯირკვლებად. ეგზოკრინული ჯირკვლები გამოყოფს **სეკრეტს**, რაც სხეულის ზედაპირზე ან მის ღრუში ჩაედინება. ენდოკრინული ჯირკვლები კი გამოყოფს **ჰორმონებს**, რომლებიც უშუალოდ სისხლსა და ლიმფაში გადადის. ენდოკრინული ჯირკვლებია: ჰიპოფიზი, ეპიფიზი, ფარისებრი და ფარისებრახლო, მკერდუკანა, თირკმელზედა, კუჭუკანა ჯირკვლის კუნძულოვანი აპარატი და სასქესო ჯირკვლები. ისინი ქმნიან *ენდოკრინულ ანუ ჰუმორულ* (ლათ. humor-სითხე) სისტემას, რომელიც ნერვულ სისტემასთან ერთად და მისი კონტროლით ასრულებს მარეგულირებელ და მაკორდინებელ ფუნქციას.

ეგზოკრინული ჯირკვლები მონაწილეობს იმ ფუნქციებში, რომლებსაც ასრულებს ამ ჯირკვლების შემცველი ორგანოები. მაგალითად, საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ჯირკვლები მონაწილეობს საკვების მონელების პროცესში. კერძოდ, კუჭუკანა ჯირკვლის სეკრეტი მონაწილეობს წვრილ ნაწლავებში ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების გადამუშავებაში. ეგზოკრინული ჯირკვლები მრავალგვარია. ისინი განსხვავდება ერთმანეთისგან განლაგებით, აგებულებით, სეკრეციის ტიპით ანუ სეკრეტის წარმოქმნის უნარით, მისი შემადგენლობით. აღნიშნული ნიშნები საფუძვლად უდევს ეგზოკრინული ჯირკვლების კლასიფიკაციას. აგებულებისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით შემდეგი სახის ეგზოკრინულ ჯირკვლებს გამოყოფენ (სქემა 3):

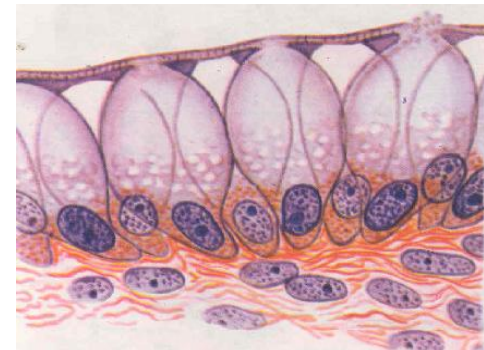
სქემა 3.



ეგზოკრინულ ჯირკვალთა უმრავლესობა მრავალუჯრედიანია. ერთუჯრედიანია ერთადერთი ეგზოკრინული ჯირკვალი – ბოკალისებური უჯრედები (სურ. 24,25). ისინი გამოიშავებენ და ერთშრიანი ეპითელიუმის ზედაპირზე გამოყოფენ ლორწოს, რომელიც მას მექანიკური და ქიმიური დაზიანებისაგან იცავს. ხერხემლიანთა ბოკალისებური უჯრედები ძირითადად სასუნთქ გზებსა და ნაწლავებში მდებარეობს. ამ უჯრედებს აქვთ გაგანიერებული აპიკალური ნაწილი, რომელშიც სეკრეტი გროვდება და წვრილი ბაზალური ნაწილი, რომელიც ბირთვისა და ორგანოიდებს შეიცავს. ისინი ენდოეპითელური ერთუჯრედიანი ჯირკვლებია.



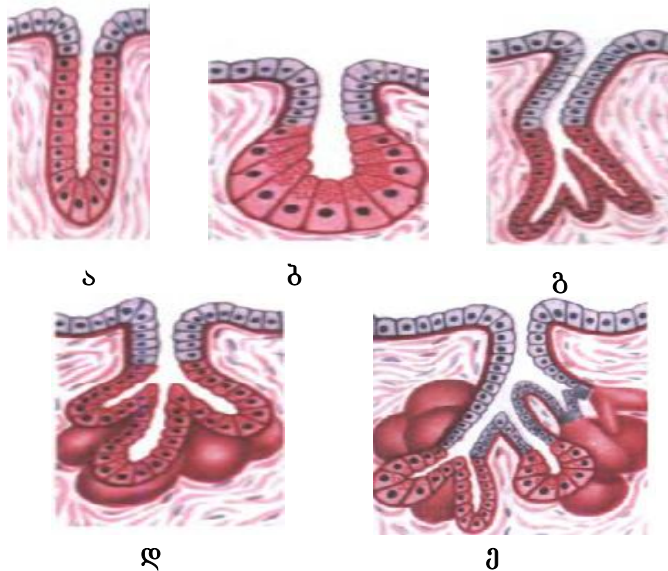
სურ. 24. წვრილი ნაწლავის ბოკალისებური (ფიალისებური) უჯრედები (ერთუჯრედიანი ჯირკვლები). 1-ცილინდრული უჯრედები არშიით; 2-ფიალისებური უჯრედები ლორწოს ჩანართით.



სურ. 25. მსხვილი ნაწლავის ეპითელის ბოკალისებური უჯრედები (ერთუჯრედიანი ჯირკვლები).

ადამიანის ყველა დანარჩენი ეგზოკრინული ჯირკვალი მრავალუჯრედიანი ეგზოეპითელური (განლაგებულია ეპითელური ფენის გარეთ, ქვეშმდებარე ქსოვილებში) წარმონაქმნებია (სურ. 26). მათში არჩევენ ორ ნაწილს: **სეკრეტორულს** ანუ **ტერმინალურსა** და **გამომტან** სადინარს. თუ გამომტანი

სადინარი ძალიან მოკლეა, მას ყელს უწოდებენ. სეკრეტორული ნაწილი შედგება სეკრეტორული ანუ ჯირკვლოვანი უჯრედებისაგან.



სურ. 26. ჯირკვლოვანი ეპითელი (სქემა). ა - მარტივი დაუტოტავი მილაკოვანი; ბ - მარტივი დაუტოტავი ალვეოლური; გ - მარტივი დატოტვილი მილაკოვანი; დ - მარტივი დატოტვილი ალვეოლური; ე - რთული დატოტვილი ალვეოლურ-მილაკოვანი.

ზოგიერთ ჯირკვალში, მრავალშრიანი ეპითელიუმის წარმონაქმნებში სეკრეტორული უჯრედების გარდა გვხვდება ეპითელიური უჯრედები, რომელთაც შეკუმშვის უნარი აქვთ. შეკუმშვისას ისინი აწვებიან სეკრეტორულ ნაწილს და აადვილებენ სეკრეტის გამოყოფას. ამ უჯრედებს **მიოეპითელიური** უწოდებს.

ეგზოკრინული ჯირკვლები ტერმინალური სეკრეტორული ნაწილის ფორმის მიხედვით იყოფა **მილაკოვან, ალვეოლურ** და **მილაკოვან-ალვეოლურ** ჯირკვლებად.

ჯირკვლოვანი უჯრედების (გლანდულოციტების) აგებულება

ეგზოკრინული ჯირკვლების სეკრეტი გამოიყოფა გამომტანი სადინარების საშუალებით, რომელთა უჯრედებს უმრავლეს შემთხვევაში სეკრეტორული უნარი არ ახასიათებთ, მაგრამ ზოგიერთ ჯირკვალში, მაგალითად, სანერწყვე და ოფლის ჯირკვლებში ზოგი ავტორის აზრით, გამომტანი სადინარების უჯრედები შეიძლება მონაწილეობდეს სეკრეციის პროცესებში.

ჯირკვლებში, რომლებიც ვითარდება მრავალშრიანი ეპითელიუმისაგან, გამომტანი სადინარების კედლები მრავალშრიანი ეპითელიუმითაა ამოფენილი, ხოლო ერთშრიანი ეპითელიუმით შექმნილ ჯირკვლებში გამომტანი სადინარებიც ბრტყელი, კუბური ან ცილინდრული ეპითელიუმისაგან შედგება.

გამომტანი სადინარების აგებულების მიხედვით ეგზოკრინული ჯირკვლები იყოფა: **მარტივ** და **რთულ** ჯირკვლებად. მარტივ ჯირკვლებში გამომტანი სადინარი არ იტოტება, იგი მოკლე ან გრძელი მილია, რომლის ბოლოზე მდებარეობს ერთი ან რამდენიმე სეკრეტორული ტერმინალური ნაწილი. თუ გამომტან სადინარში იხსნება მხოლოდ ერთი სეკრეტორული ნაწილი, მაშინ ჯირკვალს დაუტოტავად მიიჩნევენ. მაგალითად, კანის საოფლე ჯირკვალი; ხოლო თუ გამომტან სადინარში რამდენიმე სეკრეტორული ნაწილი იხსნება, ჯირკვალს დატოტვილი ეწოდება. მაგალითად, კუჭის პილორუსის ჯირკვალი.

სეკრეტორული ნაწილების უჯრედები – გლანდულოციტები უმეტესად ერთ შრედაა განლაგებული ბაზალურ მემბრანაზე, თუმცა, შეიძლება რამდენიმე შრედაც იყოს განლაგებული, მაგალითად, ქონის ჯირკვალში. ჯირკვლოვანი უჯ-

რედები სხვადასხვა ფორმისაა. ისინი შეიცავს ბირთვს, ციტოპლაზმასა და გარსს. ბირთვი მსხვილია, ზედაპირზე ჩაღრმავებები აქვს, რაც ბირთვს არასწორ ფორმას აძლევს. ბირთვაკები დიდი ზომისაა. იმ უჯრედებში, სადაც ცილოვანი სეკრეტები (მაგალითად, საჭმლის მომნელებელი ფერმენტები) წარმოიქმნება, განსაკუთრებით კარგადაა განვითარებული გრანულოვანი ენდოპლაზმური ბადე. მათში დიდი რაოდენობითაა რნმ. იქ, სადაც ლიპიდები და სტეროიდები გამოიშვება, კარგადაა განვითარებული აგრანულოვანი ბადე. ფირფიტოვანი კომპლექსი, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული სეკრეციის პროცესებთან, ჯირკვლოვან უჯრედებში კარგადაა განვითარებული. მიტოქონდრიები მრავალრიცხოვანია, ისინი გროვდება სეკრეტის წარმოქმნის ადგილებში.

ციტოპლაზმაში სხვადასხვა სახის სეკრეტებია: ცილოვანი მარცვლები, ცხიმის წვეთები, გლიკოგენის ბელტები და სხვა.

ციტოლემა სხვადასხვა აგებულებისაა უჯრედის გვერდით, ბაზალურ და აპიკალურ ზედაპირზე. გვერდით ზედაპირებზე ის ქმნის დასმოსომებსა და ჩამკეც ფირფიტებს. ხშირად უჯრედების გვერდით ზედაპირებზე გადის უჯრედშორისი სეკრეტორული კაპილარები.

უჯრედის გარსი, რომელიც შემოსაზღვრავს ამ კაპილარების სანათურს, ქმნის მრავალრიცხოვან მიკროხაოს. უჯრედთა აპიკალური ზედაპირი, ჩვეულებრივ, მიკროხაობითაა დაფარული.

მრავალ ჯირკვალში კარგად ჩანს უჯრედთა პოლარული დიფერენცირება. უჯრედთა ბაზალურ ნაწილებში განლაგებულია ბირთვი და ერგასტოპლაზმა. უჯრედული გარსი ქმნის ნაოჭებს. აპიკალურ ნაწილებში უჯრედშიდა ბადისებრი აპარატია, ხოლო უჯრედთა ზედაპირზე – მიკროხაობები.

სეკრეცია

ჯირკვლოვანი უჯრედის პერიოდულ ცვლილებას, რაც სეკრეტის დაგროვებასთან, გამოყოფასთან და აღდგენასთანაა დაკავშირებული მისი შემდგომი სეკრეციისათვის, *სეკრეტორული ციკლი* ეწოდება.

სეკრეცია რთული პროცესია. მასში არჩევენ **ოთხ** ძირითად ფაზას: 1) სეკრეტის წარმოქმნისათვის პროდუქტების შთანთქმას; 2) სეკრეტის სინთეზსა და დაგროვებას; 3) სეკრეტის გამოყოფასა და 4) ჯირკვლოვანი უჯრედების სტრუქტურის აღდგენას.

სეკრეციის *პირველ ფაზაში* სისხლიდან და ლიმფიდან ჯირკვლოვან უჯრედებში ბაზალური მემბრანის გავლით ხვდება არაორგანული ნივთიერებები, წყალი და დაბალმოლეკულური ორგანული ნივთიერებები: ამინომჟავები, მონოსაქარიდები, ცხიმოვანი მჟავები და სხვა. ზოგჯერ პინოციტოზის გზით უჯრედში ხვდება უფრო მსხვილი მოლეკულები, მაგალითად, ცილები. *მეორე ფაზაში* ამ პროდუქტებიდან ჯირკვლოვან უჯრედებში ენდოპლაზმურ ბადეზე სინთეზირდება რთული ორგანული ნაერთები, რომლებიც ენდოპლაზმური ბადის არხებით გადაადგილდება ფირფიტოვანი კომპლექსის (გოლჯის აპარატის) ზონაში, სადაც თანდათან გროვდება, გარდაიქმნება ქიმიურად და ფორმირდება გრანულების სახით. გრანულები მოწყდება და სეკრეტით სავსე მსხვილ ვაკუოლებად იქცევა. ნივთიერებათა გადაადგილებაში და გამოყოფაში დიდ როლს ასრულებს ციტოზონის ელემენტები – მიკრომილაკები და მიკროფილამენტები. სეკრეციის *მესამე ფაზაში* უჯრედებში წარმოქმნილი სეკრეტი გამოიყოფა ჯირკვლის ტერმინალური ნაწილის სანათურში. ჯირკვლების მიერ გამოყოფილი სეკრეტის ხასიათი შეიძლება სხვადასხვანაირი იყოს: ცილოვანი (სეროზულ ჯირკვლებში), ლორწოვანი, ცილოვან-ლორწოვანი (შერეული), ქონის, ნერწყვის, მარილის (ოფლის, საცრემლე ჯირკვლებში) სახით და სხვა. სეკრეციის *მეოთხე ფაზაში* ხდება ჯირკვლოვანი უჯრედების საწყისი ზომებისა და სტრუქტურის

აღდგენა. ჰოლოკრინულ ჯირკვლებში ეს ხდება სპეციალური მცირედდიფერენცირებული უჯრედების ხარჯზე, რომლებიც ინტენსიურად მრავლდება და გარდაიქმნება ჯირკვლოვან უჯრედებად.

სეკრეტორული ციკლის დაყოფა ფაზებად პირობითია, რამდენადაც ისინი ერთმანეთს ემთხვევა. მაგალითად, სეკრეტის სინთეზი და გამოყოფა უწყვეტად ხდება, მაგრამ გამოყოფის ინტენსივობა შეიძლება მატულობდეს ან კლებულობდეს. ამდენად, სეკრეტის გამოყოფა შეიძლება მოხდეს გრანულების სახით ან ლიფუზიის გზით გრანულად გაუფორმებლად ან მთელი ციტოპლაზმის გარდაქმნით სეკრეტად. მაგალითად, კუჭქვეშა ჯირკვლის ჯირკვლოვანი უჯრედების სტიმულაციის დროს მიმდინარეობს მათგან სეკრეტორული გრანულების გამოყოფა. ამის შემდეგ ორი საათის ან მეტი ხნის განმავლობაში სეკრეტი სინთეზირდება უჯრედში გრანულებად გაფორმების გარეშე და გამოიყოფა ლიფუზიის გზით. უჯრედიდან სეკრეტის გამოყოფის მექანიზმი სხვადასხვა ჯირკვალში სხვასხვაგვარია. ამდენად, არჩევნ საში ტიპის სეკრეციას: **მეროკრინულს, აპოკრინულს და ჰოლოკრინულს.**

მეროკრინული სეკრეციის დროს ჯირკვლოვანი უჯრედები მთლიანად ინარჩუნებენ თავის სტრუქტურას და მოცულობას. სეკრეტით სავსე და მემბრანით შემოსაზღვრული ვაკუოლები უახლოვდება უჯრედის გარსს და ემაგრება მას. ამ ადგილას ვაკუოლის კედელსა და უჯრედოვან გარსში იქმნება ნასვრეტი, რომლის საშუალებითაც სეკრეტი უჯრედიდან ჯირკვლის სანათურში გამოდის. შესაძლოა აგრეთვე, რომ ზოგიერთ უჯრედში სეკრეტი გამოიყოს ლიფუზიის გზით, უჯრედის გარსის საშუალებით, მისი მთლიანობის დაურღვევლად. ამდენად, სეკრეტის წარმოქმნის პროცესი თავიდან იწყება. მეროკრინულ ჯირკვლებს მიეკუთვნება ჯირკვალთა უმეტესობა, მათ შორის – კუჭის ძირის ჯირკვლები.

აპოკრინული სეკრეციის დროს ჯირკვლოვანი უჯრედების ნაწილობრივი დაშლა მიმდინარეობს. ამ დროს სეკრეტორულ პროდუქტებთან ერთად გამოიყოფა ჯირკვლოვანი უჯრედების ციტოპლაზმის აპიკალური ნაწილი (მაკროაპოკრინული სეკრეცია) ან მიკროსაოების წვეროები (მიკროაპოკრინული სეკრეცია). ამდენად, ხდება ჯირკვლოვანი უჯრედის ნაწილობრივი დაშლა. სეკრეტწარმოქმნელი პროცესის გამეორებისას უჯრედები ბრტყელდება და დროებით წყდება მათი სეკრეტწარმოქმნელი მოქმედება. ამ ტიპს მიეკუთვნება სანერწყვე ჯირკვლები და საოფლე ჯირკვლების ნაწილი.

ჰოლოკრინული სეკრეციის შემთხვევაში ჯირკვლოვანი უჯრედები მთლიანად იშლება. დაშლილი უჯრედები და მათში სინთეზირებული ნივთიერებანი ამ ჯირკვლების სეკრეტია. ჰოლოკრინულ ჯირკვლებში დაგროვილი სეკრეტი ავსებს მთელ უჯრედს. ბირთვი და ციტოპლაზმა იშლება და შედის სეკრეტის შემადგენლობაში. დაშლის პროცესი მოიცავს მხოლოდ ზედაპირულ უჯრედებს. მათ ენაცვლება უფრო ღრმა შრეების ახალი უჯრედები, რამდენადაც, შემავრთებელი ქსოვილის მახლობლად ეპითელს შენარჩუნებული აქვს ნაკლებად დიფერენცირებული ელემენტები.

ამრიგად, თუ მეროკრინულ და აპოკრინულ ჯირკვლებში სეკრეტორული ციკლი მრავალჯერ მეორდება, ჰოლოკრინული ჯირკვლის უჯრედის სეკრეცია მხოლოდ ერთხელ ხდება. ადამიანში ჰოლოკრინულია ცხიმოვანი ჯირკვლები. დაბოლოს, არსებობს ჯირკვლები, რომლებშიც სეკრეტის გამოყოფა ორი ტიპის მიხედვით ხდება – აპოკრინულითა და მეროკრინულით, მაგალითად, სარძევე ჯირკვლები.

ზოგიერთ ჯირკვალში, მაგალითად, სანერწყვეში, სეკრეტორულ უჯრედებთან ერთად გვხვდება შეკუმშვის უნარის მქონე ეპითელური უჯრედები – *მიოეპითელური* უჯრედები. მათ ციტოპლაზმაში არის მიკროფილამენტები, რომლებიც შეკუმშვაზე ცილებს შეიცავს. შეკუმშვისას ისინი აწვებიან ტერმინალურ ნაწილს და აადვილებენ სეკრეტის გამოყოფას.

სეკრეციის რეგულაცია ხდება ნერვული და ჰუმორული მექანიზმებით. ჯირკვლოვან უჯრედებში აქტიურდება ფერმენტული სისტემები და მეტაბოლიზმი, მიკრომილაკების აწყობა და მიკროფილამენტების შეკუმშვა, რომლებიც სეკრეტის შიდაუჯრედულ ტრანსპორტსა და გამოყოფაში მონაწილეობს.

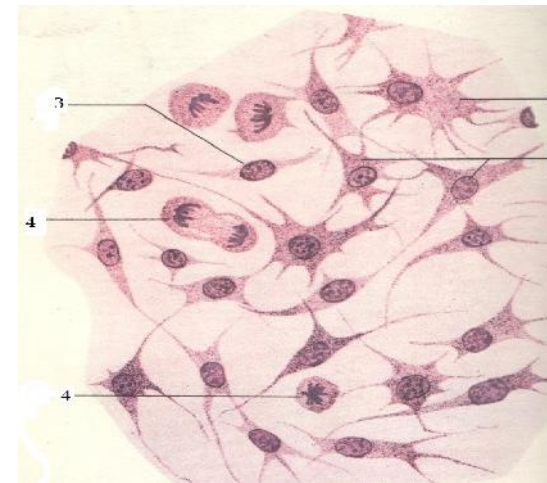
სეკრეტორულ მოქმედებასთან დაკავშირებით ჯირკვლებში ხდება ფიზიოლოგიური რეგენერაცია. მეროკრინულ და აპოკრინულ ჯირკვლებში, რომლებშიც არის ხანდაზმული უჯრედები, გლანდულოციტების საწყისი მდგომარეობის აღდგენა ხდება მათგან სეკრეტის გამოყოფის შემდეგ შიდაუჯრედული რეგენერაციის, ზოგჯერ კი გამრავლების გზით. ჰოლოკრინულ ჯირკვლებში აღდგენა ხდება სპეციალური ღეროვანი უჯრედების გამრავლების ხარჯზე. მათგან ახლადწარმოქმნილი უჯრედები დიფერენცირების გზით გარდაიქმნება ჯირკვლოვან უჯრედებად (უჯრედული რეგენერაცია).

ასაკთან დაკავშირებით, შეიძლება მოხდეს სეკრეტორული უჯრედების სეკრეტორული აქტივობის დაქვეითება და გამომუშავებული სეკრეტის შედგენილობის ცვლილება, აგრეთვე, რეგენერაციული აქტივობის შენელება შემაერთებელი ქსოვილის ნაწილის გაზრდით.

მეზენქიმა და მისი წარმონაქმნები

მეზენქიმა, ანუ ემბრიონული შემაერთებელი ქსოვილი წარმოიქმნება ჩანასახის განვითარების ადრეულ სტადიებზე. ის ავსებს ჩანასახოვან ფურცლებს შორის შუალედებს და ორგანიზმის მრავალი ქსოვილის განვითარების წყაროა.

მეზენქიმური უჯრედები (mezenchymocyti) თითისტარისებური ან ვარსკვლავისებური ფორმისაა. ისინი ერთმანეთს მორჩებით უკავშირდება და ბადისებურ საფუძველს ქმნის (სურ. 27). მის მარყუქებში განლაგებულია უჯრედშორისი ნივთიერება – თხევადი ან ნახევრად თხევადი ლაბისებური მასა.



სურ. 27. წიწილის ჩანასახის მეზენქიმა. 1-3 – მეზენქიმური უჯრედები; 4 – მიტოზური დაყოფა მეზენქიმურ უჯრედებში.

მეზენქიმიდან ვითარდება ქსოვილთა დიდი ჯგუფი: სისხლი, ლიმფა, საკუთრივ შემაერთებელი, ხრტილოვანი, ძვლოვანი ქსოვილები, აგრეთვე გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი. გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის გარდა, ყველა ამ ქსოვილს

სისხლი (Sanguis, Haema)

საყრდენ-ტროფიკულ ქსოვილებს უწოდებენ. შემაერთებელი ქსოვილის ყველა სახესხვაობა შედგება უჯრედებისა და უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან, რომელიც რაოდენობით ჭარბობს უჯრედებს. ამ ქსოვილების ფუნქციები მნიშვნელოვნადაა განპირობებული უჯრედშორისი ნივთიერების ქიმიურ-ფიზიკური თვისებებით. მაგალითად, თხიერი უჯრედშორისი ნივთიერების მქონე ქსოვილთა (**სისხლი, ლიმფა**) ძირითადი ფუნქციები **ტროფიკული** და **დამცველობითია**. ნახევრად თხიერი კონსისტენციის უჯრედშორისი ნივთიერების მქონე ქსოვილებში (**საკუთრივ შემაერთებელი ქსოვილი**) **ტროფიკულ** და **დამცველობით** ფუნქციებთან (ფაგოციტოზი, იმუნურ სხეულთა წარმოქმნა და სხვა) ერთად ვითარდება **მექანიკური, საყრდენი** ფუნქციაც. ქსოვილები უფრო მკვრივი უჯრედშორისი ნივთიერებებითა (**ხრტილოვანი ქსოვილი**) და მკვრივი მინერალიზებული ნივთიერებით (**ძვლოვანი ქსოვილი**), უპირველეს ყოვლისა, ახორციელებს **მექანიკურ** (საყრდენ) და **დამცველობით ფუნქციებს**, ტროფიკული ფუნქცია კი მათში სუსტადაა გამოხატული. უჯრედშორისი ნივთიერების გამკვრივების დონის შესაბამისად შეზღუდულია უჯრედების მოძრაობა მათ სრულ უძრაობამდე კი (ხრტილოვან და ძვლოვან ქსოვილებში).

მეზენქიმურ ქსოვილთა ყველა სახესხვაობას **მაღალი რეგენერაციული აქტივობა და პლასტიკურობა** – ცვალებად პირობებთან სწრაფი ადაპტაციის უნარი ახასიათებს.

სისხლი, როგორც ქსოვილი, შედგება თხიერი შუალედური ნივთიერების – პლაზმისა და მასში თავისუფლად შეწონილი ფორმიანი ელემენტებისაგან – სისხლის უჯრედებისაგან: ერითროციტებისაგან, ლეიკოციტებისა და სისხლის ფირფიტებისაგან – თრომბოციტებისაგან (სურ. 28; დანართი). სისხლის წითელი ფერი განპირობებულია ერითროციტების შემადგენლობაში არსებული ჰემოგლობინით. სისხლის უჯრედების ცენტრიფუგირების გზით გამოყოფისას რჩება თხიერი, გამჭვირვალე პლაზმა, რომელიც მოცულობით მთელი სისხლის 55-56%-ს, ხოლო ფორმიანი ელემენტები – 40-45%-ს შეადგენს. სისხლის საერთო რაოდენობა სრულწლოვანი ადამიანის სხეულში 4-5 ლიტრს შეადგენს, რაც საშუალოდ მთელი სხეულის წონის 7-9%-ია (70კგ წონის ადამიანის სხეული 5-5,5 ლ სისხლს შეიცავს).

სისხლის ფუნქციები. სისხლი ასრულებს სხვადასხვა მნიშვნელოვან ფუნქციას:

1. **სუნთქვითი** – აირთა ცვლის – ფილტვებიდან ქსოვილებში ჟანგბადის გადატანა და ნახშირორჟანგის გამოყოფა;
2. **ტროფიკული** – საკვები ნივთიერების გადატანა ორგანიზმში;
3. **კომუნიკაციური** – ნივთიერებათა ტრანსპორტი;
4. **რეგულაციური** – ქიმიური სასიგნალო მოლეკულები-სა და ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გადატანა სამიზნე ორგანოებამდე;
5. **დამცველობითი** – გამოიმუშავებს ანტისხეულებს და ახორციელებს იმუნურ ფუნქციას, ახორციელებს ფაგოციტოზს, უზრუნველყოფს სისხლის შედგენას და სხვა;
6. **გამოყოფის** – ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტების გამოყოფა;
7. **ჰუმორული** (ლათ. humor-სითხე) - სხვადასხვა სისტემის ფიზიოლოგიური ცხოველმყოფელობის რეგულაცია;

8. ჰომეოსტაზის – წყლის, მარილების, ტუტე-მჟავური წონასწორობის;

9. სისხლის ტემპერატურის რეგულაცია.

სისხლი ლიმფასთან და ქსოვილურ სითხესთან ერთად ქმნის შიგა გარემოს, რომელიც უზრუნველყოფს ოპტიმალურ პირობებს ორგანიზმის ცხოველმყოფელობისათვის.

სისხლი ხასიათდება საკმაოდ მაღალი სიბლანტიით. სისხლის წნევა ძირითადად NaCl-ისა და რიგი დაბალმოლეკულური ნივთიერებების რაოდენობრივი შემცველობითაა განპირობებული. ვინაიდან სისხლის ქიმიური შედგენილობა ნორმაში სტაბილურია, პათოლოგიების დროს ბიოქიმიური ანალიზებით გამოვლენილი ცვლილებები გამოიყენება დაავადებათა დიაგნოსტიკისათვის.

სისხლი შედგება როგორც ორგანული, ისე არაორგანული ნივთიერებებისაგან. ორგანული ნაერთების სახით წარმოდგენილია ცილები, ნახშირწყლები, ნეიტრალური ცხიმები, ორგანული მჟავები, ამინომჟავები, არაცილოვანი აზოტოვანი ნივთიერებები და სხვა; არაორგანული ნივთიერებების სახით კი – სხვადასხვა არაორგანული მჟავის მარილები და შესაბამისი ფუძეები. სისხლის პლაზმა და ფორმიანი ელემენტები მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან ქიმიური შედგენილობით.

სისხლის პლაზმა

სისხლის პლაზმა თხიერი კონსისტენციის უჯრედშორისი ნივთიერებაა (სურ. 29; დანართი). იგი შეიცავს 90-93% წყალს და 7-10% მშრალ ნივთიერებას. აქედან 6,6-8,5% ცილებია, ხოლო 1,5-3,5% – სხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები (ცხიმები, გლუკოზა, ჰორმონები, ფერმენტები, მინერალური ნივთიერებები, დაშლის პროდუქტები).

სისხლის პლაზმა შეიცავს: ცილებს, ცხიმებს, ნახშირწყლებს და სხვა ორგანულ ნაერთებს, აგრეთვე ნივთიერება-

თა ცვლის საბოლოო პროდუქტებს: შარდოვანას, შარდის მჟავას, კრეატინინს, ბილირუბინს და სხვას, რომლებიც სისხლში ქსოვილებიდან გადადის და სისხლის ნაკადით ალწვეს თირკმლებსა და ნაწილობრივ კანში.

პლაზმაში შედარებით ჭარბადაა ნატრიუმის, ქლორის იონები და ბიკარბონატები. სისხლის პლაზმასთან შედარებით ერთროციტების პლაზმაში Na^+ -ის რაოდენობა 8-ჯერ მეტია და მნიშვნელოვნად იცვლება სხვადასხვა პათოლოგიის დროს. მაგალითად, ჰიპერნატრიემიისას, მაგალითად, გულის უკმარისობის დროს Na^+ -ის რაოდენობა მატულობს, ორგანიზმის დეჰიდრატაციისას კი პირიქით, Na^+ -ის რაოდენობა პლაზმაში მნიშვნელოვნად მცირდება (ჰიპონატრიემია).

Na^+ -ისაგან განსხვავებით, პლაზმაში K^+ -ის რაოდენობა დაახლოებით 5-ჯერ ნაკლებია, ერთროციტებში კი პირიქით, 20-ჯერ მეტი. პლაზმაში K^+ -ის რაოდენობა მატულობს თირკმლის მწვავე უკმარისობის. თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის ჰიპოფუნქციისა და ალდოსტერონის უკმარისობისას (ჰიპერკალიემია). ალდოსტერონის გაძლიერებული სეკრეციის პირობებში, როცა გულის მუშაობა საგრძნობლად ირღვევა, პლაზმაში K^+ -ის რაოდენობა მცირდება (ჰიპოკალიემია).

Ca^{2+} წარმოდგენილია ორი ძირითადი ფორმით: მემბრანაში შედარებით ადვილად განვლადი, იონური და პრაქტიკულად განუვლადი, ალბუმინთან დაკავშირებული არაიონური სახით. პლაზმაში Ca^{2+} -ის იონების რაოდენობრივი განაწილება რეგულირდება ძვლებით (Ca^{2+} -ის იონების რეზერვუარი), თირკმლებით, ნაწლავებით, ჰორმონებით (პარათჰორმონი, კალციტონინი), რომელთა სეკრეცია პლაზმაში Ca^{2+} -ისა და 1,25- დიოქსიქოლექკალციფეროლის (ვიტამინი D3) თანაობაზეა დამოკიდებული.

პლაზმაში Ca^{2+} -ის რაოდენობის შემცირება (ჰიპოკალციემია) გამოვლენილი იქნა ჰიპოპარათირეოზის, მექანიკური სიყვითლის, ფარისებრახლო ჯირკვლის ფუნქციის დარღვე-

ვისას, რასაც ხშირად თან სდევს ძლიერი ტეტანური კრუნ-
ჩხვები.

Mg²⁺-ის რაოდენობივი შემცველობა სისხლის პლაზმაში
სისხლის დაკარგვის დროსაც კი გამოირჩევა მაღალი სტაბი-
ლურობით.

P სისხლში სამი ფორმითაა: მუავაში ხსნადი, ორგანულ
ნაერთებთან დაკავშირებული და არაორგანული. დიაგნოს-
ტიკის მიზნით პლაზმაში ძირითადად არაორგანულ ფოს-
ფორს საზღვრავენ.

Fe³⁺ ლორწოვანი გარსის უკჯრედებში უკავშირდება ცი-
ლა აპოფერტინს და წარმოიქმნება სამარაგო მეტალოპრო-
ტეინი *ფერიტინი*. რკინა ფერიტინის სახით დეპონირებულია
ძვლის ტვინში, ღვიძლსა და ელენთაში. სისხლში Fe³⁺ ცილა
ტრანსფერინის სახითაა.

სისხლში მინერალური ნივთიერებებიდან საყურადღებოა,
აგრეთვე, მიკროელემენტები (იოდი, სპილენძი, თუთია, კო-
ბალტი და სელენი), რომლებიც ძირითადად სისხლის ცი-
ლებთანაა დაკავშირებული.

აზოტის შემცველი არაცილოვანი ნივთიერებებიდან სის-
ხლის პლაზმაში არის შარდოვანა, ამინომჟავები, შარდის
მჟავა, კრეატინი, კრეატინინი, ამიაკი და სხვა. სისხლის
პლაზმაში ბუნებრივი ცილის შემადგენელი ყველა ამინომჟა-
ვაა წარმოდგენილი. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა
გლუტამინი, ალანინი, ვალინი, ლიზინი, ლეიცინი.

სისხლის პლაზმის ცილებს მიეკუთვნება: ალბუმინები,
გლობულინები და ფიბრინოგენი, რომელთა შედგენილობა
სისხლში მუდმივია. პლაზმის ცილები სინთეზირდება რო-
გორც ღვიძლში, ისე რეტიკულოენდოთელურ სისტემაში.

სისხლის ალბუმინი წყალში ხსნადი ცილაა, სინთეზირ-
დება სისხლში. მისი უშუალო მონაწილეობით რეგულირდე-
ბა: ოსმოსური წნევა, წყლისა და სამკურნალო ნივთიერება-
თა ტრანსპორტი. იგი აქტიურად იკავშირებს დადებითად და-
მუხტულ იონებს (ნატრიუმი, კალციუმი) და დაბალმოლეკუ-

ლურ ორგანულ ნაერთებს (ქოლესტეროლი, ნაღვლის პრიგ-
მენტები და სხვა).

სისხლის პლაზმაში იდენტიფიცირებულია ალბუმინის
20-მდე იზოფორმა. ერთ-ერთი მათგანია პრეალბუმინი, რომე-
ლიც ღვიძლში სინთეზირდება და უკავშირდება ჰემს, ჰემოგ-
ლობინს, მიოგლობინს, კატალაზას და გადააქვს ისინი ღვიძ-
ლის რეტიკულურ-ენდოთელური სისტემის უჯრედებში.

აღსანიშნავია გამა-გლობულინები, ანუ იმუნოგლობული-
ნები, რომლებიც ანტისხეულებია და მნიშვნელოვანია ორგა-
ნიზმის იმუნური სისტემის ფუნქციონირებაში.

პლაზმაში ფართოდაა წარმოდგენილი ენზიმები.

სისხლის ცილებს შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვა-
ნია ფიბრინოგენი, რომელიც განაპირობებს პლაზმის შედე-
დების უნარს. სისხლძარღვის დაზიანებისას ხსნადი ფიბრი-
ნოგენი იქცევა უხსნად ფიბრინად, პროცესს წინ უსწრებს
აქტიური პროთრომბინაზური კომპლექსის წარმოქმნა, რომე-
ლიც აკატალიზებს პროთრომბინიდან თრომბინის წარმოქ-
მნას, რაც შედეგად ული კოლტების წარმოიქმნას განაპირო-
ბებს. ეს გარდაქმნები ხორციელდება -ის იონებისა და
ცილოვანი ნივთიერების – **თრომბინის** მონაწილეობით, რო-
მელიც ფერმენტის როლს ასრულებს. თრომბინი მოციროკუ-
ლირე სისხლში არ არის. იქ არის ნივთიერება თრომბოგენი,
რომელიც ფერმენტ თრომბოკინაზას გავლენით იქცევა
თრომბინად. წარმოშობილი ფიბრინის კოლტი ახშობს დაზი-
ანებულ სისხლძარღვს და სისხლდენა წყდება.

სისხლის შედედების უნარის დაკარგვისას ვითარდე-
ბა მძიმე დაავადება – **ჰემოფილია**, რომლის დროსაც უმნიშ-
ვნელო ჭრილობაც კი საშიშია.

სისხლის ფორმიანი ელემენტები

უჯრედების სახით სისხლში წარმოდგენილია ფორმიანი
ელემენტები – სისხლის წითელი უჯრედები ანუ ერითროცი-

ტები, სისხლის თეთრი უჯრედები – ლეიკოციტები და სისხლის ფირფიტები – თრომბოციტები.

ერთროციტები

ადამიანისა და ძუძუმწოვრების სისხლის წითელი ბურთულები, ანუ ერთროციტები მაღალდიფერენცირებული, უბირთვო, უმოდრაო უჯრედებია (სურ. 30; დანართი). დაბალგანვითარებულ ხერხემლიანებში და ფრინველებში ბირთვს ზრდასრულ მდგომარეობაშიც შეიცავენ (სურ. 31; დანართი), მაგრამ მათ დაყოფის უნარი მაინც დაკარგული აქვთ.

ჯანმრთელი ზრდასრული მამაკაცის 1 მმ³ სისხლში 5-5,5 მლნ-დან, ხოლო ქალებში 4,5-5 მლნ-მდეა. რიცხვი ცვალებადია კლიმატური პირობების, ასაკისა და ორგანიზმის ფიზიკური მდგომარეობის შესაბამისად.

კუნთების მუშაობის დროს, გაუხშობელი ატმოსფეროსა და ზოგიერთი ფიზიოლოგიური თუ პათოლოგიური მდგომარეობის შემთხვევაში ერთროციტების რაოდენობა სისხლში მატულობს.

ზოგიერთი ორგანო (ელენთა, ღვიძლი, კანი) ასრულებს სისხლის დეპოს როლს, რომელშიც შეკავებულია სისხლის ფორმიანი ელემენტები, შემდეგ კი ისინი კვლავ სისხლში გადადიან. ერთროციტების რიცხვის მდგრადი შემცირება – **ერთროპენია** ან მათი რიცხვის მომატება – **ერთროციტოზი** აღინიშნება სისხლის სისტემის პათოლოგიური ცვლილებების, სისხლმბადი ორგანოების ზოგიერთი დაავადების დროს.

ადამიანისა და თითქმის ყველა ძუძუმწოვრის ერთროციტი ორმხრივ ჩაზნექილი დისკოს ფორმისაა (გამონაკლისია აქლემი და ლამა) შეწონილ მდგომარეობაში (სისხლის ნაკადში), სისხლის ნაცხებში კი ისინი გაბრტყელებულია მინაზე და სწორი მომრგვალო ფორმის დისკოებს ქმნის. უმდაბლეს ხერხემლიანებში ერთროციტებს ოვალური ფორმა აქვს. ზოგში ორმხრივამოზნექილია. ადამიანის ერთროციტების დიამეტრი 7,2-8,5 მკ-ია (სპილოს ერთროციტის დიამეტრი 8-10 მკ). ასეთი ზომის ერთროციტების რაოდენობა ნორ-

მალურ სისხლში 75%-მდეა (მათ **ნორმოციტებს** უწოდებენ), 12,5%- დიდი ზომისაა - 8,5 მკ-ზე მეტი – მათ **მაკროციტებს** უწოდებენ, შეიძლება იყოს 6 მკ დიამეტრის და ნაკლები ზომისაც, ესენი **მიკროციტებია**. ზოგიერთი პათოლოგიური მდგომარეობის შემთხვევაში ერთროციტების სიდიდის ცვალებადობა უფრო მნიშვნელოვანია. ამ მოვლენას **ანიზოციტოზი** ეწოდება. ერთროციტების საერთო ზედაპირი საშუალოდ 3500-3700 მ² -ია.

ერთროციტები დაფარულია თხელი გარსით – ციტოლემით, რომელსაც ამორჩევითი გამტარებლობის უნარი აქვს. მას ელემენტარული ლიპოპროტეინული მემბრანის სახე აქვს. მისი საშუალებით მიმდინარეობს აირთა ცვლა ერთროციტსა და გარემოს შორის.

ერთროციტების ზედაპირზე აღინიშნება მემკვიდრეობით თანდაყოლილი ანტიგენები (აგლუტინოგენი), სისხლის შრატში კი – ანტისხეულები **K** (აგლუტინინი), რომელთა ცოდნასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სხვადასხვა სისხლის ჯგუფის მქონე ადამიანებს შორის სისხლის გადასხმისას. ამ დროს აუცილებლად გასათვალისწინებელია აგრეთვე რეზუს-ფაქტორიც (**Rh**). **Rh** ტიპის უცხო ანტიგენი (ანტიგენი **DD**) – აგლუტინოგენი აღმოჩნდა სისხლის წითელ უჯრედებზე.

ერთროციტები მგრძობიარეა ხსნარის კონცენტრაციის მიმართ. იზოტონურ ხსნარებში (ადამიანში – სუფრის მარილის 0,9%-იანი ხსნარის შესაბამისი) ისინი უცვლელია. ჰიპოტონურ (ნაკლები კონცენტრაციის) ხსნარში ისინი იბერება წყლით, ჯირჯვდება და სკდება, ჰემოგლობინი გამოდის პლაზმაში. ამ მოვლენას **ჰემოლიზი** ეწოდება. ჰემოლიზის იწვევს აგრეთვე **ჰემოლიზინები**, მაგალითად, ფენილჰიდრაზინის შეყვანა, ქლოროფორმი, სპირტი, გაყინვა და მერე სწრაფი გადნობა და ა.შ. ჰიპერტონულ (უფრო მაღალი კონცენტრაციის) ხსნარებში კი ერთროციტები გასცემს წყალს და იჭმუხნება.

ახალ სისხლში ცალკეული ერთროციტი მოყვითალოა. ერთროციტები სისხლს წითელ ფერს აძლევს. შეფერვა და-მოკიდებულია პიგმენტ **ჰემოგლობინის** შემცველობაზე. ერთროციტი 60%-მდე წყალს და 40% მშრალ ნივთიერებას შეიცავს. მშრალი ნივთიერების 95%-მდე ჰემოგლობინია. იგი სასუნთქი პიგმენტია და ქრომოპროტეინების ჯგუფის რთულ ცილას წარმოადგენს (ცილოვანი ნაწილი გლობინია, არაცილოვანი – პროსთეტული ჯგუფის – ჰემინის წარმომადგენელი – ჰემი). ერთი ერთროციტი შეიცავს 280 მოლეკულა ჰემოგლობინს, რაც შესაბამისად, ტოლია 14–16 მგ-სა 100 მლ სისხლში. ჰემოგლობინისაგან თავისუფალ პროტოპლაზმას **ერთროციტების სტრომა** ეწოდება.

ერთროციტების წარმოქმნა (ერთროპოეზი) ხდება ძვლის ტვინში. მისი სინთეზი აქტივდება გლიკოპროტეინ ერთროპოეტინით. ერთროპოეზის ადრეულ ეტაპებზე ერთროპოეტინი ააქტივებს უჯრედების დიფერენციაციას, მათ მომწიფებას და პროლიფერაციას.

ერთროციტებში ჰემოგლობინის შემცველობა განაპირობებს მათ ოქსიფილიას. მჟავა ან ფუძე-საღებავებით შეღებვისას ახალგაზრდა ერთროციტების ანუ **რეტიკულოციტების** ელექტრონულ-მიკროსკოპულმა გამოკვლევამ ცხადყო, რომ ციტოპლაზმა შეიცავს ბაზოფილურ ციტოპლაზმას, ენდოპლაზმურ ბადეს რიბოსომებით და მიტოქონდრიებს. ამავე სტადიაზე უჯრედში ჭარბადაა ცილა გლობინის ი-რნმ. უჯრედის მომწიფების პარალელურად ბირთვის ზომა თანდათან მცირდება, კარგავს ბირთვაკს და განიდევნება უჯრედიდან.

ზრდასრულ ერთროციტში არ არის მიტოქონდრია, ბირთვი, ქრომატინი და რიბოსომები. ერთროციტების სიცოცხლის მანძილზე მათში ფუნქციონირებს მხოლოდ ის ცილები, რომელთა სინთეზი განვითარების ადრეულ სტადიაზე მოხდა. მომწიფებულ ერთროციტებს ახასიათებს გამარტივებული მეტაბოლიზმი.

ერთროციტებისა და ჰემოგლობინის კატაბოლიზმი ხდება ღვიძლში, ელენთასა და ძვლის ტვინში. დღე-ღამეში დაახლოებით 8-9 გრამი ჰემოგლობინი იშლება. ჰემოგლობინის დაშლის შედეგად განთავისუფლებული ჰემის გარკვეული ნაწილი ნაღვლი პიგმენტებად გარდაიქმნება, ნაწილი კი კვლავ გამოიყენება. ემის სინთეზი მიმდინარეობს მიტოქონდრიაში.

პერიფერიულ სისხლში დიდი რაოდენობით რეტიკულოციტების გამოჩენა ფიზიოლოგიური რეგენერაციის გაძლიერების ნიშანია, რასაც დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს.

ერთროციტების ძირითადი **ფუნქცია სუნთქვითია**. იგი მონაწილეობს გაზთა ცვლაში ორგანიზმსა და გარემოს შორის, რაც ჰემოგლობინით ხორციელდება.

ერთროციტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა 110–120 დღეა (ყოველდღიურად ადამიანის ორგანიზმში ერთროციტების დაახლოებით 1/100 ნაწილი იშლება).

ლეიკოციტები

ხერხემლიანთა და ადამიანის ლეიკოციტები ანუ თეთრი უჯრედები მორფოლოგიური და ბიოლოგიური როლით სხვადასხვაგვარია. მათ ციტოპლაზმაში სპეციალური მარცვლების არსებობის მიხედვით ისინი იყოფა ორ დიდ ჯგუფად: **მარცვლოვანი ლეიკოციტები ანუ გრანულოციტები და უმარცვლო ლეიკოციტები ანუ აგრანულოციტები**.

რომანოვსკის მეთოდით შერეული მჟავა (ეოზინიანი) და ფუძე (აზური) საღებავებით შეღებვისას ზოგიერთ ლეიკოციტში შეინიშნება ნათესაობა მჟავა საღებავებთან, მათ **ეოზინოფილები** ეწოდება, ზოგში კი – ფუძე-საღებავებთან, ეს **ბაზოფილებია**, ზოგ ლეიკოციტში მარცვლოვნება ნათესაობას ავლენს, როგორც მჟავა, ასევე ფუძე-საღებავებთან, ესენი **ნეიტროფილებია**. აღნიშნული ლეიკოციტები გრანულოციტებს მიეკუთვნება. რაც შეეხება აგრანულოციტებს, მათ ყოფენ **ლიმფოციტებად და მონოციტებად**. ასეთი დაყოფა განპირობებულია მათი განსხვავებული სიდიდით, ბირთვისა და

ციტოპლაზმის განსხვავებული აგებულებით და მათი წარმოშობით (სურ. 32; დანართი).

ყველა ლეიკოციტი ძირითადად სფეროსებურია. ზრდასრული ადამიანის 1მ³ სისხლში 6000-8000 ლეიკოციტია. ლეიკოციტების რაოდენობა შეიძლება შეიცვალოს საკვების მიღებასთან, ფიზიკურ და გონებრივ დაძაბულობასთან, სისხლძარღვების შევიწროებასთან დაკავშირებით და სხვა. ლეიკოციტების რაოდენობის მომატებას ნორმის ზევით **ლეიკოციტოზი** ეწოდება, ხოლო შემცირებას – **ლეიკოპენია** (ბერძნ. penia - სიღარიბე, სიძუნწე).

ლეიკოციტები აქტიურად გადაადგილდებიან ფსევდოპოდიებით. ამ დროს მკვეთრად იცვლება მათი სხეულისა და ბირთვის ფორმა. ლეიკოციტებს აქვს კაპილართა ენდოთელურ უჯრედებს შორის გაველისა და შემაერთებელი ქსოვილის ძირითად ნივთიერებაში გადაადგილების, ბაზალურ მემბრანასა და ეპითელის უჯრედებს შორის შეღწევის უნარი. ლეიკოციტების მოძრაობის სიჩქარე დამოკიდებულია გარემოს კონსისტენციაზე, pH-ზე, t⁰C-ზე და სხვა. მათი მოძრაობის მიმართულება განისაზღვრება ქემოტაქსისით.

ლეიკოციტები მდიდარია ფერმენტებით, რითაც ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მიკრობების და სისხლსა თუ ქსოვილებში შესული უცხო ნივთიერებებისაგან ორგანიზმის დაცვაში, ე.ი. აწარმოებენ **ფაგოციტოზს**. გარდა ამისა, ლეიკოციტები მონაწილეობენ იმუნური სხეულების (*იმუნოგლობულინების*) წარმოქმნაშიც.

ლეიკოციტები გამოყოფს *ბაქტერიოციდიულ ნივთიერებებს*, რომლებიც დამღუპველად მოქმედება მიკროორგანიზმებზე, როცა ლეიკოციტებით შთანთქმული უცხო ნივთიერებები მათი საშუალებით არ იშლება, ლეიკოციტები გამოდიან სხვადასხვა ორგანოს ლორწოვანი გარსების ზედაპირზე, საიდანაც ეპითელის ჩამოფცქვნილ უჯრედებთან ერთად გამოიყოფიან ორგანიზმიდან.

გრანულოციტები. გრანულოციტების ციტოპლაზმას სპეციფიკური მარცვლოვნება ახასიათებს. როგორც აღნიშნული

იყო, გრანულოციტებში გამოყოფენ ნეიტროფილებს, ეოზინოფილებსა და ბაზოფილებს. გრანულოციტების ბირთვი სხვადასხვაგვარია.

ნეიტროფილები მომრგვალო ფორმის ლეიკოციტებია. ისინი ზრდასრული ადამიანის სისხლში ლეიკოციტების საერთო რაოდენობის 65-75%-ია, ახალშობილებში კი მხოლოდ 50%. ნეიტროფილების ციტოპლაზმა სუსტად ოქსიფილურია, წერილმარცვლოვანია. რომანოვსკის მეთოდით შეღებვისას მარცვლოვნება მოვარდისფრო – მოიისფრო ხდება. მარცვლოვანი არაა მთელი ციტოპლაზმა, მისი ზედაპირული შრე ვიწრო არშიის სახით ჰომოგენური რჩება. ეს შრე ქმნის მის ფსევდოპოდიებს და მთავარ როლს ასრულებს უჯრედის ამებოიდურ მოძრაობაში. გრანულოციტების ციტოპლაზმაში არის ყველა ორგანოიდი, აგრეთვე ჩანართები – ცილოვანი გრანულები, გლიკოგენი, უწვრილესი ლიპიდური წვეთები. ბირთვები შეიცავს საკმაოდ მკვრივ ქრომატინს, განსაკუთრებით – პერიფერიაზე. მწიფე ნეიტროფილებს აქვთ სეგმენტირებული ბირთვი, რომელიც თხელი, ზოგჯერ თითქმის შეუმჩნეველი ზონრებით დაკავშირებული 2-3 და მეტი სეგმენტისაგან შედგება. მათ *სეგმენტბირთვიან ნეიტროფილებს* უწოდებენ. ისინი შეადგენენ ლეიკოციტების 60-65%-ს. ნაკლები რაოდენობითაა *ჩხირბირთვიანი* გრანულოციტები – 3-5%. ამ უჯრედების ბირთვი შეიძლება იყოს მოღუნული ჩხირის, ნალის ან S-ბური ფორმის. ნაკლებად გვხვდება ლობიოს ფორმის ბირთვიანი ნეიტროფილური გრანულოციტების *ახალგაზრდა* ფორმები. ამ საში სახის ლეიკოციტების თანაფარდობას კლინიკაში დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა აქვს (მათი ზომა 7-9 მკმდეა).

ადამიანის ნეიტროფილების აგებულება სქესის მიხედვით განსხვავებულია. ზოგიერთი ლეიკოციტის ბირთვის გარსის შიგა ზედაპირთან ქრომატინის მცირე დამატებითი გროვანა, მას ბირთვის თანამგზავრი ანუ ბირთვის სატელიტი ეწოდება. ვარაუდობენ, რომ მასში ერთი X-ქრომოსომათაგანია, ამიტომაც ბირთვის ახლო დანამატს *სასქესო ქრომატინ-*

საც უწოდებენ. სასქესო ქრომატინს დაფდაფის ჯოხის, წვეთის ან ჩოგბურთის ჩოგნის ფორმა აქვს. სასქესო ქრომატინით შესაძლებელია სისხლის ნაცხში სქესის დადგენა.

ნეიტროფილებს აქვთ ცრუფეხებით გადაადგილების უნარი. ისინი აქტიურად გადაადგილდებიან და თავს იყრიან იქ, სადაც ორგანიზმში უცხო სხეულია მოხვედრილი, მათ შეუძლიათ სისხლიდან მიგრირება და გაღიზიანების კერისაკენ გადაადგილება. მათთან მიახლოებისას ნეიტროფილები ცრუფეხებით შემოეხვევიან მიკრობებს ან უცხო სხეულაკებს და ჩაითრევენ ციტოპლაზმაში. ამით ისინი აუსნებოვნებენ ანთებით კერას.

ეს უნარი მენიკოემა შენიშნა და მათ მშთანქმელები უწოდა. ისინი მცირე ფაგოციტებს მიეკუთვნებიან და მათ *მიკროფაგებს* უწოდებენ. ფაგოციტოზის შემდეგ ნეიტროფილების რიცხვი მცირდება. ნეიტროფილები შეიცავენ პროტეოლიზურ ფერმენტებს, ციტოქრომოქსიდაზას, პეროქსიდაზას, კატალაზას, ტუტე ფოსფატაზას. გარდა ამისა, მათში არის აგლუტინინები და ბაქტერიოციდული ნივთიერებები.

ნეიტროფილების რაოდენობის მომატება – *ნეიტროფილური ლეიკოციტოზი* შეიმჩნევა ზოგიერთი ფიზიოლოგიური მდგომარეობის დროს (ორსულობა, ხანგრძლივი კუნთოვანი მუშაობა და სხვა), აგრეთვე ინფექციური დაავადებების დროს. ამასთან, ჩვეულებრივ, ახალგაზრდა და ჩხირბირთვიანი ფორმების რიცხვი მატულობს.

ეოზინოფილები (ოქსიფილური ან აციდოფილური გრანულოციტები) უფრო მსხვილი უჯრედებია, ვიდრე ნეიტროფილები. მათი რაოდენობა პერიფერიულ სისხლში ლეიკოციტების საერთო რიცხვის 2-5%-ის ფარგლებშია. მიტოქონდრიები, გოლჯის კომპლექსი და ცენტროსომა ნეიტროფილების ამავე ორგანელების მსგავსია. მისთვის დამახასიათებელია ციტოპლაზმის სპეციფიკური გრანულები. ისინი იღებება ეოზინითა და სხვა მჟავა საღებავებით. ელექტრონულ მიკროსკოპში ისინი ჰგავს ცილინდრებს, რომლებიც სპირალურად დახვეული მემბრანისგან შედგება. ეოზინოფილების მარ-

ცვლები ლიზოპროტეინულია. ისინი შეიცავენ ფოსფორსა და რკინას, აგრეთვე ჟანგვა – აღდგენითი პროცესებისათვის აუცილებელ ფერმენტებს. ეოზინოფილების მარცვლებს ახასიათებს დადებითი რეაქცია ოქსიდაზასა და პეროქსიდაზაზე.

ეოზინოფილების ბირთვი, ჩვეულებრივ, 2-, იშვიათად 3-სეგმენტია. ჩხირბირთვიანი ეოზინოფილების ბირთვები ნაღისებური ფორმისაა, ახალგაზრდა ფორმებისა – ლობიოსებურია მსხვილი ქრომატინის ბელტებით. მაგრამ ეოზინოფილების ეს ფორმები პერიფერიულ სისხლში იშვიათად გვხვდება. ეოზინოფილებსაც ახასიათებს ამებოიდური მოძრაობა, მიგრირება გაღიზიანების წყაროს მიმართულებით და ფაგოციტოზის უნარი, მაგრამ ნეიტროფილებზე ნაკლებად აქტიურნი არიან. ვარაუდობენ, რომ ეოზინოფილების როლი გამოიხატება ინტოქსიკაციების დროს ორგანიზმის დაცვის პროცესში აქტიური მონაწილეობით. მათ ტოქსინების გაუსნებოვნების უნარი აქვთ. **ეოზინოფილია** (მომატება) შეიმჩნევა ზოგიერთი ინფექციური დაავადების, ჭიებით ინვაზიის, ორგანიზმის ალერგიული მდგომარეობის, უცხო ცილისა და ჰისტამინის შეყვანის დროს. ცნობილია აგრეთვე მათი მალაღი მგრძნობელობა ჰორმონებისადმი (მაგ., თირკმელზედა ჯირკვლის ამოკვეთა ცხოველებში იწვევს ეოზინოფილების მომატებას). სტრეს-რეაქციების დროს, ე.ი. მაშინ, როცა სისხლში დიდი რაოდენობით გამოიყოფა თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონი კორტიზონი და ჰიპოფიზის ადენოკორტიკოტროპული ჰორმონი (აკტჰ), მიმდინარეობს *ეოზინოპენია* (შემცირება საშუალოდ 60%-ით). ფარისებრახლო ჯირკვალთან ერთად ფარისებური ჯირკვლის ამოკვეთა, ასევე, იწვევს ეოზინოფილების შეცირებას.

ბაზოფილები ზომით ნეიტროფილების ზომას უახლოვდება, ისინი 9-10 მკ-მდე დიამეტრისაა. მათი რაოდენობა ადამიანის სისხლში მთელი ლეიკოციტების საერთო რაოდენობის 0,5-1%-ია. ბაზოფილების ციტოპლაზმა ამოვსებულია მსხვილი, მომრგვალო, მკვეთრად ბაზოფილური მარცვლებით, რომლებიც მუქ მოწითალო იისფრად ან მეწამულად

იღებება. მათ ციტოპლაზმაში აღმოჩენილია გლიკოგენი, რნმ, გრანულებში – ჰეპარინი (მუჟავა მუკოპოლისაქარიდი) და ჰისტამინი.

ბაზოფილების ბირთვები გაურკვეველი ფორმისაა, უფრო ხშირად – სფერული ან სუსტად წილაკოვანი, ნაკლები ინტენსივობით იღებება, ვიდრე ნეიტროფილების ან ეოზინოფილების ბირთვები.

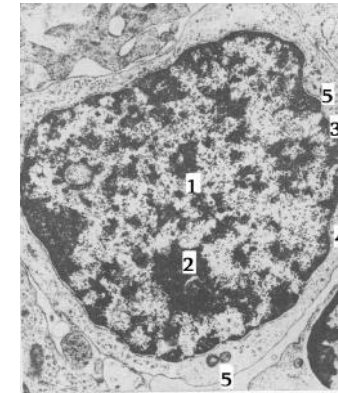
ბაზოფილების ფუნქცია არასაკმარისადაა შესწავლილი. ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ ბაზოფილების რაოდენობა მატულობს ცხოველებში ბაქტერიული ტოქსინების, უცხო ცილის ინექციის დროს, რენტგენის სხივების მოქმედების შეთავსებით უცხო ცილის ინექციასთან და ზოგიერთი სხვა სახის ზემოქმედების შედეგად. ბაზოფილების რაოდენობის შემცირება - *ბაზოპენია* აღინიშნება ადრენალინისა და თიროქსინის ინექციის შემდეგ, ექსპერიმენტული შოკის, ავიტამინოზისა და ზოგიერთი სხვაგვარი ზემოქმედების შემთხვევაში.

ბაზოფილები ჰეპარინის გამომუშავებისა და დაგროვების უნარის გამო, ისევე, როგორც შემაერთებელი ქსოვილის პოხიერი უჯრედები გარკვეულ როლს ასრულებს სისხლის შედედებისა და სისხლძარღვების შეღწევალობის რეგულაციის პროცესებში.

გრანულოციტები. მათი ციტოპლაზმა არ შეიცავს სპეციფიკურ მარცვლებს და ახასიათებთ ერთი არასეგმენტირებული ბირთვი (მონოციტებს ახასიათებებს დაყოფის უნარი). არჩევენ **ლიმფოციტებსა** და **მონოციტებს**.

ლიმფოციტები ზრდასრული ადამიანის სისხლში ლეიკოციტების საერთო რაოდენობის 20-30%-ს შეადგენს (სურ. 33). მათი %-ული შემცველობა ცვალებადია ასაკის შესაბამისად. ახალშობილებსა და ძუძუმწოვარ ბავშვებში ლიმფოციტები ჭარბობს, ისინი 60%-მდეა, 16 წლის ასაკისთვის მათი %-ული შემცველობა მოზრდილის ნორმამდე აღწევს, მოხუცებში 20%-ს არ აღემატება. სიდიდეც მნიშვნელოვნად

ცვალებადობს – დიამეტრი 4,5-10 მკ-მდეა, ხშირად – 7-7,5 მკ. ზომების მიხედვით არჩევენ *მცირე* (4,5-7 მკ), *საშუალო* (7-10 მკ) და *დიდი* (10 მკ დიამეტრის) ლიმფოციტებს.



სურ. 33. ლიმფოციტები (ელექტრონული მიკროფოტოგრაფია). 1-ბირთვი; 2-ბირთვაკი; 3-ბირთვის მემბრანა; 4-რიბოსომები; 5-ბირთვის გარშემო განლაგებული ერთეული მიტოქონდრიები (ენდოპლაზმური ბადე სუსტადაა განვითარებული).

ნორმის შემთხვევაში სისხლში საშუალო და მცირე ლიმფოციტები, როგორც წესი, არ გვხვდება და მხოლოდ გულმკერდის ლიმფური სადინარის ლიმფაში აღმოჩნდება. რომანოვსკის მეთოდით შეღებვისას მცირე და საშუალო ლიმფოციტებს ახასიათებთ მკრივი, მუქად შეღებილი ბირთვი, რომელიც ავსებს უჯრედის მეტ ნაწილს. მისი ფორმა მრგვალი ან ოდნავ ლობოსებურია. ბირთვში ბირთვაკია.

მიუხედავად ბირთვების სხვადასხვა ზომისა და სიმკვრივისა, დნმ-ას რაოდენობა უმეტესობაში ქრომოსომთა დიპლოიდურ კომპლექტს შეესაბამება. დიდ ლიმფოციტებში კი შუალედური რაოდენობითაა დიპლოიდურსა და ტეტრაპლოიდურს შორის. ეს მონაცემები, ერთი მხრივ, ხსნის ლიმფოციტების დაბალ პროლიფერაციულ (დაყოფის) აქტივობას, მეორე მხრივ კი, უპირატესად დიდი ლიმფოციტების გაყოფას ხდის გასაგებს.

ციტოპლაზმა, რომელიც ბირთვის გარსს ეკვრის ვიწრო არშის სახით, ლიმფოციტებში ბაზოფილურად იღებება, რაც განპირობებულია რიბონუკლეოპროტეინების შემცველობით, ამასთან, ისინი მეტია დიდ ლიმფოციტებში. ციტოპლაზმა შეიცავს ყველა ორგანოიდს, მაგრამ მიტოქონდრიების რაოდენობა დიდი არაა, ენდოპლაზმური ბადე სუსტადაა განვითარებული, რიბოსომები უმეტესად მის მემბრანებს შორისაა. უჯრედის პერიფერიაზე ხშირად ჩანს პინოციტოზური ბუშტუკები. ლიმფოციტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასხვაგვარია. მათი დაახლოებით 20% ცოცხლობს არა უმეტეს 3 დღე-ღამისა, დანარჩენები – 3-6 თვემდე. ვარაუდობენ, რომ დნმ-ათი მდიდარი ლიმფოციტების დაშლა ფაგოციტოზს ააქტიურებს.

ფიქრობენ, რომ ლიმფოციტები, განსაკუთრებით – **მცირე**, არაერთგვაროვანი უჯრედებია, რომელთა შორის არის მცირედ დიფერენცირებული ფორმები. ეს უჯრედები **სისხლისა და შემავრთებელი ქსოვილის დეროვანი უჯრედებია** და აქვთ უნარი, დასაბამი მისცენ სხვადასხვა უჯრედოვან ელემენტს. ანთების დროს ისინი მიგრირებენ სისხლის ნაკადიდან და **თავისუფალ მაკროფაგებად** გარდაიქმნებიან. ლიმფოციტები შეიძლება გადაიქცეს აგრეთვე **პლაზმურ უჯრედებად, ფიბრობლასტებად, გლუპკუნთოვან** და სხვა სახის უჯრედებად. ტრანსფორმაციის უნარისა და დამცველობითი ფუნქციის გარდა, ლიმფოციტებს აქვთ ტროფიკული – დეზოქსირიბონუკლეოპროტეინების გადამტანთა ფუნქციასაც.

გლიკოპროტეინების მომეტებული რაოდენობით შეყვანა, რენტგენის დასხივება, საცდელ ცხოველებში ურეთანის შეყვანა **ლიმფოციტოპენიას** იწვევს. თირეოიდული ჰორმონი ლიმფოციტური ქსოვილის მასის მომატებას იწვევს.

მონოციტები. ახალი სისხლის წვეთში ისინი სხვა ლეიკოციტებზე უფრო მსხვილია (10-11 მკ). მათი რაოდენობა ლეიკოციტების საერთო რაოდენობის 6-8%-ია. მონოციტების ბირთვები შეიძლება იყოს ლობოსებური, ნალისებური და წილაკოვანი, მრავალჯეროვანი წანაზარდითა და ჩაღრმავებით.

ვებით. ქრომატინი წვრილ ბელტებადაა გაბნეული მთელ ბირთვში, განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა იგი ბირთვის მემბრანაზე. ბირთვი შეიცავს ერთ ან რამდენიმე აციდოფილურ ბირთვაკს.

მონოციტების ციტოპლაზმა ნაკლებად ბაზოფილურია ლიმფოციტების ციტოპლაზმასთან შედარებით. რომანოვსკის მეთოდით შეღებვისას ის მკვეთრად ცისფერია, მაგრამ პერიფერიაზე უფრო მუქად იღებება, ვიდრე ბირთვთან. მიტოქონდრიები ოვალური ფორმისაა, უფრო ნაკლები ზომის და უფრო მრავალჯეროვანი, ვიდრე ლიმფოციტებისა, ლიზოსომებიც მეტია. გოლჯის კომპლექსი ბირთვის ჩაღრმავებასთანაა ციტოპლაზმაში.

ციტოპლაზმაში ჭარბადაა ვაკუოლების, ბუშტუკებისა და სხვადასხვა ბუნებისა და აგებულების გრანულები. ზოგჯერ გვხვდება ფაგოციტური ნაწილაკები. ციტოპლაზმის პერიფერიულ ნაწილში ფსევდოპოდებია.

მონოციტები ასრულებს დამცველობით ფუნქციას. როგორც ფაგოციტებს, მათ სისხლის ნაკადში და შემავრთებელ ქსოვილში მიგრირების უნარიც აქვს.

სისხლის ფირფიტები

სისხლის ფირფიტები უწვრილესი, უფერო, მომრგვალო, ოვალური, თითისტარისებური ან არასწორი ფორმის სხეულებია. ისინი ძვლის ტვინის გიგანტური უჯრედების – მეგაკარიოციტების ციტოპლაზმის მოგლეჯილი, 2-3 მკ ზომის ფრაგმენტებია. აგლუტინაციის უნარისა და სისხლის ნაცხში შეწებების გამო ისინი ჯგუფებად გვხვდება, ამიტომაც მათი დათვლა გაძნელებულია და 1 მმ³ სისხლში 200-300 ათასამდე ცვალებადობს.

სისხლის ფირფიტა შედგება **ჰიალომერისაგან**, რომელიც ფირფიტის საფუძველია და **გრანულომერისაგან** (ქრომომერისაგან) - მარცვლებისაგან, რომლებიც ფირფიტის ცენტრში გროვას ქმნიან ან გაფანტულნი არიან ჰიალომერში. გრანულომერში აღმოჩენილია მიტოქონდრიები, ვაკუოლები, ენდოპ-

ლაზმური ბადის ერთეული მემბრანები და გაურკვეველი ბუნების მსხვილი გრანულები. გრანულომერი არ შეიცავს ქრომატინს. ფირფიტას აქვს დიდი რაოდენობით სხვადასხვა ზომის და სისქის მორჩები.

არჩევენ 5 სახის ფირფიტას:

1. **ახალგაზრდას**, ბაზოფილური ჰიალომერითა და ერთეული მოწითალო-იისფერი გრანულებით;

2. **მწიფეს**, სუსტად ოქსიფილური ჰიალომერითა და აზუროფილური მარცვლოვნებით;

3. **ხანდაზმულს**, უფრო მუქს, მოლურჯო-იისფერი ელფერითა და მუქი იისფერი მარცვლოვნებით;

4. **დეგენერირებულს** – მონაცრისფრო-ლურჯი ჰიალომერითა და მონაცრისფრო-იისფერი მარცვლებით;

5. **გიგანტურს** (გაღიზიანების ფორმები) – მოვარდისფრო-იისფერი ჰიალომერითა და იისფერი მარცვლოვნებით. ისინი 2-3-ჯერ აღემატება ნორმალურს.

სისხლის ფირფიტები მონაწილეობენ სისხლის შედეგებაში, რაც ხორციელდება მათი ჩქარი დაშლის, კონგლომერატებად შეწყობის უნარით, რომელთა გარშემო ფიბრინის ბაფები წარმოიქმნება. შედეგების პროცესში სისხლის ფირფიტები სხვადასხვა ნივთიერებას (ფოსფოლიპიდებს, ლიპოპროტეინებს და სხვა) და ფერმენტს (თრომბოკინაზას, პეპტიდაზას, ნუკლეოტიდაზას, მჟავა ფოსფატაზას, კატალაზას და სხვა) გამოყოფს.

ზოგიერთი დაავადების დროს სისხლის ფირფიტების რაოდენობა მცირდება – რასაც *თრომბოციტოპენია* ეწოდება და რაც შედეგების შენელებას იწვევს.

სისხლის ფირფიტების სიცოცხლის ხანგრძლივობა 5-8 დღეა.

ჰემოგრამა

ჰემოგრამა დიდ როლს ასრულებს სამედიცინო პრაქტიკაში. ანალიზის დროს იკვლევენ სისხლის ქიმიურ შედგენილობას, განსაზღვრავენ ერთროციტების, ლეიკოციტების, ჰემოგლობინის რაოდენობას, ერთროციტების რეზისტენტობას, მათი დალექვის სინქარეს – ედრ და სხვა. ჯანმრთელი ადამიანის სისხლის ფორმიანი ელემენტები გარკვეულ თანაფარდობაშია ერთმანეთის მიმართ, რასაც **ჰემოგრამას** ანუ **სისხლის ფორმულას** უწოდებენ. ორგანიზმის მდგომარეობის დასადგენად დიდი მნიშვნელობა აქვს ლეიკოციტების დიფერენცირებულ გამოთვლას. ლეიკოციტების გარკვეულ %-ულ თანაფარდობას ლეიკოციტური ფორმულა ეწოდება.

ჰემოგრამა:

ერთროციტები
საერთო რაოდენობა

$\left\{ \begin{array}{l} \text{ქალებში} - 4,5 - 5 \text{ მლნ/მმ}^3 \\ \text{მამაკაცებში} - 5 - 5,5 \text{ მლნ/მმ}^3 \end{array} \right.$	3.90 – 5.50 [10 ⁶ /მკლ]
---	------------------------------------

ლეიკოციტები – საერთო რაოდენობა – 3.80-10.00 [10³/მკლ]

ნეიტროფილები (ზომა 7-9 მკ) – $\left\{ \begin{array}{l} \text{სეგმენტბირთვიანი} - 60-65\% \\ \text{ჩხირბირთვიანი} - 3 - 5\% \\ \text{ახალგაზრდა} - 3\%-ზე ნაკლები \end{array} \right.$
საერთო რაოდენობა 40.0 -75.0 % – 2.00-6.00 [10³/მკლ]

ეოზინოფილები (ზომა 9-10 მკ) – $\left\{ \begin{array}{l} \text{სეგმენტბირთვიანი} \\ \text{ჩხირბირთვიანი} \\ \text{ახალგაზრდა} \end{array} \right.$
საერთო რაოდენობა 1.0 -6.0 % – 0.04 -0.45 [10³/მკლ]

ბაზოფილები – 0.0 -1.0 % – 0.00 -0.10 [10³/მკლ]
(ზომა 9 მკ-მდე)

ლიმფოციტები – 20.0 - 45.0 % – 1.0 -3.60 [10³/მკლ]
(ზომა 4,5–10 მკ)

მონოციტები – 4.0 - 11.0 % – 0.25 -0.75 [10³/მკლ]
(ზომა 10–11 მკ)

სისხლის ფირფიტები (თრომბოციტები) – 200–300
ათასი/მმ³ – 150 – 370 [10³/მკლ]

ჰემოგლობინი – 115 – 170 [გ/ლ]

ერიტროციტების დალექვის სიჩქარე (ედს) Westergren-ის
მეთოდით [მმ/სთ]:

ედს	50 წლამდე	50 წლის ზევით
ქალი	< 25	< 30
მამაკაცი	< 15	< 20

ლიმფა

ლიმფა (ლათ. lymph - ტენი) ცილოვანი ბუნების მოყვითალო სითხეა, რომელიც ლიმფურ კაპილარებსა და სისხლძარღვებში გადის. შედგება **ლიმფოპლაზმისა და ფორმიანი ელემენტებისაგან. ქიმიური** შედგენილობით ლიმფოპლაზმა სისხლის პლაზმის მსგავსია, მაგრამ ნაკლები რაოდენობით შეიცავს ცილას. ცილის ფრაქციებიდან ალბუმინი ჭარბობს გლობულინს. ცილის ნაწილს შეადგენს ფერმენტი *ლიპაზა*, *ლიპოზა*, *გლიკოლიზური* ფერმენტი. შეიცავს აგრეთვე ნეიტრალურ ცხიმებს, მარტივ შაქრებს, NaCl -სა და Na₂

CO₃-ის ხსნარებს, აგრეთვე სხვადასხვა ნაერთს, რომელთა შემადგენლობაშიც შედის Ca, Mg, Fe.

ლიმფის *ფორმიანი* ელემენტებს შეადგენს ლიმფოციტები, მონოციტები და ლეიკოციტების სხვა სახეები, აგრეთვე ერიტროციტები, რომლებიც აგრანულოციტებზე ნაკლები რაოდენობით გვხვდება.

ლიმფა *წარმოქმნება ლიმფურ სისტემაში - ქსოვილთა და ორგანოთა ლიმფურ კაპილარებში, სადაც ოსმოსური და პიდროსტატიკური წნევის, კაპილარებში შეღწევალობის გაფლენით თანდათან შედის ლიმფოპლაზმის სხვადასხვა კომპონენტი.*

კაპილარებიდან ლიმფა გადადის პერიფერიულ ლიმფურ სადინარებში, მათი საშუალებით ლიმფურ კვანძებში, შემდეგ მსხვილ ლიმფურ სადინარებში და ჩაიღვრება სისხლში. ამასთან დაკავშირებით ლიმფის შედგენილობა იცვლება. მაგ., ლიმფა, რომელიც კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან მოედინება, მდიდარია ცხიმებით (3-4%-მდე), ცილებითა (5%-მდე) და შაქრით. ლიმფა, რომელიც ლიმფურ კვანძებს გაივლის, მდიდრდება აგრანულოციტებით და ა. შ. ამიტომაც არჩევენ *პერიფერიულ* (ლიმფურ კვანძებამდე), *შუამდებარე* (ლიმფური კვანძების გავლის შემდეგ) და *ცენტრალურ* ლიმფას (გულ-მკერდის ლიმფური სადინარის ლიმფა). ლიმფის წარმოქმნის პროცესი მჭიდროდაა დაკავშირებული სისხლიდან უჯრედ-შორის სივრცეებში წყლის გადასვლასა და ქსოვილოვანი სითხის წარმოქმნასთან.

სისხლის წარმოქმნა – ჰემოპოეზი

სისხლწარმოქმნა – ჰემოპოეზი ეწოდება სისხლის ფორმირების ელემენტების წარმოქმნას (ბერძნ. Poiesis – წარმოქმნა, haema – სისხლი). ეს არის სისხლის ახალი უჯრედების წარმოქმნა დაზიანებულ და დაღუპულ უჯრედთა სანაცვლოდ (სურ. 34). **ჰემოპოეზი** ხორციელდება ძვლის ტვინში (სქემა 4; დანართი).

ძვლის ტვინს, გარდა ჰემოპოეზისა, იმუნოპოეზის ფუნქციაც აქვს. ამდენად, ის ლიმფოიდურ ორგანოებთან ერთად იმუნური სისტემის უმნიშვნელოვანესი ნაწილიც არის. ძვლის ტვინი ზრდასრული ორგანიზმის ერთადერთი ქსოვილია, რომელიც ნორმაში ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს უმწიფარ, არადიფერენცირებულ და ნაკლებად დიფერენცირებულ უჯრედებს - **დეროვანი უჯრედებს**. ისინი თავისი შენებით ახლოს დგას ემბრიონულ უჯრედებთან.

ძვლის წითელი ტვინი უხვად შეიცავს **სისხლის წარმოქმნელ მიელოიდურ ქსოვილს** (ძვლის ყვითელ ტვინში კი ცხიმოვანი ქსოვილი ჭარბობს). ძვლის წითელი ტვინი ადამიანის სხეულის მასის 1,5%-ს შეადგენს. ის მთელი სიცოცხლე ნარჩუნდება ადამიანის ბრტყელ ძვლებში (ნეკნებში, მკერდის ძვალში, მენჯისა და ქალას ძვლებში), ხერხემლის მალეებსა და ლულისებრი ძვლების ეპიფიზებში (ბოლო ნაწილებში). ასაკთან ერთად ლულისებრი ძვლების დრუებში სისხლმზად ქსოვილს ცხიმოვანი ქსოვილი ენაცვლება და, შესაბამისად, ტვინი მათში ყვითელი ხდება. ძვლის წითელი ანუ სისხლმზადი ტვინი ყველაზე მეტია მენჯის ძვლებში, შედარებით ნაკლები - გრძელი ლულისებრი ძვლების ეპიფიზებში, ხოლო კიდევ უფრო ნაკლები - ხერხემლის მალათა სხეულებში.

ძვლის ტვინი შედგება სტრომის ანუ ფიბროზული ქსოვილისა და საკუთრივ სისხლმზადი ქსოვილისგან - რეტიკულური ქსოვილისაგან. ის ქმნის უჯრედულ სინციტიუმს, რომელშიც სისხლმზადი უჯრედებია განლაგებული. უჯრედთა

გამრავლება და მომწიფება დიდწილად არის დამოკიდებული რეტიკულურ ქსოვილთან მათ ურთიერთქმედებაზე, ვინაიდან რეტიკულურ ქსოვილს იმავე დროს ძვლის წარმოქმნის უნარიც შესწევს. სწორედ, მის ამ ფუნქციაზეა დამოკიდებული მოტეხილი ძვლების აღდგენის (შეხორცების) პროცესი.

ძვლის ტვინის განსაკუთრებული თავისებურება ის არის, რომ იგი არის დეროვანი ელემენტების წყარო, როგორც **მიელოიდური (სისხლმზადი)**, ასევე ლიმფოიდური ზრდისა და დიფერენცირებისთვის.

ძვლის ტვინის დეროვანი უჯრედები დიფერენცირდება ლიმფოციტებად, გრანულოციტებად, მონოციტებად, ერითროციტებად და მეგაკარიოციტებად. ძვლის ტვინში ხდება აგრეთვე **B-ლიმფოციტების** ადრეული და არაანტიგენდამოკიდებული მომწიფება და დიფერენცირება. დეროვანი უჯრედების რაოდენობის შემცირება და დიფერენცირების დარღვევა იმუნოდეფიციტს იწვევს.

ძვლის ტვინი იმუნური სისტემის პირველად ორგანოდ ითვლება, ვინაიდან ის B-უჯრედების წყარო და მათი მომწიფებისა და დიფერენცირების ადგილია პერიფერიული ლიმფოიდური წარმონაქმნებისთვის - ელენთისა და ლიმფური კვანძებისთვის, თუმცა, მისი ძირითადი ფუნქცია მაინც სისხლის უჯრედების (ჰემოპოეზი) და ლიმფოციტების წარმოქმნაა. უჯრედული ელემენტების - კლონების წარმოქმნა იწყება პლურიპოტენტური დეროვანი უჯრედიდან. ძვლის ტვინის სისხლმზად ქსოვილში განასხვავებენ უჯრედთა სამ ხაზს (კლონს) ანუ სამ პოპულაციას. აღნიშნული პოპულაციები, ფაქტობრივად, სისხლის შესაბამის უჯრედთა წინამორბედი ხაზებია - ლეიკოციტური, ერითროციტული და თრომბოციტული. ყველა ამ პოპულაციას (კლონს) საერთო წინამორბედი - ე. წ. პლურიპოტენტური დეროვანი უჯრედები ჰყავს. სწორედ, დეროვანი უჯრედების მომწიფებისა და დიფერენცირების შედეგად ხდება უჯრედთა სამი სხვადასხვა კლონის (ხაზის) შესაბამისად განვითარება. ნორმაში ძვლის ტვინი დაცულია იმუნოლოგიური ტოლერანტობის ბარიერით,

რაც იმას ნიშნავს, რომ უმწიფარ და მომწიფების პროცესში მყოფ უჯრედებს ორგანიზმში საკუთარი ლიმფოციტები არ ანადგურებენ.

პლურიპოტენტური უჯრედი პირველივე დაყოფის შედეგად ირჩევს განვითარების გზას და მისი შეიღებული უჯრედები ან მულტიპოტენტური უჯრედები ხდებიან, რომელთაც არჩევანი შედარებით შეზღუდული აქვთ (მხოლოდ ერთროციტული ან ლეიკოციტური წარმონაქმნების ხაზით), ან მეგაკარიობლასტებად გადაიქცევიან. შემდგომ მეგაკარიობლასტები დასაბამს აძლევენ მეგაკარიოციტებს, რომლებსგანაც საბოლოოდ თრომბოციტები წარმოიქმნება.

არჩევენ **ემბრიონულ და პოსტემბრიონულ ჰემოპოეზს.**

პოსტემბრიონული ჰემოპოეზი – ეს არის **სისხლის ფიზიოლოგიური რეგენერაციის** პროცესი, რამდენადაც ორგანიზმში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს სისხლის ფორმიანი ელემენტების მასიური დაღუპვა და განახლება სისხლმზად ორგანოებში წარმოქმნილი ახალი უჯრედებით.

ემბრიონული ჰემოპოეზი იწყება ემბრიონული განვითარების ადრეულ სტადიებზე და ადგილი აქვს სისხლის, როგორც ქსოვილის წარმოქმნას. ემბრიონული ჰემოპოეზი მიმდინარეობს საყვითრე პარკის კედელში, შემდეგ კი – ღვიძლში, ელენტასა და ძვლის ტვინში.

სისხლწარმოქმნა საყვითრე პარკის კედელში იწყება ემბრიონის განვითარების მე-2 კვირის ბოლოს და მე-3 კვირის დასაწყისში. საყვითრე პარკის მეზენქიმაში გამოცალკევდება სისხლის ნერგები – სისხლის კუნძულები. მათგან დიფერენცირდება სისხლძარღვის უჯრედები – ენდოთელური უჯრედები და პირველადი სისხლის უჯრედები – **ჰემოციტობლასტები**. ისინი მრავლდებიან მიტოზურად და მათი უმეტესობა **პრიმიტიულ ერთრობლასტებად** – **მეგალობლასტებად** გარდაიქმნება. მათში მიმდინარეობს ჰემოგლობინის დაგროვება და ისინი დიდ **პირველად ერთროციტებად** ანუ მეგალოციტებად გარდაიქმნება. ცხოველმყოფელობის ამოწურვის შემდეგ პირველად ერთროციტებს შთანთქავს სისხლძარღვთა

ენდოთელუმიდან წარმოქმნილი ფაგოციტები. ყველა ჰემოციტობლასტი არ იხარჯება პირველადი ერთრობლასტების წარმოსაქმნელად, ნაწილი რჩება არადიფერენცირებულ მდგომარეობაში და სისხლის ნაკადით ვრცელდება ჩანასახში. საყვითრე პარკის სისხლძარღვებში მათგან ვითარდება **მეორადი ერთრობლასტები**, რომლებშიც ჰემოგლობინი უფრო ნელა გროვდება. ისინი გარდაიქმნებიან **ნორმობლასტებად**, საიდანაც უფრო მცირე ზომის მეორადი **ერთროციტები** ვითარდება. ისინი ზრდასრული ადამიანის ერთროციტებისაგან ნაკლებად განსხვავდება (ე.ი. ერთროციტები ვითარდება ადრეულ ემბრიოგენეზში – **ინტრავასკულურად** ანუ წარმოქმნილ სისხლძარღვებში).

პარალელურად ხდება გრანულოციტების – **ნეიტროფილებისა და ეოზინოფილების** წარმოქმნა ჰემოციტობლასტებიდან, რომლებიც სისხლძარღვთა კედლის ირგვლივ, ე.ი. **ექსტრავასკულურად** ყალიბდება. საყვითრე პარკის ატროფიის შემდეგ მისი სისხლმზადი ფუნქციაც თანდათან წყდება.

სისხლწარმოქმნა ღვიძლში. ღვიძლი ჩაისახება მე-3-4 კვირას, მე-5 კვირას კი იგი სისხლის წარმოქმნის ცენტრად გარდაიქმნება. სისხლწარმოქმნა ღვიძლში **ექსტრავასკულურად** ხდება (სისხლძარღვების გარეთ). აქაც ჰემოციტობლასტები სისხლძარღვთა ირგვლივ მდებარე მეზენქიმისაგან წარმოიქმნება. მათგან წარმოიქმნება **მეორადი ერთროციტები** (ზემოთ აღწერილი სქემით). ერთდროულად გრანულოციტების – **ნეიტროფილებისა და ეოზინოფილების** წარმოქმნა ხდება. ღვიძლის სისხლმზად ქსოვილში **მეგაკარიოციტებიც** ყალიბდება. ემბრიონული პერიოდის ბოლოს ღვიძლში სისხლწარმოქმნა წყდება.

სისხლწარმოქმნა ელენტაში. ემბრიონული პერიოდის პირველ ნახევარში **ელენტა უნივერსალური სისხლმზადი** ორგანოა, რომელშიც სისხლის უჯრედები **ექსტრავასკულურად** ვითარდება, მაგრამ ბავშვის გაჩენის მომენტში **მიელოეპოეზის** პროცესები – **ერთრო-** და **გრანულოციტოპოეზი** წყდება და **აგრანულოციტოპოეზი** ძლიერდება.

სისხლწარმოქმნა ლიმფურ კვანძებში. ლიმფური კვანძების პირველადი ნერგები კისრის ლიმფური პარკუჭების არეში წარმოიქმნება. ემბრიოგენეზის ადრეულ (დაახლ. მე-3 თვის) პერიოდში ამ მეზენქიმურ ნერგებში წარმოიქმნება **ჰემოციტობლასტები**, ზოგიერთი ავტორის მიხედვით – **ლიმფობლასტები**, აგრეთვე **მცირე და საშუალო ლიმფოციტები**. მეზენქიმური ქსოვილი განვითარებადი კვანძის არეში თანდათან გარდაიქმნება **რეტიკულურ ქსოვილად**, რომლის მარყუქებში გროვდება **ლიმფოციტები, მაკროფაგები**, ხოლო ლიმფური კვანძების ნერგების განვითარების ადრეულ სტადიებზე მათში ჩანს **ერთობლასტები, გრანულოციტები და მეგაკარიოციტები**. მიელოპოეზი ლიმფურ კვანძებში მალე ითრგუნება ლიმფოციტების წარმოქმნის გამო, რომლებიც ლიმფოიდური ქსოვილის თავისუფალი ელემენტების მთავარი მასაა.

სისხლწარმოქმნა ძვლის ტვინში. ძვლის ტვინი პირველად ჩაისახება ლავიწში ემბრიოგენეზის მე-2 თვის ბოლოს. ელენთაში მიელოპოეზის ჩაქრობის შესაბამისად, ერთოციტებისა და გრანულოციტების წარმოქმნა ძლიერდება ძვლის ტვინში (აქაც ექსტრავასკულურად ხდება). დასაწყისში ძვლის ტვინის საფუძველი შედგება მეზენქიმური ქსოვილისა და ძვლის ტვინის ღრუში ჩაზრდილი სისხლძარღვების ენდოთელიუმისაგან. შემდეგში მეზენქიმური ქსოვილი რეტიკულურ ქსოვილად გარდაიქმნება. ჰემოციტობლასტებიდან **ერთოციტები, გრანულოციტები და მეგაკარიოციტები** ვითარდება.

სისხლწარმოქმნა თიმუსში. ემბრიოგენეზის მე-2 თვეს ჩაისახება თიმუსი. მასში იწყება ლიმფოციტების წარმოქმნა, რომლებიც მომავალში სხვა ლიმფოიდურ ორგანოებში გადავა.

ჰემოპოეზი ზრდასრულ ორგანიზმში. პოსტემბრიონულ პერიოდში სისხლის სხვადასხვა ელემენტის წარმოქმნა უმთავრესად ძვლის წითელ ტვინში, ელენთასა და ლიმფურ

კვანძებში ხდება. ყველა ფორმიან ელემენტს დასაბამს აძლევს **ღეროვანი უჯრედები**. ერთოციტები, გრანულოციტები და სისხლის ფორფიტები ძვლის წითელ ტვინში ვითარდება, რომელსაც **მიელოიდურ სისტემას** (ბერძნ. myelos - ძვლის ტვინი) უწოდებენ.

ლიმფოციტები ყალიბდება ლიმფურ კვანძებსა და სხვა ლიმფოიდურ ორგანოებში – **ლიმფოიდურ სისტემებში**.

სისხლის წარმოქმნის თეორიები

სისხლწარმოქმნის რამდენიმე თეორია არსებობს იმის გამო, რომ ჰემოპოეზი და უჯრედთა დეტერმინაციის საკითხი ჯერ კიდევ არ არის საკმარისად შესწავლილი. გამოყოფენ პოლიფილეტურ და მონოფილეტურ თეორიებს.

მონოფილეტური ანუ უნიტარული თეორია სისხლის ყველა უჯრედისთვის აღიარებს ერთიან საფუძველს, პოლიფილეტურის მიხედვით კი, სისხლის სხვადასხვა უჯრედის წარმომშობად რამდენიმე ფორმას მიიჩნევენ. პოლიფილეტურ თეორიებს ეკუთვნის დუალისტური, ტრიალისტური და სხვა თეორიები.

დუალისტური თეორიის თანახმად, მიელოიდური ელემენტების ფუძემდებელია მიელობლასტი, ლიმფოიდურის – ლიმფობლასტი, ამასთან, მიელობლასტები განსხვავდება ლიმფობლასტებისაგან მორფოლოგიურად და ფუნქციურად და არანაირ პირობებში არ ხდება ურთიერთგარდაქმნა. ამ თეორიას სერიოზულად შეეწინააღმდეგა პათოლოგები, კლინიციისტები, პისტოლოგ-ჰემატოლოგები. ამიტომაც, იგი ვერ გაერცვლდა ფართოდ.

ტრიალისტური თეორიის მიხედვით, ლიმფოციტებისა და მონოციტების ფუძემდებელი ფორმები სხვადასხვაა – ერთმანეთში არაგარდამავალი ფორმები, რომლებიც ზუსტად დეტერმინებული ჰემოციტობლასტებიდან წარმოიქმნება. ამ თეორიის მიხედვით, სისხლწარმოქმნის ლიმფოიდურ და მიელოიდურ სისტემათა გარდა, არსებობს მესამე სისტემაც –

რეტიკულურ-ენდოთელური, რომლის უჯრედებიდან მონოციტები წარმოიქმნება.

პოლიფილექტური თეორიის მიხედვით ხუთამდე ფუქემდე ბელ ფორმას გამოყოფენ: მარცვლოვანი ლეიკოციტებისათვის, ერითროციტებისათვის, მონოციტების, ლიმფოციტებისა და თრომბოციტებისათვის. თუმცა, ყველა ეს თეორია ნაკლებად ესადაგება ემბრიონული სისხლწარმოქმნის ზემოაღწერილ სურათს. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სისხლის წარმოქმნის თითოეულ კერაში სისხლის ყველა ელემენტი და მათში მხოლოდ შემდგომ ითრგუნება ზოგიერთი ელემენტის წარმოქმნის პროცესი. ასე რომ, ზოგჯერ ვითარდება მიელოიდური, ზოგჯერ კი – ლიმფოიდური ფორმები. ცნობილია, რომ ზოგიერთი დაავადების დროს ლიმფოიდური კერები გარდაიქმნება მიელოიდურ (მიელოიდური მეტაპლაზია) ან მიელოიდური ორგანოები ტრანსფორმირდება ლიმფოიდურ ორგანოდ (ლიმფოიდური მეტაპლაზია). გარდა ამისა, ზოგჯერ შემეარებელი ქსოვილის სხვადასხვა უბანში შეიძლება განვითარდეს მიელოიდური, ხან კი ლიმფოიდური სისხლის წარმოქმნის კერები. ყველა ეს ფაქტი სისხლწარმოქმნის უნიტარული თეორიის შექმნის საბაზი გახდა. ამ თეორიის მიმდევართა მიხედვით, სისხლის ყველა ელემენტი წარმოიქმნება საერთო – არადიფერენცირებული, ღეროვანი უჯრედისგან, რომელიც მორფოლოგიურად არაა ზუსტად იდენტიფიცირებული და ამიტომაც, თავდაპირველად არც ჰემოპოეზის სქემაშია ჩართული. შემდეგში განვითარებული ჰემოციტობლასტები ღეროვანი უჯრედების შთამომავლებია, რომლებიც პროლიფერაციას და თანდათანობით დიფერენცირებას განიცდის. მათგან მიელოიდური და ლიმფოიდური რიგის უჯრედები ვითარდება (ჰემოციტობლასტები სისხლის უჯრედების განვითარების შუალედური და არა საწყისი სტადიაა). მიელოპოეზი მოიცავს ერითროციტოპოეზს, გრანულოციტოპოეზსა და თრომბოციტოპოეზს, რაც სქემატურად შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:

ერითროციტოპოეზი: პრონორმოპლასტი (იგივე პროერითროპლასტი) ბაზოფილური ნორმოპლასტი პოლიქრომატოფილური ნორმოპლასტი ორთოქრომული ნორმოპლასტი რეტიკულოციტი ერითროციტი.

გრანულოციტოპოეზი: ჰემოციტობლასტი პრომიელოციტი მიელოციტი მეტამიელოციტი მწიფე გრანულოციტი.

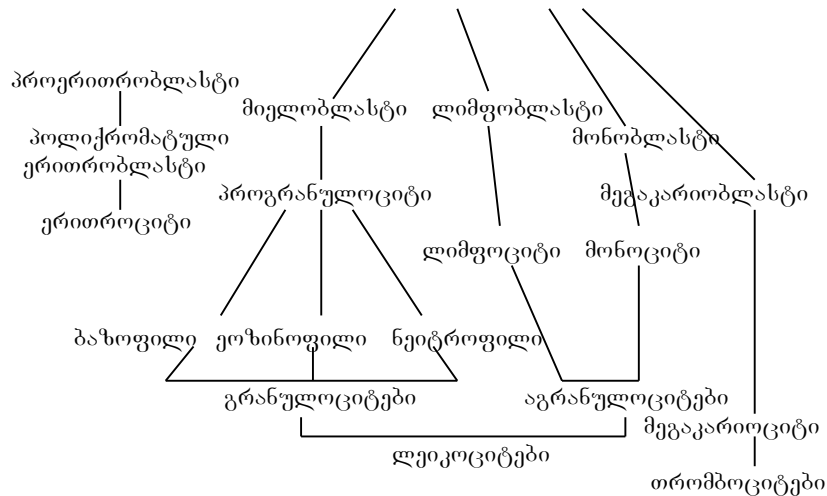
თრომბოციტოპოეზი: ჰემოციტობლასტი მეგაკარიობლასტი მეგაკარიოციტი თრომბოციტი.

აგრანულოციტოპოეზი

ლიმფოციტოპოეზი (ლიმფოიდური სისხლწარმოქმნა) ლიმფოიდურ ქსოვილში ლიმფოციტები ვითარდება ლიმფობლასტებისაგან, რომელთა აგებულება ძვლის ტვინის ჰემოციტობლასტების მსგავსია. სისხლის წარმოქმნის უნიტარული თეორიის თანახმად, ლიმფობლასტები და მიელობლასტები – ძვლის ტვინის ჰემოციტობლასტები განვითარების პოტენციით იდენტური უჯრედებია. ჰემოციტობლასტები გამრავლებისას იძლევა დიდ და საშუალო ზომის ლიმფოციტების თაობებს. მათი წარმონაქმნებია მცირე ლიმფოციტები.

მონოციტების წარმოშობა საბოლოოდ არაა დადგენილი. ვარაუდობენ, რომ მონოციტების წარმოშობის წყაროა ძვლის წითელი ტვინის, ელენთისა და სხვა ღეროვანი სისხლმზადი უჯრედები.

ჰემოციტობლასტი



სქემა 4. ჰემოპოეზის სქემა.

შემაერთებელი ქსოვილი (Textus conjunctivus)

შემაერთებელი ქსოვილი შედგება უჯრედების, ბოჭკოებისა და ძირითადი ნივთიერებების შემცველი კარგად განვითარებული უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან. მასში გამოყოფენ: საკუთრივ შემაერთებელ ქსოვილს, ჩონჩხის ქსოვილებს (ხრტილოვანი და ძვლოვანი ქსოვილები), კბილის ცემენტი და დენტინი. ყველა მათგანი, გარდა უჯრედებისა, შეიცავს დიდი რაოდენობით ბოჭკოვან უჯრედშორის ნივთიერებას. შემაერთებელი ქსოვილის სტრუქტურული და ფუნქციური მრავალფეროვნება მათი განსხვავებული შედგენილობითა და თანაფარდობითაა განპირობებული.

საკუთრივ შემაერთებელი ქსოვილი

საკუთრივ შემაერთებელი ქსოვილი ასრულებს:

ტროფიკულ ფუნქციას, რაც დაკავშირებულია უჯრედთა კვების რეგულაციასა და ნივთიერებათა ცვლაში მონაწილეობასთან. მაგალითად, ცხიმოვანი ქსოვილი აგროვებს ლიპიდებს, რომლებიც ენერგეტიკული ცვლის წყაროს წარმოადგენს. შემაერთებელი ქსოვილი აკავებს წყალს და ელექტროლიტებს. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა აქ Na^+ . დადგენილია, რომ სისხლის პლაზმის ცილების 1/3 შემაერთებელი ქსოვილის მატრიქსში მდებარეობს;

დამცველობით ფუნქციას, რაც ხორციელდება ფაგოციტოზისა და იმუნური სხეულების გამომუშავების გზით;

პლასტიკურს, რაც გამოიხატება რეგენერაციის პროცესში ჭრილობების შეხორცებაში აქტიური მონაწილეობით; შემაერთებელი ქსოვილი მაღალი რეგენერაციული აქტივობით ხასიათდება. ამასთან, ზოგიერთი ქსოვილის, მაგალითად, გულის კუნთის დაზიანებისას, რომელთა უჯრედებსაც აღდგენის უნარი არ გააჩნიათ, დაზიანებული უბნის რეპარაცია

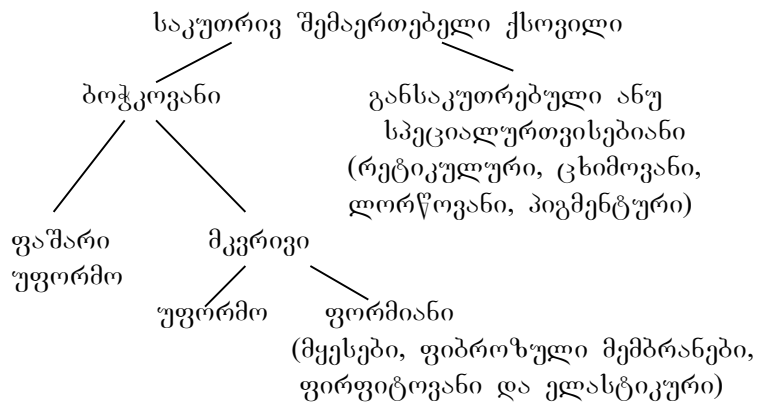
შემაერთებელი ქსოვილის ხარჯზე ხდება, სადაც ჩნდება ნაწიბური. ეს ძირითადად ფიბრობლასტების მეშვეობით ხდება;

საყრდენს (მექანიკურს), რაც იმაში ვლინდება, რომ შემაერთებელი ქსოვილი ორგანოთა ქსოვილებს აკავშირებს ერთმანეთთან და ქმნის მრავალი ორგანოს სტრომას, აგრეთვე ფასციებს და სხვა. ამ ფუნქციის შესრულებაში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შემაერთებელი ქსოვილის ბოჭკოები (განსაკუთრებით კოლაგენური). ორგანოს იმ ნაწილს, რომელიც ორგანოსათვის დამახასიათებელ ფუნქციას ასრულებს, *პარენქიმა* ეწოდება.

შემაერთებელ ქსოვილს შეუძლია მონაწილეობის მიღება **სისხლწარმოქმნაშიც**.

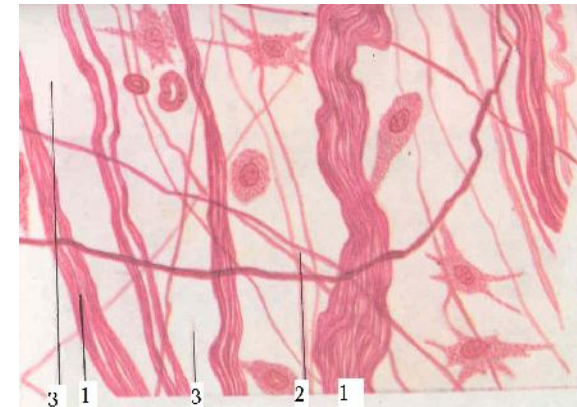
საკუთრივ შემაერთებელ ქსოვილს ყოფენ **ბოჭკოვან** და **განსაკუთრებული** (სპეციალურთვისებიანი) თვისებების მქონე შემაერთებელ ქსოვილებად. ზოგიერთი ავტორი გამოყოფს ჩონჩხის შემაერთებელ ქსოვილს, რომელშიც შედის სრტილოვანი და ძვლოვანი ქსოვილები. ბოჭკოვან შემაერთებელ ქსოვილში არჩევენ: ფაშარ უფორმო და მკვრივ შემაერთებელ, ხოლო ამ უკანასკნელში კი – უფორმო და ფორმიან ქსოვილებს (სქემა 5):

სქემა 5.

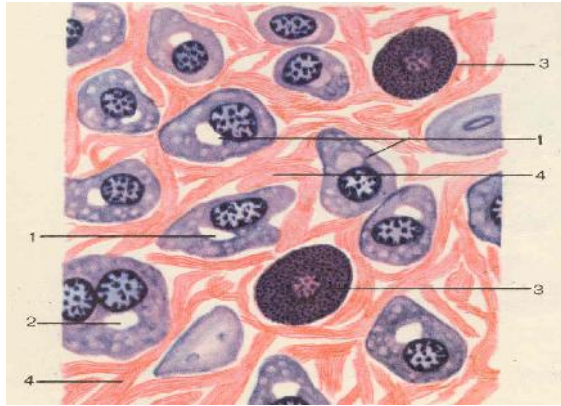


ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილი

ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილი შედგება დიდი რაოდენობით სხვადასხვაგვარი **უჯრედოვანი ელემენტისაგან** და **უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან**, რომელიც შეიცავს ძირითად **ამორფულ ნივთიერებებსა** და მასში ფაშარად განლაგებულ, სხვადასხვა მიმართულებით **მიმავალ ბოჭკოებს** (სურ. 35, 36). ეს ქსოვილი ყველგან თან სდევს სისხლძარღვებს. მისი მეშვეობით მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლა სისხლსა და ორგანოების უჯრედებს შორის. იგი შედის ყველა ორგანოს შემადგენლობაში, ქმნის მათ სტრომას და უზრუნველყოფს ორგანიზმის სტრუქტურულ მთლიანობას. მიუხედავად მისი საერთო აგებულებისა, სხვადასხვა ორგანოს ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილი განსხვავდება აგებულების დეტალებისა და ფუნქციის მიხედვით.



სურ. 35. ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილი. არაუჯრედული სტრუქტურები ფაშარ შემაერთებელ ქსოვილში. 1- კოლაგენური კონები; 2- ელასტიკური ბოჭკოები; 3- უჯრედშორისი ძირითადი ნივთიერება.



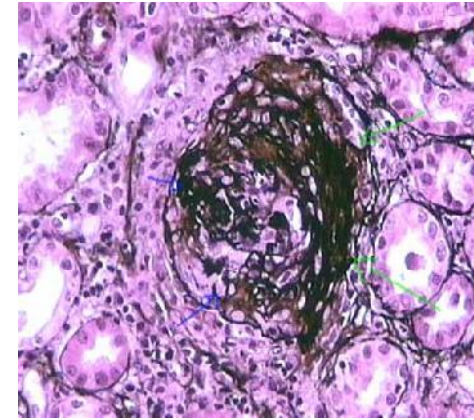
სურ. 36. ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი (თაგვის ნუშურიდან). 1-პლაზმური უჯრედები; 2-ორბირთვიანი პლაზმური უჯრედი; 3-დრუბლისებური უჯრედები (ლაბროციტები); 4-კოლაგენური ბოჭკოები.

უჯრედშორისი ნივთიერება

შემაერთებული ქსოვილის უჯრედშორისი ნივთიერება შედგება **კოლაგენური, ელასტიკური და რეტიკულური ბოჭკოებისა და ძირითადი ნივთიერებისაგან.**

ბოჭკოები გრძელი, ცილოვანი პოლიმერებია. ისინი სხვადასხვა სახის შემაერთებელ ქსოვილში სხვადასხვა თანაფარდობით გვხვდება.

კოლაგენური ბოჭკოები (ბერძ. kola-წებო, genos-გვარი) შედის სხვადასხვა სახის შემაერთებელი ქსოვილის შემადგენლობაში (სურ. 37). ისინი შედგება პარალელურად განლაგებული, ერთმანეთთან მაცემენტებული ნივთიერებით დაკავშირებული **ფიბრილების** კონებისაგან. ბოჭკოების სისქე დამოკიდებულია ფიბრილების რიცხვზე. თითოეული ფიბრილა რამდენადმე დაკლავნილია. თითოეული მათგანი შედგება



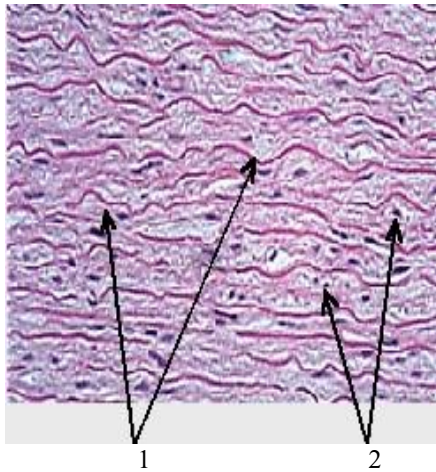
სურ. 37. კოლაგენური ბოჭკოები

რამდენიმე **პროტოფიბრილისაგან – ბოჭკოვანი ცილის მოლეკულების აგრეგატებისაგან – კოლაგენისაგან.** თუ შემაერთებელ ქსოვილს დავამუშავებთ ბარიტიანი ან კირიანი წყლით, ეს მწებავი ნივთიერება იხსნება და ფიბრილები ადვილად შესამჩნევი გახდება. ქსოვილის მოხარშვისას ბოჭკოები ჯერ ჯირჯვდება, შემდეგ იხსნება და წებოდ გარდაქმნება. ამასეა დამოკიდებული ცხოველთა კანიდან წებოს მიღება. კოლაგენური ბოჭკოები გამოირჩევა ნაკლები ჭიმვადობითა და გახლენისადმი დიდი სიმტკიცით. იგი შემაერთებელი ქსოვილის მექანიკური საფუძველია. კოლაგენის მოლეკულა შეიცავს დიდი რაოდენობით ისეთ ამინომჟავებს, როგორცაა: გლიკოკოლი (გლიცინი), პროლინი და ოქსიპროლინი, გლუტამინისა და ასპარაგინის მჟავები. გოგირდშემცველ ამინომჟავებს კი მცირე რაოდენობით შეიცავს. მასში ტრიფტოფანი და ცისტეინი უმნიშვნელო რაოდენობითაა. კოლაგენური ბოჭკოების შემადგენლობაში შემავალი ნახშირწყლოვანი კომპონენტის როლი არ არის საკმარისად შესწავლილი, თუმცა, არის მონაცემები კოლაგენური კონების წარმოქმნაში მისი მაცემენტებელი როლის შესახებ.

კოლაგენი ადამიანის ორგანიზმში მშრალი წონის დაახლოებით 30%-ს შეადგენს. სხვადასხვა ტიპის კოლაგენიდან ორგანიზმის კოლაგენის უმეტესობა (90%-მდე) I, II და III

ტიპის კოლაგენია. ყველაზე მეტი რაოდენობით ორგანიზმში I ტიპის კოლაგენი გვხვდება. იგი ქმნის მსხვილ კოლაგენურ ბოჭკოებს, რომლებიც ძვლის, კანის დერმის, დენტინის, მყესების, ორგანოთა კაფსულების შემადგენლობაში შედის, II ტიპის კოლაგენი ჰიალინურ და ელასტიკურ ხრტილში გვხვდება, III ტიპის კოლაგენი კი შედის რეტიკულური ბოჭკოების შემადგენლობაში. IV ტიპის კოლაგენი არ ქმნის არც ფიბრილებს და არც ბოჭკოებს. იგი გვხვდება ბაზალური მემბრანის შემადგენლობაში. დანარჩენი კოლაგენის ტიპები მატრიქსის კომპონენტების დამაკავშირებელ ფუნქციას ასრულებს.

ელასტიკური ბოჭკოები (სურ. 38). კოლაგენური ბოჭკოებისაგან განსხვავებით, ელასტიკური ბოჭკოები ფაშარბოჭკო



სურ. 38. 1-ელასტიკური ბოჭკოები; 2- ფიბრობლასტები.

ვან უფორმო შემაერთებელ ქსოვილში ურთიერთშორის ფართო ანასტომოზებს (ბერძნ. შეერთება) – ხან მეტად, ხან კი ნაკლებად ფართომარყუოვან ბადეს ქმნის. ელასტიკური ელემენტებიდან მნიშვნელოვანია ცილა **ელასტინი**. კოლაგენთან შედარებით, ეს ცილა შეიცავს დიდი რაოდენობით ისეთ ამინომჟავებს, როგორცაა: გლიკოკოლი (გლიცინი), ლეიცი-

ნი, თიროზინი, ფენილალანინი, ვალინი და მნიშვნელოვნად ნაკლები რაოდენობით: ოქსიპროლინი, არგინინი, სერინი, ჰისტიდინი, ლიზინი, გლუტამინისა და ასპარაგინის მჟავები და სხვა.

ცილა ელასტინი კომპლექსურ ნაერთს ქმნის სულფატირებულ მუკოპოლისაქარიდებთან. მისი მოლეკულები უმეტესად გარკვეული ორიენტაციის გარეშეა განლაგებული, როგორც რეზინში. ეს განსაზღვრავს, სწორედ, ამ ბოჭკოების თვისებებს. ელასტიკური ბოჭკოების შიგნით განივად ღაღდება წვრილი ბოჭკოები – პროტოფიბრილები, რომლებიც ზოგჯერ სპირალის მსგავსად იკლაკნება, მაგრამ სუბმიკროსკოპული განივი დახაზულობა არ აქვს.

ელასტიკური ბოჭკოები გამოირჩევა დიდი ჭიმვადობითა და გახლეჩისადმი ნაკლები სიმტკიცით, ვიდრე კოლაგენური ბოჭკოები (იმ ადგილებს, რომლებიც ელასტიკურ ბოჭკოებს დიდი რაოდენობით შეიცავს, ამ ბოჭკოებისთვის დამახასიათებელი წითელი ფერი აქვთ). ელასტიკური ბოჭკოები წვრილი, დატოტვილი და ძლიერ შუქმტეხი ბოჭკოებია. გვხვდება სანერწყვე ჯირკვლებში, დერმაში.

რეტიკულური ბოჭკოები ვლინდება ვერცხლით იმპრეგნაციის დროს, შავი წვრილი ბოჭკოების სახით. ვერცხლის მარილების მიმართ მიდრეკილების გამო მათ არგიფილურ ბოჭკოებსაც უწოდებენ. ისინი განლაგებულია სხვადასხვა მიმართულებით და ნაზ ბადეს ქმნის. რეტიკულური ბოჭკოები შედის გლუვ კუნთში, ღვიძლში, ლიმფური კვანძების, ელენთის, ძვლის ტვინისა და სხვა ორგანოთა სტრომის შემადგენლობაში. ისინი ხშირ ბადეს ქმნის ბაზალურ მემბრანაზე, რომლითაც ეპითელიუმი გამოყოფილია ქვეშმდებარე შემაერთებელი ქსოვილისაგან. ასეთივე ბადეს ქმნის ისინი სისხლძარღვების, განსაკუთრებით – კაპილარების ირგვლივაც, კუნთოვანი ბოჭკოებისა და ნერვული ბოჭკოების, ცხიმოვანი უჯრედების ირგვლივ, ფილტვის რესპირატორულ ნაწილებში.

რეტიკულურ ბოჭკოებში **რეტიკულინისა** და **კოლაგენის** ამინომჟავური შედგენილობა ერთნაირია, პროლინისა და ოქ-

სიპროლინის გამოკლებით, რომლებიც რეტიკულინში ნაკლებია, ცისტინი კი მომატებულია.

რეტიკულური ბოჭკოებისათვის დამახასიათებელია ლიპიდების მაღალი კონცენტრაცია, მუკო- და გლიკოპროტეინების ტიპის პოლისაქარიდების შემცველობა. ჰიალურონის ტიპის მჟავა მუკოპოლისაქარიდები, და ქონდროთინსულფატები კი არ არის. რეტიკულური ბოჭკოები შედგება ორი, ერთმანეთთან შეკავშირებული სტრუქტურისაგან: მაცემენტბელი ნივთიერებისა და მიკროფიბრილებისაგან. რეტიკულური ბოჭკოებში პერიოდული განივი დახაზულობა ჩანს. ამ ბოჭკოებს კოლაგენურ და ელასტიკურ ბოჭკოებს შორის ჭიმვადობის შუალედური უნარი ახასიათებს.

როგორც აღნიშნული იყო, რეტიკულური ბოჭკოები შეიცავს III ტიპის კოლაგენს, ე. ი. იმავე ცილას, რომელიც კოლაგენური ფიბრილების საფუძველია.

ძირითადი ნივთიერება

ლაბისებური გარემოა, რომლითაც ამოვსებულია შემავრთებელი ქსოვილის უჯრედებსა და ბოჭკოებს შორის სივრცე. მისი სტრუქტურული გლიკოპროტეინებისა და პროტეოგლიკანების ნარევი უჯრედებსა და ბოჭკოებს ერთმანეთთან აკავშირებს. ძირითადი ნივთიერება მონაწილეობს სისხლსა და უჯრედებს შორის მეტაბოლიტების ტრანსპორტში.

ძირითად ნივთიერების შემადგენლობაში შედის მაღალმოლეკულური მჟავა მუკოპოლისაქარიდები (გლიკოზამინგლიკანები) – ჰიალურონის მჟავა, ქონდროთინგოგირდის მჟავა, ჰეპარინი, რომლებიც მეტ-ნაკლებად მჭიდროდაა დაკავშირებული ცილებთან. ეს ქიმიური კომპონენტები გამოიყოფა, როგორც უჯრედებიდან (ფიბრობლასტები, პოხიერი უჯრედები, ენდოთელიუმი), ისე სისხლის პლაზმისაგან. შემავრთებელი ქსოვილის სხვადასხვა უბანში ძირითადი ნივთიერება სხვადასხვა რაოდენობისაა. კაპილარებთან და წვრილ სისხლძარღვებთან ახლოს, რომლებიც ცხიმოვან შრეებს შეიცავს ან რეტიკულური უჯრედებით მდიდარ ქსოვილებში ძირითადი ნივთიერება ცოტაა, ხოლო სხვა წარმო-

შობის ქსოვილების საზღვარზე, მაგალითად, ეპითელიუმთან ბევრია. აქ ისინი რეტიკულურ ბოჭკოებთან ერთად მოსაზღვრე ბაზალურ მემბრანებს ქმნის. ძირითადი ნივთიერების მდგომარეობა შეიძლება შეიცვალოს თხიერიდან ჟელესებრამდე.

ფერმენტ ჰიალურონიდაზას ზეგავლენით შეიძლება მიმდინარეობდეს ძირითადი ნივთიერების დეპოლიმერიზაცია. ჰიალურონიდაზას გამომყოფი ბაქტერიების შეჭრის დროს მცირდება ძირითადი ნივთიერების წებოვნება. მატულობს მისი შეღწევადობა და ძირითადი ნივთიერება კარგავს ფიზიოლოგიური ბარიერის ფუნქციას. C – ავიტამინოზის (სურავანდის) დროს იცვლება მისი თვისებები: მატულობს წყალში ხსნადობა, ჰექსოზამინის შემცველობა, სისხლძარღვთა შეღწევადობა, კოლაგენური ბოჭკოები არ წარმოიქმნება. ასკორბინის მჟავას შეყვანა განაპირობებს ძირითადი ნივთიერების ჟელატინიზაციას და აჩქარებს ფიბრილთა წარმოქმნას (ფიბრილოგენეზს).

შემავრთებელი ქსოვილის უჯრედოვანი ელემენტები

ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემავრთებელი ქსოვილი მდიდარია უჯრედებით (სურ. 39; დანართი): მცირედ დიფერენცირებული უჯრედები, ფიბრობლასტები, მაკროფაგები, პლაზმური, პოხიერი, ცხიმოვანი, პიგმენტური, რეტიკულური და ენდოთელური უჯრედები. გვხვდება აგრეთვე ლეიკოციტებიც.

მცირედ დიფერენცირებული უჯრედები. ზოგიერთი ავტორი მათ კამბიალურ უჯრედებს უწოდებს. მათ მცირედ დიფერენცირების გამო შენარჩუნებული აქვთ სხვა უჯრედოვან ფორმებად გარდაქმნის უნარი, რასაც ადგილი აქვს ზრდასრულ ორგანიზმში შემავრთებელი ქსოვილის უჯრედების სიკვდილის შემთხვევაში (შევსება, ნაწილობრივ, მკვდარი უჯრედების მსგავსი უჯრედების გამრავლების ხარჯზე ხდება). ასეთ ელემენტებს აკუთვნებენ ე. წ. **ადვენტიციურ ანუ პერივასკულურ უჯრედებს**, რომლებიც სისხლძარღვთა კაპილარების გასწვრივაა განლაგებული. ისინი წავრძელებუ-

ლი, ზოგჯერ კი თითისტარისებური ფორმისაა, ცენტრში მომრგვალო ან ოვალური ნათელი ბირთვია. ისინი წარმოადგენს საკუთრივ შემაერთებული ქსოვილის, მყესების, ხრტილისა და სხვა უჯრედოვანი ელემენტების ადგენის წყაროს. მცირედ დიფერენცირებულ ელემენტებს მიაკუთვნებენ აგრეთვე პრიმიტიულ რეტიკულურ უჯრედებს, ღეროვან უჯრედებს და სხვადასხვა ზომის ლიმფოციტებს.

მცირედ დიფერენცირებული უჯრედების გარდაქმნა სხვა ფორმიან ელემენტებად მიმდინარეობს არა მარტო შემაერთებული ქსოვილის ფიზიოლოგიური რეგენერაციის პირობებში, არამედ ზოგიერთი პათოლოგიური მდგომარეობის დროსაც. ეს პროცესი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ორგანიზმის ადაპტაცია ახალ საარსებო გარემოსთან. მაგალითად, ანთების კერაში ადვენტიციური და რეტიკულური უჯრედები შეიძლება გარდაიქმნას თავისუფალ მაკროფაგებად, ანთების უფრო გვიან სტადიებზე კი – ფიბრობლასტებად და სხვა ელემენტებად. როცა მეტ-ნაკლებად მსხვილი არტერიების გადაკვანძვის შედეგად ვითარდება გვერდითი (კოლატერალური) სისხლის მიმოქცევა, ადვენტიციური უჯრედები დასაბამს აძლევს გლუვკუნთოვან უჯრედებს.

ფიბრობლასტები (ლათ. fibra – ბოჭკო, ბერძნ. blastos – ნერგი, ჩანასახი). ძუძუმწოვრებისა და ადამიანის შემაერთებული ქსოვილის უჯრედების ყველაზე მრავალრიცხოვანი ჯგუფია. მათ მაღალი სინთეზური აქტივობა ახასიათებთ. ისინი ბრტყელი უჯრედებია, პროფილში თითისტარისებური ფორმა აქვთ. კანქვეშა შემაერთებულ ქსოვილში მათ მორჩები აქვთ, ბირთვები მკვეთრად იღებება. ისინი შეიცავს 1-2 ან რამდენიმე ბირთვაკს, ციტოპლაზმა შეიცავს ვაკუოლებს, სხვადასხვა დიამეტრის გრანულებსა და ორგანოლებს: გოლჯის კომპლექსს, რიბოსომებს, ენდოპლაზმურ ბადეს. მიტოქონდრიების რაოდენობა დიდი არ არის, გვხვდება ლიზოსომები. ნორმის შემთხვევაში ფიბრობლასტებს უმნიშვნელო მოძრაობის უნარი აქვთ. გაღიზიანებისას მოძრაობის უნარი მატულობს. ფიბრობლასტებს აქვთ როგორც მიტოზური, ასევე ამიტოზური გზით გაყოფის უნარი. ისინი შეიძლება წარ-

მოიქმნას მცირედ დიფერენცირებული (ღეროვანი) უჯრედებისაგან, რომლებიც ძვლის წითელი ტვინიდან მოაქვს სისხლს. ვარაუდობენ, რომ ფიბრობლასტები შეიძლება განვითარდეს მაკროფაგებიდან (ქსოვილთა კულტურაში). ფიბრობლასტები, რომლებიც დაასრულებენ განვითარების ციკლს, გარდაქმნის უნარს კარგავენ. მათ **ფიბროციტები** ეწოდებათ. ფიბრობლასტები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შემაერთებულ ქსოვილში. მათ ცხოველმყოფელობასთანაა დაკავშირებული ძირითადი ნივთიერებისა და ბოჭკოების წარმოქმნა, რამდენადაც ისინი ასინთეზებენ კოლაგენს, ელასტინს, გლიკოზამინოგლიკანებს, გლიკოპროტეინებს. ფიბრობლასტები შეიცავს ფერმენტ კოლაგენაზას, რომლის მოქმედებითაც უჯრედის მიერ გამომუშავებული კოლაგენური ცილების ნაწილი იშლება ციტოპლაზმის ფარგლებში.

პათოლოგიურ მდგომარეობაში ფიბრობლასტები მონაწილეობს ჭრილობის დახურვაში, ნაწიბუროვანი ქსოვილის განვითარებაში, უცხო სხეულის გარშემო შემაერთებულ ქსოვილოვანი კაფსულის წარმოქმნაში და სხვა. მოზრდილ ორგანიზმში მათში პროლიფერაციული აქტივობა მაღალი არ არის, მაგრამ შემაერთებული ქსოვილის დაზიანების შემთხვევაში აქაც აღინიშნება მიტოზის მდგომარეობაში მყოფი უჯრედების გამომჩენა.

მაკროფაგები. მაკროფაგებს მიაკუთვნებენ უჯრედებს, რომლებსაც აქვს ფაგოციტოზისა და შთანთქმული ნაწილაკების გადამუშავების, აგრეთვე შეწონილი კოლოიდური ნივთიერებების დაგროვებისა და ციტოპლაზმაში მარცვლების სახით განლაგების უნარი. არჩევენ მაკროფაგებს „მოსვენებით“ მდგომარეობაში (მკვიდრ მაკროფაგებს) – *ჰისტოციტებს* და *მოხეტიალე მაკროფაგებს* (თავისუფალ ანუ ცთომილ მაკროფაგებს). მაკროფაგები დიდი რაოდენობით გვხვდება სისხლძარღვებით მდიდარ უბნებსა და ცხიმოვანი უჯრედების დაგროვების ადგილებში. ბევრი მაკროფაგია სტრომასა და სხვადასხვა ორგანოს კაფსულაში, განსაკუთრებით ანთების დროს (თავისუფალი მაკროფაგები).

მაკროფაგებს აქვთ ამეზოციტური მოძრაობის უნარი. მაკროფაგები სხვადასხვაგვარი უჯრედებია: მრგვალი, წაგრძე-

ლებული და არასწორი ფორმის. მათი საზღვრები ყოველთვის მკვეთრადაა გამოხატული, კიდეები კი არასწორია. მაკროფაგების უჯრედის გარსს უვითარდება სხვადასხვაგვარი ღრმა ნაოჭი, რომლებიც ზოგჯერ ძლიერ დატოტიანებულია და მიკროხალებს ქმნის, რომელთა მეშვეობითაც ისინი უცხო ნაწილაკებს წარიტაცებენ. მაკროფაგები ერთ ბირთვის შეიცავენ. არსებობს მრავალბირთვიანებიც. ბირთვი მცირე ზომისაა, მუქი, მომრგვალო, ოვალური ან ლობიოსებური ფორმის. შეიცავს ქრომატინის მსხვილ ბელტებს, ამიტომაც ბირთვაკი მკვეთრად არაა გამოხატული. ციტოპლაზმა ბაზოფილურია, მდიდარია წვრილი გრანულებით, ვაკუოლებითა და პინოციტოზური ბუშტუკებით, ციტონონჩხის ელემენტებით – მიკრომილაკებითა და მიკროფილამენტებით. ციტოპლაზმა შეიცავს ენდოპლაზმურ ბადეს, მიტოქონდრიებს, გოლჯის კომპლექსს, ლიზოსომებს, აგრეთვე ფაგოსომებს შთანთქმული ნაწილაკების დაშლის პროდუქტებით (ე.წ. „მომწელებელი“ ვაკუოლები). თავისუფალი მაკროფაგები წარმოიქმნება სხვადასხვა წყაროდან: ჰისტოციტებიდან, შემაერთებული ქსოვილის მცირედ დიფერენცირებული უჯრედებიდან, მონოციტებიდან, ლიმფოციტებიდან და ღეროვანი სისხლმზადი უჯრედებიდან.

მაკროფაგების პლაზმურ მემბრანაზე 2 მლნ-მდე იმუნოგლობულინის (ანტისხეულის) რეცეპტორია. გარდა ამისა, იგი კომპლემენტის C3 ფრაგმენტის რეცეპტორებსაც შეიცავს. კომპლემენტი სისხლის პლაზმის ცილაა, რომელიც ღვიძელში სინთეზდება. კომპლემენტი და იმუნოგლობულინები ბაქტერიის ზედაპირს უკავშირდება, რითაც ამ უკანასკნელს ფაგოციტოზისათვის ადვილად ხელმისაწვდომს ხდის. მაკროფაგი თავისი რეცეპტორების მეშვეობით ბაქტერიის ზედაპირზე შესაბამის ლიგანდებს (იმუნოგლობულინებს, კომპლემენტის C3 ფრაგმენტს) თანმიმდევრულად უკავშირდება და შემოსახლვრავს ბაქტერიას. ბაქტერია პლაზმალემას გამოეყოფა მემბრანული ვაკუოლით და ციტოპლაზმაში უკავშირდება ლიზოსომას, რითაც იწყება მონელების პროცესი.

ფაგოციტოზის გარდა, მაკროფაგებში სინთეზდება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები: სიმსივნის ნეკროზის

ფაქტორი, გრანულოციტისა და მონოციტების კოლონიის მასტიმულირებელი და სხვა, რომლებიც ორგანიზმის იმუნურ სისტემაზე სხვადასხვა გავლენას ახდენს. გარდა ამისა, მაკროფაგების პლაზმური მემბრანა ციტოკინების (მაგ., გამა-ინტერფერონი) რეცეპტორებს შეიცავს. მათი ზემოქმედებით ხდება T ლიმფოციტების გააქტივება – მაკროფაგები თვითონ იწყებენ აქტიურ ნივთიერებათა წარმოქმნას და ისინი ბაქტერიული, სოკოებით ან ვირუსული ინფექციებისა თუ პარაზიტებით ინვაზიის საწინააღმდეგო იმუნური პასუხისა და ანტიმსივნური უჯრედული რეზისტენტობის ჩამოყალიბებაში მონაწილეობენ. გარდა ამისა, ისინი მონაწილეობენ რკინისა და ცხიმების ცვლაში, დაბერებული ერთორციტების მეტაბოლიზმში და სხვა.

მაკროფაგებთან მჭიდროდაა დაკავშირებული სხვა უჯრედებიც, რომელთაც ფაგოციტოზის უნარი აქვთ. მაკროფაგები დიდ როლს ასრულებს სისხლიდან შემაერთებულ ქსოვილში შეღწეული ცილოვანი მოლეკულების შთანთქმასა და ამინომჟავებად დაშლაში. ისინი მონაწილეობენ ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის ძირითადი ნივთიერების კვლავწარმოქმნის პროცესში, აგრეთვე, იმუნიტეტის ჩამოყალიბებაში. მათში მიკროორგანიზმები ისპობა, ტოქსიკური ნივთიერებები ნეიტრალიზდება.

მაკროფაგების წარმოქმნა რამდენიმე ეტაპად მიმდინარეობს. ღეროვანი უჯრედები ძვლის წითელ ტვინში მდებარეობს. ისინი აქ მრავლდება და გარდაიქმნება მონოციტებად. მონოციტები ძვლის ტვინიდან გადადის სისხლში, საიდანაც შედის შემაერთებულ ქსოვილში. აქ მომწიფდება და მაკროფაგად გარდაიქმნება. მაკროფაგებს აქვთ შემაერთებულ ქსოვილში გამრავლების უნარი. მაკროფაგები ორგანიზმში ყველგან გვხვდება და იგი ქმნის რეტიკულო-ენდოთელურ სისტემას ანუ მონონუკლეური ფაგოციტების სისტემას. მასში არჩევენ ორი ტიპის უჯრედებს: „პროფესიულ“ მაკროფაგებს და ანტიგენწარმდგენ უჯრედებს. „პროფესიული“ მაკროფაგები ასორციელებენ კორპუსკულური ანტიგენის ფაგო-

ციტოზს, ანტიგენწარმდგენი უჯრედები შთანთქავენ ანტიგენს, გარდაქმნიან მას და წარუდგენენ T ლიმფოციტს.

მონონუკლეური ფაგოციტების სისტემას მიეკუთვნება: სისხლის მონოციტები, შემაერთებული ქსოვილის მკვიდრი მაკროფაგები, ღვიძლის კუპფერის უჯრედები, თირკმლის მეზანგიოციტები, ოსტეოკლასტები, სეროზული გარსების მაკროფაგები, ალვეოლური მაკროფაგები, მიკროგლიის უჯრედები, ელენთისა და ლიმფური კვანძების სინუსების მაკროფაგები.

პლაზმური უჯრედები. პლაზმური უჯრედები გვხვდება ნაწლავის ბადექონის ღორწოვანი გარსის საკუთარი შრის ფაშარ ბოჭკოვან უფორმო შემაერთებელ ქსოვილში, სხვადასხვა ჯირკვლის (სარძევე, სანერწყვე და სხვა) ინტერსტიციულ შემაერთებელ ქსოვილში, ლიმფურ კვანძებში, ძვლის ტვინში. ზოგიერთი პათოლოგიური პროცესის (ქრონიკული ანთება) დროს პლაზმური უჯრედების რაოდენობა მკვეთრად მატულობს. პლაზმური უჯრედები დიდი ზომის მომრგვალო ან ოვალური ფორმის უჯრედებია. ბირთვები შედარებით მცირეა, სფეროს ფორმის. ციტოპლაზმა მკვეთრად ბაზოფილურია, რაც დაკავშირებულია რნმ-ას დიდი რაოდენობით შემცველობასთან. შეიცავს დიდი რაოდენობით ენდოპლაზმური ბადის არხებს, ცენტრიოლებს და გოლჯის კომპლექსს.

არჩევენ **მწიფე** და **უმწიფარ** პლაზმურ უჯრედებს. *მწიფე* უჯრედებში მარცვლოვან ენდოპლაზმურ ბადეს აქვს პარალელური მიმართულება, მემბრანებს შორის ნაპრალისებრი სივრცეები. ე.წ. *უმწიფარ* პლაზმოციტებს აქვს ვაკუოლური ტიპის კარგად განვითარებული ენდოპლაზმური ბადე, რომელიც ცილოვანი ნივთიერებებითაა ამოვსებული. ისინი ყველაზე უფრო აქტიური უჯრედებია. ციტოპლაზმა შეიცავს აგრეთვე მუკოპოლისაქარიდებსაც. გვხვდება გლობულინები და პოლისაქარიდებიანი გლობულინების კომპლექსიც. პლაზმური უჯრედები დიფერენცირდება ძვლის წითელი ტვინის ღეროვანი სისხლმბადი უჯრედებიდან – B ლიმფოციტებისაგან და მონაწილეობს ანტისხეულების სინთეზში. პლაზმური

უჯრედების კვლავწარმოქმნა ანტიგენის შეხვედრის შემდეგ 5-7 დღის განმავლობაში მიმდინარეობს.

პლაზმური უჯრედები დიდ როლს ასრულებს ორგანიზმის დამცველობით რეაქციებში. პლაზმურ უჯრედებში გამოშვებულია სისხლის პლაზმის გლობულინები.

პლაზმური უჯრედები იშვიათად იყოფა. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა 10-20 დღეა.

პოხიერი უჯრედები. ეს უჯრედები ყველგანაა, სადაც ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილის ჩანაფენებია, განსაკუთრებით ბევრია ისინი მკერდუკანა ჯირკვალში, ნუშებში, ენაში, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, საშვილოსნოში, სარძევე ჯირკვლებში. ისინი ხშირად ჯგუფურადაა განლაგებული სისხლძარღვების – კაპილარების, არტერიოლების, ვენულებისა და წვრილი ლიმფური ძარღვების გასწვრივ. პოხიერი უჯრედები მრგვალი ან ოვალური ფორმის უჯრედებია, ზომა სხვადასხვაგვარია, აქვთ მოკლე და განიერი ან რამდენადმე წაგრძელებული მორჩები. პოხიერ უჯრედებს აქვთ ამეზოიდური მოძრაობის უნარი, ამიტომაც მათი ზომა და ფორმა ცვალებადია. ბირთვი დიდი არ არის. იგი მომრგვალო ან ოვალურია, მჭიდროდ განლაგებული ქრომატინით. გვხვდება ორბირთვიანი უჯრედებიც. პოხიერი უჯრედების გრანულები შეიცავს ჰეპარინს, და C ტიპის ქონდრიოთინგოგირდმუავას, ჰიალურონის მუავას, ჰისტამინს, ზოგიერთ ცხოველში – სეროტონინსაც. პოხიერი უჯრედების ორგანელები (მიტოქონდრიები, ფირფიტოვანი კომპლექსი, ენდოპლაზმური ბადე) სუსტადაა განვითარებული. ციტოპლაზმაში ვლინდება ფერმენტები: ლიპაზა, მუავა და ტუტე ფოსფატაზა, ჰისტიდინდეკარბოქსილაზა, პეროქსიდაზა, ციტოქრომოქსიდაზა, ადენოზინტრიფოსფატაზა და სხვა. აგრეთვე მუკოპოლისაქარიდები და პოლისაქარიდების კომპლექსები ლიპოიდური ნივთიერებებითა და ციალის მუავათი.

პოხიერი უჯრედების რაოდენობა იცვლება ორგანიზმის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის შესაბამისად: მატულობს საშვილოსნოსა და სარძევე ჯირკვლებში ორსულობის პერი-

ოდში, ხოლო კუჭში, ნაწლავებსა და ღვიძლში – საჭმლის მონელების პროცესში.

პოხიერი უჯრედების მთავრი ფუნქცია ანტიანთებითი ქიმიური მედიატორების სინთეზი და დაგროვებაა. ზოგი მეცნიერის აზრით, ისინი ჰისტამინის, სეროტონინის, ჰეპარინის ტიპის მაღალაქტიური ნივთიერებების გამომყოფი უჯრედებია. ზოგი ავტორი კი, პირიქით, ამტკიცებს ამ უჯრედების მიერ ნივთიერებათა შთანთქმისა და მათი ინაქტივაციის უნარს. პოხიერი უჯრედები მონაწილეობს შემაერთებული ქსოვილის ძირითადი ნივთიერების წარმოქმნაში და არეგულირებს უჯრედშორისი ნივთიერების შედგენილობას. შემაერთებული ქსოვილის პოხიერი უჯრედების ციტოპლზმაში არის პროტეოგლიკანი *ჰეპარინი* (ანტიკოაგულანტი), რომელიც უზრუნველყოფს სისხლის შედელების თავიდან აცილებას. ლორწოვანი გარსის პოხიერი უჯრედების გრანულები კი ჰეპარინის ნაცვლად შეიცავს ქონდროთინგოგირდმჟავას. პოხიერი უჯრედების ფუნქციად მიაჩნიათ აგრეთვე ლიპიდებისა და არტერიების კედლებში სხვა ნივთიერებათა დაგროვების უნარი.

პოხიერი უჯრედები ძვლის წითელი ტვინის ღეროვანი სისხლმბადი უჯრედებისაგან წარმოიქმნება.

პოხიერი უჯრედების ზედაპირზე არის სპეციალური რეცეპტორები იმუნოგლობულინ E-სათვის. ისინი ძირითადად სისხლისა და ქსოვილოვანი ბაზოფილების ზედაპირს უკავშირდება, სისხლის პლაზმაში თავისუფალი სახით კი მცირე რაოდენობითაა. პოხიერ უჯრედებში დაგროვილი ნივთიერებების გამოყოფა ალერგიას იწვევს. ფილტვების პოხიერი უჯრედებიდან ჭარბი რაოდენობით გამოყოფილი ლეიკოტრენები იწვევს ბრონქოსპაზმს (ასთმას).

ცხიმოვანი უჯრედები (ადიპოციტები). ნეიტრალური ცხიმის წვეთები შემაერთებული ქსოვილის სხვადასხვა უჯრედში გვხვდება. მაგრამ ცხიმოვანი უჯრედები ეწოდება მხოლოდ იმ უჯრედებს, რომელთაც სამარაგო ცხიმის დაგროვების უნარი აქვთ. ცხიმოვანი უჯრედები ფაშარ ბოჭკოვან უფორმო შემაერთებულ ქსოვილში ჯგუფად გვხვდება, იშვია-

თად – თითო-თითოდ და, როგორც წესი, განლაგებული არიან სისხლძარღვებთან ახლოს. ისინი აძევენ სხვა უჯრედებს, თავად გროვებიან დიდი რაოდენობით და ქმნიან ცხიმოვან ქსოვილს. ისინი სფეროსებური ფორმისაა. ჩვეულებრივ, ცხიმოვანი უჯრედი შეიცავს ნეიტრალური ცხიმის ერთ დიდ წვეთს, რომელსაც უკავია უჯრედის მთელი ცენტრალური ნაწილი და გარშემოვლებულია თხელი ციტოპლაზმური არშით, რომლის გასქელებულ ნაწილში გვხვდება ბირთვი. გვხვდება უჯრედები 2-5 და მეტი ცხიმის წვეთითაც. ცხიმის ძირითადი მასა შედგება ტრიგლიცერიდების ნაერთებისაგან. მცირე რაოდენობით სხვა ლიპიდებიც გვხვდება: ქოლესტერინი, ფოსფოლიპიდები, თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები და სხვა. გვხვდება ფერმენტებიც, ტუტე ფოსფატაზებიც და სხვა.

ცხიმოვანი უჯრედების რაოდენობა მნიშვნელოვნად ცვალებადობს. ზრდასრული ადამიანის შემაერთებულ ქსოვილში ახალი ცხიმოვანი უჯრედები შეიძლება წარმოიქმნას გაძლიერებული კვების დროს. თუ ორგანიზმი საკმარისი რაოდენობით არ იღებს საკვებ ნივთიერებებს, ცხიმოვანმა უჯრედებმა შეიძლება დაკარგოს ცხიმი. მაშინ მატულობს მიტოქონდრიების რაოდენობა. ცხიმოვანი უჯრედები, როგორც წესი, წარმოიქმნება ადვენტიციური უჯრედებისაგან, რომლებიც სისხლის კაპილარებს სდევს თან. არც ფიბრობლასტებიდან მათი წარმოქმნაა გამორიცხული. ცხიმოვანი უჯრედები კანში ქმნის შრეს, რომელსაც აქვს თერმორეგულაციის, ასევე მექანიკური დაზიანებისაგან დაცვის ფუნქცია. ცხიმოვანი უჯრედები გამოიყენება შიმშილობის დროსაც. ცხოველები, რომლებიც ზამთრის ძილს ეძლევიან, სწორედ ამ გზით დაგროვილი ცხიმით იკვებებიან.

პიგმენტური უჯრედები. პიგმენტური უჯრედები გვხვდება მხოლოდ კანის იმ არეში, რომელიც ახლოსაა ანუსთან, აგრეთვე სათესლე პარკში, ძუძუს ღვრილებში. ბევრია თვალის სისხლძარღვოვან და ფერად გარსში. ისინი მოკლე, არამუდმივი ფორმის, მორჩებიანი, წაგრძელებული უჯრედებია. ციტოპლაზმა შეიცავს პიგმენტ მელანინის წვრილ მარცვლებს. ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, ღერძის ზედა შრე-

ებში განლაგებულ პიგმენტურ უჯრედებს ეპითელიუმიდან პიგმენტის წარმტაცებელი ფაგოციტების თვისებები აქვს. ასეთ უჯრედებს დერმული ქრომატოფორები ეწოდება, მაგრამ არის პიგმენტური უჯრედები, რომლებიც თვითონ გამოიმუშავენ პიგმენტს. ესენია მელანობლასტები ან მელანოციტები.

ენდოთელური უჯრედები. მკვლევართა უმეტესობა ენდოთელურ უჯრედებს განიხილავს, როგორც მეზენქიმის წარმონაქმნებს, თუმცა ისინი ეპითელიუმს ემსგავსება.

ენდოთელიუმი უჯრედთა განუწყვეტელი შრეა, რომელიც სისხლძარღვებისა და ლიმფური ძარღვების შიგნითა ამონაფენია. ისინი სხვადასხვა ფორმისა და ზომის უჯრედებია, მეტწილად – ბრტყელი, სისხლძარღვების გასწვრივ განლაგებული, 1, 2, იშვიათად 3-ბირთვიანი. განლაგებული არიან ბაზალურ მემბრანაზე. ციტოპლაზმა შეიცავს ყველა ორგანოიდს, თუმცა ისინი სუსტადაა განვითარებული, გვხვდება პინოციტოზური ბუშტუკები და ვაკუოლები. ზოგიერთ მათგანში გამოვლინებულია ფილამენტები, რომლებიც ეპითელიუმის ტონოფიბრილების მსგავსია. ენდოთელური უჯრედების შეერთებისა და მათი მაცემენტებული ნივთიერების არსებობის საკითხი არასაკმარისადაა შესწავლილი. გვხვდება კრამიტისებურად დაშრეება, საკეტის ტიპით შეკავშირება და დესმოსომები.

ენდოთელიუმი მდებარეობს უჯრედთა აპიკალური ნაწილის გარშემომგლები სისხლძარღვის ორ გარემოსა და ბაზალური მემბრანის ქვეშ მოთავსებული შემაერთებული ქსოვილის საზღვარზე და დიფერენცირებულია პოლარულად. ფირფიტოვანი კომპლექსი, ჩვეულებრივ, მოთავსებულია ბირთვის ზემოთ უჯრედის იმ ნაწილში, რომელიც სისხლძარღვის სანათურისკენაა მიმართული. ეს მას მორფოლოგიურად ეპითელიუმს ამსგავსებს. ამიტომაც, ენდოთელიუმს თვლიან სისხლძარღვების ფუნქციონირების პირობებთან ადაპტირებული შემაერთებული ქსოვილის **განსაკუთრებულ სახედ**. ზოგიერთი მკვლევარი მიიჩნევს, რომ ენდოთელიუმი ქსოვილის დამოუკიდებელი სახეა ეპითელიუმსა და შემაერთებულ ქსოვილს შორის.

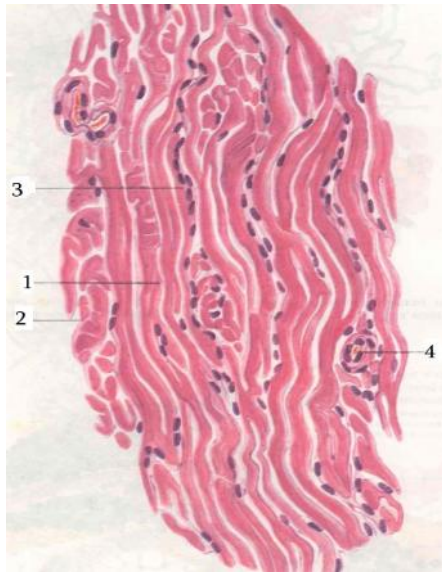
ენდოთელური უჯრედები კარგად რეგენერირებს.

ლეიოციტები. შემართებულ ქსოვილში ხშირად გვხვდება ლეიოციტები. ისინი აქ კაპილარებისა და ვენულების კედლის გავლით ხვდება. პროცესი აქტიურდება ანთებითი პროცესის დროს.

მკვრივი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი

მკვრივი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი დიდი რაოდენობით შეიცავს კოლაგენურ ბოჭკოებს. მკვრივ ბოჭკოვან შემაერთებულ ქსოვილში მნიშვნელოვნად დაბალია ძირითადი ნივთიერებების შემცველობა. მცირე რაოდენობითაა მასში უჯრედებიც. მკვრივი შემაერთებული ქსოვილი ნაკლებად დრეკადია, მაგრამ მეტი სიმტკიცით გამოირჩევა, ვიდრე ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი. ბოჭკოვანი სტრუქტურების განლაგების მიხედვით მკვრივი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი იყოფა მკვრივ უფორმო და მკვრივ ფორმიან შემაერთებულ ქსოვილად.

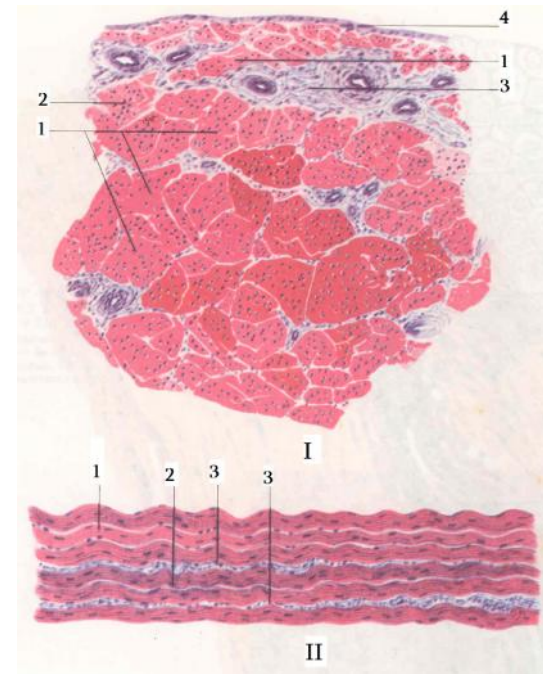
მკვრივი უფორმო ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილი შედგება შედარებით დიდი რაოდენობით მჭიდროდ განლაგებული შემაერთებულქსოვილოვანი ბოჭკოებისა (კოლაგენურ ბოჭკოთა კონებს შორის გვხვდება ელასტიკური ბოჭკოებიც) და ბოჭკოებს შორის უმნიშვნელო რაოდენობით უჯრედული ელემენტებისაგან – ძირითადად ფიბრობლასტებისაგან და, ასევე, მცირე რაოდენობით მაკროფაგებისაგან. მკვრივი უფორმო შემაერთებული ქსოვილის მაგალითია კანის დერმის ბადებრივი შრე (სურ. 40), იგი გვხვდება აგრეთვე ელენთის, ლიმფური კვანძებისა და ღვიძლის კაფსულებში. გარდა ამისა, იგი ქმნის სათესლის თეთრ გარსს, თავის ტვინის მაგარ გარსს და დიდი ნერვების შალითებს. ფაშარ და მკვრივ უფორმო შემაერთებულ ქსოვილს შორის მკვეთრი საზღვრის გაგლება არ შეიძლება, რადგანაც თანდათანობით იცვლება თანაფარდობა უჯრედებსა და უჯრედშორის ნივთიერებას შორის. იცვლება შემაერთებულქსოვილოვანი ბოჭკოების სისქეც.



სურ. 40. მკვრივი გაფორმებული შემაერთებელი ქსოვილი ადამიანის თითის კანის ბადისებრი შრიდან. 1 -კოლაგენური ბოჭკოების კონის სიგრძივი განაკვეთი; 2-კოლაგენური ბოჭკოების კონის განივი განაკვეთი; 3-ფიბროციტების ბირთვები; 4 –ფაშარი შემაერთებელი ქსოვილი სისხლძარღვებით.

მკვრივ ფორმიან ბოჭკოვან შემაერთებელ ქსოვილს ახასიათებს მისი შემადგენელი ნაწილების, პირველ რიგში, ბოჭკოების კონების გარკვეული წესით განლაგება. ცალკეულ შემთხვევაში ბოჭკოების განლაგება შეესაბამება იმ მექანიკურ პირობებს, რომლებშიც მოცემული ორგანო ფუნქციონირებს. ფორმიანი შემაერთებელი ქსოვილი გვხვდება იოგებსა და მყესებში, ფიბროზულ მემბრანებსა და ფირფიტოვან შემაერთებელ ქსოვილში (სურ. 41).

I



სურ. 41. მკვრივი გაფორმებული ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილი.

I - განივი განაკვეთი: 1-კოლაგენური ბოჭკოების კონა; 2- ფიბროციტები (მყესის ფრთისებური უჯრედები I რიგის კონებს შორის); 3-ფაშარი შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენი სისხლძარღვებით (ენდოტენონიუმი), რომელიც ერთმანეთისაგან გამოყოფს II რიგის კონებს; 4-გარეთა შემაერთებელქსოვილოვანი გარსი (პერიტენონიუმი) სისხლძარღვებით, რომელიც შემოსაზღვრავს III რიგის კონებს.

II - სიგრძივი განაკვეთი: 1-კოლაგენური ბოჭკოების კონა; 2- ფიბროციტები (მყესის უჯრედები); 3-ფაშარი შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენი (ენდოტენონიუმი), რომელიც შეიცავს სისხლძარღვებს II რიგის კონებს შორის.

მყესი წაგრძელებული ფორმის სტრუქტურაა. იგი კუნთებს აკავშირებს ძვალთან. შედგება კოლაგენური ბოჭკოების მსხვილი, მჭიდროდ განლაგებული კონებისაგან. ამ ბოჭკოებს შორის თხელი ელასტიკური ბადე და მცირე სივრცე-

ბია, რომლებიც ამოვსებულია ძირითადი ნივთიერებით. უჯრედებიდან მყესებში მხოლოდ ფიბროციტებია, რომლებიც განლაგებულია პარალელურ რიგებად, პარალელურად მდებარე ბოჭკოთა კონებს შორის სივრცეებში. ზედაპირიდან ფიბროციტები სწორკუთხა, სამკუთხა ან ტრაპეციის ფორმისაა, პროფილში – ჩხირისებური. ფიბროციტების თხელი ფირფიტოვანი მორჩები შედის ბოჭკოთა კონებს შორის სივრცეებში და მჭიდროდ ეხება მათ. მყესების კონათა ფიბროციტებს ხშირად **მყესის უჯრედებს** უწოდებენ.

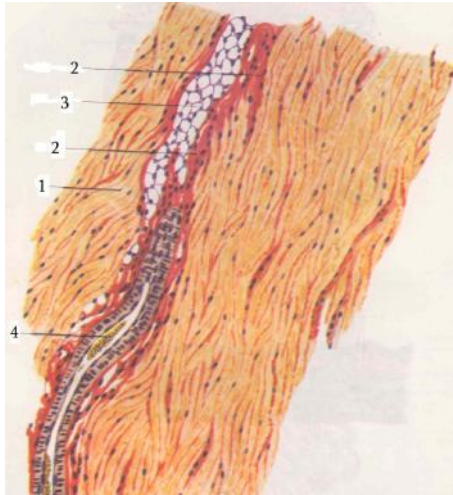
ამრიგად, მყესში კოლაგენური ბოჭკოების თითოეული კონა გამოყოფილია მეზობელი კონისაგან ფიბროციტების – მყესის უჯრედების შრით. ასეთ ბოჭკოებს **პირველი რიგის კონები** ეწოდება. პირველი რიგის კონათა ჯგუფები, რომელთაც გარს აკრავს ფაშარი ბოჭკოვანი უფორმო შემაერთებელი ქსოვილის თხელი ჩანაფენები, **მეორე რიგის** მყესოვანი კონებია. ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის ჩანაფენებს, რომლებიც ყოფენ მეორე რიგის კონებს, **ენდოტენონიუმი** ეწოდება. ეორე რიგის კონები **მესამე რიგის** კონებს ქმნიან, რომლებიც გამოყოფილია ფაშარი შემაერთებელი ქსოვილის უფრო მსხვილი ჩანაფენებით. მესამე რიგის კონათვით **მყესია**. მსხვილ მყესებში შეიძლება იყოს **მეოთხე** რიგის კონებიც. მკვრივ შემაერთებელქსოვილოვან გარსს, რომელიც მყესს გარედან ფარავს, **პერიტენონიუმი** ეწოდება. პერიტენონიუმსა და ენდოტენონიუმში გადის სისხლძარღვები, რომლებიც კვებავენ მყესებს, ნერვებსა და ნერვულ დაბოლოებებს, რომლებიც ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში გზავნიან სიგნალებს მყესის ქსოვილის დაჭიმულობის შესახებ. მკვრივ ფორმიან შემაერთებელ ქსოვილს აკებულებით მიეკუთვნება აგრეთვე ქედის იოგი, რომლის კონები მხოლოდ ელასტიკური ბოჭკოებისგანაა წარმოქმნილი.

ფიბროზულ მემბრანებს მიეკუთვნება ფასციები, ანევროზები, დიაფრაგმის მყესოვანი ცენტრები, ზოგიერთი ორგანოს კაფსულები, ხრტილსაზრდელა, ძვლისაზრდელა, ტვი-

ნის მაგარი გარსი, სკლერა, სათესლისა და საკვერცხის თეთრი გარსი და სხვა. კოლაგენური ბოჭკოები და ფიბრობლასტები მათში (ისინი ხან უფრო სქელი, ხან კი უფრო თხელი მკვრივი გაუჭიმვადი მემბრანებია) გარკვეული რიგით რამდენიმე შრედაა განლაგებული ერთმანეთზე. ფიბროზულ მემბრანაში არის ელასტიკური ბადე, რომელსაც ელასტიკური ბოჭკოები ქმნის.

ფირფიტოვანი შემაერთებელი ქსოვილი გვხვდება მცირე ორგანოების გარსებში (ნერვი, კაფსულიანი ნერვული დაბოლოებანი და სხვა). ისინი შედგება ერთმანეთთან კონცენტრულად მჭიდროდ განლაგებული შემაერთებელქსოვილოვანი ფირფიტებისაგან. ფირფიტების ძირითად ნივთიერებაში გადის კოლაგენური ბოჭკოები, ზოგში – ელასტიკურ ბოჭკოთა თხელი ბადე. ფირფიტების ზედაპირზე განლაგებულია ფიბროციტები, გვხვდება აგრეთვე ფიბრობლასტები და მკვიდრი მაკროფაგები.

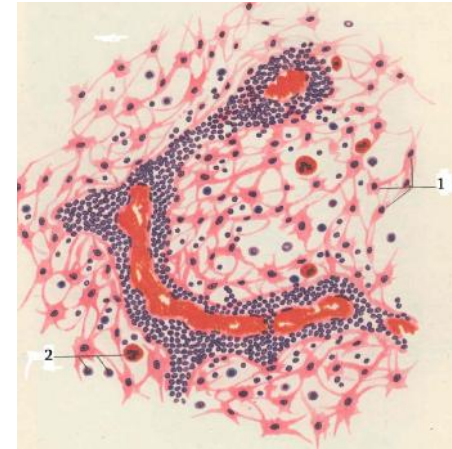
ელასტიკური შემაერთებელი ქსოვილი. ზოგიერთი იოგი, მაგალითად, ქედის იოგი, ნამდვილი მბგერავი იოგები, ხერხემლის ყვითელი იოგი და სხვა, შედგება ელასტიკურ ბოჭკოთა პარალელურად განლაგებული კონებისაგან (სურ. 42). მასში ელასტიკური ბოჭკოები ხშირად იტოტება, ერთმანეთს შორდება მახვილი კუთხით და გაჭიმულ ბადეს ქმნის. ელასტიკურ ბოჭკოებს შორის სივრცეში განლაგებულია კოლაგენური ბოჭკოები და ფიბრობლასტები. ელასტიკური ბოჭკოები ქსოვილს ელასტიკურობას ანიჭებს. ამ ბოჭკოების გამო ელასტიკურ ქსოვილს ყვითელი ფერი აქვს. ელასტიკური ქსოვილი ქმნის მემბრანებს ღრუ ორგანოების კედლებში – ზოგიერთ მსხვილ არტერიაში, გულის გარკვეულ ნაწილებში, ტრაქეასა და ბრონქებში.



სურ. 42. ელასტიკური შემაერთებული ქსოვილი (ქედის იოგის სიგრძივი განაკვეთი). 1-ელასტიკურ ბოჭკოთა კონა სიგრძივ განაკვეთზე; 2-ენდოტენონიუმი; 3-ცხიმოვანი ქსოვილი; 4 სისხლძარღვი.

სპეციალურთვისებიანი შემაერთებული ქსოვილი

რეტიკულური ქსოვილი. შედგება რეტიკულური უჯრედებისა (რეტიკულოციტები) და რეტიკულური ბოჭკოებისაგან (სურ. 43). ერთმანეთთან მორჩებით დაკავშირებული რეტიკულოციტები ქმნის ბადისებურ საფუძველს. რეტიკულოციტებთან მჭიდროდაა დაკავშირებული ყველა მიმართულებით განვითარებული რეტიკულურ ბოჭკოთა ბადე, რაც ქსოვილს ღრუბლისებურ შესახედაობას აძლევს. უჯრედშორის სივრცეებში თავისუფლად შეუძლია მოძრაობა სითხესა და უჯრედებს. რეტიკულურ ქსოვილში დიდი რაოდენობითაა მონონუკლეური ფაგოციტური სისტემის უჯრედები. რეტიკულური ქსოვილი სისხლძარღვების – ძვლის ტვინის, ლიმფური კვანძებისა და ელენთის საფუძველს ქმნის, გვხვდება ნაწლავის ღორწოვან გარსში, თირკმლებსა და სხვა ორგანოებში.



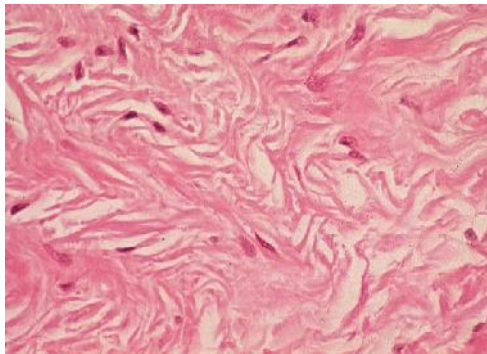
სურ. 43. რეტიკულური ქსოვილი (ლიმფური კვანძი). 1-რეტიკულოციტები; 2-სისხლის უჯრედები რეტიკულური ქსოვილის კვანძებში.

არჩევენ ორი ტიპის რეტიკულურ უჯრედებს: **მცირედ დიფერენცირებულსა და მეტად დიფერენცირებულს.** მცირედ დიფერენცირებული რეტიკულური უჯრედების ციტოპლაზმა ოდნავ ბაზოფილურია, არ შეიცავს ჩანართებს, ბირთვთან ახლოს არის ცენტროსომა, ფირფიტოვანი კომპლექსი, მიტოქონდრიები. ბირთვი ოვალურია, ღია წითელი, წვრილი ქრომატინის ბელტებითა და ბირთვაკებით. მათ არ აქვთ ფაგოციტოზისა და კოლოიდური საღებავების ნაწილაკების დაგროვების უნარი. მაგრამ აქვთ უნარი, გაღიზიანებისას (პათოლოგიური ან ექსპერიმენტული ხასიათის) გარდაიქმნან და დასაბამი მისცენ სხვადასხვა უჯრედოვან ელემენტს, მაგალითად, სისხლძარღვ უჯრედებს, თავისუფალ მაკროფაგებს, ფიბრობლასტებს და სხვა.

მეტად დიფერენცირებული რეტიკულური უჯრედები მცირედ დიფერენცირებულისაგან წარმოიქმნება, მათი ბირთვი უფრო მუქად იღებება, ციტოპლაზმა გაჯირჯვებულია, აქვთ ფაგოციტოზის და ციტოპლაზმაში კოლოიდური საღებავების დაგროვების უნარი. მორჩებით სხვა უჯრედებთან

არიან დაკავშირებული. სხვადასხვაგვარი გაღიზიანებისას ეს რეტიკულური უჯრედები მრგვალდება, თავისუფლდება კავშირებისაგან და თავისუფალ მაკროფაგებად გარდაიქმნებიან.

ცხიმოვანი ქსოვილი. ცხიმოვან უჯრედთა (ადიპოციტების) დაგროვება შემაერთებული ქსოვილის ზოგიერთ უბანში იმდენად დიდია, რომ ამ დროს **ქსოვილს ცხიმოვანს** უწოდებენ (სურ. 44). მისი რაოდენობა ცვალებადია ორგანიზმის კვებასთან დაკავშირებით.



სურ. 44. ცხიმოვანი ქსოვილი

ცხიმოვანი უჯრედები ფაშარ ბოჭკოვან შემაერთებულ ქსოვილში თითქმის ყველგანაა, მაგრამ განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით იგი ორგანიზმის სხვადასხვა უბანში (კანქვეშ, ორგანოთა კაფსულებში, ორგანოთა შორის სივრცეებში) გვხვდება, სადაც ცხიმოვან ქსოვილს ქმნის.

ცხიმოვანი ქსოვილი ორგანიზმში ენერჯის უზარმაზარი და ეფექტური წყაროა. იგი მუდმივადაა ჩართული მეტაბოლიტურ პროცესებში და რეგულირდება როგორც ნერვული, ისე ჰუმორული გზით. ცხიმოვანი ქსოვილი დაბალი სითბოგამტარობით ხასიათდება. ამიტომაც იგი მონაწილეობს ორგანიზმის თერმორეგულაციაში. კანქვეშა ცხიმოვანი ქსოვილი მონაწილეობს ორგანიზმის ფორმის წარმოქმნაში, ხელი-

სა და ფეხისგულებში კი იგი ამორტიზატორის ფუნქციას ასრულებს.

არჩევნ ორი სახის ცხიმოვან ქსოვილს – თეთრსა და რუხს. თეთრი უმთავრესად აქვთ ზრდასრულ ადამიანსა და ცხოველებს, რუხი კი – ახალშობილებს, მდრღნელებს და იმ ცხოველებს, რომელთაც ხანგრძლივად სძინავთ.

თეთრი ცხიმოვანი ქსოვილი ადამიანს აქვს კანქვეშ, განსაკუთრებით მუცლის ქვედა ნაწილში, დუნდულებსა და თეძოებზე, სადაც იგი ქმნის კანქვეშა ცხიმოვან შრეს ბადექონში, ჯორჯალსა და რეტროპერიტონეულ ნაწილში.

ცხიმოვანი ქსოვილი მეტ-ნაკლებად მკვეთრად იყოფა ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილის ჩანაფენებით სხვადასხვა ზომისა და ფორმის წილაკებად. წილაკებს შიგნით ცხიმოვანი უჯრედები ახლოსაა ერთმანეთთან. მათ შორის სივრცეებში განლაგებულია ჩაწეული ფიბრობლასტები, ლიმფოციტები, პოხიერი უჯრედები. ცხიმოვან უჯრედებს შორის ყველა მიმართულებით განლაგებული შემაერთებულქსოვილოვანი ბოჭკოებია. ცხიმის დაშლის დროს დიდი რაოდენობით თავისუფლდება წყალი და გამოიყოფა ენერჯია. იგი ასრულებს წყლისა და მაკროერგულ ნაერთთა დეპოს როლს.

თეთრ ცხიმოვან ქსოვილში ნერვული დაბოლოებები მხოლოდ სისხლძარღვების კედლებშია განლაგებული, ადიპოციტების უშუალო ინერვაცია კი არ ხდება.

ცხიმოვანი ქსოვილის მეტაბოლიზმზე გავლენას ახდენს ზრდის ჰორმონი გლუკოკორტიკოსტეროიდები, პროლაქტინი, ინსულინი და თირეოიდული ჰორმონი.

შიმშილის დროს კანქვეშა ცხიმოვანი ქსოვილის, ბადექონისა და ჯორჯლის ცხიმოვანი ქსოვილის, თირკმლების გარშემო არსებული ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედები სწრაფად კარგავს ცხიმის მარაგს. თუმცა, თვალის ორბიტის არეში, ხელისგულებსა და ქუსლის კანქვეშ ხანგრძლივი შიმშილის დროსაც კი მხოლოდ მცირე რაოდენობით იშლება ლი-

პიდეები. აქ ცხიმოვანი ქსოვილი უპირატესად მექანიკურ ფუნქციას ასრულებს და არა – ნივთიერებათა ცვლისა.

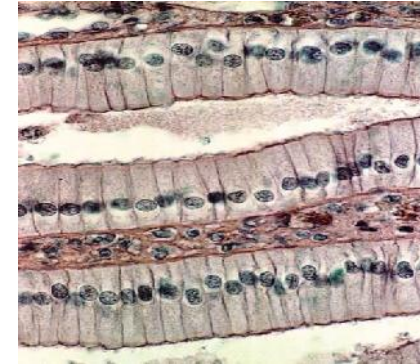
რუხი ცხიმოვანი ქსოვილი ადამიანში ახალშობილებს და ზოგიერთ ცხოველს კი – ყელზე, ბეჭთან, მკერდის უკან, ხერხემლის გასწვრივ, კანქვეშ და კუნთებს შორის აქვთ. ამ ქსოვილს დიდი მნიშვნელობა აქვს ახალშობილთა თერმორეგულაციაში. ასაკის მატებასთან ერთად რუხი ცხიმოვანი ქსოვილის რაოდენობა თანდათან მცირდება და საბოლოოდ ქრება. ცხიმოვან უჯრედებს რუხ ფერს აძლევს რკინის შემცველი პიგმენტი – ციტოქრომი, რომელიც მიტოქონდრიების მნიშვნელოვანი ნაწილია. რუხი ცხიმოვანი ქსოვილის უჯრედების ჟანგვითი უნარი 20-ჯერ აღემატება თეთრი ცხიმოვანი უჯრედების ჟანგვით უნარს და თითქმის 2-ჯერ მეტია გულის კუნთზე. შიმშილის დროს რუხი ცხიმოვანი ქსოვილი მნიშვნელოვნად ნაკლებად იცვლება, ვიდრე თეთრი, ხოლო ორგანიზმის გაცივების შემთხვევაში, პირიქით, უფრო მეტად რუხი ცხიმოვანი ქსოვილი რეაგირებს.

რუხ ცხიმოვან ქსოვილს გარს აკრავს სისხლის კაპილარების ხშირი ქსელი. ნერვული ბოჭკოები კი უშუალოდ ცხიმოვან უჯრედებზე ბოლოვდება.

ლორწოვანი ანუ ლაბისებრი შემაერთებელი ქსოვილი მხოლოდ ჩანასახს აქვს, კერძოდ, ასეთია ჩანასახის ჭიპლარის ვარტონის რთვილი (ლაბა). უჯრედები ძირითადად ფიბრობლასტების ტიპისაა. მცირე რაოდენობით გვხვდება მაკროფაგები და ლიმფოციტური ელემენტები. ამ ქსოვილის ახალი უჯრედშორისი ნივთიერება ჟელესური და ჰომოგენურია. ჩანასახის განვითარების უფრო მოგვიანებით სტადიებზე ლაბისებურ ნივთიერებაში წარმოიქმნება ფაშარად განლაგებული კოლაგენური ფიბრილები, რომელთა რაოდენობა მატულობს ჩანასახის განვითარების პარალელურად.

პიგმენტური ქსოვილი ეწოდება ისეთ ქსოვილს, რომელშიც დიდი რაოდენობითაა პიგმენტური უჯრედები – **მელანო-**

ციტები. მას მიეკუთვნება შემაერთებელქსოვილოვანი და კანის სხვა ნაწილები დვრილის არეში, სათესლე პარკში, ანუსის მიდამოში, თვალის სისხლძარღვოვან და ფერად გარსებში (სურ. 45).



სურ. 45. პიგმენტური ქსოვილი

შემაერთებელი ქსოვილის უჯრედშორისი ნივთიერება წარმოიშობა (როგორც ჩანასახში, ასევე ზრდასრულ ორგანიზმში), ერთი მხრივ, შემაერთებელქსოვილოვანი უჯრედების სეკრეციის მეშვეობით, მეორე მხრივ, კი – შემაერთებელქსოვილოვან სივრცეებში გადასული სისხლის პლაზმის ხარჯზე.

შემაერთებელ ქსოვილს, სისხლსა და ლიმფურ ძარღვებს შორის მჭიდრო კავშირია. სისხლძარღვები და ლიმფური ძარღვები ყველგან, ნერვული სისტემის გარდა, შემაერთებელ ქსოვილშია გახვეული. შესაბამისად, ნივთიერებათა მიმოსვლა შემაერთებელი ქსოვილის გავლით ხორციელდება.

შემაერთებელი ქსოვილის მეტაბოლიზმზე გავლენას ახდენს ჰორმონები. მაგალითად, თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქოვან ნივთიერებაში წარმოქმნილი ჰიდროკორტიზონი ფიბრობლასტებში აფერხებს ბოჭკოების წარმოქმნას. ადენო-

ჰიპოფიზში გამომუშავებული ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონი ასტიმულირებს კორტიზონის გამოყოფას. იგი თრგუნავს ანთებით პროცესს. ვიტამინ C-ს ნაკლებობა იწვევს შემაერთებელი ქსოვილის დეგენერაციას. ეს ვიტამინი ფიბრობლასტებში ნორმალური კოლაგენის სინთეზს უზრუნველყოფს. C ვიტამინის ნაკლებობა განაპირობებს დეფექტური კოლაგენის სინთეზს, რაც შემაერთებელი ქსოვილის დესტრუქციას იწვევს. ეს პროცესი განსაკუთრებით იმ უბნებშია გამოსატყულებელი, სადაც კოლაგენის განახლება ბევრად უფრო სწრაფად მიმდინარეობს. ასეთი უბანია, მაგალითად, პერიოდონტული იოგი, რომელიც კბილს ამაგრებს კბილბუდეში.

მაკროფაგური (რეტიკულურ – ენდოთელური) სისტემა

მაკროფაგურ (რეტიკულურ–ენდოთელურ) სისტემას უწოდებენ ყველა უჯრედის ერთობლიობას, რომელთაც უნარი აქვთ, ორგანიზმის თხიერი გარემოდან წარიტაცონ კოლოიდთა და შეწონილ ნივთიერებათა ნაწილაკები და ციტოპლაზმაში დააგროვონ დამახასიათებელი მარცვლების სახით. ეს უჯრედები ახდენენ უცხო ნაწილაკების, დაღუპული უჯრედების, არაუჯრედოვანი სტრუქტურებისა და ბაქტერიების ფაგოციტოზს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ორგანიზმისათვის მანე ნაწილაკების ლიკვიდაციაში, რომლებიც ორგანიზმში გარედან შეიჭრება ან ადგილობრივად წარმოიქმნება. მათ მიეკუთვნება ფაშარი უფორმო ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილის მაკროფაგები, სისხლმზადი ორგანოების ფაგოციტური უნარის მქონე რეტიკულური უჯრედები, ღვიძლის სინუსოიდური, სისხლძარღვების, ვარსკვლავისებური უჯრედები, რომლებითაც ამოფენილია სისხლმზადი ორგანოების სინუსები (ე.წ. ნაპირა უჯრედები), ჰიპოფიზისა და თირკმელზედა ჯირკვლების კაპილარების უჯრედები, ფილტვის „მტვრის“ უჯრედები. მეჩნიკოვი პირველი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ეს სხვადასხვაგვარი უჯრედები ერთიან სისტემად უნდა გაერთიანდეს. მან ამ უჯრედთა სისტემას მაკ-

როფაგული უწოდა, მოგვიანებით გერმანელმა პათოლოგმა აშოფმა შემოიტანა ტერმინი “**რეტიკულურ – ენდოთელური სისტემა**“. როგორც აღვნიშნეთ, ისინი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს იმუნიტეტის წარმოქმნაში.

სისხლსა და შემაერთებელი ქსოვილის უჯრედებს შორის მჭიდრო ურთიერთდამოკიდებულება ნორმალურ პირობებში მკვეთრად არ ვლინდება. ზოგიერთ პათოლოგიურ და ექსპერიმენტულ პირობებში, მაგალითად, ანთების დროს, ქსოვილთა კულტურაში ორგანიზმის გარეშე ექსტრამედული მიელოპოეზის დროს, რომლის დროსაც ძლიერდება უჯრედთა დაშლისა და ახლის წარმოქმნის პროცესები, აღნიშნულ უჯრედოვან ელემენტებს შორის ურთიერთდამოკიდებულება უფრო მკვეთრია.

ექსტრამედული მიელოპოეზი. ზოგიერთი პათოლოგიური პროცესისა და ექსპერიმენტული პირობების შემთხვევაში მიელოიდური ელემენტები იწყებს ძვლის ტვინის გარეთ განვითარებას, ამ პროცესს **ექსტრამედული მიელოპოეზი, ექტოპიური მიელოპოეზი ან მიელოიდური მეტაპლაზია** ეწოდება. ექსტრამედული მიელოპოეზის დროს შემაერთებელ ქსოვილში მიელოციტები და ერთობლასტები შეიძლება წარმოიქმნას პირდაპირ ადვენტიციური ან რეტიკულური უჯრედებიდან, ან კიდევ, ჰემოციტობლასტის სტადიის გავლით.

სისხლსა და შემაერთებელ ქსოვილს შორის მუდმივად მიმდინარეობს უჯრედოვან ელემენტთა ცვლა. სისხლმზადი ორგანოებში, მათ შემაერთებელ ქსოვილში მცირედ დიფერენცირებული ელემენტებია, რომლებსაც შეუძლიათ დასაბამი მისცენ შემაერთებელ ქსოვილსა და სისხლის სხვადასხვა უჯრედოვან ფორმას.

ხრტილოვანი ქსოვილი (Textus cartilagineus)

ხრტილოვანი ქსოვილი შემაერთებელი ქსოვილის სახესხვაობაა, შედგება ხრტილოვანი უჯრედებისა და დიდი რაოდენობით უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით ხრტილოვანი ქსოვილი გელია, რომელიც შეიცავს დაახლოებით 70–80% წყალს, 10-15% ორგანულ ნივთიერებებსა და 4–7 % მინერალურ მარილებს. ორგანული ნივთიერებები წარმოდგენილია ცილებით, მუკოპოლისაქარიდებითა და ლიპიდებით. ცილებს შორის იღებება არჩევენ ფიბრილურ ცილებს (კოლაგენს, ელასტინს) და არაფიბრილურ ცილებს, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან ქონდროთინსულფატის, კერატოსულფატისა და სიალის მუავას ტიპის მუკოპოლისაქარიდებთან. ყველაზე მეტ ქონდრომუკოპროტეინს ანუ ქონდრომუკოიდს ძირითადი ნივთიერება შეიცავს. მასთანაა დაკავშირებული ხრტილოვანი ქსოვილის წებოვნება, სიმკვრივე, ტურგორი.

ხრტილოვანი ქსოვილის უჯრედული ელემენტები

ქონდროციტები ძირითადი უჯრედული ელემენტებია. ისინი ოვალური ან მომრგვალო ფორმისაა, ზედაპირზე აქვთ მიკროხაოები, განლაგებულნი არიან უჯრედშორისი ნივთიერების განსაკუთრებულ ღრუებში თითო-თითოდ ან ჯგუფებად. შეიცავენ დიდ მომრგვალო ბირთვის, რომელშიც ერთი ან ორი ბირთვაცაა. გვხვდება ორბირთვიანი უჯრედებიც. ციტოპლაზმა ოდნავ ბაზოფილურია, შეიცავს ყველა ორგანოიდს. ხრტილოვანი უჯრედები შეიცავს გლიკოგენს, ლიპიდებს, ფერმენტებს, ტუტე ფოსფატაზას, ლიპაზას, ოქსიდაზას. დაქვეითებული ფუნქციის მქონე ხანდაზმულ ხრტილში შეიმჩნევა რეგრესიული ცვლილებები მიტოქონდრიებსა და ფირფიტოვან კომპლექსში.

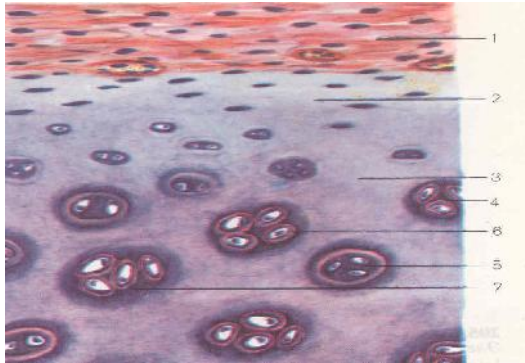
ქონდრობლასტები ახალგაზრდა, გაბრტყელებული უჯრედული ფორმებია, რომლებიც ხრტილის პერიფერიაზე განლაგებული. ისინი მდიდარია რნმ-ათი, ამიტომაც ციტოპლაზმა ბაზოფილურად იღებება. ამ უჯრედების საშუალებით

ხდება ხრტილის პერიფერიული (აპოზიციური) ზრდა. ხრტილის განვითარების პროცესში ისინი ქონდროციტებად გარდაიქმნებიან.

უჯრედშორისი ნივთიერება შედგება ქონდრინის (კოლაგენური) ბოჭკოებისა და ძირითადი ნივთიერებისაგან. ქონდრინის ბოჭკოები ქიმიური შედგენილობით საკუთრივ შემართებელი ქსოვილის კოლაგენური ბოჭკოების იდენტურია. მათი გამოვლენა შესაძლოა თხელ ანათლებში პოლარიზაციული მიკროსკოპის საშუალებით, ტრიფსინით, ბარიტინი წყლით ხრტილის დამუშავების ან ვერცხლით იმპრეგნაციის დროს. უჯრედულ ღრუსთან მიმდებარე და მისი კედლის წარმომქნელ შრეს ხშირად ხრტილოვანი უჯრედის კაფსულასაც უწოდებენ.

ხრტილოვანი ქსოვილი ძირითადად მექანიკურ ფუნქციას ასრულებს. არჩევენ სამი სახის ხრტილოვან ქსოვილს ანუ ხრტილს: **ჰიალინურს, ელასტიკურს** და **კოლაგენურბოჭკოვანს**. თითოეული მათგანი შეიცავს ორი სახის ხრტილოვან ელემენტს: ხრტილოვან უჯრედებს ანუ **ქონდროციტებს** და **ქონდრობლასტებს**.

ჰიალინური ხრტილოვანი ქსოვილი ძირითადი ხრტილოვანი ქსოვილია ადამიანსა და ძუძუმწოვრებში (სურ. 46). ემბრიონის უმეტესი ნაწილი ღროებით შედგება ჰიალინური ხრტილისგან. ზრდასრულ ორგანიზმში კი იგი მრავალ ორგანოშია: ნეკნების მკერდის ძვალთან შეერთების ადგილებში, ძვლების სასახსრე ზედაპირებზე, ეპიფიზურ ფირფიტაში, მთლიანად სასუნთქ გზებში (ცხვირი, ხორხი, ტრაქეა, ბრონქები). ჰიალინური ხრტილოვანი ქსოვილი ნახევრად გამჭვირვალეა, მოცისფრო-თეთრი. მისი ბოჭკოები II ტიპის კოლაგენს შეიცავს. ჰიალინური ხრტილი გარედან დაფარულია ხრტილსაზრდელათი, იგი მდიდარია ქონდრობლასტებით.



სურ. 46. ჰიალინური ხრტილი. 1-ხრტილსაზრდელა; 2-ხრტილის ზონა ახალგაზრდა ხრტილოვანი უჯრედებით; 3-ძირითადი ნივთიერება; 4-დიფერენცირებული ხრტილოვანი უჯრედები; 5-ხრტილოვანი უჯრედის კაფსულა; 6-ხრტილოვანი უჯრედების იზოგენური ჯგუფები; 7-ძირითადი ნივთიერების ბაზოფილური შრე ხრტილოვანი უჯრედების ირგვლივ.

ხრტილსაზრდელას ქვემოთ, ხრტილის ყველაზე ზედა პირულ შრეებში განლაგებულია თითისტარისებური ფორმის ახალგაზრდა ქონდროციტები, რომელთა სიგრძივი ღერძი ხრტილის ზედაპირის გასწვრივაა მიმართული. უფრო ღრმა შრეებში ხრტილის უჯრედები ოვალური ან მომრგვალოა. ხრტილის ცენტრალურ უბნებში გვხვდება უჯრედთა იზოგენური ჯგუფები (2-4 ქონდროციტი), ხრტილოვანი უჯრედების ფორმა დამოკიდებულია აგრეთვე უჯრედშორისი ნივთიერების მდგომარეობაზე. ახალგაზრდა ხრტილებში, რომელთა უჯრედშორისი ნივთიერება მდიდარია წყლითა და ქონდრომუკოიდით, უჯრედი მომრგვალო ფორმისაა, ხანდაზმულ ხრტილებში კი, რომლის უჯრედშორისი ნივთიერება მკვრივდება, უჯრედები ბრტყელდება და დისკოსებური ხდება. ხრტილის უჯრედშორისი ნივთიერების შემადგენილობაში შედის ქონდროთინგოგირდის მჟავა, რომელსაც ხრტილის უჯრედები გამოყოფს. იგი უმეტესად სხვადასხვა პროტეინთანაა მჭიდროდ დაკავშირებული და წარმოქმნის ქონდრომუ-

კოიდს. ქონდრომუკოიდი დიდი რაოდენობითაა კონცენტრირებული უჯრედშორისი ნივთიერებაში, რომელიც უშუალოდ გარს ეკვრის ხრტილის კაფსულას.

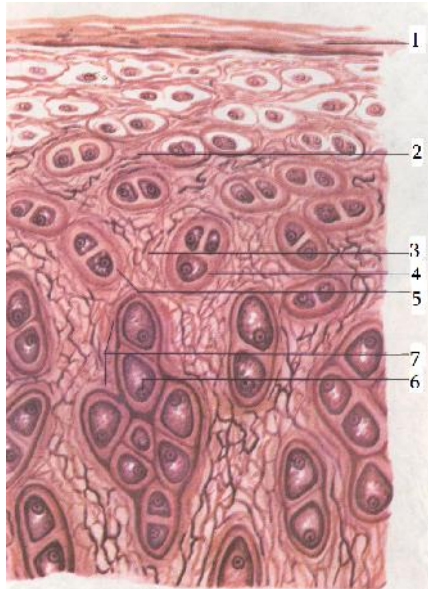
ხრტილოვანი ქსოვილი არ შეიცავს სისხლძარღვებს. საკვები ნივთიერებები და ჟანგბადი ხრტილოვანი ქსოვილის ღრმად მდებარე უჯრედებში ხრტილსაზრდელას სისხლძარღვებიდან აღწევს. ჰიალინური ხრტილის უჯრედებში ძირითადად ანაერობული გლიკოლიზი მიმდინარეობს.

ასაკის მატებასთან ერთად, მცირდება ხრტილოვანი უჯრედთა რიცხვი, გლიკოგენის, ლიპიდების, ქონდროთინგოგირდმჟავას კონცენტრაცია და შესაბამისად, უჯრედშორისი ნივთიერებაში ლაგდება კალციუმის მარილები, ხდება გაკიროვნება. გაკიროვნებას განიცდის სასულისა და ხორხის ხრტილები. ძველი ხრტილი მყიფე და მტვრევალი ხდება.

ელასტიკური ხრტილოვანი ქსოვილი გვხვდება ყურის ნიჟარაში (სურ. 47). მისგან აგებულია აგრეთვე ხორხსარტყელი, ხორხის რქისებრი და სოლისებრი ხრტილები. ელასტიკურ ხრტილს შეიცავს გარე სასმენი სავალისა და სასმენი ღულის კედელი. ხრტილის ფირფიტის ერთი ნაწილი შეიძლება იყოს ჰიალინური, მეორე კი – ელასტიკური.

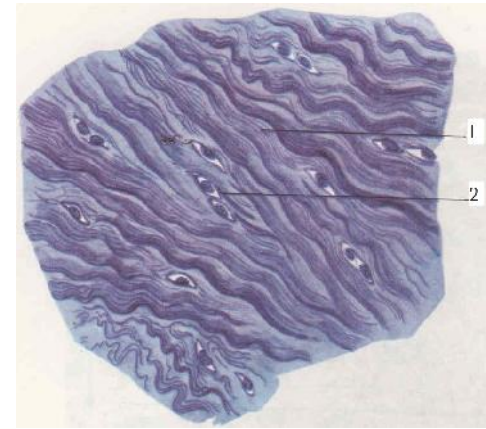
ელასტიკური ხრტილი მოყვითალო ფერისაა და არც ისე გამჭვირვალეა, როგორც ჰიალინური. საერთო აგებულებით ელასტიკური ხრტილი ჰიალინურის მსგავსია. უჯრედებიც ჰიალინურის ხრტილის უჯრედებს მოგვაგონებს – ღრუებშია განლაგებული თითო-თითოდ ან იზოგენურ ჯგუფებს ქმნის. მაგრამ ციტოპლაზმაში ნაკლები ცხიმი და გლიკოგენი გროვდება. ქონდროთინსულფატებიც ელასტიკურ ხრტილში ნაკლებია, ვიდრე ჰიალინურში. განსხვავება იმაშიც მდგომარეობს, რომ ელასტიკური ხრტილის უჯრედშორისი ნივთიერებაში კოლაგენურ ბოჭკოებთან (რომელიც ჰიალინურის მსგავსად, II ტიპის კოლაგენისაგან შედგება) ერთად კარგად განვითარებული დატოტვილი ელასტიკური ბოჭკოებია, რომლებიც უჯრედშორისი ნივთიერებაში ყველა მიმართულე-

ბითაა განლაგებული. ისინი ქმნიან ბადეს, რომელიც იმდენად მკვრივია, რომ ნიღბავს ძირითად ნივთიერებას. ასეთი ბადე ზოგჯერ შესამჩნევად ხშირია უჯრედთა გარშემო. ხრტილსაზრდელასთან მიმდებარე შრეებში ელასტიკური ბოჭკოები უწყვეტლივ გადადის ხრტილსაზრდელას ელასტიკურ ბოჭკოებში. ელასტიკურ ხრტილში გაკიროვნება არასოდეს არ ხდება.



სურ. 47. ელასტიკური ხრტილი (ყურის ნიჟარა). 1- ხრტილსაზრდელა; 2-ძირითადი ნივთიერება; 3-ელასტიკურ ბოჭკოთა ბადე; 4-ხრტილოვანი უჯრედები; 5-ხრტილოვანი უჯრედების კაფსულა; 6-ხრტილოვანი უჯრედების ბირთვი; 7-ხრტილოვანი უჯრედების იზოგენური ჯგუფები.

კოლაგენურბოჭკოვანი ხრტილოვანი ქსოვილი. იგი გარდამავალ ფორმას წარმოადგენს მკვრივ შემაერთებელ ქსოვილსა და ჰიალინურ ხრტილს შორის (სურ. 48). იგი გვხვდება ხერხემლის მალთაშუა დისკოებში, ბოქვენის ძვლების



სურ. 48. კოლაგენურბოჭკოვანი ხრტილოვანი ქსოვილი. 1-ქონდრინის (კოლაგენური) ბოჭკოები; 2-ხრტილოვანი უჯრედები ქონდრინის ბოჭკოებს შორის.

სიმფიზში, გვხვდება გულმკერდ-ლავიწისა და ქვედა ყბის ხრტილებში, აგრეთვე იმ ადგილებში, სადაც ბოჭკოვანი ქსოვილი ჰიალინურ ხრტილში გადადის მყესების, იოგებისა და სხვათა სახით. აქ ბოჭკოვანი ხრტილის უჯრედშორისი ნივთიერება შედგება მკვრივი ბოჭკოვანი შემაერთებელი ქსოვილისაგან, რომელშიც პარალელურად მიმართული კოლაგენური ბოჭკოები (I ტიპის კოლაგენის შემცველი) თანდათან ფაშარდება და უერთდება ჰიალინური ხრტილის უჯრედშორისი ნივთიერებას. უჯრედშორისი ნივთიერება შეიცავს ღრუებს – ლაკუნებს, რომლებშიც ხრტილოვანი უჯრედებია მოთავსებული. უჯრედები ან თითო-თითოდაა განლაგებული ან იზოგენურ ჯგუფებს ქმნიან. ციტოპლაზმა ხშირად ვაკუოლიზებულია. ხრტილოვან ღრუებს გარს აკრავს ბაზოფილურად შედებვის უნარის მქონე უჯრედშორისი ნივთიერება. ბოჭკოვანი ხრტილის სხვადასხვა ნაწილში კოლაგენურ ბოჭკოთა და უჯრედშორისი ნივთიერების თანაფარდობა სხვადასხვაგვარია. თუ დავაკვირდებით პრეპარატს ჰიალინური ხრტილიდან მყესის მიმართულებით, დავინახავთ,

თუ როგორ ემსგავსება ჰილინიური ხრტილი სულ უფრო და უფრო მყესს. ბოლო უბნებში კი ხრტილი მყესისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ ძირითად ნივთიერებაში ჩაღებულ კოლაგენურ კონებს შორის მყესის უჯრედების სვეტების ნაცვლად გაბრტყელებული ხრტილოვანი უჯრედების სვეტებია, რომლებიც ყოველგვარი საზღვრის გარეშე გადადის მკვირვ შემაერთებელ ქსოვილში განლაგებულ ნამდვილი მყესის უჯრედებში.

ხრტილოვანი ქსოვილის პისტოგენეზი. ხრტილოვანი ქსოვილი მეზენქიმიდან ვითარდება. ჩანასახის სხეულის იმ ადგილებში, სადაც შემდგომ მუდმივად ან დროებით მდებარეობს ხრტილი, მეზენქიმა მკვირვდება, უჯრედები კარგავს მორჩებს, მრავლდება ინტენსიურად, მჭიდროდ ეკვრის ერთმანეთს და ქმნის გარკვეულ დაჭიმულობას – ტურგორს. ამ უბნებს **სკელეტოგენური ნერგი** ანუ სკელეტოგენური ქსოვილი ეწოდება. მისი შემადგენელი მეზენქიმაური უჯრედები ქონდრობლასტებად დიფერენცირდება. შემდეგში ამ უბნის ცენტრში განლაგებული უჯრედები დიდდება. მათ შორის წარმოიქმნება კოლაგენური ფიბრილებით წარმოდგენილი უჯრედშორისი ნივთიერების თხელი ჩანაფენები. ეს პირველადი ხრტილოვანი ქსოვილია. უჯრედშორისი ნივთიერების განვითარება ზრდის ამ ქსოვილის დაჭიმულობას, რაც მის საყრდენ ფუნქციას აძლიერებს. შემდგომში მიმდინარეობს ხრტილოვანი ქსოვილის დიფერენცირება, რომლის პროცესშიც ხრტილის უჯრედები ასინთეზებს და უჯრედშორისი ნივთიერებებში გამოყოფს არა მარტო ცილას (კოლაგენს, ელასტინს), არამედ მჟავა მუკოპოლისაქარიდებსაც (ქონდროთინგოვირდმჟავას). ცილა უერთდება ნახშირწყლებს (წარმოიქმნება ქონდრომუკოიდი), რაც ჟღენთავს ძირითად ნივთიერებას და კოლაგენურ ბოჭკოებს. ხრტილოვანი უჯრედების ციტოპლაზმასთან უჯრედშორისი ნივთიერების შეხების ადგილას წარმოიქმნება ხრტილოვანი უჯრედების კაფსულა. ამის შემდეგ უჯრედშორისი ნივთიერება ზრდას განაგრძობს,

დიდება მისი მასა, მასში კვლავ მიმდინარეობს კოლაგენური ფიბრილური სტრუქტურების დიფერენცირება და ა. შ.

ახალგაზრდა ხრტილის ხრტილოვანი უჯრედები რამდენიმე ხნის განმავლობაში ინარჩუნებს მიტოზური და ამიტოზური დაყოფის უნარს. ორი შეილებული უჯრედი თავდაპირველად ერთ ღრუშია მოთავსებული, შემდეგში ისინი განცალკევდება უჯრედშორისი ნივთიერების თხელი ჩანაფენით. ეს უჯრედები შეიძლება დარჩეს წყვილად ან ისევ გაიყოს და წარმოქმნას ოთხი უჯრედისაგან შემდგარი ჯგუფი. იზოგენური ჯგუფების განვითარების გამომწვევი პროცესები განაპირობებს ხრტილის ზრდას შიგნიდან. ხრტილის ზრდის ასეთ ტიპს **ინტერსტიციული** ზრდა ანუ *ინტუსუსსცეპციის* გზით ზრდა ეწოდება (ლათ. intus - შიგნით, suscipio - შეკავება, მიღება), რაც შეიმჩნევა ჩვილი ან ნაადრევი ბავშვობის ასაკში ორგანიზმის აქტიური ჩამოყალიბების პერიოდში.

ლულისებრი ძვლის ეპიფიზურ ფირფიტაში ხრტილოვანი უჯრედების პროლიფერაცია ძვლების ზრდის შეწყვეტამდე მიმდინარეობს მეზენქიმაში, რომელიც გარს აკრავს სკელეტოგენურ ნერგს. რამდენიმე ხნის განმავლობაში კვლავ მიმდინარეობს უჯრედების გაძლიერებული გამრავლება, რის შედეგადაც სკელეტოგენურ ნერგს ემატება უჯრედული მასალის ახალ-ახალი მასები, რომლებშიც შემდეგ მიმდინარეობს უჯრედშორისი ნივთიერების წარმოქმნის პროცესი. მას ხრტილის **აპოზიციური** ზრდა (ლათ. appositio - დამატება, დაშრევა) ეწოდება. მალე ხრტილის ნერგის ზედაპირთან მიმდებარე მეზენქიმა მკვირვდება და ქმნის გარსს – **ხრტილსაზრდელას**. აქ მთელი ემბრიონული ცხოვრების განმავლობაში მიმდინარეობს ხრტილოვანი ნერგის აპოზიციური ზრდა. ხრტილის ზრდა-განვითარების შესაბამისად მის ცენტრალურ უბნებში კვება ძნელდება, ვინაიდან ის დიფუზიურად ხორციელდება ხრტილსაზრდელას სისხლძარღვებიდან. ამის გამო უჯრედები კარგავენ გამრავლების უნარს, ზოგი მათგანი განიცდის დისტროფიას. ქონდრომუკოიდი კი უფრო მარტივ ცილად-ალბუმოიდად გადაიქცევა.

ხრტილის ზრდა, ძირითადად, ჰიპოფიზის ზრდის ჰორმონზე – სომატოტროპინზეა დამოკიდებული.

საშუალო ასაკში და პათოლოგიური მდგომარეობაში შეიძლება მოხდეს უჯრედშორისი ნივთიერების კალცინაცია ანუ ასბესტული დისტროფია კვების გაუარესების გამო. ამ პროცესში აქტიურ როლს ასრულებს ფერმენტები – ფოსფორილაზა და ტუტე ფოსფატაზა, რომელთა მოქმედებაც განაპირობებს, სწორედ, კალციუმის ფოსფატის დალექვას. ხრტილის ცენტრალური უბნების ძლიერმა დისტროფიამ შეიძლება გამოიწვიოს სისხლძარღვების ჩაზრდა და შემდგომში – ძვალწარმოქმნა.

ხრტილსაზრდელა (პერიქონდრიუმი). ხრტილი დაფარულია მკვრივი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილით, რომელიც შეიცავს კოლაგენურ და ელასტიკურ ბოჭკოებს და ფიბრობლასტების მსგავს თითისტარისებურ უჯრედებს. ამ გარსს **ხრტილსაზრდელა ანუ პერიქონდრიუმი** ეწოდება (ბერძნ. peri-ახლო, ირგვლივ; chondros-ხრტილი). ხრტილსაზრდელა მდიდარია I ტიპის კოლაგენური ბოჭკოებით. ხრტილი არ შეიცავს სისხლძარღვებს. მისი კვება დიფუზიის გზით ხორციელდება ხრტილსაზრდელას სისხლძარღვებიდან. ხრტილსაზრდელათი დაფარული არაა მხოლოდ სასახსრე ზედაპირების ხრტილი. ამ უბნებში კვება სინოვიური სითხით ხდება. ხრტილოვანი ქსოვილი არ შეიცავს არც ლიმფურ ძარღვებს და არც ნერვებს.

ხრტილსაზრდელა შედგება ორი, არამკვეთრად გამოყოფილი შრისაგან. გარეთა შრე უფრო მკვრივია, იგი შემაერთებულ ქსოვილში გარდამავალია. შიგნითა შრე ნაკლებად მკვრივია, უშუალოდაა ხრტილზე მიდებული. მას ქონდროგენური შრე ეწოდება. ამ შრეში განლაგებულია **ქონდრობლასტები**. **ქონდრობლასტები** უჯრედის წინამორბედი უჯრედების გამრავლების ხარჯზე წარმოიქმნება. ეს უჯრედები თანდათან გადადის ქონდროციტებში. ქონდროგენული შრის კოლაგენური ბოჭკოები, ზოგჯერ კი – ელასტიკური ბოჭკოე-

ბიც უწყვეტად გადადის ხრტილის უჯრედშორის ნივთიერებაში. ხრტილსაზრდელაში ტოტიანდება სისხლძარღვებისა და ნერვების ხშირი ქსელი.

ხრტილოვანი ქსოვილის კვება. ხრტილის უჯრედშორის ნივთიერებაში სისხლძარღვები არ არის. მასში საკვები ნივთიერებები შედის მხოლოდ დიფუზიის გზით ხრტილსაზრდელას სისხლძარღვებიდან. სახსრის ხრტილებში, რომელთაც ხრტილსაზრდელა არა აქვთ, საკვები ნივთიერებები დიფუნდირებს სინოვიური სითხიდან ან ქვეშმდებარე ძვლის სისხლძარღვებიდან.

ხრტილოვანი ქსოვილის რეგენერაცია. ჭრილობის მიყენებისას ან ჰიალინური ხრტილიდან ნაწილაკების ამოკვეთის შემთხვევაში ზრდასრულ ძუძუმწოვრებს წარმოქმნილი დეფექტი სწრაფად ამოეცხებათ შემაერთებული ქსოვილით, რომელიც იზრდება პერიქონდრიუმიდან, უახლესი ფასციებიდან და ა.შ. მისი ფიბრობლასტები მრგვალდება, თავის გარშემო ქმნიან კაფსულას და ხრტილოვან უჯრედებად გარდაიქმნებიან. მათ შორის მდებარე უჯრედშორისი ნივთიერება ჰომოგენიზდება და ახლად წარმოქმნილი ხრტილის უჯრედშორის ნივთიერებად გარდაიქმნება.

ძვლოვანი ქსოვილი
(Textus ossues)

ძვლოვანი ქსოვილი შემაერთებული ქსოვილის განსაკუთრებული ფორმაა, რომელიც შედგება უჯრედებისა და გაკირული უჯრედშორისი ნივთიერებისაგან. მისგან შედგება ჩონჩხის ძვლები. იგი შინაგანი ორგანოების (თავის ქალას, თავის ტვინის, ძვლის ტვინის და გულმკერდის ღრუს ორგანოების) დამცველი აპარატია. მასზე, აგრეთვე, კუნთებია მიმაგრებული. ამდენად, ძვლოვანი ქსოვილი აქვს საყრდენი ფუნქცია. ძვლოვანი ქსოვილი მთელი ორგანიზმის კალციუმის, ფოსფორისა და სხვა იონების დეპოს წარმოადგენს.

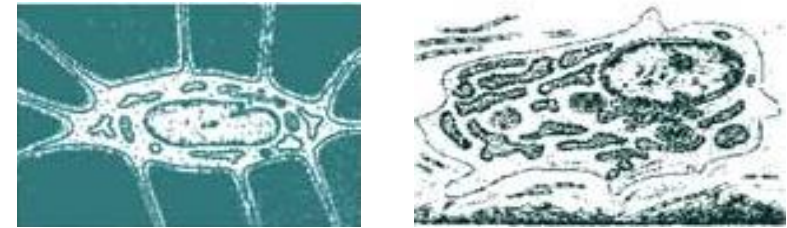
ძვლოვანი ქსოვილი დინამიკური ცოცხალი ქსოვილია, მასში მიმდინარეობს ნივთიერებათა მუდმივი განახლება, ძვლის მუდმივი დაშლა და აღდგენა, ძვლოვანი ქსოვილის ფიზიოლოგიური თვისებები იცვლება ასაკთან, კუნთების მოქმედებასთან, კვების პირობებთან დაკავშირებით, აგრეთვე, ინერვაციის დარღვევისას, შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების მოქმედების გავლენით და სხვა.

ძვლოვანი ქსოვილის უჯრედოვანი ელემენტები

ძვლოვანი ქსოვილი სამი სახის უჯრედოვანი ელემენტს შეიცავს: ოსტეობლასტებს, ოსტეოციტებსა და ოსტეოკლასტებს (სურ. 49).

ოსტეობლასტები ძვლოვანი ქსოვილის წარმოქმნილი უჯრედებია. ისინი უზრუნველყოფს ძვლოვანი მატრიქსის ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნას. განვითარებულ ძვალში ოსტეობლასტები გვხვდება მხოლოდ ძვლოვანი ქსოვილის დაშლილ და აღდგენილ უბნებში. წარმოქმნილ ძვალში კი თითქმის განუწყვეტელი შრით ფარავენ განვითარებადი ძვლის ხარისხის მთელ ზედაპირს. ისინი სხვადასხვა ფორმისაა: კუბური, პირამიდული ან დაკუთხული. ბირთვი მომრგვალო ან ოვალურია, ხშირად ექსცენტრულად განლაგებული. შეიცავს ერთ ან რამდენიმე ბირთვაკს. ოსტეობლას-

ტების ციტოპლაზმაში კარგადაა განვითარებული ერგასტოპლაზმა, მიტოქონდრიები და ფირფიტოვანი კომპლექსი. დიდი რაოდენობით შეიცავს რნმ-ას; ტუტე ფოსფატაზას აქტივობა მაღალია. ოსტეობლასტების დიფერენცირების დროს მის ციტოპლაზმაში წარმოიქმნება პოლისაქარიდულ-ცილოვანი ბუნების მომრგვალო მარცვლები. გლიკოგენის ფოსფატაზური აქტივობის მომატებასთან ერთად გლიკოგენი ქრება.



ა

ბ



გ

სურ. 49. ძვლოვანი ქსოვილის უჯრედები.
ა - ოსტეოციტი; ბ - ოსტეობლასტი; გ - ოსტეოკლასტი.

ოსტეოციტები ძვლოვანი ქსოვილის ძირითადი უჯრედებია. ისინი ოსტეობლასტებისაგან წარმოიქმნება. ოსტეობლასტებიდან ოსტეოციტების ჩამოყალიბების პროცესში უჯრედებს უვითარდება ციტოპლაზმური მორჩები, რომლებიც ძვლოვანი მატრიქსით შემოიფარგლება. ძვლოვანი მორჩების ირგვლივ სივრცეს ძვლოვანი არხები – *კანალიკულები* (ლათ. canalis-არხი) ეწოდება. ოსტეოციტები ბრტყელი, ვარსკვლავისებური ფორმის უჯრედებია, აღჭურვილნი არიან

მორჩებით. ბირთვი ოვალური ან მრგვალია, ციტოპლაზმა სუსტად ბაზოფილურია, შეიცავს მცირე რაოდენობით მიტოქონდრიებს და სუსტად განვითარებულ ფირფიტოვან კომპლექსს. ცენტროსომები არაა ნაპოვნი, მიტოზის უნარი დაკარგული აქვთ. ოსტეოციტები განლაგებულია ძვლოვან ღრუებში – ლაკუნებში, რომლებიც იმეორებს ოსტეოციტების კონტურს, მორჩები კი კანალიკულებში მდებარებს. მათში მოთავსებულ ძვლოვან მორჩებს შორის ნექსუსებია, რომელთა საშუალებით ხორციელდება ოსტეოციტებსა და სისხლძარღვებს შორის ნივთიერებათა ტრანსპორტი. ძვლოვანი ღრუების არხები ერთმანეთთან და ძვლის შივნიტ პერივასკულურ სივრცეებთან ანასტომოზებს ქმნის. ისინი უზრუნველყოფს ნივთიერებათა ცვლას ოსტეოციტებსა და ქსოვილურ სითხეს შორის.

ოსტეოკლასტები (clastos - დაქუცმაცება, გატყევა, დაშლა) უჯრედებია, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობს გაკირული ხრტილისა და ძვლის დაშლაში. ისინი მრავალბირთვიანებია (3-დან რამდენიმე ათეულამდე). ციტოპლაზმა სუსტად ბაზოფილურია, უჯრედის კიდე – დაკბილული. ენდოპლაზმური ბადე სუსტადაა განვითარებული. მიტოქონდრიები, ლიზოსომები და ვაკუოლები მრავალრიცხოვანია. იმ ადგილას, სადაც ოსტეოკლასტები ძვლოვან ნივთიერებას ეხება, უკანასკნელში წარმოიქმნება ღრუ – ლაკუნა, რომელშიც ოსტეოკლასტია მოთავსებული. ეს იმითაა განპირობებული, რომ მაღალაქტიური ჰიდროლიზური ფერმენტები, რომლებსაც ლიზოსომები შეიცავს, გამოიყოფა უჯრედის გარეთ და ხელს უწყობს ირგვლივმდებარე უჯრედშორისი ნივთიერების დაშლას და რეზორბციას.

ოსტეოკლასტები მონონუკლეურ ფაგოციტურ სისტემას მიეკუთვნება. მათი ღეროვანი უჯრედები ძვლის ტვინში მდებარეობს.

ძვლოვანი ქსოვილის უჯრედშორისი ნივთიერება

ძვლოვანი ქსოვილის უჯრედშორისი ნივთიერება შედგება ძირითადი ნივთიერებისაგან, რომელშიც განლაგებულია ოსეინის ბოჭკოები. ძვლოვანი ქსოვილის მატრიქსი (უჯრედშორისი ნივთიერება) შეიცავს 50% არაორგანულ ნივთიერებას. არაორგანული ნაერთებიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით (96%) კალციუმი და ფოსფორია, რომლებიც ჰიდროქსიპატიტის სახითაა წარმოდგენილი. გვხვდება აგრეთვე ბიკარბონატები, მაგნიუმი, ნატრიუმი, კალიუმი და სხვა მიკროელემენტები (სულ 30-ზე მეტი - სპილენძი, სტრონციუმი, თუთია, ბრომი და სხვა). ძვლოვანი ქსოვილი მთელი ორგანიზმის კალციუმის, ფოსფორისა და სხვა იონების დეპოს წარმოადგენს.

ძვლის ორგანული ნივთიერებები ძირითადად ცილებისა და ცხიმების სახითაა წარმოდგენილი. ძვლოვანი მატრიქსის ორგანული ნაწილი შეეგება ოსეინის ბოჭკოებისაგან, რომლებიც I ტიპის კოლაგენს შეიცავს. ისინი ქმნის მცირე კონებს, რომლებსაც შეიძლება ჰქონდეთ უწყესრიგო (ტლანქობოჭკოვანი ქსოვილში) ან ზუსტად ორიენტირებული მიმართულება. ოსეინური ბოჭკოები მორიგეობითაა განლაგებული (რაც კოლაგენური ბოჭკოებისთვისაა დამახასიათებელი).

ძვლის ძირითადი ნივთიერება ხრტილთან შედარებით უფრო მცირე რაოდენობით ქონდრიოთინგოგირდმუჟავას შეიცავს.

გარკვეულ შემთხვევაში შესაძლოა, კალციუმი ძვლიდან გამოიყოს და სხვა ქსოვილებში გადავიდეს. თუ მოვახდენთ ძვლის დეკალცინირებას, დარჩენილი ორგანული ნაწილი ინარჩუნებს ძვლის აგებულების ძირითად გეგმას, მაგრამ ძვალი რბილდება, ადვილად იდრიკება და იგრიხება კიდეც და, პირიქით, თუ მას მოვაშორებთ ორგანულ ნივთიერებებს (გამოვწვათ), იგი ინარჩუნებს ფორმას, მაგრამ ნაზი და მყიფე ხდება და ადვილად იშლება. ასე რომ, ორივე სახის ნივთიერება ერთმანეთთან შეხამებით მტკიცე და მსუბუქ საყრდენ ქსოვილს ქმნის. ამასთან, ძვალი მტკიცეა. იგი ხასიათ-

დება გაჭიმვის, მოჭერისა და გადატეხის საწინააღმდეგო უნარით.

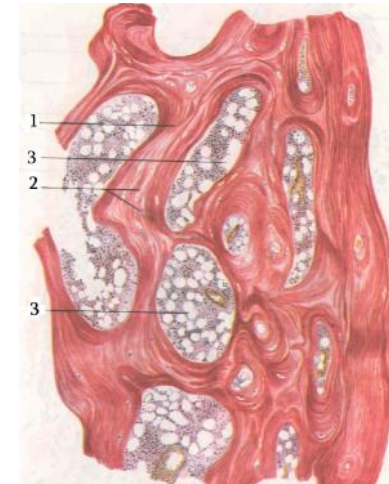
ძვალი ორი ტიპის ძვლოვანი ქსოვილისგან შედგება: **ტლანქობოჭკოვანისა** და **ფირფიტოვანისაგან**. მათ შორის განსხვავება უჯრედშორის ნივთიერებასთანაა დაკავშირებული, რაც განაპირობებს მათ სტრუქტურულ და ფიზიკურ თვისებებს. უჯრედული ელემენტები კი მსგავსია.

ტლანქობოჭკოვანი ძვლოვანი ქსოვილი

ტლანქობოჭკოვანი ძვლოვანი ქსოვილი უმეტესად ჩანასახებს ახასიათებს (სურ. 50). ზრდასრულ ორგანიზმში იგი შეიძლება იყოს რამდენიმე ადგილას: თავის ქალას ნაკერების შეზრდის ადგილას, ძვალთან მყესის მიმაგრების ადგილებში, კბილბუდეში. უწესრიგოდ განლაგებული ოსეინური (კოლაგენური) ბოჭკოები ძვლოვან ქსოვილში მძლავრ კონებს ქმნის. ისინი შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვაგვარად: პარალელურად, ერთმანეთისადმი კუთხურად ან შეიძლება წარმოიქმნას რთული კავშირი. ეს ბოჭკოები გაჟღენთილია და შეკავშირებულია ძირითადი ნივთიერებით.

ძვლოვანი ქსოვილის ძირითად ნივთიერებაში ოვალური ფორმის ძვლოვანი დრუები – ლაკუნებია გრძელი მონანსტომოზე ძვლოვანი მილაკებით, რომლებშიც ოსტეოციტები მდებარეობს.

ტლანქობოჭკოვანი ძვლის მინერალიზაციის ხარისხი ფირფიტოვან ძვალთან შედარებით დაბალია, ოსტეოციტების რაოდენობა კი ბევრად მეტია.



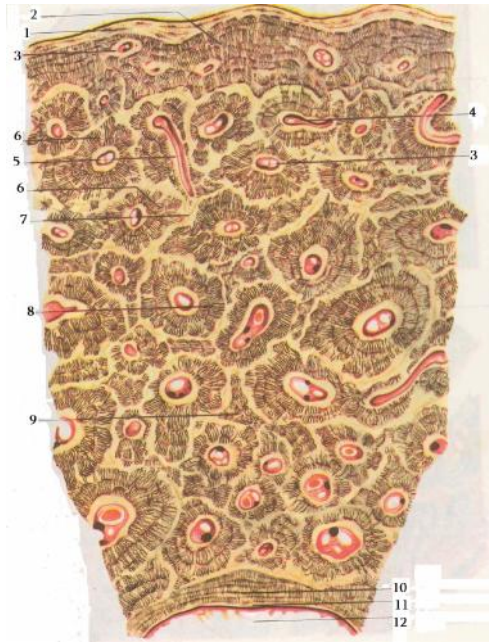
სურ. 50. ტლანქობოჭკოვანი (პირველადი ფირფიტოვანი) ძვლოვანი ქსოვილი. 1-ოსეინური ბოჭკოების კონა ძირითად ნივთიერებაში; 2-ძვლოვანი სივრცე ოსტეოციტებით; 3-ძვლის ტვინი.

ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილი

ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილი ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ზრდასრულ ორგანიზმში. იგი შედგება ძვლოვანი ფირფიტებისაგან, რომლებიც წარმოქმნილია ძვლოვანი უჯრედებით და თხელბოჭკოვანი უჯრედშორისი ნივთიერებით (სურ. 51). ამ ფირფიტების ოსეინური ბოჭკოები მდებარეობს ერთმანეთის პარალელურად და გარკვეული მიმართულებითაა ორიენტირებული. მეზობელ ფირფიტებში ბოჭკოებს, ჩვეულებრივ, თითქმის პერპენდიკულარული მიმართულება აქვს, რის გამოც ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილი დიდი სიმტკიცისაა.

ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილისაგან აგებულია კომპაქტური დრუბლისებური ნივთიერება ჩანასახის თითქმის ყველა ბრტყელ და ლულისებურ ძვალში.

ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ლულისებრი ძვლის აგებულება.



სურ. 51. ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილი (განივი განაკვეთი).
 1 – პერიოსტეუმი; 2-გარეთა გენერალური (საერთო) ფირფიტები;
 3 -ოსტეონის არხები (ჰავერსის) განივ განაკვეთზე; 4-ანასტომოზები
 ოსტეონის არხებს შორის; 5- გამხვრეტი (ფოლკმანის) არხები
 6-ოსტეოციტები (სხეულები) ძვლოვან ლაკუნებში და მათი მორჩები
 არხებში; 7-ძირითადი ნივთიერება; 8- ძვლოვანი ფირფიტების სისტემა
 (ოსტეონები); 9-შუამდებარე (ჩართული) ფირფიტები; 10-შიგნითა
 გენერალური (საერთო) ფირფიტები; 11- ენდოსტეუმი; 12-ძვლის ტვინის
 ღრუ.

ლულისებური ძვლის პისტოლოგიური აგებულება

ლულისებურ ძვალში არჩევენ **დიაფიზსა** და **ეპიფიზებს**. დიაფიზი მილისებური ნაწილია. მისი კედელი აგებულია ძვლის **კომპაქტური** ნივთიერების წარმომქმნელი ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილისაგან. ეპიფიზები გარედან დაფარულია კომპაქტური ძვლის თხელი შრით. მათი შიგნითა ნაწილი შედგება თხელი ხარისხებისა და ღირებებისაგან, რომლებიც **ღრუბლისებურ** ძვალს ქმნიან. ძვალი გარედან დაფარულია თხელი შემაერთებელქსოვილოვანი გარსით, რომელსაც **ძვლისაზრდელა ეწოდება**. შემაერთებელი ქსოვილის უფრო თხელი შრე – **ენდოსტეუმი** - ამოფენს **ძვლის ტვინის ღრუს**.

დიაფიზის აგებულება. დიაფიზის წარმომქმნელი **კომპაქტური** ნივთიერება შედგება ძვლის ფირფიტებისაგან, რომლებიც გარკვეული რიგითაა განლაგებული და რთულ სისტემებს ქმნის. დიაფიზში არჩევენ სამ შრეს: **საერთო** ანუ გენერალური ფირფიტების გარეთა შრეს; **შუა** შრეს, რომელსაც **ოსტეონები (ჰავერსის სისტემები)** ქმნის და, რომელსაც **ოსტეონების შრე** ეწოდება და **შიგნითა საერთო** ანუ გენერალური ფირფიტების შრეს.

გარეთა საერთო ფირფიტებში გამხვრეტი არხებია, რომლებითაც ძვლისაზრდელადან ძვლის შიგნით სისხლძარღვები გადის. ამ არხებს **საკვები არხები** ეწოდება. მათ საკუთარი კედელი არ აქვთ.

ძვლისაზრდელას მხრიდან ძვლის მკერვი ნივთიერებაში სხვადასხვა კუთხით შედის კოლაგენური ბოჭკოები, რომლებიც ძვლის სისქეში აღწევენ. ამ ბოჭკოებს **გამხვრეტი ბოჭკოები** ეწოდება. გამხვრეტი ბოჭკოები ხშირად ტოტიანდება მხოლოდ გენერალური ფირფიტების გარეთა შრეში, თუმცა, შეიძლება მათ შეადწინონ ოსტეონების შუა შრეშიც, მაგრამ არასდროს არ შედიან ოსტეონების ფირფიტებში.

შუა შრეში ძვლის ფირფიტები განლაგებულია კონცენტრულად სისხლძარღვების ირგვლივ, რომლებიც ჩაერთვებიან ძვალში მისი განვითარების დროს. 5-20 კონცენტრულად დაშრეებადი ძვლოვანი ფირფიტისაგან შედგენილ ასეთ

სისტემებს **ოსტეონები (ჰავერსის სისტემები)** ეწოდება. ამრიგად, ოსტეონი, თითქოსდა, ერთიმეორეში ჩადგმული ცილინდრების სისტემაა. ასეთი კონსტრუქცია ძვალს ძლიერ სიმტკიცეს ანიჭებს. **ოსტეონები** ლულისებური ძვლის კომპაქტური ნივთიერების **სტრუქტურული ერთეულია**. თითოეული ოსტეონი შემოსაზღვრულია მეზობელი ოსტეონებისაგან ე. წ. შედუღებული ხაზით, რომელსაც ქმნის მათი მაცემენტებელი ძირითადი ნივთიერება. ოსტეონები არ არის ერთიმეორესთან მჭიდროდ მიდებული. მათ შორის **ჩართული, შუამდებარე ანუ ინტერსტიციული** ძვლოვანი ფირფიტებია.

ოსტეონის ღრუს დიამეტრი ცვალებადია. იგი შეიცავს სისხლძარღვებს, ნერვებს და ფაშარ შემავრთებელ ქსოვილს. სისხლძარღვები განლაგებულია დაჭიმულობის ძალის მიმართულებით, რომელიც მისი ზრდის დროს წარმოიქმნება. ოსტეონის არხში გადის ერთი ან ორი სისხლძარღვი, რომლებიც კაპილარები ან პოსტკაპილარული ვენებია. მათ თან სდევს შემავრთებელი ქსოვილი. ოსტეონების არხებში განლაგებული სისხლძარღვები უერთდება არა მარტო ერთიმეორეს, არამედ ძვლის ტვინსა და ძვალსაზრდელას სისხლძარღვებსაც. თითოეული ოსტეონის ღრუ ძვლის ტვინის არხს, პერიოსტეუმს და მეზობელი ოსტეონების ღრუებს უკავშირდება. არხს, რომლის მეშვეობითაც ოსტეონის ღრუები ერთმანეთს უკავშირდება, **ვოლკმანის არხი** ეწოდება. მისი კედელი კონცენტრული ფირფიტებისაგან არ შედგება.

ძვლისაზრდელა (პერიოსტეუმი) და ენდოსტეუმი

გარედან ძვალი დაფარულია ძვლისაზრდელათი (**პერიოსტეუმით**), რომელსაც ორი შრე აქვს: **შიგნითა ბოჭკოვანი** და **გარეთა ადვენტიციური**. შიგნითა შრე შედგება ნაზბოჭკოვანი შემავრთებელი ქსოვილისაგან, რომელიც კოლაგენური ბოჭკოების გარდა, შეიცავს დიდი რაოდენობით სივრცით ვად განლაგებულ ელასტიკურ ბოჭკოებს. ამ შრეში გადის წერილი სისხლძარღვები და ოსტეობლასტები.

ენდოსტეუმი ძლიერ თხელი და ნაზი გარსია, რომელიც ამოფენს ძვალს ძვლის ტვინის მხრიდან. ის წარმოქმნილია შემავრთებელი ქსოვილით, რომელიც ოსტეობლასტებსა და კოლაგენურ ბოჭკოთა თხელ კონებს შეიცავს, რომლებიც ძვლის ტვინის რეტიკულურ სტრომაში გადადიან.

ძვლის სისხლძარღვები და ნერვები. სისხლძარღვები ძვლისაზრდელას ადვენტიციურ შრეში ქმნის მეტ-ნაკლებად ხშირ ბადეს. აქედან დასაბამს იღებს თხელი არტერიული ტოტები, რომლებიც ძვლის ტვინში აღწევენ მკვებავი ხვრელების საშუალებით და მონაწილეობენ მისი მკვებავი კაპილარების ბადის შექმნაში. ლიმფური ძარღვები ძირითადად ადვენტიციურ შრეშია განლაგებული. ძვლისაზრდელას ურბილგარსო და რბილგარსიანი ნერვული ბოჭკოები ქმნის ფაშარ წნულებს.

ძვლოვანი ქსოვილის ჰისტოგენეზი

ძვლოვანი ქსოვილი ვითარდება მეზენქიმიდან ორი გზით: პირდაპირ – **უშუალოდ მეზენქიმიდან** ან არაპირდაპირ – **ადრე არსებული ხრტილის ადგილას**.

განვითარება მეზენქიმიდან. ამ გზით ოსტეოგენეზი ახასიათებს ტლანქბოჭკოვან ძვლოვან ქსოვილს, როცა თავის ქალას მფარავი ძვლები წარმოიქმნება. ეს პროცესი მიმდინარეობს სტადიურად. ემბრიოგენეზის I თვის განმავლობაში მომავალი ძვლის წარმოქმნის ადგილას მეზენქიმური უჯრედები ინტენსიურად მრავლდება და ხდება **ოსტეოგენური კუნძულების გამოცალკეება**. შემდგომ ხდება მეზენქიმური უჯრედების დიფერენცირება ოსტეობლასტებად. ამ სტადიას **ოსტეოიდურს** უწოდებენ. ამ დროს ხდება კოლაგენური ფიბრილების დიფერენცირება. *ოსტეობლასტები განვითარების მომდევნო პერიოდში კარგავს გამრავლების უნარს და ოსტეოციტებად გარდაიქმნება.* განვითარებადი ძვლოვანი კუნძულები შემოფარგლავს სისხლძარღვებს და ისინი ძვლოვან არხებში აღმოჩნდება. ამავე დროს ბოჭკოებს შორის მდებარე ძირითადი ნივთიერება მკვრივდება, ვინაიდან მასში თან-

დათან მატულობს ოსეომუკოიდი, რომელიც აცემენტებს ბოჭკოებს და წარმოქმნილ სტრუქტურას მკვრივსა და კომპაქტურს ხდის. უჯრედშორისი ნივთიერება ჯერ კიდევ არ შეიცავს კალციუმს, მაგრამ ზუსტად შეესაბამება უჯრედშორისი ნივთიერების საბოლოო სტრუქტურას. მსგავსი ჯგუფები ერთიანდება და ძვალს ღრუბლისებურ შესახედაობას აძლევს. ძვლოვან კედლებს შორის დარჩენილ შემაერთებელ ქსოვილში ჩაიზრდება სისხლძარღვები და არადიფერენცირებული მეხენქიმური უჯრედები, რომლებიც ძვლის ტვინის უჯრედებს აძლევს დასაბამს. მომდევნო ეტაპზე ხდება **უჯრედშორისი ნივთიერების მინერალიზაცია**. ჯირჯვდება კოლაგენური ბოჭკოები, ხდება მათი ჰომოგენიზაცია. მათ ძირითად ნივთიერებაში კალციუმის მარილები წარმოიქმნება – იწყება გაკირვის პროცესი. შემდეგ ხდება ძვლოვანი მასის ზრდა უკვე წარმოქმნილი ძვლოვანი ნერვის პერიფერიაზე.

ნერვის პერიფერიულად ემბრიონულ შემაერთებელ ქსოვილში დიდი რაოდენობით ბოჭკოები წარმოიქმნება. ამ ბოჭკოვანი ქსოვილის ნაწილი, რომელიც უშუალოდაა მიდებული ძვლოვან ფირფიტებთან, პერიოსტეუმად გარდაიქმნება, რომლის ოსტეოგენური მოქმედების ხარჯზე ძვალი ერთდროულად სისქეშიც მატულობს. ასეთ ძვალს, რომელიც წარმოიქმნება ემბრიონული განვითარების ადრეულ სტადიებზე და **ტლანქობოჭკოვანი ძვლოვანი ქსოვილისაგან** შედგება, **პირველადი ღრუბლისებური ძვალი ეწოდება**. მომდევნო სტადიაზე იგი შეიცვლება მეორადი ანუ **ღრუბლისებური ძვლით**, რომელიც პირველადისაგან იმით განსხვავდება, რომ **ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილისაგან** შედგება.

ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილის განვითარება მჭიდროდაა დაკავშირებული ძვლის ცალკეული ნაწილის დაშლის პროცესებთან და ტლანქობოჭკოვანი ძვლის სისქეში სისხლძარღვების ჩაზრდასთან.

ძვლოვანი ქსოვილის დაშლისა და გარდაქმნის პროცესში, როგორც ემბრიონული ოსტეოგენეზის პერიოდში, ისე

დაბადების შემდეგაც, მონაწილეობს მეხენქიმური უჯრედების წარმონაქმნები - **ოსტეოკლასტები**.

შემდეგში ხდება ემბრიონულ პერიოდში წარმოქმნილი ძვლის გარდაქმნა. პირველადი ოსტეონები იშლება და ოსტეონების ახალი გენერაციები ვითარდება. ძვლის ასეთი გარდაქმნა მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ხდება.

ძვლის განვითარება ხრტილის ადგილას. მაგალითისათვის შეიძლება განვიხილოთ გრძელი ღულისებური ძვლის განვითარება. ემბრიონული განვითარების II თვეს მომავალი ძვლის ადგილას მეხენქიმიდან ხრტილოვანი *ნერვი ჩაისახება*. ეს ნერვი სწრაფად იღებს მომავალი ძვლის ფორმას. მასში ადვილად განირჩევა ორი *ეპიფიზი* და *დიაფიზი*. ნერვი შედგება ემბრიონული ჰიალინური ხრტილისაგან, რომელიც პერიფერიაზე ხრტილსაზრდელათია დაფარული. რამდენიმე ხანს იგი იზრდება, როგორც ხრტილსაზრდელას მხრიდან წარმოქმნილი, ისე ხრტილის შიგა უბნებში განვითარებულ უჯრედთა გამრავლების ხარჯზე. ძვლის განვითარება იწყება დიაფიზის შუა ნაწილთან მიმდებარე ხრტილსაზრდელაში ტიპური ოსტეობლასტების წარმოქმნით, რომლებიც ცილინდრის ან **ძვლის მანუეტის** სახით ქმნიან ტლანქობოჭკოვან ძვლოვან ქსოვილს, როგორც ზემოთ იყო აღწერილი. ამ პროცესს **პერიქონდრული გაძვალის პროცესი** ეწოდება.

ხრტილოვანი ნერვის გარშემო ძვლოვანი მანუეტის წარმოქმნის შემდეგ ხრტილოვანი ნერვის კვება ამ ადგილას ირღვევა. მისი დიაფიზური ნაწილის ცენტრში იწყება დისტროფიული ცვლილებები: ხრტილოვანი უჯრედები ჰიპერტროფირდება, მათ შორის უჯრედშორისი ნივთიერებაში იწყება Ca-ის მარილების დაგროვება. ეს არის ე.წ. ხრტილის გაკირვის წერტილი. ამ ადგილას ხრტილის ზრდა წყდება. ხრტილის ის უჯრედები, რომლებიც არ განიცდიან გაკირვას, განაგრძობენ გამრავლებას, გროვდებიან ხრტილოვან უჯრედოვან სვეტებად, რომელთა მიმართულება მომავალი ძვლის გრძელ ღერძს ემთხვევა. შემდეგში ხრტილის გაკირვა

ვრცელდება დიაფიზის ცენტრიდან ეპიფიზების მიმართულე-
ბით. ამავე დროს, ძვლოვანი მანუეტის ქსოვილში იწყება Ca-
ის მარილების დაგროვება. ოსტეობლასტების წარმოქმნის
მომენტიდან ხრტილსაზრდელა ძვლისაზრდელად გარდაიქ-
მნება.

ხრტილოვანი ნერვის შიგნით ძვლის წარმოქმნის პრო-
ცესს **ენქონდრული**, ანუ **ქონდრული გაძვალეა ეწოდება**.
ასეთი ძვალი ფირფიტოვანი აგებულებისაა და პერიქონდრუ-
ლად განვითარებული ძვლისგან განსხვავებით, ხრტილის
გაკირული უჯრედშორისი ნივთიერების ნარჩენებს შეიცავს.

ენქონდრული ძვლის განვითარების თანადროულად
ვლინდება მისი დაშლის ნიშნებიც. სკელეტოგენური მეზენ-
ქიმიდან დიფერენცირდება ოსტეოკლასტები, რომლებიც იწყ-
ებენ ძვლოვანი ფირფიტებისა და გაკირული ხრტილის დაშ-
ლას, რის შედეგაც წარმოიქმნება უფრო დიდი ღრუები და
სივრცეები, ბოლოს კი – ძვლის ტვინის ღრუ. იქ შესული მე-
ზენქიმიდან წარმოიქმნება ძვლის ტვინის ქსოვილი. ამავე
დროს, დიაფიზის პერიფერიაზე ძვლისაზრდელას მხრიდან
დაშრევდება ძვლოვანი ქსოვილის მასები. ისინი ვრცელდება
სივრცეზე ეპიფიზების მიმართულებით, მატულობს სისქეში
და ქმნის პერიოსტული ძვლის მკვრივ შრეს. წარმოქმნის
პროცესში ერთვება სისხლძარღვები. სისხლძარღვების ირ-
გვლივ მათთან მიმდინარე მეზენქიმიდან დაშლილი ტლან-
ქობოჭკოვანი ძვლის ადგილას წარმოქმნას იწყებს კონცენ-
ტრული ფირფიტები, რომლებიც პარალელურად ორიენტირ-
ებული თხელი კოლაგენური ბოჭკოებისაგან შედგება. ასე
წარმოიქმნება პირველადი ოსტეონები. მათი წარმოქმნისთა-
ნავე პერიოსტეუმის მხრიდან იწყება გენერალური ფირფიტე-
ბის განვითარება. პერიოსტული ძვალი შეერწყმება ენდოქონ-
დრულს და მთლიანი ძვლოვანი მილი წარმოიქმნება.

ამრიგად, ძვლოვანი ქსოვილის ჰისტოგენეზის პროცესში
ხრტილის ადგილას აღინიშნება გარკვეული სტადიურობა.
ჯერ წარმოიქმნება პერიქონდრული ძვლოვანი მანუეტი, რო-
მელიც შედგება ტლანქობოჭკოვანი ძვლოვანი ქსოვილისაგან.

შემდეგ ეპიფიზისა და დიაფიზის საზღვარზე ხრტილი გა-
ნიცდის სხვადასხვა ცვლილებას (დისტროფია, ქონდროლიზი
და ხრტილის ნარჩენების გაკირვა, ხრტილოვანი უჯრედების
გამრავლება და ზრდა სვეტების სახით). ერთდროულად მიმ-
დინარეობს ენქონდრული გაძვალეა. დაბოლოს, ტლანქობოჭ-
კოვანი ძვლოვანი ქსოვილით მისი შეცვლის პერიოდი იწყე-
ბა.

ლულისებური ძვლების ზრდა

ძვლების ზრდა ძალიან ნელი პროცესია. ის ადამიანს
ეწყება ადრეული ემბრიონული სტადიებიდან და საშუალოდ,
20 წლის ასაკში მთავრდება. ძვალი მატულობს, როგორც
სიგრძეში, ისე სიგანეში.

ლულისებური ძვლის ზრდა სივრცეში უზრუნველყოფი-
ლია ზრდის ეპიფიზური ფირფიტით, რომელშიც ორი საწი-
ნააღმდეგო ჰისტოგენეზური პროცესი მიმდინარეობს: ეპიფი-
ზური ფირფიტის დაშლა და ხრტილოვანი ქსოვილის გა-
ნუწყვეტელი შევსება უჯრედების ახლადწარმოქმნის გზით.
ხრტილოვანი უჯრედების გამრავლების შედეგად ფირფიტა
არ ჩნდება, მაგრამ დროთა განმავლობაში დაშლის პროცე-
სები ჭარბობს უჯრედთა ახლად წარმოქმნის პროცესს და
ეპიფიზური ფირფიტა პატარავდება. შემდგომ ეპიფიზური და
დიაფიზური გაძვალეა ერთ პროცესად გაერთიანდება და
ძვლის ზრდა სივრცეში მთავრდება.

ძვლის ზრდა სიგანეში ხდება პერიოსტეუმის ხარჯზე.

პერიოსტეუმის მხრიდან კონცენტრული შრეების სახით
ძალიან ადრე ვითარდება ნაზობოჭკოვანი ძვალი, რომლის შე-
მადგენლობაში ოსტეონები ჩაირთვება: ოსტეონების რაოდენ-
ობა უშუალოდ დაბადების შემდეგ დიდი არ არის, მაგრამ
უკვე 5 წლის ასაკში კიდურების გრძელ ძვლებში მათი რაოდენ-
ობა მნიშვნელოვნად მატულობს, ვინაიდან ძვლისაზრდე-
ლას მხრიდან მიმდინარეობს ძვლის ახალი შრეების დაშრე-
ვება. ეს პროცესი ძვლის საბოლოო ჩამოყალიბებამდე
გრძელდება.

ძვლების განვითარებასა და ზრდაზე მოქმედი ფაქტორები. ძვლის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კვებას. ბავშვის სისხლში Ca-ისა და ფოსფატების არასაკმარისი რაოდენობა იწვევს მზარდი ძვლის უჯრედშორისი ნივთიერების გაკირვის შენელებას ან მთლიანად შეწყვეტას. რაკი ძვლის განვითარება არ წყდება, ისინი რბილდება და ადვილად მრუდდება. არასაკმარისი გაკირვა რაქიტს იწვევს. არასაკმარისი გაკირვის მიზეზი შეიძლება კვების რაციონში D ვიტამინის ნაკლებობა იყოს, რადგანაც მისი ნაკლებობის გამო Ca ცუდად შეიწოვება ან სულ არ შეწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში. ამიტომაც, მისი კონცენტრაცია სისხლში მინიმუმამდე ეცემა (ვიტამინის არასაკმარისი რაოდენობის დროს ითრგუნება კოლაგენური ბოჭკოების წარმოქმნა, მცირდება ოსტეობლასტების ცხოველყოფილობა, მათი ფოსფატაზური აქტივობა, რაც ძვლის ზრდის შეჩერებას იწვევს პროლიფერირებული ოსტეობლასტების გარშემო ძვლოვანი ფირფიტების წარმოქმნის შეუძლებლობის გამო). ძვლების ცალკეულ უბანში მიმდინარეობს Ca-ის მარილების მნიშვნელოვანი შემცირება (ოსტეოპოროზი) და ამიტომაც, ძვალი ადვილად ცვდება. ოსტეოპოროზი არის პათოლოგია, რომელიც ყველაზე ხშირია მენოპაუზის ასაკის ქალებში. ამ დროს მცირდება სასქესო ჰორმონის – ესტროგენის წარმოქმნა. ესტროგენი ააქტიურებს ოსტეობლასტებში ძვლოვანი მატრიქსის წარმოქმნას. ესტროგენის შემცირების გამო ოსტეოკლასტების აქტივობა იზრდება ოსტეობლასტების აქტივობასთან შედარებით, რაც განაპირობებს ძვლოვანი მატრიქსის შემცირებას. ამიტომ ხდება ძვალი მყიფე და ადვილად მტვრევადი. ოსტეოპოროზს ხშირად თან ახლავს სხვადასხვა ხარისხის ანემია, რაც ძვლის ტვინის სივრცეების შევიწროებით არის გამოწვეული. შესაბამისად, ხდება ტვინის ნერვების შევიწროება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს სიბრმავე, სიყრუე ან სხვა პათოლოგიები.

A ვიტამინის ნაკლებობა ლულისებური ძვლების ძვლისაზრდელაში სისხლძარღვთა შევიწროებას იწვევს.

ძვლების ზრდა-განვითარებაზე გავლენას ახდენს ზოგიერთი ენდოკრინული ფაქტორიც, მაგალითად, ადრეული სქესობრივი მომწიფების დროს აღინიშნება ზრდის შენელება ძვლების ადრეული დიაფიზურ-ეპიფიზური შეზრდის გამო. ფარისებრახლო ჯირკვლის ჰორმონის სიჭარბის შემთხვევაში, ადგილი აქვს ძვლის რეზორბციას და ფიბროზული ქსოვილის წარმოქმნას, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით ოსტეოკლასტებს, რაც იწვევს ე. წ. ფიბროზულ ოსტიტს.

ბოლო დროს დიდ მნიშვნელობას ანიჭებენ ბიოდენებს, რომლებიც ძვლების სხვადასხვაგვარი დეფორმაციის დროს წარმოიქმნება. ელექტროპოტენციალები გავლენას ახდენენ ძვლოვანი ქსოვილის რეგენერაციასა და ტროფიკაზე.

რეგენერაცია. ძვლოვანი ქსოვილს ახასიათებს მაღალი რეგენერაციის უნარი. მოტეხილობის დროს ძვლისაზრდელას მთლიანობა ირღვევა, მოტეხილობის ირგვლივ ქსოვილებში ანთებითი პროცესები ვითარდება. დაზიანების გამო მთლიანობის დარღვევა იწვევს გაღიზიანებას, ძვლისაზრდელა მოიმატებს, როგორც დაუზიანებელი ადგილიდან უჯრედების გადაადგილების, ასევე მათი გამრავლების ხარჯზე, რაც იწვევს გადაადგილებული ბოლოების გამთლიანებას. ერთდროულად ძვლისაზრდელაში წარმოიქმნება სისხლძარღვები და ვითარდება ოსტეობლასტები, რომლებიც იწყებს ძვლოვანი თხელი ფირფიტების დაგროვებას. 10-12 დღის შემდეგ წარმოქმნილი ძვლოვანი ქსოვილი მთლიანად ფარავს მოტეხილობის ადგილს.

პათოლოგიურ პირობებში, შესაძლოა, უჩვეულო ადგილას მოხდეს ძვლოვანი ქსოვილის ექტოპიური, ანუ ჩონჩხგარე განვითარება, მაგალითად, თვალის გარსებში, თირკმლებში, ფარისებურ ჯირკვალში, მსხვილი სისხლძარღვების ადგილებში და სხვ.

კუნთოვანი ქსოვილი (Textus muscularis)

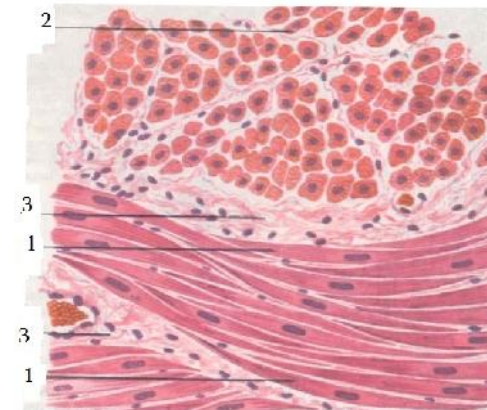
მოძრაობითი პროცესები ადამიანისა და ცხოველთა ორგანიზმში კუნთოვანი ქსოვილის სტრუქტურული და ფიზიოლოგიური თავისებურებებით და შესაბამისი ცხოველმყოფელობითაა უზრუნველყოფილი. კუნთოვანი ქსოვილი ორგანიზმის შიგნით ახორციელებს ყველა მოძრაობით აქტს, ადამიანის სხეულის ნაწილების გადაადგილებას და ორიენტაციას სივრცეში, რაც კუნთოვანი ქსოვილის მაღალი აგზნებადობისა და შეკუმშვითი უნარის დამსახურებაა.

კუნთოვან ქსოვილში არის სპეციალური შემკუმშავი სტრუქტურები – მიოფიბრილები, რომელთა შორის არჩევენ **გლუვ** და **განივზოლიან** მიოფიბრილებს. მათი შემცველობის შესაბამისად, არჩევენ **გლუვკუნთოვან** და **განივზოლიან კუნთოვან ქსოვილებს**. განივზოლიან კუნთოვან ქსოვილებში კი გამოყოფენ **ჩონჩხის განივზოლიან კუნთოვან** ქსოვილს და **გულის განივზოლიან კუნთოვან** ქსოვილს. გარდა ამისა, კუნთოვან ქსოვილებს მიაკუთვნებენ **კუნთოვანი** ქსოვილის ზოგიერთ **სპეციალიზებულ** სახეს. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდება წარმოშობით, აგებულებითა და ფუნქციით. კუნთოვანი ქსოვილის სპეციალური სახეები, ე.წ. **მიოეპითელური უჯრედები** მონაწილეობენ ოფლის, სარძევე და სანერწყვე ჯირკვლების აგებულებაში. სპეციალურ სახეს მიეკუთვნება, აგრეთვე, **გუვისა და თვალის ცილიარული (წამწამოვანი)** სხეულის მუსკულატურა. კუნთის შეკუმშვა უზრუნველყოფს სხეულის მოძრაობას, ორგანოთა გადაადგილებას, მათი კედლების დაჭიმულობასა და მოცულობის ცვლილებებს და ა.შ. კუნთოვანი ქსოვილის მუშაობა ხორციელდება მამოძრავებელი ელემენტების შეკუმშვით (დამოკლებით). კუნთოვან ელემენტებში შეიძლება გამოვყოთ სამი ჯგუფის სტრუქტურები: **შემკუმშავი** (მიოფიბრილები), **ტროფიკული** (ბირთვი და უჯრედის ორგანელები) და **საყრდენი**, რომლებიც წარმოდგენილია კუნთოვანი ელემენტების გარსებითა და ტელოფრაგმებით (Z-ზოლებით).

ყველა სახის კუნთოვან ქსოვილში განლაგებულია მამოძრავებელი ნერვული დაბოლოებანი, რომელთა საშუალებითაც ნერვული სისტემა გზავნის სამუშაო სამოძრაო იმპულსს კუნთოვან ქსოვილში. კუნთებში რეცეპტორული დაბოლოებებიც მდებარეობს.

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი მდებარეობს სისხლძარღვებისა და უმეტეს ღრუ ორგანოთა: საყლაპავი მილის, კუჭის, ნაწლავების, შარდის ბუშტის, საშვილოსნოსა და სხვა ორგანოთა კედლებში (სურ. 52).



სურ. 52. შარდის ბუშტის გლუვკუნთოვანი ქსოვილი (სივრძივი და განივი განაკვეთი).

- 1- გლუვკუნთოვანი უჯრედები სივრძივ განაკვეთზე;
- 2- გლუვკუნთოვანი უჯრედები განივ განაკვეთზე;
- 3- შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენები სისხლძარღვებით.

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი ვითარდება მეზენქიმიდან ემბრიოგენეზის ადრეულ ეტაპებზე. მეზენქიმიური უჯრედი გლუვ კუნთოვან ელემენტებად გარდაქმნის პროცესში კარ-

გავს მორჩებს, გრძელდება და იღებს დამახასიათებელ თითისტარისებურ ფორმას. დიფერენცირების პროცესში მათში წარმოიქმნება შემკუმშავი ძაფები, რომლებიც ჩაისახება უჯრედის პერიფერიაზე.

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის მორფოლოგიური თავისებურება გამოიხატება მის უჯრედოვან აგებულებასა და გლუვი მიოფიბრილების სახით შემკუმშავი აპარატის არსებობაში.

გლუვ კუნთოვან ქსოვილს ახასიათებს შედარებით ნელი შეკუმშვა და შეკუმშულ მდგომარეობაში ხანგრძლივად ყოფნა, რომლის დროსაც შედარებით მცირე რაოდენობით უანგბადსა და ენერჯიას მოიხმარს. მცირე ძალით შეკუმშვის გამო იგი სწრაფად არ იღლება. შემკუმშავი აქტივობის ასეთ ტიპს **ტონიურს** უწოდებენ. გლუვ კუნთოვან ქსოვილს ანერვიანებს ვეგეტატიური ნერვული სისტემა, ამიტომაც მისი შეკუმშვა ჩვენს ნებას არ ექვემდებარება.

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის ძირითადი **სტრუქტურული ერთეულია გლუვი კუნთოვანი უჯრედი**, რომელსაც აქვს წაგრძელებული, თითისტარისებური ან ვარსკვლავისებური ფორმა წაწვეტებული ბოლოებით. უჯრედები ქსოვილში ერთმანეთთან მჭიდროდ არიან განლაგებული. ერთი უჯრედის წვრილი ნაწილი ეხება მეზობელი უჯრედების შუა ფართო ნაწილს. გლუვი კუნთოვანი უჯრედის ზომა სხვადასხვაგვარია სხვადასხვა ორგანოში. ყველა უჯრედს არა აქვს ნერვული მოწყობილობა, რომელიც გადასცემს სამუშაო იმპულსს. როგორც ჩანს, სამუშაო იმპულსი გადაეცემა უჯრედიდან უჯრედს მათი ზედაპირების შეხებით. ამასთან დაკავშირებით, გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის ფუნქციური ელემენტი მთელი უჯრედული კომპლექსია (და არა უჯრედი). იგი შეთანხმებით რეაგირებს სამუშაო იმპულსზე, რომელსაც იღებს ამ კომპლექსის ერთი ან რამდენიმე უჯრედი.

დადგენილია, რომ თითოეული გლუვი კუნთოვანი უჯრედი გამოცალკევებულია მეზობელი უჯრედებისაგან კარგად განვითარებული ტიპური უჯრედოვანი გარსით. თუმცა, ზო-

გიერთ გლუვ კუნთოვან ქსოვილში უჯრედებს შორის არის რთული შეერთება, რაც დესმოსომების მეშვეობით ხორციელდება.

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის **ტროფიკული აპარატი** შეიცავს ბირთვის და ციტოპლაზმას ორგანოიდებით. ბირთვი წაგრძელებული, ელიფსოიდური ფორმისაა და, ჩვეულებრივ, უჯრედის ცენტრში მდებარეობს. ბირთვაკი, როგორც წესი, ორია, ზოგჯერ – მეტი. ბირთვის ფორმა შეკუმშვისას იცვლება. ციტოპლაზმა სუსტად ბაზოფილურია. მიტოქონდრიები მარცვლოვანია ან მოკლე ჩხირის ფორმა აქვს. ცენტროსომა ბირთვთან ახლოსაა. გოლჯის კომპლექსი, ჩვეულებრივ, ვლინდება ცენტროსომის გარშემო. მრავლად აქვს პინოციტოზური ბუშტუკი (რაც უჯრედშორისი გარემოდან სითხის ინტენსიურ შთანთქმაზე მიუთითებს).

შემკუმშავი აპარატი წარმოდგენილია მსხვილი მიოფიბრილებით, რომლებიც განლაგებულია უჯრედის პერიფერიაზე მისი ღერძის გასწვრივ. გლუვკუნთოვან უჯრედებში მიოფიბრილები ერთგვაროვანი სტრუქტურის, 100 Å-მდე სისქის ძაფებისაგან (მიოფილამენტებისაგან) შედგება. ხშირად, ასეთი ძაფები კუნთოვან უჯრედში მთლიანადაა გაფანტული კონებად შეკრების გარეშე და მათთვის ჩონჩხის კუნთისაგან განსხვავებით მოწერიკებული განლაგება არაა დამახასიათებელი. ისინი არ ქმნიან სარკომერებს. შეკუმშვა გლუვკუნთოვან ქსოვილში სინქრონულად ხორციელდება ერთმანეთთან მიმდებარე უჯრედთა ჯგუფებში. შეკუმშვა დაკავშირებულია გლუვ კუნთოვან ქსოვილში აქტინისა და მიოზინის სტრუქტურულ თავისებურებებთან, რომლებიც თხელ და სქელ მიოფილამენტებს ქმნის. თხელი მიოფილამენტები წარმოდგენილია აქტინით და ტროპომიოზინით, სქელი კი – მიოზინით. მორფოლოგიური და ბიოქიმიური გამოკვლევებით დასტურდება, რომ გლუვკუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვის მექანიზმი განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვის მექანიზმის მსგავსია. გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის ნელ და ხანგრძლივ კუმშვით აქტივობას განაპირობებს გლუვი კუნთის ზოგიერ-

თი თვისება: აქტინ-მიოზინი უფრო ფაშარად და მოუწესრიგებლადაა განლაგებული, Ca^{2+} -ის კონცენტრაციის ცვლილება გლუვი კუნთში ბევრად უფრო ნელა ხდება; ამასთან, მართალია, გლუვი კუნთოვანი უჯრედები შეიცავს ტროპომიოზინს, მაგრამ არ შეიცავს ტროპონინს და ამდენად, ტროპომიოზინ-ტროპომიოზინის სწრაფი „ჩართვა-გამორთვა“ აქ არ ხდება.

გლუვიკუნთოვან ქსოვილში **საყრდენი აპარატი** წარმოდგენილია კუნთოვანი უჯრედების ჯგუფებს ან შრეებს შორის მდებარე შემაერთებელი ქსოვილის ჩანაფენებით. თითოეული უჯრედის გარშემო იქმნება მკვრივი კარკასი, რომელიც შედგება თხელი კოლაგენური და ელასტიკური ბოჭკოებისაგან და უჯრედთა ჯგუფებს ერთიან მთლიან წარმონაქმნად აკავშირებს. განსაკუთრებით კარგადაა აქ განვითარებული ელასტიკური ბოჭკოები, რომლებიც უზრუნველყოფს შინაგან ორგანოთა კედლების მაღალ სიმკვრივეს. შემაერთებელქსოვილოვან უჯრედებთან ამ ბოჭკოების კავშირი იძლევა საშუალებას, ვივარაუდოთ გლუვიკუნთოვანი უჯრედების მონაწილეობა უჯრედშორისი ნივთიერების წარმოქმნაში. T სისტემების არსებობა გლუვი კუნთოვანი ქსოვილისათვის არაა დამახასიათებელი.

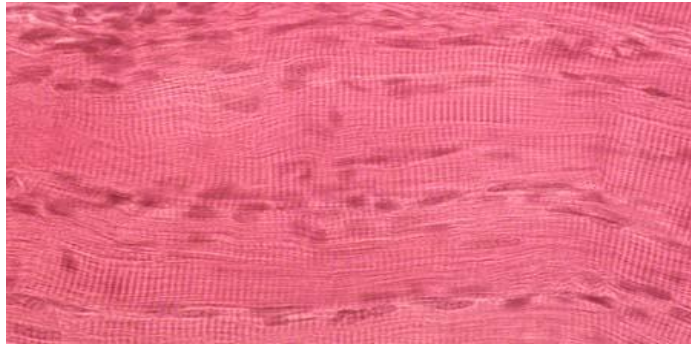
გლუვიკუნთოვან ქსოვილს **სისხლით ამარაგებს** კარგად განვითარებული სისხლძარღვთა სისტემა. სისხლძარღვები შემაერთებელი ქსოვილის ჩანაფენებში ქმნის კაპილარულ ბადეს გლუვიკუნთოვან უჯრედთა ჯგუფებს ან შრეებს შორის (დრმად მდებარე გლუვიკუნთოვანი უჯრედები, ხშირად, არ ეხება უშუალოდ კაპილარების კედლებს. როგორც ჩანს, მათი ნივთიერებათა ცვლა უზრუნველყოფილია ირგვლივ მდებარე უჯრედებით).

გლუვი კუნთოვანი ქსოვილის **ინერვაცია** ხდება ავტონომიური ნერვული სისტემის ორივე ნაწილით – სიმპათიკურითა და პარასიმპათიკურით. უმეტეს შემთხვევაში ავტონომიური ნერვების აქსონები ენდომიზიუმის (შემაერთებელი ქსოვილის) გაგანიერებებში ბოლოვდება.

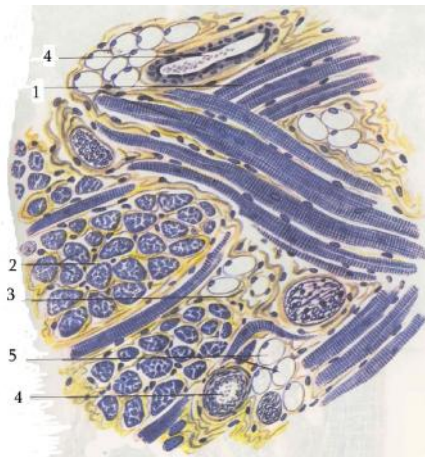
გლუვიკუნთოვანი ქსოვილის რეგენერაციის დროს ხდება გლუვი კუნთოვანი უჯრედების ინტენსიური მიტოზური და ამიტოზური დაყოფა. დადგენილია ნაწლავების, არტერიების, ვენებისა და ზოგიერთი სხვა ორგანოს გლუვი კუნთოვანი ელემენტების რეგენერაციის შესაძლებლობა. მიღწეულია შარდის ბუშტის კუნთოვანი გარსის დეფექტების რეგენერაციის შესაძლებლობა. გლუვიკუნთოვანი ქსოვილისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე ფუნქციური ჰიპერტროფია. **ჰიპერტროფიის** დროს ხდება ახალი მიოფიბრილების წარმოქმნა, რაც განაპირობებს კუნთის ზრდას მოცულობაში. უჯრედების რაოდენობის ზრდის ხარჯზე ქსოვილის მატებას ზომაში კი **ჰიპერპლაზია** ეწოდება. გლუვი კუნთოვანი უჯრედების გამრავლებისა (ჰიპერპლაზია) და ჰიპერტროფიის პროცესები მიმდინარეობს, მაგალითად, საშვილოსნოს კედელში ორსულობის დროს (ჰიპერპლაზია, როგორც წესი, არ ახასიათებს ჩონჩხისა და გულის კუნთს).

განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი

განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილისაგან შედგება: ა) ჩონჩხის მუსკულატურა, რომელიც ახორციელებს სხეულის გადაადგილების ფუნქციას სივრცეში (სურ. 53); ბ) მუსკულატურის ნაწილი, რომელიც უზრუნველყოფს კვების ფუნქციას (პირის ღრუს, ხახის, საყლაპავი მილის ზედა ნაწილის კუნთები, ანალური ხვრელის სფინქტერი) (სურ. 54); გ) სახის მიმიკური მუსკულატურა; დ) თვალისა და ყურის მამოძრავებელი მუსკულატურა და ე) სასუნთქი მუსკულატურა, დიაფრაგმა. განსაკუთრებულია გულის განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი.



სურ. 53. განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი



სურ. 54. ენის განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი.
 1-კუნთოვანი ბოჭკოები სიგრძივ განაკვეთზე; 2-კუნთოვანი ბოჭკოები განივ განაკვეთზე; 3-შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენები (ენდომიზიუმი); 4-სისხლძარღვები.

განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილისათვის დამახასიათებელია სწრაფი და ნებელობითი მოქმედება, დიდი რაოდე-

ნობით ენერჯისა და ჟანგბადის მოხმარება და სწრაფი დაღლა.

განივზოლიან კუნთოვან ქსოვილს ახასიათებს სტრუქტურული ელემენტების აგებულების სიმპლასტური ხასიათი და მათში განივზოლიანი მიოფიბრილების არსებობა.

განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი მეზოდერმიდან ვითარდება. იგი სხვადასხვა ნერვიდან ვითარდება და წარმოშობით ჭრელ ჯგუფს ქმნის. როგორც წესი, მისი ემბრიონული განვითარების წყაროა მიოტომები, მაგრამ დადგენილია, რომ განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილის ზოგიერთი უბანი, მათ შორის თავის არეშიც, ვითარდება მეზენქიმიდან, შესაძლოა, ნეირომეზენქიმიდანაც კი. მიოტომები, რომლებიც სომიტების ნაწილს შეადგენს, უჯრედოვანი აგებულებისაა. განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილის წარმოშობა იწყება მიოტომების გაფაშრებით. მისი უჯრედები იღებენ თითისტარის ფორმას და გრძელდებიან სხეულის სიგრძივი ღერძის გასწვრივ ტიხრებს – მიოსეპტებს შორის, რომლებიც ერთ მიოტომს შემოსაზღვრავენ მეორისაგან. ამ უჯრედებს **მიობლასტები** ეწოდება. ასეთ უჯრედთა ნაწილი შემდეგში მრავლდება და დიფერენცირდება ყოფილი მიოტომების ადგილას და ისინი ქმნიან ღერძულ და ნეკნთაშორის მუსკულატურას. უჯრედთა მეორე ნაწილი მიგრირებს კიდურების ნერვებში და ჩონჩხის მუსკულატურის ნერვს ქმნის. მიობლასტების შემდგომი დიფერენცირება მდგომარეობს ცალკეული უჯრედის ზრდასა და წაგრძელებულ სიმპლასტურ წარმონაქმნებად შერწყმაში. მათ რამდენიმე ბირთვი აქვთ. ამ წარმონაქმნებს **კუნთოვანი მილაკები** ეწოდება. მათთვის დამახასიათებელია განივზოლიანი მიოფიბრილების წარმოქმნა. შემდგომი დიფერენცირებისას ისინი **განივზოლიან კუნთოვან ბოჭკოებად** გარდაიქმნება.

როგორც ჩანს, მიობლასტების გარდაქმნა სიმპლასტურ სისტემებად და მიოფიბრილების დიფერენცირება მიმდინარეობს მექანიკური ფაქტორისა (დაჭიმულობის) და კუნთოვან

ქსოვილში მისი ელემენტების დიფერენცირების დასაწყისში წარმოქმნილი ნერვული კავშირების გავლენით.

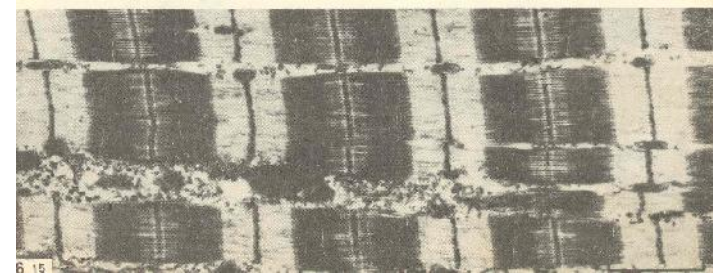
განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილის აგებულება შესწავლილია ენგელჰარტისა და ლიუბიმოვის მიერ. ყველა სახის განივზოლიან კუნთოვან ქსოვილში ძირითადი სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეულია განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკო, რომელიც რთული აგებულების სიმპლასტური წარმონაქმნია (სურ. 55). კუნთოვანი ბოჭკო ცილინდრული ფორმის მოგრძო სხეულია. მას აქვს მომრგვალებული ან წაგრძელებული ბოლოები, რომლებითაც ბოჭკოები ერთმანეთს ეხება ან ისინი მყესებისა და ფასციების საყრდენ შემერთებელ ქსოვილში ეფლობიან. ადამიანის ჩონჩხის მუსკულატურის წვრილი კუნთების განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს სიგრძე სულ რამდენიმე მმ-ია, მაგრამ ძუძუმწოვრების მსხვილ კუნთებში მათი ზომა 10 სმ-მდეა. ბოჭკოს დიამეტრი კი 12-60 მკმ-ის ფარგლებში ცვალებადობს.



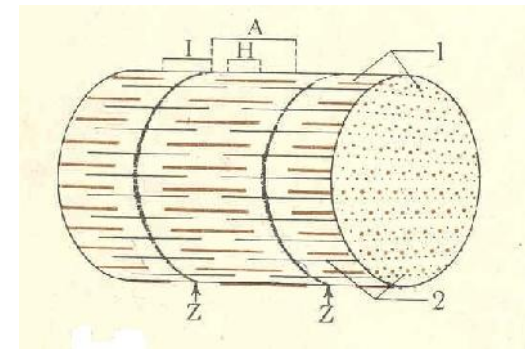
სურ. 55. განივზოლიანი ბოჭკო ჩონჩხის კუნთის - მიოსიმპლასტი

განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკო გარედან **სარკოლემითაა** დაფარული და შედგება ციტოპლაზმისაგან (სარკოპლაზმისგან), რომელშიც მრავალი ბირთვია. ჩონჩხის კუნთოვან ბოჭკოში ბირთვები უშუალოდ სარკოლემის ქვეშ, ბოჭკოს პერიფერიაზეა განლაგებული. კუნთოვანი ბოჭკოს მიკროსკოპულ აგებულებაში არჩევენ: *შემკუმშავ, ტროფიკულ და საყრდენ* სტრუქტურებს.

განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს **შემკუმშავი აპარატი** წარმოდგენილია განივზოლიანი მიოფიბრილით (სურ. 56, 57).



სურ. 56. ჩონჩხის კუნთის მიოფიბრილის სიგრძივი განაკვეთი

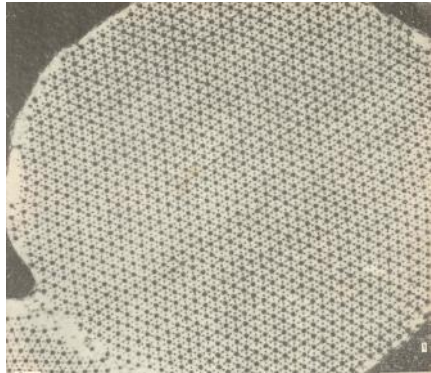


სურ. 57. მიოფიბრილის აგებულების სქემა.

- 1- მსხვილი პარალელურად განლაგებული ძაფები (მიოზინი) (A);
- 2- წვრილი დისკები (აქტინი); ორ Z ფირფიტას შორის – სარკომერა.

მიოფიბრილები განაპირობებს კუნთოვანი ბოჭკოს სიგრძივ და განივ დახაზულობას. ისინი ქმნიან კუნთოვანი ბოჭკოს ერთი ბოლოდან მეორისაკენ მისი ღერძის პარალელურად მიმართული უწყვეტი ბოჭკოების კონას. მაშასადამე, მათი სიგრძე დაახლოებით ემთხვევა კუნთოვანი ბოჭკოს სიგრძეს. განივ განაკვეთზე მიოფიბრილებს წრისებური ან ელიფსისებური მოხაზულობა, ხშირად – ოთხ-, ხუთ- ან ექ-

ვსკუთხა ფორმა აქვთ (სურ. 58). მიოფიბრილები ერთ მჭიდროდ შეკრულ კონას ქმნიან ბოჭკოს ცენტრალურ ღერძულ ნაწილში. ასეთი აგებულების ტიპს **მკვრივი** ეწოდება.



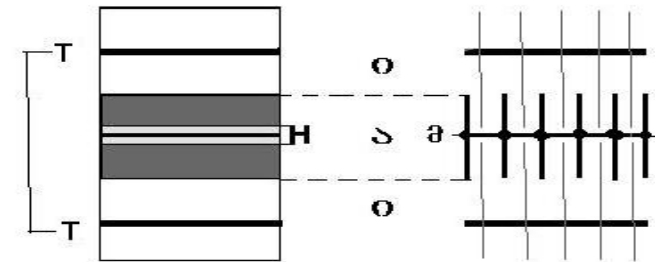
სურ. 58. ბუხის საფრენი კუნთის მიოფიბრილის განივი განაკვეთი ძაფების განლაგება მიოფიბრილში

ფაშარი აგებულების ბოჭკოში მიოფიბრილები რამდენიმე კონას ქმნიან, რომლებიც გამოყოფილი არიან სარკოპლაზმის ჩანაფენებით.

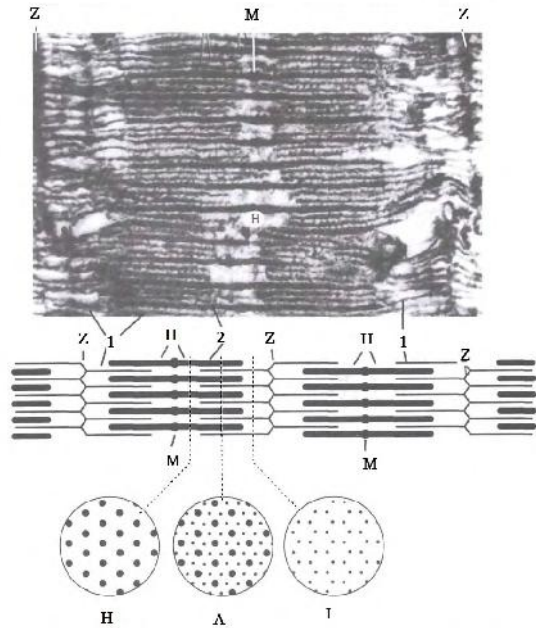
განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილისათვის დამახასიათებელია კუნთოვანი ბოჭკოების განივი დახაზულობა. მასში არჩევენ: A დისკოს, რომელიც შედგება ანიზოტროპული ნივთიერებისაგან და I დისკოს, რომელიც წარმოქმნილია იზოტროპული ნივთიერებით. A დისკო მეტი სიმკვრივისაა და ინტენსიურად იღებება. პოლარიზაციულ მიკროსკოპში მათ ორმაგი სხივტების უნარი აქვთ, რაც არ ვლინდება I დისკოებში. I დისკო, თავის მხრივ, გადაკვეთილია შუაზე მემბრანებით – T ტელოფრაგმებით (მუქი Z-ზოლი) (ტერმინები „მემბრანა“ და „ტელოფრაგმა“ ზუსტად არ ასახავენ ქეჩისებური აგებულების მოცემული წარმონაქმნის თავისებურე-

ბას). T ხაზები (Z-დისკო) შეადგენს განივზოლიანი დახაზულობის ყველაზე უფრო მდგრად ელემენტს და შენარჩუნებულია მიოფიბრილების ყველა ფუნქციური ცვლილების დროს. T-ტელოფრაგმა (Z-დისკო) შედგება 15-20⁰-ით დახრილად მიმავალი განსაკუთრებული, მოკლე და თხელი მიოფილამენტებისაგან. T ხაზებს (Z-დისკოებს) შორის მდებარე მიოფიბრილების სეგმენტს უწოდეს **სარკომერი** ანუ **კუნთოვანი სეგმენტი** (სარკომერი განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს **სტრუქტურულ-ფუნქციური ერთეულია**) (სურ. 59). A დისკოს ცენტრში მოთავსებულია **ნათელი H ზოლი**, რომელსაც შუაზე კვეთს ვიწრო **M მემბრანა (მეზოფრაგმა)** (სქემა 6). ამ უბანში მყარდება კავშირი მეზობელ სქელ ფილამენტებს შორის.

სქემა 6.



სქემა 6. სარკომერის აგებულება



სურ. 59. სარკომერის ნატივი აგებულება. ელექტრონული მიკროფოტოგრაფია და სქემა. Z- ტელოფორაგმა (Z-ხაზი); I-აქტინის მოლეკულები; H- H-ზონა; 2-მიოზინის მიოფილამენტები; M-მეზოფორაგმა.

დადგენილია, რომ მიოფიბრილების შემადგენლობაში შედის უწვრილესი ბოჭკოები – მიოფილამენტები (პროტოფიბრილები), რომელთა დიამეტრი 50-120 Å (არ აღემატება 200 Å). არჩევენ თხელ და სქელ მიოფილამენტებს. მეზოფორაგმის დონეზე გავლისას მიოფილამენტები უფრო მეტი და მკვრივი ჩანს, ვიდრე სხვა უნებში.

სქელი მიოფილამენტები გაივლიან მთელ A დისკოს, რომელშიც ისინი პარალელურად არიან განლაგებული, ხოლო თხელი მიოფილამენტები კი გაივლიან I დისკოს, შემდეგ სქელ მიოფილამენტებს შორის A დისკოში და მთავრდებიან H-ზოლის საზღვარზე. H-ზოლი შეიცავს მხოლოდ სქელ ძაფებს, რომლის გამსხვილება ცენტრში შეესაბამება

M მემბრანას (მეზოფორაგმას). ამ უბანში მეზობელ სქელ ფილამენტებს შორის კავშირები მყარდება.

ამრიგად, T-ტელოფორაგმა წარმოადგენს სარკომერის ნამდვილ საზღვარს. თხელი მიოფილამენტები ამ ადგილას წყდება. A დისკოს ნაწილს, სადაც არის თხელი და სქელი მიოფილამენტები, გადაფარვის ზონას უწოდებენ. თითოეული სქელი მიოფილამენტი ამ ზონაში გარშემორტყმულია ექვსი თხელი მიოფილამენტით, ხოლო თითოეული თხელი მიოფილამენტი უკავშირდება სამ სქელ მიოფილამენტს. A დისკოში თხელი მიოფილამენტებისაგან მხოლოდ H ზოლია თავისუფალი. ამიტომაც, მუქი A დისკოს ეს ცენტრალური ნაწილი შედარებით ნათელია.

სქელი მიოფილამენტები შედგება **მიოზინის** მოლეკული-საგან, თხელი კი – **აქტინისაგან**. გარდა ამისა, მათ შემადგენლობაში შედის ორი დამატებითი ცილა – **ტროპომიოზინი** და **ტროპონინი**. ისინი აქტინ-მიოზინის ურთიერთობის რეგულაციაში მონაწილეობს.

თხელი და სქელი ფილამენტების მოწესრიგებული, სამგანზომილებიანი ორგანიზაციის ჩამოყალიბებას და შენარჩუნებას სპეციალური ცილები უზრუნველყოფს, რომელთაც მიეკუთვნება **კონექტინი (ტიტინი)** და **ნებულინი**. კონექტინი სქელი ფილამენტების ბოლოებს აკავშირებს Z ზოლებთან. იგი მდებარეობს H და Z ზოლებს შორის და მოქმედებს ელასტიკური ჭიმის მსგავსად. იგი მიოზინს სარკომერში, როგორც შეკუმშულ, ასევე მოდუნებულ მდგომარეობაში უნარჩუნებს ცენტრალურ მდებარეობას. ნებულინი კი ქმნის არაელასტიკურ ფილამენტს. მას აქტინთან დამაკავშირებელი განმეორებადი უბნები აქვს. იგი Z ზოლიდან აქტინის ფილამენტების გასწვრივ მიემართება.

მეზობელ მიოფიბრილებში სარკომერის მოწესრიგებული და შეთანხმებული განლაგება მთლიან კუნთოვან ბოჭკოს განივზოლიან შესახედაობას ანიჭებს.

კუნთოვან ბოჭკოთა ულტრასტრუქტურის მეტად მნიშვნელოვანი ნიშანია მიოფიბრილების ღრმა კავშირი სარკოპლაზმასთან.

განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს ტროფიკული აპარატი წარმოდგენილია სტრუქტურებით, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ მის ნივთიერებათა ცვლაში. ტროფიკული აპარატის მნიშვნელოვანი კომპონენტია ბირთვი. თითოეული კუნთოვანი ბოჭკო მრავალბირთვიანი სისტემაა (სიგრძის შესაბამისად, ათობიდან ასობით ბირთვს შეიცავს) (სურ. 54). ბირთვებს პერიფერიული განლაგება აქვთ – თითქმის უშუალოდ სარკოლემის ქვეშ. ბირთვები ღარიბია ქრომატინით. ამ ბირთვების მიტოზური გაყოფა იშვიათია. ისინი ძირითადად ამიტოზურად იყოფიან. ტროფიკული აპარატის მეორე მნიშვნელოვანი ელემენტია სარკოსომა. სარკოსომები ძლიერ განვითარებულკრისტებიანი მიტოქონდრიებია. მათი რაოდენობა დიდია. ისინი განლაგებულია ჟანგბადის მაქსიმალური მოხმარების უბნებში, სადაც მონაწილეობენ მაკროერგული ფოსფატური ნაერთების სინთეზში. ბირთვთან ახლო ზონაში განლაგებულია მარცვლოვანი ენდოპლაზმური ბადე. აქ არის აგრეთვე მოთავსებული გოლჯის კომპლექსის მილაკები და ცისტერნები.

სარკოპლაზმა დიდი რაოდენობით შეიცავს გლიკოგენს. გვხვდება აგრეთვე მიოგლობინი, რომელიც ჰემოგლობინის მსგავსი ცილაა. იგი უკავშირდება ჟანგბადს და კუნთის შეფერილობას განაპირობებს. მიოგლობინი არის პიგმენტი, რომელსაც აქვს მაღალი ჟანგვითი უნარი და იგი ჟანგვითი ფოსფორილირების მაღალ დონეს განსაზღვრავს. კუნთები, რომელთაც ხანგრძლივი შეკუმშვის უნარი აქვთ, დიდი რაოდენობით შეიცავს მიოგლობინს და მათ მუქი წითელი შეფერილობა აქვთ. დიფერენცირებული კუნთოვანი უჯრედები მცირე რაოდენობით შეიცავს რიბოსომებს და აქვთ სუსტად განვითარებული ენდოპლაზმური ბადე, რაც ამ ქსოვილში ცილის სინთეზის დაბალი დონის მაჩვენებელია.

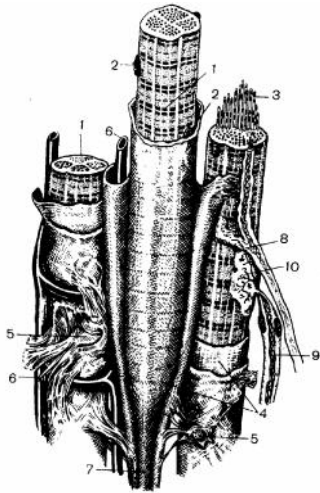
განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოსათვის სპეციფიკურია უმარცვლო ტიპის მილაკების სისტემა, რომლებიც ბოჭკოს სიგრძივად გადიან მიოფიბრილებს შორის და მთავრდებიან კანონზომიერად განლაგებული გაგანიერებებით – ამპულის (ციტერნის) მსგავსად A და I დისკოების საზღვრებთან ახლოს ან ტელოფრაგმების დონეზე. ამ სისტემას სარკოპლაზმური ბადე ეწოდება. სარკოპლაზმური რეტიკულუმი (ბადე) Ca^{2+} -ის დეპოს წარმოადგენს და სტიმულის შესაბამისად ციტოზოლში აკონტროლებს მის კონცენტრაციას. შეკუმშვაც ციტოზოლში Ca^{2+} -ის რაოდენობის მატებით იწყება.

სარკოპლაზმა იმ უბნებში, რომლებიც ტელოფრაგმებს ესაზღვრება (ან A და I დისკოების საზღვრებზე მდებარე), დასერილია წვრილი მილაკებით, რომლებიც სარკოლემის შენადრეკებია და ორიენტირებულია ბოჭკოს სიგრძივი ღერძის პერპენდიკულარულად. ამ მილაკებს ეწოდება კუნთოვანი ბოჭკოს T-სისტემა. განივი მილაკების კონტაქტთა ზონაში მათთან მიმდებარე სარკოპლაზმური რეტიკულუმის სიგრძივი არხებით ე.წ. ტრიადები იქმნება.

განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს საყრდენი აპარატი. საყრდენი სტრუქტურები უზრუნველყოფენ ორგანიზმის მოძრაი ნაწილებისათვის წარმოქმნილი მექანიკური ძალის გადაცემას. განივზოლიანი კუნთოვანი ბოჭკოს საყრდენი აპარატი შედგება სარკოლემისა და T და M მემბრანებისაგან. სარკოლემის შემადგენლობაშია კუნთოვანი ბოჭკოს საკუთარი გარსი (პლაზმური მემბრანა), რომელსაც აქვს ტიპური მემბრანული აგებულება და კოლაგენურ ბოჭკოთა ბადე. ის გარს ეკვრის კუნთოვან ბოჭკოებს მკვრივ შრედ, რომელიც ეპითელიუმის ბაზალურ მემბრანას მოგვაგონებს. სარკოლემასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული მყესების კოლაგენური ბოჭკოები.

კუნთის, როგორც ორგანოს აგებულება. განივზოლიანი კუნთები მდიდარია შემაერთებელი ქსოვილით, რომელიც

კუნთოვან ბოჭკოებს შორის ქმნის ნაზ ბადეს – **ენდომიზიუმს** (სურ. 60). იგი გარს აკრავს ბოჭკოთა კონის შიგნით თითოეულ კუნთოვან ბოჭკოს და შექმნილია ბაზალური ფირფიტისა და რეტიკულური ბოჭკოებისაგან. ბოჭკოთა კონებს ფარავს ფაშარი შემაერთებული ქსოვილი, რომელსაც **პერიმიზიუმი ეწოდება**. მკვრივ შემაერთებულ ქსოვილოვან გარსებს, რომლებიც განივზოლიან კუნთებს გარედან ფარავს, **ეპიმიზიუმი ეწოდება**. ისინი ბოჭკოთა ფასციებს ქმნიან.



სურ. 60. განივზოლიანი კუნთის აგებულების სქემა:
 1-კუნთოვანი ბოჭკო; 2-მათი ბირთვები; 3- მიოფიბრილები;
 4-სარკოლემა; 5-ენდომიზიუმი; 6-სისხლძარღვოვანი
 კაპილარები; 7-მეცხოვანი ძაფი; 8-ვეგეტატიური ნერვული
 ბოჭკო; 9-სომატური (მამოძრავებელი) ნერვული ბოჭკო;
 10-მოტორული ბალთა.

პერიმიზიუმის ფაშარ ბოჭკოვან შემაერთებულ ქსოვილში კუნთის შიგნით გადის არტერიულ სისხლძარღვთა კაპილარების ხშირი ბადე. ენდომიზიუმი წარმოდგენილია ფაშარი ბოჭკოვანი შემაერთებული ქსოვილით. ის შეიცავს კოლაგენურ ბოჭკოთა ნაზ ბადეს და უმთავრესად სისხლის კაპილარების მიმართულებით განლაგებულ უჯრედებს, რომლე-

ბიც ადვენტიციური უჯრედების ტიპს მიეკუთვნება. კუნთოვანი ბოჭკოების ირგვლივ შემაერთებულ ქსოვილში კარგადაა განვითარებული ლიმფური კაპილარების ქსელიც.

კუნთების კავშირი მყესებთან და ფასციებთან ხორციელდება კოლაგენური ბოჭკოების მეშვეობით, რომლებიც გარს ეკვრიან კუნთოვან ბოჭკოთა ბოლოებს. კოლაგენური ბოჭკოები მათ გარშემო სპირალურ და ცირკულარულ შრეებს ქმნის. ამ დროს კუნთოვან ბოჭკოებში კოლაგენური ბოჭკოების შესვლა არ შეიმჩნევა. კუნთოვანი ბოჭკოების ბოლოებზე სარკოლემა ქმნის ღრმა თითისებერ გამონახარდებს, რომელთა შორის შესულია მყესების კოლაგენური ბოჭკოები.

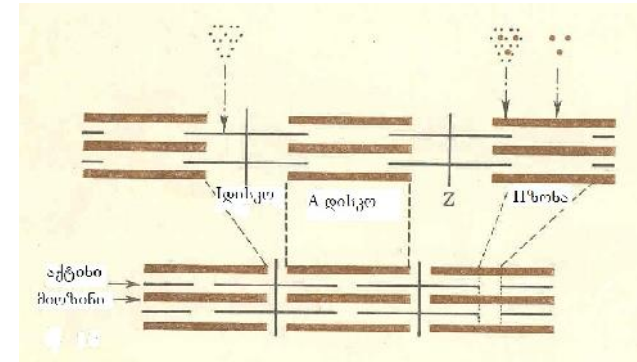
ვასკულარიზაცია. არტერიები შედის კუნთში, განლაგდება შემაერთებულ ქსოვილში და იტოტება. მე-5-6 რიგის ტოტები პერიმიზიუმში ქმნის არტერიოლებს. ენდომიზიუმში განლაგებულია მონასტომოზე კაპილარები, რომლებიც კუნთოვანი ბოჭკოს გასწვრივ განლაგდებიან. ვენები, ვენულები და ლიმფური ძარღვები მომტანი სისხლძარღვების გასწვრივ გაივლიან.

ინერვაცია. კუნთებში გამოვლენილია მიელინიანი ეფერენტული (მამოძრავებელი), აფერენტული (მგრძნობიარე), ასევე, უმიელინო ვეგეტატიური ნერვული წნულები. მგრძნობიარე ნერვული დაბოლოებები განლაგებულია არა მუშა კუნთოვან ბოჭკოზე, არამედ დაკავშირებულია პერიმიზიუმში განლაგებულ სპეციალურ კუნთოვან ბოჭკოებთან.

ნერვული დაბოლოებანი კუნთოვან ქსოვილში, ერთი მხრივ, გზავნის სიგნალებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში კუნთოვანი ქსოვილის ყოველგვარი მდგომარეობის შესახებ, თავის ტვინის დიდ ჰემისფეროებში სიგნალიზაციის ჩათვლით (ე.წ. კუნთოვანი გრძნობა), მეორე მხრივ კი, ახორციელებს ცენტრალური ნერვული სისტემიდან კუნთოვან ბოჭკოებში იმპულსების გადაცემას, რომლებიც იწვევს მათ აგზნებას და შეკუმშვას.

ჩონჩხის კუნთში შემაგალი ნერვის თითოეული ნერვული ბოჭკო ერთ კუნთოვან ბოჭკოს ანერვიანებს ან იტოტება და შეიძლება 160-ზე მეტი კუნთოვანი ბოჭკოს ინერვაციას ახდენდეს. მრავლობითი ინერვაციის დროს ნერვულ ბოჭკოსა და კუნთოვან ბოჭკოებს ერთად **მოტორული ერთეული** ეწოდება.

კუნთოვან ბოჭკოთა შეკუმშვა. როგორც აღნიშნული იყო, სქელი მიოფილამენტების შემადგენლობაში შედის ცილა **მიოზინი**, თხელი მიოფილამენტების შემადგენლობაში კი, ძირითადად, **აქტინი** და ორი დამატებითი ცილა – **ტროპომიოზინი** და **ტროპონინი**, რომლებიც აქტინ-მიოზინის ურთიერთობის რეგულაციაში მონაწილეობს. კუნთოვან ცილებს ახასიათებს ფერმენტული აქტივობა. ისინი ასტიმულირებენ ატფ-ას დაშლას ადფ-ად. გამოთავისუფლებული ენერგია შეკუმშვისათვის გამოიყენება. ამერიკელი ციტოლოგის ჰაქსლის მიერ იზოლირებულ მიოფიბრილებზე ჩატარებულმა ცდებმა (ბიოქიმიური ანალიზის მეთოდებთან ერთად მან გამოიყენა ელექტრონული მიკროსკოპი) ცხადყო, რომ აქტინი და მიოზინი მიოფიბრილში ერთმანეთის მიმართ სივრცობრივად არიან დაცილებული. ამასთან, დადგენილი იქნა, რომ სარკომერის შეკუმშვის დროს აქტინის ძაფები სრიალით მოძრაობენ მიოზინის ძაფებს შორის მეზოფრაგმებისაკენ (H-ზოლის შიგნით). ამავე დროს მიოზინის ძაფები (სქელი მიოფილამენტები) უახლოვდება ტელოფრაგმებს, მიეყრდნობა მათ შეკუმშვის ბოლოს. ასე რომ, I დისკო თითქმის ქრება (სურ. 61). გავერცელებული ჰიპოთეზის თანახმად, თხელი და სქელი მიოფილამენტების ურთიერთსრიალს შეკუმშვის დროს თან სდევს განივი მორჩების აქტიური გადაადგილება. ეს მორჩები აერთებს სქელ და თხელ მიოფილამენტებს ისე, რომ აქტინური ძაფი ჯაჭვივით მოძრაობს „დაკბილულ ბორბალზე“, რომლის კბილები განივი მორჩებია.



სურ. 61. სარკომერის დამოკლების მექანიზმის სქემა კუნთის შეკუმშვისას

დადგენილი იქნა, რომ მიოზინის მოლეკულას აქვს გრძელი კუდი და მის ერთ-ერთ ბოლოზე – ორი თავი. Ca^{2+} -ის იონების მომატებისას მიოზინის თავის მიერთების ადგილას მოლეკულა იცვლის კონფიგურაციას. ამის გამო (რამდენადაც მიოზინის ფილამენტებს შორის განლაგებულია აქტინის მიოფილამენტები) მიოზინის თავები უკავშირდება აქტინს (დამხმარე ცილების – ტროპომიოზინის და ტროპონინის უბანში). ამის შემდეგ მიოზინის თავი იხრება და ექაჩება თავისკენ აქტინის მოლეკულას M ზოლისაკენ. Z ზოლები უახლოვდება ერთმანეთს. სარკომერა მოკლდება.

სხვა თეორიის მიხედვით, I დისკოების გაქრობის დროს შეკუმშვა აღწევს კულმინაციურ პუნქტს. ტიპური განივი დახაზულობა გადადის ე.წ. შეკუმშვის ზოლებში, რომლებიც მემბრანების ადგილას მდებარეობს. ამრიგად, ნათელი I დისკოების ადგილს იკავებს შეკუმშვის წვრილი ზოლები. პირველი ფაზა – *შეკუმშვი აქტი* აქტინისა და მიოზინის გაერთიანების პროცესია, მეორე ფაზა – *შეკუმშვის მდგომარეობა* გამოიხატება მთელი სარკომერის გარდაქმნით **აქტინომიოზინურ** სისტემად, რომელიც ხანმოკლე პერიოდით არსებობის შემდეგ დისოცირდება აქტინად და მიოზინად, რითაც მთავ-

რდება შეკუმშვის აქტი. აქტინომიოზინის დისოციაცია უკვე ნიშნავს *მოდუნების* დაწყებას. კუნთოვანი ქსოვილის შეკუმშვა სარკოპლაზმაში Ca^{2+} -ის კონცენტრაციით რეგულირდება. მიიჩნევენ, რომ Ca^{2+} -ის კონცენტრაციისა და ტროპონინის კონტროლით ტროპომიოზინი შეიძლება იყოს „ჩართულ“ ან „გამორთულ“ მდგომარეობაში (Ca^{2+} -ის არარსებობისას იგი „გამორთულ“ მდგომარეობაშია და მიოზინისა და აქტინის დაკავშირებას ხელს უშლის).

უჯრედშორის სივრცეში კალციუმის იონების შემცირებისას ჩონჩხის კუნთოვანი ბოჭკო რამდენიმე საათის განმავლობაში ინარჩუნებს შეკუმშვის უნარს, კარდიომიოციტების შეკუმშვის შეწყვეტა კი 1 წთ-ის შემდეგ ხდება.

როგორც წესი, ცალკეული კუნთოვანი ბოჭკო არ იკუმშება, არამედ, ხდება კუნთოვანი ბოჭკოების ერთიანი შეკუმშვა. ჩონჩხის კუნთი ადაპტირებულია ხანგრძლივი და ინტენსიური შეკუმშვითი პროცესებისადმი. საჭირო ენერჯია ძირითადად ატფ-ისა და ფოსფოკრეატინინის სახით არის შენახული. ენერჯიას კუნთოვანი უჯრედი ცხიმოვანი მუჟავებისა და გლუკოზის დაშლის გზით ღებულობს. ქიმიური ენერჯიის შენახვის ერთ-ერთ წყაროს გლიკოგენიც წარმოადგენს.

რეგენერაცია. ჩონჩხის კუნთოვან ბოჭკოს არ აქვს გამრავლების უნარი, ამიტომაც ქსოვილი შეზღუდული რეგენერაციის უნარით ხასიათდება. ამასთან, მათი აღდგენა დამოკიდებულია მრავალ პირობაზე (ნერვულ-ტროფიკულ, მექანიკურ, მეტაბოლურ, ფუნქციურ). შესაძლოა, რეგენერაცია განხორციელდეს აგრეთვე იმ ფაქტორთა მეშვეობითაც, რომლებიც ხელს უწყობს მათ ზრდა-განვითარებას. ასეთია: ქსოვილის მექანიკური დაზიანება, დამატებითი ნერვის მიყვანა, მეტაბოლიზმის დონის მომატება, მაგალითად, საკვებში თირეოიდინის შეყვანა და სხვა.

მიოსიმპლასტებს არ აქვთ უჯრედის ცენტრი, ამდენად, მათ ბირთვის არა აქვთ დაყოფის უნარი. კუნთოვან ბოჭკოთა რეგენერაციის პროცესში კამბიალური ელემენტების ფუნქციას მცირედ ღიფერენცირებული უჯრედები – **მიოსატელიო-**

ციტები ასრულებს, რომლებიც განლაგებულია მიოსიმპლასტის ზედაპირზე ისე, რომ მათი პლაზმალემა ეხება კუნთოვანი ბოჭკოების სარკოლემას. ისინი ოვალური ფორმის, ერთბირთვიანი, სიმპლასტის ბირთვთან შედარებით უფრო მცირე ზომის ბირთვის მქონე უჯრედებია. მიოსატელიოციტები შეიცავენ ზოგადი მნიშვნელობის ყველა ორგანოიდს, მათ შორის უჯრედის ცენტრს, რაც მათი დაყოფის უნარზე მიუთითებს.

სანამ ორგანიზმი იზრდება, მიოსატელიოციტები იყოფა, წარმოქმნილი შეიღეული უჯრედები სიმპლასტის ბოლოებს ერწყმის. ორგანიზმის ზრდის დასრულების შემდეგ მათი დაყოფა ცხრება. კუნთოვანი ბოჭკოს დაზიანებისას ან სტიმულაციისას ეს უჯრედები აქტიურდებიან, ბოჭკოს გარკვეული ნაწილი იშლება. მისი ფრაგმენტები შთაინთქმება მაკროფაგებით. რეგენერაცია ორი მექანიზმით ხდება: თვით სიმპლასტის კომპენსატორული ჰიპერტროფიით და მიოსატელიოციტების პროლიფერაციით. კუნთოვანი ბოჭკოები დედიფერენცირდება, იშლება მიოფიბრილები, სარკოლემა ჯირჯვდება, ბირთვები იყოფა ამიტოზურად. დედიფერენცირებული კუნთოვანი ბოჭკოებიდან შემდეგში ვითარდება უჯრედოვანი ელემენტები, რომელთაც ემბრიონული მიოგენური უჯრედების მსგავსად მიობლასტებს უწოდებენ. აღდგენის სტადიაში მიობლასტების გარდაქმნა განივზოლიან კუნთოვან ბოჭკოებად ისევე მიმდინარეობს, როგორც ჩონჩხის მუსკულატურის ემბრიონული ჰისტოგენეზის დროს. სიმპლასტში აქტიურდება გრანულოვანი ენდოპლაზმური ბადე და გოლჯის აპარატი. ხდება შესაბამის ნივთიერებათა (სარკოპლაზმისა და მიოფიბრილების მასალა) სინთეზი. ხდება აგრეთვე მემბრანების შერწყმა – აღდგება პლაზმალემის მთლიანობა.

მსგავსი აქტივობა შეინიშნება კუნთის ჰიპერტროფიის დროს, როცა ხდება ახალი მიოფიბრილების წარმოქმნა და კუნთოვანი ბოჭკოს დიამეტრის გაზრდა, რაც განაპირობებს კუნთის ზრდას მოცულობაში.

კუნთოვანი ბოჭკოს დიამეტრის ცვლილება განისაზღვრება კუნთის სპეციფიკურობით, ასაკით, კვების თავისებურებებით, სქესით, ფიზიკური განვითარებით. ცნობილია, რომ ფიზიკური ვარჯიში იწვევს კუნთოვანი ქსოვილის მატებას ზომაში და ცხიმოვანი მარაგის შემცირებას.

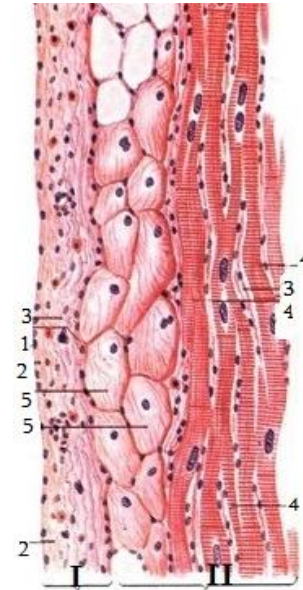
თუ არ არის ხელშემწყობი პირობები, განივზოლიან კუნთოვან ქსოვილს შეცვლის შემაერთებელი ქსოვილი, რომელიც დაზიანების ადგილას ქმნის ნაწიბურებს.

გულის კუნთოვანი ქსოვილი

გული ერთმანეთთან სტრუქტურულად და ფუნქციურად მჭიდროდ დაკავშირებული უჯრედთა კონებისაგან შედგება, რაც შეკუმშვის თავისებური, დამახასიათებელი ტალღის წარმოქმნას განაპირობებს (სურ. 62).

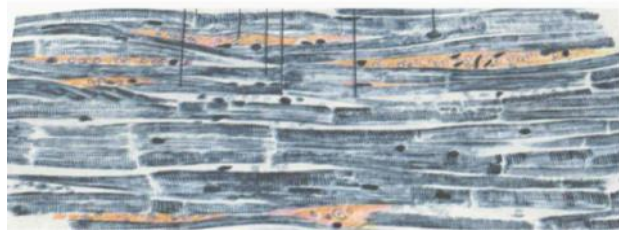
გულის კუნთოვანი ქსოვილი (მიოკარდიუმი) განსაკუთრებული აგებულების ქსოვილია. იგი იკუმშება ავტომატურად და უნებლიედ, გლუვი კუნთების მსგავსად. მიღებული ნერვული იმპულსი მრავალი მტკიცე კონტაქტის წყალობით სწრაფად ვრცელდება მიოკარდიუმში, რაც მთელი კუნთის ერთდროულ შეკუმშვას, შემდგომ კი მის სრულ მოდუნებას უზრუნველყოფს. საბოლოო ჯამში ყოველივე ეს გულს ბუნებრივი ტუმბოს ფუნქციის სრულფასოვნად განხორციელების საშუალებას აძლევს.

გულის კუნთოვანი ქსოვილი წაგრძელებული ფორმის დატოტვილი უჯრედებისაგან შედგება, რომელთა დაკავშირება სპეციალური, მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი კავშირებით ხორციელდება. მათი შეკუმშვა ძლიერად და რიტმულად ხდება და უზრუნველყოფს სისხლძარღვოვან სისტემაში სისხლის გადაადგილებას.



სურ. 62. გულის კუნთი.
I – ენდოკარდიუმი: 1–ენდოთელიუმი და მის ქვეშეშებარე შრე (2) ელასტიკური ბოჭკოებით (3); II – მიოკარდიუმი; 4–ტიპური მიოციტები; 5–ატიპური მიოციტები (პურკინეს კონა).

გულის კუნთოვანი უჯრედები (კარდიომიოციტები) ჩონჩხის განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილის მსგავსად განივზოლიანობით ხასიათდება (სურ. 63). თუმცა, მისგან განსხვავებით, გულის კუნთოვანი უჯრედები მხოლოდ ერთ ან ორ ბირთვს შეიცავს, რომელთაც ცენტრალური მდებარეობა უკავიათ.



სურ. 63. გულის განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი.

1- გულის კუნთოვანი ბოჭკო; 2-გულის კუნთოვანი უჯრედის (მიოციტის) ბირთვი; 3-ჩართული დისკო; 4-შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენები სისხლძარღვებით; 5-ანასტომოზები ორ კუნთოვან ბოჭკოს შორის.

კუნთოვან უჯრედს გარს აკრავს ფაშარი შემაერთებელი ქსოვილის ნაზი ფენა, რომელიც მდიდარია სისხლძარღვთა კაპილარული ქსელით. სინათლის მიკროსკოპში გულის კუნთოვანი ქსოვილის დამახასიათებელი მორფოლოგიური თავისებურება მუქი ხაზების არსებობაში გამოიხატება. ისინი კარდიომიოციტების კონებს განივად კვეთს. მათ **ჩართული დისკო** ეწოდება. იგი რამდენიმე ტიპის კავშირისაგან შექმნილ კომპლექსს წარმოადგენს. ჩართული დისკოს მეშვეობით ორი მეზობელი კარდიომიოციტი ერთმანეთს უკავშირდება. კავშირი შეიძლება იყოს ხაზობრივი ან საფეხურებრივი. ელექტრონულ მიკროსკოპში ჩართული დისკოს შემადგენლობაში განირჩევა სამი განსხვავებული სტრუქტურა: 1) **შეწებების ფასცია** (ამ მემბრანულ სტრუქტურას კარდიომიოციტის ტერმინალური სარკომერის აქტინის ფილამენტები უკავშირდება. ეს არის ჰემი-ძ-ზოლი); 2) **დესმოსომა**, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ორ მეზობელ კარდიომიოციტს და შეკუმშვისას ხელს უშლის მათ დაცილებას; 3) **ნაპრალისებრი კავშირი-ნექსუსი**. მისი მეშვეობით ხდება იონთა ცვლა მეზობელ უჯრედებს შორის. ნექსუსების არსებობის გამო გულის კუნთი, რომელიც ცალკეული უჯრედ-

ბისაგან შედგება, მოქმედებს ფუნქციური სინციტიუმის მსგავსად.

გულის კუნთოვან უჯრედებში კუმშვითი ცილების აგებულება ჩონჩხის კუნთის მსგავსია, თუმცა, T-სისტემას და სარკოპლაზმურ რეტიკულუმს მსგავსი მოწესრიგებული განლაგება არ ახასიათებს. T-მილაკები პარკუჭის კუნთოვან ქსოვილში უფრო მრავალრიცხოვანი და განიერია. ამასთან, T-მილაკები ძირითადად Z ზოლების მიდამოშია განლაგებული, განსხვავებით ჩონჩხის კუნთისა, რომელშიც T-ზოლები იზოტროპული და ანიზოტროპული დისკოების საზღვარზე მდებარეობს. სარკოპლაზმური რეტიკულუმი სუსტადაა განვითარებული. მასში მიოფიბრილები უწესრიგოდაა განლაგებული. გარდა ამისა, ჩონჩხის კუნთოვანი ქსოვილისაგან განსხვავებით გულის კუნთს ახასიათებს **დიადების** არსებობა, რომლებიც T-მილაკისა და სარკოპლაზმური ბადის ერთი ცისტერნისაგან შედგება.

კარდიომიოციტები ძალიან დიდი რაოდენობით (ციტოპლაზმის მოცულობის დაახლ. 40%, ჩონჩხის კუნთში კი მხოლოდ 2%) შეიცავს მიტოქონდრიებს. ისინი გულის კუნთში უზრუნველყოფს აერობულ მეტაბოლიზმს. ენერჯის წყაროს აქ ცხიმოვანი მჟავები წარმოადგენს, რომლებიც კუნთოვან უჯრედებში ტრიგლიცერიდების წვეთების სახით ინახება. იგი აქ ლიპოპროტეინების სახით მოიტანება. ციტოპლაზმაში გვხვდება მცირე რაოდენობით გლიკოგენიც, რომელიც სტრესულ მდგომარეობაში იშლება გლუკოზად და ენერჯის წყაროდ გამოიყენება. ბირთვის მახლობლად ლიპოფუსციინის (სიბერის პიგმენტი) გრანულები გვხვდება.

პარკუჭებისა და წინაგულების კუნთოვანი ქსოვილების ორგანიზაციის პრინციპი ძირითადად ერთნაირია, თუმცა, არის განსხვავებაც. პარკუჭებში T-მილაკების რაოდენობა ბევრად მეტია წინაგულებთან შედარებით. გარდა ამისა, წინაგულებში კუნთოვანი უჯრედების ზომები უფრო ნაკლებია. გულის კუნთოვან უჯრედებში გვხვდება გოლჯის აპარატთან დაკავშირებული მემბრანული გრანულები. ისინი განსა-

კუთრებით ბევრია მარჯვენა წინაგულში, თუმცა, გვხვდება მარცხენა წინაგულსა და პარკუჭებშიც. მათში მოთავსებულია სპეციფიკური ჰორმონის (ატრიოპეპტინი) წინამორბედი. აღნიშნული ჰორმონი მოქმედებს თირკმლებზე და ნატრიუმისა და წყლის გამოყოფას აძლიერებს (მისი ანტაგონისტი ანტიდიურეზული ჰორმონი კი თირკმლებში წყლისა და ნატრიუმის შეკავებას იწვევს).

რეგენერაცია. გულის კუნთოვან ქსოვილს რეგენერაციის უნარი ყრმობის ასაკის შემდეგ საერთოდ არ გააჩნია. თუმცა, ხანგრძლივი გაძლიერებული მუშაობისას (მაგ., ხშირი, გაძლიერებული სისხლის არტერიული წნევის დროს) ხდება მუშა კარდიომიოციტების ჰიპერტოფია. დეროვანი უჯრედები ან წინამორბედი უჯრედები გულის კუნთოვან ქსოვილში არაა, ამიტომაც დაღუპული კარდიომიოციტები (კერძოდ, მიოკარდიუმის ინფარქტის დროს) არ აღდგება. ამ შემთხვევაში დაზიანების შედეგად წარმოქმნილი დეფექტები ძირითადად შემაერთებული ქსოვილის ხარჯზე ხდება, რომელიც ჩაენაცვლება კუნთოვან ქსოვილს, რის შედეგადაც მიოკარდიუმში წარმოიქმნება ნაწიბურები.

ეპიდერმული წარმოშობის მიოეპითელური უჯრედები (კერატინის შემცველობის გამო მას ზოგი ავტორი ეპითელურ ქსოვილს მიაკუთვნებს) განლაგებულია სარძევე, ოფლის, სანერწყვე, საცრემლე ჯირკვლების შემადგენლობაში (სურ. 64; დანართი). ისინი უშუალოდ არიან განლაგებული საკუთრივ ეპითელზე და დაკავშირებული არიან ბაზალურ მემბრანასთან. ორივე ტიპის უჯრედთა რეგენერაცია ხდება ერთიანი მცირედლიფერენცირებული წინამორბედების ხარჯზე. მიოეპითელური უჯრედები ვარსკვლავისებური ფორმისაა. უჯრედების სხეული შეიცავს ბირთვის და ზოგადი მნიშვნელობის ორგანოიდებს, მორჩებში კი მოთავსებულია შემკუმშავი აპარატი, რომელიც ისეთივე აგებულებისაა, როგორც მეზენქიმური წარმოშობის კუნთოვან ქსოვილში.

ნეირალური წარმოშობის კუნთოვანი ქსოვილის მიოციტები ვითარდება ნეირალური ჩანასახისაგან თვალის ბროლის შიგნითა ქსოვილის კედლის შემადგენლობაში. ამ უჯრედების სხეული განლაგებულია რქოვანას უკანა ზედაპირზე. თითოეულს გააჩნია მორჩები, რომლებიც მიმართულია რქოვანას სიღრმეში და თავსდება მისი ზედაპირის პარალელურად. მორჩებში განლაგებულია შემკუმშავი აპარატი, რომელიც ისეთივე აგებულებისაა, როგორც გლუვ მიოციტებში. მორჩებში ისინი ქმნიან პარალელურ და პერპენდიკულარულ კონებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ შეკუმშვას და მოღუნებას.

ნერვული ქსოვილი (Textus nervosus)

ნერვული ქსოვილისაგან აგებულია ცენტრალური და პერიფერიული ნერვული სისტემა: თავისა და ზურგის ტვინი, ნერვული კვანძები და წნულები, პერიფერიული ნერვები, რომლებსაც აგზნების, გარემოდან და თავად შინაგანი ორგანოებიდან ინფორმაციის მიღების, გადამუშავების, შენახვისა და გადაცემის უნარი შესწევთ. ნერვული ქსოვილის ამ თვისებათა წყალობით, ნერვული სისტემა უზრუნველყოფს ორგანიზმის რეაქციებს სხვადასხვა გამღიზიანებელზე, ახდენს ყველა ორგანოსა და ორგანოთა სისტემის მუშაობის რეგულაციას და კოორდინაციას.

ნერვული ქსოვილი ნერვული უჯრედებისა და ნეიროგლიის ურთიერთდაკავშირებული სისტემაა, რომელიც უზრუნველყოფს გაღიზიანების მიღების, აგზნების, იმპულსის გამომუშავებისა და გადაცემის სპეციფიკურ ფუნქციებს. იგი ნერვული სისტემის ორგანოთა აგებულების საფუძველია და უზრუნველყოფს ყველა ქსოვილისა და ორგანოს რეგულაციას, მის ინტეგრირებას ორგანიზმში და აწარმოებს მთელი ორგანიზმის შეთანხმებულ მოქმედებას მუდმივად ცვალებად გარემო პირობებში, ე.ი. უზრუნველყოფს ორგანიზმის ფუნქციათა კორელაციას, ინტეგრაციას და ადაპტაციას.

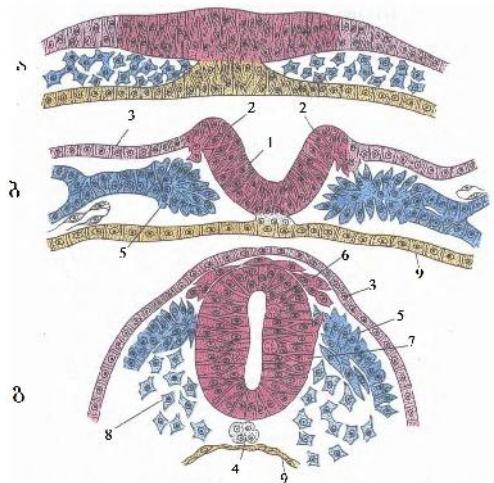
ნერვული უჯრედები ასრულებენ სპეციფიკურ ფუნქციას, **ნეიროგლია** კი ორგანულადაა დაკავშირებული ნერვულ უჯრედებთან და იმ უჯრედებთან, რომლებიც ახორციელებენ საყრდენ, ტროფიკულ, სერეტორულ და დამცველობით ფუნქციებს. ნერვული ქსოვილის ყველა ელემენტი ქმნის ორგანიზმის მორფოლოგიურად და ფუნქციურად ერთიან ნერვულ სისტემას.

ნერვული სისტემის განვითარება ფილოგენეზში

ნერვულმა სისტემამ გაიარა ხანგრძლივი ევოლუცია ცხოველთა ფილოგენეზური განვითარების პროცესში. პირ-

ველადი მგრძობიარე უჯრედები ჩნდება ნაწლავდრუიანებში, სადაც ამ უჯრედებს ვარსკვლავისებური ფორმა აქვთ. ისინი დიფუზურად არიან გაბნეული მათ ექტოდერმაში და მორჩებით უკავშირდებიან ერთმანეთს, რითაც ამ უმარტივეს ნერვულ სისტემას ბადისებურ ფორმას აძლევენ. ეს უჯრედები მარტივად დიფერენცირებული უჯრედებია. ისინი ე.წ. **დიფუზურ ნერვულ სისტემას** ქმნის. ნერვული სისტემის გართულება ნერვული უჯრედების კონცენტრაციის მიმართულებით ხდებოდა, რასაც ნერვული ცენტრების წარმოშობა მოჰყვა. შემდგომი ევოლუციის პროცესში ნერვული უჯრედები გროვდებიან და ქმნიან **ნერვულ კვანძებს** (განგლიონებს), რომლებიც ძეწკვისებურ ნერვულ სისტემას ქმნის (უხერხემლოთა უმრავლესობაში). ხერხემლიანებში **ლულისებური** ფორმის **ცენტრალური ნერვული სისტემა** ვითარდება, რომელიც შედგება ცენტრალური განყოფილებისაგან – თავისა და ზურგის ტვინისაგან და პერიფერიული განყოფილებისაგან – ეს ნერვები და საბოლოო აპარატებია.

ნერვული ქსოვილი ვითარდება ექტოდერმის დორსალური (ზურგის) შესქელებისაგან – **ნერვული ფირფიტისაგან**. იგი იდრიკება, გადაიქცევა ჯერ ნერვულ ღარად, შემდეგ კი შეირწყმება ნერვულ ღულად. იგი ძუძუმწოვრებში, მათ შორის ადამიანშიც, ნერვული სისტემის ემბრიონული ნერვია (სურ.65). მისგან შემდეგში ვითარდება თავისა და ზურგის ტვინი, აგრეთვე პერიფერიული ნაწილები.



სურ. 65. ნერვული მილის ფორმირება წიწილის ჩანასახში.

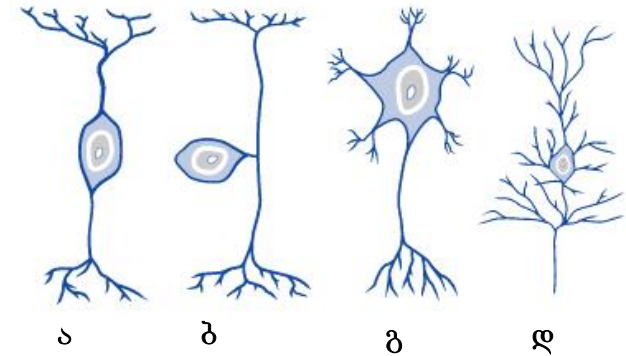
ა - ნერვული ფირფიტის სტადია; ბ - ნერვული ღარის წარმოქმნა; გ - ნერვული მილისა და განგლიური ფირფიტის გამოცალკეება ექტოდერმიდან. 1-ნერვული ღარი; 2-ნერვული ლილეაკები; 3-კანის ექტოდერმა; 4-ქორდა; 5-მეზოდერმა; 6-განგლიური ფირფიტა; 7-ნერვული მილი; 8-მეზენქიმა; 9-ენტოდერმა.

განვითარების შესაბამისად, ნერვული ლულის უჯრედების ინტენსიური მიტოზური დაყოფა ხდება, რის შედეგადაც ლულა სქელდება. ამ სტადიაზე გამოიყოფა სამი შრე: შიგნითა ეპენდიმური შრე, რომლის უჯრედებიც აქტიურად იყოფიან მიტოზურად, შუა შრე – მანტიისა (ლაბადის), რომლის უჯრედების შედგენილობა ივსება, როგორც საკუთარ უჯრედთა მიტოზური დაყოფის, ისე შიგნითა ეპენდიმური შრიდან მათი გადაადგილების გზით და გარეთა შრე, რომელსაც კიდის „გუალი“ ეწოდება. ეს უკანასკნელი შრე ორი წინა შრის უჯრედთა მორჩებით წარმოიქმნება.

შიგნითა შრის უჯრედები შემდეგში გარდაიქმნება ცილინდრული ფორმის ეპენდიმურ (გლიურ) უჯრედებად, რომლებიც ამოფენენ ზურგის ტვინის ცენტრალურ არხს. მანტიის შრის უჯრედოვანი ელემენტები ორი მიმართულებით დი-

ფერენცირდება. მათგან წარმოიქმნება ნეირობლასტები, რომლებიც თანდათან გარდაიქმნებიან ნერვულ უჯრედებად და სპონგიობლასტები, რომლებიც დასაბამს აძლევენ ნეიროგლიის სხვადასხვა სახის უჯრედებს (ასტროციტებსა და ოლიგოდენდროგლიოციტებს). ნერვულ უჯრედთა დიფერენცირების დასაწყისში ციტოპლაზმაში წვრილი ნეიროფიბრილები გამოჩნდება. ნეირობლასტის სხეული თანდათან იღებს მსხლის ფორმას, მისი წაწვეტებული ბოლოდან კი მორჩი – ნეირიტი იწყებს განვითარებას. ნეირობლასტები თანდათან გარდაიქმნებიან ნეირონებად. ნერვულ სისტემის ცენტრალურ და პერიფერიულ ნეირონებში მიტოზისა და ამიტოზის სურათი პოსტემბრიონულ პერიოდშიც ჩანს.

ნეირონები ფუნქციური და მორფოლოგიური თავისებურებებით მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ფუნქციის მიხედვით ნეირონებს ყოფენ მგრძობიარე (რეცეპტორულ ან აფერენტულ), ასოციაციურ და ეფერენტულ (მამოძრავებელ ან მოტორულ) (სურ. 66, 67) ნეირონებად.



სურ. 66. ნეირონის სახეები. ა - ბიპოლარული (ჩართული ანუ ასოციაციური); ბ - უნიპოლარული (მგრძობიარე ანუ აფერენტული); გ, დ - მულტიპოლარული (მამოძრავებელი ანუ ეფერენტული).

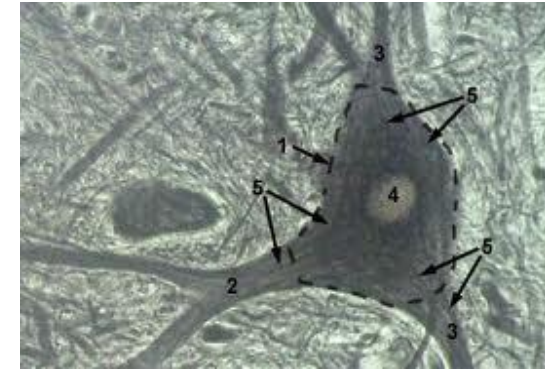


სურ. 67. განივზოლიანი კუნთების მგრძობიარე ნერვული დაბოლოებები. 1-აფერენტული ნერვული ბოჭკო; 2-ნერვული ბოჭკოს დატოტიანება; 3-მგრძობიარე ნერვული დაბოლოებები.

აფერენტული ნეირონები აგენერირებენ ნერვულ იმპულსს ორგანიზმის შინაგანი და გარეგანი გარემოს სხვადასხვაგვარი ზემოქმედებით. ეფერენტული ნეირონები გადასცემენ გალიზიანებას მუშა ორგანოთა ქსოვილებს და აამოქმედებენ მათ. ასოციაციური (ჩართული) ნერვული უჯრედები ახორციელებენ ნერვულ უჯრედთა შორის სხვადასხვა კავშირს. ნერვული უჯრედები სხვადასხვა ზომისაა (4-6 მკდან 130 მკ-მდე). მორჩების სიგრძე რამდენიმე მიკრონიდან 1-1,5 მ-მდე ცვალებადობს.

ფუნქციური მნიშვნელობით ნეირონთა მორჩები ორ სახისაა. ზოგი მათგანი ასრულებს ნეირონთა სხეულიდან ნერვული იმპულსის წადების ფუნქციას. ეს **ნეირიტი ანუ აქსონია** (ლათ. axis – ღერძი). იგი ნეირონს ერთი აქვს. ნეირიტი მთავრდება საბოლოო აპარატით სხვა ნეირონზე, ანდა მუშა ორგანოს ქსოვილებში – კუნთებში ან ჯირკვლებში. მორჩების მეორე სახეა **დენდრიტები** (სურ. 68). ისინი, უმეტესად, ძლიერ იტოტებიან. აქედან გამომდინარეობს სახელწოდებაც (ბერძ. dendron–ხე). დენდრიტები იღებენ ნერვულ გალიზიანებას და ნერვული იმპულსი ნეირონის სხეულისაკენ მიაქვთ.

დენდრიტებს პერიფერიულ ბოლოზე აქვთ სპეციფიკური მიმღები აპარატი – მგრძობიარე ნერვული დაბოლოებები – რეცეპტორები.



სურ. 68. ნეიროციტები. 1- ნერვული უჯრედის სხეული; 2- აქსონი; 3-დენდრიტი; 4-ბირთვი; 5- ნეიროფიბრილები.

ნეირიტის სიგრძე რამდენიმე სმ-ია, ზოგჯერ 1-1,5 მეტრიც, წვრილია და თითქმის მთელ სიგრძეზე ერთნაირი სიხსო აქვთ. დენდრიტები კი მოკლე მორჩებია, ისინი უჯრედის მახლობლადვე იტოტებიან და ნეიროციტის უშუალო გარემოებას წარმოადგენენ, იწყებიან ფართო ფუძით და თანდათან ვიწროვდებიან.

ნეირიტის ანუ აქსონის გასწვრივ ნივთიერებათა მოლექულების ტრანსპორტი ორივე მიმართულებით ხდება: აქსონის დაბოლოების მიმართულებით – **ანტეროგრადული ტრანსპორტი** ან აღმაავალი მიმართულებით – **რეტროგრადული ტრანსპორტი**.

აქსონი ცენტრალური ნერვული სისტემისაგან მიემართება, დენდრიტი კი - პერიფერიისკენ.

ნეიროციტებისაგან გამოსული მორჩების ზომა და ფორმა სხვადასხვაგვარია. მორჩების რაოდენობისა და ფორმის მიხედვით ნეიროციტი შეიძლება იყოს: **უნიპოლარული**,

ფსევდოუნპოლარული (ცრუერთმორჩიანი), **ბიპოლარული** და **მულტიპოლარული** (რომელთაც 3 და მეტი მორჩი აქვთ) (სურ. 65).

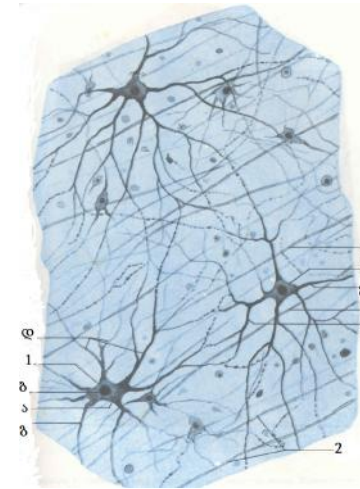
უნიპოლარულ ნეირონს ერთი მორჩი აქვთ. ეს არის აქსონი. ისინი მხოლოდ ემბრიონულ პერიოდში გვხვდება.

ბიპოლარული ორმორჩიანი ნეირონია – ერთი აქსონითა და ერთი დენდრიტით. ბიპოლარული ნეირონები გვხვდება კოხლეარულ და ვესტიბულურ განგლიებში, ბადურასა და ყნოსვის ორგანოებში.

ფსევდოუნპოლარულ ნეირონს განსაკუთრებული სახის ორი მორჩი აქვს. მისი სხეულიდან გამოდის ერთი მორჩი, რომელიც სხეულიდან ოდნავ მოშორებით T-ს მაგვარად ორ ტოტად იტოტება. მათგან ერთი მორჩი მგრძნობიარეა, მეორე – მამოძრავებელი. მისი დენდრიტი აქსონის მსგავსი, სწორი და გრძელი მორჩია, მაგრამ იგი არ იტოტება. აქ ნერვული იმპულსი სხეულის გარეშე დენდრიტიდან აქსონში გადადის. თუმცა, სხეულში ხდება სხვადასხვა ნივთიერების, მათ შორის, ნეირომედიატორების სინთეზი. ფსევდოუნპოლარული ნეირონები გვხვდება თავისა და ზურგის ტვინის განგლიების უმეტესობაში.

მულტიპოლარულ ნეირონს 3 და მეტი მორჩი აქვთ. მათგან ერთი აქსონია, დანარჩენი კი – დენდრიტი. ადამიანის ორგანიზმში ნეირონების უმრავლესობა მულტიპოლარულია (სურ. 69).

ნეიროციტების ბირთვი მრგვალია ან ოვალური და თითქმის ყოველთვის ცენტრშია მოთავსებული. მასში მცირეა ქრომატინი. ბირთვში 1, ზოგჯერ 2–3 მსხვილი ბირთვაკია. ბირთვი უმეტესად ერთი აქვთ, იშვიათად – 2 ან მეტი, ციტოპლაზმაში ყველა ორგანოიდია, კარგადაა განვითარებული.

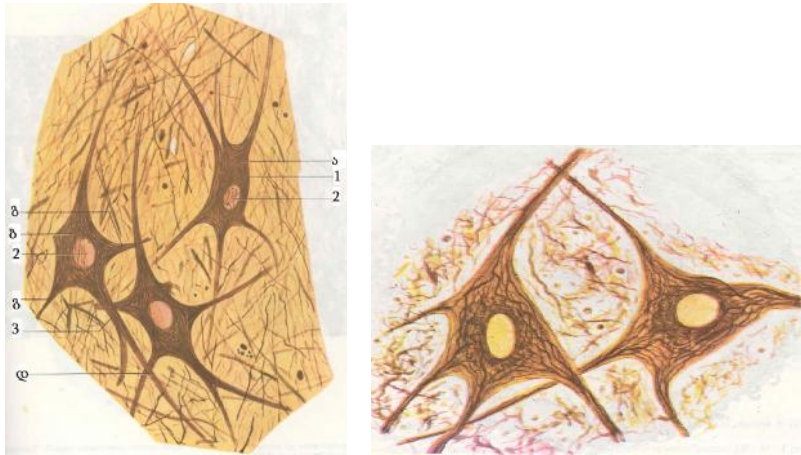


სურ. 69. თავის ბადურას მულტიპოლარული ნერვული უჯრედები და ნერვული ბოჭკო. 1 - მულტიპოლარული უჯრედები; ა) უჯრედის სხეული; ბ) ბირთვი; გ) ნეიროტი; დ) დენდრიტები; 2 - ნერვული ბოჭკოები.

ფირფიტოვანი კომპლექსი, რომელიც გოლჯიმ, სწორედ, 1898 წელს ნერვულ უჯრედებში აღმოაჩინა. გვხვდება ცენტროსომა, მიტოქონდრიები, ენდოპლაზმური ბადე, როგორც მარცვლოვანი, ასევე გლუვი. ციტოპლაზმა მდიდარია რიბოსომებით. გვხვდება აგრეთვე ჩანართები გლიოკოგენის, ლიპიდების, ასევე, პიგმენტების (მელანინი და ყვითელი ფერის ლიპიდური პიგმენტი – ლიპოფუსცინი) სახით. (ლიპოფუსცინი ადამიანს, უმეტესად, 7 წლის ასაკის შემდეგ უჩნდება და მატულობს 30 წლისათვის).

ნერვული უჯრედის სპეციალური წარმონაქმნებია **ნეიროფიბრილები** და **ტიტროიდული ნივთიერება**.

ნეიროფიბრილები წვრილი ძაფებია, რომლებიც ნეიროციტსა და მის მორჩებში მდებარეობს, სადაც ისინი ხშირ ბადეს ქმნიან (მორჩებში პარალელურად ლაგდებიან) (სურ. 70). ისინი დაკავშირებულია ნერვული უჯრედების აგზნების მდგომარეობასთან.



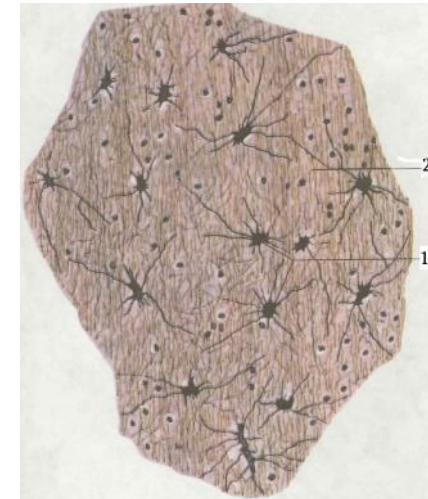
სურ. 70. ნეიროფიბრილები ზურგის ტვინის წინა რქების ნერვულ უჯრედებში. 1-უჯრედის სხეული: ა) ნეიროგლია; ბ) ნეიროფიბრილები; 2-ბირთვი; 3-უჯრედის მორჩები; გ) დენდრიტები; დ) ნეირიტი.

ტივროიდულ ნივთიერებას ანუ ტივროიდს ბირთვის საღებავებით შეღებვის გამო ქრომატოფილურ ნივთიერებასაც უწოდებენ. იგი იმყოფება უჯრედთა სხეულში, დენდრიტთა ფუძეებში, აქსონებში კი არასოდეს არ აღინიშნება. იგი განლაგებულია ბელტების ან მარცვლების სახით და ციტოპლაზმას ხალებიან შეხედულებას აძლევს. ცოცხალ უჯრედებში ტივროიდის აღმოჩენა ვერ მოხერხდა, ნერვული სისტემის პათოლოგიაში მას ენიჭება გარკვეული მნიშვნელობა.

ნეიროგლია

ნერვული ქსოვილის შემადგენლობაში, ნერვულ უჯრედთა გარდა, შედის დამხმარე ქსოვილი – ნეიროგლია. იგი ასრულებს საყრდენ, შემომსახვრედ, ტროფიკულ, სეკრეტორულ და დამცველობით ფუნქციებს (ბერძ. *glia* - წებო). ნეიროგლიის ყველა ელემენტი გენეტიკურად ორ სხვადასხვა

სახედ იყოფა: **გლიოციტებად (მაკროგლია)** (სურ. 71) და **გლიურ მაკროფაგებად (მიკროგლია)**. გლიოციტები ნეირონების ერთდროულად ვითარდება ნერვული ლულის სპონგიობლასტებიდან. გლიოციტებს შორის არჩევენ: **ეპენდიმოციტებს, ასტროციტებსა და ოლიგოდენდროციტებს**. გლიური მაკროფაგები მეზენქიმის წარმონაქმნებია.



სურ. 71. მაკროგლია. ნათხემის გლიური ელემენტები. 1 - ასტროციტები; 2 - გლიური ბოჭკოები.

ეპენდიმოციტები ქმნის უჯრედული ელემენტების მკვრივ შრეს, რომელიც ამოფენს ზურგის ტვინის არხს და ტვინის ყველა პარაკუჭს. ჰისტოგენეზის პროცესში ნერვული ლულის შიგნითა ზედაპირზე დიფერენცირდება წამწამები, რომლებიც თავისი კუმშივითი უნარით ხელს უწყობენ ცერებროსპინური სითხის მოძრაობას. ამ უჯრედებს ბაზალურ ბოლოებზე აქვთ გრძელი მორჩები, რომლებიც იტოტებიან, გადაკვეთენ მთელ ნერვულ ლულას და ქმნიან მის საყრდენ აპარატს. პოსტემბრიონულ პერიოდში წამწამები თანდათან იკარგება და შენარჩუნდება მხოლოდ ზოგიერთ ნაწილში, მაგალითად, შუა ტვინის წყალსადენში.

ზოგი ეპენდიმოციტი ასრულებს სეკრეტორულ ფუნქციას, გამოყოფს სეკრეტს (მაგალითად, თავის ტვინის უკანაკომისურის არეში, რომელიც, შესაძლოა, წყლის ცვლის რეგულაციაში მონაწილეობდეს).

ბაზალურ ნაწილში ციტოპლაზმა შეიცავს მსხვილ მიტოქონდრიებს და ჩანარებს (ცხიმს, პიგმენტს და ა.შ.).

ასტროციტები წვრილი, ვარსკვლავისებური უჯრედებია, რომლებიც მრავალმხრივ მიმართულ მორჩებს შეიცავენ. არჩევენ **პლაზმურ** და **ბოჭკოვან** ასტროციტებს. მათ შორის გარდამავალი ფორმებიცაა.

პლაზმური ასტროციტები ძირითადად ცენტრალური ნერვული სისტემის რუხ ნივთიერებაშია. ახასიათებს მსხვილი, მომრგვალო, ქრომატინით ღარიბი ბირთვი, მრავალრიცხოვანი, დატოტვილი, მოკლე მორჩები. ციტოპლაზმა მდიდარია მიტოქონდრიებით.

ბოჭკოვანი ასტროციტები უმთავრესად თეთრ ნივთიერებაში გვხვდება. მათ აქვთ 20-40 სადაკონტურიანი, გრძელი, სუსტად დატოტვილი მორჩები. ციტოპლაზმა პერიფერიულ ნაწილში ქმნის წვრილ ბოჭკოებს, რომლებიც გადახლართულნი არიან ბადისებურად და ქმნიან ტვინის საყრდენ აპარატს. ასტროციტების მორჩები სისხლძარღვებსა და ტვინის ზედაპირზე თავისი გაგანიერებული ბოლოებით შემომსახვრელ მემბრანებს ქმნიან.

ოლიგოდენდროციტები ნეიროგლიის უჯრედთა ყველაზე მრავალრიცხოვანი ჯგუფია. ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილში ისინი სხვადასხვა ფორმისაა. ტვინის რუხ ნივთიერებაში მცირე ზომისანი არიან და ოვალური ან კუთხური ფორმის, ახასიათებთ რამდენიმე მოკლე და სუსტად დატოტვილი მორჩი. ისინი გარს ეკვრის ნეირონთა სხეულებს ნერვული სისტემის ცენტრალურ და პერიფერიულ ნაწილში, ნერვულ ბოჭკოთა და ნერვულ დაბოლოებათა შედგენილობაში. ისინი არ შეიცავენ ნეიროფილამენტებს, ასრულებენ ტროფიკულ ფუნქციას და მონაწილეობენ ნეიროციტების ნივთიერებათა ცვლაში, მნიშვნელოვან როლს

ასრულებენ, აგრეთვე, მორჩების ირგვლივი გარსების წარმოქმნაში და ნერვულ ბოჭკოთა დეგენერაციისა და რეგენერაციის პროცესში. ნერვულ დაბოლოებებში ისინი მონაწილეობენ ნერვული იმპულსების მიღებისა და გადაცემის პროცესებში.

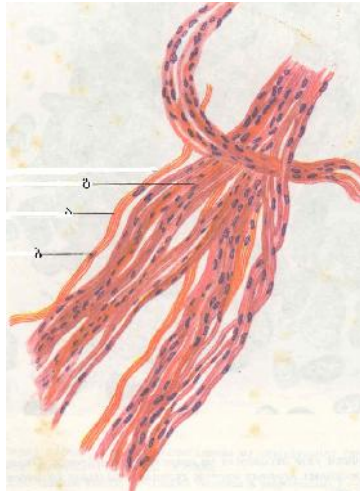
მიკროგლია ანუ **გლიური მაკროფაგები** მცირე ზომისაა, მეტწილად მორჩის ფორმის, ამებოიდური მოძრაობის უნარის მქონე. ასრულებენ ფაგოციტოზის ფუნქციას. ამ მხრივ ისინი ნერვულ სისტემაში დამცველობით ფუნქციასაც ასრულებენ. ეს მათ აახლოებს მეზენქიმიურ უჯრედებთან. ამით დასტურდება მათი წარმოქმნა მეზენქიმიდან. მათი ბირთვები წაგრძელებული ან სამკუთხა ფორმისაა და მდიდარია ქრომატინით. გალიზიანებისას მათი ფორმა იცვლება, მორჩები გრძელდება, უჯრედები მრგვალდება. თავის ტვინში გლიური მაკროფაგების რაოდენობის მნიშვნელოვანი მატება აღინიშნება ადამიანის შექმნილი იმუნოდეფიციტის სინდრომისას (შიდსი). შიდსის ვირუსი ნეირონებს უშუალოდ არ აზიანებს, მაგრამ იგი, აღწევს რა გლიურ მაკროფაგებში, აქ წარმოქმნილი ტოქსინები მეორადად აზიანებს ნეირონებს.

ნერვული ბოჭკოები

ცენტრალური ნერვული სისტემის კავშირი პერიფერიასთან გამტარი ელემენტების – ნერვების მეშვეობით ხორციელდება. მათ საფუძველს წარმოადგენს ნერვული **ბოჭკოები**. ბოჭკოების მთავარ ნაწილს ქმნის ღერძული ცილინდრები, რომლებიც აქსონების უშუალო გაგრძელებას წარმოადგენენ. ღერძითი ცილინდრი დაფარულია გარსებით. არსებობს შიშველი ღერძითი ცილინდრებიც. გარსებს შორის გამოირჩევა სქელი, რბილი გარსი – **მიელინის გარსი**, რომლის არსებობის ან არარსებობის მიხედვით არჩევენ **მიელინიან** და **უმიელინო ბოჭკოებს**. გარდა მიელინის გარსისა, ღერძითი ცილინდრი შემოსახვრულია, აგრეთვე, გარსით, რომელიც ოლიგოდენდროგლიის უჯრედებისგან შედგება. მათ **ლემოციტები** (შვანის უჯრედები) ეწოდება. ლემოციტების (შვანის

უჯრედების) შრე გარედან აკრავს ბოჭკოს პერიფერიულ ზონას და ქმნის ე.წ. შვანის გარსს.

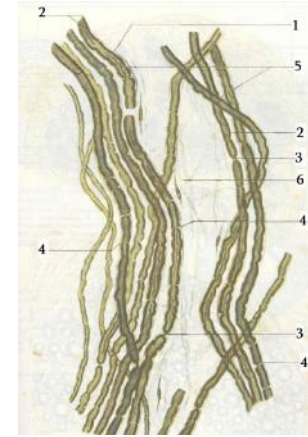
უმიელინო ნერვული ბოჭკოები (სურ. 72), უმეტესად, ვეგეტატიური ნერვული სისტემის შედგენილობაშია.



სურ. 72. უმიელინო ნერვული ბოჭკო.
ა-ნევრილემა; ბ-ლემოციტები (შვანის უჯრედები);
გ-ღერძითი ცილინდრი.

მისი გარსების ოლიგოდენდროციტის უჯრედები, რომლებიც მჭიდროდაა განლაგებული, ქმნიან ციტოპლაზმის ჭიმებს, რომლებშიც ოვალური ბირთვებია. შინაგან ორგანოთა ნერვულ ბოჭკოებში ერთ ასეთ უჯრედში რამდენიმე (10-20) ღერძითი ცილინდრია, რომლებიც სხვადასხვა ნეირონს ეკუთვნის ანუ ერთი გლიური უჯრედი, როგორც წესი, რამდენიმე აქსონის საფარველს ქმნის. მათ შეუძლიათ, დატოვონ ერთი ბოჭკო და მოსაზღვრე ბოჭკოში გადავიდნენ. ასეთ ბოჭკოებს, რომლებიც რამდენიმე ღერძით ცილინდრს შეიცავენ, კაბელის ტიპის ბოჭკოები ეწოდება. უმიელინო ნერვულ ბოჭკოში იმპულსი ტალღისებურად ვრცელდება.

მიელინური ნერვული ბოჭკოები უფრო სქელია (სურ. 73). ისინიც შეიცავენ ღერძით ცილინდრს, რომელსაც ლემოციტების (შვანის) გარსი აკრავს, მაგრამ გარსი აქ უფრო



სურ. 73. საჯღომი ნერვის იზოლირებული მიელინის ნერვული ბოჭკოები. 1-ნევრილემა; 2-რბილი გარსი; 3-რანვიეს რგოლისებური შევიწროება; 4-ნევრილემის ნაჭდევები; 5-ღერძითი ცილინდრი; 6-შემაერთებელი ქსოვილის ბოჭკოები (ენდონევრიუმი).

რთულია. ჩამოყალიბებულ მიელინურ ბოჭკოში არჩევენ ორ გარსს: შიგნითას, უფრო სქელს – **მიელინის შრეს** და გარეთას – თხელს, რომელიც შედგება **ლემოციტების** ციტოპლაზმისა და მათი ბირთვებისაგან. მათთვის დამახასიათებელი თავისებურება ისაა, რომ მიელინის გარსში არის ლიპიდური ნივთიერება – მიელინი, რომელიც ოსმიუმის მჟავათი ბოჭკოს დამუშავებისას ინტენსიურად იღებება მუქ ყავისფრად. მიელინის ბოჭკო წარმოდგენილია ერთგვაროვანი ცილინდრით, რომელშიც ერთმანეთისაგან გარკვეულ მანძილზე განლაგებულია ირიბად ორიენტირებული ნათელი **ხაზები – მიელინის ნაჭდევები**, ანუ **შიმდტ-ლანტერმანის ნაჭდევები**. გარკვეული ინტერვალის შემდეგ ბოჭკო მკვეთრად თხელდება და ქმნის შევიწროებას – კვანძის შევიწროებას ანუ **რანვიეს შევიწროებას**. კვანძებს შორის სეგმენტების გარსი ერთი გლიური უჯრედიტაა წარმოდგენილი (ლემო-

ციტების – შვანის უჯრედების შრე გარედან აკრავს ბოჭკოს პერიფერიულ ზონას და ქმნის ე.წ. შვანის გარსს). ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში აქსონი რანვიეს შევიწროების უბანში გაშიშვლებულია, პერიფერიულ ნერვულ სისტემაში კი იგი შვანის უჯრედების მცირე ზომის ციტოპლაზმური გამონაზარდებითაა დაფარული. რანვიეს შევიწროების უბანში აქსონი შედარებით უფრო სქელია და მისი მემბრანა Na^+ -ის არხებს შეიცავს. ნატრიუმის არხების ლოკალური განლაგების გამო იმპულსი მიელინურ ბოჭკოებში ნახტომისებურად ვრცელდება.

ნერვულ ბოჭკოთა ღერძითი ცილინდრი შედგება ნეიროპლაზმისაგან – ნერვული უჯრედის უსტრუქტურო ციტოპლაზმისაგან, რომელიც შეიცავს სიგრივად ორიენტირებულ ნეიროფილამენტებს და ნეიროტუბულებს. ღერძითი ცილინდრის ნეიროპლაზმაში მიტოქონდრიებია, რომლებიც უშუალოდ შევიწროების ადგილთან ახლოს მგობია, ბოჭკოს საბოლოო აპარატებში კი – განსაკუთრებით ბევრი. მსხვილ-ღერძიანი ბოჭკოები გალიზიანებას უფრო სწრაფად ატარებს, ვიდრე წვრილი ბოჭკოები. მიელინური ბოჭკოები უფრო ჩქარა ატარებს იმპულსს, ვიდრე უმიელინო ბოჭკოები.

საბოლოო ნერვული აპარატები

ნეირონთა კავშირი ქსოვილებთან და ორგანოებთან მყარდება ნერვული ბოჭკოების მეშვეობით, რომლებიც საბოლოო ნერვულ აპარატს ქმნიან. საბოლოო ნერვული აპარატი ღებულობს გალიზიანებას (რომელიც ნერვულ დაბოლოებებზე სხვადასხვაგვარი ზემოქმედებით გამოიწვევა). მიღებული გალიზიანება გადაეცემა ცენტრალურ ნერვულ სისტემას და აქედან – სხვადასხვა ორგანოს, რომლებიც გალიზიანებას ამა თუ იმ სახით პასუხობენ.

იმ წარმონაქმნებს, რომლებიც გალიზიანების მიღებას ემსახურებიან, რეცეპტორულ აპარატებს უწოდებენ, მათგან აგზნების გამტარებელ ნერვებს – მგრძნობიარე ნერვებს. იმ წარმონაქმნებს პერიფერიულ ორგანოებში, რომლებიც იმ-

პულსების რეალიზაციას ემსახურებიან, ეფექტორული საბოლოო აპარატები ეწოდება, ხოლო ნერვებს – მამოძრავებელი ნერვები.

საბოლოო ნერვული აპარატები რთული წარმონაქმნებია. მათ შემადგენლობაში შედის ნერვული ბოჭკოები და აგრეთვე ქსოვილები, რომლებშიც ეს ბოჭკოები ბოლოვდება.

ეფექტორული აპარატები ნერვული დაბოლოებების შედარებით მარტივი სახეა. განივზოლიან კუნთთან მისული რბილგარსიანი ნერვული ბოჭკოები იშლება წვრილ ბოჭკოებად. ისინი უხვად იტოტებიან და საბოლოო ნერვულ აპარატებს – მამოძრავებელ ფირფიტებს ქმნიან. გლუვ კუნთებში ურბილგარსო (უმიელინო) ბოჭკოები შემადგენელ ქსოვილოვან ჩანაფენებში ბოლოვდებიან და ქმნიან წნულებს, რომელთა ტოტები უჯრედებისაკენ მიემართებიან.

გალიზიანების მიმღები რეცეპტორული აპარატები ან თავისუფალია, ან შემადგენელ ქსოვილოვან კაფსულებშია მოთავსებული. ინკაფსულირებულს პლევრაში, ჯორჯალში, იოგებში ფატურ-პაჩინის სხეულაკები ეწოდება. მათ შემადგენლობაში შედის კაფსულა, შიგნითა კოლბა და მასში შემავალი ბოჭკოები. ამ სხეულაკებს წნევის შემგრძნებ აპარატად თვლიან. არსებობს ინკაფსულირებული დაბოლოებების სხვა ფორმებიც.

სინაფსები

ნერვულ უჯრედთა კავშირი სინაფსების მეშვეობით ხორციელდება (ბერძ. “სინაფსის” – შეერთება, დაკავშირება). სინაფსის არეში ერთი ნეირონის აქსონის საბოლოო ტოტები ქმნის პრესინაფსურ პოლუსს, რომელიც კონტაქტს ამყარებს მეორე ნეირონის სხეულთან ან დენდრიტთან, რომელიც პოსტსინაფსურ პოლუსს აყალიბებს. პირველი ნეირონის აქსონის საბოლოო დატოტიანებები ნერვული სისტემის სხვადასხვა ნაწილის სინაფსებში მორფოლოგიურად სხვადასხვაა. ლოკალიზაციის მიხედვით არჩევენ აქსოსომატურ სინაფსებს (პირველი ნეირონის ტერმინალური ტოტები მთავრდება მეო-

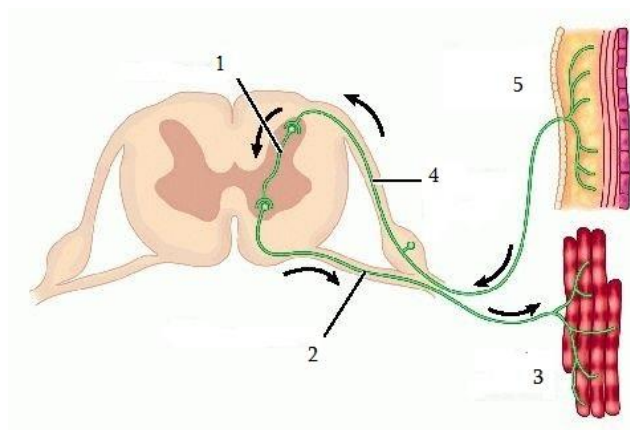
რე ნეირონის სხეულზე), **აქსოდენდრიტულ სინაფსებს** (პირველი ნეირონის ტერმინალური ტოტები შედის სინაფსურ კავშირში მეორე ნეირონის დენდრიტებთან) და **აქსოაქსონურ სინაფსებს** (ერთი ნეირონის აქსონის დაბოლოებანი მეორე ნეირონის აქსონზე ბოლოვდება). ამ უკანასკნელს მიაწერენ არა აგზნების გადაცემას, არამედ იმპულსის შეკავებას. სინაფსის საშუალებით ნერვულმა იმპულსებმა შეიძლება გაიაროს მხოლოდ ერთი მიმართულებით – ერთი ნეირონის აქსონის საბოლოო აპარატიდან მეორე ნეირონზე. სინაფსის ეს მეტად მნიშვნელოვანი თვისება საფუძვლად უდევს რეფლექსური რკალების დინამიკურ პოლარიზაციას.

სინაფსის ორივე პოლუსის გამოკვლევით დასტუდება, რომ აქსონის საბოლოო აპარატი მაღალი ბიოქიმიური აქტივობით ხასიათდება. ის მდიდარია მიტოქონდრიებით. ციტოპლაზმა შეიცავს წვრილ და მრავალრიცხოვან სინაფსურ ბუშტუკს. სინაფსის არეში აქსონის ზედაპირი დაფარულია პრესინაფსური მემბრანით, რომელიც ნეირონის უჯრედულ გარსს შეესაბამება. პრესინაფსურ მემბრანასა და პოსტსინაფსურ მემბრანას, ე.ი. მეორე ნეირონის უჯრედულ გარსს შორის ვლინდება სინაფსური ნაპრალი. ზოგჯერ სინაფსური ბუშტუკების შიგთავსი სინაფსურ ნაპრალში გამოდის. დადგენილია, რომ ნერვული აგზნების დროს სინაფსებში ბუშტუკების შიგთავსიდან გამოდის მედიატორები (აცეტილქოლინი, ნორადრენალინი), რომელთა მეშვეობითაც გალიზიანება ერთი ნეირონიდან მეორეზე გადაეცემა.

რეფლექსური რკალი

როგორც ჩანს, ნერვული სისტემა შედგება დიდი რაოდენობით ნეირონისაგან. ნერვული ბოჭკოები, რომლებითაც დასერილია სხეულის ყველა ქსოვილი, ქმნის მრავალრიცხოვან რეცეპტორულ და ეფექტორულ საბოლოო აპარატებს.

გალიზიანების შედეგად წარმოქმნილი ნერვული იმპულსები უშუალოდ ან ასოციაციური ნეირონების, მათ შორის, ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირონთა მონაწილეობით, შედიან მამოდრავებელ, ეფექტორულ ნერვულ უჯრედებში და მათი ეფექტორული დაბოლოებებით – მუშა ორგანოების ქსოვილებში. **ნეირონთა ჯაჭვს, რომელიც უზრუნველყოფს ნერვული იმპულსის გატარებას მგრძნობიარე ნეირონის რეცეპტორებიდან მუშა ორგანოში მამოდრავებელ დაბოლოებაამდე, რეფლექსური რკალი ეწოდება** (სურ.74).



სურ. 74. რეფლექსური რკალი. 1-ჩართული ნეირონი; 2-ეფექტორული ნეირონი; 3-ეფექტორული დაბოლოებები კუნთში; 4-აფექტორული ნეირონი; 5-რეცეპტორები.

ყველაზე მარტივი რეფლექსური რკალის გზა, რომელიც ორი – მგრძნობიარე და მამოდრავებელი ნეირონებისაგან შედგება, შემდეგია: რეცეპტორი დენდრიტი რეცეპტორული ნეირონის სხეული მისი ნეირიტი სინაფსი (ორი ნეირონის კონტაქტი) მამოდრავებელი ნერვული უჯრედის დენდრიტი მისი სხეული მისი ნეირიტი მამოდრავებელი დაბოლოება. უმეტეს შემთხვევაში, მგრძნობიარე და

მამოძრავებელ ნეირონებს შორის **ჩართული ანუ ასოციაციური ნერვული უჯრედებია.**

უმაღლეს ცხოველთა რეფლექსური რკალები, ჩვეულებრივ, მრავალი ნეირონისაგან შედგება, ამიტომაც რეფლექსური რკალის სქემა უფრო რთულია.

რეფლექსური რკალები შეიძლება იყოს „ცერებროსპინური – სომატური“ ტიპის და „ავტონომიური – ვეგეტატიური“ ტიპის.

ცერებროსპინური რეფლექსური რკალები, უმეტესად, ახორციელებენ ჩონჩხის კუნთების მუშაობის ნებისმიერ რეგულაციას, ავტონომიური ნერვული რკალები კი ძირითადად არეგულირებენ შინაგან ორგანოთა გლუვი კუნთების უნებლიე კუმშვით მოძრაობას.

ნერვული სისტემის განვითარება ონტოგენეზში

ნერვული სისტემა ონტოგენეზში შემდეგნაირად ვითარდება: ჯერ ექტოდერმაში ვითარდება **ნერვული ფირფიტა**, მისგან - **ნერვული ღარი**, შემდეგ კი - **ნერვული მილი** და **ნერვული თხემი**, რომელთა უჯრედები **ნეიროექტოდერმას** ქმნის. უჯრედთა პროლიფერაციის გამო ნერვული მილის კედელი სქელდება, ხოლო მისი სანათური მცირდება. ხერხემალი უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ტვინი, რომელიც მის არხშია მოთავსებული, რის შედეგადაც:

1. ზურგის ტვინი დაკავშირებული რჩება თავის ტვინთან და ამის გამო მოზრდილ ადამიანში ტვინი ხერხემლის არხს მთლიანად არ ავსებს – აღწევს წელის I ან II მალას;

2. ზურგის ტვინის სხვადასხვა უბანი, რომლებიც შეესაბამება ორგანიზმის გარკვეულ სეგმენტს (სეგმენტები განისაზღვრება მალეებით), თანდათან ამ სეგმენტზე მალლა აღმონნდება. ამიტომ **აფერენტული** და **ეფერენტული ბოჭკოები**, რომლებიც ზურგის ტვინის ყოველი სეგმენტიდან გამოდის, იძულებულია, ჩაჰყვეს ზურგის ტვინის ზედაპირს ქვევით, სანამ შესაბამის მალთაშუა ხერხელს მიაღწევს. ასეთი ცდომა განსაკუთრებით თვალნათელია ზურგის ტვინის კაუდალური

ნაწილში, სადაც ხერხემლის არხში ზურგის ტვინის მაგივრად მოთავსებულია მხოლოდ აფერენტული და ეფერენტული ბოჭკოები, რომლებიც ქვემოთ მიემართება – ზურგის ტვინის ქვემო სეგმენტიდან მალეებშუა ხერხელამდე.

თავის ტვინის განვითარებას საფუძვლად უდევს მეზენქიმის ორი ნაწილი: 1. ნერვული მილის კედლის სხვადასხვა ნაწილი იზრდება სხვადასხვაგვარი სისწრაფით, რის გამოც ისინი სხვადასხვა უბანში სხვადასხვა სისქისაა; 2. ნერვული მილის სივრდივი ზრდა ხდება იმ უბანში, სადაც თავის ტვინი უნდა განვითარდეს. ამ დროს იგი იმაზე უფრო გრძელი ხდება, ვიდრე ის სივრცე, რომელშიც უნდა ჩაეტოს, ამიტომაც იზრება. მილის **კრანიალური** ბოლოდან წარმოიქმნება ნაჭტევებით გაყოფილი სამი ამობერილობა. ეს **ბუშტები წინა, შუა და უკანა ტვინს** ქმნის.

უკანა ტვინი. თუ გავკეცავთ რეზინის მილს, განაკვეთის ადგილზე გაფართოვდება და გაბრტყელდება, სანათური კი ნაპრალის ფორმას მიიღებს. ასევე, როცა ნერვული მილი უკანა ტვინის არეში იხსნება იმ უბანში, რომელსაც *flexura pontina* ეწოდება, მისი გვერდითი კედლები განზე მიდის, თხელი „სახურავი“ იჭიმება მეტად, ვიდრე „ფსკერი“ და წარმოქმნის თხელ შრეს. აქ იგი სქელდება და მისგან წარმოიქმნება **მოგრძო ტვინი** და **ვაროლის ხიდი**. მილის ორივე მხარეზე ჩნდება დიდი ამოდრეკილობები, რომლებიც ერთმანეთს უერთდება და წარმოიქმნება **ნათხემი**. ნერვული მილის სანათური წარმოქმნის ღრუს, რომელსაც **მეოთხე პარაკუჭი** ეწოდება. ის შეიცავს თავ-ზურგტვინის სითხეს და სხვა პარაკუჭებს უკავშირდება. **უკანა ტვინი ზურგის ტვინში** გადადის.

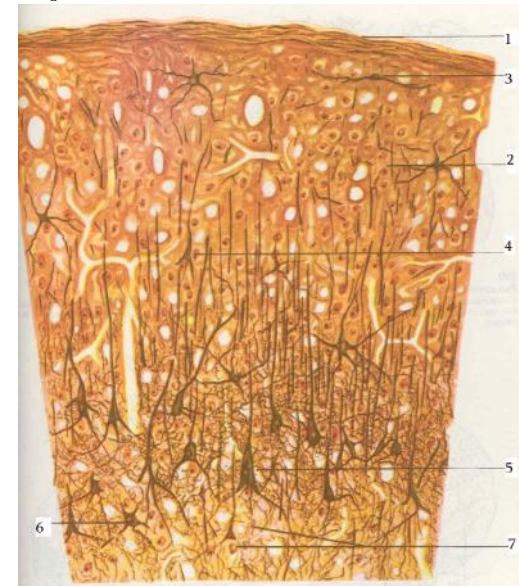
შუა ტვინი ინარჩუნებს მილის ფორმას, მისი სანათური კი ნაპრალის ფორმას იღებს და წარმოქმნის სილვიის წყალსადენს ანუ ნაპრალს, რომელიც აერთებს წინა და უკანა ტვინის პარაკუჭებს. მოგრძო ტვინი, ვაროლის ხიდი და შუა ტვინი ერთად შეიცავს ნეირონის სხეულების მნიშვნელოვან ჯგუფებს. **ნერვული უჯრედების ასეთ გროვებს ბირთვები**

ეწოდება. აღმავალი და დაღმავალი ბოჭკოები ამ არეში წარმოქმნის სინაფსებს ან გაივლის მას უწყვეტად.

წინა ტვინი. წინა ტვინსა და შუა ტვინს შორის არეში ნერვული მილიც იხრება, მაგრამ ეს ნაკეცი რეზინის მილის ნაკეცს არ ჰგავს, ამიტომაც, აქ სანათური არ ვიწროვდება. წინა ტვინის **კაუდალურ** ნაწილაკში მილის კედლების გასქელება წარმოქმნის **თალამუსს** და **ჰიპოთალამუსს**. როსტრალური (წინა) ნაწილი შედგება **ორი დიდი ჰემისფეროსგან**. თვლიან, რომ **თალამუსი** ძირითადად გადასცემს აფერენტულ იმპულსებს ზემოთ მოთავსებულ **ჰემისფეროებს** თავის ტვინის ქვემო უბნებიდან და ზურვის ტვინიდან. **ჰიპოთალამუსი** აკონტროლებს ორგანიზმის ბევრ მნიშვნელოვან ფუნქციას ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მეშვეობით. ამას გარდა, **გამომიშვავებს ნეიროჰორმონებს** და აკონტროლებს ბევრი ჰორმონის გამოყოფას. ნერვული მილის სანათური აქ წარმოადგენს ვერტიკალურ ნაპრალს. მას **მესამე პარკუჭი** ეწოდება. წინა ტვინის როსტრალურ ნაწილში ნერვული მილის დორსალური კედლები წარმოქმნის ორ უზარმაზარ ბორცვს – **ტვინის დიდ ჰემისფეროებს**. მათი ღრუები – გვერდითი პარკუჭები უერთდება მესამე პარკუჭს პარკუჭთაშუა ხვრელით. ჰემისფეროების ზედაპირი დანაოჭებულია, მათში არის ღრმა ღარები და კვლები. ეს უკანასკნელი გაყოფილია თხემებით, რომლებსაც **ხეულები** ეწოდება. დიდ ჰემისფეროებში ხდება გრძობათა ორგანოებიდან მომავალი სენსორული ინფორმაციის ინტეგრაცია და მოტორული რეაქციების კოორდინაცია. გარდა ამისა, აქვე წარმოებს აზროვნების რთული პროცესები: შესწავლა, დამახსოვრება და მეტყველების გამოყენება.

ნეიროექტოდერმული უჯრედები განიცდის დიფერენცირებას სამი მიმართულებით: **1. ნეირონები;** **2. ნეიროგლიის უჯრედები** – ასტროციტები და ოლიგოდენდროციტები; **3. ეპენდიმის უჯრედები**, რომლებიც ამოფენენ ნერვული მილის ღრუს, შემდეგ კი – პარკუჭების ღრუებს.

დიდი ჰემისფეროების ქერქის ნეირონული ორგანიზაცია. დიდი ჰემისფეროების ქერქი რუხი ნივთიერებისაგან შედგება, რომლის სისქე 1,5 - 5 მმ-ია. ქერქი გარედან ფარავს თეთრ ნივთიერებას (სურ. 75). ღარებისა და ხვეულების გამო, რომლებიც დიდი ჰემისფეროების ზედაპირს ფარავს, რუხი ნივთიერების რაოდენობა ადამიანში მეტია, ვიდრე ცხოველებში. ქერქის მიკროსკოპულ შენებას საერთო გეგმა აქვს, რომელიც მოდიფიკაციას განიცდის სხვადასხვა ფუნქციური დანიშნულების უბანში. ნეირონების სხეულები ქერქში წარმოქმნის 6 შრეს:



სურ. 75. ადამიანის თავის ტვინის ქერქი.
1- ტვინის გარსი; 2- თავის ტვინის ქერქის რუხი ნივთიერება; 3-მოლეკულური ფირფიტის ჰორიზონტალური ნეიროციტები; 4-პირამიდული ნეიროციტები; 5-განგლიოზური ფირფიტის გიგანტურპირამიდული ნეიროციტები; 6-მრავალფორმიანი ნეიროციტები; 7-მრავალფორმიანი უჯრედების ფირფიტები.

1. ყველაზე ზედაპირულს ეწოდება **მოლეკულური შრე**. იგი შეიცავს სხეულებს მცირე რაოდენობით და უმეტესად შედგება ქვეშ მდებარე უჯრედების ბოჭკოებისაგან, რომლებიც სხვადასხვა მიმართულებით, მაგრამ ზედაპირის პარალელურად მიემართება;

2. **გარეთა მარცვლოვანი შრე** - შეიცავს მრავალი წვრილი ნეირონის სხეულს, რომლებიც მცირე გადიდების დროს მარცვლების სახით წარმოგვიდგება;

3. **პირამიდული უჯრედების შრე**. მასში ნეირონებს პირამიდული ფორმის სხეულები აქვთ;

4. **შიდა მარცვლოვანი შრე** - შეიცავს წვრილი ნეირონების სხეულებს;

5. **შიდა პირამიდული ანუ განგლიონური შრე**. ტვინის ქერქის მამოძრავებელ ზონაში განგლიონური შრის პირამიდული უჯრედებია, რომლებსაც ბეცის უჯრედები ეწოდება;

6. **პოლიმორფული უჯრედების შრე**. ამ შრის უჯრედებს სხვადასხვა ფორმა აქვს.

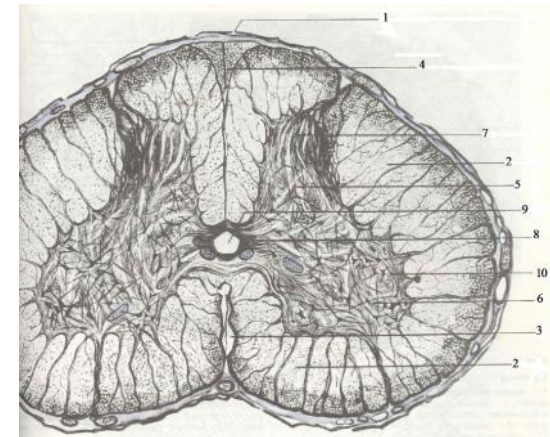
ქერქში საშუალოდ 10 მილიარდი ნეირონია, ხოლო, რადგან თითოეულს შეუძლია სინაფსურად დაკავშირება 10 000 სხვასთან, ცხადია, რთული არაა იმის წარმოდგენა, რა რაოდენობის გამტარი გზები წარმოიქმნება აქ.

ნათხემის ქერქის ნეირონული ორგანიზაცია. ნათხემის რუხი ნივთიერების შენება მცირედ განსხვავდება დიდი ჰემისფერობის ქერქისაგან. მასში სამი შრეა: **1. გარეთა შრე – მოლეკულური** – შეიცავს მცირე რაოდენობით წვრილ ნეირონებს და უამრავ უმიეღინო ბოჭკოს; **2.** მის სიღრმეში დევს **პურკინიეს მსხლისებური უჯრედების შრე**; **3.** რუხი ნივთიერების დანარჩენი ნაწილი წარმოდგენილია **მარცვლოვანი შრით**, რომელიც უამრავ წვრილ ნეირონს შეიცავს.

სხვადასხვა ტიპის ნეირონები წარმოქმნის რთულ სისტემას, რომელშიც პურკინიეს უჯრედები ღებულობენ, როგორც ამგზნებ, ისე შემაკავებელ იმპულსებს. მათი დენდრიტების ტოტები მიდიან მოლეკულურ შრემდე და აღწევენ მასში, სა-

დაც აგროვებენ დიდი ჰემისფერობიდან მომავალ ამგზნებ იმპულსებს. ნათხემი ისეთნაირად ცვლის მამოძრავებელი იმპულსების ნაკადს, რომ მოახდინოს იმ მოძრაობათა კოორდინაცია და რეგულირება, რომელშიც მონაწილეობს სხვადასხვა ჯგუფის კუნთები.

ზურგის ტვინი. ზურგის ტვინი ანატომიურად შედგება ორი სიმეტრიული ნახევრისაგან, რომლებიც გამოყოფილია ერთმანეთისაგან **ვენტრალური ცენტრალური ნაპრალით** და **დორსალური შუა ძვილით** (სურ. 76).



სურ. 76. ზურგის ტვინი (განივი განაკვეთი). 1-ტვინის რბილი გარსი; 2-თეთრი ნივთიერება; 3-წინა შუა ნაჭდევი; 4-უკანა შუა ძვილი; 5-რუხი ნივთიერება; 6-წინა რქები მულტიპოლარული ნერვული უჯრედებით; 7-უკანა რქები; 8-რუხი ნაწიბური; 9- ცენტრალური არხი; 10-გვერდითი რქები.

ცენტრალურად მოთავსებული რუხი ნივთიერება შეიცავს მულტიპოლარულ ნერვულ უჯრედებს, რომელთა გროვები ზურგის ტვინის ბირთვებს წარმოადგენს. პერიფერიულად განლაგებული თეთრი ნივთიერება წარმოდგენილია ნერვული ბოჭკოებით.

რუხი ნივთიერება ანატომურად შედგება ორი ნახევრისაგან, რომლებიც გამოყოფილია ნაპრალით (კომისურით). ყოველ მათგანს გააჩნია დორსალური და ვენტრალური რქები. ზურგის ტვინის გულმკერდის და წელის სეგმენტებში ვენტრალურ რქებს გამოეყოფა ლატერალური რქები. **რუხი ნივთიერების** შემადგენლობაში შედის **მულტიპოლარული ნეირონები, უმიელინო და მიელინისანი ნერვული ბოჭკოები** და **ნეიროგლია**. ერთი ფუნქციური დანიშნულების მქონე ნეირონების ჯგუფები წარმოქმნის რუხი ნივთიერების ბირთვებს.

მორფოლოგიური ნიშნების და ლოკალიზაციის მიხედვით ზურგის ტვინში შეიძლება გამოიყოს სამი ტიპის უჯრედები: **1. ფესვების ნეიროციტები** - უჯრედები, რომელთა აქსონები გამოდის ზურგის ტვინიდან მისი ვენტრალური ფესვების შემადგენლობაში; **2. შიგნითა ნეიროციტები**, რომელთა აქსონები ქმნის სინაფსებს რუხი ნივთიერების უჯრედებზე; **3. ლარისებრი ნეიროციტები**. მათი აქსონები თეთრ ნივთიერებაში წარმოქმნის კონებს. ეს უკანასკნელი იმპულსებს ატარებს ზურგის ტვინის სხვა უჯრედებისაკენ ან თავის ტვინის გარკვეული უბნისაკენ.

ნერვული სისტემის ელემენტთა განვითარება და რეგენერაცია. ნერვული სისტემა ექტოდერმიდან ვითარდება. ადრეულ სტადიებში ნერვული ლულის კედელი ცილინდრული უჯრედების ერთი შრისაგან შედგება. უჯრედთა საზღვრები საკმაოდ მკვეთრია, მაგრამ მალე კედელი მრავალშრიანი ხდება. საზღვრები ქრება და წარმოიქმნება მრავალბირთვიანი სინციტიუმი. მის შიგნითა ნაწილს **ეპენდიმა** ეწოდება. მას ახასიათებს წაგრძელებული ბირთვების მეტ-ნაკლებად რადიალური განლაგება. ნეირალური სინციტიუმი დიფერენცირდება პირველად ნერვულ უჯრედებად – **ნეირობლასტებად** და პირველად ნეიროგლიურ უჯრედებად – **სპონგიობლასტებად**.

ნეირობლასტებს აქვთ მრგვალი ან მსხლისებური ფორმა. მათი დიფერენცირება იწყება ფიბრილთა წარმოშობით, ერთდროულად ვითარდება მორჩებიც.

აქსონის ჩანასახი ჩნდება პატარა ქინძისთავისმაგვარი გამონაზარდის სახით. იგი საკმაოდ სწრაფად ვითარდება და უფრო და უფრო გამოიზრდება ნეირობლასტიდან. მორჩების წარმოქმნით ნეირობლასტი იქცევა ნეირონად, რომელსაც ერთი აქსონი და რამდენიმე დენდრიტი აქვს.

სპონგიობლასტებიდან წარმოიქმნება მაკროგლია. ამ უჯრედების ნაწილი ეპენდიმაში რჩება და ცენტრალური არხის საფარველს იძლევა, მეორე ნაწილი კი დიფერენცირდება მრავალმორჩიან ასტროციტებად, რომლებიც შეადგენენ ტვინის სინციტიალურ სტრომას. უმადლეს ცხოველებში ნეირობლასტებიდან ნეირონები ვითარდება.

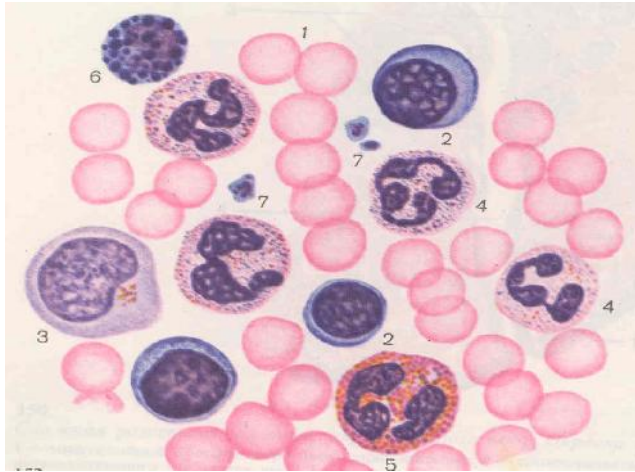
ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებისას დაშლილი ნეირონებისა და დარღვეული კავშირების აღდგენა ცნობილი არაა, მაგრამ ნერვული სისტემის ზოგიერთ სპეციალიზებულ ელემენტს აქვს ნაწილობრივი აღდგენის უნარი, კერძოდ, ნეირონთა მორჩებს. სრული რეგენერაცია პერიფერიულ ნერვებში ხდება.

ნერვული ბოჭკოს რეგენერაცია ადვილი შესაძენვეია ნერვის გადაჭრისას. იგი ამ დროს გადაიკვეთება ცენტრალურ ნაწილად, რომელიც რჩება ტვინთან დაკავშირებული და პერიფერიულ ნაწილად, რომელიც ნერვულ უჯრედებთან კავშირს მოკლებულია. **ბოჭკოს ნაწილებს შორის კავშირის აღდგენა** ხდება ნერვულ ბოჭკოებს შორის შვანის უჯრედებისა და შემაერთებელქსოვილოვანი ჩანაფენების აქტიური ზრდისა და ღერძითი ცილინდრის ბოლოებზე რეგენერაციული ცვლილების შედეგად. დაზიანებული ბოჭკოს აღდგენის პროცესი მიელინის გაჩენით და რბილი გარსის წარმოქმნით მთავრდება.

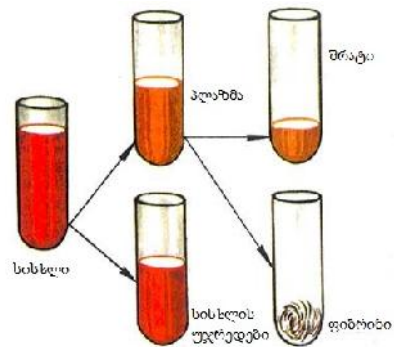
ნეიროგლია სრულასაკოვან ორგანიზმშიც ნაკლებად დიფერენცირებულ უჯრედებს შეიცავს, რომელთაც გამრავლებისა და განვითარების უნარი ადამიანის მთელი სიცოცხლის მანძილზე შესწევთ.

1. რუხაძე თ. ჰისტოლოგია. თსსუ. გამომც. თბ. 2009. გვ.105-202.
2. ჰისტოლოგია. პროფ. ვ.გ. ელისევეისა და სხვათა რედაქციით. გამომც. „განათლება“. თბილისი. 1991. გვ. 111-284.
3. Хэм А., Кормак Д. Гистология. II т. М. Мир. (пер. с англ). 1983. 254с. III т. 292 с.
4. Гистология, цитология и эмбриология. Под редакцией проф. Афанасьева Ю.И., проф. Юриной Н.А. Изд. «Медицина». Москва. 2002. Стр.138-302.
5. Биков В.А. Цитология и общая гистология. СОТИС. Санкт-Петербург. 2002. Стр.117-477.
6. Кузнецов С. Л., Мушкамбаров Н.Н., Горячкина В.Л. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии. МИА. М. 2002. Стр. 52-114.
7. Алмазов И.В.Сутулов Л.С. Атлас по гистологии и эмбриологии. Изд. «Медицина». Москва. 1978. Стр. 107- 239.
8. Шуст Иван Васильевич „Гистология с основами эмбриологии: Учебное пособие“ 2004
9. Leslie P. Gartner PhD, James L. Hiatt PhD „Color Atlas of Histology“, 2009
10. Michael H. Ross PhD , Wojciech Pawlina MD „Histology: A Text and Atlas“ 2010.
11. L.C.JUNQUERIA&JOSE CARNERO, „HISTOLOGIA BÁSICA“. 2012.
12. Abraham L Kierszenbaum, Laura Tres, „Histologia E Biologia Celular“. 2012.
13. William K. Ovalle PhD, Patrick C. Nahirney PhD „Netter's Essential Histology“. 2013.

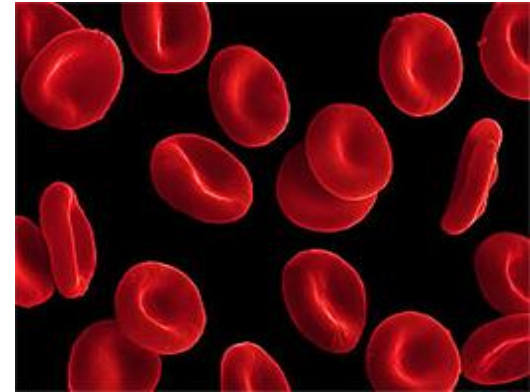
დ ა ნ ა რ თ ი



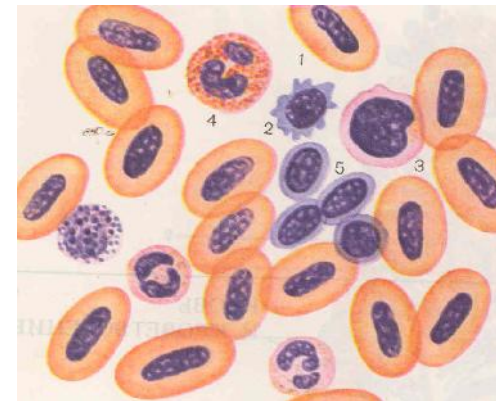
სურ. 28. ადამიანის სისხლის ნაცხი. 1-ერითროციტები; 2-ლიმფოციტები (მცირე და დიდი); 3-მონოციტები; 4-ნეიტროფილები; 5-ეოზინოფილები; 6-ბაზოფილები; 7-სისხლის ფირფიტები (თრომბოციტები).



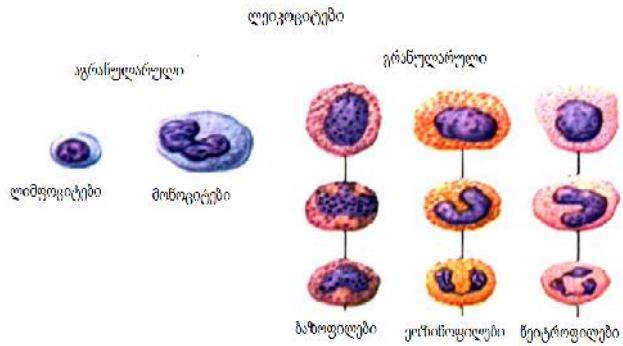
სურ. 29. სისხლის პლაზმა



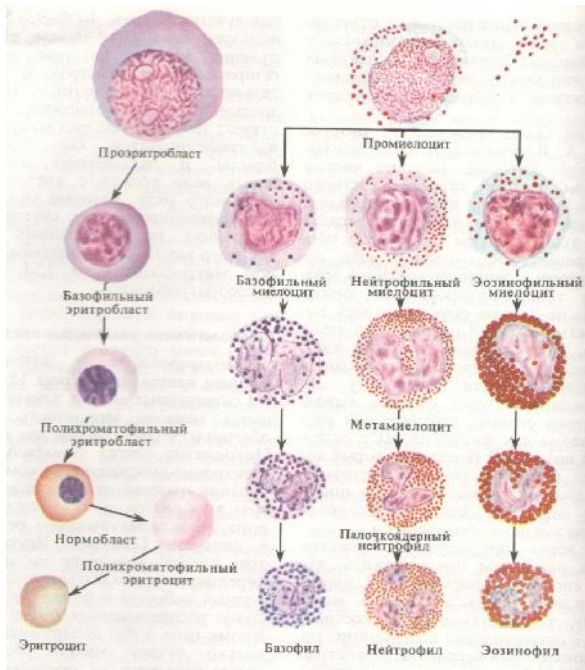
სურ. 30. ადამიანის ერითროციტები



სურ. 31. ბაყაყის სისხლის ნაცხი. 1-ერითროციტი; 2-ლიმფოციტი; 3-მონოციტი; 4-გრანულოციტი; 5-თრომბოციტები.



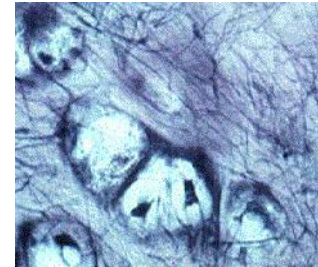
სურ. 32. ლეიკოციტები



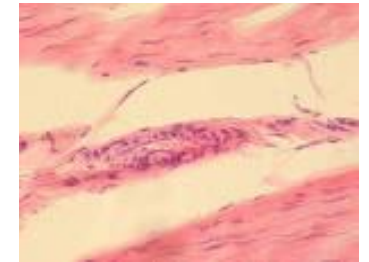
სურ. 34. მიელოიდურ ქსოვილში ერითროციტური და გრანულოციტური რიგების უჯრედთა დიფერენცირება



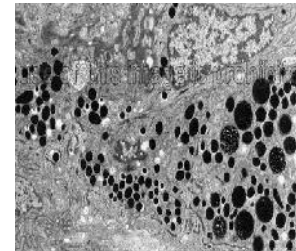
ა ბ გ



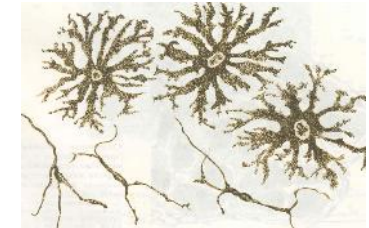
დ



ე

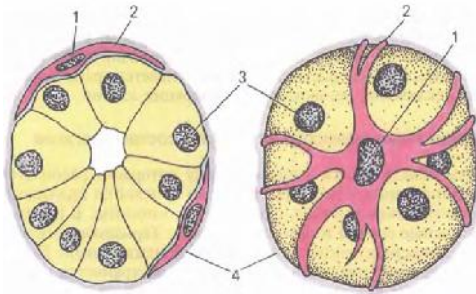


ვ



ზ

სურ. 39. შემაერთებელი ქსოვილის უჯრედები. ა-პლაზმური უჯრედები; ბ-ფიბრობლასტები; გ-ჰისტოციტები; დ-კამბიალური უჯრედები; ე-ცხიმოვანი უჯრედები; ვ,ზ-პიგმენტური უჯრედები.



სურ. 64. მიოეპითელური უჯრედები სანერწყვე ჯირკვლის ტერმინალურ ნაწილში. ა – განივი განაკვეთი; ბ – ხედი ზემოდან; 1- მიოეპითელიოციტების ბირთვი; 2- მიოეპითელიოციტების მორჩები; 3-სეკრეტორული ეპითელიოციტების ბირთვი; 4-ბაზალური მემბრანა.

წინასიტყვაობა	3
ჰისტოლოგიის საგანი და ამოცანები	5
შესავალი ქსოვილებზე მოძღვრების შესახებ	9
ქსოვილთა კლასიფიკაცია	9
უჯრედთა ინტეგრაცია ქსოვილებში	11
ქსოვილთა ურთიერთკავშირი	13
ქსოვილთა განვითარება ემბრიოგენეზში	14
ქსოვილთა ცვალებადობა და რეგენერაცია	16
ეპითელური ქსოვილი (Textus Epithelialis)	
ზოგადი დახასიათება და კლასიფიკაცია	21
ერთშრიანი ეპითელიუმი	29
მრავალშრიანი ეპითელი	39
ჯირკვლოვანი ეპითელი	54
მეზენქიმა და მისი წარმონაქმნები	65
სისხლი (Sanguis, Haema)	67
სისხლის პლაზმა	68
სისხლის ფორმიანი ელემენტები	71
ლიმფა	86
სისხლის წარმოქმნა – ჰემოპოეზი	86
შემაერთებელი ქსოვილი (Textus conjunctivus)	97
საკუთრივ შემაერთებელი ქსოვილი	97
ხრტილოვანი ქსოვილი (Textus cartilagineus)	128
ძვლოვანი ქსოვილი (Textus ossues)	138
ტლანქოჭკოვანი ძვლოვანი ქსოვილი	142
ფირფიტოვანი ძვლოვანი ქსოვილი	143
კუნთოვანი ქსოვილი (Textus muscularis)	154
გლუვი კუნთოვანი ქსოვილი	155
განივზოლიანი კუნთოვანი ქსოვილი	159
გულის კუნთოვანი ქსოვილი	176
ნერვული ქსოვილი (Textus nevrosus)	182
რეფლექსური რკალი	198
ლიტერატურა	208
დ ა ნ ა რ თ ი	209

გამომცემლობის დირექტორი – ნანა ხახუტაიშვილი
გამომცემლობის რედაქტორი – ლალი კონცელიძე
ტექნიკური რედაქტორი – ელჟარდ ანანიძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.04.2014
ქაღალდის ზომა 60X84 1/16
ფიზიკური თაბახი 13.5
ტირაჟი 100

დაიბეჭდა უნივერსიტეტის სტამბაში

ქ. ბათუმი, ნინოშვილის 35