



E-kursuse

Histoloogia

materjalid

Aine maht 7 EAP

Andres Arend, Marina Aunapuu (Tartu Ülikool), 2012

Histoloogilise preparaadi valmistamine

1. Materjali võtmine

Histoloogiliseks uuringuks tuleb uuritava koe tükk võtta võimalikult kiiresti, et vältida muutuste tekkimist kudedes. Uurimiseks võetavad proovid ei tohi olla suured, soovitatav koetüki suurus on 1 x 1 cm ja selle võtmiseks tuleks kasutada skalpelli või žiletti.

2. Materjali fikseerimine

Termin fikseerimine pärineb ladinakeelsest sõnast *fixus* – kindel, jääv. Fikseerimine on väga vastutusrikas etapp, sest vale fiksaatori valik või aeglane fikseerimine võivad põhjustada ebaõnnestunud lõpptulemuse. Selle etapi eesmärgiks on säilitada koed võimalikult elupuhuses seisundis. Fikseerimise käigus toimuvad kudedes keemilised protsessid, millest kõige olulisem on valkude kalgendumine. Fiksaatori kogus peab olema 10 kuni 50 korda suurem fikseeritava koe kogusest. Fikseerimiseks võib kasutada liht- või liifiksaatoreid. Materjali käsitsi töötlemisel fikseeritakse koeproovi 1-3 päeva jooksul, automaatsisestusliini kasutamisel toimub fikseerimine kiiremini (1-4 tundi).

3. Materjali veetustamine

Fikseerimisele järgneb uuritava koe veetustamine, milleks kasutatakse etanooli, kuna sisestuseks kasutatav parafiin ei lahustu vees. Sellel etapil toimub uuritavast koest vee eemaldamine, milleks koe deformatsiooni vältimiseks kasutatakse tõusva kontsentratsiooniga etanooli rida: 50°→70°→96° (3 vahetust)→absoluutne alkohol. Igas lahuses hoitakse proove 1-24 tundi olenevalt tüki suuruselt.

4. Sisestus parafiini

Tänapäeval sisestatakse histoloogilistes laboratooriumides uuritav kude peamiselt parafiini. Sisestamiseks kasutatakse automaatsisestusliini (harvemini toimub sisestamine käsitsi), kus uuritav kude veetustatakse tõusva kontsentratsiooniga etanoolide reas ja immutatakse kolmes sulatatud parafiini lahuses. Selline sisestus lubab vältida kloroformi kasutamist, mis muudab uuritava koe rabedaks. Seejärel asetatakse uuritav kude sulatatud parafiiniga täidetud sisestusvormi ja jahutatakse külmutusplaadil.

5. Lõikamine mikrotoomil

Parafiinblokkide lõikamiseks kasutatakse kelk- ja rotatsioonmikrotoome. Tavalise histoloogilise preparaadi jaoks lõigatava lõigu paksus on 4-7 µm piires. Lõikamisel kasutatakse ühekordseid nuge (rotatsioonimikrotoom) või püsinuga (kelkmikrotoom). Parafiinblokk kinnitatakse noahoidjasse ja sujuvate liigutustega lõigatakse histoloogilisi lõike. Olenevalt valmistatava preparaadi iseloomust tuleb alusklaasile paigutada üks või mitu lõiku. Lõikamisele järgneb preparaadi kuivatamine histoloogilisel plaadil +37°C juures 12-24 tunni jooksul.

6. Preparaadi värvimine

Selleks, et hinnata histoloogilist preparaati, tuleb teda värvida. Värvingu valikul tuleb lähtuda sellest, mida soovitakse preparaadis uurida. Histoloogias kasutatakse väga erinevaid värvimismeetodeid. Võib kasutada ainult ühte värvainet (nt tioniini, karmiini) või mitme värvaine kombinatsiooni. Kõige enam kasutatav värving histoloogias on hematoksüliin-eosiin (H&E), mida kasutatakse laialdaselt ülevaatepreparaatide valmistamisel.

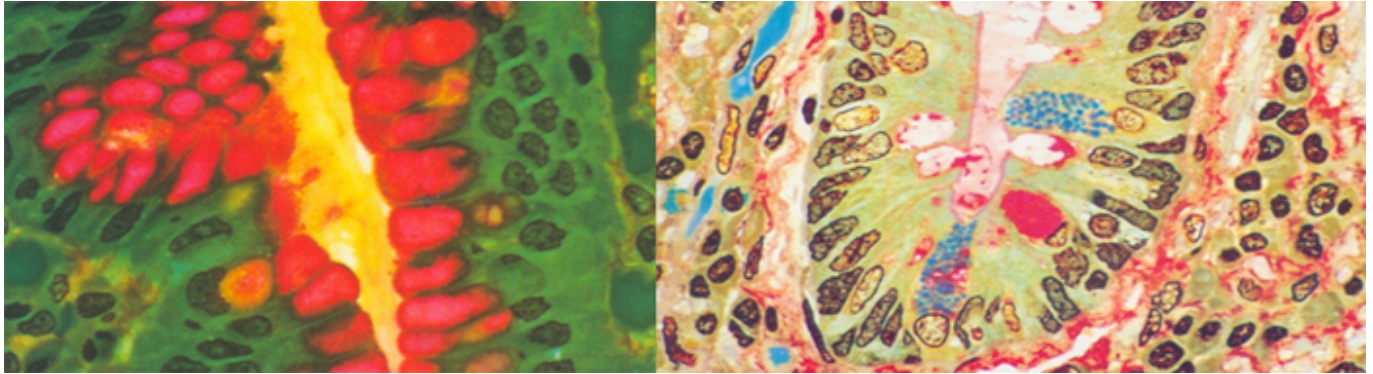
7. Sulundamine

Sulundamine tähendab lõikude katmist loodusliku vaigu (kanada balsam) või sünteetilise sulundusainega (Eukitt, DPX, Mount_Quick) ja katteklaasiga katmist.

Histoloogilised meetodid

1. Sisestus

- Klassikaline sisestus – uuritava koe tükk sisestatakse parafiini
- Sisestus tselloidiini
- Sisestus akrüülvaiku (Unicryl)



KOETÜKK

Külmutamine

Fikseerimine

Lihtfiksaator

Näit:
10 % formaliini vesilahus

Liitfiksaator

Näit:
Carnoy fiksaator (alkohol 6 osa
jäädikhape 1 osa
kloroform 3 osa)

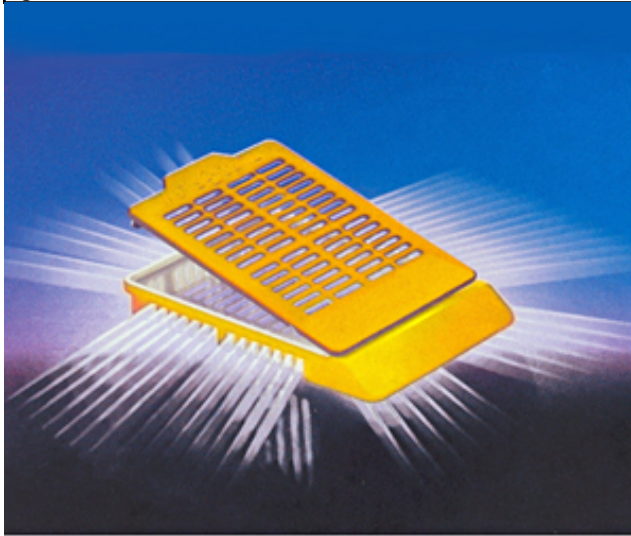
Veetustamine

(50° alkohol)
70° alkohol
96° alkohol 2-3x
absol. alkohol

} igas lahuses
1 ööpäev

Sisestamise skeem (käsitsi, tänapäeval harvemini kasutatav meetod):

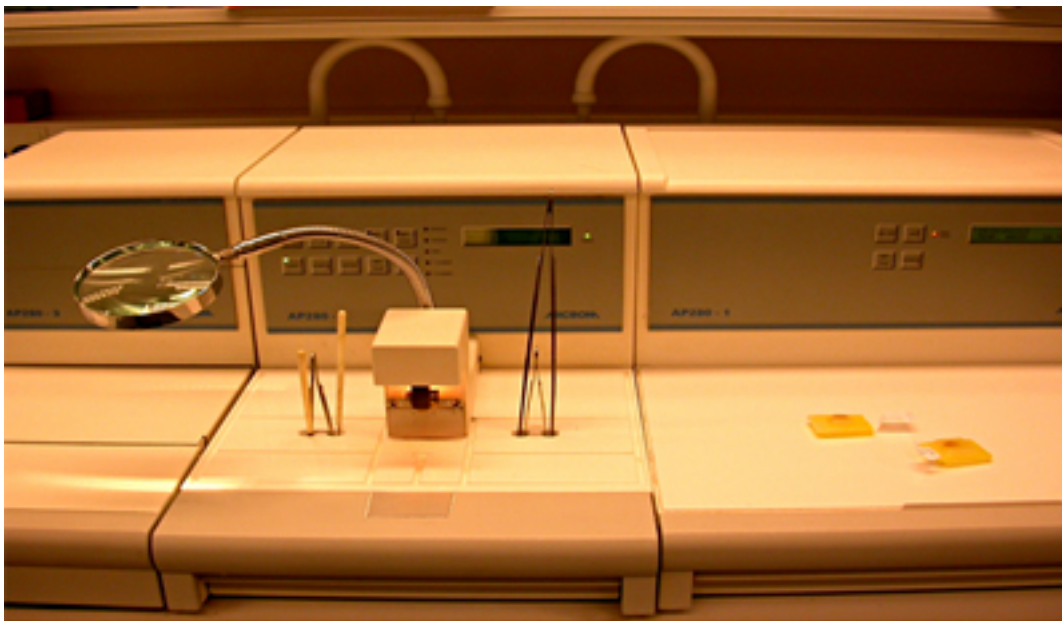
Tselloidiin	Parafiin
eeter + alkohol 1:1 ja seejärel immutamine 2, 4, 6, 8, ja 10 % tselloidiini ja absol.alkoholi ning eetri seguga. Igas lahuses vähemalt 24 h.	kloroform + alkohol 1:1 kloroform kloroform + parafiin 1:1 (37° C) parafiin 3x (56°C)



Sisestuskassett

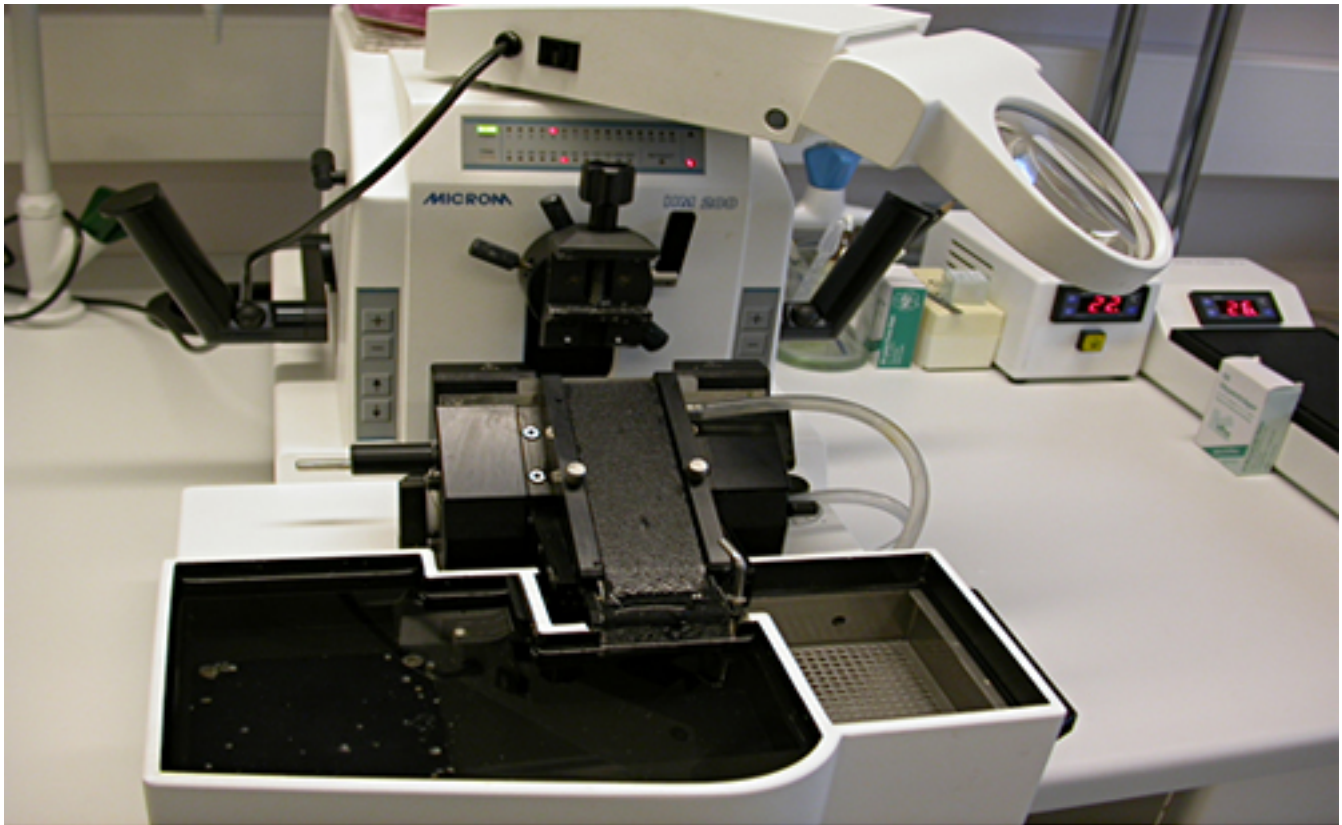


Sisestusprotsessor Tissue-Tek® VIP™ 5Jr.

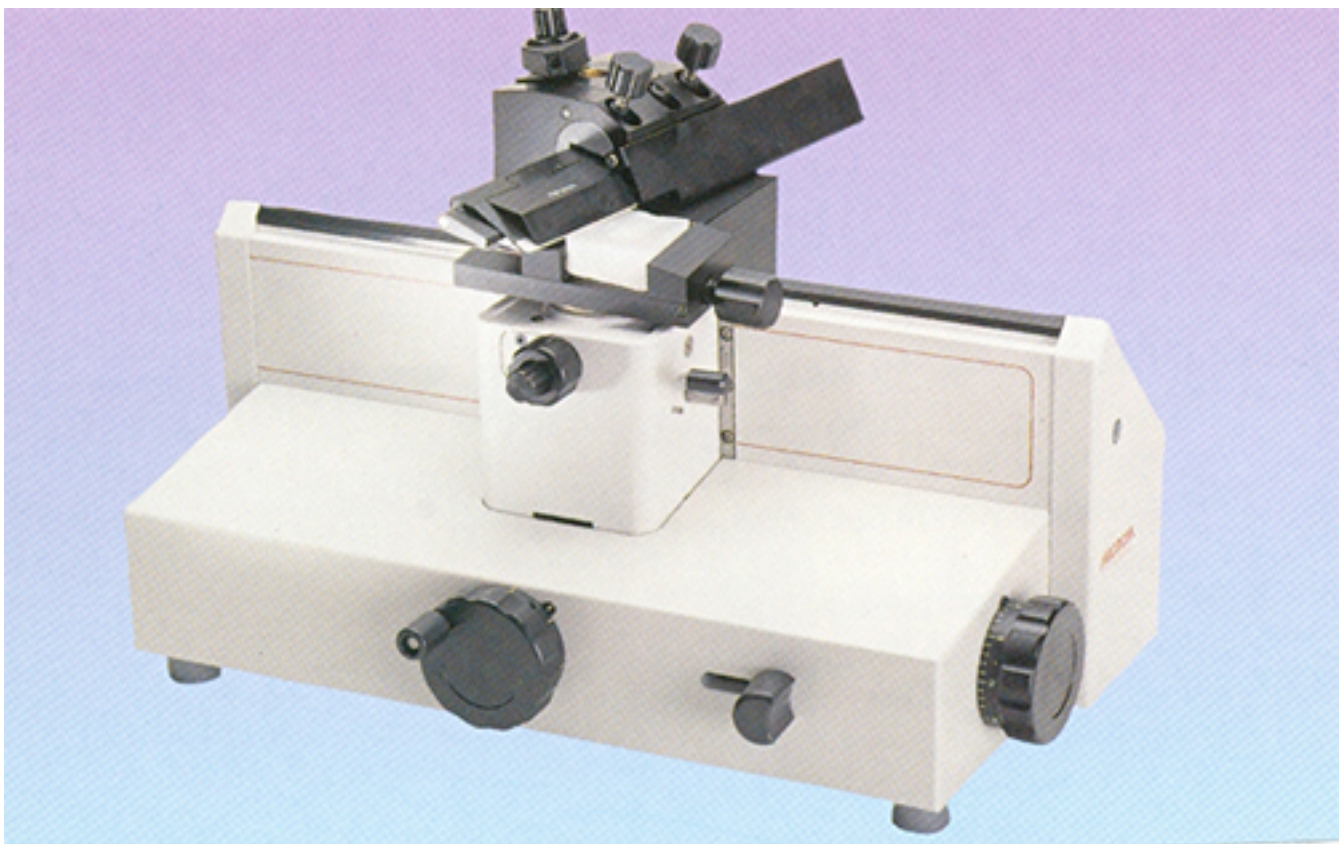


Sisestusliin MICROM

2. Lõikamine mikrotoomil



Rotatsioonimikrotoom Ergostar



Kelkmikrotoom

3. Värvimine

- Värvid: happelised, aluselised ja neutraalsed

- Värvingud: liht- ja liitvärvingud

Deparafineerimine parafiinilõikude puhul (ksüloom).

4. Sulundamine

Dekaltsineerimine

Histoloogiliste preparaate valmistamisel luukoest tuleb arvestada selle koe eripäraga. Selleks, et luust oleks võimalik valmistada histoloogilist preparaati, tuleb eemaldada sealt kaltsiumi soolad. Seda protsessi nimetatakse **dekaltsineerimiseks**. Koed töödeldakse happega, mille tulemusena luus sisalduvad soolad vabanevad ja luu muutub pehmeks.

Dekaltsineerimiseks võib kasutada järgmisi lahuseid:

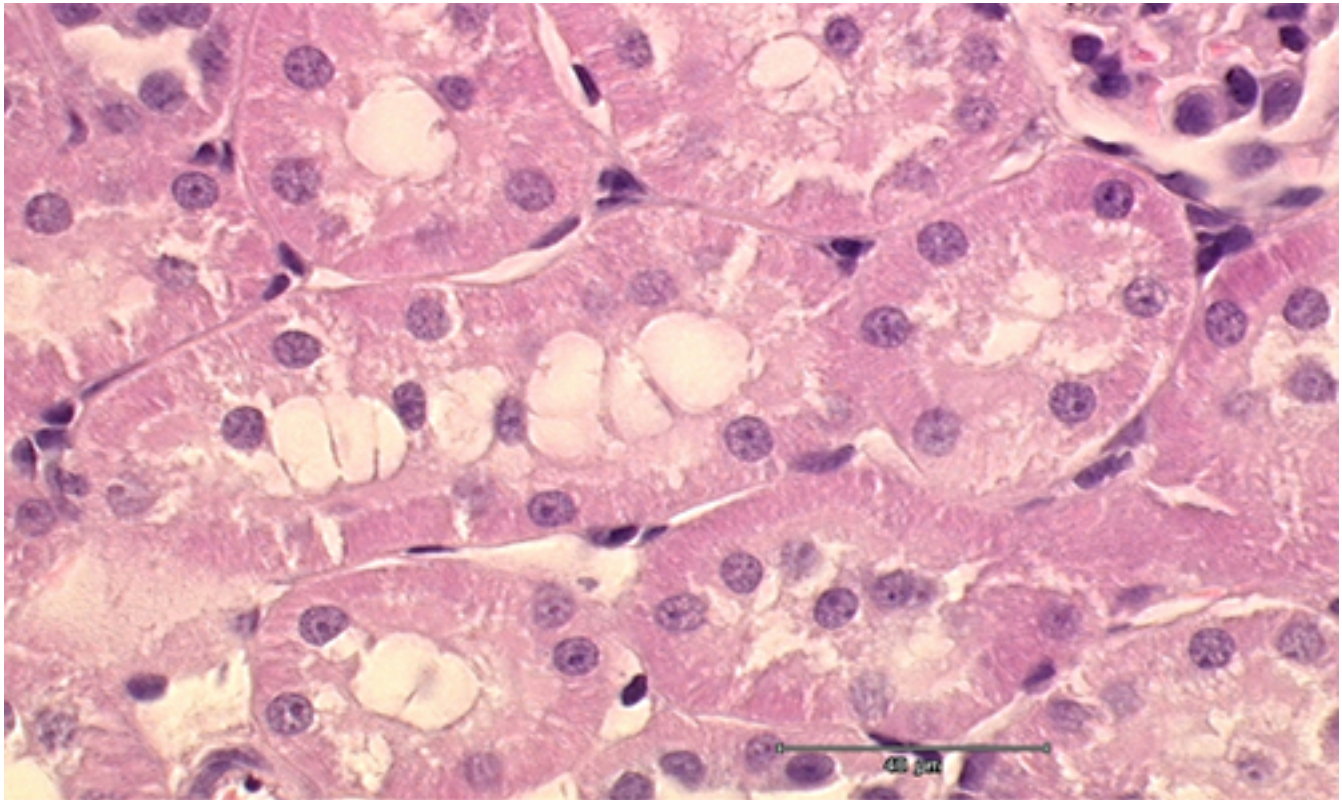
I. 5 – 7,5% lämmastikhappe vesilahus. Peale dekaltsineerimist sidekoe paisumise vältimiseks tuleb kude hoida 24 tundi 5% kaalium-alumiiniumaarjase või 5% Na-sulfiti lahuses. Järgneb pesu jooksvas vees 24 – 48 tundi.

II. 5% triklooräädikhappe vesilahus. Peale dekaltsineerimist tuleks pesta koeproove 90 - 96^o etanoolis.

Dekaltsineerivat lahust on vaja vahetada iga päev ja lahust peab olema 20 korda rohkem, kui uuritavat materjali. Proov seotakse marlisse ja asetatakse nõusse dekaltsineeriva lahusega nii, et ta asuks dekaltsineeriva lahuse ülemistes kihtides (sellisel juhul langevad lahustuvad soolad nõu põhja). Dekaltsineerimine on lõppenud, kui luu on pehme ja teda on võimalik lõigata.

Edasi toimitakse klassikalise sisestusskeemi järgi.

Histoloogilised värvingud



Hematoksüliin – eosiin (H&E) M. Aunapuu preparaat

Hematoksüliin - eosiin värving

Deparafineerimine

1. Ksülool I 5 min.
2. Ksülool II 5 min.
3. 96% alkohol 3 min.
4. 96% alkohol 3 min.
5. 96% alkohol 3 min.
6. 70% alkohol 3 min.
7. Kraanivesi loputada

Värvimine

1. Hematoksüliin 5 min.
2. Kraanivesi loputada
3. Hapualkohol 3-10 sekundit
4. Kraanivesi 10 – 20 min.
5. Eosiin 1 min.
6. Kraanivesi loputada

Veetustamine

1. 70% alkohol 2 min.
2. 96% alkohol 2 min.
3. 96% alkohol 2 min.
4. Ksülool I 2 min.

5. Ksülool II 2 min.
6. Ksülool III 2 min.
7. Sulundamine
8. Lõigule panna tilk Kanada balsamit või Eukitti ja katta katteklaasiga

Histoloogias enamkasutatavad värvingud

Hematoküliin-eosiin

rakutuum-tumesinine; tsütoplasma-erinevates punast roosa; kõhred ja kaltsiumi ladestused-tumesinine; ver

tuumad-sinakasmustad; lihasvöötsus-sinakasmust; m

Heidenhaini raudhematoküliin

tuumad-mustad; tsütoplasma -kollakasroheline; kollag punalibled-kollased

Van Gieson

tuumad-punased; tsütoplasma -helerosa või sinakas

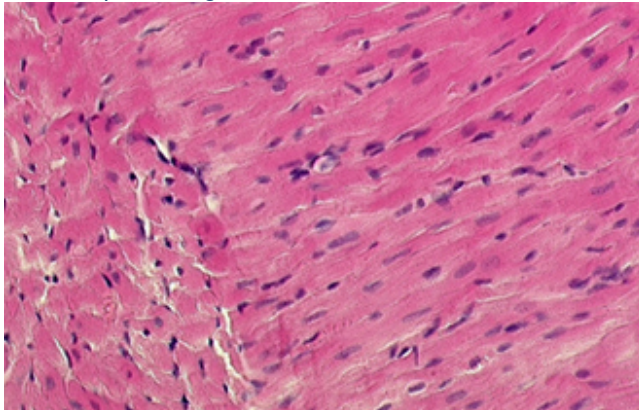
elastsed kiud - mustjasviolett

Asaan (asokarmiin ja aniliinsinine)

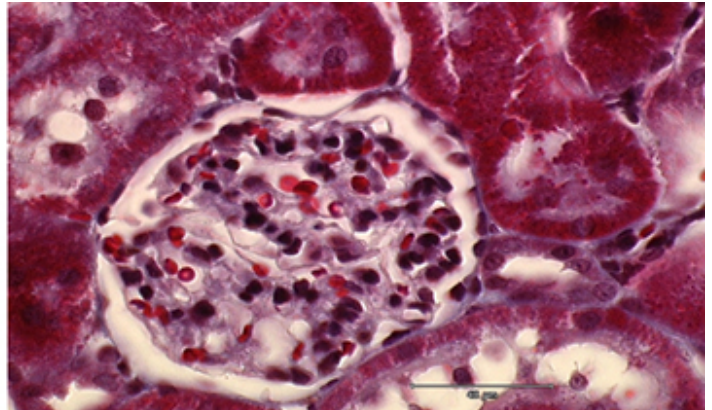
tuum-punane; tsütoplasma -kollane; kollageen-sinine punalibled-kollased

Resortsiin-fuksiin

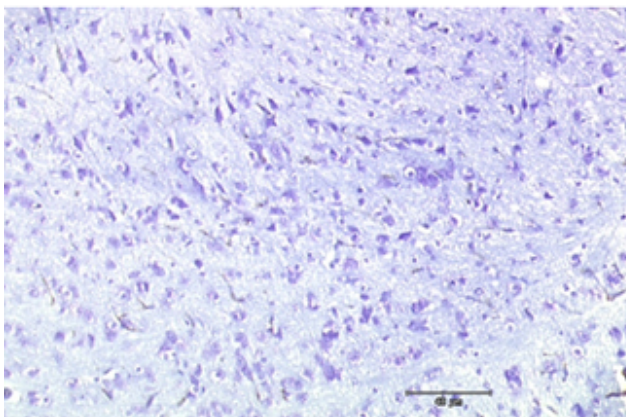
Karmiin-pikroindigokarmiin



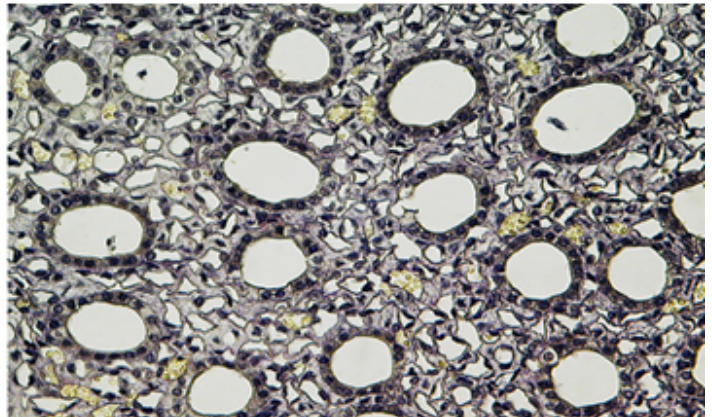
H&E



Masson Trichrome

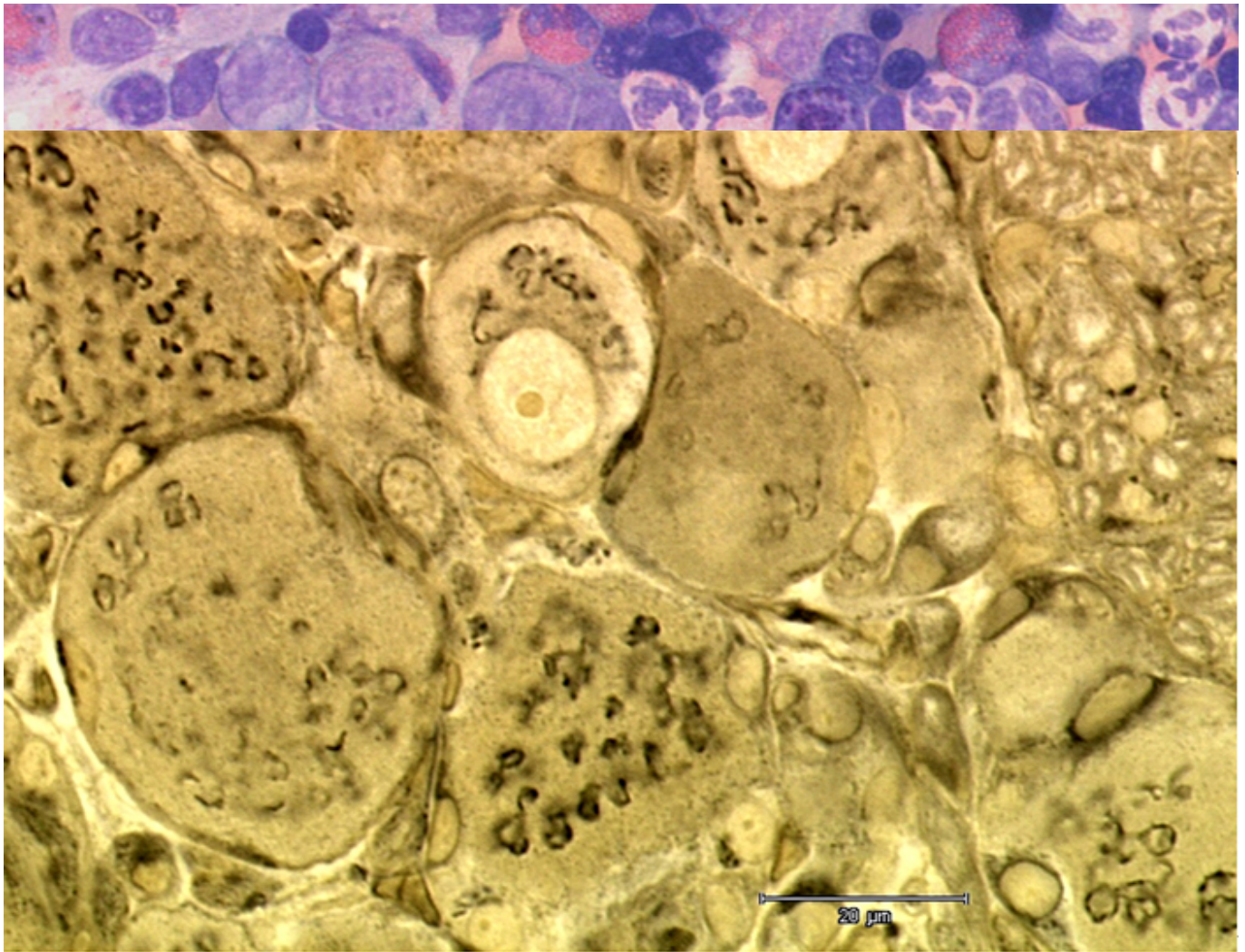


Tioniin

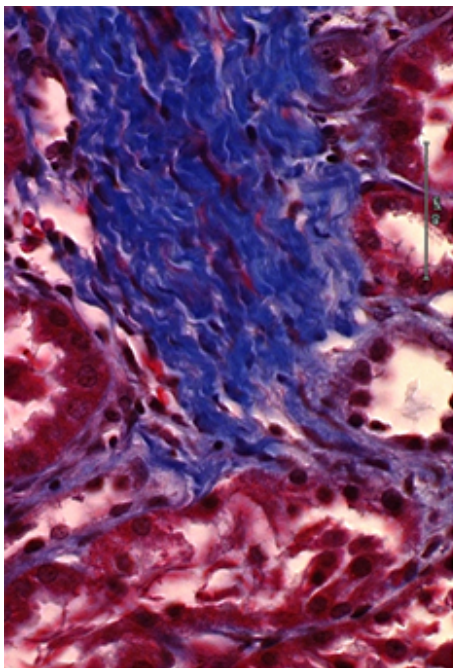


van Gieson

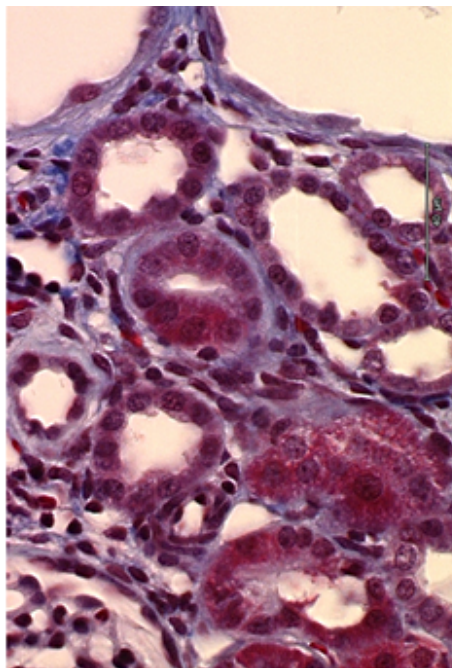
M. Aunapuu preparaadid



Osmeerimine (OsO_4) (M. Aunapuu preparaat)

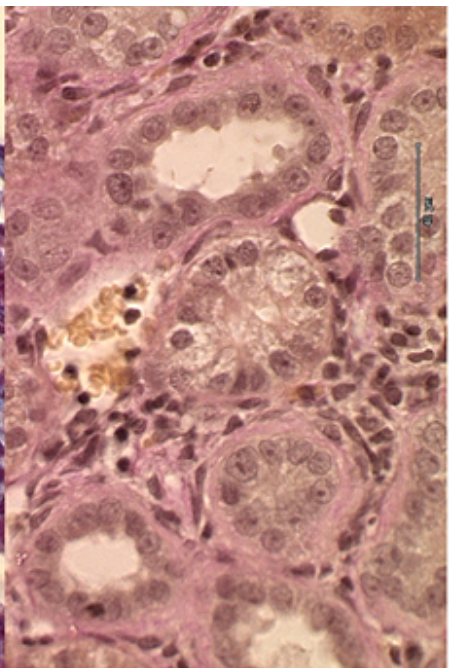


Masson Trichrome



Van Gieson

(M. Aunapuu preparaadid)

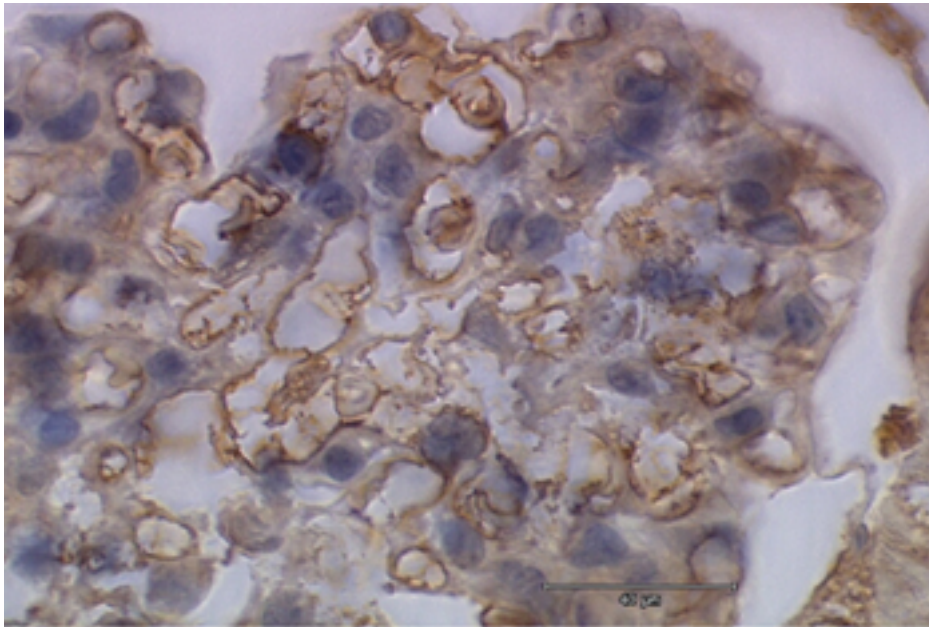


Immunohistokeemia

- Antigeen-antikeha reaktsiooni absoluutne spetsiifilisus annab võimaluse täpselt identifitseerida koekomponente.
- Tingimused IH uuringuks:
 - antigeeni säilimine koes
 - värvingu spetsiifilisus
 - iseloomulik antikeha
 - hea märgis

Antigeen-antikeha reaktsioonil põhineb IH antigeenide väljaselgitamine koes antikehade sidumise abil.

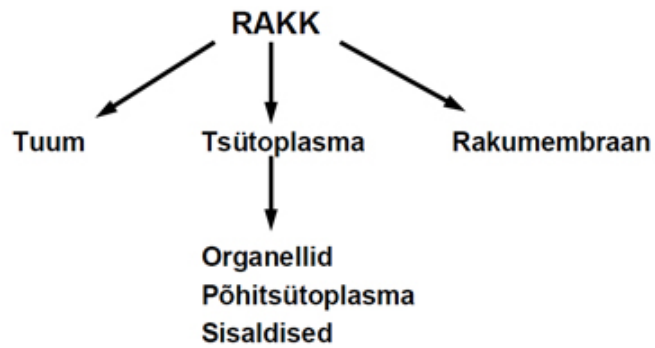
Kasutades otsest meetodit märgistame antikeha enne koostoimet antigeeniga.



Apoptoos (M. Aunapuu preparaat)

Tsütoloogia

Rakk (*kytos, cellula*) on organismi ehituslik ja talitluslik ühik. Õpetust rakust nimetatakse tsütoloogiaks. Enamik organisme on hulkraksed ja koosnevad paljudest rakkudest, mis erinevad kuju ja suuruse poolest. Rakk sisaldab tuuma, tsütoplasmat ja on piiritletud õhukese rakumembraaniga, mille moodustavad lipiidid ja valgud.



Üldorganellid

1. Membraansed organellid:

- a) Lamellooskompleks e. Golgi kompleks
- b) Mitokondrid
- c) Endoplasmaatiline retiikulum (tsütoplasmavõrgustik)
- d) Lüsoosomid ja peroksüsoomid

2. Mittemembraansed organellid (fibrillaarsed ja granulaarsed):

- a) Mikrofiibrillid ja mikrofilamendid
- b) Mikrotuubulid
- c) Tsentrosoom
- d) Ribosoomid ja polüribosoomid

Spetsiaalsed organellid

Tono- (epiteelkude), müo- (lihaskude) ja neurofiibrillid (närvikude).

Rakkude kuju ja suurus

Rakk (*kytos, cellula*) on organismi ehituslik ja talitluslik üksus. Enamik organisme on hulkraksed ja koosnevad paljudest rakkudest. Inimorganismis esinevad rakud täidavad erinevaid funktsioone ning varieeruvad oluliselt nii suuruse kui kuju poolest.

Rakkude suurus

Suurimaks rakuks on munarakk, mille läbimõõt on keskmiselt 150 µm. Kõik teised rakud on mahult väiksemad. Juuresoleval joonisel ongi munarakku kujutava ringi sisse joonistatud erinevaid rakutüüpe. Suuraju koostis koosneb hiidpüramiidrakkude perikaarüoni diameeter on kuni 120 µm. Pikad käävja kujuga silelihaskud võivad ulatuda 100-150 µm*, samas nende läbimõõt on märgatavalt väiksem. Teiselt poolt kõige väiksemate rakkude läbimõõt on 4 µm (näiteks aju sõmerrakud). Enamike rakkude suurus jääb siiski 10 ja 50 µm vahele. Sellise läbimõõduga on enamik epiteeli- ja sidekoerakkudest. Vere valgeliblede e leukotsüüdid jäävad läbimõõdult 10 µm piiridesse, olles sellest veidi suuremad või väiksemad sõltuvalt leukotsüütide alatüübist. Vere punaliblede e erütrotsüütide keskmine diameeter on 7,5 µm. Kuivõrd erütrotsüütide diameeter on suhteliselt konstantne ja neid võib leida väga paljudes preparaatides, siis on nad heaks orientiiriks teiste rakkude suuruse hindamisel. Rakkude suurus elu jooksul muutub; noores, kasvavas organismis on rakud suuremad, kui vanemaelistel inimestel.

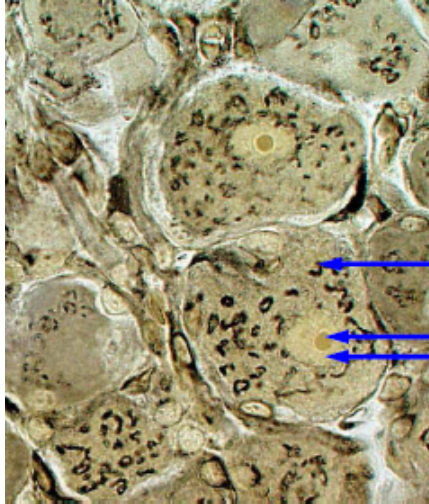
Rakkude kuju

Rakkude erinev kuju on tingitud peamiselt nende funktsionaalsest spetsialiseeritusest. Nii võimaldab närvirakkude haraline kuju oma pikkade jätketega kontakteeruda paljude rakkudega ja kanda impulsse üle pikkade vahemaade. Teatud juhtudel võib närvikiudude pikkus olla üle ühe meetri. Munarakk ja rasvarakud on korrapärase ümmarguse kujuga. Lihaskude väljavenitatud kuju on kohastunud võimalikult efektiivselt kokkutõmbumiseks. Erütrotsüütide kaksiknõgus kuju tagab suure gaasivahetuspinna ja võimaldab neil kergemini deformeeruda peenikeste kapillaaride läbimisel. Epiteelirakud võivad olla lameda, kuubilise või prismaatilise kujuga sõltuvalt ülesandest, mida nad peavad täitma. Epiteelirakkude apikaalne pind võib olla kaetud mikrohattudest moodustunud äärisega, mis suurendab epiteeliraku imendumispinda kümneid kordi. Need eespool toodud näited kinnitavad selge seose olemasolu rakkude kuju ja funktsiooni vahel.

* Rasedusaegses emakas võib hüpertrofeerunud silelihaskude pikkus olla isegi kuni 500 µm.

Rakuorganellid

Golgi kompleks



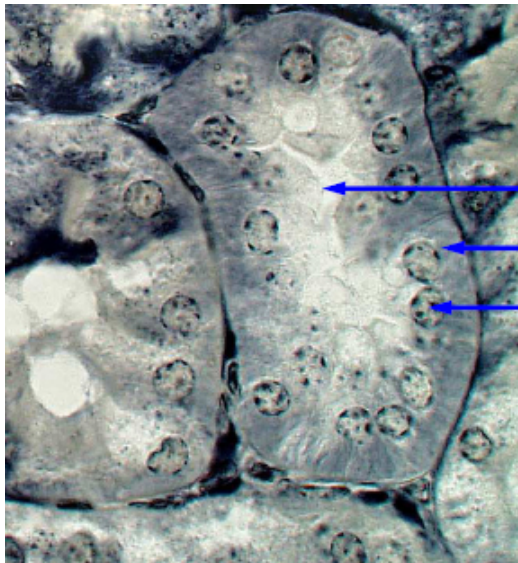
Golgi kompleks e. lamellooskompleks

Tuumake
Rakutuum

Golgi kompleks spinaalganglioni rakkudes. Osmeeritud Kolatšovi järgi

Ümarates ja suurtes närvirakkudes on nähtav **rakutuum**, milles eristame **tuumakest**. **Golgi kompleks e. lamellooskompleks** asub tuuma ümber ja on eristatav peenesilmalise musta võrguna. Elektronmikroskoobis on näha, et Golgi kompleksi moodustavad üksteisele liibuvad tsisternid e. kotikesed ja põiekesed.

Mitokonder



Tuubuli valendik

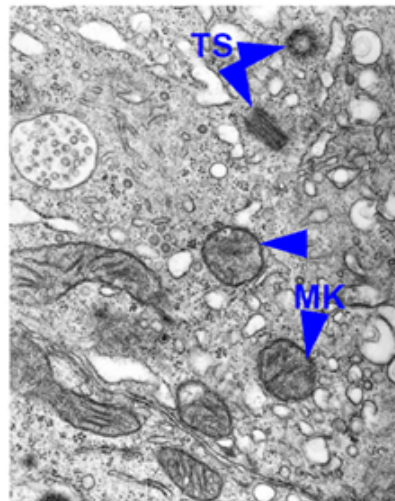
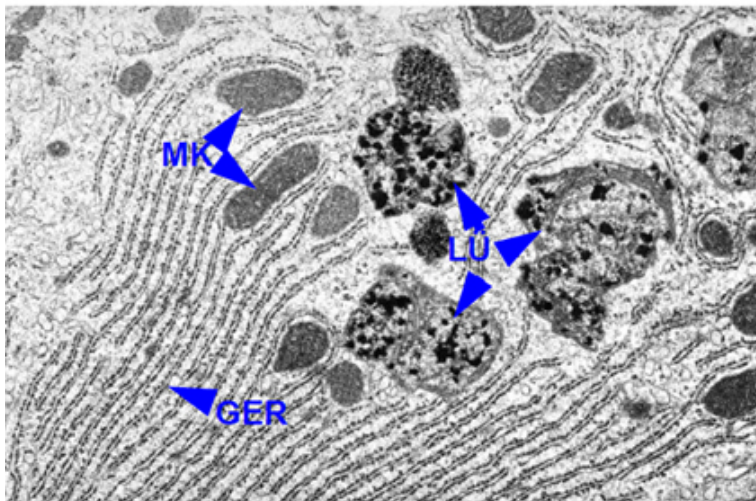
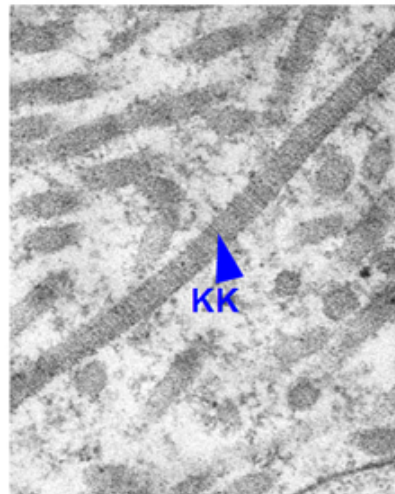
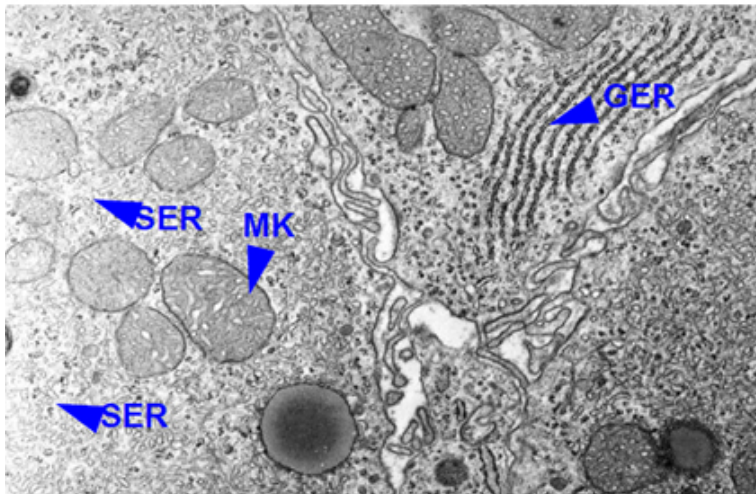
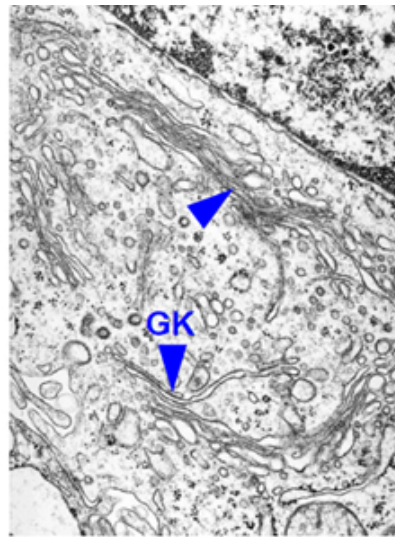
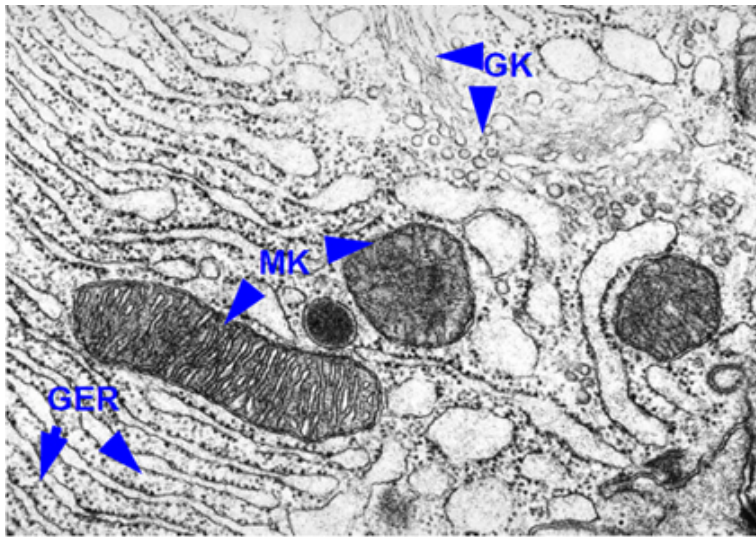
Basaalne jutilisus (mitokondrid)

Rakutuum

Mitokondrid neeru proksimaalsetes tuubulites. Heidenhaini raudhematoksülin.

Nõrgal suurendusel otsime preparaadis **neeru nefroni proksimaalseid tuubuleid**. Tugeval suurendusel uurime tuubuli rakkudes asuvaid mitokondreid. Valgusmikroskoobis on **mitokondrid** nähtavad ümarate või pulgakese kujuliste moodustistena. Tuubulite rakkude apikaalses osas näeme ümaraid, eraldi asuvaid mitokondreid. Tuubulite rakkude basaalses osas asuvad pulgakese kujulised mitokondrid lühikeste ridadena, moodustades **basaalse jutilisuse**.

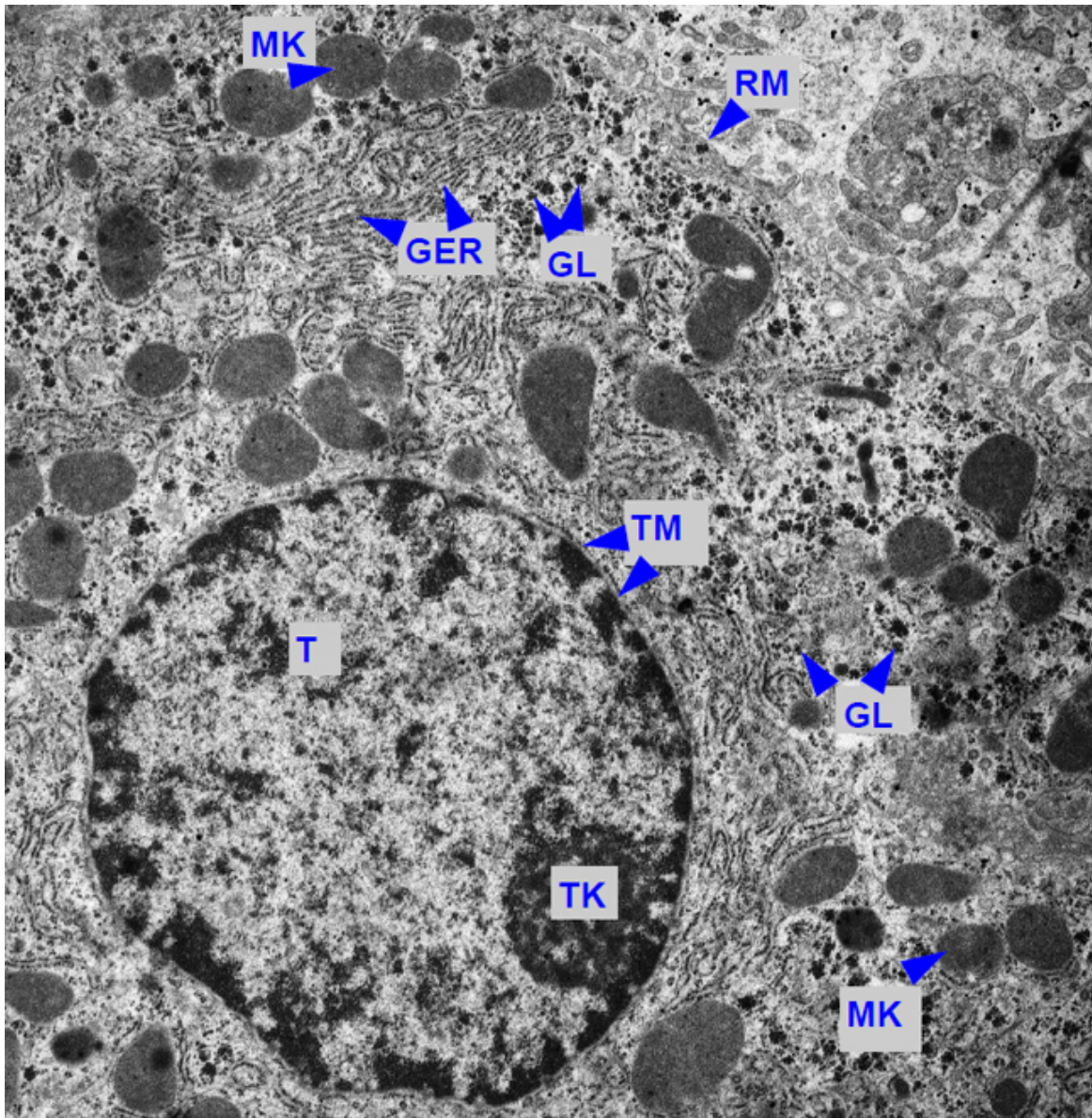
Rakuorganellid fotodel



GER–granulaarne endoplasmaatiline retiikulum
 SER–agranulaarne endoplasmaatiline retiikulum
 KK–kollageensed kiud
 GK– Golgi kompleks

MK–mitokonder
 LÜ–lüsosoos
 TS–tsentrioolid

Maksaraku ultrastruktuur



RM- rakumembraan

GL-glükogeen

MK-mitokonder

GER-granulaarne endoplasmaatiline retiikulum

T-tuum

TM-tuuma sise- ja välismembraan

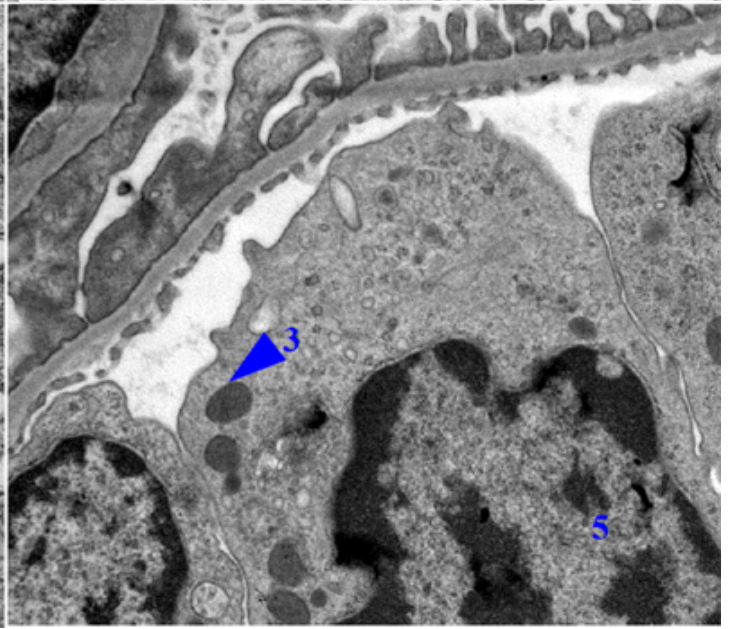
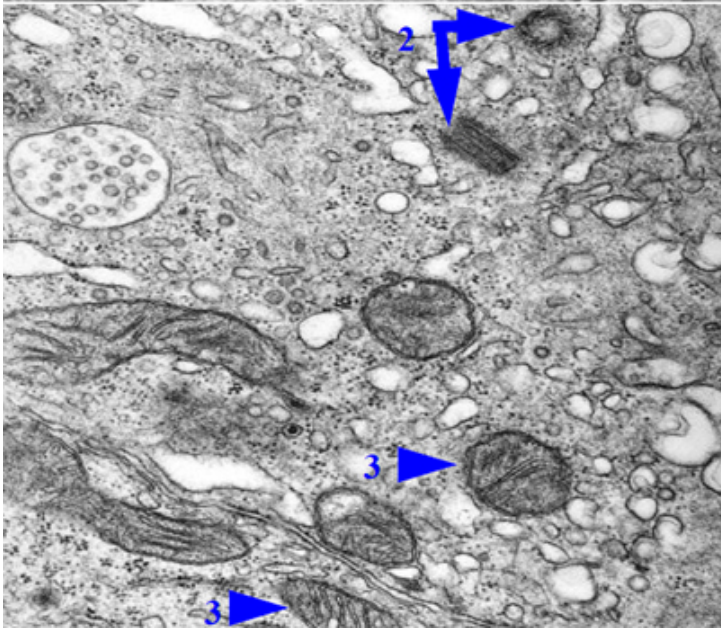
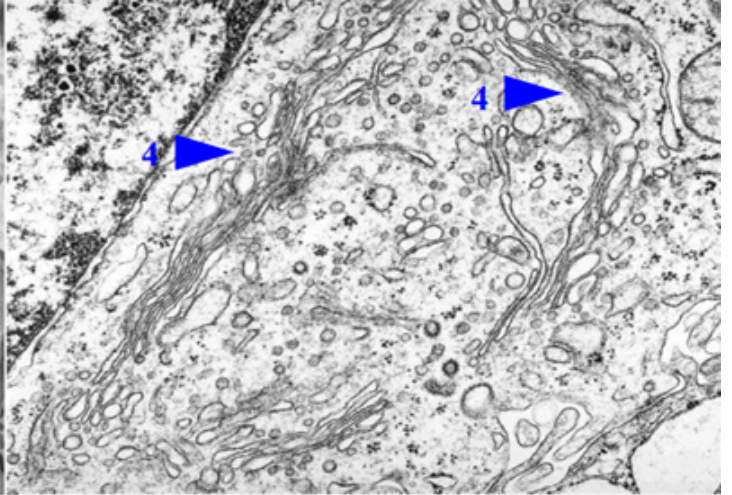
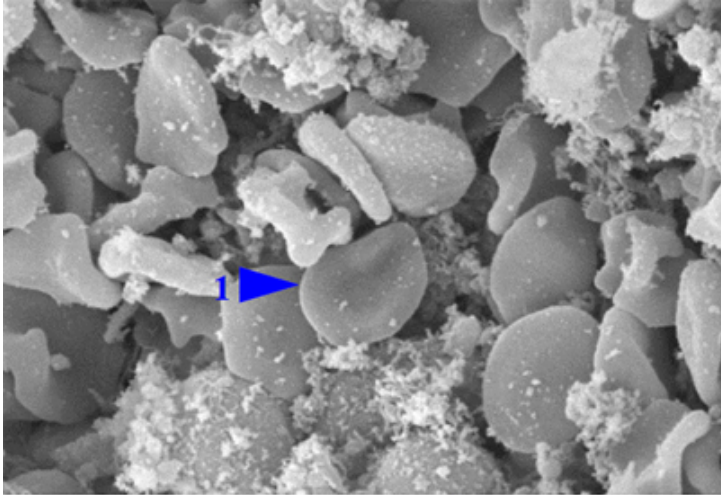
TK-tuumake

Enesekontroll

Mida tähistavad numbrid järgmistel joonistel? Lohista õige nimetus vastava numbriga juurde.

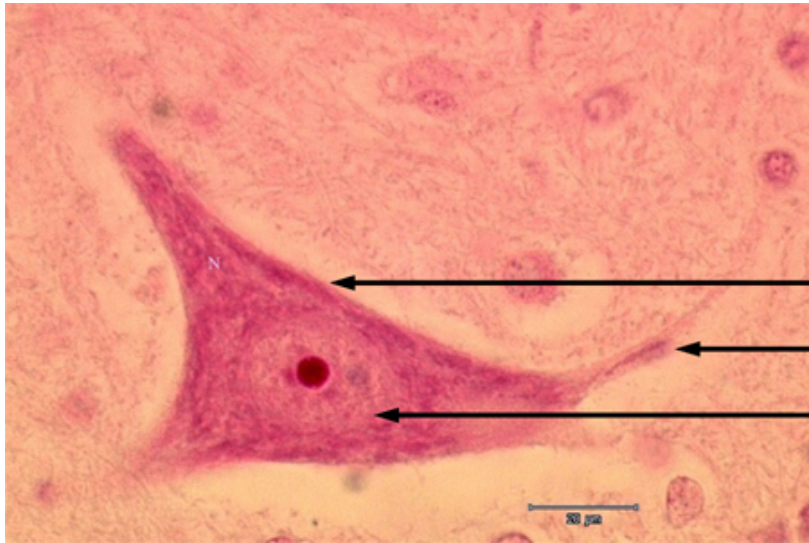
- 1
- 2

- Alusta uuesti
- rakutuum
- tuumake



Närvirakud

Närvirakud on erilised seetõttu, et sisaldavad rakukehast eemalduvaid jätkeid. Närviraku keha e perikaarion on suur, ebakorrapärase kujuga. Rakukeha keskel paikneb suur ümar tuum. Tuumas on reeglina selgelt eristatav ümar tuumake. Mitmete jätketega närvirakke nimetatakse multipolaarseteks närvirakkudeks.



Rakukeha

Jätked

Rakutuum ja tuumake

Multipolaarne närvirakk (Karmiin)

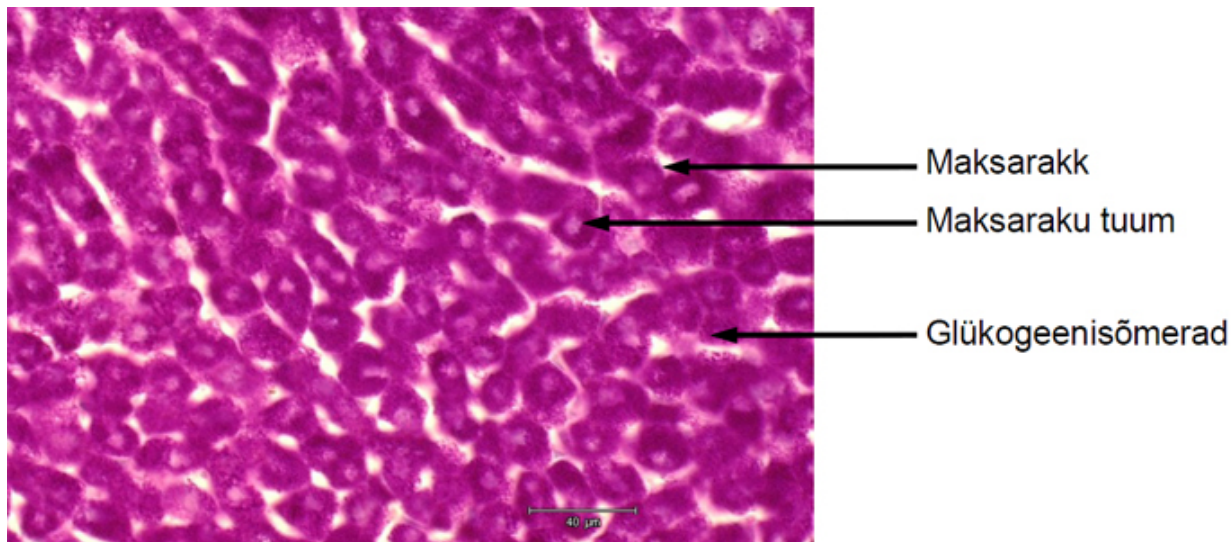
Rakusisaldised ehk inklusioonid

Rakusisaldisteks ehk inklusioonideks nimetatakse raku tsütoplasmas esinevaid aineid, millised ei ole tingimata vajalikud raku elutegevuseks. Rakusisaldiste hulk ja vahekord raku on muutuv.

Inklusioonid jagunevad:

1. **Troofilisteks** (glükogeen või rasv)
2. **Sekretoorseteks** (tegivad sekreeti valmistavates rakkudes)
3. **Ekskretoorseteks** (rakule mittevajalikud ained, millised kuuluvad rakust väljutamisele)
4. **Pigmentinklusioonideks** (looduslikult värvilised ühendid raku)

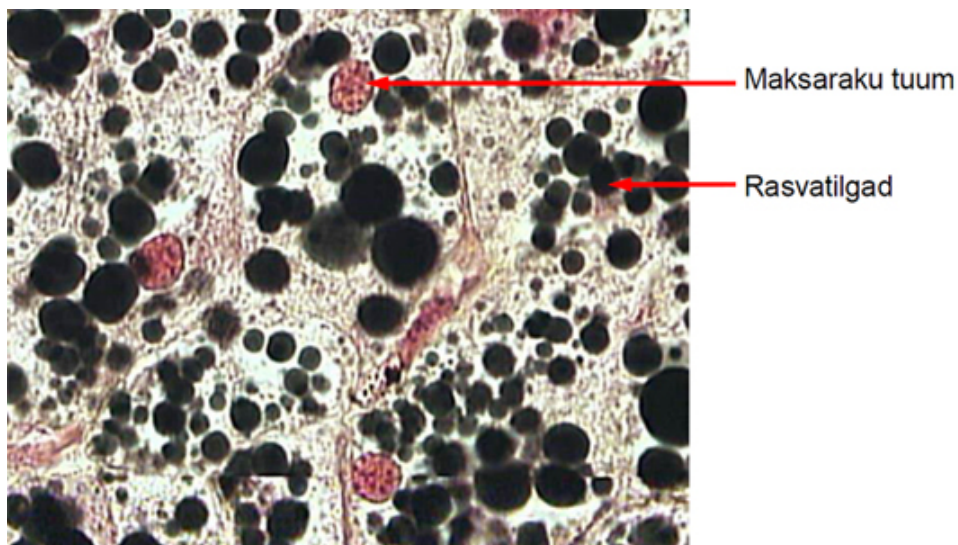
Glükogeen



Glükogeen maksarakkudes. Histokeemiline PAS-reaktsioon.

Polüsahhariid glükogeen kuulub troofiliste inklusioonide hulka ja tema peamiseks varupaigaks on maks. Vaatame tugeval suurendusel hulknurkset maksarakku. Raku **tuum** on ümar ja hele. Raku tsütoplasmas paiknevad lillakaspunased **glükogeenisõmerad**. Fikseerimise tagajärjel on sõmerad koondunud raku ühte serva, mis on tingitud veevaba fiksaatori kasutamisest. Elupuhuselt on glükogeen maksarakkude tsütoplasmas jaotunud ühtlaselt.

Rasvasisaldised

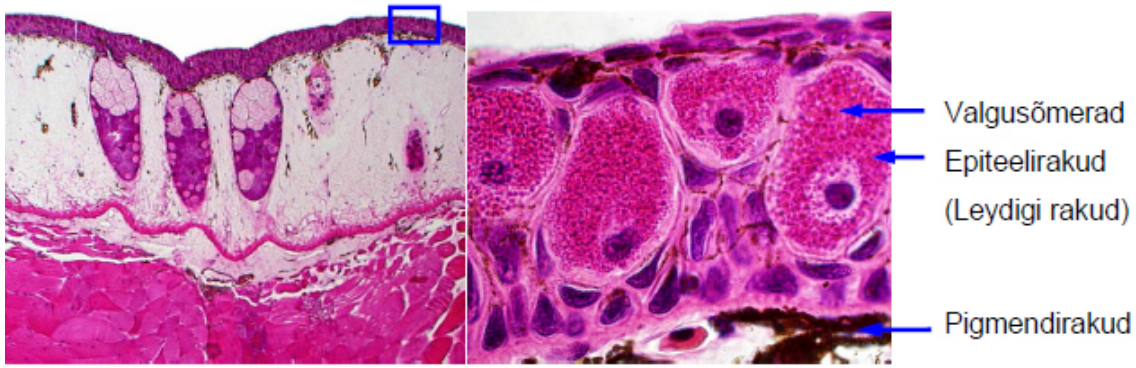


Rasvasisaldised maksarakkudes. Fikseeritud osmiumtetroksiidiga. Tuumad värvitud safraniiniga.

Rasv on ladestunud maksarakus mustaks värvunud erineva suurusega rasvatilgakeste näol. Osmiumtetroksiid ladestub **rasvatilgakestele** ja värvib nad mustaks. Tavalistes preparaatides on rasvarakud nähtavad seest tühjade, ümarate struktuuridena.

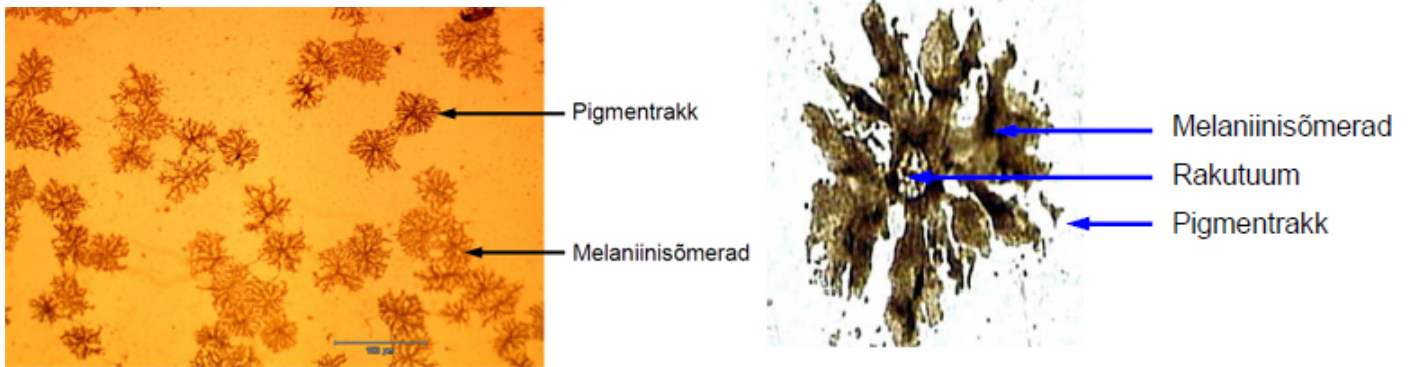
Valgusisaldised

Valgusõmeraid näeme rakkudes harvem. Preparaat on valmistatud aksolotli naha epiteelist, sellest tuleb leida üles suured rakud - **Leydigi rakud**. Nende rakkude tsütoplasma sisaldab hulgaliselt eosiiniga punaseks värvunud **valgusõmeraid**. Preparaadis uuritud valgusõmerad on ühtlasi ka sekretoorsed inklusioonid. Preparaadis näeme ka **pigmentirakke**.



Valgusisaldised aksotli* naha epiteelirakkudes (H&E).
*Sabakonnaliste seltsi kuuluv tõmpsuulaste vastne.

Pigment



Pigment. Värvimata totaalpreparaat kiisa seljauimest.

Pigmentide hulka kuuluvad need sisaldised, mis omavad juba elupuhuselt värvi. Selleks, et näha rakus esinevat pigmenti, ei ole vaja rakku värvida. Nõrgal suurendusel on preparaadis nähtavad heleda tuumaga suured haralised **pigmentrakud**. Tugeval suurendusel näeme, et pigmentrakkude tsütoplasma sisaldab tumedaid **melaniinisõmeraid**.



Koed

Rakud ja nende poolt toodetud rakkudevaheline aine moodustavad ehituse ja talitluse sarnasuse alusel kudesid. Morfoloogilis-funktsionaalse klassifikatsiooni alusel jaotatakse koed neljaks suureks rühmaks:

1. Epiteelkoed
2. Sidekoed
3. Lihaskoed
4. Närvikoed

Epiteelkoed jagunevad katteepiteeliks ja näärmeepiteeliks. Katteepiteelil on piiritlev funktsioon kattes keha pinda ja vooderdes organite valendikke. Näärmeepiteel koosneb sekretsioonile spetsialiseerunud epiteelirakkudest, mis moodustavad näärmete talitlust kandva osa (sekretoorsed lõpposad). Epiteelkudesid iseloomustab rakkude tihe paigutus ja rakkudevahelise aine vähesus.

Sidekoed on ulatuslik kudede rühm, kuhu kuuluvad mitmed kudede alaliigid, mida kõiki iseloomustab rakkude hajutatus rohkes rakkudevahelises aines, kus reeglina esinevad ka sidekoe kiud. Sidekudede alla kuuluvad troofilise funktsiooniga koed: veri ja lümf, sültjas sidekude, retikulaarne sidekude, rasvkude ja kohev sidekude ning põhiliselt toetusfunktsiooniga koed: tihe sidekude, kõhrkude ja luukude. Teine enamlevinud laotus sidukdude alaliikide osas on: veri ja lümf; sidekude kitsamas mõttes, kuhu omakorda kuuluvad kiudsidekoed (kohev ja tihe sidekude) ning eriomadustega sidekoed (sültjas sidekude, retikulaarne sidekude, rasvkude); kõhr- ja luukude.

Lihaskoed on liikumisfunktsiooni kandjateks olles ehitunud kontraktiilseid fibrille sisaldavatest kiudjatest rakkudest. Lihaskudede hulka kuuluvad: silelihaskude, skeletilihaskude ja südamelihaskude.

Närvikoe moodustavad väga eriilmelised rakud, mida iseloomustab erutumusvõime ja võime impulsse edasi kanda (erutusjuhtumus). Närvikude koosneb erutumus- ja erutusjutimisvõimelistest neuronitest ja neid toetavatest ja abistavatest, kuid erutusvõimeta neuroglia rakkudest.

Kokkuvõtlikult on põhikudede alaliigid toodud alljäärnevas tabelis:

<i>Kudede põhitüüp</i>	<i>Alaliigid</i>
Epiteelkoed	Katteepiteel ja näärmeepiteel
Sidekoed	Veri ja lümf Sidekude kitsamas mõttes - Kiudsidekude (kohev ja tihe sidekude) - Eriomadustega sidekude (sültjas sidekude, retikulaarne sidekude, rasvkude) Kõhrkude (hüaliinne, elastne ja fibroosne kõhrkude) Luukude (lamellaarne ja põimikluukude)
Lihaskoed	Silelihaskude, skeletilihaskude ja südamelihaskude
Närvikoed	Närvikude kitsamas mõttes ja neuroglia

Teine võimalus kudesid jaotada on nende arengulise sarnasuse alusel lähtudes nendest embrüonaalsetest algetest, kust erinevad koerühmad moodustuvad (nn geneetiline klassifikatsioon). Sellest lähenemisviisist on natuke lähemalt juttu kursuse embrüoloogia osas.

Peab ütlema, et "puhtal" kujul kudesid praktiliselt ei eksisteeri ja organismis on koed omavahel teatud määral alati läbi põimunud. Näiteks müokardi moodustavas südamelihaskoes leidub ka side- ja närvikoe komponente.

Üldiseloostus

Epiteelkude jaotub katteepiteeliks ja näärmeepiteeliks. Katte- e pinnaepiteel (*Epithelium superficiale*) on piiritlev kude, mis katab keha, vooderdab kehaõõnsusi ja tubulaarseid struktuure (veresooneid, viimajuhad jne). Näärmeepiteel (*Epithelium glandulare*) koosneb sekretsioonile spetsialiseerunud epiteelirakkudest, mis moodustavad näärmete sekretoorseid lõpposaid. Epiteelkoele on iseloomulik rakkudevahelise aine vähesus, mistõttu epiteelirakud on omavahel tihedas kontaktis ja neid seovad tihti erinevad rakuliidused e – kontaktid. Epiteelkoes on avaskulaarsed, epiteelis veresooni ei esine, ja hapnik, toitained ning metaboliidid peavad difundeeruma rakkudeni epiteelialuse sidekoe kapillaaridest. Reeglina jääb epiteelirakkude alla õhuke valgusmikroskoobis homogeenne basaalmembraan. Ultrastruktuursete uuringute alusel jaotub basaalmembraan basaal- ja retikulaarkihiks. Basaalkiht sisaldab kollageen IV, proteoglükaane, laminiini, fibronektiini ja teisi glükoproteiine ning retikulaarkiht koosneb kollageen III moodustunud retikulaarkiududest. Epiteelirakke iseloomustab ka polaarne diferents – rakkude apikaalne, lateraalne ja basaalne osa on erineva struktuuriga. Epiteelirakkude apikaalne pind on suunatud keha välispinnale või mõne organi valendikku ja võib olla kaetud spetsiaalsete struktuuridega nagu mikrohatud, ripsmed ja stereotsillid. Lateraalne pind seostub naaberrakkudega ja seda ala iseloomustab spetsiaalsete rakuliiduste esinemine. Basaalne osa toetub basaalmembraanile, mille kaudu epiteel kinnitub allasetsevale sidekoele.

Katteepiteel jaguneb ühekihiliseks ja mitmekihiliseks epiteeliks sõltuvalt rakukihtide arvust.

Ühekihilised epiteelid jagunevad omakorda sõltuvalt rakkude kujust järgnevalt:

- a) ühekihiline lameepiteel;
- b) ühekihiline kuupepiteel;
- c) ühekihiline prismaatiline epiteel;
- d) mitmerealine epiteel.

Mitmekihilised epiteelid jagunevad sõltuvalt pindmise kihi rakkude kujust:

- a) mitmekihiline lameepiteel (sarvestunud või mittesarvestunud);
- b) mitmekihiline prismaatiline epiteel;
- c) siirdeepiteel e transitoorne epiteel.

Ühekihilise epiteeli korral kontakteeruvad kõik rakud basaalmembraaniga, mitmekihilise epiteeli korral teevad seda ainult basaalkihi rakud. Seega mitmekihilise epiteeli korral toetuvad basaalmembraanile basaalkihi rakud, nende peal omakorda asetsevad juba järgnevad rakukihid.

Ühekihilised epiteelid

Ühekihiline lameepiteel *Epithelium simplex squamosum*

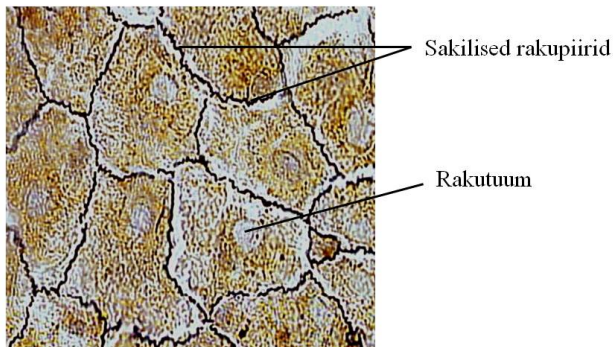
Üks kiht väga lamedaid rakke, mida hoiavad koos interdigitatsioonid ja kontaktkompleksid. Tegemist on sageliesineva epiteelitüübiga, mille laiatlevinud alavariantidel on spetsiifilised nimetused: veresoonte sisepinda katvat ühekihilist lameepiteeli nimetatakse endoteeliks, rinna- ja kõhuõõnt vooderdavat ning neis õõntes paiknevate organite välispinda katvat ühekihilist lameepiteeli aga mesoteeliks.

Endoteel vooderdab kõikide veresoonte, aga ka südamekambrite ja -vatsakeste sisepinda. Endoteelirakud moodustavad veresoonte sisebarjääri, mis reguleerib ainte transporti, takistab trombite moodustumist ja osaleb leukotsüütide diapedeesis (leukotsüütide seostumine endoteelireseptoritega järgneva läbiminekuuga veresoontest).

Mesoteel on väga õhuke epiteel, mille ülesandeks on tagada sile välispind rinna- ja kõhuõõntes olevatele organitele vältimaks hõõrdumist. Mesoteelirakud toodavad vähesel hulgal perikardiaal-, pleuraal- ja abdominaalõõnde suunatud vedelikku, samas on mesoteelirakud võimelised ka vedelikku resorbeerima.

Mesoteel

Hõbetatud



Ühekihilist lameepiteeli esineb ka mujal – näiteks kopsualveoolide epiteelis, silma sarvkesta e kornea tagaepiteelis, neerukehakeste kapsli parietaalses lestmis jms.

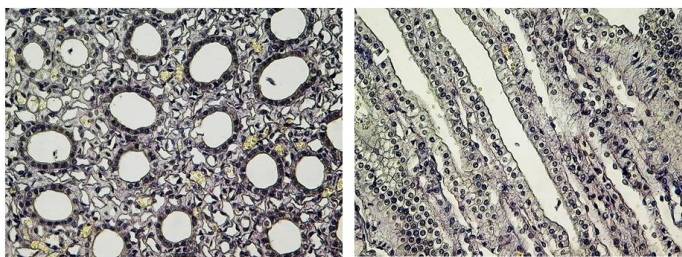
Ühekihiline kuupepiteel *Epithelium simplex cuboideum*

Üks kiht kuubiilisi rakke, kus rakkude kõrguse, sügavuse ja laiuse mõõdud on sarnased. Tuumad on ümarad ja paiknevad raku keskel. Rakkude apikaalsel pinnal võivad esineda mikrohatte või ripsmeid.

Ühekihiline kuupepiteel vooderdab näärmete väiksemaid viimajuhasid ja osaliselt neerutuubuleid (nefronite proksimaal- ja distaalosad), katab munasarjade pinda, moodustab reetina pigmentepiteeli jne.

Ühekihiline kuupepiteel neerutuubulites

van Gieson



Tuubulid ristlõikes

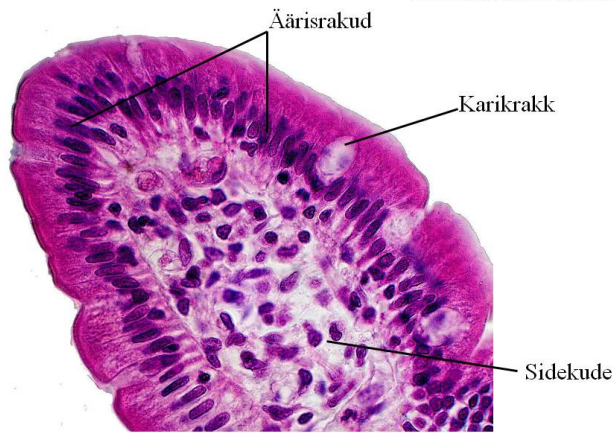
Tuubulid pikilõikes

Ühekihiline prismaatiline epiteel *Epithelium simplex columnare*

Üks kiht prismaatilisi rakke, kus rakkude kõrgusmõõde on selgelt suurem rakkude laiuusest. Tuumad on ovaalsed, rakkude apikaalsel pinnal võivad esineda mikrohatud või ripsmed. Ühekihiline prismaatiline epiteel võib koosneda erinevatest rakkudest, näiteks võib epiteelis esineda mikrohattudega varustatud äärisrakkude vahel limatootvaid karikrakke või ripsmetega varustatud rakud vahelduvad ripsmeteta rakkudega. Ühekihiline prismaatiline epiteel vooderdab suuremat osa seedetrakti (maost anaalkanalini), katab munajuhade sisepinda jne.

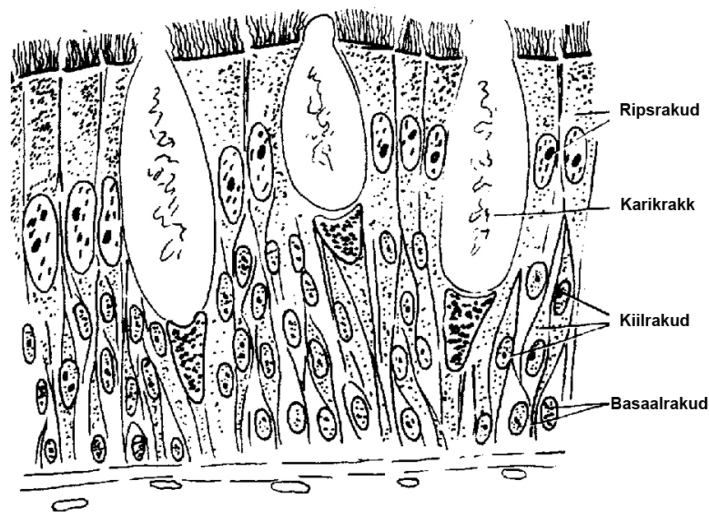
Ühekihiline prismaatiline epiteel peensoole hattudel

Hematoküliin-eosin



Mitmerealine epiteel *Epithelium pseudostratificatum*

Mitmerealine epiteel kuulub ühekihiliste epiteelide alla, sest kõik rakud toetuvad basaalmembraanile. Samas mitte kõikide rakkude apikaalne osa ei ulatu epiteeli vabale pinnale, mistõttu rakutuomad jäävad erinevatele kõrgustele ja põhjustavad mitmerealise fenomeni. Mitmerealine epiteel esineb hingamisteedes (ninaõõs, trahhea, bronhid), kus epiteel koosneb erinevatest rakutüüpidest. Kõige arvukamad on sihvakad aktiivselt liikuvate ripsmetega varustatud ripsrakud, samuti ulatuvad epiteeli vabale pinnale välja ka limatootvad karikrakud. Osa rakke on aga madalamad ja ei ulatu epiteeli pinnale nagu basaalrakud ja diferentseerumisprotsessis olevad kiilrakud (vaherakud), mis on surutud ripsrakkude vahele. Hingamisteede mitmerealises ripspiteelis esineb veel ka madalaid endokriinrakke ja bronhiolides kuplitaolise apikaalse osaga valendikku ulatuvaid ja pindaktiivseid aineid tootvaid Clara rakke.



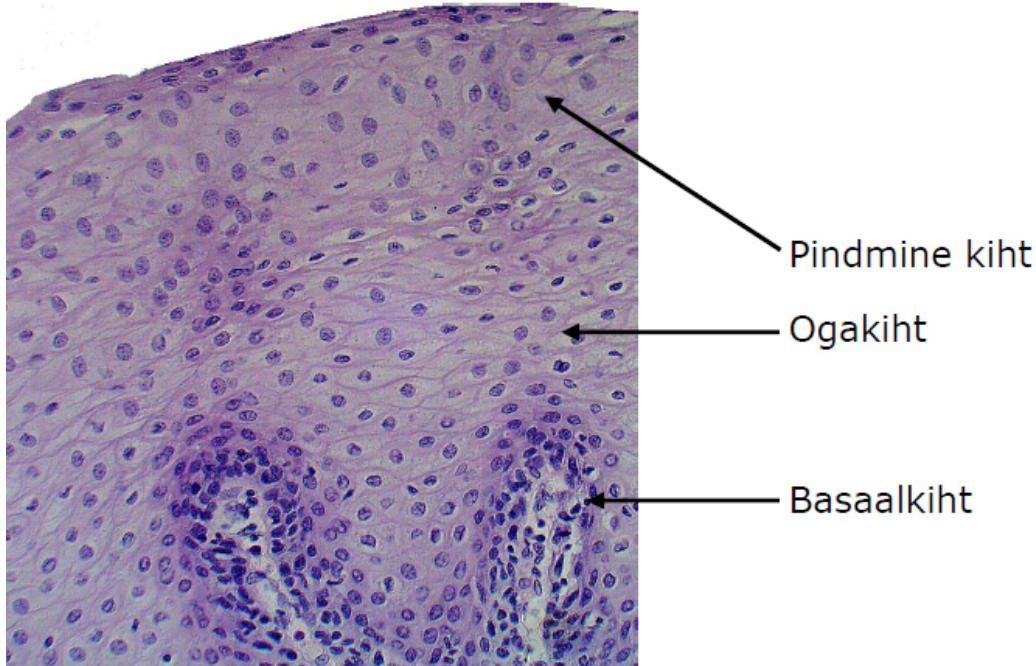
Omalaadne mitmerealine epiteel vooderdab munandimanuse- ja seemnejuha, kus sihvakate ülipikkade mikrohattudega (stereotsiliad) varustatud põhirakkude vahel paiknevad madalad basaalrakud.

Mitmekihilised epiteelid

Mitmekihiline sarvestumata lameepiteel *Epithelium stratificatum squamosum non cornificatum*

Koosneb mitmest rakukihist, kus ainult basaalkihi rakud kontakteeruvad basaalmembraaniga ja järgnevad rakukihid paiknevad ülestikku üksteise peal. Mitmekihilises sarvestumata lameepiteelis eristatakse kolme kihti: basaalkiht (*stratum basale*), ogakiht (*stratum spinosum*) ja pindmine kiht (*stratum superficiale*). Basaalkiht koosneb ühest kihist basaalmembraanile toetuvatest prismaatilistest rakkudest. Ogakihi polügonaalised rakud paiknevad mitme reana basaalkihi peal ja rakkude vahel ilmnevad valgusmikroskoobi omapärased "ogakesed" (siit ka selle kihi nimi), mis ultrastruktuursete uuringute alusel on rakukontaktide aladeks (desmosoomid). Pindmise kihi moodustavad mitu rida lamedaid rakke, kus on nähtavad rakutuomad ja tsütoplasmas on vähe keratiini (siit epiteeli nimetus – mitmekihiline sarvestumata lameepiteel).

Mitmekihiline sarvestumata lameepiteel katab silma sarvkesta e kornea eespinna, vooderdab seedetrakti algus- (suoõõs, söögitoru) ja lõpuosa (anaalkanal) ning tuppe.

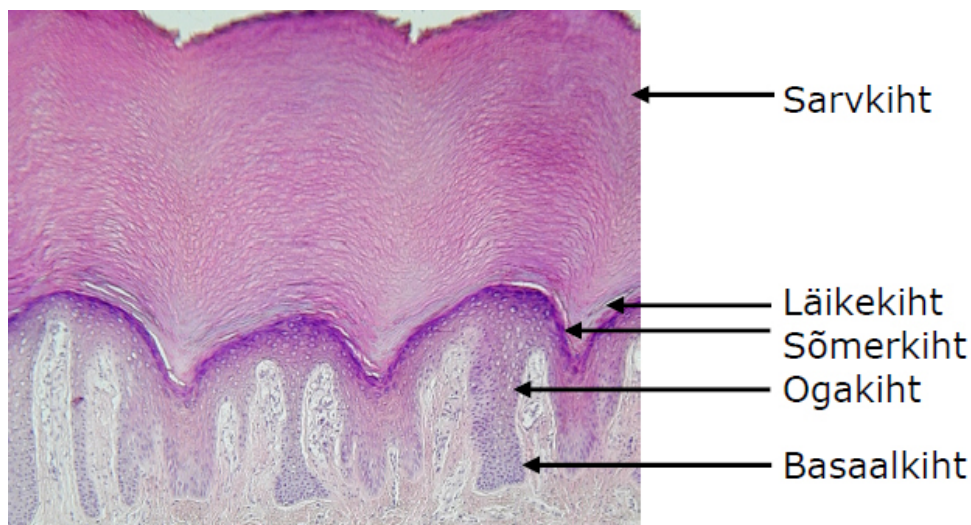


Mitmekihiline sarvestumata lameepiteel (H&E)

Mitmekihiline sarvestunud lameepiteel e epidermis *Epithelium stratificatum squamosum cornificatum*

Mitmekihiliseks sarvestunud lameepiteeliks on keha pinda kattev epidermis. Epidermise alumisteks kihtideks on analoogselt mitmekihilise sarvestumata lameepiteeliga basaal- ja ogakiht, kuid antud epiteeli erinevuseks on, et basaalkihist kõrgemal hakkavad rakud sarvestuma ja muutuvad lõpuks sarvliistakuteks. Epidermises eristatakse kuni viit kihti: basaalkiht (*stratum basale*), ogakiht (*stratum spinosum*), sõmerkiht (*stratum granulosum*), läikekiht (*stratum lucidum*) ja sarvkiht (*stratum corneum*). Maksimaalsed viis kihti esinevad nn paksu naha epidermises (peopesad ja jalatallad), mujal nn õhukeses nahas on epidermis õhem ja koosneb 4 kihist (puudub läikekiht ja sarvkiht on oluliselt õhem). Epidermise sõmerkihis esinevad keratohüaliini sõmerad (siit ka kihi nimetus), mis sisaldavad tsüsteiini- ja histidiinirikkaid valke, mis on olulised keratiinifilamentide agregatsioonil sarvkihi rakkudes. Sarvkihis on lamestunud rakud kaotanud tuuma ja organellid ning sisaldavad ainult keratiinifilamente. Läikekiht esineb ainult peopesade ja jalatallade epidermises, valgusmikroskoobis on see kiht tugevalt valgustumurdev ja võib halvasti värvuda. Selle kihi rakkudes on sarvestumisprotsess kaugemale arenenud, tuum ja organellid on hävimas tsütoplasma täitumisel keratiiniga.

Peale tavaliste epiteelirakkude (keratinotsüütide) on epidermises leida pigment melaniini tootvaid melanotsüüte, immuunsüsteemi kuuluvaid Langerhansi rakke ja Merkeli kompimiskehakesi.

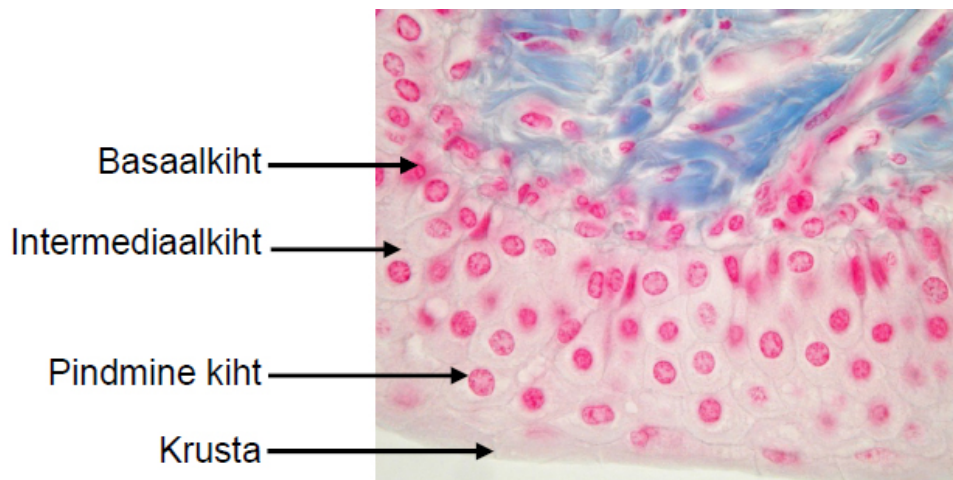


*Epidermis (H&E)***Mitmekihiline prismaatiline epiteel** *Epithelium stratificatum columnare*

Mitmekihiline epiteel, kus pindmise kihi rakud on selgelt kõrgemad (kõrgprismaatilised, mõnel juhul ka madalprismaatilised või kuubilised) kui alumiste kihtide rakud. Suhteliselt haruldane epiteeli tüüp täiskasvanutel: konjunktivaalvõlvi epiteel, higinäärmete viimajuha epiteel, osalt nais- ja meesureetra epiteel.

Transitoorne epiteel *Epithelium transitionale*

Mitmekihiline epiteel, mis tüüpiliselt esineb kuseteedes: vooderdab neeruvaagnat, ureeterit, kusepõit ja mees- ning naisureetra algusosa. Epiteeli iseärasuseks on rakukihtide arvu varieeruvus sõltuvalt organi seinu väljavenitatusest (siit ka nimetus: transitoorne e siirdeepiteel). Transitoorne epiteelis eristatakse basaalkihti (*stratum basale*), vahekihti (*stratum intermedium*) ja pindmist kihti (*stratum superficiale*). Basaalkiht, mis koosneb suhteliselt väikestest rakkudest toetub basaalmembraanile. Vahekiht koosneb suurematest rakkudest, millel apikaalne pind on kumer, basaalne osa tungib aga kiiluna allasetsevate rakkude vahele. Pindmise kihi rakud on veelgi suuremad ja nende tuumad on orienteeritud paralleelselt epiteeli vaba pinnaga, rakkude pinda katab intensiivsemalt värvuv tsütoplasma riba – krusta. Pindmise kihi rakkude kuju sõltub sellest kas organi sein on väljavenitatud või mitte – esimesel juhul on rakud suhteliselt lamedad, teisel juhul võlvuvad kuplitaoliselt valendikku. Väljavenitatuse korral muutub epiteel tervikuna õhemaks, rakukihid lamestuvad, kuid epiteel jääb ikkagi mitmekihiliseks (tavapärase nelja kuni kuue rakukihiga asemel võib eristada kolme rakukihti).



Transitoorne epiteel (Karmiin-pikroindigokarmiin)

Näärmeepiteel

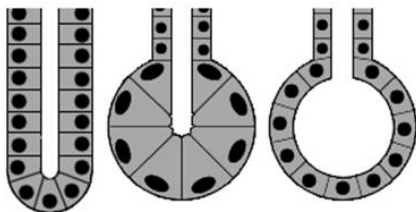
Näärmeepiteel koosneb sekretsioonile spetsialiseerunud rakkudest, mis moodustavad näärmete talitlust kandva osa. Näärmeid jaotatakse mitmete kriteeriumite alusel. Sõltuvalt viimajuhade olemasolust või nende puudumisest jaotatakse näärmed eksokriinseteks ja endokriinseteks näärmeteks. Eksokriinsete e välissekretoorseid näärmed omavad viimajuha, mis suunavad sekreedi organi vabale pinnale. Endokriinsetel e sisesekretoorsel näärmetel viimajuhad puuduvad ja sekreet (hormoonid) suunatakse verekapillaaridesse. Endokriinseteks näärmeteks on hüpofüüs, kilpnääre, kõrvakilpnäärmed, neerupealis, pankrease saarekesed (Langerhansi saarekesed), hormoone toodavad veel munasarjad (ovariaalfollikulite granuloosa- ja teekarakud ning kollaskeha), testised (interstitsiaalsed endokriinotsüüdid e Leydigi rakud), aga ka üksikult seedetrakti ja hingamisteede katteepiteeli rakkude vahel paiknevad endokriinotsüüdid.

Eksokriinseid näärmeid omakorda jaotatakse väga mitmete tunnuste alusel.

1) Jaotus sekretoorsete lõpposade kuju järgi:

- tubuloossed näärmed (toruja kujuga lõpposad)
- alveolaarsed näärmed (põisja kujuga lõpposad)
- atsinoossed näärmed (väliskujult põisjas, kuid väga kitsa valendikuga)
- tubuloalveolaarsed ja tubuloatsinoossed näärmed (samaaegselt esinevad erineva kujuga lõpposad)

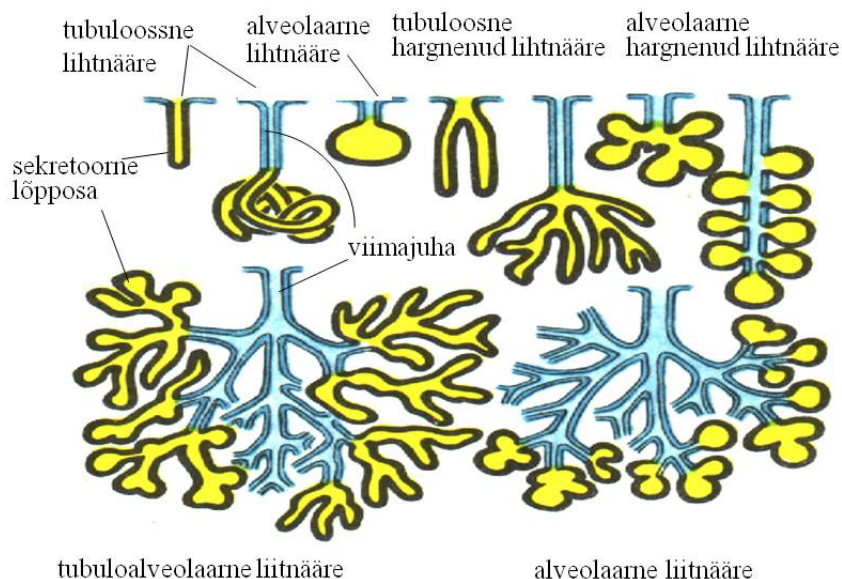
Eksokriinsete näärmete jaotus sekretoorsete lõpposade kuju alusel



tubuloosne atsinoosne alveolaarne

2) Jaotus viimajuhade hargnemise alusel

- lihtnääre – viimasüsteem ei hargne
- liitnääre – viimasüsteem hargneb



tubuloalveolaarne liitnääre

alveolaarne liitnääre

Näärmete klassifikatsioon viimajuhade hargnemise alusel

(mittehargnev=lihtnääre, hargnev=liitnääre)

3) Jaotus näämerakkude sekretsiooni viisi alusel

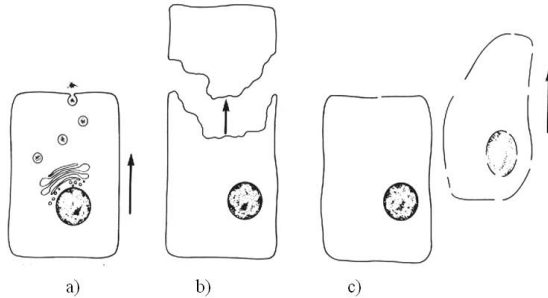
- merokriinset e. ekkriinset näärmed (sekreedi väljutamisel raku maht oluliselt ei muutu)

b) apokriinsed näärmed (näärmerakkude maht sekretsioonil väheneb)

c) holokriinsed näärmed (näärmerakud lähevad tervikuna sekreedi koostisesse - mitmekihilise lõpposaga näärmete [rasunäärmete] kõige valendikupoolsemad rakud moodustavad sekreedi [rasu])

Näärmete jaotus sekretsiooni viis alusel

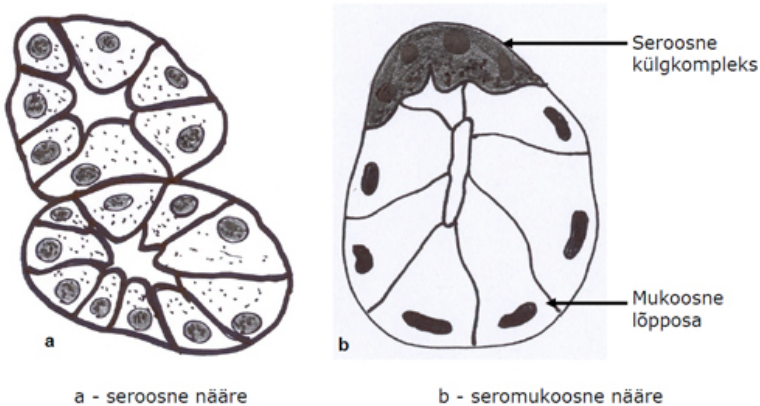
- a) merokriinsed e ekkriinsed näärmed
- b) apokriinsed näärmed
- c) holokriinsed näärmed



4) Jaotus näärmete sekreedi keemilise iseloomu (sekreedi viskoossuse) järgi

- a) seroossed näärmed (sekreet on vedel ja valgurikas). Näärmete lõpposad on kitsa valendikuga, näärmerakud on hästi värvuvad ja rakutuum on ümar.
- b) mukoossed näärmed (sekreet on tihke ja limarohke). Näärmete lõpposad on avara valendikuga, näärmerakud värvuvad halvasti ja basaalselt paiknevad rakutuumad on nurgelised.
- c) seganäärmed (seromukoossed või mukoseroossed). Esineb mõlemat tüüpi lõpposaid.

NÄÄRMEEPITEL (*epithelium glandulare*)

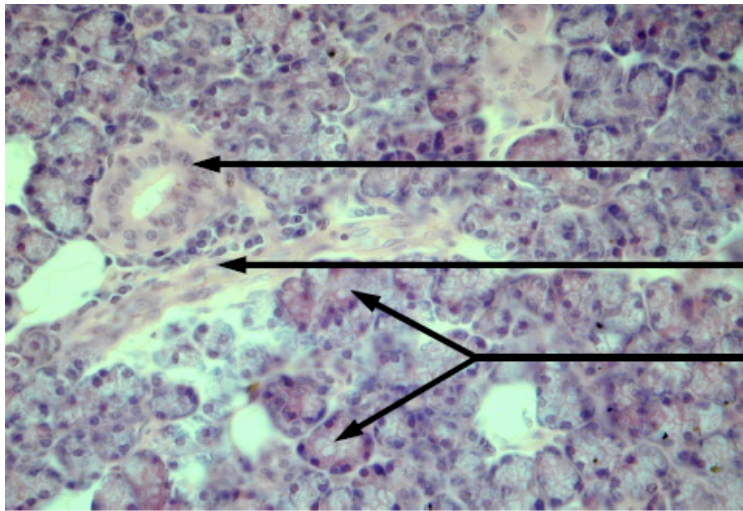


Näärmed

Seroosne liitnääre

Kõrvasüljenääre (*gl. parotis*) (H&E)

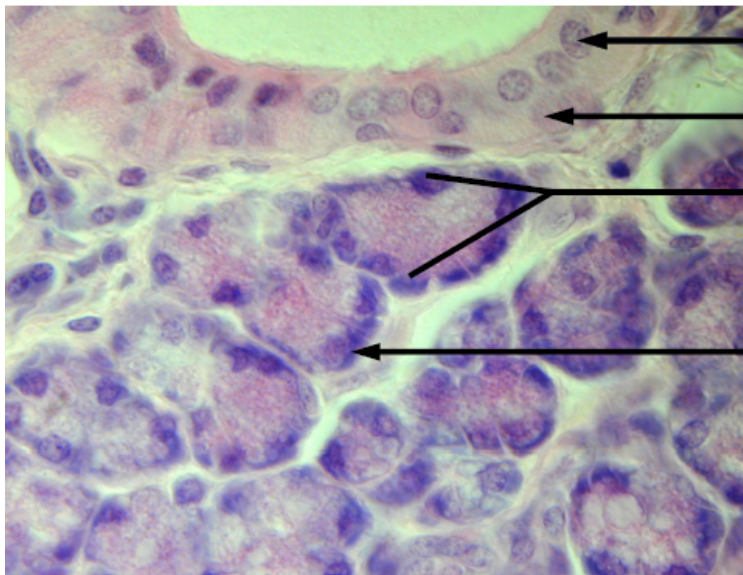
Näärmete seroossed lõpposad koosnevad pikliku kujuga rakkudest, mis moodustavad aatsinuse. Näärmekomplekside valendik on väga kitsas ning rakkude piirid ei ole selgelt eristatavad. Raku tsütoplasma värvub intensiivselt roosaks. Raku tuumad värvuvad lillakas-siniselt, nad on ümara kujuga ning paiknevad basaalselt. Rakkude apikaalne piirkond sisaldab hulgaliselt sõmeraid. Kõrvasüljenäärme viimajuhade ristlõikel on näha kõrgeid, suurte ümarate tuumadega ja heleda tsütoplasma rakke.



Näärmejuha ristilõige

Sidekude

Seroossed lõpposad



Rakutuum

Näärmejuha epiteelirakud

Aatsinus

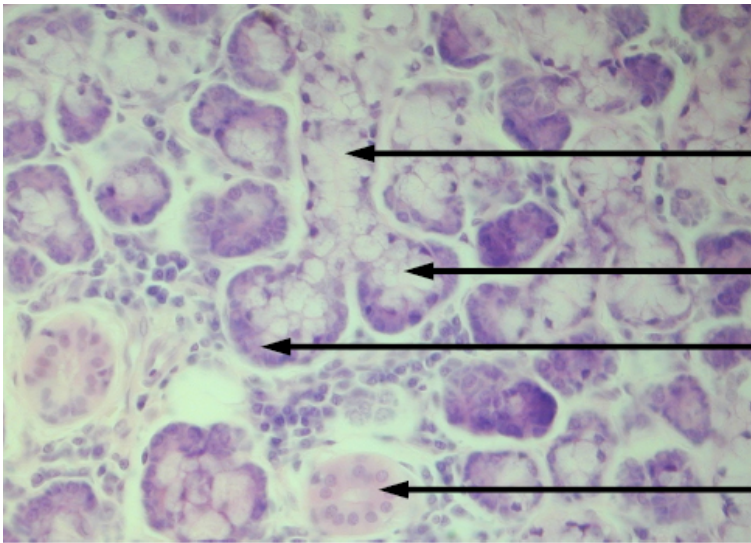
Rakutuum

Kõrvasüljenääre (H&E)

Seromukoosne liitnääre

Keelealune süljenääre (*gl. sublingualis*) (H&E)

Keelealuse süljenäärme näärmekompleksi valendik on avaram kui kõrvasüljenäärme. Näärme lõpposad koosnevad nii seroosetest kui mukoosetest rakkudest. Mukoosse lõpposa rakud värvuvad heledamalt, raku apikaalses osas paiknevad sekretoorsed graanulid. Tuumad on lapiku kujuga ning paiknevad raku basaalselt. Selle lõpposa sekreet on viskoosse konsistentsiga. Ümber mukoosete lõpposade paiknevad nn poolkuudena seroossed külgnäärmed. Nende rakkude tsütoplasma on värvunud intensiivselt roosaks, tuumad on ümarad. Seroosne sekreet väljutatakse mukoosete osade kanalite kaudu. Erineva suurusega viimajuhade sisepind on vooderdatud prismaatiliste rakkudega, milliste tsütoplasma värvub intensiivselt roosaks.

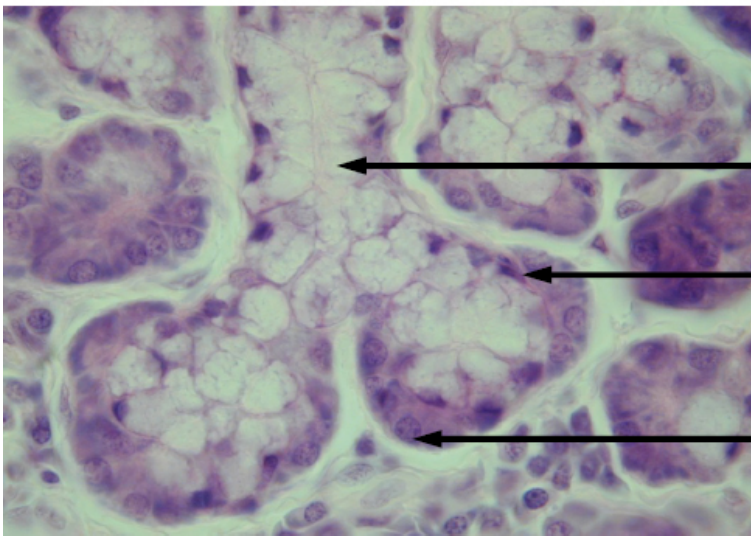


Näärme kompleksi valendik

Mukoosne lõpposa

Seroosne küljkompleks

Näärmejuha ristilõige



Näärme kompleksi valendik

Mukoosse lõpposa tuum (lapik)

Seroosse lõpposa tuum (ümar)

Keelealune süljenääre (H&E)

Pärissidekude

Sidekude kitsamas mõttes e pärissidekude (*textus connectivus proprius*) jaguneb kiudsidekoeks ja eriomadustega sidekoeks.

Kiudsidekudede hulka kuuluvad kohev sidekude ja tihe sidekude, viimane jaguneb omakorda vormunud e paralleelkiuliseks tihedaks sidekoeks ja vormituks tihedaks sidekoeks. Eriomadustega sidekudedeks on retikulaarne sidekude, sültjas sidekude ja rasvkude.

Sidekudedele on iseloomulik rakkudevahelise aine rohkus: amorfsesse põhiainesse on sulundunud kiud (eristatakse kollageenseid, elastseid ja retikulaarseid kiude), samas mesenhümaalset päritolu sidekoerakud on hajusalt paigutunud põhiainesse.

KIUDSIDEKUDE

Kohev sidekude (*textus connectivus laxis*)

Kohev sidekude on väga levinud sidekoe vorm, mis ümbritseb veresoone ja närve, paikneb katteepiteelide all, moodustab limaskestade päriskihi, enamike kompaktoorganite interstiitsiaalse sidekoe (strooma) ja õõnesorganite adventitsiaalkestastid, seob naaberorganeid omavahel, asetseb lihaskimpude vahel jne.

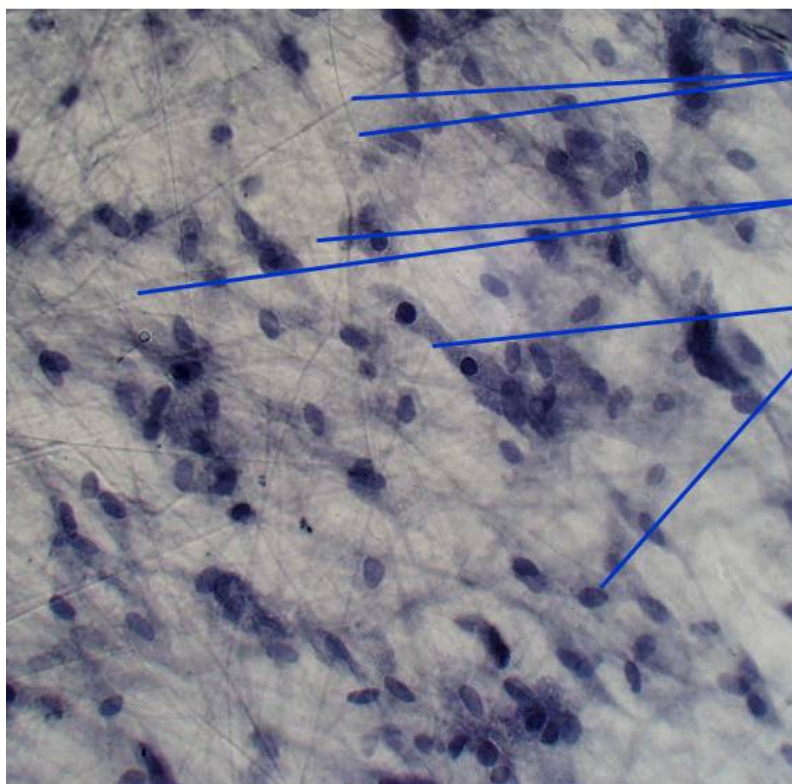
Kohev sidekude koosneb rakkudest, kiududest ja põhiaimest. Need kolm komponenti haaravad enda alla jämedalt üldistades võrdsed osad. Kõige arvukamateks rakkudeks on fibroblastid ja makrofaagid (histiotsüüdid), kuid võib leida palju ka teisi rakutüüpe nagu nuumrakud, plasmarakud, rasvarakud, pigmendirakud jt. Kiududest esinevad kollageensete kiudude kõrval ka elastseid ja retikulaarseid kiude.

Nagu nimi rõhutab on kohev sidekude õrna konsistentsiga ja kergelt nihutatav, kuid vastupanuvõime mehaanilistele mõjutustele on suhteliselt madal.

Kohev sidekude on hästi vaskulariseeritud, mistõttu koes võib leida veresoontest pärinevad rändrakke. Epiteelialused koheva sidekoe alad on tihti kohtadeks, kus vastusena siia tungivatele patogeenidele (näit bakterid) kujuneb põletikureatsioon.

Kohev sidekude

H&E ja resortsiin-fuksiin



Elastsed kiud

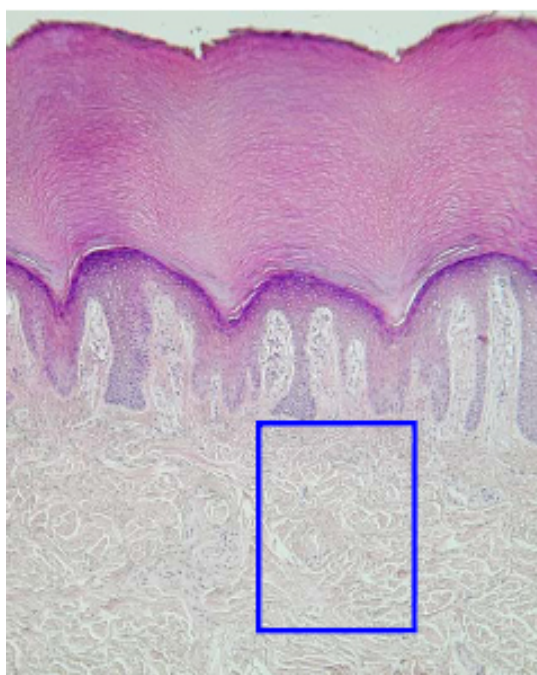
Kollageensed kiud

Sidekoe rakud

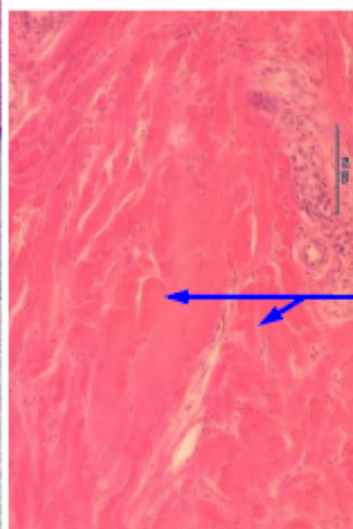
Tihe sassiskiuline sidekude (*textus connectivus compactus typus irregularis*)

Tihe sidekude koosneb põhiliselt kollageensetest kiududest. Rakke on hõredalt ja põhilisteks rakkudeks on fibroblastid. Kollageensete kiudude rohkus muudab koe hästi tugevaks. Kollageensete kiudude kimbud paiknevad korrapäraselt eri suundadesse orienteeritult (siit ka koetüübi nimi - tihe sassiskiuline e vormitu sidekude).

Tihe sassiskiuline sidekude esineb õõnesorganite submukoosas ja pärisnaha e dermise retikulaarkihis.



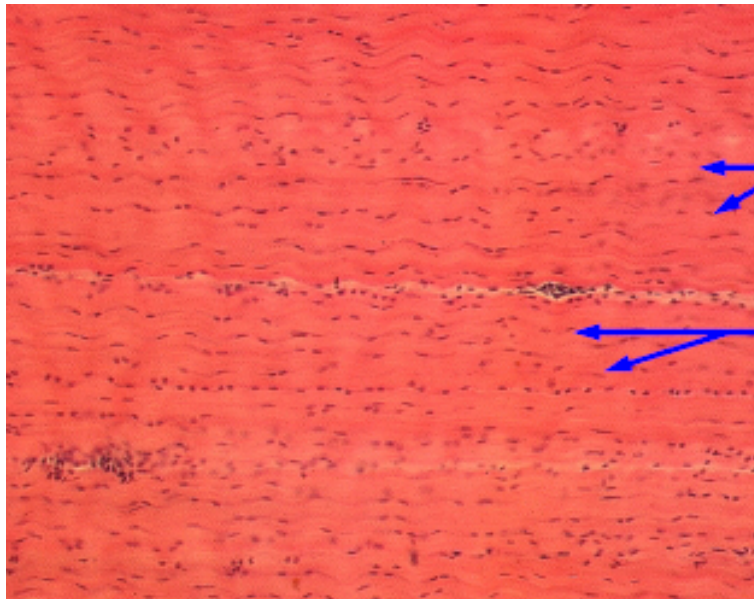
Tihe sassiskiuline sidekude H & E



Kollageensete kiudude kimbud

Tihe korraskiuline sidekude (*textus connectivus compactus typus regularis*)

Tihe korraskiuline e vormunud sidekude esineb kõõlustes, ligamentides ja aponeuroosides. Domineerivaks komponendiks on kollageensed kiud, mis on orienteeritud paralleelselt tingituna kestvatest samasuunalistest tõmbejõududest, mis koele mõjuvad. Selline ehitus tagaab koele väga suure tõmbetugevuse. Fibrotsüüdid (kõõluste korral nimetatakse ka kõõlusrakkudeks) väljavenitatatud rakutuomadega on joondatud kollageensete kiudude kimpude vahele.



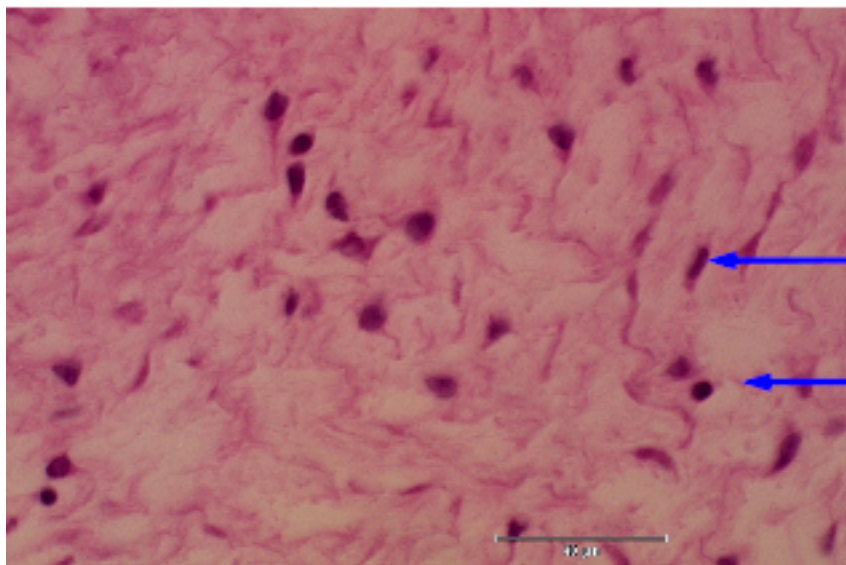
Tihe korraskiuline sidekude
H & E

Kollageensete kiudude kimbud

Fibrotsüüdid

ERIMADUSTEGA SIDEKUDE**Sültjas sidekude** (*Textus mucoideus*)

Sültjat sidekudet leidub inimesel sünnimomendil ainult nabaväädis. Sültjas sidekude koosneb haralistest rakkudest, mis on jätkete varal üksteisega ühenduses. Rakkudevaheline aine koosneb sültja konsistentsiga (siit ka koetüübi nimetus) massist (Whartoni sült), millesse ilmnevad peened kollageensed kiud alles koe hilises arengufaasis.



Sültjas sidekude
H & E

Fibroblastoidsed rakud

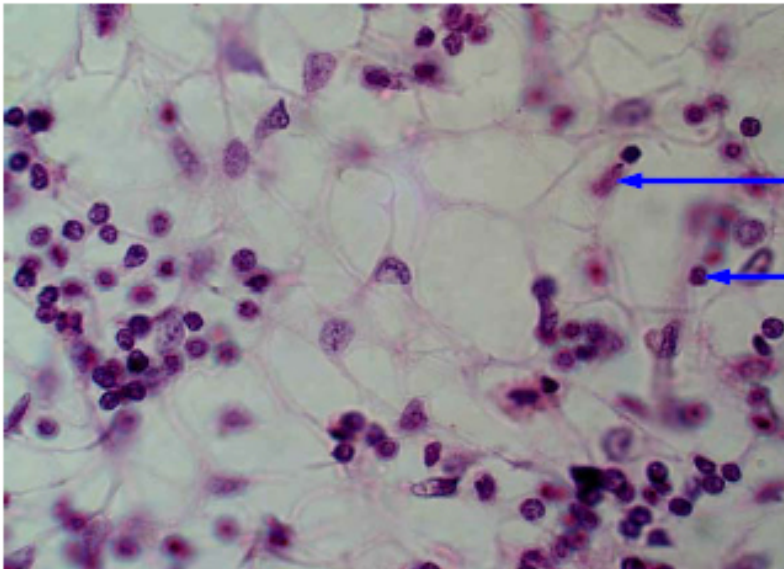
Põhiaine

Retikulaarne sidekude (*Textus reticularis*)

Retikulaarne sidekude moodustab võrkja e retikulaarse (siit ka koetüübi nimetus) strooma vereloomeorganites (luuüdi, lümfisülmed, põrn). Retikulaarset sidekudet leidub ka soolte limaskestas päriskihis, hambapulbis jm.

Retikulaarne sidekude koosneb haralistest rakkudest, mis omavahel jätkete abil kontakteeruvad. Retikulaarrakkude kõrval esinevad retikulaarkiud, mis ilmestuvad hästi hõbedaga impregneerimisel (selle omaduse tõttu nimetatakse neid kiude ka argürofiilseteks kiududeks [argyros – hõbe kreeka keeles]). Kuigi retikulaarsed kiud on ehitunud kollageenist (täpsemalt kollageen III) ei loeta neid kollageensete kiudude hulka ja neid käsitletakse eraldi ühe sidekoe kiudude liigina (lisaks kollageensetele ja elastsetele kiududele). Retikulaarsed kiud on kollageensetest kiududest peenemad, samuti on nad võrreldes kollageensete kiududega hapete, aluste ja seedeensüümide suhtes suurema resistentsusega.

Retikulaarne sidekude H & E

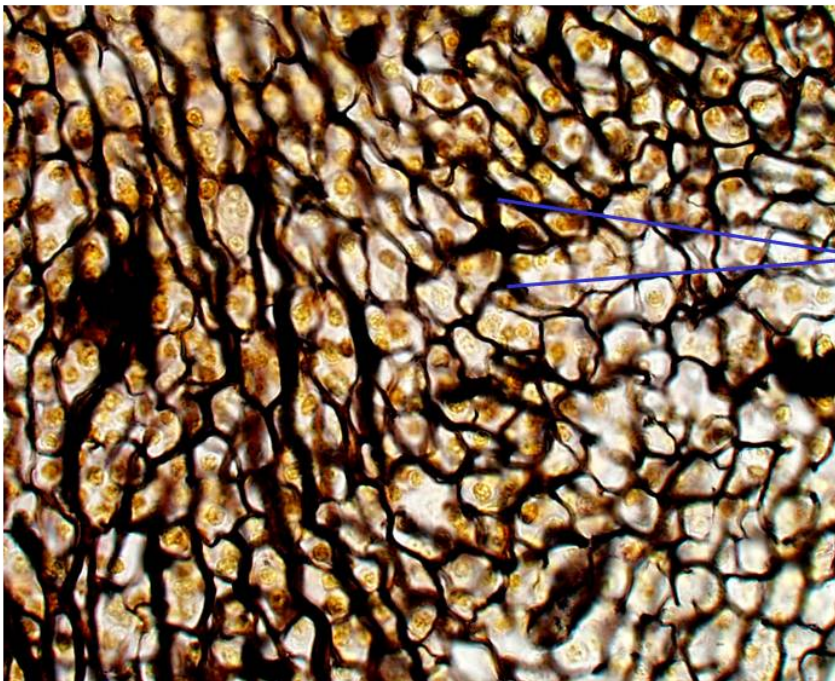


Retikulaarrakk

Lümfotsüüt

Retikulaarne sidekude

Hõbetatud



Argürofiilsed
(retikulaarsed)
kiud

Rasvkude (*textus adiposus*)

Rasvkude on sidekudede alaliik, kus domineerivad rasvarakud e adipotsüüdid. Paiknedes mitmetes kehapiirkondades annab rasvkude normaalsest kehakaalust umbes 20%. Rasvkude esineb kahe vormina: valge rasvkude, mis on tavaliseks rasvkoe tüübiks täiskasvanuil ja pruun rasvkude, mida esineb ulatuslikult vastsündinutel ja väikelastel. Hiljem lapsepõlve jooksul pruun rasvkude asendub valge rasvkoega ja pruuni rasvkudet võib leida täiskasvanuil ainult väga üksikutes piirkondades (näit neerude ja neerupealiste ümbruses).

Valge rasvkoe rasvarakud on suured (diameetriga 50-150 mikromeetrit) ja sisaldavad tavaliselt ühte suurt rasvatilka. Rasvatilk surub tsütoplasma kihi raku perifeeriasse koos ekstsentrilise lamestunud tuumaga. Tavapreparaatides on lipiidid materjali töötlemise käigus välja lahustunud, mistõttu sellised rasvarakud sisaldavad ühte suurt mittevärvuvat õõnt ja värvub ainult kitsas tuuma sisalduv perifeerne tsütoplasmariba.

Pruuni rasvkoe värvus on tingitud suurest hulgast mitokondritest (sisaldavad tsütokroome, mis annavad spetsiifilise värvi), aga ka arvukatest kapillaaridest, mida selles rasvkoe tüübis esinevad. Pruuni rasvkoe rakud sisaldavad hulgaliselt väikseid lipiidisisaldisi. Rakud on hulknurksed ja tuum paikneb tsentraalselt. Pruunil rasvkoel on oluline roll termoregulatsioonis.

Rasvkude (valge rasvkude)

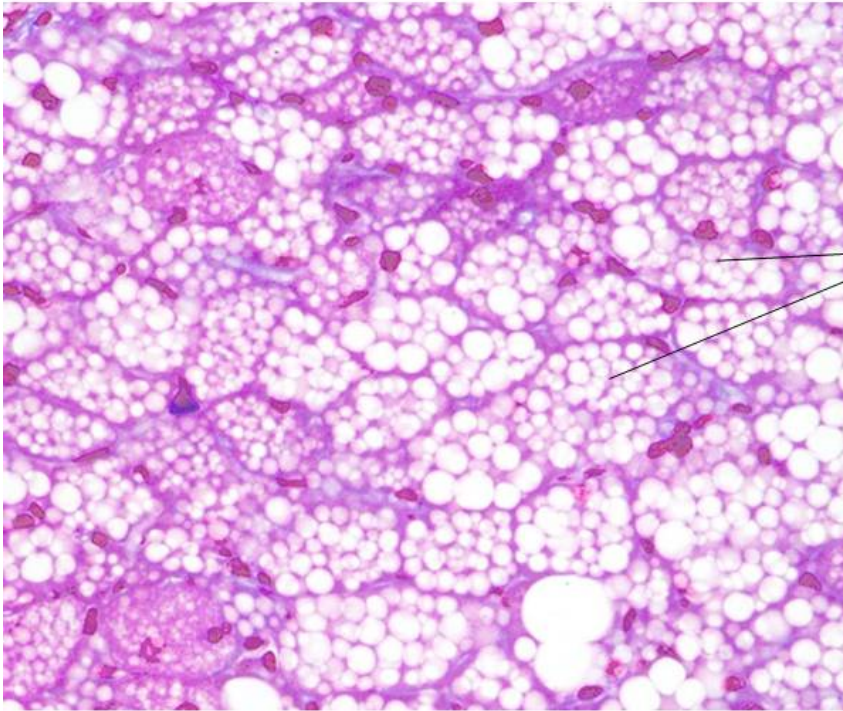
H & E



Rasvarakkude
tuumad

Lahustunud
rasvatilgad

Pruun rasvkude



Rasvarakud
paljude väikeste
lipiidilgakestega

Sidekoed kitsamas mõttes

Alajaotused ja struktuursed komponendid

- Kiudsidekude
- Kohev sidekude
- Tihe sidekude
 - vormunud tihe sidekude
 - vormitu tihe sidekude

Eriomadustega sidekoed

- sültjas sidekude
- retikulaarne sidekude
- rasvkude

Sidekoe rakud, kiud ja põhiaine

Intertsellulaarsubstants:

- sidekoe kiud
- amorfne põhiaine

Sidekoe rakud

- Fibroblastid ja fibrotsüüdid
- Makrofaagid (histiotsüüdid)
- Plasmarakud
- Nuumrakud
- Pigmentrakud (melanotsüüdid)
- Rasvarakud (lipotsüüdid e. adipotsüüdid)
- Peritsüüdid
- Granulotsüüdid, lümfotsüüdid (hematogeensed rändrakud)

Sidekoe kiud

- Kollageensed kiud
- Elastsed kiud
- Retikulaarsed kiud

Põhiaine: glükoosaminoglükaanid; proteoglükaanid.

Veri (Sanguis, haima)

Üldiseloomustus

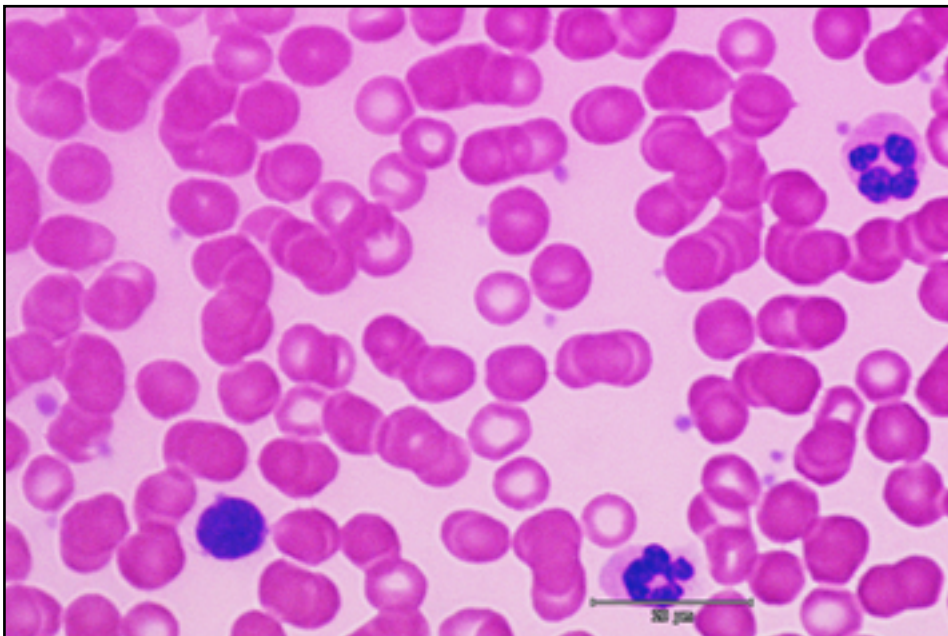
Veri koosneb rakkudevahelisest vedelast ainest – vereplasmast ja vererakkudest e vormelementidest: punastest verelibledest e erütrotsüütidest, valgetest verelibledest e leukotsüütidest ja vereliistakutest e trombotsüütidest. Veri ringleb veresoontes ning tema vormelemendid hõljuvad vereplasmas. Inimese organismis täidab veri mitmeid erinevaid funktsioone. Veri viib hapniku kopsudest kudedesse, sealt toob aga süsihappegaasi kopsudesse, täites nii organismi gaasivahetuses osalemise funktsiooni. Seedekanalist transpordib veri toitaineid kudedesse, tema osalemisel toimetatakse jääkained eritusorganitesse. Verega edasikantavad hormoonid tagavad organismi endokriinsüsteemi talitluse. Verel on tähtis funktsioon organismi kaitsmisel, ta kindlustab nii organismi rakulise kaitse e fagotsütoosi kui ka humoraalse immuunsuse osalemisega antikehade moodustumises. Veri osaleb organismi termoregulatsiooni, happe-aluse ja osmootse tasakaalu kontrollis. Vererakud paljunevad vereloomeorganites ning kõik vere vormelemendid arenevad ühisest pluripotentsest tüvirakust.

Veri peegeldab väga hästi organismi tervislikku seisundit, nii vormelementide morfoloogia kui ka vere füsioloogilised ja biokeemilised näitajad muutuvad haiguslike seisundite korral. Kliinilistes uuringutes kasutatakse vere äigepreparaatide värvimiseks Pappenheimi või Wright'i värvingut.

Vereplasma (*Plasma sanguinis*)

Vereplasma on õrnalt kollast värvi viskoosne vedelik, milles hõljuvad vere vormelemendid. Vereplasma üks liiter sisaldab 90-93% vett ja 7-10% kuivainet. Peamised plasma valgud e proteiinid on albumiin, α , β ja γ globuliinid ja fibrinogeen. Albumiini ülesandeks on reguleerida vere osmootset rõhku. Globuliinide fraktsiooni kuuluvad antikehad kannavad nimetust immunoglobuliinid. Vere koaguleerimisel tekkiva fibrini moodustumiseks on vajalik proteiin fibrinogeen. Vereplasma peamiseks ülesandeks on anorgaaniliste elektrolüütide ja valkude transport.

Erütrotsüüdid (*Erythrocyti*)



Inimese punased verelible e erütrotsüüdid on ümarad, keskelt veidi nõgusa kujuga tuumata ning enamuse organelideta rakud. Punaliblede noorvormid, milliste tsütoplasma sisaldab veel polüribosome, nimetatakse retikulotsüütideks. Erütrotsüütide kaksiknõgus e bikonkaavne kuju tagab neile suure välispindala. Rakkude perifeerne osa on tumedamat värvi, keskmine veidi sissevajutatud piirkond (kus algselt paiknes tuum) värvub heledamalt. Värvumuse erinevus on tingitud nende osade erinevast paksusest, kui tsentraalse osa paksus on ligikaudu 1 μm , siis perifeerne osa on oluliselt paksem (1,9-2,5 μm). Erütrotsüütide keskmine diameeter on 7,5 μm . Keskmise suurusega rakke imetatakse normotsüütideks (*normocyti*) ja tervel inimesel on enamik punalibleid

normotsüüdid. Kui raku suurus ületab normi 25% ulatuses, siis nimetatakse rakku makrotsüüdiks (*macrocyti*), kui suurus on normist kuni 25% väiksem, siis nimetatakse rakku mikrotsüüdiks (*microcyti*).

Erütrotsüüdid hõljuvad vabalt vereplasmas ja rakkudel puudub aktiivne liikumisvõime. Nad arenevad vereloomeorganites ja rakkude eluiga on kuni 120 päeva, vananenud rakkude lammutamine toimub põhiliselt põrnas. Erütrotsüüte ümbritseb elastne rakumembraan, mille paksus on ligikaudu 20 nm. Tänu membraani elastsusele võivad erütrotsüüdid muuta oma kuju ning läbida ka väga väikese diameetriga verekapillaare. Rakud koosnevad 60% veest ja 40% kuivainest. Kuivainest moodustab 90% rakkude punase värvuse tagav hemoglobiin (Hb), mille 4-5 nm diameetriga tihedad sõmerad paiknevad raku tsütoplasmas. Hemoglobiini moodustavad kaks valgukomponenti – globiin ja rauda sisaldav komponent hemokromogeen. Hemoglobiini molekulid on tetrameersed ning moodustuvad kahest α ja kahest β -polüpeptiidahelast. Kaks hemoglobiinide ahelat erinevad omavahel aminohapete koostise poolest. Hemoglobiin transpordib O_2 kopsudest kudedesse.

Leukotsüüdid (*Leucocyti*)

Leukotsüüdid e vere valgelibled on tuumaga, aktiivse liikumisvõimega ja väga erineva morfoloogilise ehitusega vere vormelemendid. Organismis täidavad leukotsüüdid kaitsefunktsiooni, mis väljendub rakulises kaitstes e fagotsütoosis. Leukotsüüdid on amöboidselt liikuvad ning on võimelised väljuma veresoontest. Nende põhiliseks tegevuspiirkonnaks väljaspool veresooni on organismi sidekoed.

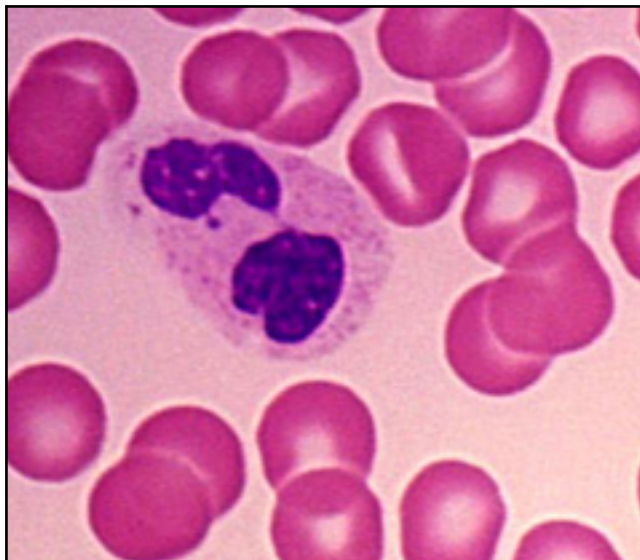
Leukotsüüdid jaotatakse kaheks suureks grupiks: tsütoplasmas sõmeraid sisaldavateks granulotsüütideks (*granulocyti*) ja ilma spetsiifiliste sõmerateta rakkudeks – agranulotsüütideks (*agranulocyti*). Sõmeraid sisaldavad granulotsüüdid jaotatakse omakorda sõmerate värvumise järgi neutrofiilseteks, eosinofiilseteks ja basofiilseteks. Noored rakud on kepptuumsed granulotsüüdid, täiskasvanud raku tuum koosneb mitmest segmentist, mis on ühendatud peenikeste kromatiininiitidega. Agranulotsüüdid jagunevad kaheks erineva funktsiooni ja morfoloogilise ehitusega grupiks: monotsüütideks ja lümfotsüütideks. Agranulotsüütide tuumad ei koosne segmentidest, vaid on ümara kujuga.

Granulotsüüdid (*Granulocyti*)

Rakkude tsütoplasmas paiknevate graanulite värvumise alusel eristatakse neutrofiilseid, eosinofiilseid ja basofiilseid granulotsüüte. Neutrofiilsete granulotsüütide peenikesed, raskesti jälgitavad sõmerad värvuvad nõrgalt lillakalt. Eosinofiilsete granulotsüütide sõmerad värvuvad happeliste värvidega intensiivselt lillakas-roosalt, basofiilsete granulotsüütide suured sõmerad värvuvad aluseliste värvidega tumesiniselt.

Neutrofiilsed granulotsüüdid (*Granulocyti neutrophili*)

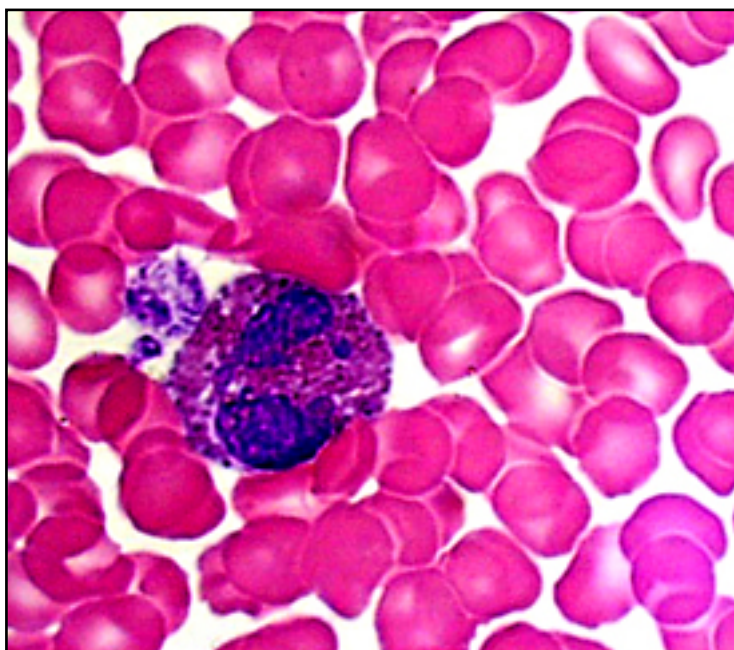
Arenevad sünnijärgselt punases lüüdis ja nende rakkude eluiga on 8 päeva, kusjuures veres ringlevad nad 8–12 tundi. Seejärel migreerivad neutrofiilsed granulotsüüdid organismi kudedesse, kõige rohkem sidekoesse. Raku suurus ringlevas veres on 7-9 μm . Tsütoplasmas paiknevad peened sõmerad, millised värvuvad neutrofiilselt lillakalt.



Tsütoplasma pealne kiht on homogeenne ning ei sisalda sõmeraid, selles kihis paiknevad rohkearvulised peened filamendid. Sellel tsütoplasma kihil moodustuvad pseudopoodid, millistel on oluline roll neutrofiilide amöboidses liikumises. Noortel rakkudel on tuum hobuseraua- või kepikujuline (kepptuumne neutrofiil, 5-6%), vanematel rakkudel on tuum segmenteerunud ja moodustub tavaliselt kolmest segmendist. Segmendid on omavahel ühendatud väga peenikeste niitjate struktuuridega. Raku tuumas on kromatiin koondunud membraani alla, tsütoplasma sisaldab nõrgalt arenenud tüüpilisi organelle ja rohkelt lüsoosome.

Neutrofiilsed granulotsüüdid osalevad põletikuprotsessides, rakud võivad väljuda veresoonest ja liikuda edasi põletikukolde suunas. Neile on omane kõrge fagotsütoosivõime, mistõttu nimetatakse rakke ka mikrofaagideks. Neutrofiilid fagotsüteerivad proteolüütiliste ensüümide abil rakusiseselt mikroobe, vabastavad põletikku stimuleerivaid ensüüme ja puhastavad kahjustatud piirkonda. Neutrofiilsed granulotsüüdid on põhiline raku vorm mäda koostises. Rakud on üheks oluliseks kaitseliiniks bakteriaalsete infektsioonide vastu.

Eosinofiilsed e atsidoofiilsed granulotsüüdid (*Granulocytī acidophilici*)



Eosinofiilsed granulotsüüdid arenevad punases luuüdis ja rakkude eluiga on 6-8 päeva, seejuures veres ringlevad rakud kuni 8 tundi. Ringlevas veres on rakud keraja kujuga ja diameetriga 9–10 µm. Eosinofiilsete granulotsüütide tsütoplasma värvub nõrgalt basofiilselt ning sisaldab ümaraid 0,8 µm diameetriga atsidoofiilseid sõmeraid. Vanemate eosinofiilsete granulotsüütide tuumad koosnevad 2–3 segmendist (segmenttuumaline eosinofiil) ja värvuvad kahvatult. Noorvormide tuum on kepitaoline – need on kepptuumalised eosinofiilid. Eosinofiilidel on organellidest nõrgalt arenenud Golgi kompleks, endoplasmaatiline võrgustik ja vähesel hulgal mitokondreid. Eosinofiilsete

granulotsüütide ülesandeks on takistada histamiini vabanemist (neutraliseerida histamiini toimet allergiliste reaktsioonide korral), osaleda immuun- ja organismi kaitsereaktsioonides. Eosinofiilsetel granulotsüütidel on nõrk fagotsütoosivõime ja nad on võimelised amööboidselt liikuma, kuid need funktsioonid on väljendunud nõrgemalt kui neutrofiilsetel granulotsüütidel.

Basofiilsed granulotsüüdid (*Granulocyt basophili*)

Basofiilsete granulotsüütide areng toimub punases luuüdis ning nad moodustavad 0,1-3% leukotsüütide üldarvust. Raku tsütoplasma on nõrgalt basofiilne, raku tuum on Z-tähe kujuline tuum, tsütoplasmas on nähtavad tumesinised kuni 0,5 µm sõmerad, mis võivad maskeerida tuuma. Sõmerate diameetri muutused on seotud raku diferentseerumise ja funktsionaalse aktiivsusega. Basofiilsed granulotsüüdid sisaldavad tsütoplasmas tüüpilisi organelle: endoplasmaatilist võrgustikku, mitokondreid ja nõrgalt arenenud Golgi kompleksi. Võrreldes neutrofiilidega sisaldab basofiilsete granulotsüütide tuum vähem kromatiini.

Basofiilsete granulotsüütide sõmerad sisaldavad histamiini (suurendab veresoone seina läbilaskvust), hepariini (langetab vere hüübimisvõimet), serotoniini (mõjutab silelihaskude, ka veresoonte seinas) ja mitmeid teisi bioaktiivseid aineid (põletiku mediaatoreid). Sõmerad seovad veres ringlevat immunoglobuliini IgE ning selle reaktsiooni tulemusena moodustuvad IgE antikehad. IgE antikehad mõjutavad basofiilide degranulatsiooni, mille tulemusena väljutatakse histamiin. Rakkudel on nõrk fagotsütoosivõime ning nad mõjutavad vere hüübimist.

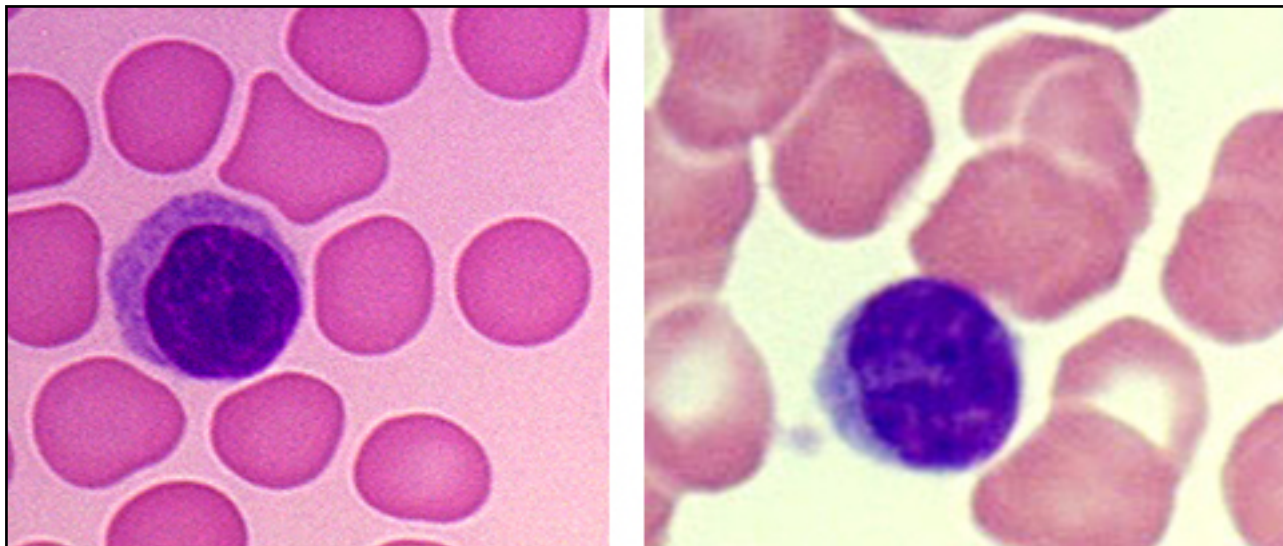
Lümfotsüüdid (*Lymphocyt*)

Lümfotsüüdid koos monotsüütidega kuuluvad agranulotsüütide hulka, sest nende rakkude tsütoplasma ei sisalda spetsiifilisi sõmeraid. Lümfotsüüdid jaotatakse raku mõõtmete järgi väikesteks, keskmisteks ja suurteks. Väikeste lümfotsüütide diameeter on 4,5–6 µm ja nad moodustavad 80–90% lümfotsüütide hulgast. Keskmiste lümfotsüütide diameeter on 7–10 µm ning suurte lümfotsüütidel on raku suurus üle 10 µm. Tuuma-tsytoplasma suhe on väikestel lümfotsüütidel enam tuuma kasuks. Väikeste lümfotsüütide tuum on kromatiinirikas ja ümmarguse kujuga. Suurte lümfotsüütide tuum sisaldab vähem kromatiini ja kromatiin on ühelt küljelt kõvasti kokku surutud. Lümfotsüütide tsütoplasma on basofiilne ja selles võib esineda vähene asurofiilne granulatsioon. Väikesed lümfotsüüdid jaotatakse kaheks grupiks: väikesed heledad ja väikesed tumedad lümfotsüüdid.

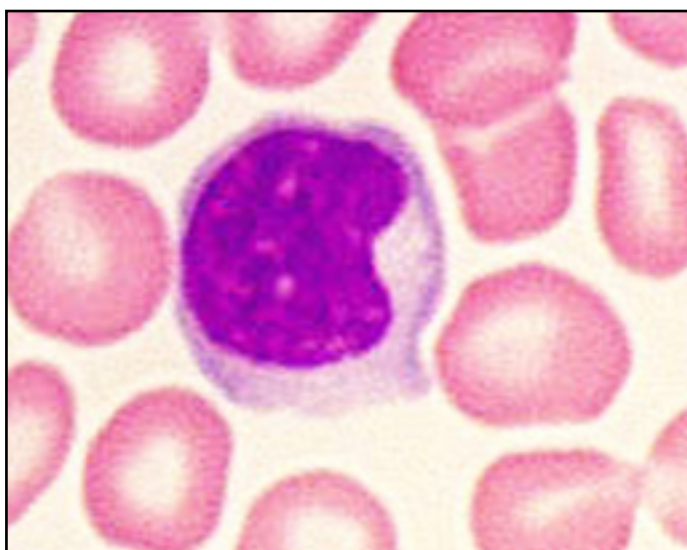
1. Väikesed heledad lümfotsüüdid moodustavad 70–75% lümfotsüütidest. Nendel rakkudel on suur, tiheda kromatiiniga tuum, mida ümbritseb kitsas tsütoplasma riba. Rakkude tsütoplasmas on palju vabu ribosome.
2. Väikeste tumedate lümfotsüütide hulk on 15%. Raku tuum on tihe ning raku tsütoplasmat on vähe. Rakk sisaldab palju ribosome ning vähesel määral mitokondreid. Teisi organelle väikestel tumedatel lümfotsüütidel ei ole.
3. Keskmised lümfotsüüdid moodustavad 10–12% ringlevatest lümfotsüütidest. Tuuma kromatiin on hele ja on koondunud tuumamembraani alla. Raku tsütoplasmas paiknevad pikad granulaarse endoplasmaatilise võrgustiku kanalid, agranulaarne endoplasmaatiline võrgustik paikneb raku pöiekestena. Hästi väljendunud Golgi kompleks asub tuuma sissesopistuse kohal. Tsütoplasma sisaldab veel vähesel hulgal lüsoosome.
4. Suured lümfotsüüdid on väga heleda tuumaga rakud. Tuuma ümber tsütoplasmas paiknevad ringidena granulaarne endoplasmaatiline võrgustik, hästi väljendunud Golgi kompleks ja mitokondrid.

Lümfotsüüdid sisaldavad mitmeid ensüüme – lipaasi, happelist fosfataasi, esteraasi, fosforilaasi jt. Lümfotsüütide eluiga vereringluses on 10–13 päeva. Lümfotsüüdid migreeruvad limaskestadele, kudesse ja liiguvad aeglaselt põletiku kolletesse.

Funktsionaalselt jaotatakse lümfotsüüdid kolmeks tüübiks: T-lümfotsüüdid, B-lümfotsüüdid ja NK-rakud. Need rakutüübid ei erine üksteisest morfoloogiliselt, mistõttu eristamiseks tuleb rakendada spetsiaalseid meetodeid (näiteks spetsiifiliste pinnamarkerite määramine). T-lümfotsüüdid on oma nime saanud sellest, et nende diferentseerumine toimub tüümuses. T-lümfotsüüdid tagavad rakulise immuunsuse, kuid moduleerivad ka humoraalse immuunvastuse kujunemist. B-lümfotsüüdid on saanud nime sellest, et neid kirjeldati esmalt eraldi rakupopulatsioonina lindude kloakaalpaunas (*bursa Fabricii*), imetajate korral kloakaalpauna analoogides (luuüdis – inglise keeles *bone marrow*). B-lümfotsüüdid on põhilised humoraalse immuunsuse kandjateks. Kuigi NK-rakud (*natural killer cells*, loomulikud tappurrakud) arenevad samadest tüvirakkudest kui T- ja B-lümfotsüüdid, on neil siiski erinev pinnamarkerite iseloom ning need rakud on programmeeritud teatud tüüpi transformeerunud rakkude otseseks ründamiseks ja hävitamiseks.



Monotsüüdid (*Monocyti*)



Monotsüüdid on kõige suuremad vererakud – nende diameeter on 9–12 μm . Monotsüütide hulk on 2–5% vere leukotsüütide üldhulgast. Monotsüütide tuum on neerukujuline ja sügava sissesopistusega ühel küljel. Tuuma kromatiin on peensõmeraline, tuumas võib olla 1-2 tuumakest. Raku tsütoplasma on nõrgalt basofiilne, selles paiknevad peened argürofiilsed sõmerad, mis sisaldavad hüdrolyüütilisi ensüüme ja peroksüdaasi. Organellidest on monotsüütidel nõrgalt väljendunud granulaarne endoplasmaatiline võrgustik, lüsoosoomid ja hästi arenenud Golgi kompleks. Monotsüüdid on veres ringluses 1–3 päeva, seejärel suunduvad nad kudedesse ja nende eluiga on kuni kaks kuud. Rakud läbivad kergesti peenemate veresoonte seina. Sidekoes muutuvad monotsüüdid aktiivselt liikuvateks makrofaagideks. Rakud osalevad tsellulaarses kaitses ning tänu peroksüdaasile on nad võimelised hävitama mikroobe. Makrofaagid kuuluvad organismi mononukleaarste fagotsüütide süsteemi.

Trombotsüüdid (*Thrombocyti*)

Trombotsüüdid e vereliistakud on veres leiduvad korrapäratu kujuga rakufragmendid, mis on ära nõõrdunud luuüdis paiknevatest hiidrakudest - megakarüotsüütidest. Trombotsüütide diameeter on 1-5 μm ja neil puudub tuum. Rakud koosnevad tsentraalselt paiknevast granulomeerist ja perifeerselt paiknevast hüalomeerist. Granulomeeris on atsidofiilsed sõmerad (mitte tuum, DNA puudub), hüalomeer on basofiilne tsütoplasma. Veres ringlevad trombotsüüdid on puhkeseisundis passiivselt liikuvad rakud ning nende eluiga on kuni 14 päeva. Inimese veres varieerub vereliistakute hulk laias piires - $200-400 \times 10^9/\text{L}$.

Trombotsüütides eristatakse nelja tsooni:

1. Perifeerne tsoon – rakumembraan kaetuna glükokaalüksiga. Soodustab ainevahetust hüalomeeri ja

vereplasma vahel.

2. Strukturaaltsoon – selle moodustavad mikrotuubulid, aktiini filamendid ja aktiini siduvad valgud, mis moodustavad rakumembraani toetava võrgustiku.
3. Organellide tsoon – hõlmab vereliistakute keskosa. Selles tsoonis paiknevad mitokondrid, peroksüsoomid ja kolme tüüpi graanulid.

α -graanulid diameetriga 0,12-0,3 μm on kõige arvukamad ning sisaldavad fibrinogeeni, hüübimist soodustavaid aineid (koagulatsioonifaktoreid), mis on vajalikud trombide moodustamiseks.

δ -graanulid on tihedad membraaniga ümbritsetud kehakesed diameetriga 50–150 nm, mis sisaldavad ADP, ATP, serotoniini ja histamiini.

λ -graanulid on sarnased lüsoosoomidele teistes rakkudes.

4. Membraantsoon – sisaldab kahte tüüpi membraankanaleid.

Avatud kanalikeste süsteem kujutab endast arengulisi jäänukeid demarkatsioonikanalitest. Tihe tuubulite süsteem talitleb kaltsiumi ionide deponeerimiskohana.

Vereliistakud on olulised verehüübimise aktiveerimisel, nad aitavad sulgeda väiksemaid vigastusi veresoonte seintes vältides sellega verekaotust.

Vere uurimine

Inimese kliiniliste uuringute puhul on tähtis roll vere uurimisel, sest saadud tulemused kergendavad arstil patsiendi seisundi hindamist. Vere äigepreparaadi valmistamiseks pannakse puhtale alusklaasile üks tilk verd ja see lükatakse lihvitud alusklaasiservaga sujuvalt laiali. Preparaat fikseeritakse metanooliga toa temperatuuril, lastakse kuivada ja värvitakse Pappenheimi või Wright'i järgi. Kliinilisel uuringul arvestatakse rakkude hulka ja valgevere vormelemente. Valgevere vormelementide näitaja saamiseks tuleb lugeda preparaadis vähemalt 100 leukotsüüti. Seejärel määratakse leukotsüütide liik ja arvutatakse välja leukotsütaarne valem (valem näitab leukotsüütidevahelist suhet protsentides).

Lümf (Lympha)

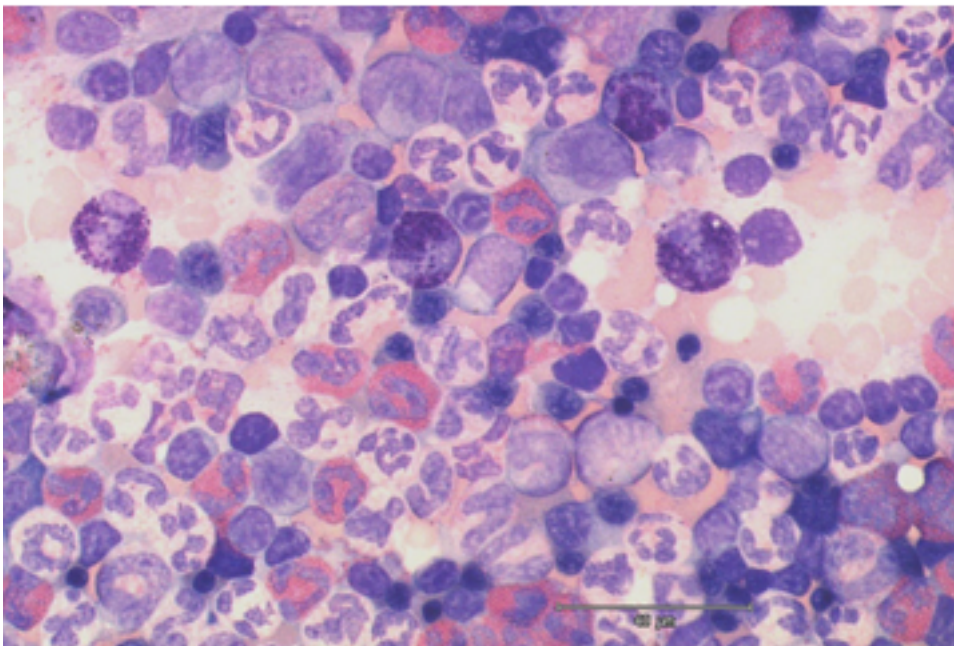
Lümfisoontes voolavat vedelikku, mis on värvuselt kas läbipaistev või õrnalt kollakas, nimetatakse lümfiks. Lümf koosneb lümfiplasmast ja vormelementidest. Lümfli vormelementide põhiosa moodustavad lümfotsüüdid (98%), selles võib leida monotsüüte ja vähemal määral teisi leukotsüüte. Lümfli moodustumine toimub kudede ja organite lümfikapillaarides. Lümfli koostis muutub pidevalt. Lümfisoonte teedel paiknevad kompaktsed organid – lümfisõlmed, kus toimub lümfli filtreerimine. Eristatakse **perifeerset** lümfli – selline lümf ei ole läbinud veel lümfisõlmi; **vahemist** lümfli – see lümf on läbinud lümfisõlme; ning **tsentraalset** lümfli – see lümf voolab paremas lümfijuhas ja rinnajuhas.

Vereloome e hemopoees

1. Mesoblastiline e mesenhümaalne vereloomeperiood on 1.-3. embrüonaalkuul. Sellel ajal ilmuvad rebukoti seinas vereloomekolded.
2. Hepatolienaalne periood. Sellel perioodil vereloomekolded tekivad põrnas 2. ja maksas 4.-5. embrüonaalkuul.
3. Müelolümfaatiline periood algab 8. embrüonaalkuul. Vereloome kandub punasesse luuüdisse ja lümfoidorganitesse (tüümus, põrn, lümfisõlmed, jne.).

Luuüdi

Luuüdi leidub pikkade luude üdiõõntes ja käsnuude pörgakeste vahel. Täiskavanuil on kahte tüüpi luuüdi - punane luuüdi (punane - hemoglobiin erütrotsüütides) ja kollane luuüdi (kollane - arvukalt rasvarakke). Loote- ja lapseas on kogu luuüdi punane ja hemopoeetiline. Täiskasvanul inimesel paikneb punane luuüdi koljuluudes, selgroolülides, rinnakorvi ja vaagnavöötme luudes, õlavarreluu ja reieluu peades.

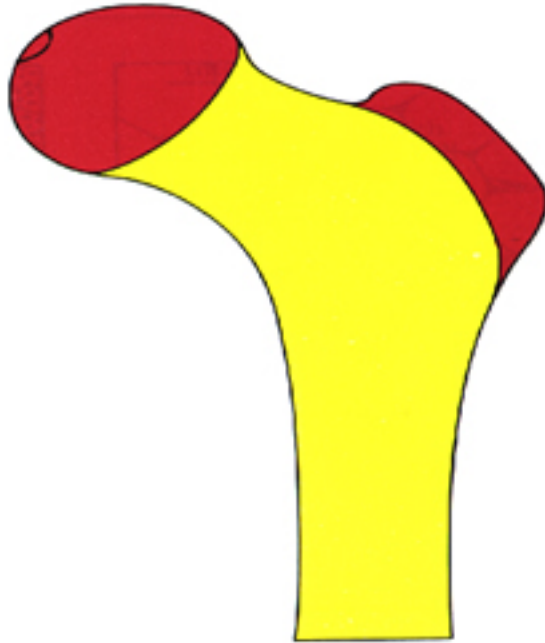


Punase luuüdi äigepreparaat. Pappenheim.

Punase ja kollase luuüdi paigutus lapsel ja täiskasvanul:



Lapse reieluu



Täiskasvanu reieluu

Täiskasvanuil on umbes pool luuüdist punane ja hemopoeetiline.

Kollane luuüdi võib vajadusel muutuda punaseks luuüdiks.

Vereloometüvirakkude arengut mõjutavad erinevad faktorid:

- **kasvufaktorid**
- proliferatsioon
- diferentseerumine
- küpsemine

Igal faktoril on üks või mitu toimet; osad toimivad sünergiliselt.

Rakk/rakk interaktsioone teatakse halvemini, kuid strooma rakud on olulised tüvirakkude diferentseerumisel ja küpsemisel.

Kõhrkude (Textus cartilagineus)

Üldiseloomustus

Kõhrkude on sidekoe vorm mille moodustavad kondrotsüütideks nimetatavad rakud ja kõrgelt spetsialiseeritud rakkudevaheline põhiaine. Erinevalt tavalisest sidekoest kõhrkude ei paindu ja on võimeline taluma olulist survet. Amorfse rakkudevahelise põhiaine koostis komponendid on samad, mis sidekoes kitsamas mõttes, kuid nende vahekord on erinev. Amorfne põhiaine sisaldab suurel hulgal vett - 75%. Sellisel kõrgel vee sisaldusel on konkreetne otstarve, sest kõhrkoes puudub verevarustus ning koe toitumine ja gaasivahetus toimuvad difusiooni teel. Kõhrkoes säilitavad vett võrgustiku moodustavad fibrillaarsed valgud, eeskätt kollageen II. Põhiline kõhrkoes sisalduv valk on kondromukoid. Kõhrkoes on rohkesti kondroitiinsulfaate, nende sisaldus on eriti kõrge kondrotsüütide ja neist moodustunud isogeensete gruppide ümber. Kõhreterritorium on kondrotsüütide ümber tugevalt värvuv basofiilne ala, muu rakkudevaheline piirkond on interterritoriaalsubstants. Eristatakse kolme tüüpi kõhrkude: hüaliinne, elastne ja fibroosne. Kuigi üldiseloomustuse poolest on kõhrkoed sarnased, on nende vahel siiski ka erinevusi, seda nii morfoloogilises ehituses kui ka funktsioonis. Kõhrkoe põhilised ülesanded inimese organismis on toestamine, amortisaatsioon, liigeskõhred soodustavad liigestes liikuvust jne.

Kõhrkude on mesenhümaalset päritolu. Kõhrkoe arenemine algab somiitide sklerotoomist kus toimub mesenhüümi rakkude aktiivne proliferatsioon. Rakud kaotavad jätked, paiknevad tihedalt ning koes tekib spetsiifiline pingelolek e turgor. Sellist koe piirkonda nimetatakse kondrogeenseks saarekeseks ning seal paiknevad mesenhüümirakud diferentseeruvad fibroblastide sarnasteks rakkudeks - kondroblastideks. Kondroblastid on kõhrkoe olulisemad rakud, nendest rakkudest moodustuvad kondrotsüüdid. Kõhrkoe kasv toimub pealeladestamisel ning noored kondrotsüüdid valmistavad intertsellulaarsubstanti. Intertsellulaarsubstants sisaldab II tüüpi kollageeni (moodustab jämedaid fibrille), kollageeni tüüp IX, X, XI (funktsioon teadmata), proteoglükaani aggrekan, hüaluroonhapet.

Organismi vananedes väheneb kõhrkoes glükoosaminoglükaanide (mukopolüsahhariidide) hulk ja langeb hüdrofiilsus. Toimub perikondri kondrogeense aktiivsuse langus ja väheneb regeneratsioonivõime. Kondrotsüütide organellid taandarenevad, rakkude hulk väheneb, samas tõuseb mineraalide hulk ning kõhr muutub rabedaks ja kergesti murduvaks.

Kõhred

Kõhred on kõhrkoe kogumikud, mis on ümbritsetud perikondriga (v.a. liigeskõhred) ja toituvad selle kaudu osmoosi teel.

Moodustuv kõhr on kaetud kestaga, mida nimetatakse perikondriks. Perikondri moodustavad kaks kihti – välimine e fibroosne kiududest moodustunud kiht ja sisemine e kambiaalne kiht. Perikondri kambiaalne kiht paikneb vastu kõhrkudet ja sisaldab kambiaalseid rakke ning kondroblastide erinevates arenguastmetes. Kõhre kasv toimubki kambiaalse kihi arvelt. Fibroosne kiht sisaldab kollageenseid, elastseid kiude, selles kihis paiknevad peenekaliibrilised veresooneid.

Kondroblast (*Chondroblast*)

Kondroblastid paiknevad kõhrkoe alade servas ja perikondri kambiaalses kihis. Kondroblastid pärinevad looteas mesenhüümi rakkudest, peale sündi aga sidekoe kambiaalsetest rakkudest.

Rakkude kuju on mitmesugune, preparaatides on rakud tugevasti deformeerunud ning neil on väikesed jätked. Raku tuum on ebakorrapärase kujuga ning kromatiin paikneb membraani all. Organellidest on kondroblastides arenenud kõik sellised, mis on vajalikud ainete sünteesiks ja sekretsiooniks: tugevalt arenenud granulaarne endoplasmaatiline võrgustik, mõõdukas Golgi kompleks tuuma juures, hulgaliselt vakuole, samas on mitokondreid rakus suhteliselt vähe. Palju on vimentiinist koosnevaid intermediaalseid filamente. Kondroblastid sünteesivad intertsellulaarsubstanti, sealhulgas kollageeni ja elastiini. Ehituselt ja talitluselt on nad sarnased sidekoe fibroblastidele.

Kondrotsüüt (*Chondrocytus*)

Kondrotsüüdid pärinevad kondroblastidest ning paiknevad küpses kõhrkoes kõhreõntes. Rakud paiknevad üksikult või hõredalt paigutunud isogeensete gruppidenä (*aggregationes chondrocyticae*) põhiaines ning rakkudel

on jätked. Rakumembraan moodustab püramiidjaid jätkeid, tuum on põisjas ja sopiline. Organellide esinemine rakus sõltub raku vanusest, noored rakud on lähedased kondroblastile, vanades rakkudes toimub organellide taandarenemine. Kondrotsüüdid jaotatakse kolmeks erinevaks tüübiks. I tüüpi kondrotsüüte iseloomustab kõrge tuuma – tsütoplasma suhe, rakus on hästi väljendunud endoplasmaatilise võrgustiku vakuoolid ja Golgi kompleks. Tsütoplasma sisaldab mitokondreid ja hulgaliselt vabu ribosome, glükogeeni ja lipiide. Rakkudes on tihti nähtavad mitoosid ning sellised rakud on ülekaalus arenevas kõhres. II tüüpi kondrotsüütidele on iseloomulik madalam tuuma – tsütoplasma suhe, DNA sünteesi langus. Rakus on hästi arenenud granulaarne endoplasmaatiline võrgustik ja Golgi kompleks. Golgi kompleksi komponendid kindlustavad glükoosaminoglükaanide ja proteoglükaanide moodustamise ja sünteesi intertsellulaarsubstantsi. III kondrotsüütide tüüp on kõige madalama tuuma – tsütoplasma suhtega. Granulaarne endoplasmaatiline võrgustik on väga tugevalt väljendunud ja paigutub rakus korrapäraselt. Kolmas kondrotsüütide tüüp moodustab ja sünteesib valke, kuid rakkudel langeb võime sünteesida glükoosaminoglükaane.

Kondrotsüüdid on kõhrkudede peamiseks rakuvormiks, noored rakud sünteesivad intensiivselt intertsellulaarsubstantsi. Vananedes langeb kondrotsüütide ainevahetuse kiirus, ning vanad rakud võivad koguni lammutada kõhrkudet.

Kondroklast (*Chondroclast*)

Kondroklastid paiknevad lammutatava kõhrkoe servades. Päritolult on nad paljutuumalised makrofaagid. Kondroklastid sarnanevad kitsamas mõttes sidekoe hiidrakkudega – need on võõrkeha tüüpi hiidrakud, millistes on hulgaliselt tuumi. Kondroklastide tõmbid jätked kinnituvad lammutatavale kõhrkoele. Kondroklastidel on suhteliselt väikesed, kuid arvukad tuumad (kuni 30). Rakul on mõõdukas granulaarne endoplasmaatiline võrgustik ja Golgi kompleks. Tsütoplasmas paikneb rohkesti lüsoosome ja jääkkehasid. Kondroklastide ülesandeks on eluks mitesobiva (ainevahetuse häired, trauma jne) kõhrkoe resorptsioon.

Kõhrkoe rakkudevaheline põhiaine (*substantia fundamentalis cartilaginea*)

Kõhrkoe orgaaniline rakkudevaheline aine e maatriks on Ca soolade ladestumise kohaks ning kõhrkoe kuivaines on kuni 70 % kollageeni. Rakkudevahelise aine moodustab amorfne põhiaine ning prekollageensed, kollageensed ja elastsed kiud. Amorfse põhiaine komponentideks on valgud, lipiidid, glükoosaminoglükaanid (kondroitin-4 ja 6 sulfaadid; keratan-sulfaat; hüaluroonhape) ning suures mahus proteoglükaanid. Kõhrkoes paiknevad kuni 100 nm diameetriga kollageen II kiud ning nende ülesandeks on kõhrkoe maatriksi toestamine. Elastsed kiud on sidekoekiududele sarnase struktuuriga. Prekollageensed argüofiilsed kiud paiknevad kõhrealade servas. Kõhrkoe maatriksile on iseloomulik kõrge hüdrofiilsus, mille tulemusena on võimalik toitainete, soolade ja vee difusioon.

Kõhrkoe reparatiivne regeneratsioon

Kõhrkoe regeneratsiooni alguses kasvab kahjustatud piirkonda sidekude koos veresoontega, kuid see protsess kulgeb väga aeglaselt. Seejärel diferentseeruvad veresoonte seinas paiknevad adventitsiaalrakud kondroblastideks ja kondrotsüütideks, põhiaine kaldub mineraliseeruma. Kõhrkoel on olemas histoloogi seisukohalt regeneratsioonivõime, klinitsistide seisukohalt peetakse seda aga tagasihoidlikuks.

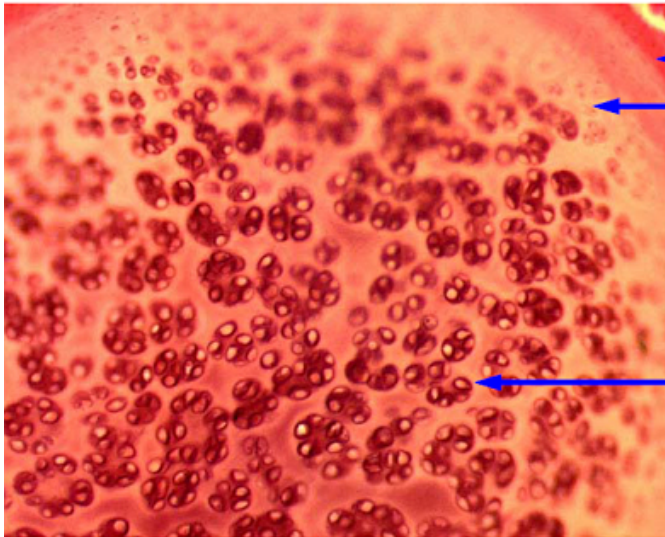
Kõhrkoe tüübid

Hüaliinne kõhrkude (*Textus cartilagineus hyalinus*)

Suurema osa areneva embrüo luustikust e primordiaalse skeleti moodustab hüaliinne kõhrkude. Täiskasvanud inimesel moodustab hüaliinne kõhrkude nina- ja roidekõhred, liigeskõhred, kõri kilp- ja sörmuskõhre. Hingamisteedes moodustab hüaliinne kõhrkude trahheas trahheaalrõngad ning suuremates bronhhides kõhrkoe plaadikesed. Hüaliinises kõhrkoes kõrvuti sarnasusega esinevad ka morfoloogilised erinevused, millised tingib asukoht organismis. Enamus inimese organismis paiknevast hüaliinsest kõhrkoes on kaetud perikondriga (*perichondrium*) mis moodustab koos hüaliinse kõhrkoe plaadikesega anatoomilised struktuurid – kõhred. Perikondris e kõhreümbrises on kaks erinevat kihti – välimine ja sisemine. Välimise kihi moodustab tihe kiududerohke sidekude koos veresoontega. Sisemine, rakurohke kiht, on rikas kondroblastide ja prekondroblastide sisalduse poolest. Kõhreümbrise all kõhre ülemises kihis paiknevad noored piklikud kondrotsüüdid, sügavamates kihtides on rakud ümarama kujuga. Hüaliinises kõhrkoes paiknevad kondrotsüüdid põhiaines moodustunud ümarates õõnsustes – kõhreõõntes (*lacunae cartilagineae*). Ümber kõhreõõnte paiknev õhuke triipu meenutav ala värvub preparaatides basofiilselt ning seda struktuuri nimetatakse kõhrekihnuks (*matrices pericellulares*). Kõhrerakke ümbritsev põhiaine on preparaatides samuti nähtav intensiivsemalt värvununa ning kannab nimetust rakuõued e rakuterritooriumid (*territorium cellularum*). Rakkude vahel paikneb interterritoriaalsubstants, mis sisaldab hulgaliselt II tüüpi kollageeni 15-45 nm paksuseid kiude. Hüaliinne kõhrkude sisaldab palju glükoosaminoglükaane, lisaks veel proteoglükaane, lipiide ja II tüüpi kollageeni.

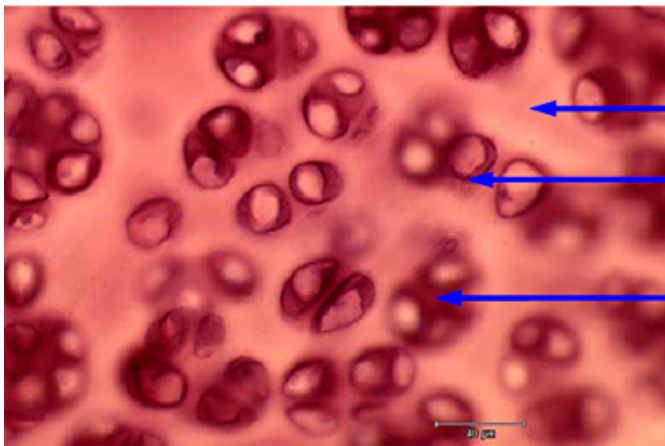
Hüaliinne kõhrkude on organismis laialdaselt esinev kõhrkoe liik. Hüaliinse kõhrkoe moodustab intertsellulaarsubstants ja rakud - kondrotsüüdid. Kõhre välimises piirkonnas paiknevad rakud hõredalt, tsentraalsemas tsoonis moodustavad kõhrerakud kahest kuni neljast rakust koosnevaid isogeenseid grappe. Hematoksüliin-eosiiniga värvitud preparaatides tundub intertsellulaarsubstants homogeenne koena, tegelikult paiknevad aga seal erinevates suundades orienteeritud kollageensed kiud. Intertsellulaarsubstants värvub basofiilselt, ning eriti intensiivselt isogeensete gruppide ümber. Seda ala nimetatakse kõhreterritoriumiks, ülejäänud, nõrgemalt basofiilselt värvuvat ala aga interterritoriaalsubstantsiks. Vahetult kõhreõõnte seinas on õhuke kõhrekiht.

Hüaliinne kõhrkude H & E



Perikonder
Tsoon, kus paiknevad põhiliselt kondroblastid. Nõrgalt väljakujunenud kõhreterritooriumid

Kondrotsüüte sisaldav tugevalt väljakujunenud kõhreterritooriumitega tsoon



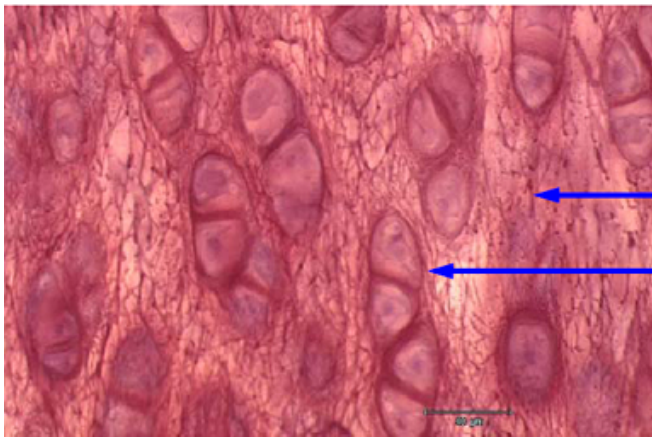
Interterritiaalsubstants
Kondrotsüütidest moodustunud isogeenne grupp

Kõhreterritoorium

Elastne kõhrkude (*Textus cartilagineus elasticus*)

Elastne kõhrkude paikneb inimese organismis piirkondades, kus ta peab taluma paindumist ja olema vetruv (kõrvalestakõhred, kõripealise e epiglottise kõhr, väliskõrmekäigu kõhr, väikeste bronhide kõhretükikesed jt). Elastne kõhrkude on läbipaistmatu ja kollakat värvi. Elastses kõhrkoos paiknevad intertsellulaarsubstantsis kollageensete kiudude kõrval erinevates suundades kulgevad rohkearvulised elastsed kiud, mis moodustavad ümber kõhrerakkude tiheda võrgustiku. Elastses kõhrkoos on kõhrerakke vähem, kui hüaliinses, nad paiknevad üksikult või moodustavad kahest rakust koosnevad isogeensed grupid. Elastne kõhrkude sisaldab vähem lipiide, glükogeeni ja kondroitiinsulfaate kui hüaliinne kõhrkude.

Elastse kõhrkoe moodustavad samuti interterritoriaalsubstants ja kondrotsüüdid, kuid nende vahekord on erinev hüaliinsest kõhrkoest. Elastses kõhrkoos on tunduvalt vähem isogeenseid grupe ja need koosnevad tavaliselt ainult kahest kondrotsüüdist. Intertsellulaarsubstantsis paiknevad nii kollageensed kui ka rohked elastsed kiud, millised moodustavad võrgustiku. Elastseid kiude esineb suuremal hulgal kõhrkoe keskmises piirkonnas ja kondrotsüütide ümbruses, kuid need kiud ei esine kõhreterritooriumites.



Elastne kõhrkude Resortsiiinfuksiin

← Elastsete kiudude võrgustik

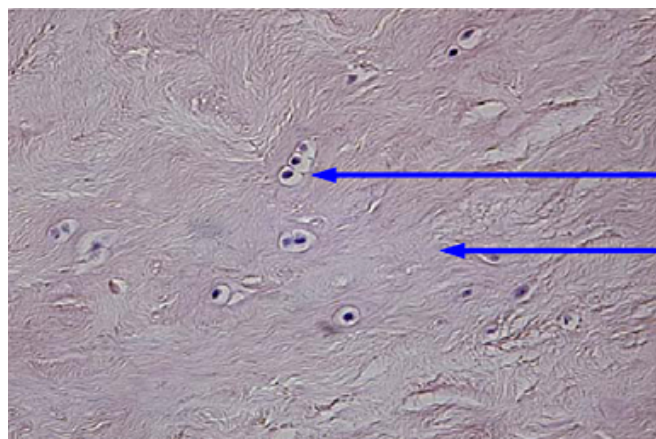
← Kondrotsüüdid (isogeenseid gruppe vähem võrreldes hüaliinse kõhrkoega)

Fibroosne kõhrkude (*Textus cartilagineus fibrosus*)

Fibroosse kõhrkoe põhimassi moodustavad paralleelselt paiknevate kollageensete (kollageen tüüp I) kiudude kimbud. Kondrotsüüdid paiknevad kõhreõõntes tavaliselt üksikult või moodustavad väikseid isogeenseid gruppe. Kondrotsüütide tsütoplasma on tihti vakuoliseeritud. Fibroosne kõhrkude on üleminekuvorm tiheda sidekoe ja hüaliinse kõhrkoe vahel. Inimese organismis on fibroosest kõhrkoest moodustunud liigeskettad, liigesmeniskid, selgroolülide vahekettad e intervertebraaldiskid.

Fibroosne kõhrkude on üleminekuvormiks tiheda sidekoe ja kõhrkoe vahel. Fibroosse kõhrkoe moodustab intertsellulaarsubstants ja peamiselt üksikult paiknevad kondrotsüüdid.

Isogeenseid gruppe näeme fibroosses kõhrkoes harva. Intertsellulaarsubstantsis paiknevad suured, erinevalt orienteeritud kollageensete kiudude kimbud.



Fibroosne kõhrkude H & E

← Kondrotsüüdid (isogeenseid gruppe vähe)

← Kollageensete kiudude kimbud

Luukude (Textus osseus)

Üldisloomustus

Luukude kuulub tugikudede hulka ning tagab organismile toese. Luudele kinnituvad lihased ja seeläbi on luud otseselt seotud ka organismi liikumisfunktsiooniga. Nagu teisedki koed, koosnevad ka luukoed rakkudest ja rakkudevahelisest ainest. Intertsellulaarsubstants koosneb kiududest ja ligi 70% anorgaanilisi ühendeid sisaldavast põhiainest. Põhiaine eristatakse orgaanilist ja anorgaanilist komponenti ja võrreldes teiste tugikudedega on siin just anorgaaniline komponent enam väljendunud, mis tingib ka luude tugevuse. Luukoe kõrgele mineralisatsioonile vaatamata toimuvad luukoos pidevalt muutused – uuendatakse luukoe ainelist koostist, lammutatakse ja moodustatakse uut luukude. Luukoe seisund muutub sõltuvalt inimese vanusest, tervisest, füüsilisest koormusest jt teguritest. Luukude jaotatakse kaheks tüübiks: põimikluukude (*textus osseus reticulofibrosus*) ja lamellaarne luukude (*textus osseus lamellosus*). Inimese organismis prevaleerib lamellaarne luukude, mis on põhiliseks anorgaaniliste ainete depooks.

Luukoe ehitus

Lamellaarne luukude (*Textus osseus lamellosus*)

Lamellaarne luukude koosneb amorfsest põhiainest ja rakkudest – osteoblastidest, osteotsüütidest ja osteoklastidest.

Osteoblastid (*Osteoblasti*)

Osteoblastid on luukoe noorrakud. Rakkude ülesandeks on luu orgaanilise maatriksi süntees ja selle sekreteerimine enda ümbrusesse selliselt, et raku jätkete ümber moodustuksid kanalikesed. Luu mineraliseerumisel täidavad osteoblastid abistavat funktsiooni. Arenguliselt eristatakse mitmeid osteoblastide vorme, kuid nende diferentseerimine ei ole lihtne ja seetõttu võib see erinevatel autoritel olla küllaltki erinev. Osteoblastid on suured rakud (15-20 µm) ning nende kuju - ümmargune, ovaalne või silindriline sõltubki suurel määral raku arenguastmest. Osteoblastides ei ole nähtud mitoosi. Raku tuum paikneb rakus ekstsentriliselt ja asub rakus võimalikult kaugel luu põhiainest. Tsütoplasma on basofiilne, kuid on piirkondi, kus basofiilsus puudub ja need piirkonnad vastavad Golgi kompleksi asukohale. Rakud on varustatud rohkete jätketega mis on nähtavad ainult erivärvingutega värvitud preparaatides. Rakkude jätkete kaudu on naaberakud omavahel ühenduses ja jäävad ühendusse ka siis, kui osteoblastid sulunduvad enda poolt sünteesitud põhiainesse. Osteoblaste on vaja diferentseerida plasmarakkudest, millistel on samuti basofiilne tsütoplasma, fibroblastidest ja kondroblastidest. Põhiline reegel osteoblastide äratundmisel on see, et need rakud on eranditult seotud luukoega ja asuvad selle pinnal. Osteoblastid on sekretsioonivõimelised rakud, nendes on hästi arenenud polaarse paigutusega endoplasmaatiline võrgustik. Golgi kompleks esineb tsütoplasmas paiguti ja sisaldab suuri põiekesi. Raku apikaalses osas jõuavad põiekesed pinnani, suunduvad isegi rakust välja ning on nähtavad raku ümbruses. Põiekesed sisaldavad kas fibrillaarseid struktuure (prekollageen) või amorfset sisu (ensüümid jne).

Eristatakse kolme liiki sekredisõmeraid:

1. Ümmargused – sisaldavad peeneid prokollageeni fibrille mis paiknevad korrapäraselt
2. Silindrilised – sisaldavad korrapäraselt paralleelselt paigutunud kollageeni profibrille
3. Piklikud – nendest vabastatakse raku pinnal prokollageen

Rakk on võimeline sekreeti saatma välja igas suunas, sellest ka Golgi kompleksi elementide mitmekesine paigutus rakus. Osteoblastide tsütoplasma perifeerses osas esineb hulgaliselt filamente, mis ulatuvad ka jätketesse. Filamentide diameeter on 5 – 7 nm, filamendid sisaldavad aktiini (kontraktsioonivõimelist) meenutavaid ühendeid ja seovad rasket meromüosiini. Seega on osteoblastidel mingi liikumisfunktsioon, kuid rakud ei liigu aktiivselt. Tõenäoline on, et osteoblastid tagavad teatud jätkete liikumise hiljem moodustuvates kanalikeses. Arenguliselt pärinevad osteoblastid kambiaalsetest rakkudest (adventitsiaalrakud), embrüonaalses perioodis aga vahetult mesenhüümirakkudest.

Osteotsüüdid (*Osteocytus*)

Osteotsüüdid on osteoblastide otsesed järglased. Sellest momendist alates, mil osteoblast sulundub enda poolt sünteesitud põhiainesse, räägime osteotsüüdist. Osteotsüüt on suure ümara tuumaga ja pikkade jätketega rakk, mis paikneb luulakuunis. Luulakuunid on tühimikud põhiaines, kus liigub koevedelik. Osteotsüüdid ei ole lakuuni seinaga tihedas kontaktis, sinna vahele jääb pilujas ruum. Osa osteotsüüdi jätkeid kinnitub lakuuni seinale, suurem osa aga paikneb nende ümber moodustunud kanalikestes. Kanalikestes lisaks seal paiknevatele jätketele tsirkuleerib koevedelik. Kanalikeste sein kuni lakuunini ei ole mineraliseerunud, vahele jääb õhuke mineraliseerumata põhiaine kiht. Nagu osteoblastid, nii on ka osteotsüüdid omavahel ühenduses jätkete kaudu. Kanalikesed ja neis paiknevad ning omavahel ühenduvad rakujätked tagavad luus mikrotsirkulatsiooni. Naaberrakkude vaheliste kontaktide kaudu toimub elektrolüütide ja madala molekulaarmassiga ainete üleminek ühelt rakult teisele. Rakkudevahelist tsirkulatsiooni soodustavad juba osteoblastide juures kirjeldatud mikrofilamendid jätketes ja ka tsütoplasma perifeersemates osades. Noored osteotsüüdid on ehituselt sarnased osteoblastidele, neil on säilinud võime luu intertsellulaarsubstantsi sünteesimiseks. Küpsetes rakkudes taandarenevad granulaarne endoplasmaatiline võrgustik ja Golgi kompleks. Osteotsüütide ülesandeks on kindlustada maatriksi terviklikkus ning vajadusel vabastada maatriksist mineraalaineid. Mineraalainete vabastamist maatriksist nimetatakse osteotsütaarseks osteolüüsiks ja see protsess ei pruugi olla patoloogia väljenduseks.

Osteoklastid (*Osteoclasti*)

Osteoklastid on hematogeenset päritolu rakud, mis funktsioonilt meenutavad makrofaage. Osteoklastidega on seotud luukoe resorptsioon. Osteoklastid on suured hulgituumsed rakud, mis ehituselt ei erine oluliselt kondroklastidest. Aktiivse resorptsiooni korral rakud liibuvad resorbeeritavale luule, tsütoplasmas esineb graanuleid ja rakul on kõrge happelise fosfotaasi aktiivsus. Osteoklastide diameeter on kuni 200 µm. Plasmamembraan moodustab pinnal, mille kaudu toimub resorptsioon, väikesi jätkeid – neis puuduvad mitokondrid ja endoplasmaatiline võrgustik. Ribosoomid on rakus vähe ning nende paigutus on ebakorrapärane. Rakud sisaldavad rohkesti vakuole ning neis on rohkem mitokondreid võrreldes osteoblastide ja osteotsüütidega.

Osteoklastide tsütoplasmas eristatakse nelja piirkonda:

1. Ääristsoon. Selles piirkonnas on ebakorrapärase paigutusega väikesed mikrohatud, mis anastomoseeruvad omavahel. Mikrohatud tungivad tihedalt vastu resorbeeritavat luupinda ja isegi selle sisse. Kui rakk on mitmes kohas ühenduses resorbeeritava luuga, siis moodustub ka vastav arv ääriseid. Ääristsoon on seega tingitud resorptiivsetest protsessidest.
2. Hele tsoon. See tsütoplasma piirkond ei sisalda organelle. Paikneb selles raku piirkonnas, kus on olemas ääristsoon. Plasmamembraan ei moodusta hatukest, kuid järgib täpselt luu pinda. Täheledatakse peente aktiini sisaldavate filamentide kimpe, millised paiknevad risti resorbeeritava luuga. Tänu filamentidele kinnitab rakk ennast luule ning omab ka minimaalset liikumisvõimet.
3. Põiekestes ja vakuoolide tsoon. Selles tsütoplasma piirkonnas paikneb palju mitmesuguse suurusega membraaniga ümbritsetud põisjaid struktuure. Kõige suuremad põiekesed on tingitud väga tugevast tsütomembraani sissesopistumisest. Keskmise ja väiksema suurusega põiekesed on fagosoomid.
4. Basaalsoon. Selles tsoonis paikneb rohkesti tuumi. Tuuma ümbritsevas tsütoplasmas on rohkesti mitokondreid ja ribosoomid. Basaalsoonis paikneb hästi väljendunud Golgi kompleks ja nõrgalt väljendunud granulaarne endoplasmaatiline võrgustik.

Osteoklastide ülesanded on luukoe resorptsioon, fagotsütoos, luukoe ümberehitus. Osteoklastid osalevad luu ümberehituses, seda nii normaalse protsessi puhul kui ka haiguste korral. Talitlust stimuleerib O₂ vaegus ning arvatakse, et seetõttu eritub CO₂ ja selle abil toimub lokaalne pH langus, mis põhjustab demineraliseerumist. Osteoklastid väljutavad happelisi aineid ja osa fermente, millised vahetult mõjutavad resorbeeritavat luud (happeline fosfataas). Luu põhiaine resorbeerimisel osteoklastide poolt tekivad luusse sügavad erosiooni e Howshipi lakuunid.

Luukoe intertsellulaarsubstants

Luukoe intertsellulaarsubstantsi moodustavad kiud ja maatriks. Luukoes nagu teisteski sidekoeliikides paiknevad kollageensed ja elastsed kiud. Noores luukoes esineb ka argürofiilseid e prekollageenseid kiude.

Maatriks

Luukoe orgaaniline komponent võtab enda alla kuivainest 30-35%, noores luus enamgi. Esinevad fibrillaarsed struktuurid (kollageensed kiud), amorfne põhiaine, küllaltki palju glükogeeni ja glükoproteiide. Noores luus esineb

ka albumiine, millised pärinevad verest, mitte ei valmistata osteoblastide poolt. Anorgaaniline komponent võtab enda alla 65-70 % kuivainest. Esiolgu tuleb selgeks teha kahe mõiste erinevus: mineraliseerumine e kaltsifitseerumine võib toimuda mitmesugustes kudedes. Ossifikatsioon e luukoe moodustumine toimub ainult luukoos, kuigi sisuliselt ka see lõpeb mineraliseerumisega. Põhiliseks luukoe mineraalaineks on kaltsiumfosfaat - apatiitkristallidena, esineb ka karbonaate ja teisi anorgaanilisi ühendeid - fluoriidid, magneesiumkarbonaat, kuid neid on tunduvalt vähem.

Mineraliseerumine

Mineraalainete salvestumine algab osteoidse koe staadiumis, kus moodustub kaltsifikatsioonijoon. Osteoidse koe sünteesivad osteoblastid, kuid otse raku ümbrusesse mineraalained ei ladestu. Kaltsium ja fosfor pärinevad verest ja lõplikult moodustavad maatriksis kristalle (hüdroksüapatiit). Kaltsiumi ja fosfori kontsentratsioon pole küllaldane, et võiks toimuda soola sadenemine luu põhjainesse ja selleks on vajalikud abistavad faktorid. Kristallid seotakse tihedalt kollageeniga, kuid on oluline, kas mineraalide kristallid paiknevad kiudude vahel või sees. Kui mineraalide kristallid paiknevad kiudude sees, siis paigutuvad nad molekulide otstesse jäävatesse vaheruumidesse. Kollageensed kiud ise indutseerivad mineraliseerumist ning see protsess on üks olulisemaid luukoe iseärasusi. Seejuures mineraliseerumise puudulikkus põhjustab kliinikus palju probleeme, näiteks luumurdude korral. Mineraliseerumise eel on moodustunud osteoidne kude, mille põhjaine sisaldab mittekollageenset valku võrreldes luuga oluliselt rohkem ja happelisi mukopolüsahhariide kuni kaks korda rohkem kui küpses luus. Luukoe põhjaines esinevad tegelikult samasugused komponendid kui kiudsidekoe ja kõhre põhjaines, kuid seal normaalsetes tingimustes mineraliseerumist ei toimu. Seega inhibeerib mineraliseerumist pürofosfaat, mida osteoidses koes aga lammutatakse. Mineraliseerumisel seostatakse kaltsium ja fosfor eraldi orgaaniliste ühenditega ja alles seejärel on võimalik mineraalainete sulundamine luukoosse.

Osteonid kui luu struktuursed ühikud

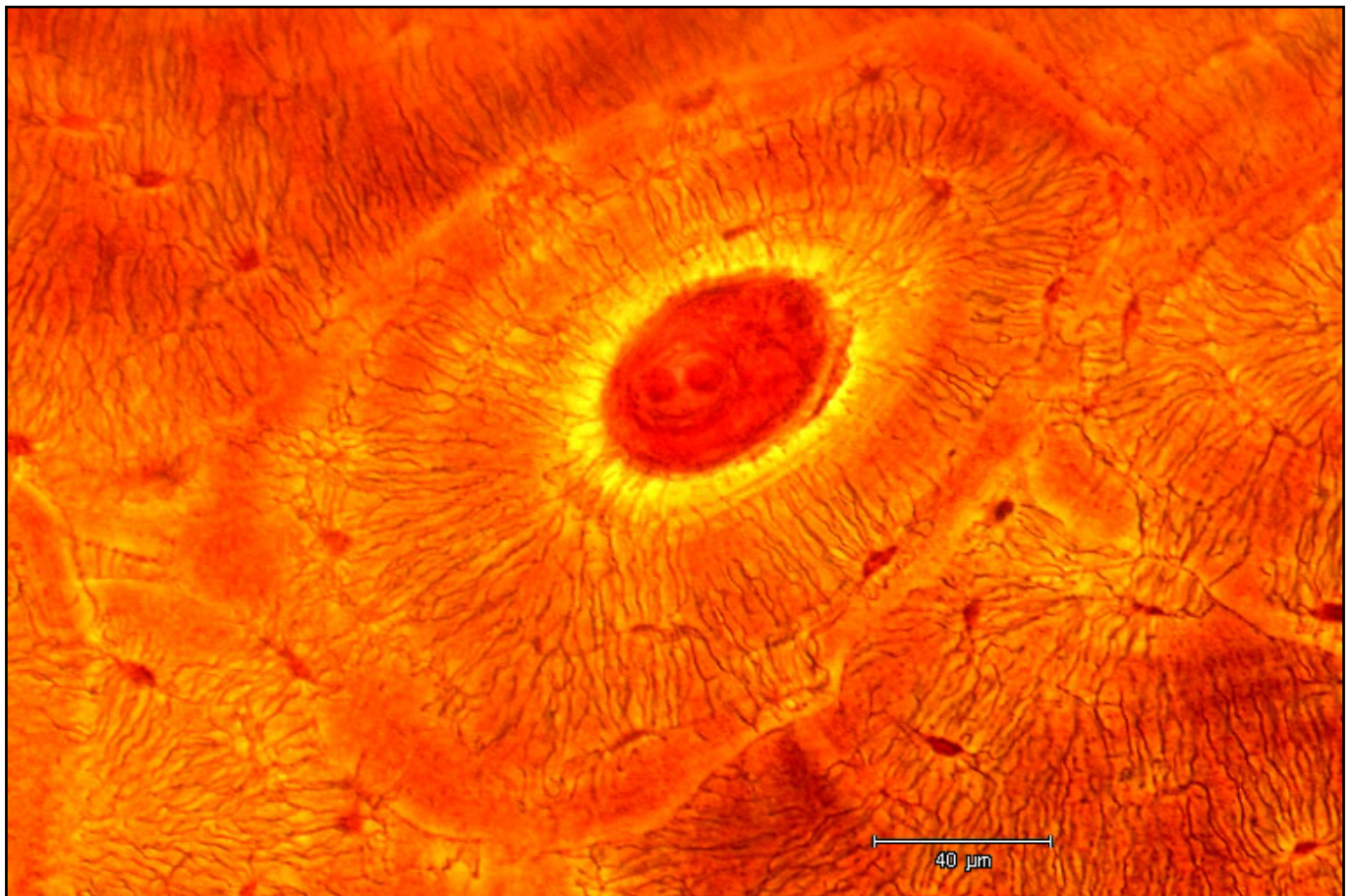
Toruluudes on eraldatavad pikisuunas kulgevad silindrikujulised moodustised, mida nimetatakse osteonideks. Osteonid koosnevad kontsentriselt paigutunud struktuuridest – luulamellidest. Osteonide vahel paiknevad vahelamellid, mis on tekkinud luukoe pideva ümberehituse käigus ja kujutavad endast osasid varem eksisteerinud osteonidest. Pinna ja üdiõõne poolt katavad osteone välimised ja sisemised generaallamellid.

Osteoni ehitus

Osteoni keskel paikneb kanal, millel on mitu nimetust: tsentraalkanal, osteoni kanal, Haversi kanal. Osteoni kanalis paiknevad veresooned, närvid ning neid ümbritsev sidekude. Ümber kanali paiknevad osteoni e Haversi lamellid. Lamellide vahele jäävad luulakuunid, kus paiknevad rakud – osteotsüüdid. Seejuures lakuuni mõõtmed on mõnevõrra suuremad, kui osteotsüüdi mõõtmed. Vahele jääb pilujas ruum, milles liigub koevedelik. Osteotsüüdid on jätketega ühenduses naaberlamellides olevate samasuguste rakkudega. Rakkude jätked paiknevad peenikestes kanalikestes, mis sisaldavad lisaks jätketele ka koevedelikku. Ühinenud jätkete piirkonnas on võimalik elektrolüütide ja madala molekulaarmassiga ainete üleminek ühest rakust teise. Selline süsteem tagab luukoes kõige peenema tsirkulatsiooni ning häired selles viivad luukoe kahjustusele. Naaberosteoni kanalid on omavahel ühendatud perforeerivate e Volkmanni kanalitega.

Osteoni moodustumine

Esiolgu moodustuvad küllaltki õhukesed luutrabeekulid, milliste ümber paikneb sidekude koos vahetult luuga kontakteeruvate osteogeensete rakkudega. Viimased sünteesivad põhiainet, sulunduvad sellesse ning moodustub uus lamell. Samal ajal diferentseeruvad pinnale uued osteogeensed rakud, millised moodustavad järgmise lamelli.



Luukoe tüübid

Põimikluukude (*Textus osseus rudifibrosus*)

Põimikluukude esineb inimese embrüol üleminekuvormina lamellaarsele luukoele. Põimikluukoes puudub lamellaarne ehitus, kude on esindatud jämedate, erinevas suunas orienteeritud kollageensete kiudude kimpudega. Täiskasvanutel esineb selle luukoe tüüp kõõluste kinnituskohtadel luudele ning koljus kinnikasvanud koljuõmbluste vahel. Luukoe põhiaines korrapäratult paiknevates luulakuunides asuvad suured, väheste lühikeste jätketega osteotsüüdid.

Luuümbris e periost (*Periosteum*)

Luuümbrises eristatakse kahte kihti: välimist fibroosset (*stratum fibrosum*) ja sisemist rakulist (*stratum cambiale*). Välimise kihi moodustab kiudsidekude, kus pikisuunas paiknevad kollageensed kiud. Välimine kiht sisaldab ka hargnevat elastsete kiudude võrgustikku. Välimisest kihist sügavale luusubstantsi kulgevaid kollageenseid kiude nimetatakse perforeerivateks e Sharpey kiududeks. Sisemine kiht on moodustatud erinevas arenguastmes olevatest osteoblastidest, osteoklastidest ja kollageensetest kiududest. Periosti läbivad luud toitvad veresooneid ja närvid, mis hargnevad sisemises kihis. Luuümbrise ülesandeks on luu ühendamine ümbritsevate kudede ja osaleb kõikides luuga toimuvates protsessides.

Endost (*Endosteum*)

Endost on luud üdiõõne poolt kattev õhuke sidekoeline kest. Endosti moodustab kiudsidekude, kesta on osteoblaste ja osteoklaste.

Luude areng

Katteluude areng

Luukude areneb kahel viisil:

1. vahetult mesenhüümist. Sellisel viisil tekivad nn. katteluud (koljulaeluud, enamik näoluid ja rangluu) ja protsessi nimetatakse desmaalseks e. intramembranoosseks ossifikatsiooniks.
2. kõhreliste "luumudelite" (primordiaalse skeleti) luukoega asendumisel. Sellisel viisil tekivad nn asendusluud (enamik skeleti luudest). Protsessi nimetatakse kondraalseks ossifikatsiooniks. Kõhre asendumine luukoega toimub kahel viisil: kõhre pinnal e perikondraalselt ja kõhre sees e en(do)kondraalselt. Esmalt tekib luu diafüüsi ümber perikondraalne luumansett, mistõttu kõhre toitumine häirub ja põhiaine kaltsifitseerub – tekib luustumistuum e ossifikatsioonitsenter. Seejärel mesenhümaalne kude tungib periostaalpungana läbi luumanseti. Mesenhümaalsed rakud diferentseeruvad osteoblastideks ja algab enkondraalne ossifikatsioon. Diafüüsi tekib üdiöös, mis täitub primaarse luuüdiga. Luustumine laieneb pidevalt epifüüside suunas ja luustumispiirkonna naabruses on kõhrkude muutunud. Luustumis- e. ossifikatsioonitsoonist eemal on kõhrerakud pundunud, hüpertrofeerunud ja reastunud sammasteks. Järgmises tsoonis kõhrerakud paiknevad hästi tihedalt - see on kasvutsoon, kus toimub kõhrerakkude intensiivne jagunemine. Analoogselt luustumistuumadele diafüüsis tekivad hiljem ossifikatsioonitsentrid ka epifüüsid ja diafüüsi ning epifüüsi vahele jäävad ainult kõhrelised epifüüsiplaadid. Viimased võimaldavad luude pikikasvu ja nende läbimurdamisel lakkab luude kasv (ühtlasi ka kogu organismi kasv). Luude jämedamaks kasvamine toimub pealistumise e apositsiooni teel perikondraalse ossifikatsiooni arvel.

Asendusluu areng

Embrüonaalperioodis mesenhüümist diferentseerub hüaliinne kõhrkude, mis moodustab tulevasele luule kõhrelise mudeli. Kõhreaala ümbritseb perikonder, mille arvel kõhreline mudel mõõtetelt suureneb. Samas aga ainevahetuse puudulikkus põhjustab diafüüsi osas kõhrkoe degenerereerumist ja hävimist. Järgnevalt moodustub diafüüsi ümber järk-järgult paksenev ja epifüüside suunas kasvav luuline mansett. Sellist luukudet nimetatakse perikondraalseks luuks. Perikondraalse luu perforeerib veresoon koos mesenhüümi ja teiste kambiaalsete rakkudega (adventitsiaalrakud). Järgneb kõhrkoe lõplik hävimine diafüüsi ulatuses. Moodustub veresoonte ja mitmes suunas diferentseerumisvõimelistest mesenhümaalsetest rakkudest täitunud primaarne luuüdiöös. Luu otstes hüaliinne kõhrkude säilib, toimub pidev kõhrerakkude paljunemine. Primaarse üdiööne suunas aga toimub kõhrerakkude ümberpaigutumine. Esialgelt asetuvad nad luu pikiteljega paralleelsetesse sammastesse. Järgnevad düstroofilised muutused kõhrerakkudes, mis väljenduvad nende puhitumises. Edasi kõhrerakud üldse hävivad, küll aga säilib intertsellulaarsubstant, mis mineraliseerub. Selliste mineraliseerunud põhiaine väärtide ümber paigutuvad mesenhüümirakkudest diferentseerunud osteoblastid, millised alustavad luu mineraliseerumata põhiaine – osteoidse koe – sünteesimist. Jäädes enda poolt sünteesitud osteoidsesse koesse, kaotavad osteoblastid funktsionaalse aktiivsuse ja nii moodustuvad osteotsüüdid. Järgnevalt osteoidne kude mineraliseerub ja saame tüüpilise enkondraalse luukoe. Protsess ei ole aga lõplik ning jätkuvad ümberehituslikud protsessid luus. Osa luust lammutatakse osteoklastide poolt, need rakud asetsevad enda poolt resorbeeritud luusse moodustuvates erosioonilakuunides.

Luu otstesse jäävasse hüaliinsesse kõhrkoesse tungib samuti veresoon, mis põhjustab hüaliinse kõhre koldelise hävimise. Sellisel viisil moodustuvad luustumistuumad.

Luukoe reparatiivses regeneratsioonis toimuvad vigastuskohas põhimõtteliselt samasugused koeptsessid nagu luukoe arenemisel (intramembranoosne ja enkondraalne ossifikatsioon).

Luukoe reparatiivne regeneratsioon

Luukoe füsioloogiline regeneratsioon toimub pidevalt. Reparatiivne regeneratsioon algab aga peale luukoe vigastamist. Vigastuse paranemine toimub luuarmi e kalluse moodustumise näol.

Regeneratsiooniprotsessi staadiumid:

1. *staadium – kudede destruktsioon*

Vigastuse piirkonnas rebenevad luu veresooneid, mille tulemuseks on verevalanduse teke. Osa kudesid (luu ja pehmed koed) saavad niivõrd vigastada, et ei jää elujõuliseks. Vigastuskoha naabruses kaotab luukude verevarustuse, algavad lammutusprotsessid kõigepealt lakuunide ja seejärel kanalite seinas. Toimub eluks sobimatute koostisosade hävimine, luukanalite laienemine, demineralisatsioon. Kujuneb välja vereseiskus ja pais, tekib hematoom, mis on põletiku põhjustaja. Põletik, soodsal juhul aseptiline, on peamiseks reaktiivseks muutuseks regeneratsiooni esimeses staadiumis. Selles staadiumis domineerivad lammutusprotsessid. Põletiku kulg luuvigastuse piirkonnas on põhimõtteliselt samasugune, nagu sidekoes kitsamas mõttes.

2. staadium – rakkude proliferatsioon

Teine staadium katub osaliselt eelmisega, kuna juba siis koondusid vigastuspiirkonda granulotsüüdid, lümfotsüüdid ja makrofaagid. Põletiku lõppfaasina algab fibroblastiline reaktsioon, mille tulemusena makrofaagide poolt puhastatud vigastatud piirkond täitub vähemalt osaliselt sidekoega. Sidekoe hulk on seda suurem, mida halvemini on paigaldatud fragmendid. Samas perioodis algab ka reaktsioon periosti ja endosti poolt. Diferentseeruvad nii osteogeensed rakud (osteoblastid) kui ka kondrogeensed rakud (kondroblastid). Millises suunas diferentseerumine kulgeb, sõltub konkreetsetest tingimustest. Halva immobilisatsiooni ja puuduliku veresoonte sissekasvu korral areneb enam kõhrkude. Samuti täidab esmalt kõhrkude ka suuremad defektid (halb paigaldus). Ohuks on ka liigne luu ümbrusest pärineva mitteosteogeense sidekoe sissekasv vigastuskohta.

3. staadium – Kudede diferentseerumine

Eelmine periood läheb sujuvalt üle kudede diferentseerumiseks. Kõhrkude, mis moodustub vigastuspiirkonnas, ei vasta oma ehituselt ühelegi kõhrkoe kolmest põhitüübist, vaid on hüaliinse ja fibroosse kõhrkoe vahepealne variant. Luukude moodustub kõigepealt luuüdiõõne ja periosti poolt õhukeste lamellidena, nende vahele jääb sidekude. Kõik need kolm kude seovad esmalt vigastatud luupiirkonnad ja moodustavad nn luuarmi e kalluse. Kalluses eristatakse kolme tsooni: periostaalne, endostaalne ja vahemine. Kaks esimest täidavad põhiliselt fikseerivat ülesannet ning on ajutised. Põhiline kokkukasv toimub vahemise kalluse osas. Kudede diferentseerumine kalluses sõltub suurel määral revaskularisatsiooni kiirusest. Aeglane ja mittetäisväärtuslik revaskularisatsioon soodustab kõhrkoe liigset vohamist, eriti veel siis, kui fikatsioon ja repositsioon on puudulikud. Teatavasti on kõhrkude avaskulaarne ja liigsed kõhrealad kalduvad nekroosile. Tulemuseks on kalluses degeneratiivsete koepiirkondade teke, milline võib saada aluseks ühele ohtlikumale luumurru paranemise patoloogiale – ebaliigesele.

4. staadium – osteoidse koe formeerumine

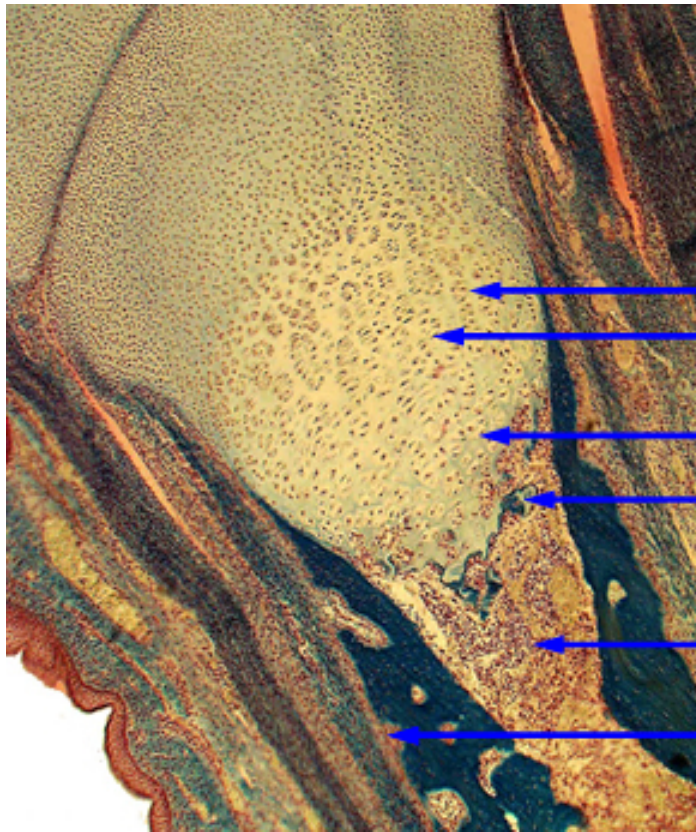
Luukoe mineraliseerumata variant – osteoidne kude – moodustub sarnaselt embrüonaalsele arengule enkondraalsel ja intramembranoossel teel. Osteoidse koe optimaalne hulk kogu kalluse ulatuses on hädavajalik. Selles staadiumis toimub jätkuv sidekoe sissekasv kallusesse ja periosti kambiaalse kihi paksenemine (aktiveerumine). Sidekoe baasil diferentseeruvad kõhrkude ja osteoidne kude (mineraliseerumata luukude). Seda protsessi mõjutavateks teguriteks on kortikosteroidid ja ebapiisav immobilisatsioon.

5. staadium – mineraliseerumine ja luukoe formeerumine

Selles staadiumis toimub osteoidse koe mineraliseerumine ja luustumiskeskuste moodustumine teistes kalluse kudedes. Protsessi mõjutavateks teguriteks on küllaldane kaltsiumi ja fosfori ühendite kontsentratsioon veres, kondroitiinsulfaatide olemasolu kalluses, türeokaltsitoniini hulk veres. See periood regeneratsioonis on kliiniliselt väga tähtis, kuna just selle normaalne kulg tagab kliinilise paranemise.

6. staadium – lõplik transformeerumine

See staadium on väga pikk ja toimub peale luumurru kliinilist paranemist. Liigsed kalluse osad (eelkõige periostaalne ja endostaalne) resorbeeritakse, vajalikes piirkondades moodustatakse luud juurde. Juhul, kui kallust moodustub liiga palju, võib juhtuda, et komprimeeritakse närve ja veresoone või on närvid koguni kallusesse jäänud. Selline seisund vajab operatiivset ravi.



- Kõhrerakkudest sambad
- Hüpertrofeerunud kõhrerakud
- Kõhrerakkude hävimine
- Endokondraalne luu
- Primaarne luuüdiõõs
- Perikondraalne luu

Aseluu areng (Karmiin-pikroindigokarmiin)

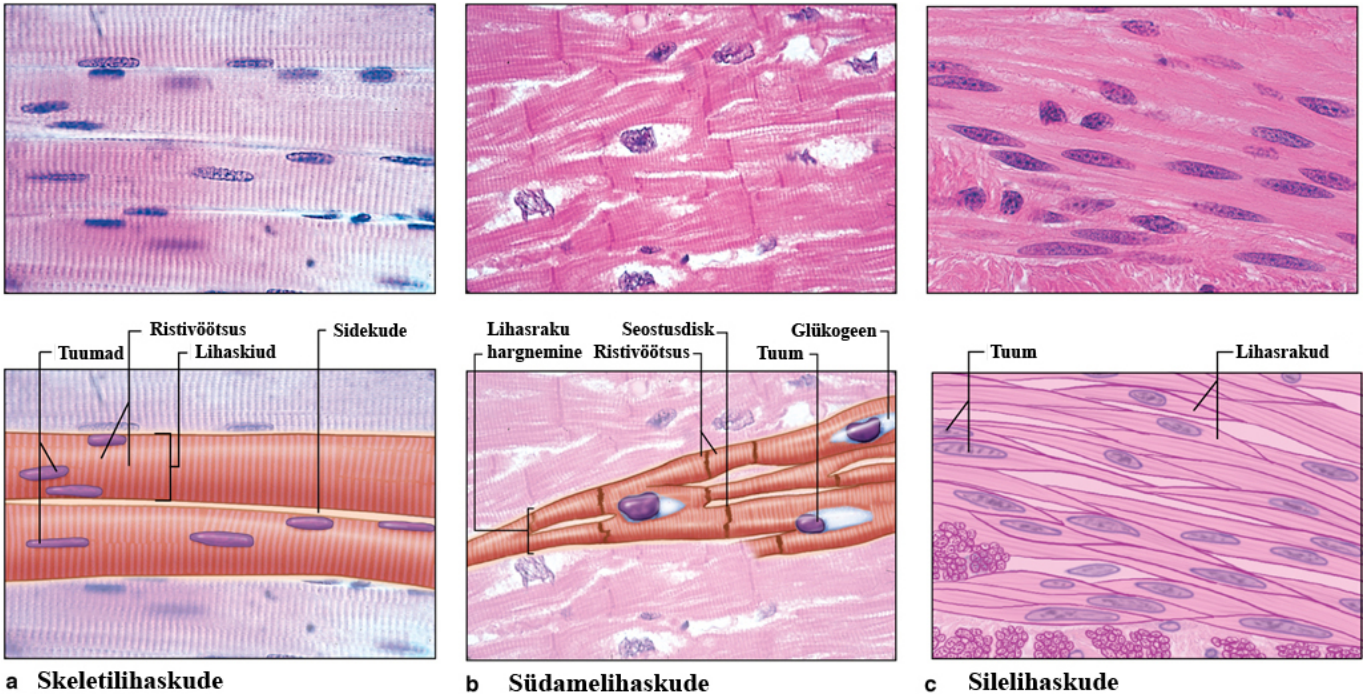
Liigesed

Üks liik kõhre- või luid ühendavaid liigesepiluga struktuure, mis täidavad eeskätt liikumisfunktsiooni, on liigesed (*articulationes synoviales*) e diartroosid. Liigeskõhred moodustab inimese organismis enamuses hüaliinne kõhrkude, erandina vaid mõnes liigeskõhres (mandibulaarliiges, sternoklavikulaarliiges) prevaleerib kiudkõhr. Liigeskõhred on õhukesed (1-3 mm) ja neil puudub kõhreümbris. Liigeskapsli moodustavad kaks kihti: välimine fibroosne, mis on periosti jätk ja sisemine sünoviaalne kiht. Välimine kiht koosneb tihedast kiudsidekoest, sisemise kihi moodustab kohev sidekude veresoonte ja närvilõpmetega. Vastu liigeseõõnt paikneva sünoviaalkihi katavad tihedalt paiknevad madalad, endoteelisarnased rakud, millised produtseerivad hüaluroonhapet. Liigeskõhr koosneb kolmest tsoonist: pindmisest, vahe- ja basaalsest. Pindmise tsooni rakud on hõredalt paiknevad väikesed, vähespetsialiseeritud kondrotsüüdid. Struktuurilt on need rakud sarnased fibrotsüütidele. Vahetsooni rakud on suurema rakukehaga ümarad, aktiivselt ainevahetuses osalevad rakud.

Rakkudele on iseloomulikud suured mitokondrid ja hästi arenenud granulaarne endoplasmaatiline võrgustik. Basaalne tsoon jaguneb dekaltsineerimata ja dekaltsineeritud kihtideks. Piiriks kahe tsooni vahel on basofiilne joon. Basaalse tsooni rakkudevaheline aine sisaldab hulgaliselt maatriksi põiekesi. Liigeskõhre varustamine toitainetega toimub ainult osaliselt basaalse kihi soonte kaudu, enamuse toitaineid toimetatakse viskoosse sünoviaalvedeliku kaudu. Sünoviaalvedelik koosneb enamuses hüaluroonhapest, proteiinidest, glükoosist.

Lihaskoed

Lihaskoed on kontraktiilsed koed, kus kokkutõmbumise kandjateks on müosiinist ja aktiinist müofilamendid. Lihaskoed jagunevad kolmeks alatüübiks: silelihaskude, skeletilihaskude (vöotlihaskude) ja südamelihaskude. Erinevad lihaskoe liigid tekivad mesodermi erinevatest osadest, ainsate eranditena pärinevad ektodermist osade näärmete lõpposades asuvad müoepiteliaalsed rakud ja silma vikerkesta lihased.

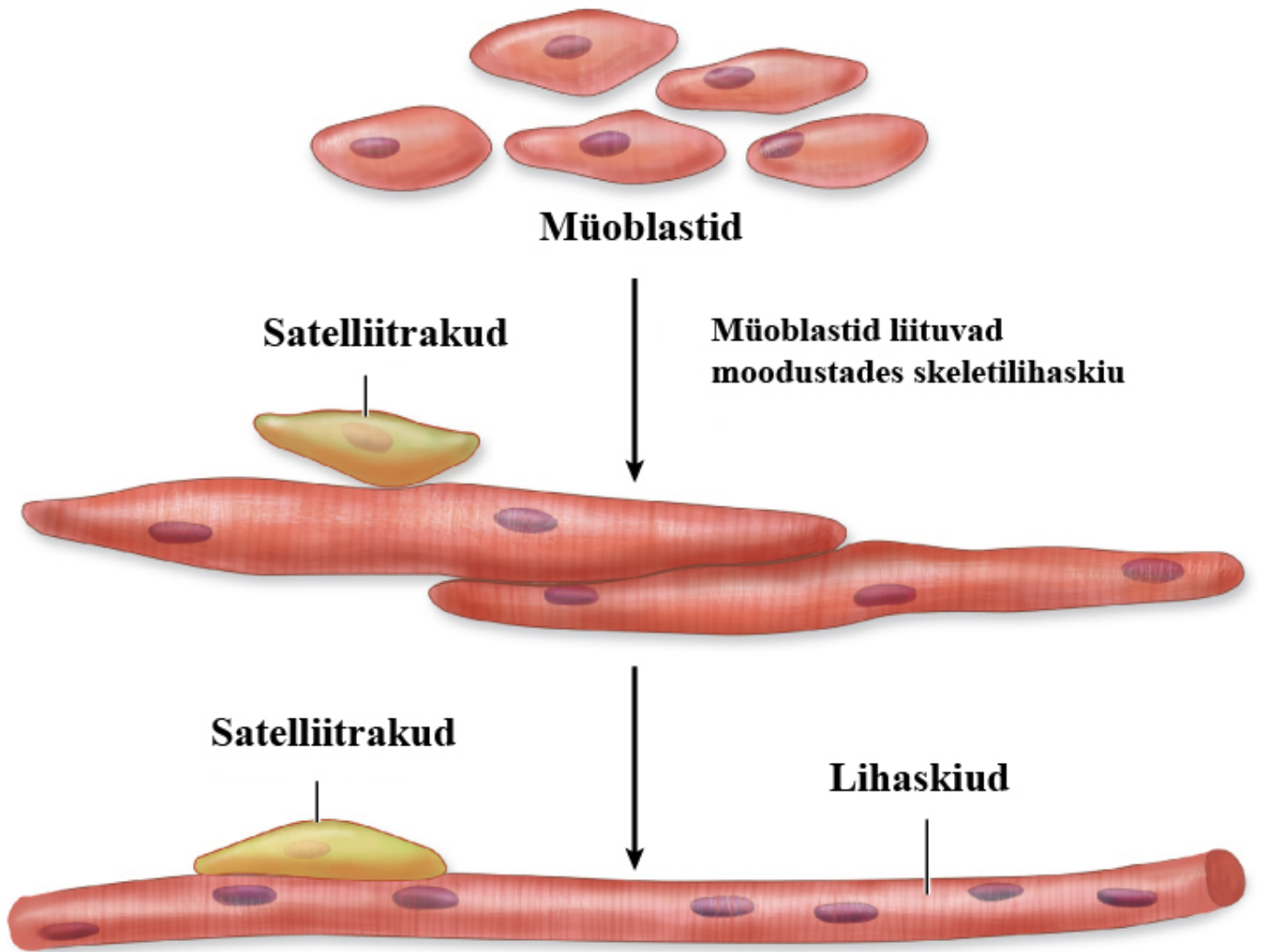


Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th edition, The McGraw-Hill Companies, 2010

Skeetilihaskude esineb peamiselt skeetilihastes (*textus muscularis striatus skeletalis*), kuid ka silmamuna liigutavates lihastes, keeles, neelus ja osaliselt söögitoru lihaskestas (*textus muscularis striatus visceralis*). Südamelihaskude (*textus muscularis striatus cardiacus*) esineb ainult südame müokardis, silelihaskude (*textus muscularis levis*) peamiselt seedetrakti lihaskestas, hingamis- ja kuseteedes, veresoonte seinas, aga ka mõnel pool mujal (karvapüstitaja lihased, silmasisesed lihased jt). Kui skeetilihaskude on tahtele alluv, siis südamelihaskude ja silelihaskude seda ei ole.

Lihaskoe juures tarvitatakse spetsiifilisi paralleeltermineid: rakumembraani nimetatakse sarkolemmiks, tsütoplasmat sarkoplasmaks ja siledapinnalist endoplasmaatilist võrgustikku sarkoplasmaatiliseks võrgustikuks.

Lihaskudele on iseloomulik väljavenitatud kuju, kus raku pikitelg paikneb kokkutõmbumise suunas. Kui südame- ja silelihaskude koosneb üksikutest rakkudest, siis skeetilihaskoe korral on tegemist lihaskiududega. Viimased on moodustunud embrüonaaleas müoblastide liitumise tulemusel, mille käigus rakupiirid kaovad (vt joonis).

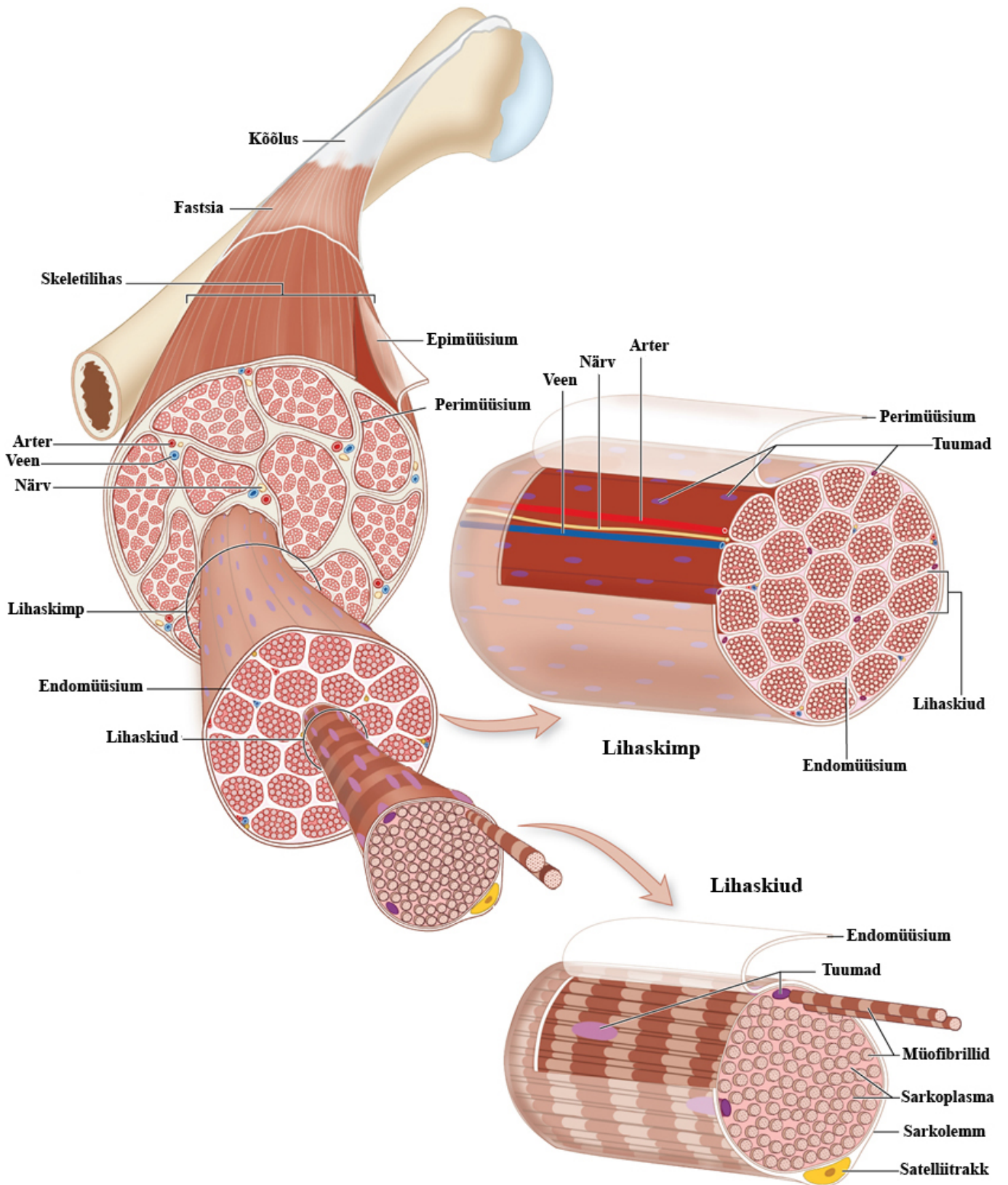


Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th edition, The McGraw-Hill Companies, 2010

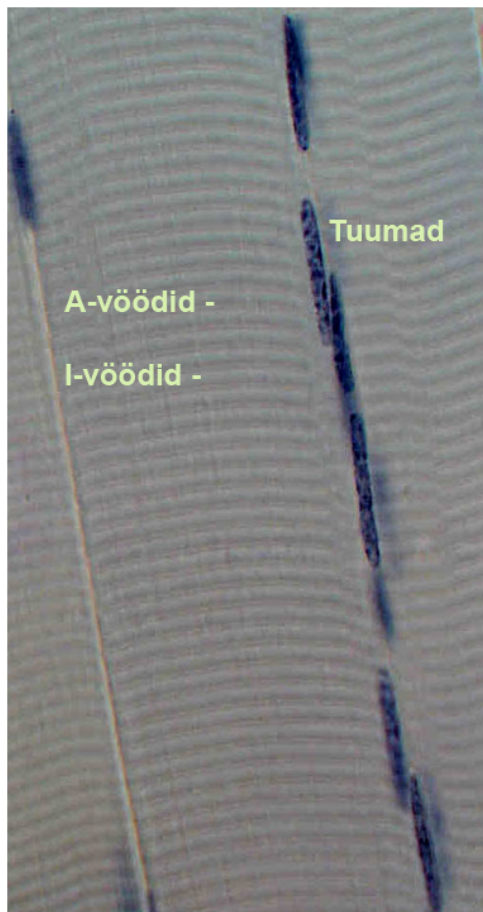
Selle tulemusel moodustuvad hulgituumsed lihaskiud, kus rakutuomad painevad kiududes perifeerselt. Osa müoblastidest ei liitu ja säiluvad mesenhümaalsete rakkudena, mida nimetatakse satelliitrakkudeks. Lihaste vigastuse korral satelliitrakud võivad proliferereeruda ja moodustada uusi lihaskiude.

Skeletilihaskude

Skeletilihaskude koosneb lihaskiududest, mis on pikad silindrilised hulgituumsed struktuurid. Kiudude pikkus varieerub oluliselt (peaaegu meetri pikkused *m. sartorius*'es ja vaid mõned millimeetrid keskkõrva *m. strapedi*'es), samas diameeter on vaid 10-100 mikromeetrit. Lihaskiu pikitelje suunas väljavenitatud ovaalsed tuumad paiknevad kiududes perifeerselt sarkolemmi all. Erinevaid lihaseid moodustavad lihaskiud on sidekoe varal jaotatud kimpudeks. Tihedast sidekoest epimüüsium ümbritseb kogu lihast, epimüüsiumist omakorda lähtuvad lihasesse sidekoelised vaheseinad, mis jagavad lihase kimpudeks. Lihaskimpu ümbritsevat sidekudet nimetatakse perimüüsiumiks (vt joonis). Iga üksik lihaskiud on ümbritsetud retikulaarkiude sisaldava õhukese endomüüsiumi poolt.

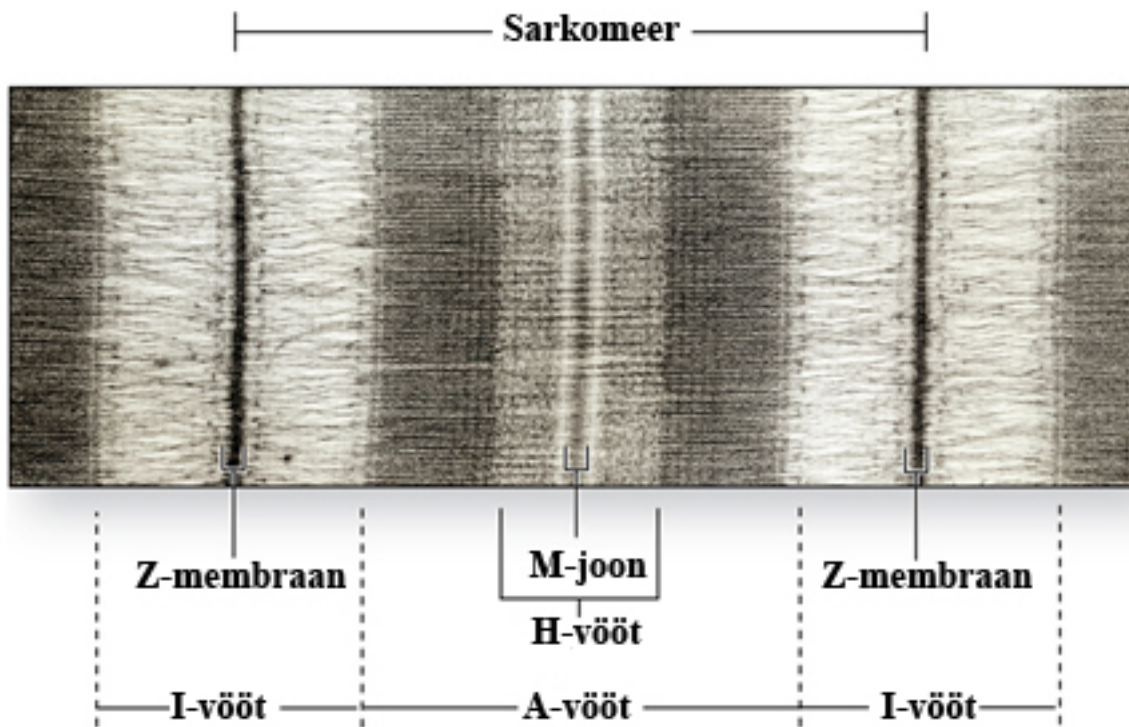
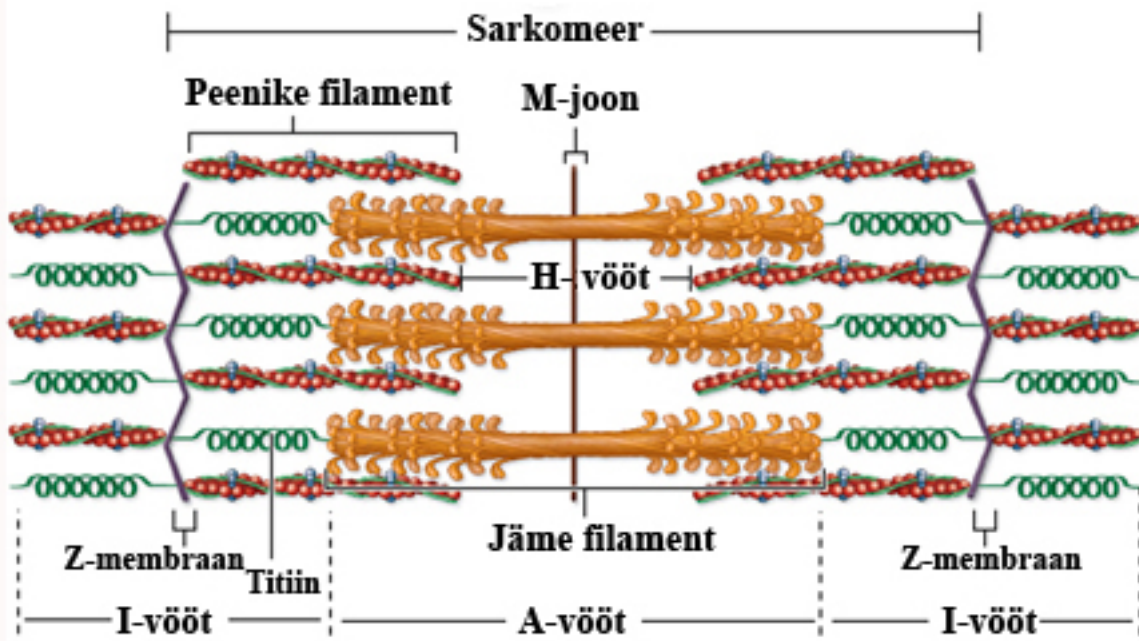


Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th edition, The McGraw-Hill Companies, 2010



Skeletilihaskiududele on iseloomulik ristivöötsus (siit ka skeletilihaskoe paralleelnimetus – vöotlihaskude), mida võib jälgida valgusmikroskoobis pikisuunas tabatud kiudude korral (vt mikrofoto). Ristivöötsus ilmneb korrapärase tumedate A-vöötide ja heledate I-vöötide vaheldumises.

A-vööt (anisotroopne vööt, mis muudab tugevasti valguse polarisatsioonitasandit) sisaldab jämedaid müosiinist moodustunud fibrille, I-vööt (isotroopne vööt, ei muuda polariseeritud valguse tasandit) sisaldab peeneid peamiselt aktiinist moodustunud fibrille. Iga I-vöödi keskel paikneb Z-membraan (sisaldab aktiini siduvat alfa-aktiniini), kuhu kinnituvad peened aktiinifibrillid. Vöotlihaskiu osa ühest Z-membraanist teiseni nimetatakse müomeeriks e sarkomeeriks (vt joonis).

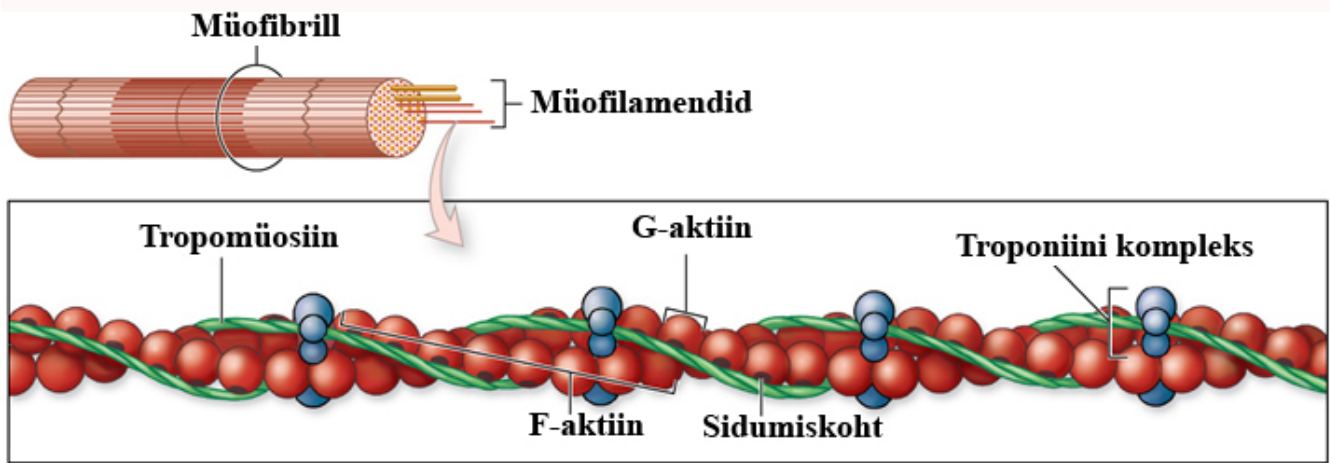


Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th ed, The McGraw-Hill Companies, 2010

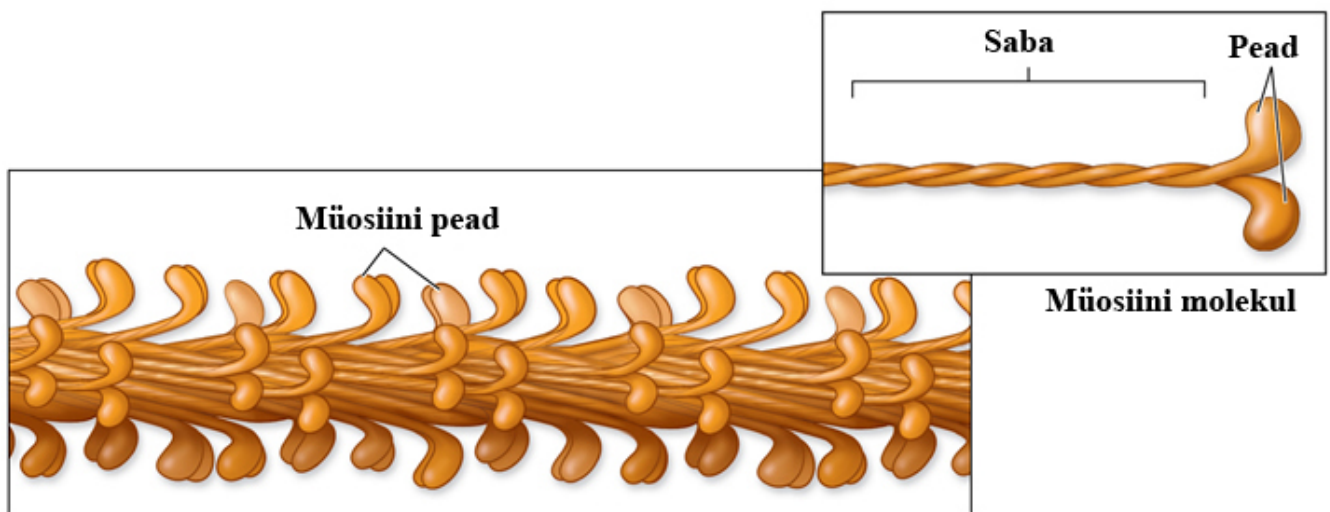
Müosiinist ja aktiinist fibrillid täidavad põhiosa lihaskiudude sarkoplasmast, kusjuures müofibrillid on orienteeritud paralleelselt lihaskiu pikiteljega. Kui jämedad (diameeter 15 nanomeetrit, pikkus 1,5 mikromeetrit) müosiinist fibrillid moodustuvad müosiini kahest raskest ja neljast kergest ahelast, siis peened (diameeter 6-8 nanomeetrit, pikkus 1 mikromeeter) fibrillid on moodustunud veel lisaks aktiinile ka troponiinist ja tropomüosiinist (vt joonis). Peened ja jämedad müofibrillid paigutuvad lihaskius teatud ülekattega. I-vöödi moodustavad peened aktiinist filamentid ulatuvad osaliselt ka A-vöötidesse jämedate müosiinist filamentide vahele. Seega teatud osas A-vöödis peened aktiinist filamentid katavad jämedaid müosiinist filamente. Tsentraalset heledamat osa A-vöödist, kus filamentide ülekattet ei ole nimetatakse H-vöödiks (vt joonis). H-vööti läbivad keskelt omakorda M-joon (sisaldavad müosiini siduvat müomesiini), mis lateraalselt seostavad jämedaid müosiinist filamente. Jämedaid müosiinist filamente aitab stabiliseerida ja seostada Z-membraaniga omapärast elastset võrgustikku moodustav valk titiin (nn

molekulaarne vedru, vt joonis).

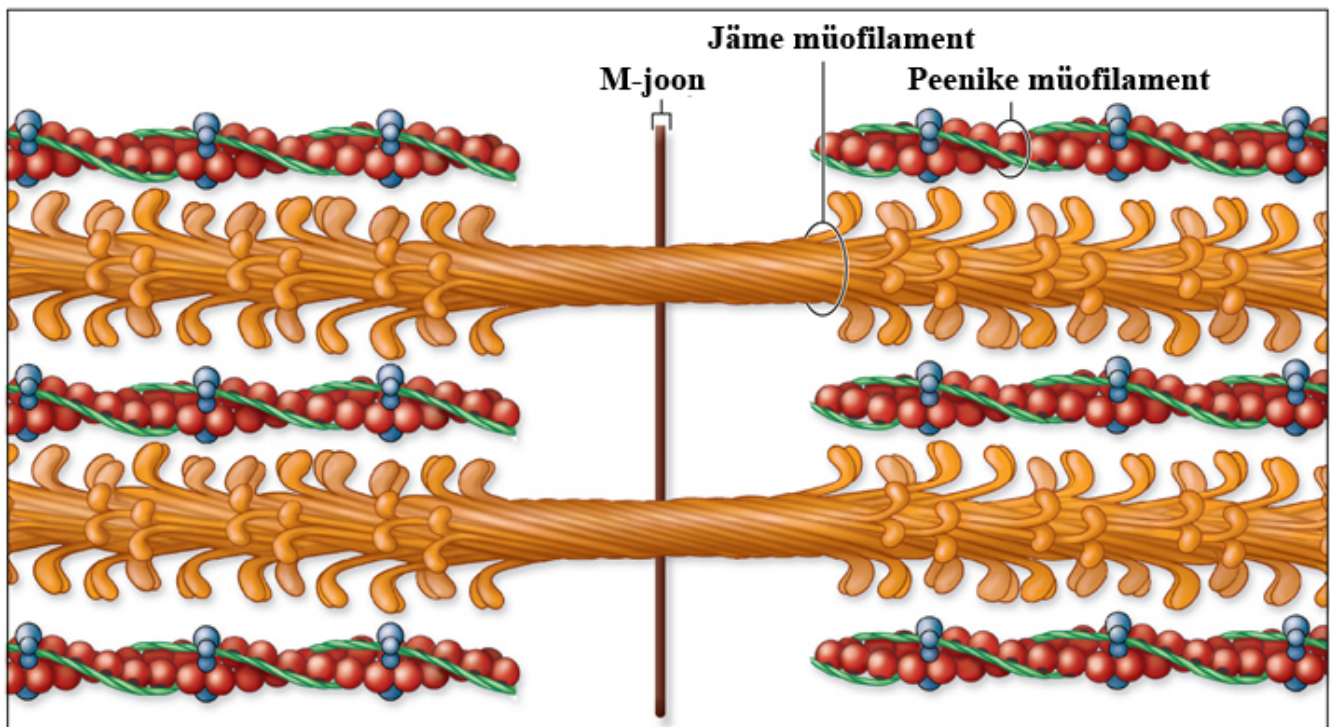
Peened filamendid koosnevad F-aktiinist, tropomüosiinist ja troponiinist. F-aktiinist filamendid on moodustunud globulaarse G-aktiini monomeeride polümeriseerumisel kahekihilise heeliksina. Tropomüosiini topeltheeliks on samuti moodustunud kahest polüpeptiidahelast, kusjuures tropomüosiini filamendid kulgevad F-aktiini vagudes. Troponiin on kompleks, mis koosneb kolmest alaosast: TnT, mis seostub tropomüosiinile; TnC, mis seob kaltsiumi ioone; TnI, mis inhibeerib aktiini-müosiini seostumist (vt joonis). Jämedad filamendid sisaldavad peamiselt müosiini. Müosiin koosneb kahest sarnasest raskest ahelast ja kahest paarist kergest ahelast. Rasked ahelad moodustavad köielaadselt läbipõimudes müosiini sabad, väikesed globulaarsed kerged ahelad moodustavad iga raske ahela ühes otsas müosiini pea (vt joonis). Müosiini peadel on võime siduda aktiini, lisaks sisaldavad nad ATP siduvat ala.



a Peenike filament

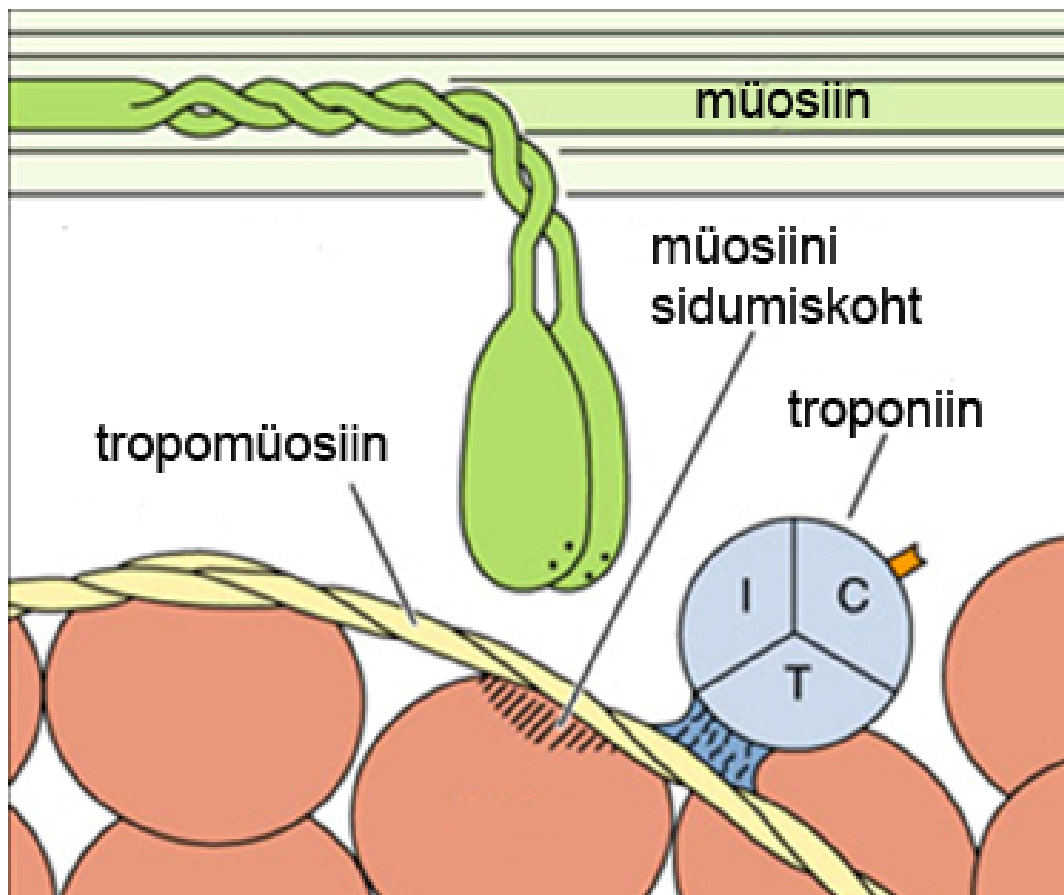


b Jäme filament

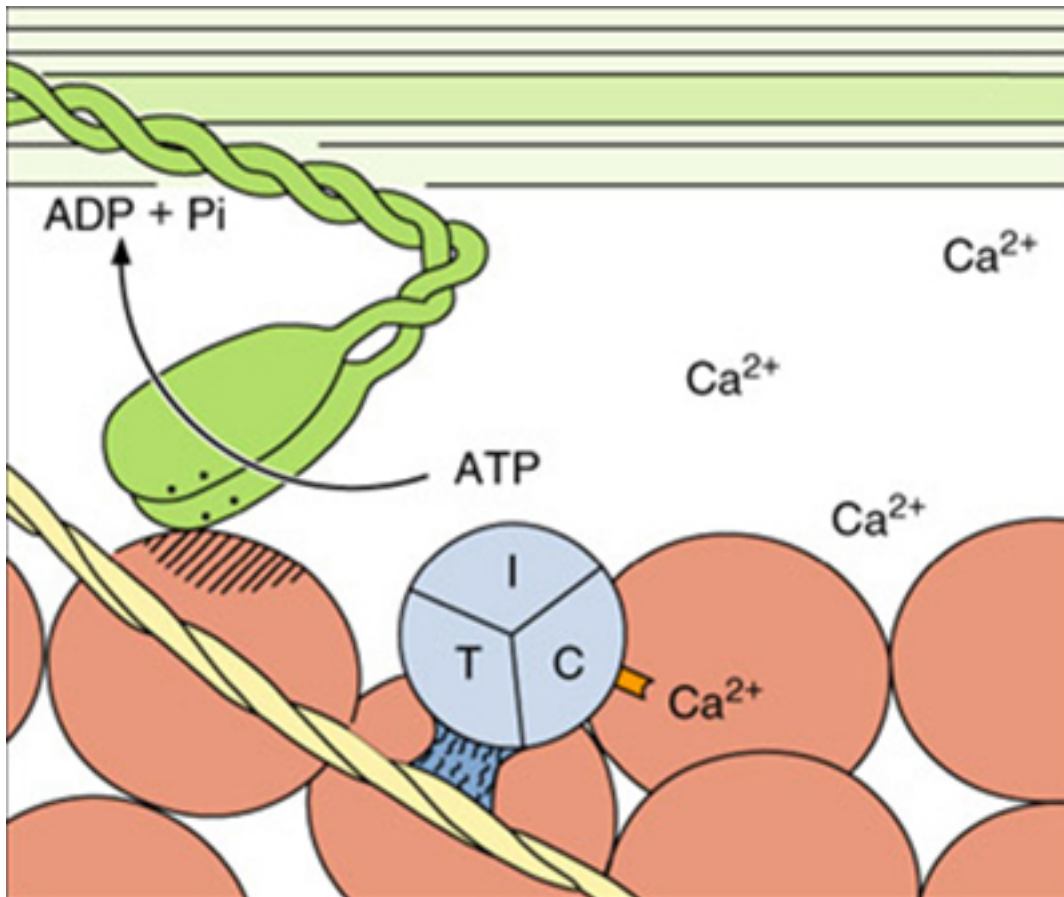


c Peenikeste ja jämedate filamentide võrdlus

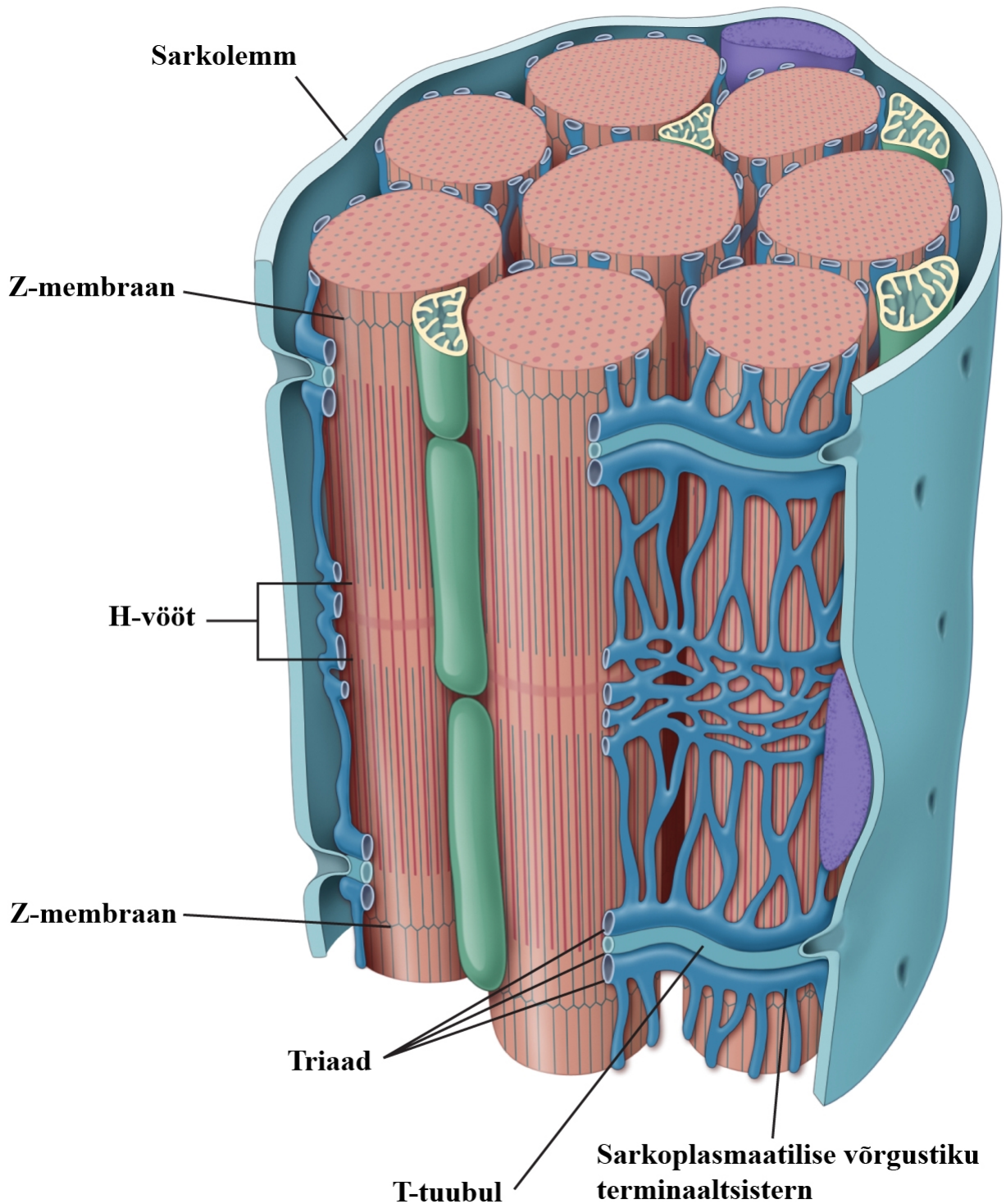
Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th edition, The McGraw-Hill Companies, 2010



Kaltsiumioonide seostumisel troponiinile toimuvad konformatsiooni muutused ja tropomüosiin nihkub aktiini eksponeerides aktiivseid sidumiskohti, milledele kinnituvad müosiini pead. ATP seostub müosiini peadega lagunedes ADP ja P. Müosiini pead suunavad peened aktiini filamendid sarkomeeri keskosa suunas st müofilamentide ülekattumine suureneb ja sarkomeer lüheneb.

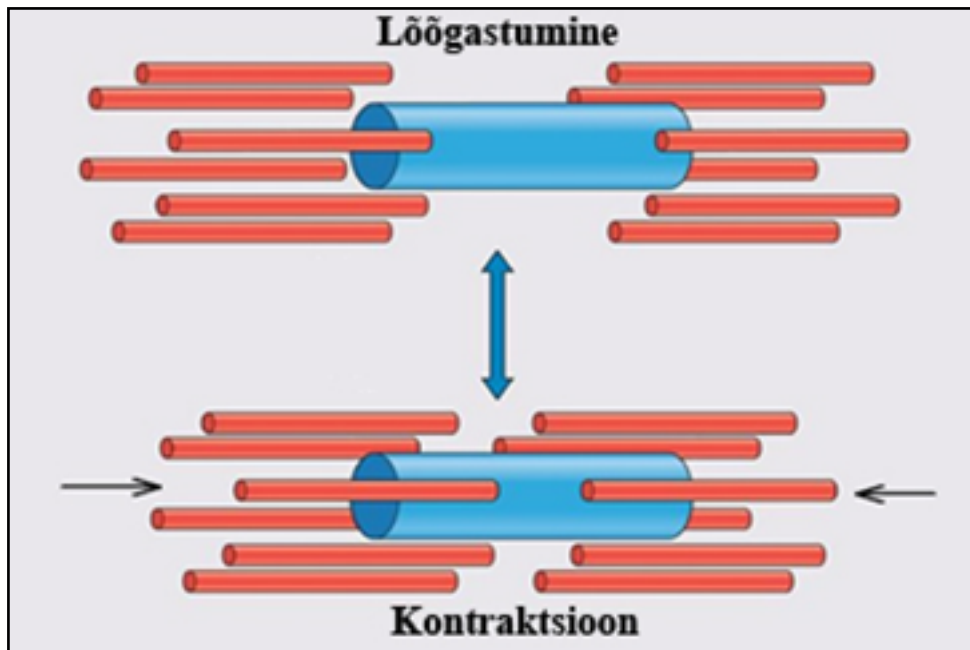


Skeletilihaskoes on sarkoplasmaatiline võrgustik spetsialiseerunud kaltsiumiioonide deponeerimisele. Sarkoplasmaatilise võrgustiku membraani depolariseerumine, mille käivitab lihaskiu pinnal olevad spetsiaalsed neuromuskulaarsed kontaktid põhjustab kaltsiumiioonide vabanemise ja viib lihaskontraktsioonile. Et lihaskiu pinnalt lähtuv depolarisatsioonilaine jõuaks võimalikult kiiresti ka sügavamal piknevate müofibrillideni sisaldavad lihaskiud spetsiaalseid pinna suhtes ristisuunalisi T-tuubuleid (transversaaltuubuleid). Need sõrmetaolised sarkolemmi ristisuunalised sissesopistused moodustavad iga sarkomeeri A-I vöödi piiriala lähedal müofibrille ümbritseva tuubulite võrgustiku. T-tuubulite mõlema külje lähedale jäävad sarkoplasmaatilise võrgustiku laienenud terminaalsisternid. T-tuubulist ja teda mõlemalt küljelt ümbritsevatest terminaalsisternidest koosnevat kolmikstruktuuri nimetatakse lihastriaadiks (vt joonis).



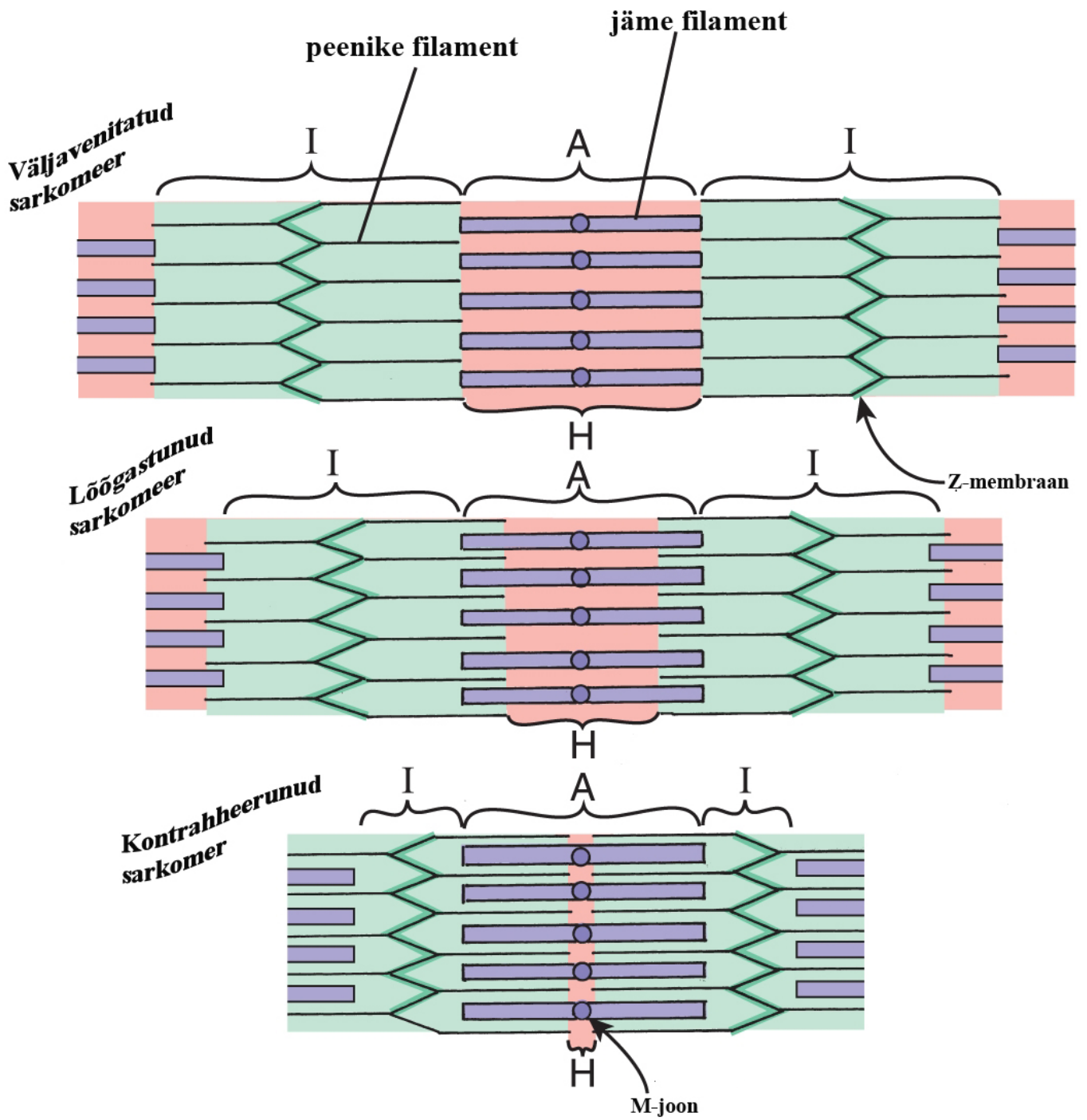
Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. *Histology: a text and atlas*; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Kaltsiumiioonide vabanemisel sarkoplasmasse toimub nende seostumine troponiiniga, misjärel on võimalik aktiini ja müosiini molekulide sidumine ja lihaskontraktsioon. Kontraktsioonil libisevad müofilamentid teineteise suhtes st jämedate ja peente filamentide ülekattumine suureneb, sarkomeerid, I- ja H-vöödid muutuvad lühemaks, samas müofilamentide endi pikkus jääb samaks, mistõttu ei muutu ka A-vöötide laius (vt joonis). Kui kaltsiumiioonid eemaldatakse sarkoplasmast nende doponeerimisega sarkoplasmaatilise võrgustiku tsisternidesse kontraktsioon lakkab ja troponniini-tropomüosiini kompleks taaskatab müosiini sidumiskohad.



Kontraktsioonil peenikeste ja

jämedate filamentide ülekattumine suureneb



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. Histology: a text and atlas; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Südamelihaskude

Südamelihaskude esineb sainult südame müokardis. Erinevalt hulgituumsetest skeletilihaskiududest on südamlilihaskiud ehitunud üksikutest rakkudest. Südamelihaskiud e kardiomüotsüüdid on 85-100 mikromeetrit pikad ja umbes 15 mikromeetrise diameetriga hargnevad rakud, mis otsakuti kokkuliituses moodustavad



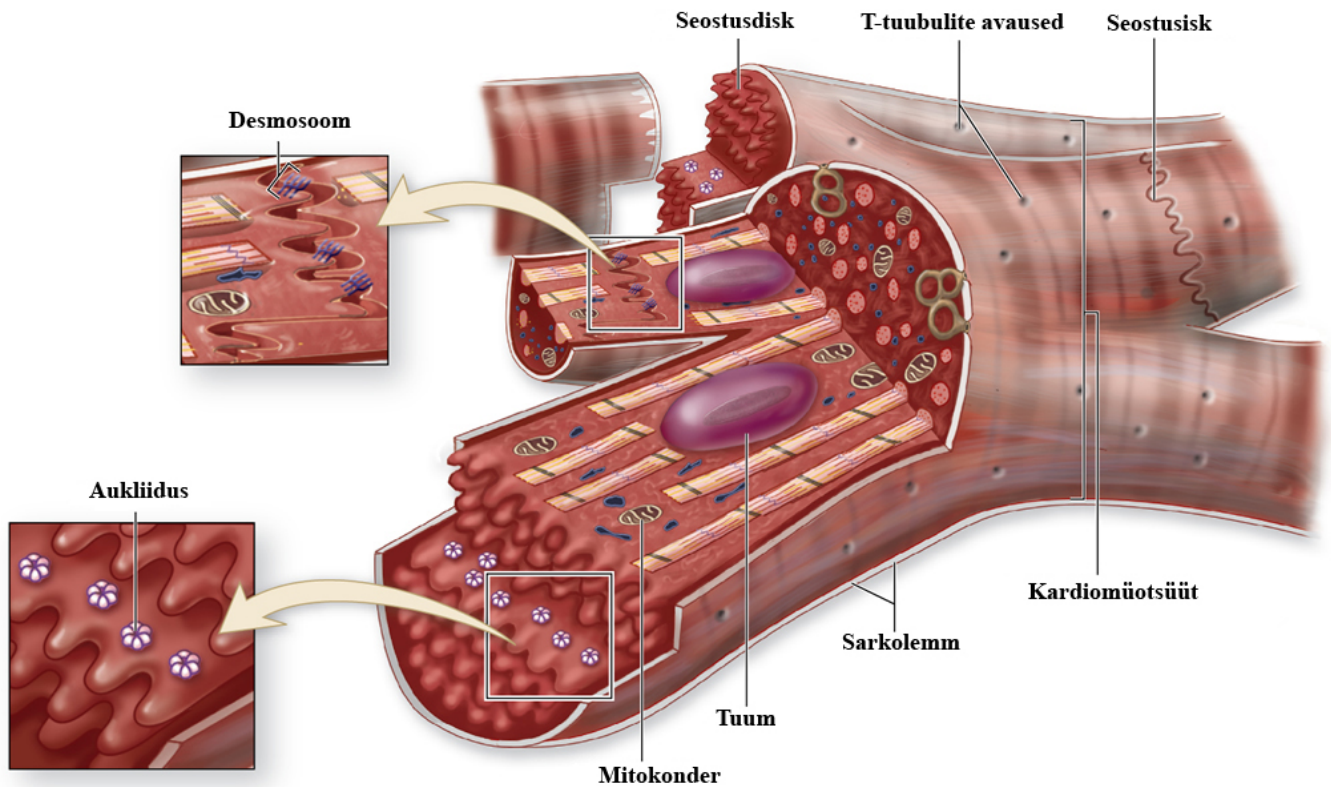
südamelihaskiudusid.

Südamelihaskiudude iseloomulik tunnus on tumedaltvärvuvate ristisuunaliste, veidi trepistmeid meenutavate rakkudevaheliste vaheketaste (vahe- e seostusdiskide) olemasolu. Vaheketastes esinevad nii rakke kooshoidvad desmosoomid kui ka kommunikatiivsed aukliidused.

Teiseks oluliseks erinevuseks skeetilihaskiust on rakutuumade asetsemine lihaskiu keskel, sest iga kardiomüotsüüt sisaldab ühte (harvem ka kahte) tsentraalselt paiknevat heledamalt värvuvat tuuma.

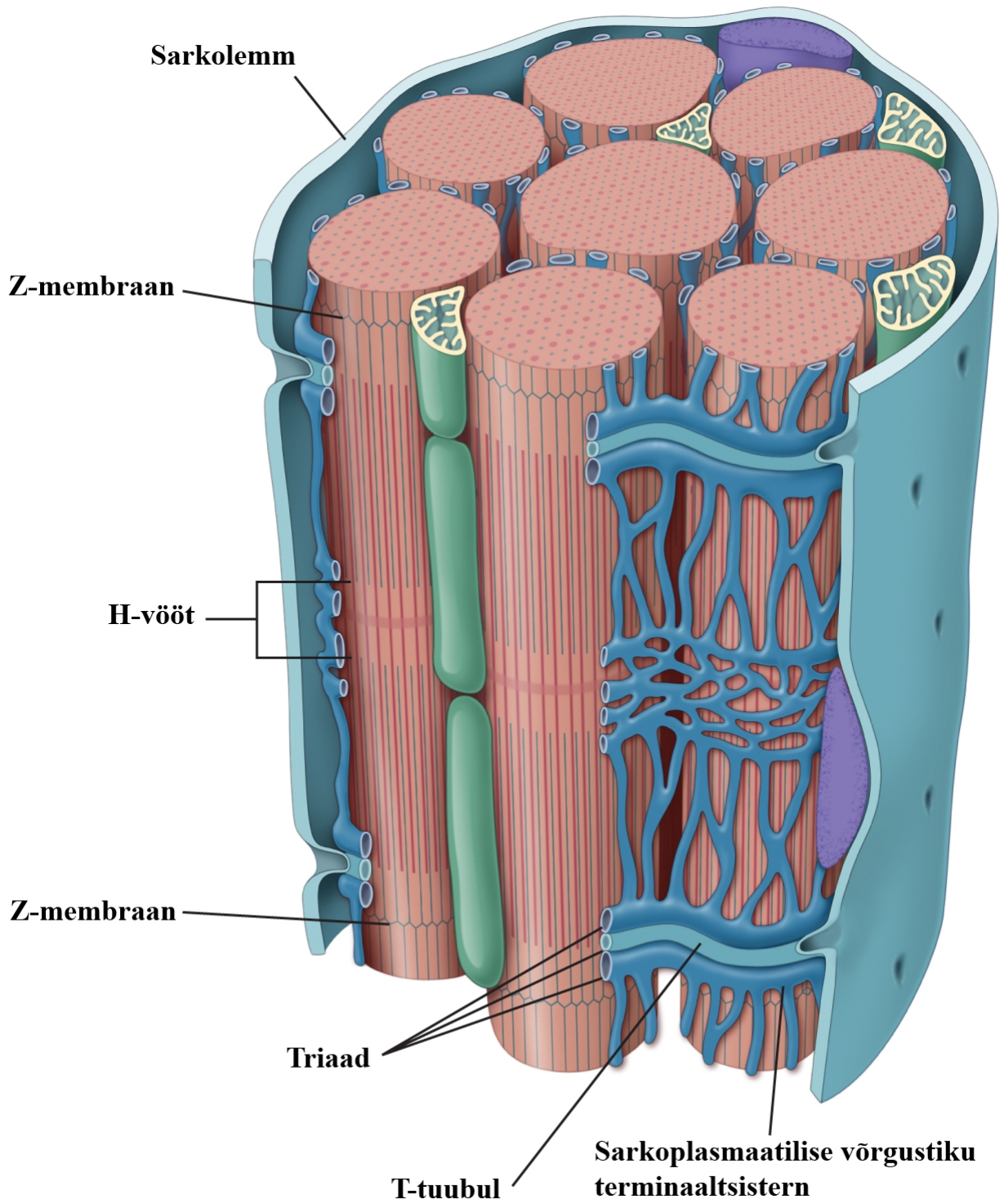
Tingituna liituvate kardiomüotsüütide hargnevast ehitusest moodustuvad südamelihaskiudude vahele nn anastomooskiud, milliseid skeetilihaskoes ei esine.

Erinevalt skeetilihaskoest südamelihaskiududes satelliittrakke ei ole.



Adapteeritud joonis: Junqueira's Basic Histology, 12th edition, The McGraw-Hill Companies, 2010

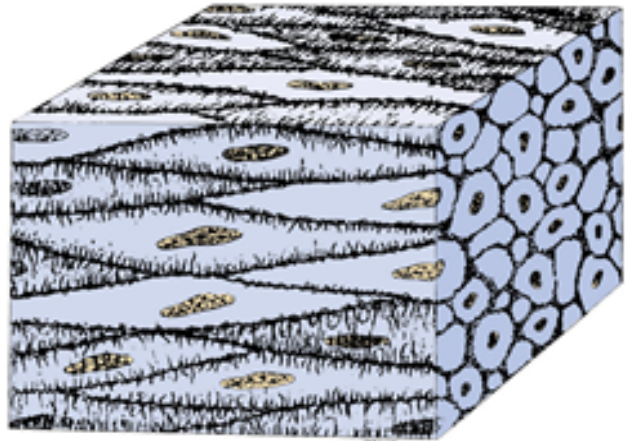
Südamelihaskiududes on jälgitav ristivöötsus, mille aluseks on täpselt samasugune müofilamentide korrapärase paigutus nagu ka skeletilihaskiududes. Kui kontraktiilsete valkude struktuur ja funktsioon südamelihaskiududes on sama mis skeletilihaskiududes, siis T-tuubulite ja sarkoplasmaatilise võrgustiku paigutus ei ole nii korrapärase. T-tuubulid on südamelihaskiududes arvukamad ja laiemad, samas sarkoplasmaatiline võrgustik, eriti terminaalsüsteemid ei ole eriti välja kujunenud, mistõttu lihastriaadist südamelihaskoes rääkida ei saa (sarkoplasmaatilise võrgustiku terminaalsüsteem ja T-tuubul moodustavad kaksikstruktuuri, mida võib nimetada diaadiks; vt joonis). Mitokondrid on südamelihaskiududes väga arvukad hõlmates 40% sarkoplasma mahust, mis rõhutab kestva aeroobse metabolismi olulisust südamelihaskoes (skeletilihaskiududes täidavad mitokondrid umbes 20% sarkoplasma mahust).



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. Histology: a text and atlas; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Silelihaskude

Silelihaskude moodustub üksikutest väljavenitatud, käävjustest rakkudest, kus ristivöötsus puudub. Silelihasrakkude



pikkus varieerub oluliselt – 20 mikromeetrist väikeste veresoontes kuni 500 mikromeetrini rasedusaegses emakas. Igal rakul on üks tsentraalselt paiknev tuum. Tuuma sisaldav raku osa on kõige laiem ja selleks, et silelihasrakkudest moodustunud lihaskestad oleks enam-vähem ühtlase paksusega paigutuvad naaberrakud üksteise suhtes väikese nihkega – tuuma sisaldava laia rakuosa kõrvale jäävad naaberrakkude peenemad osad. Pikilõikes tabatud rakutuomad on näha väljavenitatud kooniliste otstega struktuuridena, ristilõikes tabatud tuumad näha ümaratena (vt joonis ja mikrofoto).

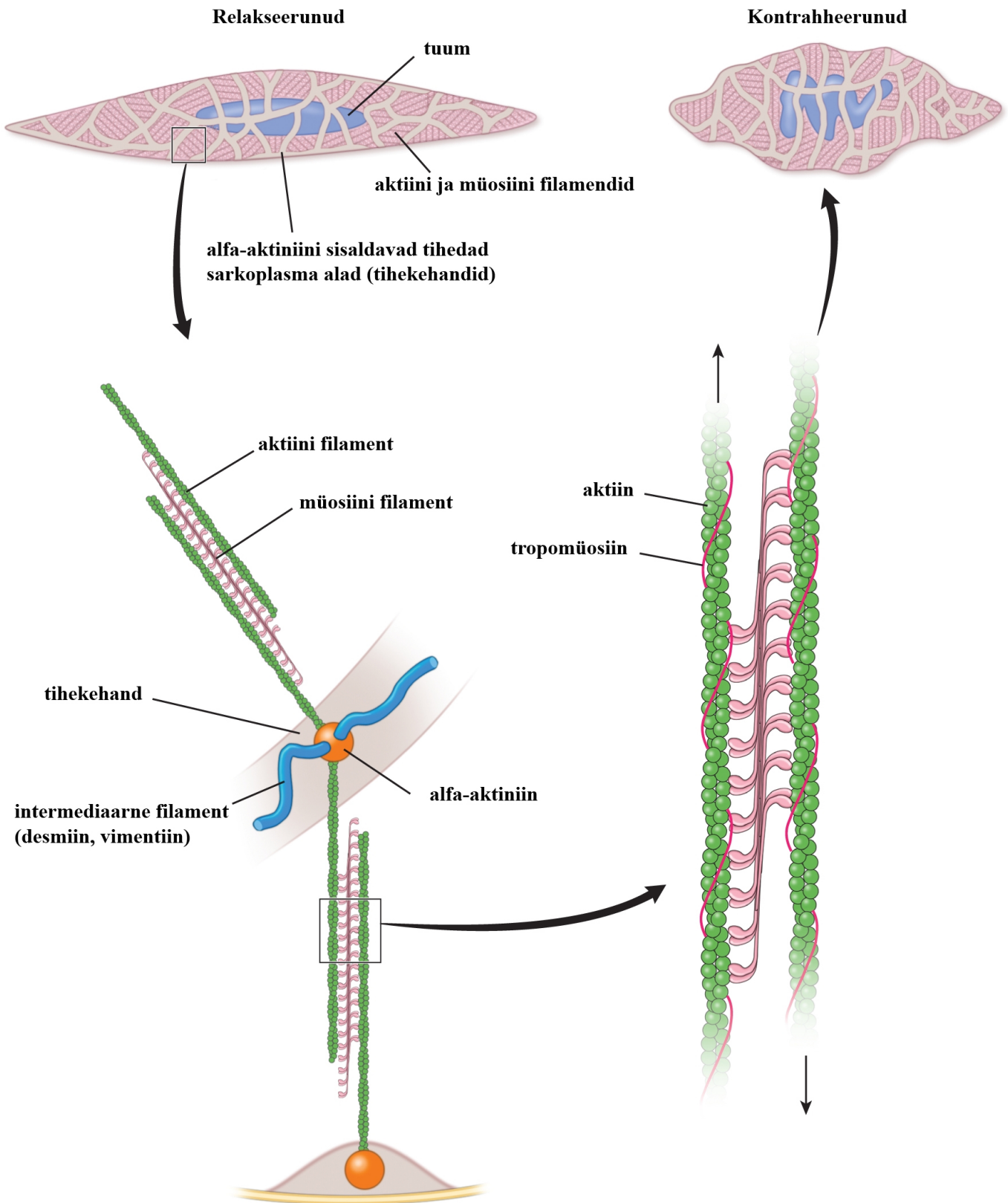
s



Kokkutõmbudes muutuvad silelihasrakkude piirid laineliseks ja rakutuomad väändunuteks. Kontraktsiooni aluseks on silelihasrakkudes samuti aktiinist ja müosiinist filamentide libisemine teineteise suhtes, kuid filamentide paigutus ei ole korrapärane, mistõttu ei kujune ristivöötsust. Peened aktiini sisaldavad filamendid kinnituvad sarkoplasma tihedatesse aladesse (tihekehandid), mis sisaldavad a-aktiini. Tihekehanditesse kinnituvad ka desmiini sisaldavad intermediaarsed filamendid (veresoonte silelihasrakud sisaldavad lisaks ka vimentiinist intermediaarseid filament). Tihekehandid on analoogideks Z-membraanidele vöötlihaskiududes ja nad seostuvad nendesse kinnitunud peened aktiinifilamendid ja intermediaarsed filamendid otseselt või kaudselt sarkolemmiga. Kuivõrd kontraktiilsed filamendid asetsevad raku pikitelje suhtes põiki, siis kontraktsioon viib raku lühenemisele ja tuuma

väändumisele korgitseri laadselt (vt joonis).

Silelihasrakkudes puudub T-süsteem ja impulsside levimine toimub kaveoolide abil, mis on rakusisesteks pöiekesteks. Kaveoolid on ühenduses sarkolemmiga, aga ka sarkoplasmaatilise retiikulumiga. Arvatakse, et selline süsteem talitleb analoogselt T-süsteemile vöötlihaskudedes tagamaks kaltsiumiioonide liikumise sarkoplasmasse.



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. Histology: a text and atlas; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Lihaskoe regeneratsioon

Täiskasvanutel kolm lihaskudede tüüpi omavad erinevat traumajärgset regeneratsioonivõimet.

Skeletilihaskude omab potentsiaalset regeneratsioonivõimet, mis baseerub satelliitrakkudel. Vigastusjärgselt satelliitrakud aktiveeruvad, prolifereeruvad ja laatuva moodustades uusi lihaskiude. Paraku suuremate vigastuste korral sidekude prolifereerub kiiremini ja asendab vigastatud lihaseosa sidekoelise armkoega.

Südamelihaskoes satelliitrakud puuduvad, mistõttu regeneratsioonivõime praktiliselt puudub. Kahjustusjärgselt (näit müokardiinfarkt) hävinud lihasrakud asendatakse sidekoelise armkoega.

Seevastu silelihaskude on hea regeneratsioonivõimega. Vigastusjärgselt elujõulised silelihasrakud jagunevad mitootiliselt ja asendavad hävinud koeosa.

Närvirakk (neuron)

Närvikoe struktuurseks ja funktsionaalseks ühikuks on närvirakk ehk neuron (*neuron*), mis on spetsialiseerunud närviimpulsi tekitamiseks ja kiireks ülekandmiseks.

Inimese närvisüsteemis paiknevad miljardid neuronid. Neuronid jagatakse kolme suurde gruppi:

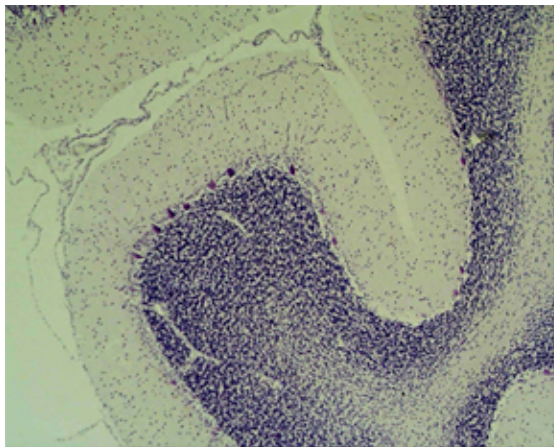
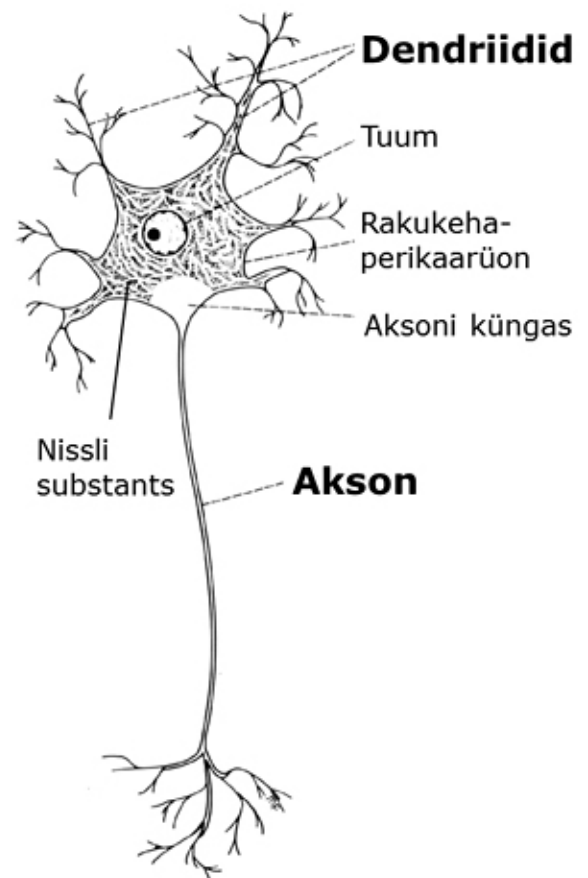
1. **Sensoorsed neuronid** (*neuron sensorium*) kannavad impulsse retseptoritelt edasi kesknärvisüsteemi.
2. **Motoorsed neuronid** (*neuron motorium*) kannavad impulsse kesknärvisüsteemi või ganglionidelt edasi efektorrakkudele.
3. **Vaheneuronid** (*neuron internuntiale*) moodustavad sensoorsete ja motoorsete neuronite vahel laialdase võrgustiku. Uuringute tulemustena on selgunud, et sellesse võrgustikku kuulub 99,9% kõigist neuronitest.

Teistest rakkudest erinevad neuronid sellepoolest et sisaldavad jätkeid – aksonit ja dendriite.

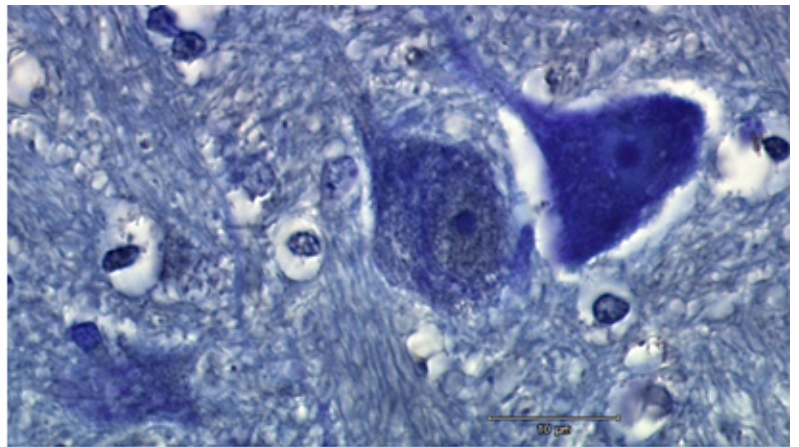
Närviraku e neuroni ehitus

Neuroni rakukeha e perikaarüon (*Perikaryon*)

Neuronite suurus ja kuju on väga erinevad ja sõltuvad nende paiknemisest. Kõige väiksemate neuronite rakukeha suurus on 4–8 µm, suuraju koore viiendas kihis paiknevate Betzi rakkude suurus on 100–140 µm. Neuroni moodustavad rakukeha ehk perikaarüon ja jätked. Perikaarüonid on erineva kujuga, sisaldavad selgelt eristatavat tuuma ning tuumakest ja suurt tsütoplasma hulka, kus paiknevad organellid. Inimese neuroni tuum on ümara kujuga ja paikneb raku reeglina tsentraalselt, tuuma suurus oleneb raku suuruselt. Kahe tuumaga ja mitmetuumalised neuronid esinevad inimese organismis väga harva. Erandiks on mõned vegetatiivse närvisüsteemi ganglionid, kus neuronites võib olla kuni 15 tuuma (emakakael, eesnääre). Tuumas on selgelt eristatav üks, harvem kaks tuumakest. Kromatiin paikneb tuumas hajutatult. Neuronite kõrge funktsionaalse aktiivsuse tõttu on rakkude tsütoplasma rikalikult varustatud organellidega ja sisaldab Nissli substantsi, Golgi kompleksi, mitokondreid, mikrofilamente, mikrotuubuleid, vabu ribosome, lüsoosome, lipofustiini, melaniini, glükogeeni ja lipiide. Vabad ribosoomid neuronite kehas sünteesivad pidevalt uusi valke ja suunavad neid neuronite jätketes kasutatud valkude asemele. Pigmentinklusioonidest esineb neuronites kollakas-pruunikas pigment lipofustiin, seda eriti vegetatiivse närvisüsteemi ganglionides. Inimese vananedes võib pigmentid olla täitunud kogu neuron, sellisel juhul on tegemist neuroni pigmentatroofiaga.



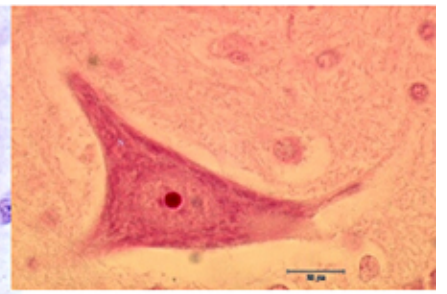
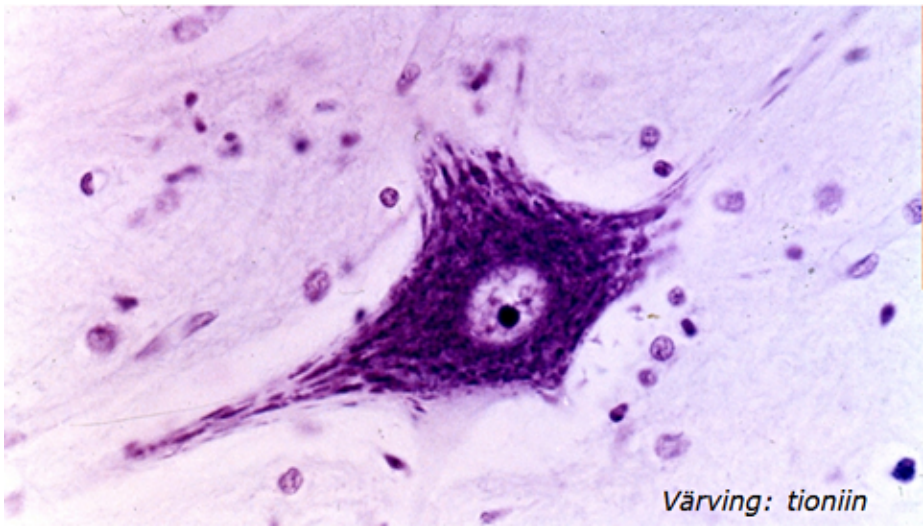
Sömerakkud (värving: tioniin)



*Hiidpüramiid (Betzi rakud, värving: tioniin)
M. Aunapuu preparaat*

Nissli substants (*Substantia chromatophila*)

1884.a. kirjeldas saksa neuropatoloog Franz Nissl neuronite perikaarüonis ja suurte dendriitide algusosades nähtavat struktuuri – kromatofiilset substantsi, mille moodustavad erineva suurusega kängud. Tiigrinahka meenutava mustri järgi nimetatakse seda struktuuri ka tigroidsubstantsiks. Nissli kängud paiknevad perikaarüonis ja dendriitide proksimaalses osas, kuid puuduvad aksonites ja aksoni künkal. Neuronite ultrastruktuuri uurimisel on Nissli substants nähtav tsütoplasma piirkonnana, milline sisaldab granulaarse endoplasmaatilise võrgustiku fragmente, hulgaliselt vabu ning membraanidele kinnitunud ribosome ning polüribosome. Histokeemiliselt sisaldab Nissli substants rohkesti ribonukleiinhapet. Nissli substants värvub intensiivselt aluseliste värvidega ja metakromaatiliselt tioniiniga.



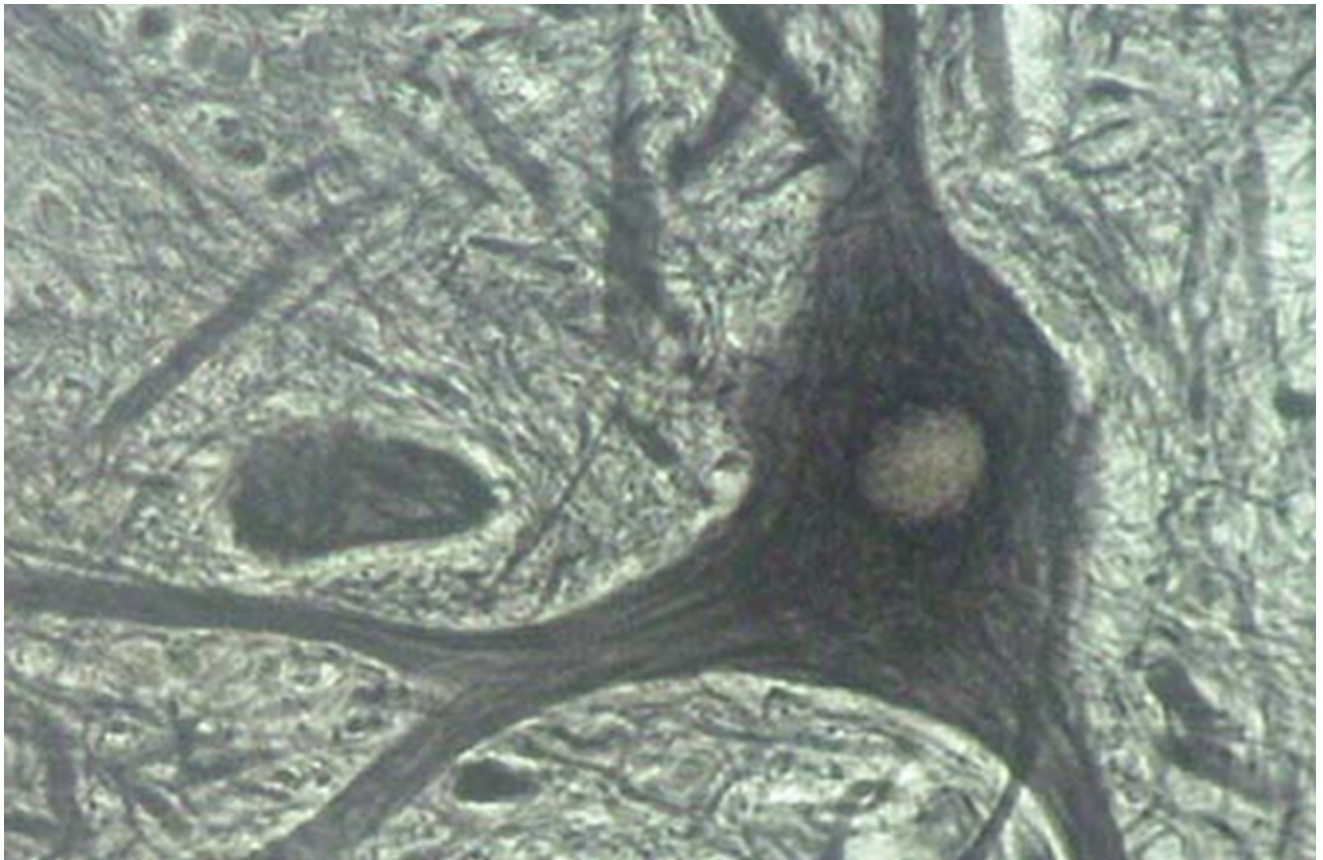
Värving: H&E

M. Aunapuu preparaat

Värving: tioniin

Neurofibrillid (*Neurofibrilla*)

Neuronite perikaarüonis ning jätketes paiknevad fibrillaarsed struktuurid, mis hõbedaga töödeldud preparaatides on nähtavad peenikeste kiududena - neurofibrillid. Neurofibrillid paiknevad perikaarüonis ebakorrapäraselt, närvirakkude jätketes aga paralleelsete kiududena. Ultrastruktuuri uurimisel on selgunud, et tegemist on tsütoskeleti elementidega – mikrofilamentide, neurofilamentide ning mikrotuubulitega. Kimpudena paiknevate neurofilamentide diameeter on ligikaudu 10 nm ja struktuur vastab vahefilamentide ehitusele. Mikrotuubulid on tüüpilise ehitusega, nende diameeter on 20-24 nm. Mikrotuubulite põhiülesandeks on neuronite ja eriti jätkete kuju toestamine. Mikrofilamentid on väikesed struktuurid diameetriga 6 nm.



Inklusioonid

- Lipiiditilgad - metaboolne reserv
- Glükogeen - küpses närvikoes nähtav gliiarakkudes
- Melaniini sõmerad - närvirakkudes aju teatud osades (näit. substantia nigra)
- Lipo-fustsiin - kollakas-pruunid kulumispigmenti sõmerad, nende hulk suureneb. Vananedes (võib täita kogu atrofeerunud raku - pigmentatroofia)

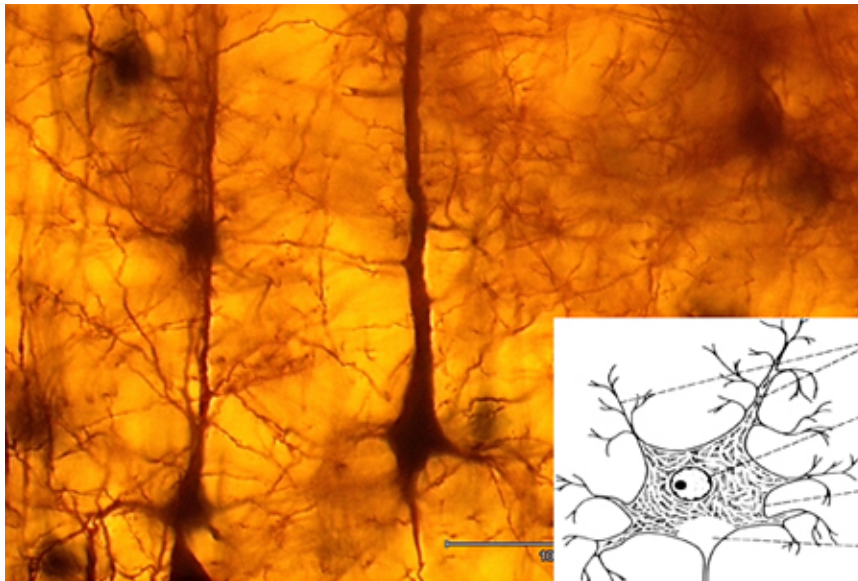
Närviraku jätked

Dendriidid ja aksonid

Neuronid on erilise ehitusega rakud – nende kehast väljapoole kulgevad pikad jätked, mis on moodustunud peentest tsütoplasma kiududest. Üks, mittehargnev jätke kannab nimetust akson. Hargnevaid jätkeid, mida võib olla üks või mitu, nimetatakse dendriitideks.

Akson (*Axon*)

Neuroni kehast väljuv mittehargnev jätke kannab nimetust akson (kreeka k. *axis* – jätke). Neuronil on alati ainult üks akson, mis viib erutuslaine perikaarionist eemale. Akson algab neuroni rakukehast hästi eristatava aksoni künkaga, sest seal puudub Nissli substants. Aksonite pikkus ja diameeter oleneb neuroni tüübist ning sellel on tähtsus närvimpulsi levikul. Aksoni pikkus võib olla ühest millimeetrist kuni mitmekümne sentimeetrit või isegi meetrit, diameeter 1–20 µm. Jämedamad aksonid annavad närvimpulssi edasi kiiremini, kui peenemad kiud. Aksonid hargnevad harva ja nende küljest täisnurga all väljuvaid harusid nimetatakse kollateraaleideks. Kollateraaliid teevad hiljem peaaegu täisnurkse pöörde ja kulgevad paralleelselt aksoniga. Aksoni katte iseloomu järgi eristatakse müeliniseeritud ja müeliinita närvikiude. Perifeerses närvisüsteemis katab müeliniseeritud aksonit sisemine müeliintupp ja välimine lemmotsüütidest koosnev Schwanni tupp. Kesknärvisüsteemis moodustavad välimise tupe oligodendroglia rakud. Perifeerses närvisüsteemis katab müeliinkatteta aksonit ainult Schwanni tupp või gliia (pea- või seljaajus) või on akson koguni katteta. Katted muudavad aksoni omadusi ja on isolaatoriteks. Müeliniseeritud aksonit katvat membraani nimetatakse aksolemmiks, ta paikneb vahetult teda ümbritseva müeliinkatte all. Aksoni tsütoplasmas, mida nimetatakse aksoplasmaks, paiknevad peened piklikud mitokondrid ning väikesed põiekesed, millised on endoplasmaatilise võrgustiku osad.



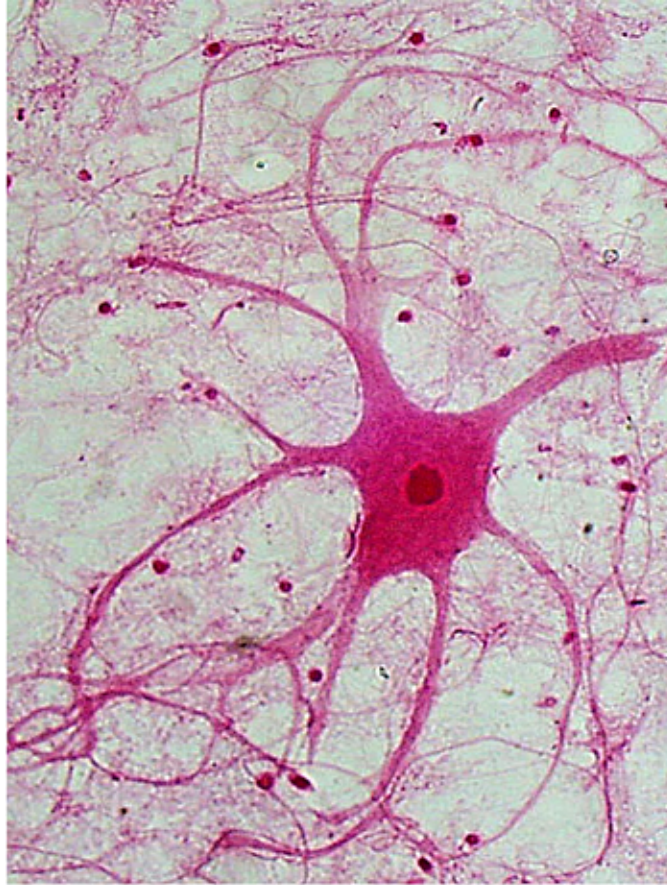
Hõbetatud Golgi järgi

Aksonaalne transport

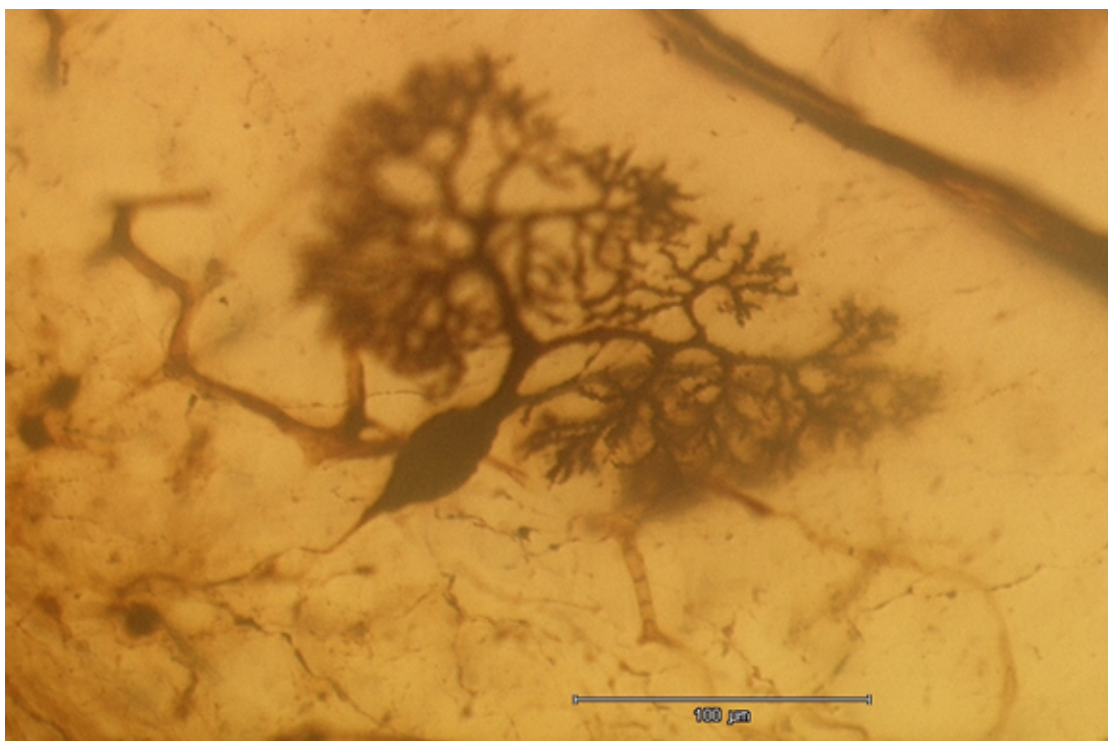
Aksonite pikkuse tõttu ületab nende maht neuronite perikaarionis mahu kümneid kordi. Aksonites sünteesitakse minimaalsel hulgal valke ja seetõttu transporditakse vajalikud valgud, samuti mõned organellid – mitokondrid, põiekesed aksonitesse rakukehast. Mõõda aksonid kulgeb kaks erineva suuna ja kiirusega aksoplasma voolu. Üks on aeglane anterograadne vool – kogu aksoplasma liigub kiirusega 1-3 mm ööpäevas. Aeglane anterograadne vool kindlustab aksoni püsivuse ja kasvu. Kiire anterograadne vool liigub 5-10 mm tunnis ja transpordib põhiliselt sünaptilise funktsiooni jaoks vajalikke komponente. Lisaks anterograadsetele vooludele mis kulgevad neuroni perikaarionist perifeeria suunas on olemas vastusuunaline aksoplasma vool – retrograadne. Retrograadne vool on kiire (kuni 200 mm päevas) ja toob aksonite lõpposadest perikaarionis suunas rida tsütoplasma komponente.

Dendriidid (*Dendritum*)

Neuronite hargnevaid jätkeid, mida võib olla üks või mitu, nimetatakse dendriitideks (kreeka k. *dendron* – puu). Dendriidid on suhteliselt lühikesed ja harulised, nad algavad laia tüvena rakukehast ning hakkavad suhteliselt kiiresti põdsakujuliselt hargnema erinevates suundades. Dendriidid hargnevad terava nurga all ning nende lõppharud on väga peenikesed ja lühikesed. Seljaaju motoneuronitel on 5 kuni 15 suurt dendriiti. Ligikaudu 80-90% neuroni pinnast moodustavad dendriidid, seetõttu on närviimpulssi vastuvõtuks valmis enamik rakupinnast. Aksonitest erinevad dendriidid organellide sisalduse poolest. Dendriidid sisaldavad mitokondreid, ribosome, mikrotuubuleid, granulaarset endoplasmaatilist võrgustiku, neurofilamente, laiaes algusosades ka Nissli substantsi. Seega on dendriitide tsütoloogiline struktuur samane rakukeha struktuuriga. Rakukeha läheduses paiknevate dendriitide peamine ülesanne on informatsiooni vastuvõtmine teistelt neuronitelt ning selle ülekandmine rakukehale. Dendriitide arv ja hargnemine on neuronitel väga erinevad. Dendriitiline transport, milline kulgeb piki dendriite, viib ained dendriitide lõppharudesse.



Värving: H&E



Neuron. Osmeeritud.

Neuronite klassifikatsioon

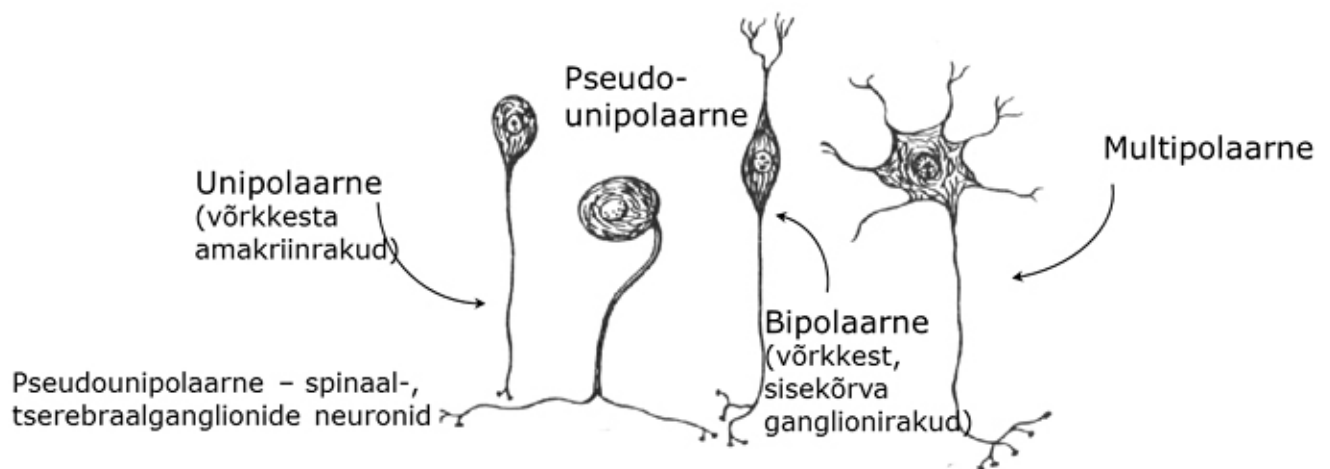
Neuronite klassifikatsioon lähtub jätkete arvust.

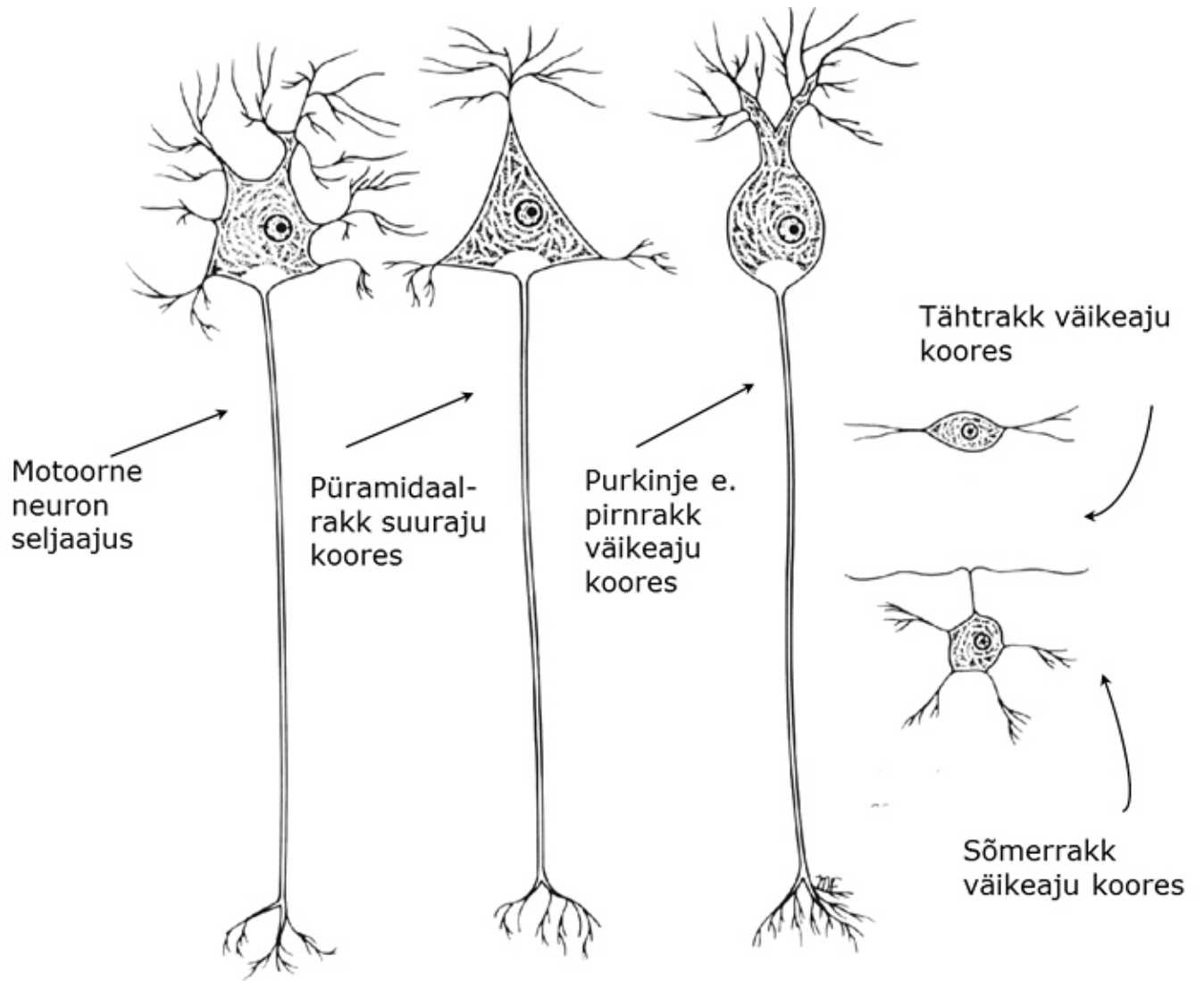
Bipolaarsetel neuronitel on kaks neuroni vastaskülgedel paiknevat jätket – üks akson ja üks dendriit. Bipolaarsete neuronite perikaarion on pikliku kujuga. Inimesel paiknevad bipolaarsed neuronid silma võrkkestas, sisekõrva spiraalganglionis. Unipolaarsetel neuronitel on ainult üks jätke – akson, selliste neuronite perikaarion on ovaalse või pikliku kujuga. Unipolaarsed neuronid on silma võrkkestas paiknevad amakriinrakud. Pseudounipolaarsetel neuronitel algavad mõlemad jätked - nii akson kui dendriit, ühise tüvena ning hargnevad erinevateks harudeks peale eemaldumist perikaarionist. Pseudounipolaarsed neuronid on kraniaalganglionide ja spinaalganglionide sensiiibliid neuronid. Kõige suurem grupp neuroneid on multipolaarsed neuronid. Multipolaarsel neuronil on üks akson ja kaks või rohkem dendriite. Multipolaarse neuroni perikaarion võib olla ümara, kolmnurkse või hulknurkse kujuga.

Teine neuronite jaotus hõlmab kesknärvisüsteemis paiknevaid neuroneid ja lähtub aksonite pikkusest. Eristatakse kahte suuremat gruppi – lühiaksonilised ja pikaaksonilised neuronid.

Pikaaksonilised neuronid (Golgi I tüüp) lähetavad aksonid perikaarionist kaugemale.

Lühiaksoniliste neuronite (Golgi II tüüp) aksonite algus- ja lõpposad jäävad samasse hallaine koore piirkonda. Lühiaksoniliste neuronite aksonid ulatuvad aksoni künkast kuni 5 mm kaugusele.





Neurogliia

Neurogliia rakud on tavaliselt väiksemad kui närvirakud, nad moodustavad umbes poole pea- ja seljaaju mahust. Neurogliia rakkudel on toetus, troofika, isolatsioon, fagotsütoos, sekretsioon, reparatiivne regeneratsioon- ja kaitsefunktsioon, nad ei ole võimelised erutust genereerima ega seda edasi kandma. Neurogliia jaguneb mikrogliiaks ja makrogliiaks. Makroglias eristatakse astrotsüüte, oligodendrotsüüte ja ependüümi rakke. Makrogliia gliotsüüdid arenevad koos neuronitega.

Astrotsüüdid on tähekujulised jätketega rakud (Kr.k. *astron*, täht). Jätked kontakteeruvad sageli veresoontega perivaskulaarsete lõppjaladena. Eristatakse kahte tüüpi astrotsüüte: kiulised ja protoplasmaatilised.

Kiuline astrotsüüt

- on koondunud peamiselt valgeainesse
- jätked on pikad ja peened, mitte eriti hargnevad
- rakukeha sisaldab rohkelt filamente
- on isoleeriv rakk

Protoplasmaatiline astrotsüüt

- on koondunud peamiselt hallainesse
- jätked on lühikesed ja jämedamad, rohkem hargnevad
- rakukehas vähem filamente
- on toestav, piirav rakk

Ependüüm

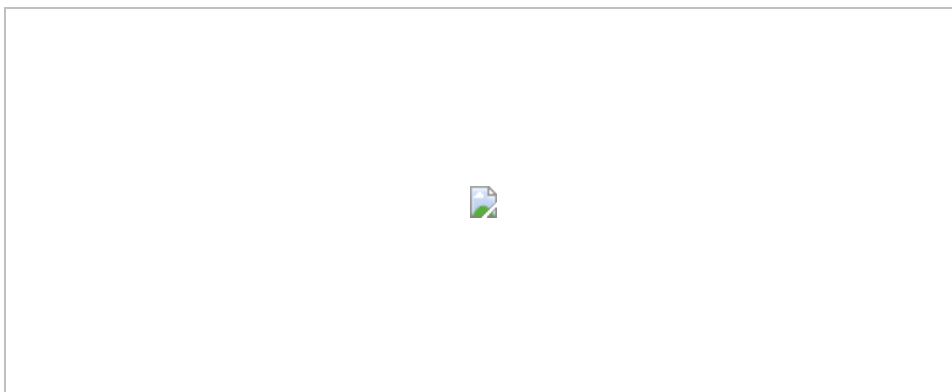
Moodustub ühest kihist kõrgetest kuubilistest või silinderjatest rakkudes, millised omavad mikrohatte ja ripsmeid. Raku baasilt lähtuv jätke hargneb aju teiste rakkude vahel. Ependüümi rakud voorderavad epiteelilaadse kihina ajuvatsakesed ning seljaaju tsentraalkanalit.

Oligodendrotsüüdid

Moodustavad kesti närvikiudude ja lõpmete ümber. Rakus paikneb tihe endoplasmaatiline võrgustik, vähesel hulgal ribosoomi, palju mitokondreid. Oligodendrotsüüdid osalevad troofilises ja kaitsefunktsioonis. Rakud on kontraktsioonivõimelised, mis soodustab aksoplasma liikumist närvikius.

Mikrogliia

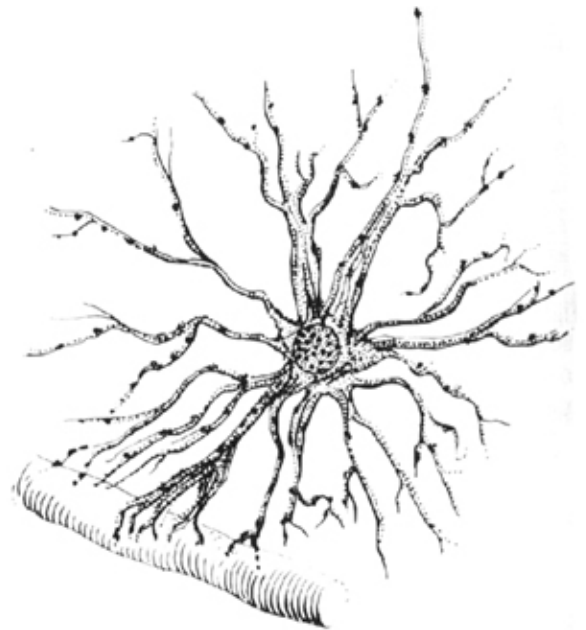
Mikrogliia rakud paiknevad põhiliselt hallaines. Nad on gliiarakkudest kõige väiksemad, väheste tugevalt hargnevate jätketega. Rakud on funktsioonilt sarnased sidekoe makrofaagidele ja kuuluvad mononukleaarsete fagotsüütide süsteemi.



Erinevat tüüpi neurogliia rakud:



Protoplasmaatiline astrotsüüt



Kiuline astrotsüüt



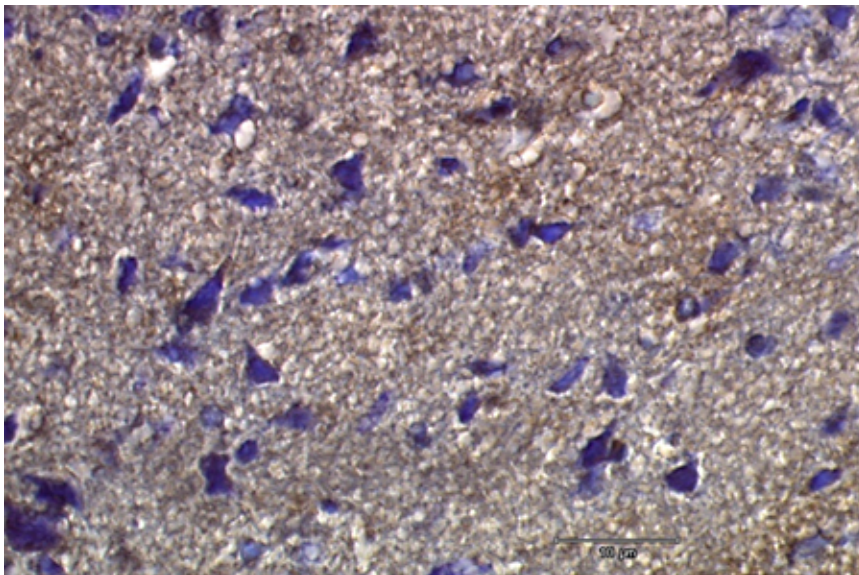
Oligodendrotsüüt



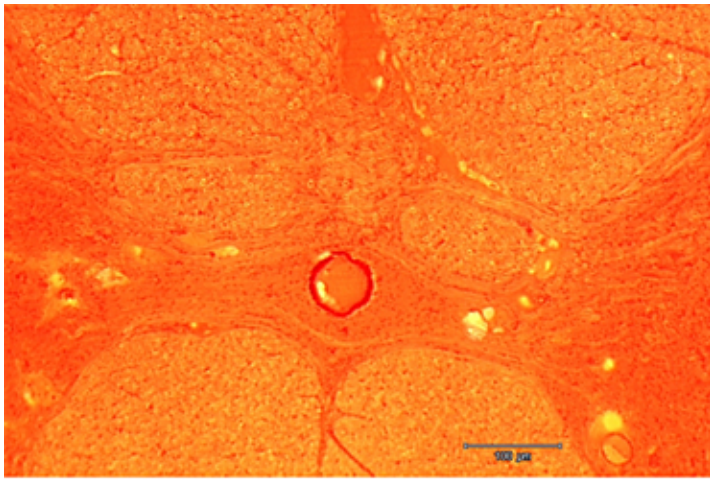
Mikroglia



Ependüüm



Värving: DAB + tioniin



Värving: H&E

Närvikiud

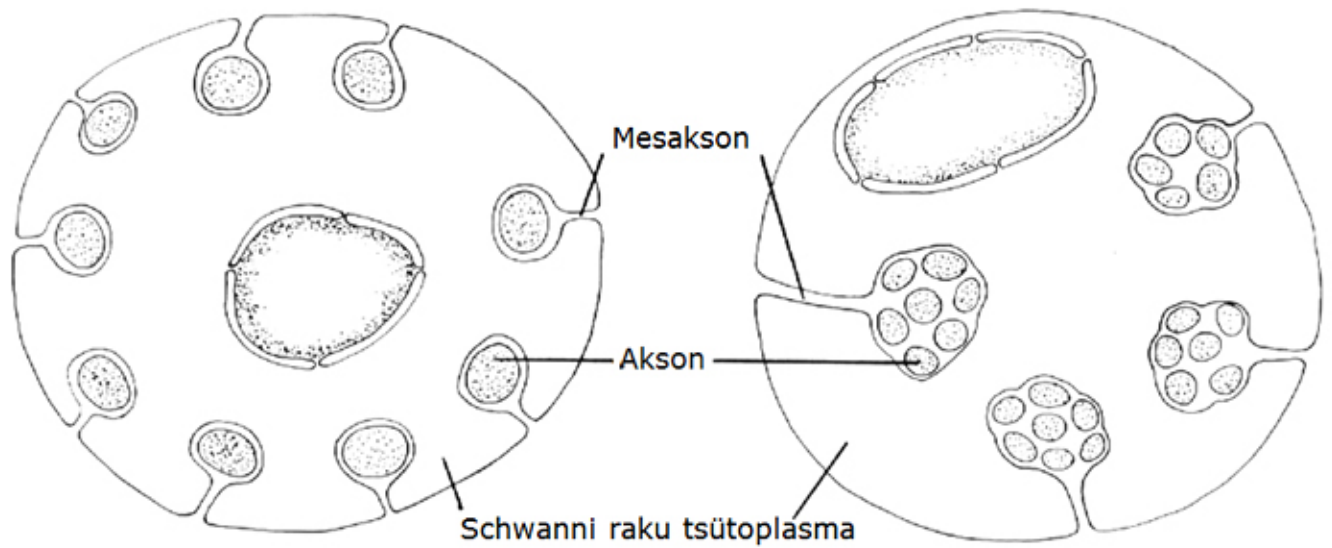
Koosnevad telgsilindrist e aksonist ja selle katetest.

Telgsilindri kate erinevusel eristatakse:

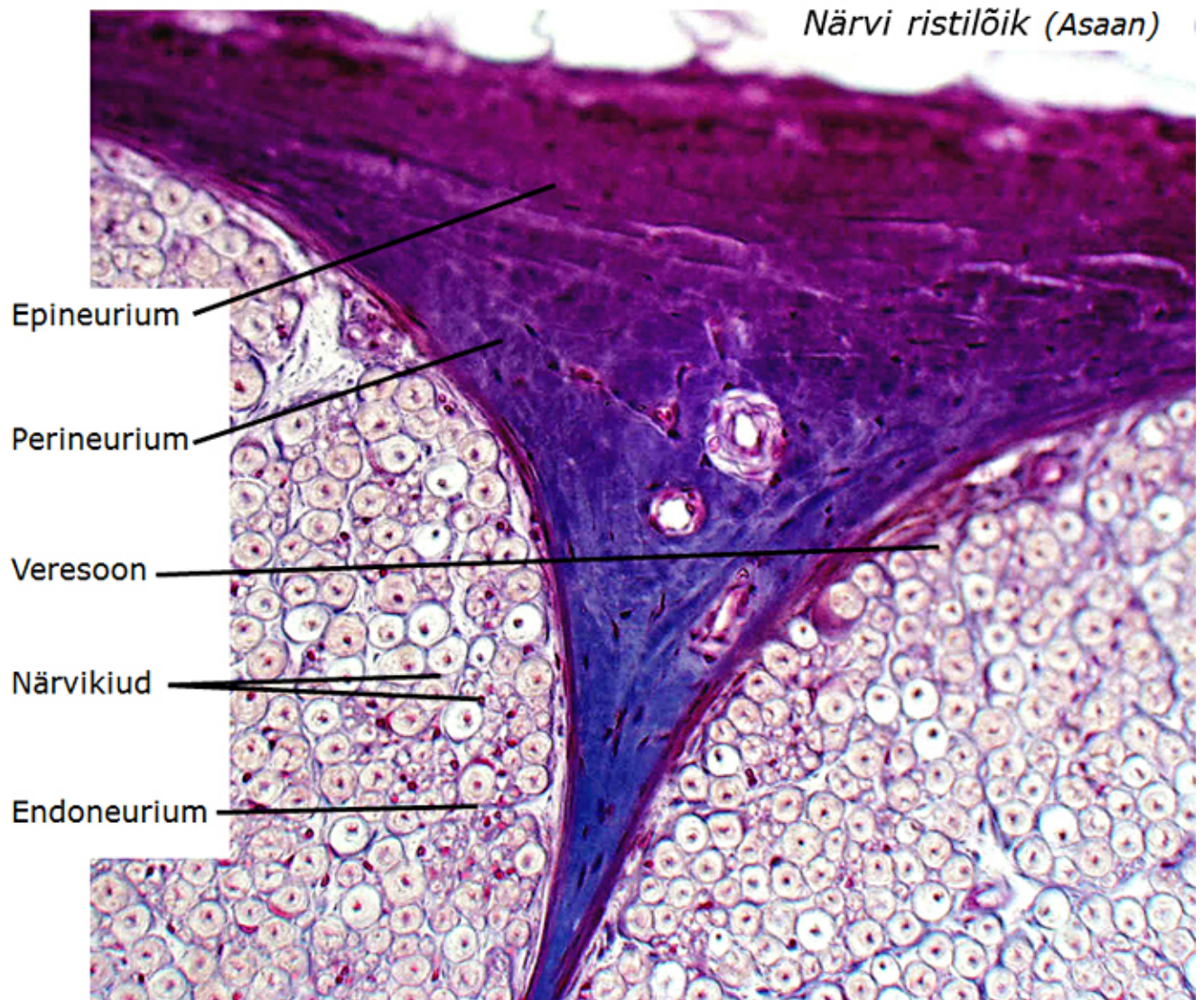
- A) müeliinkiude
- B) müeliinita kiude (kiud on sulundunud lemmotsüüdi tsütoplasmasse)

Perifeersed müeliinita närvikiud

- Schwanni raku e lemmotsüüdi tsütoplasmasse sissesopistunud aksonid
- Lemmotsüüdi kontakteerunud plasmamembraani aksonist raku pinnani nim mesaksoniks



Närvi ristlõik



Sünapsid

Sünapsiks on spetsialiseeritud membraanide kontaktala kahe neuroni või neuroni ja lõpporgani (retseptorse raku, efektori) vahel.

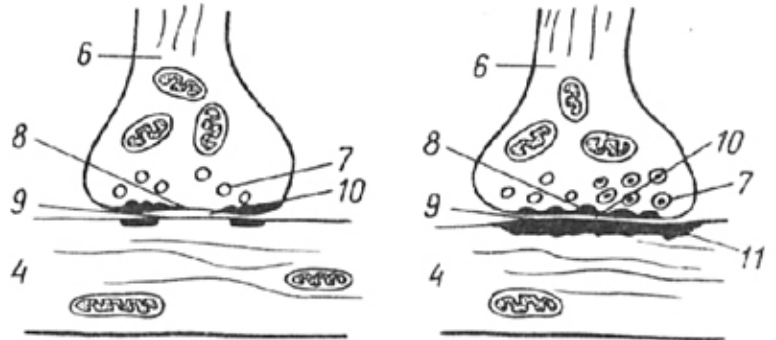
Kontakteeruva raku aksolemm moodustab presünaptiline osa. Kontakteeritava raku plasmalemm on postsünaptiline osa. Nende kahe vahele jääb sünaptiline pilu.

Keemilised sünapsid juhivad impulssi ainult ühes suunas - aksonilt kontakteeritavale rakule.

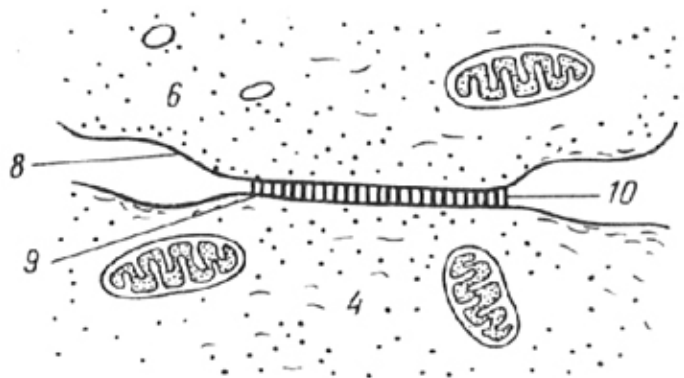
Elektrilised sünapsid

Elektrilised sünapsid toimub neuronitevaheline kontakt ilma sünaptiliste pöiekestest ja neurotransmitteriteta.

Mõlemad membraanid on ühetaolise ehitusega - elektrilised sünapsid on kahesuunalise juhtivusega.



- 4 - dendriit
- 6 - akson
- 8 - presünaptiline membraan
- 9 - postsünaptiline membraan
- 10 - sünaptiline pilu



Närvirakk (neuron)

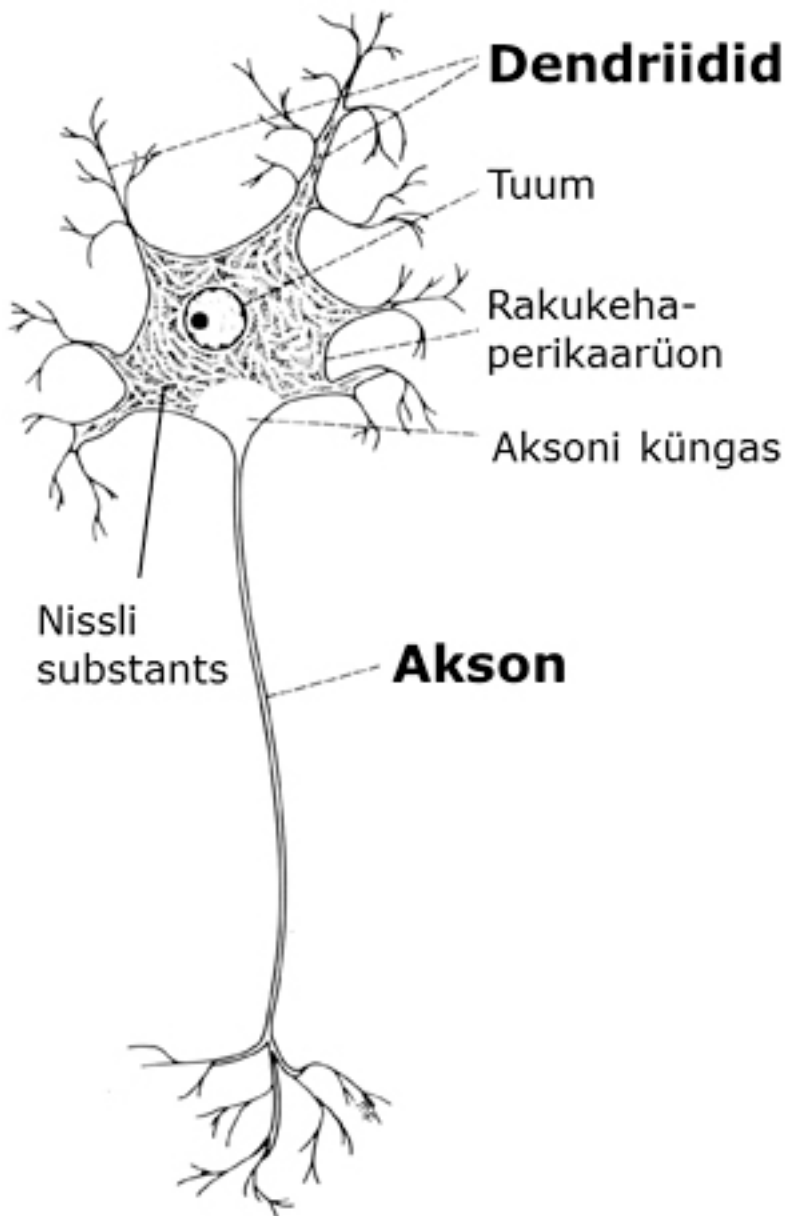
Närvikoe struktuurseks ja funktsionaalseks ühikuks on närvirakk ehk neuron (*neuron*), mis on spetsialiseerunud närviimpulsi tekitamiseks ja kiireks ülekandmiseks.

Inimese närvisüsteemis paiknevad miljardid neuronid. Neuronid jagatakse kolme suurde gruppi:

1. **Sensoorsed neuronid** (*neuron sensorium*) kannavad impulsse retseptoritelt edasi kesknärvisüsteemi.
2. **Motoorsed neuronid** (*neuron motorium*) kannavad impulsse kesknärvisüsteemi või ganglionidelt edasi efektorrakkudele.
3. **Vaheneuronid** (*neuron internuntiale*) moodustavad sensorsete ja motorsete neuronite vahel laialdase võrgustiku. Uuringute tulemustena on selgunud, et sellesse võrgustikku kuulub 99,9% kõigist neuronitest.

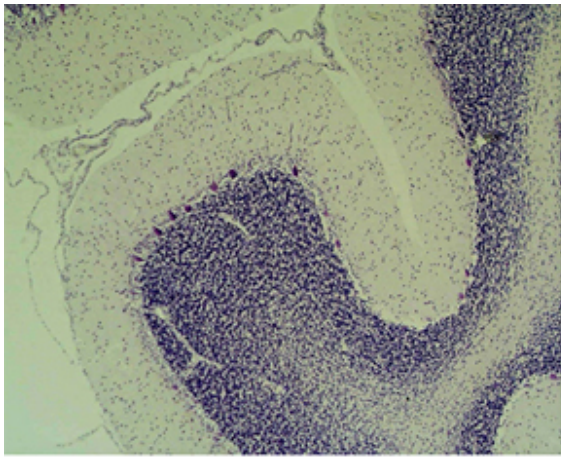
Teistest rakkudest erinevad neuronid sellepolest et sisaldavad jätkeid – aksonit ja dendriite.

Närviraku e neuroni ehitus

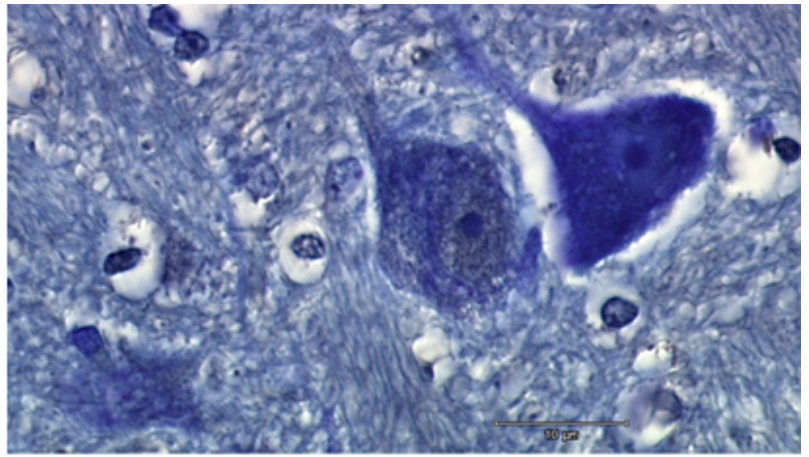


Neuroni rakukeha e perikaarüon (*Perikaryon*)

Neuronite suurus ja kuju on väga erinevad ja sõltuvad nende paiknemisest. Kõige väiksemate neuronite rakukeha suurus on 4 – 8 μm , suuraju koore viiendas kihis paiknevate Betzi rakkude suurus on 100 – 140 μm . Neuroni moodustavad rakukeha ehk perikaarüon ja jätked. Perikaarüonid on erineva kujuga, sisaldavad selgelt eristatavat tuuma ning tuumakest ja suurt tsütoplasma hulka, kus paiknevad organellid. Inimese neuroni tuum on ümara kujuga ja paikneb rakus reeglina tsentraalselt, tuuma suurus oleneb raku suurusest. Kahe tuumaga ja mitmetuumalised neuronid esinevad inimese organismis väga harva. Erandiks on mõned vegetatiivse närvisüsteemi ganglionid, kus neuronites võib olla kuni 15 tuuma (emakakael, eesnääre). Tuumas on selgelt eristatav üks, harvem kaks tuumakest. Kromatiin paikneb tuumas hajutatult. Neuronite kõrge funktsionaalse aktiivsuse tõttu on rakkude tsütoplasma rikalikult varustatud organellidega ja sisaldab Nissli substantsi, Golgi kompleksi, mitokondreid, mikrofilamente, mikrotoobuleid, vabu ribosome, lüsoosome, lipofustiini, melaniini, glükogeeni ja lipiide. Vabad ribosoomid neuronite kehas sünteesivad pidevalt uusi valke ja suunavad neid neuronite jätketesse kasutatud valkude asemele. Pigmentinklusioonidest esineb neuronites kollakas-pruunikas pigment lipofustiin, seda eriti vegetatiivse närvisüsteemi ganglionides. Inimese vananedes võib pigmendist olla täitunud kogu neuron, sellisel juhul on tegemist neuroni pigmentatroofiaga.



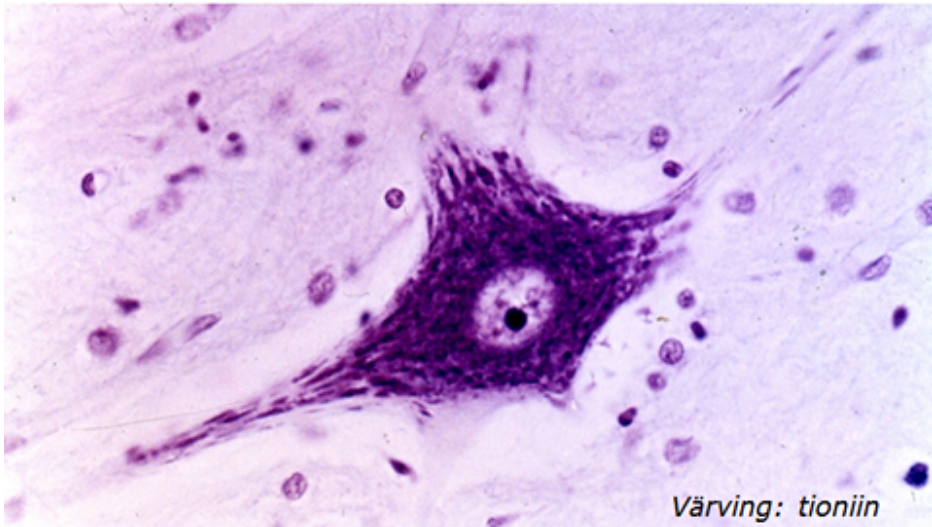
Sõmerrakud (värving: tioniin)



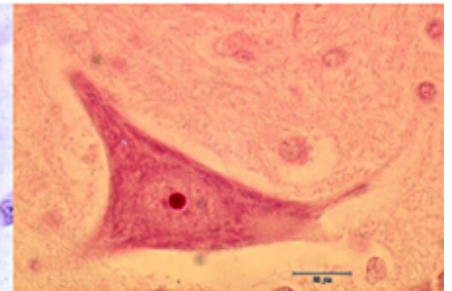
**Hiidpüramiid (Betz'i rakud, värving: tioniin)
M. Aunapuu preparaat**

Nissli substants (*Substantia chromatophila*)

1884.a. kirjeldas saksa neuropatoloog Franz Nissl neuronite perikaarüonis ja suurte dendriitide algusosades nähtavat struktuuri – kromatofiilset substantsi, mille moodustavad erineva suurusega kängud. Tiigrinahka meenutava mustriga järgi nimetatakse seda struktuuri ka tigroidsubstantsiks. Nissli kängud paiknevad perikaarüonis ja dendriitide proksimaalses osas, kuid puuduvad aksonites ja aksoni künkal. Neuronite ultrastruktuuri uurimisel on Nissli substants nähtav tsütoplasma piirkonnana, milline sisaldab granulaarse endoplasmaatilise võrgustiku fragmente, hulgaliselt vabu ning membraanidele kinnitunud ribosome ning polüribosome. Histokeemiliselt sisaldab Nissli substants rohkesti ribonukleiinhapet. Nissli substants värvub intensiivselt aluseliste värvidega ja metakromaatiliselt tioniiniga.



Värving: tioniin

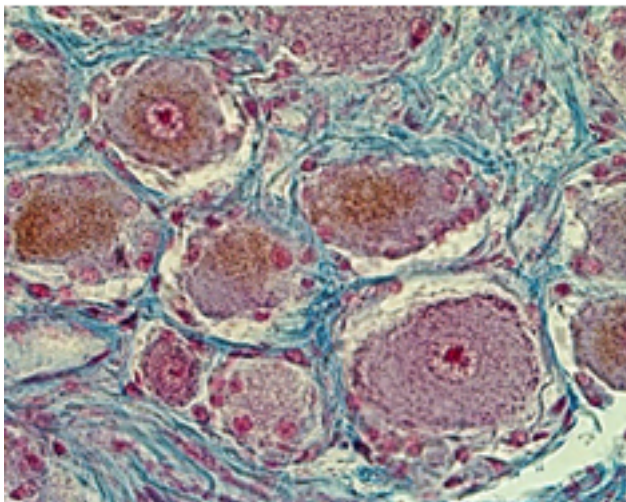
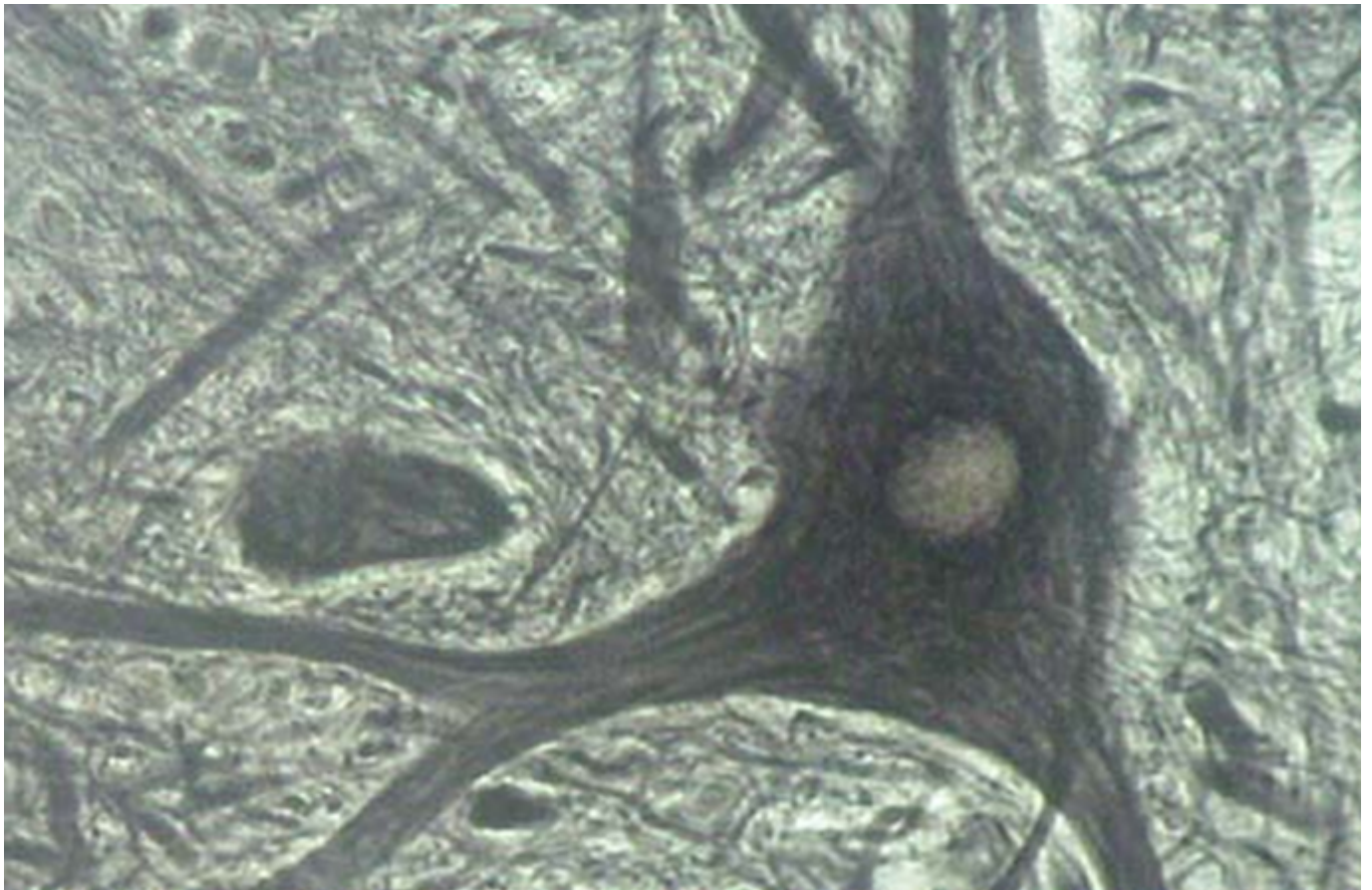


Värving: H&E

M. Aunapuu preparaat

Neurofibrillid (*Neurofibrilla*)

Neuronite perikaarüonis ning jätketes paiknevad fibrillaarsed struktuurid, mis hõbedaga töödeldud preparaatides on nähtavad peenikeste kiududena - neurofibrillid. Neurofibrillid paiknevad perikaarüonis ebakorrapäraselt, närvirakkude jätketes aga paralleelsete kiududena. Ultrastruktuuri uurimisel on selgunud, et tegemist on tsütoskeleti elementidega – mikrofilamentide, neurofilamentide ning mikrotuubulitega. Kimpudena paiknevate neurofilamentide diameeter on ligikaudu 10 nm ja struktuur vastab vahefilamentide ehitusele. Mikrotuubulid on tüüpilise ehitusega, nende diameeter on 20-24 nm. Mikrotuubulite põhiülesandeks on neuronite ja eriti jätkete kuju toetamine. Mikrofilamentid on väiksed struktuurid diameetriga 6 nm.



Inklusioonid

- Lipiidilgad - metaboolne reserv
- Glükogeen - küpses närvikoes nähtav gliarakkudes
- Melaniini sõmerad - närvirakkudes aju teatud osades (näit. substantia nigra)
- Lipofustiin - kollakas-pruunid kulumispigmenti sõmerad, nende hulk suureneb. Vananedes (võib täita kogu atrofeerunud raku - pigmentatroofia)

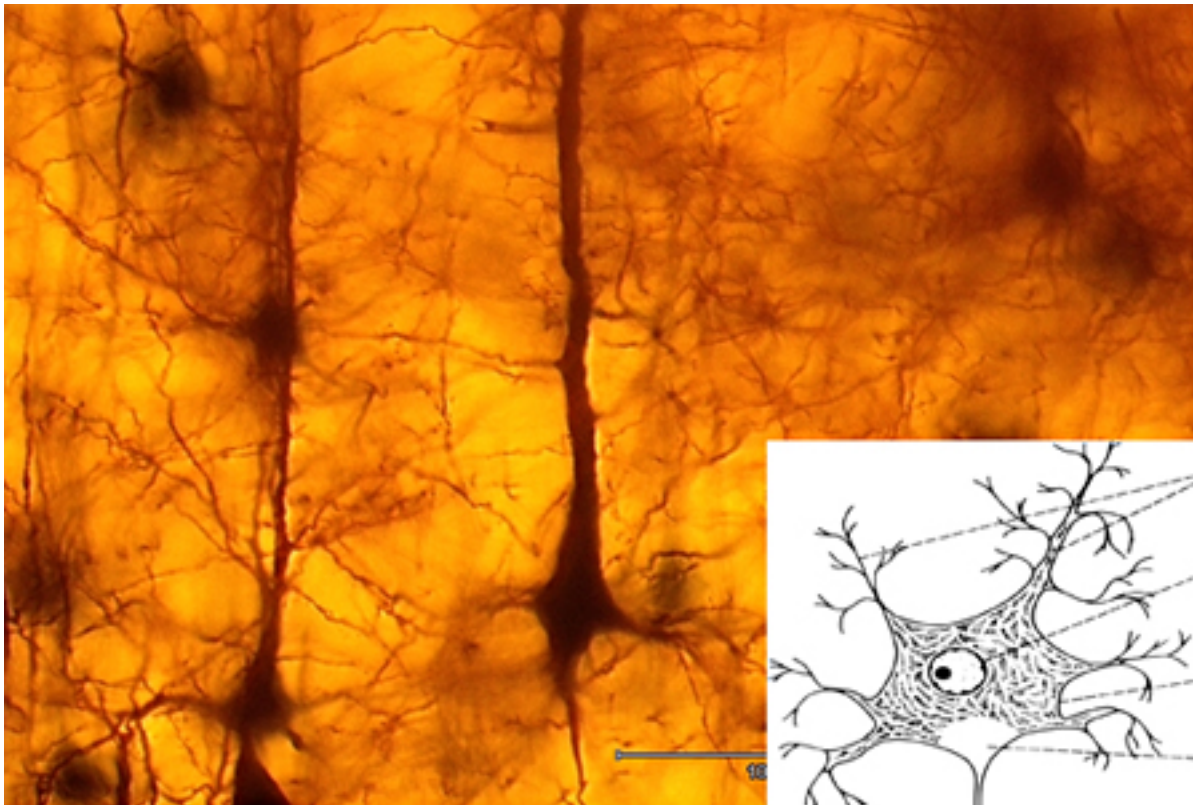
Närviraku jätked

Dendriidid ja aksonid

Neuronid on erilise ehitusega rakud – nende kehast väljapoole kulgevad pikad jätked, mis on moodustunud peentest tsütoplasma kiududest. Üks, mittehargnev jätke kannab nimetust akson. Hargnevaid jätkeid, mida võib olla üks või mitu, nimetatakse dendriitideks.

Akson (*Axon*)

Neuroni kehast väljuv mittehargnev jätke kannab nimetust akson (kreeka k. *axis* – jätke). Neuronil on alati ainult üks akson, mis viib erutuslaine perikaarüonist eemale. Akson algab neuroni rakukehast hästi eristatava aksoni künkaga, sest seal puudub Nissli substants. Aksonite pikkus ja diameeter oleneb neuroni tüübist ning sellel on tähtsust närviimpulsi levikul. Aksoni pikkus võib olla ühest millimeetrist kuni mitmekümne sentimeetrini või isegi meetrini, diameeter 1–20 µm. Jämedamad aksonid annavad närviimpulsse edasi kiiremini, kui peenemad kiud. Aksonid hargnevad harva ja nende küljest täisnurga all väljuvaid harusid nimetatakse kollateraalideks. Kollateraaliid teevad hiljem peaaegu täisnurkse pöörde ja kulgevad paralleelselt aksoniga. Aksoni katte iseloomu järgi eristatakse müeliniseeritud ja müeliinita närvikiude. Perifeerses närvisüsteemis katab müeliniseeritud aksonit sisemine müeliintupp ja välimine lemmotsüütidest koosnev Schwanni tupp. Kesknärvisüsteemis moodustavad välimise tupe oligodendroglia rakud. Perifeerses närvisüsteemis katab müeliinkatteta aksonit ainult Schwanni tupp või gliia (pea- või seljaajus) või on akson koguni katteta. Katted muudavad aksoni omadusi ja on isolaatoriteks. Müeliniseeritud aksonit katvat membraani nimetatakse aksolemmiks, ta paikneb vahetult teda ümbritseva müeliinkatte all. Aksoni tsütoplasmas, mida nimetatakse aksoplasmaks, paiknevad peened piklikud mitokondrid ning väikesed põiekesed, millised on endoplasmaatilise võrgustiku osad.



Höbetatud Golgi järgi

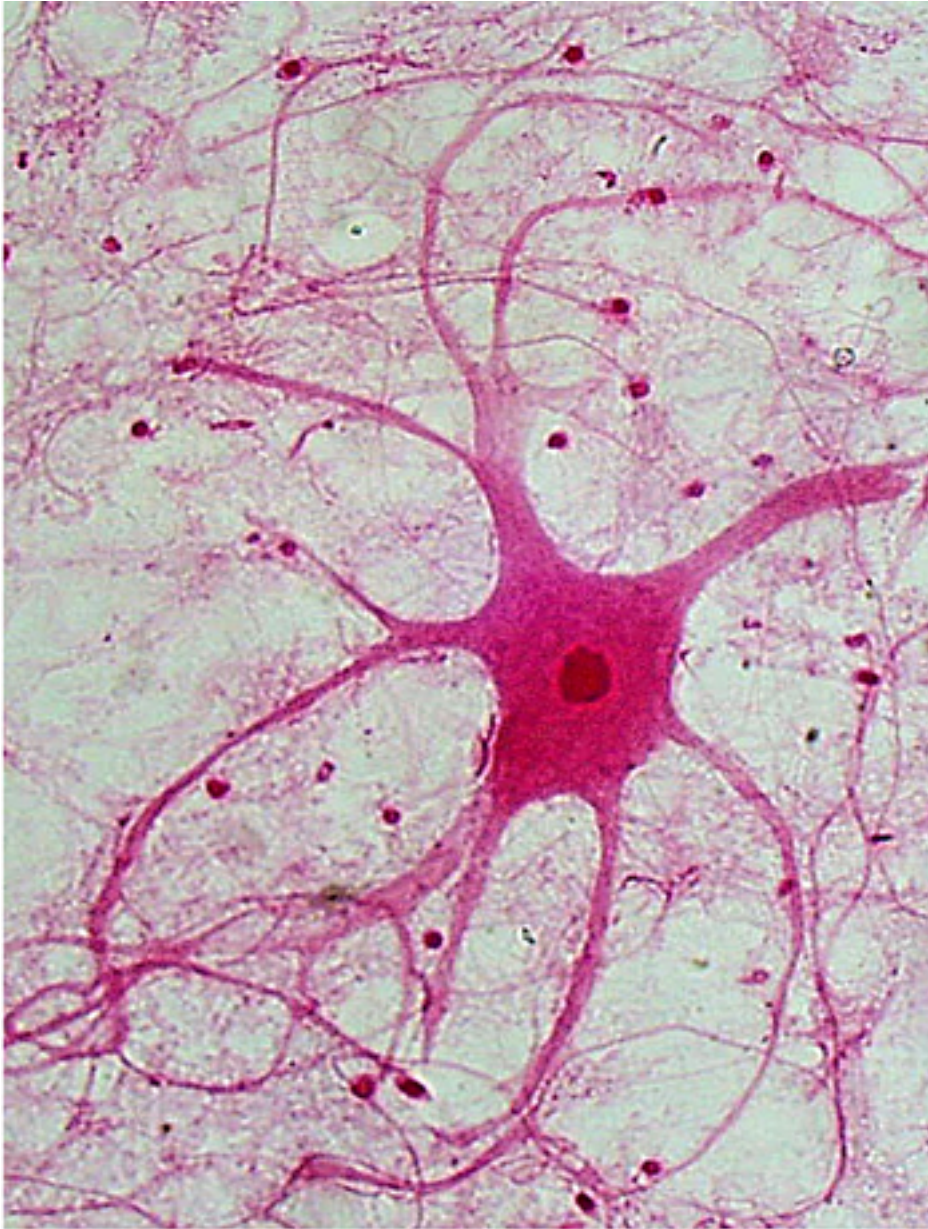
Aksonaalne transport

Aksonite pikkuse tõttu ületab nende maht neuronite perikaarüoni mahu kümneid kordi. Aksonites sünteesitakse minimaalsel hulgal valke ja seetõttu transporditakse vajalikud valgud, samuti mõned organellid – mitokondrid, põiekesed aksonitesse rakukehast. Mõõda aksoneid kulgeb kaks erineva suuna ja kiirusega aksoplasma voolu. Üks on aeglane anterograadne vool – kogu aksoplasma liigub kiirusega 1-3 mm ööpäevas. Aeglane anterograadne vool kindlustab aksoni püsivuse ja kasvu. Kiire anterograadne vool liigub 5-10 mm tunnis ja transpordib põhiliselt sünaptilise funktsiooni jaoks vajalikke komponente. Lisaks anterograadsetele vooludele mis kulgevad neuroni perikaarionist perifeeria suunas on olemas vastusuunaline aksoplasma vool – retrograadne. Retrograadne vool on kiire (kuni 200 mm päevas) ja toob aksonite lõpposadest perikaarioni suunas rida tsütoplasma komponente.

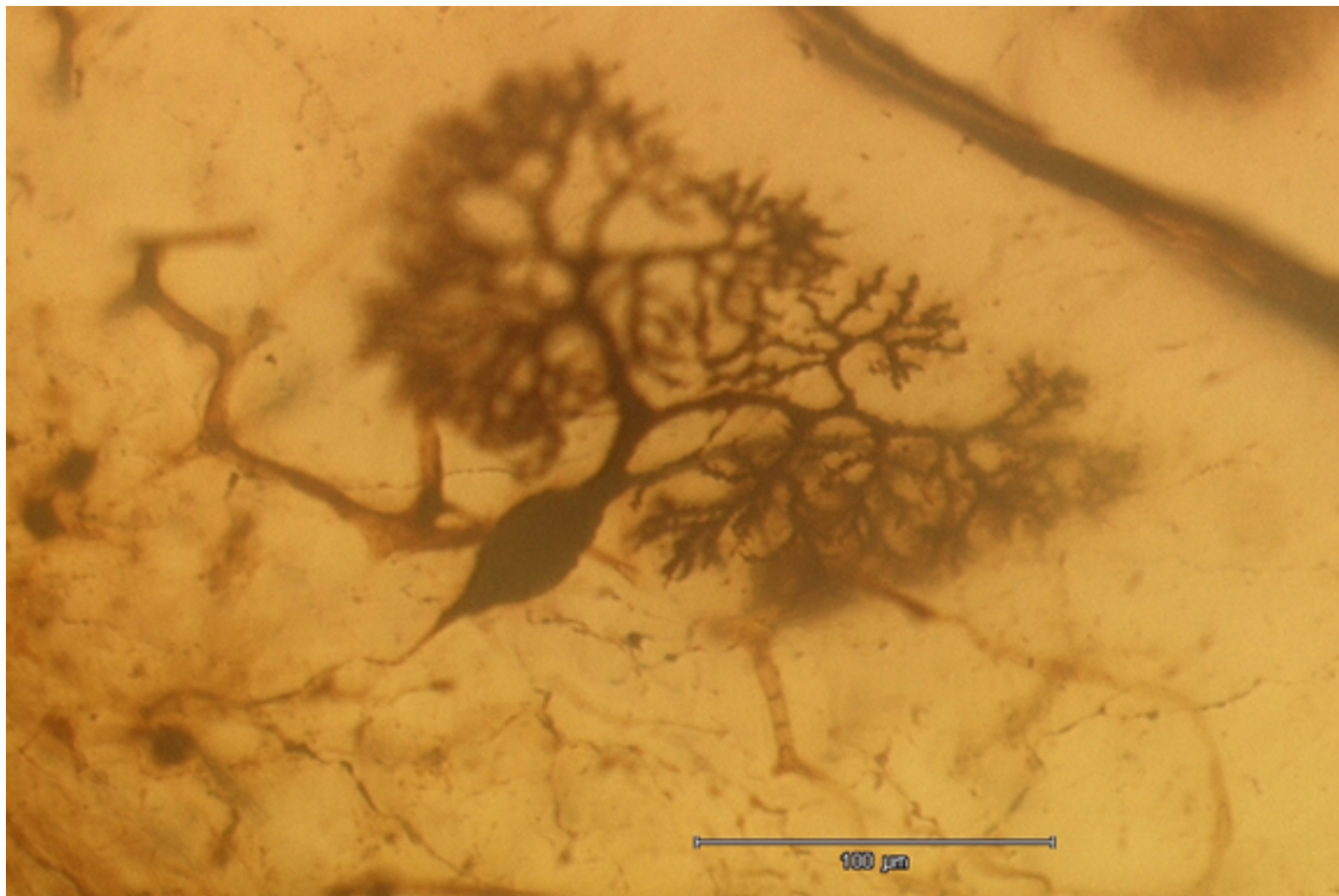
Dendriidid (*Dendritum*)

Neuronite hargnevaid jätkeid, mida võib olla üks või mitu, nimetatakse dendriitideks (kreeka k. *dendron* – puu). Dendriidid on suhteliselt lühikesed ja harulised, nad algavad laia tüvena rakukehast ning hakkavad suhteliselt kiiresti põõsakujuliselt hargnema erinevates suundades. Dendriidid hargnevad terava nurga all ning nende lõppharud on väga peenikesed ja lühikesed. Seljaaju motoneuronitel on 5 kuni 15 suurt dendriiti. Ligikaudu 80-90%

neuroni pinnast moodustavad dendriidid, seetõttu on närviimpulssi vastuvõtuks valmis enamik rakupinnast. Aksonitest erinevad dendriidid organellide sisalduse poolest. Dendriidid sisaldavad mitokondreid, ribosome, mikrotootubuleid, granulaarset endoplasmaatilist võrgustiku, neurofilamente, laiades algusosades ka Nissli substantsi. Seega on dendriitide tsütoloogiline struktuur sarnane rakukeha struktuuriga. Rakukeha läheduses paiknevate dendriitide peamine ülesanne on informatsiooni vastuvõtmine teistelt neuronitelt ning selle ülekandmine rakukehale. Dendriitide arv ja hargnemine on neuronitel väga erinevad. Dendriitiline transport, milline kulgeb piki dendriite, viib ained dendriitide lõppharudesse.



Värving: H&E



Neuron. Osmeeritud.

Neuronite klassifikatsioon

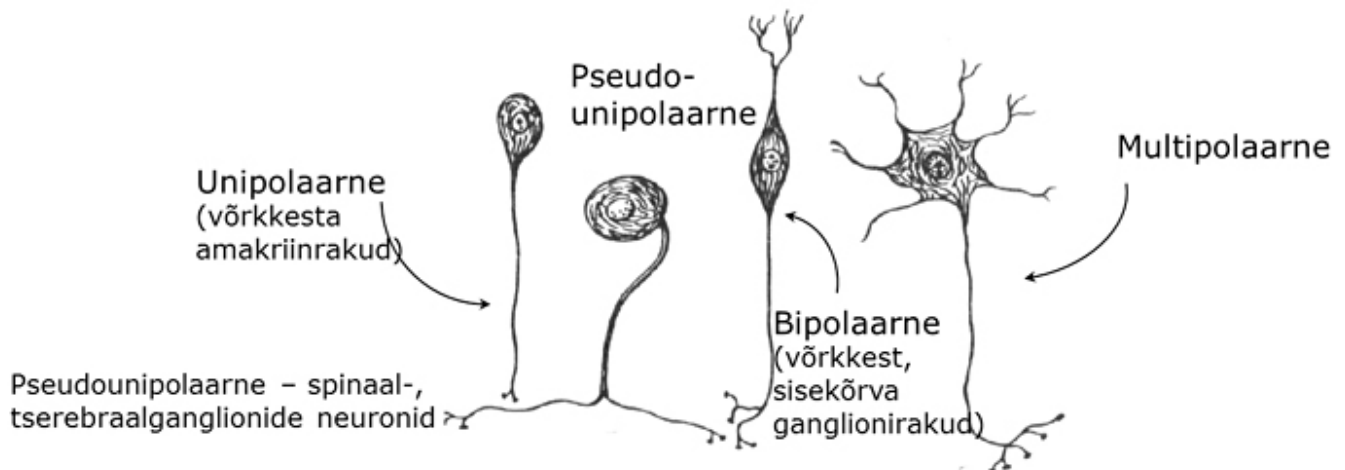
Neuronite klassifikatsioon lähtub jätkete arvust.

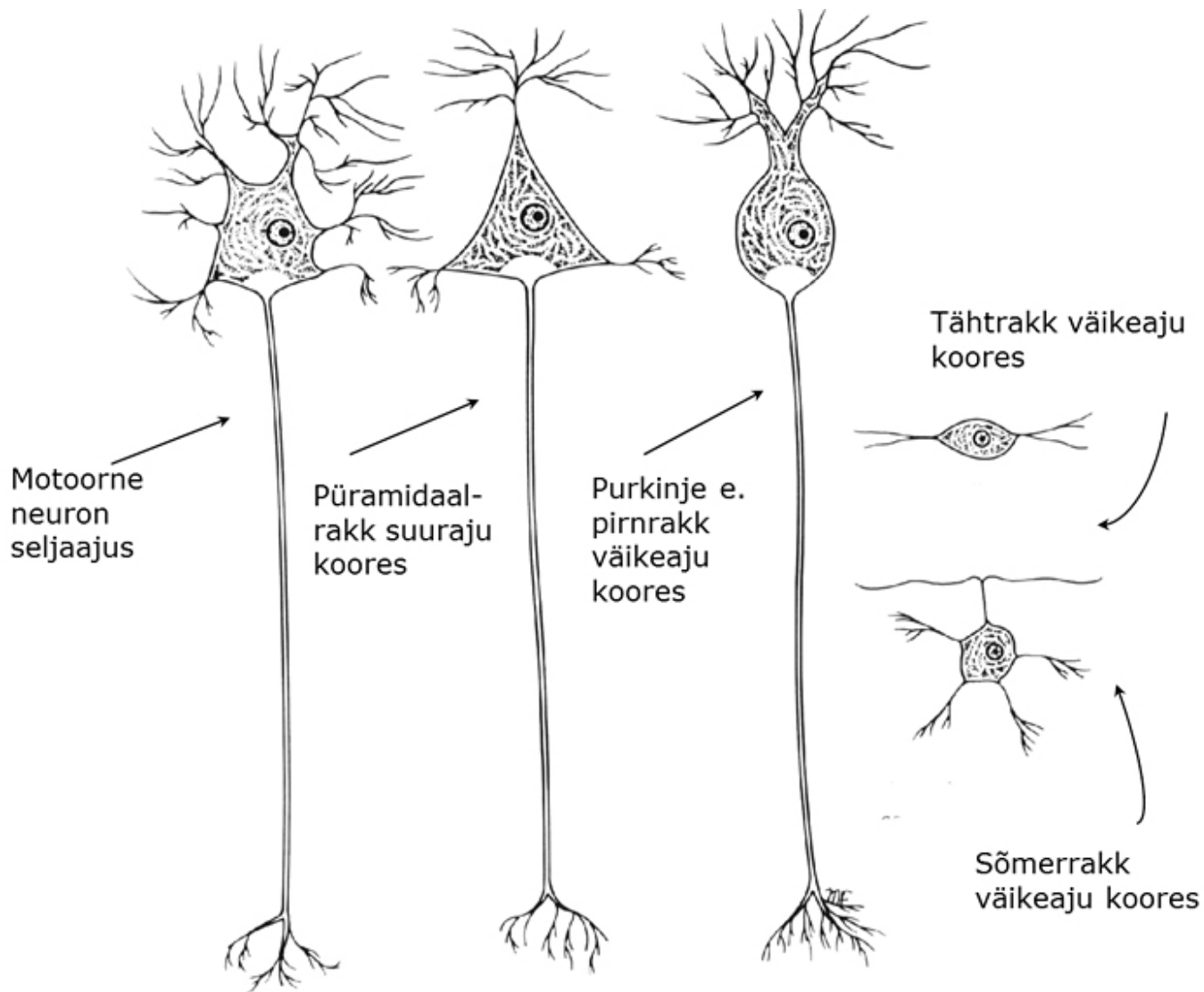
Bipolaarsetel neuronitel on kaks neuroni vastaskülgedel paiknevat jätket – üks akson ja üks dendriit. Bipolaarsete neuronite perikaarion on pikliku kujuga. Inimesel paiknevad bipolaarsed neuronid silma võrkkestas, sisekõrva spiraalganglionis. Unipolaarsetel neuronitel on ainult üks jätket – akson, selliste neuronite perikaarion on ovaalse või pikliku kujuga. Unipolaarsed neuronid on silma võrkkestas paiknevad amakriinrakud. Pseudounipolaarsetel neuronitel algavad mõlemad jätked - nii akson kui dendriit, ühise tüvena ning hargnevad erinevateks harudeks peale eemaldumist perikaarionist. Pseudounipolaarsed neuronid on kraniaalganglionide ja spinaalganglionide sensibiilid neuronid. Kõige suurem grupp neuroneid on multipolaarsed neuronid. Multipolaarsel neuronil on üks akson ja kaks või rohkem dendriite. Multipolaarse neuroni perikaarion võib olla ümara, kolmnurkse või hulknurkse kujuga.

Teine neuronite jaotus hõlmab kesknärvisüsteemis paiknevaid neuroneid ja lähtub aksonite pikkusest. Eristatakse kahte suuremat gruppi – lühiaksonilised ja pikaaksonilised neuronid.

Pikaaksonilised neuronid (Golgi I tüüp) lähetavad aksonid perikaarionist kaugemale.

Lühiaksoniliste neuronite (Golgi II tüüp) aksonite algus- ja lõpposad jäävad samasse hallaine koore piirkonda. Lühiaksoniliste neuronite aksonid ulatuvad aksoni künkast kuni 5 mm kaugusele.





Neurogliia

Neurogliia rakud on tavaliselt väiksemad kui närvirakud, nad moodustavad umbes poole pea- ja seljaaju mahust. Neurogliia rakkudel on toetus, troofika, isolatsioon, fagotsütoos, sekretsioon, reparatiivne regeneratsioon- ja kaitsefunktsioon, nad ei ole võimelised erutust genereerima ega seda edasi kandma. Neurogliia jaguneb mikrogliiaks ja makrogliiaks. Makrogliias eristatakse astrotsüüte, oligodendrotsüüte ja ependüümi rakke. Makrogliia gliotsüüdid arenevad koos neuronitega.

Astrotsüüdid on tähekujulised jätketega rakud (Kr.k. *astron*, täht). Jätked kontakteeruvad sageli veresoontega perivaskulaarsete lõppjaladena. Eristatakse kahte tüüpi astrotsüüte: kiulised ja protoplasmaatilised.

Kiuline astrotsüüt

- on koondunud peamiselt valgeainesse
- jätked on pikad ja peened, mitte eriti hargnevad
- rakukeha sisaldab rohkelt filamente
- on isoleeriv rakk

Protoplasmaatiline astrotsüüt

- on koondunud peamiselt hallainesse
- jätked on lühikesed ja jämedamad, rohkem hargnevad
- rakukehas vähem filamente
- on toestav, piirav rakk

Ependüüm

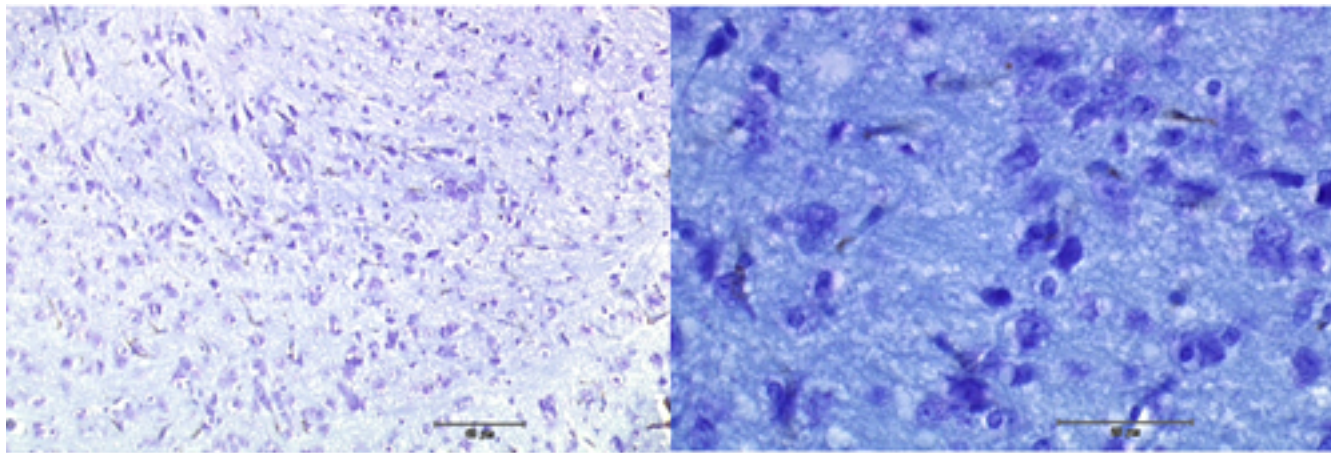
Moodustub ühest kihist kõrgetest kuubilistest või silinderjatest rakkudes, millised omavad mikrohatte ja ripsmeid. Raku baasilt lähtuv jätke hargneb aju teiste rakkude vahel. Ependüümi rakud vooderdavad epiteelilaadse kihina ajuvatsekeseid ning seljaaju tsentraalkanalit.

Oligodendrotsüüdid

Moodustavad kesti närvikiudude ja lõpmete ümber. Rakus paikneb tihe endoplasmaatiline võrgustik, vähesel hulgal ribosoomi, palju mitokondreid. Oligodendrotsüütid osalevad troofilises ja kaitsefunktsioonis. Rakud on kontraktsioonivõimelised, mis soodustab aksoplasma liikumist närvikus.

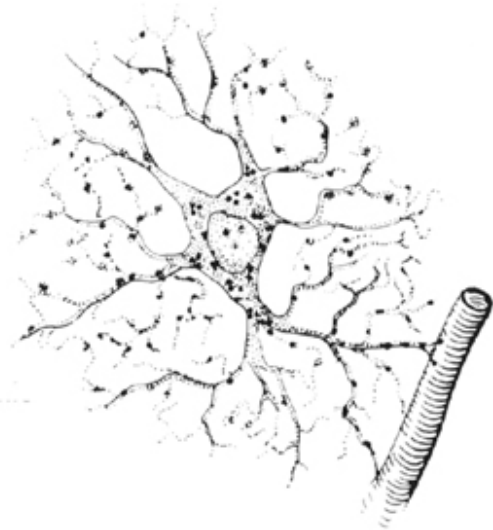
Mikrogliia

Mikrogliia rakud paiknevad põhiliselt hallaines. Nad on gliiarakkudest kõige väiksemad, väheste tugevalt hargnevate jätketega. Rakud on funktsioonilt sarnased sidekoe makrofaagidele ja kuuluvad mononukleaarsete fagotsüütide süsteemi.

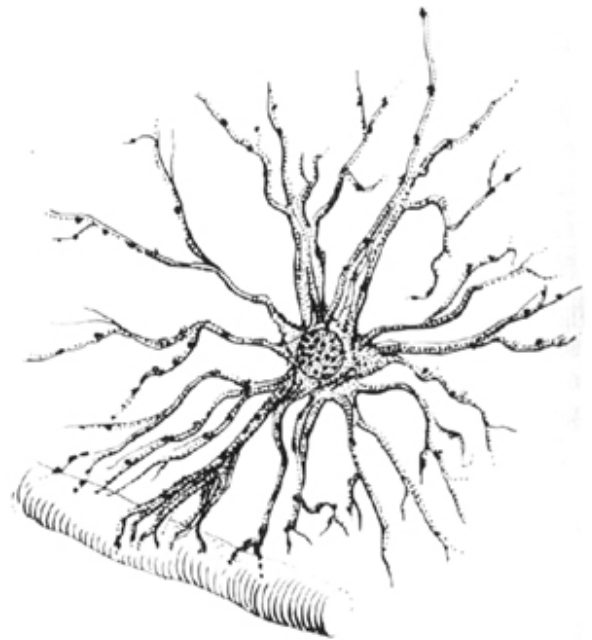


Värving: tioniin

Erinevat tüüpi neuroglia rakud:



Protoplasmaatiline astrotsüüt



Kiuline astrotsüüt



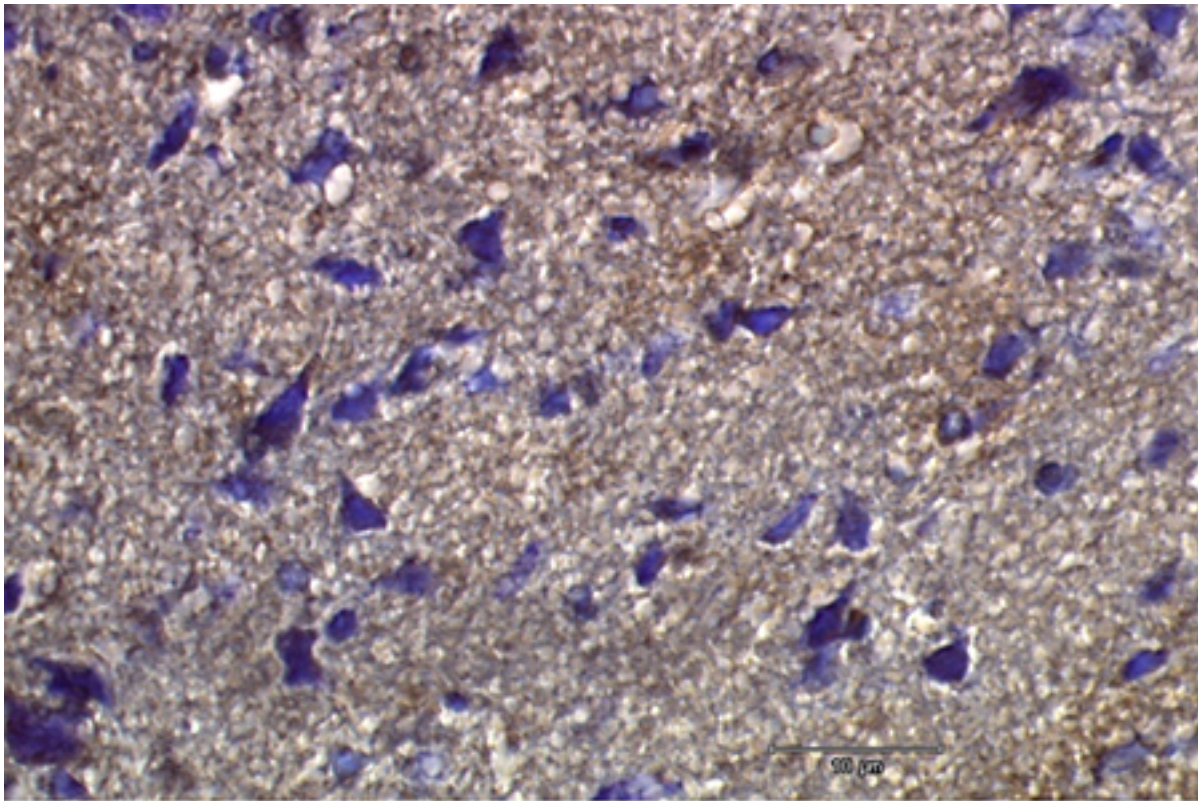
Oligodendrotsüüt



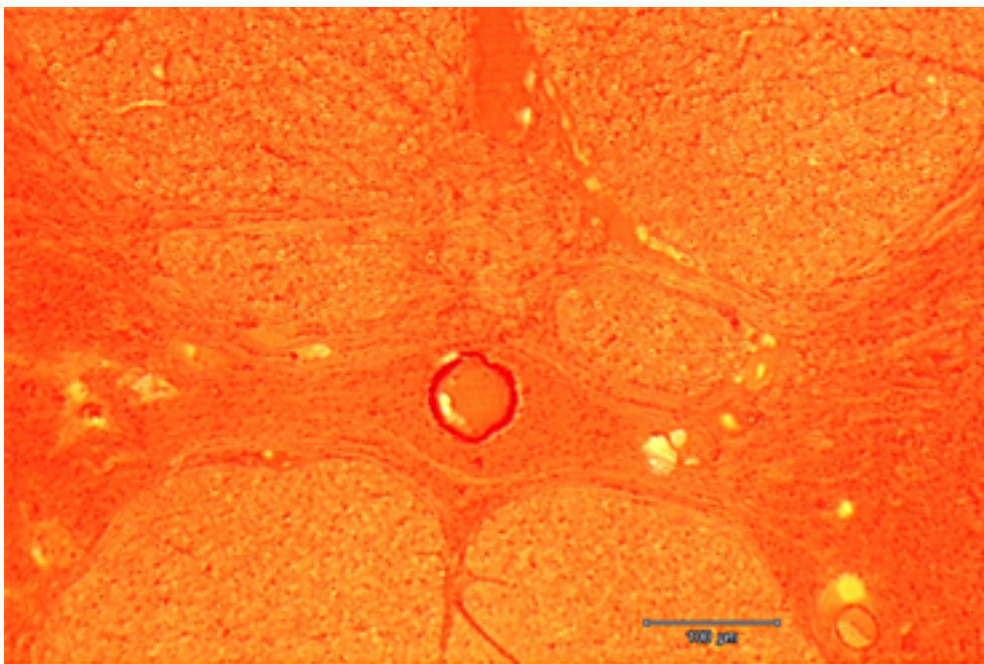
Mikroglia



Ependüüm



Värving: DAB + tioniin



Värving: H&E

Närvikiud

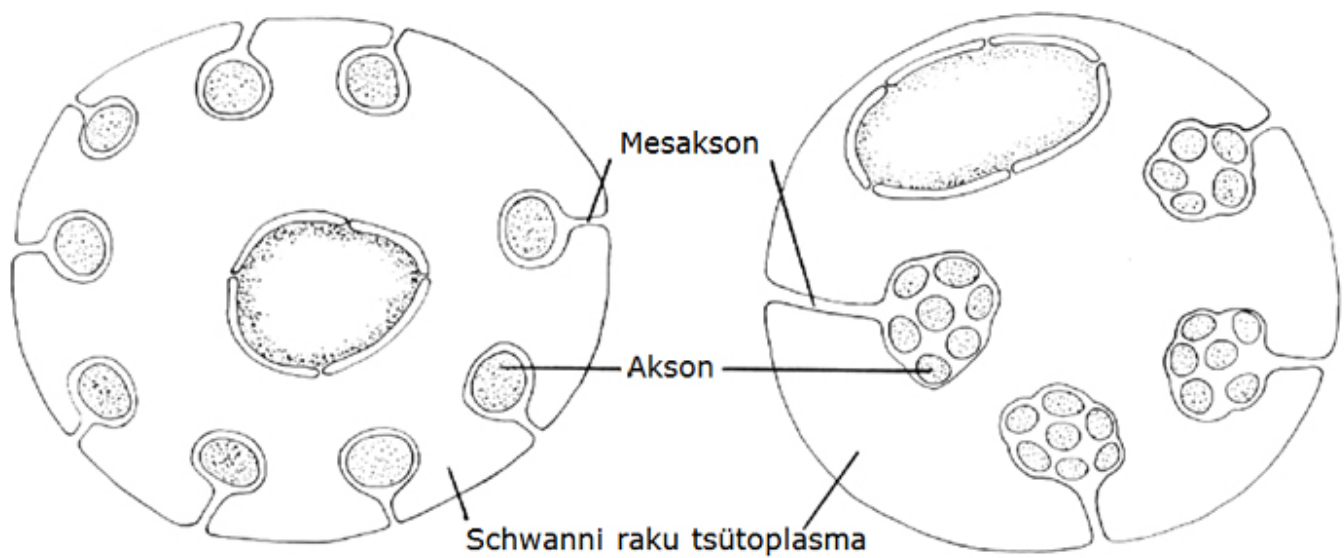
Koosnevad telgsilindrist e aksonist ja selle katetest.

Telgsilindri katte erinevusel eristatakse:

- A) müeliinkiude
- B) müeliinita kiude (kiud on sulundunud lemmotsüüdi tsütoplasmasse)

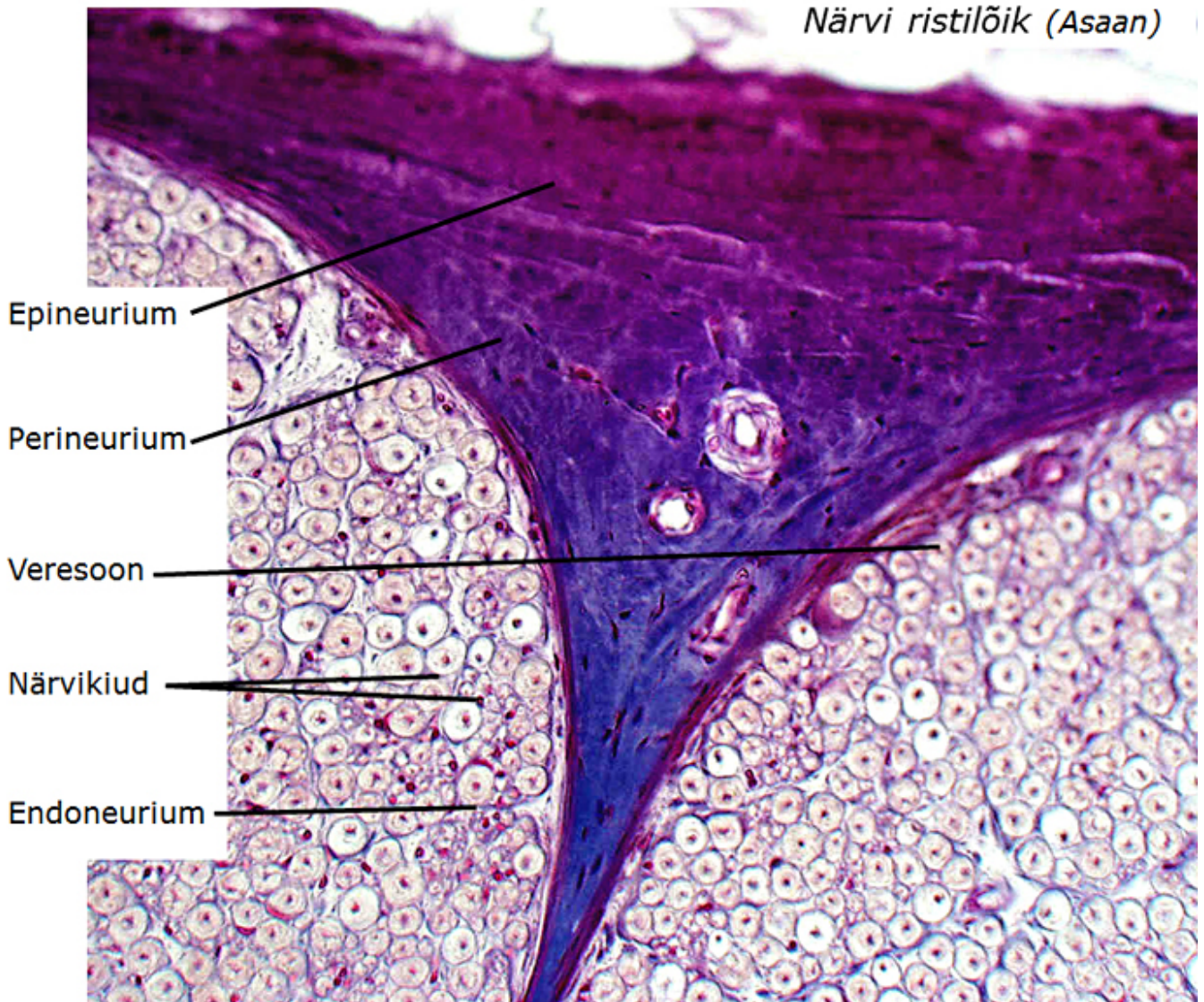
Perifeersed müeliinita närvikiud

- Schwanni raku e lemmotsüüdi tsütoplasmasse sissesopistunud aksonid
- Lemmotsüüdi kontakteerunud plasmamembraani aksonist raku pinnani nim mesaksoniks



Närvi ristlõik

Närvi ristilõik (Asaan)



Sünapsid

Sünapsiks on spetsialiseeritud membraanide kontaktala kahe neuroni või neuroni ja lõpporgani (retseptorse raku, efektori) vahel.

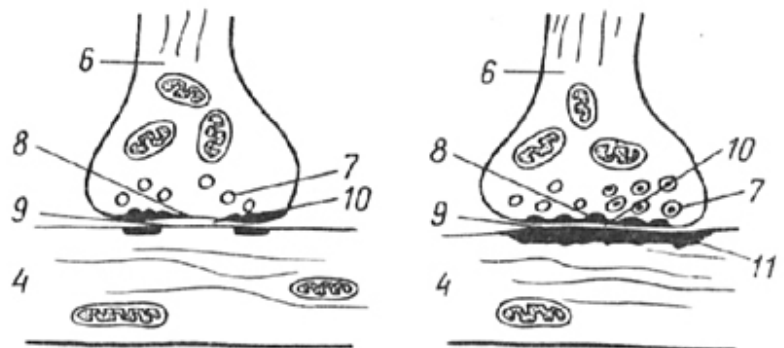
Kontakteeruva raku aksolemm moodustab presünaptiline osa. Kontakteeritava raku plasmalemm on postsünaptiline osa. Nende kahe vahele jääb sünaptiline pilu.

Keemilised sünapsid juhivad impulssi ainult ühes suunas - aksonilt kontakteeritavale rakule.

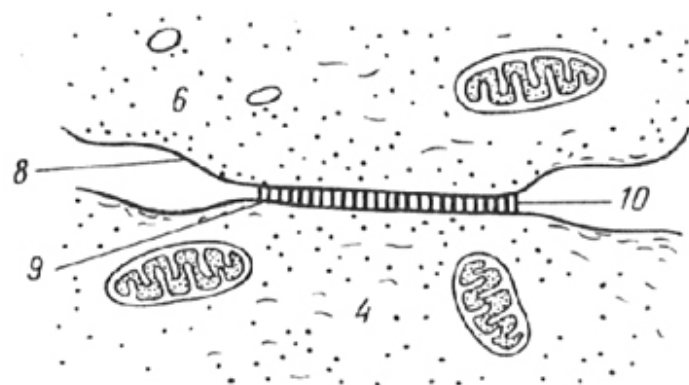
Elektrilised sünapsid

Elektrilised sünapsid toimub neuronitevaheline kontakt ilma sünaptiliste põiekestete ja neurotransmitteriteta.

Mõlemad membraanid on ühetaolise ehitusega - elektrilised sünapsid on kahe-suunalise juhtivusega.



- 4 - dendriit
- 6 - akson
- 8 - presünaptiline membraan
- 9 - postsünaptiline membraan
- 10 - sünaptiline pilu



Närvisüsteem

Närvisüsteem on ühtne süsteem, mis kindlustab organismi terviklikkuse ja tagab organismi ja väliskeskkonna ühtsuse.

Närvisüsteem jaguneb:

- **perifeerseks**
- **tsentraalseks närvisüsteemiks** e **kesknärvisüsteemiks** (suur-, väike-, seljaaju)

Kesknärvisüsteem on koondunud enamik neuroneid, eriti aga nende tsentraalseid osi – perikaarüone. Kesknärvisüsteemis eristatakse **ajusubstantsi**, selle sees asetsevaid tserebrospinaalõõsi katvat **ependüümi** ja aju väljaspoolt piiravaid **ajukesti**.

Suuraju

Käärudest ja vagudest tingitud tugeva liigendatuse tõttu on ajukoore kogupindala umbes 1,2-2,6 m². Suuraju poolkerasid katab hallainest moodustunud koor, mille paksus on umbes 3 mm. Hallaine katab tsentraalselt paiknevat valgeainet, milles kulgevad närvikiud nii erinevatesse kooreosadesse kui ka teistesse KNS osadesse.

Suuraju koore kihid:

- Molekulaarkiht
- Välimine granulaarkiht
- Välimine püramidaalkiht
- Sisemine granulaarkiht
- Sisemine püramidaalkiht
- Multiformne kiht

Väikeaju

Väikeaju koor moodustab tugevalt liigendunud kääre, millesse tungib lamellidena tsentraalselt paiknev säsi. Väikeaju mediaansel lõikepinnal moodustub põõsakujuline figuur - **elupuu** (*arbor vitae*).

Väikeaju koore kihid:

- Molekulaarkiht
- Ganglionaarkiht
- Granulooskiht

Ajukestad

Ajukestad katavad:

a) seljaaju

b) peaju

aga ka

c) nägemisnärv ja spinaal- ning kraniaalnärvijuurte algusosi

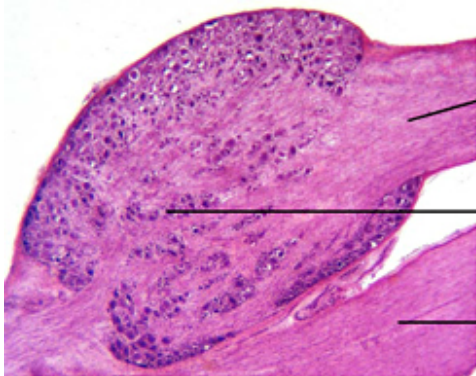
Eristatakse kolme ajukesta:

- *pia mater* - **pehmekest** (õrnkest), kõige seespoolsem
- *arachnoidea* - **ämblikuvõrkkest**, vahepealne
- *dura mater* - **kõvakest**, kõige väljaspoolsem

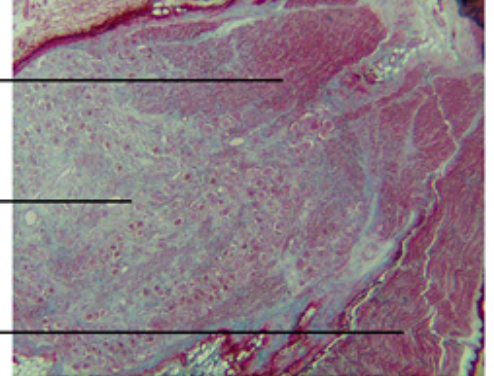
Kõik kolm ajukesta moodustab sidekude.

Spinaalganglion

Spinaalganglion *Ganglion spinale*
Hematoksuiliin-eosin



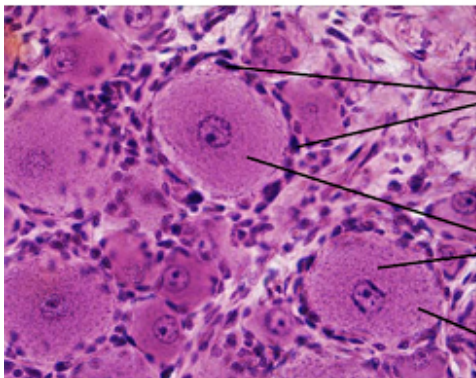
Spinaalganglion *Ganglion spinale*
Asaan



Seljaajunärvi
dorsaaljuur

Spinaalganglion
Ganglion spinale

Seljaajunärvi
ventraaljuur

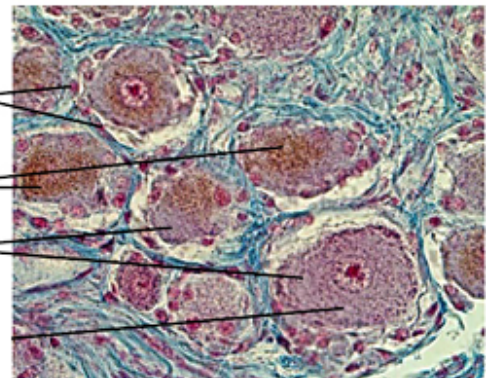


Ganglioni gliotsüüdid
Gliocyti ganglionici

Lipofustsiin

Ganglionirakud

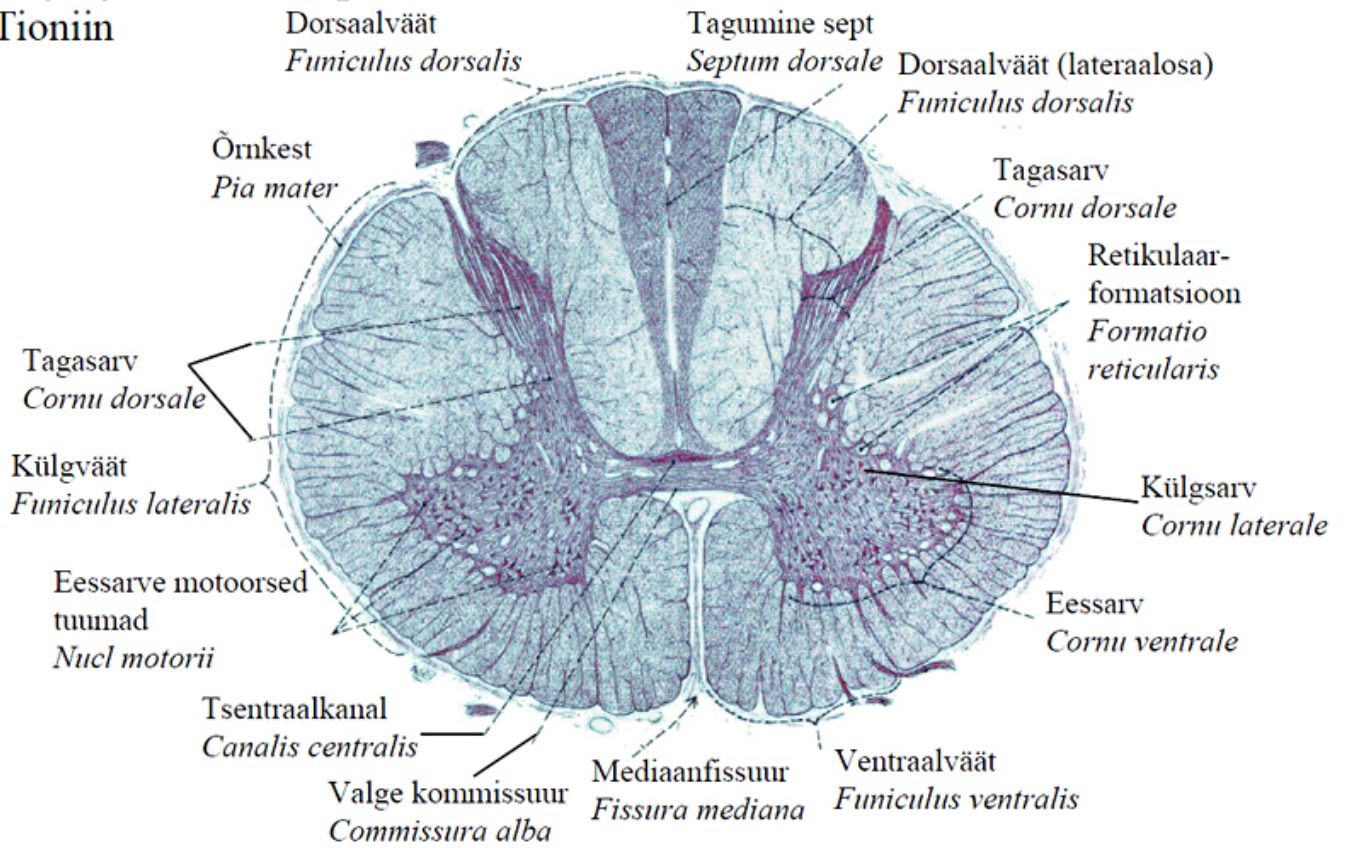
Kromatofiilne substants



Seljaaju

Seljaaju *Medulla spinalis*

Tioniin



Seljaaju *Medulla spinalis*

Weigert

Tagasarv
Cornu dorsale

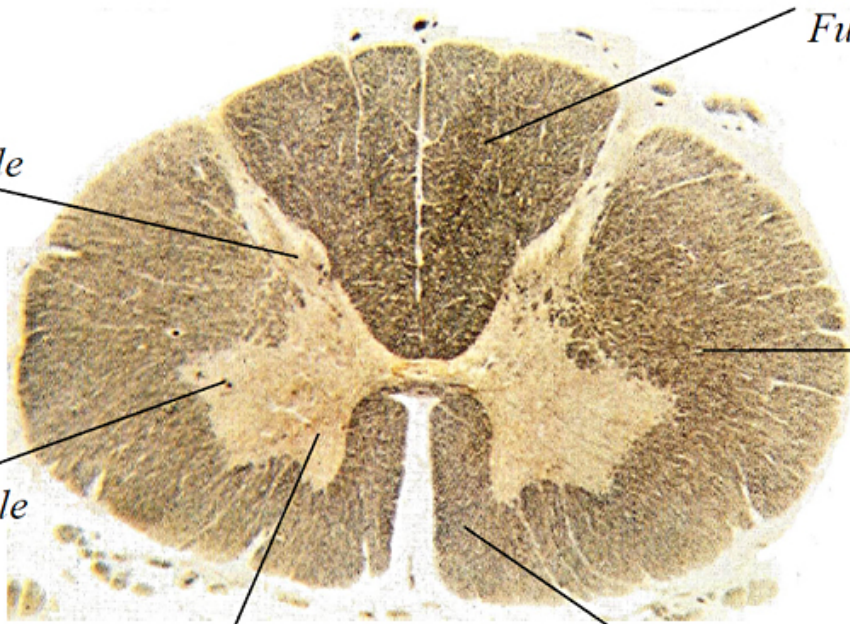
Külgsarv
Cornu laterale

Eessarv
Cornu ventrale

Dorsaalväärt
Funiculus dorsalis

Külgväärt
Funiculus lateralis

Ventraalväärt
Funiculus ventralis



Ajukoor

Suuraju koore tsütoarhitektoonika Tioniin

Molekulaarkiht

Välimine granulaarkiht

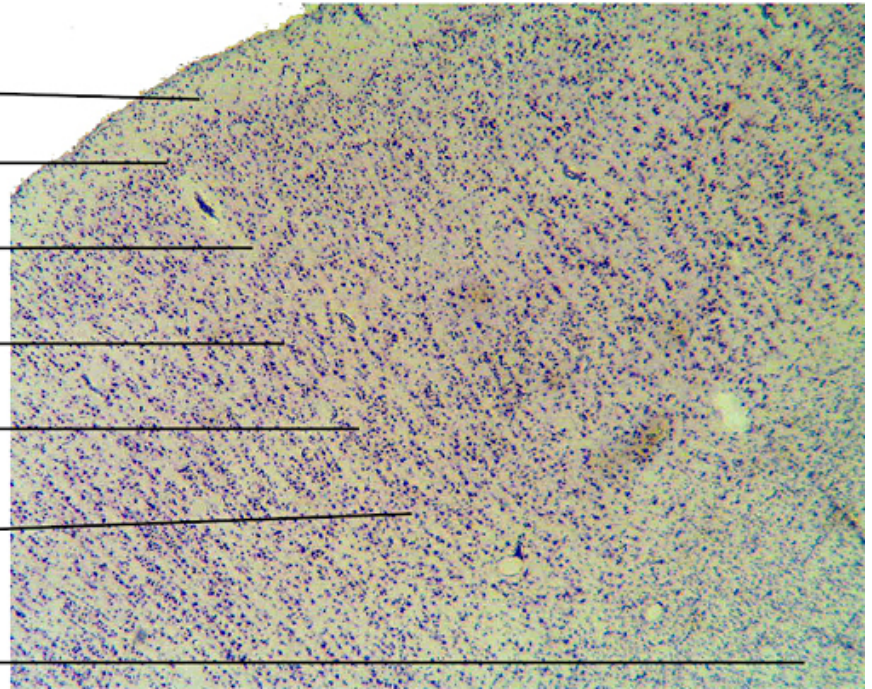
Välimine püramidaalkiht

Sisemine granulaarkiht

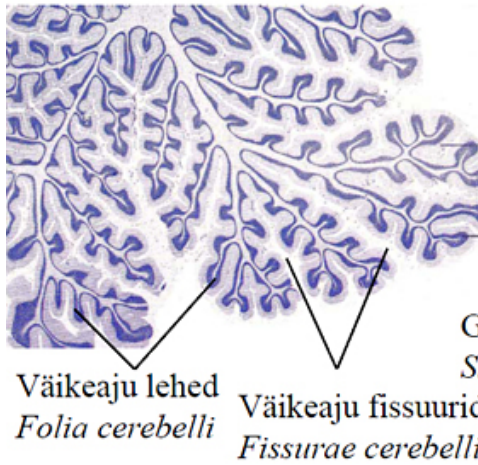
Sisemine püramidaalkiht

Multiformne kiht

Valgeaine



Ajukese koore Cortex cerebelli Tioniin



Väikeaju lehed
Folia cerebelli

Väikeaju fissuurid
Fissurae cerebelli

Molekulaarkiht

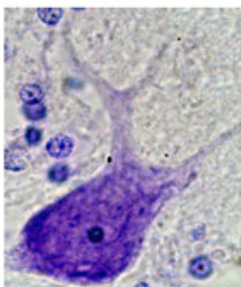
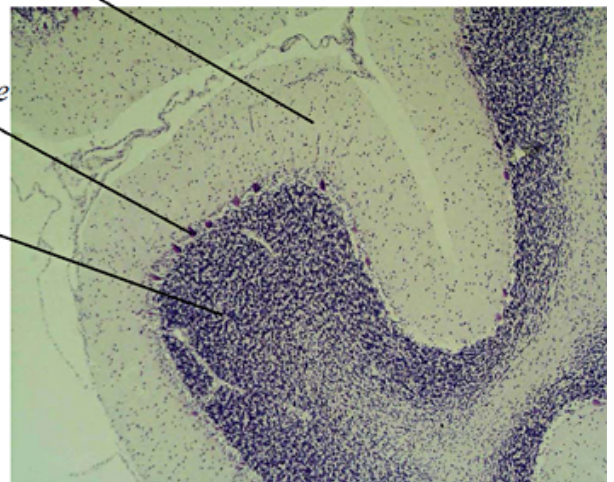
Stratum moleculare

Ganglionaarkiht

Stratum ganglionare

Granulooskiht

Stratum granulosum



Pirnrakk (Purkinje rakk) ganglionaarkihist
Neurocytus piriformis

1. Ülevaade, alajaotused ja funktsioonid

Nahk (*cutis*) ja tema tekised moodustavad keha väliskatte (*integumentum commune*). Nahk on inimese suurim organ (pindala 1,5-2 m², 15-20% kehamassist), mis koosneb järgmistest alaosadest:

- a) epidermis e. marrask (*epidermis*), ektodermaalset päritolu mitmekihiline sarvestunud lameepiteel.
- b) dermis e. pärisnahk (*dermis s. corium*), tihedast sidekoest mesodermaalset päritolu (täpsemalt somiitide dermatoomidest) naha alaosa.

Hüpodermis e. alusnahk (*hypodermis s. tela subcutanea*) koosneb varieeruvast hulgast rasvkoest, mis on jaotatud sidekoeliste septidega sagarikeks. Alusnahka, mis seostub sügavamate struktuuridega nagu fastsiad, lihased, luude periost jne. ei loeta naha koostisosaks.

Naha tekisteks e. epidermaalseteks derivaatideks on inimesel:

- a) Karvad ja karvafolliikulid
- b) Higinäärmed
- c) Rasunäärmed
- d) Küüned
- e) Rinnanääre

Nahk ja tema tekised moodustavad kompleksse organi, mille koosnemine väga erinevatest, kuid koostoimivatest rakkudest tagab paljude funktsioonide täitmise.

- Nahk talitleb barjäärina, mis kaitseb füüsikaliste, keemiliste ja bioloogiliste mõjurite vastu väliskeskkonnas (s.t. mehaaniline barjäär, permeaabelsuse barjäär, ultraviolettkiirguse barjäär).
- Nahk vahendab antigeenide töötlemisel saadud immunoloogilist informatsiooni efektorrakkudele lümfoïdkoes.
- Nahk osaleb homeostaasi tagamisel reguleerides kehatemperatuuri ja veekaotust.
- Nahk vahendab sensorset informatsiooni väliskeskkonna kohta närvisüsteemile.
- Nahk täidab endokriinset funktsiooni sekreteerides hormoone, tsütokiine ja kasvufaktoreid ning muutes vaheühendeid hormonaalselt aktiivseteks aineteks (D vitamiin).
- Nahk teostab eksokriinset funktsiooni läbi higi- ja rasunäärmete sekretsiooni.

Naha paksusest

Naha paksus varieerub märkimisväärselt olles õhemates piirkondades alla 1 mm ja paksemates osades üle 5 mm. Nahka jaotatakse paksuks ja õhukeseks nahaks mitte ainult vastavalt naha paksusele, vaid ka paiknemisele. Naha ehitus nii makroskoopiliselt kui histoloogiliselt on oluliselt erinev keha kahes piirkonnas – peopesadel ja jalataldadel. Need karvavabad alad on kõige enam eksponeeritud mehaanilisele kulumisele, millest tulenevalt on epidermise paksus märkimisväärselt suurem kui ükskõik kus mujal nahas. Peopesade ja jalataldade karvavaba nahka nimetatakse paksuks nahaks. Ülejäänud kehakattes on tegemist karvafollikuleid sisaldava õhukese nahaga, kus naha epidermis on oluliselt õhem. Siiski esineb üksikuid erandlikke alasid, kus õhukeses nahas karvad puuduvad.

Siinkohal peab rõhutama, et mõisteid *paks ja õhuke nahk* kasutatakse histoloogilistes kirjeldustes rõhutamaks epidermise paksust, mitte niivõrd kogu naha paksust. Anatoomiliselt on kõige paksemaks selja ülaosa nahk tänu dermise erakordsele paksusele, samas kui epidermise paksus on võrreldav mujal õhukeses nahas esineva epidermise paksusega.

Nahk

EPIDERMIS – mitmekihiline sarvestunud lameepiteel.

Epidermis koosneb mitmekihilisest sarvestunud lameepiteelist, kus on selgelt eristatavad neli kihti. Paksus nahas eristatakse lisaks veel viiendat kihti. Nendeks kihtideks on alates kõige süvamast:

- a) **Basaalkiht** (*stratum basale*) koosneb ühest kihist basaalmembraanil paiknevatest rakkudest. Rakud on kuubilised või madalad prismaatilised, mis võrreldes kõrgemate kihtide rakkudega sisaldavad vähem tsütoplasmat ja mistõttu tuumad paiknevad suhteliselt ligistikku. Basaalkihis leidub mitotoiliselt jagunevaid rakke ja tulenevalt sellest nimetatakse antud kihti ka idukihi (stratum germinativum). Jagunemise käigus tekkivaid uusi rakke, mis liiguvad järgmisesse kihti nimetatakse keratinotsüütideks. Viimased alustavad migreerumist epidermise pinna suunas kuni nad lõpuks sarvkihi pinnalt irduvad. Basaalkihi rakkude vahel ja basaalkihi ning keratinotsüütide vahel esineb arvukalt desmosoome, pooldesmosoomid esinevad basaalkihi rakkude ja basaalmembraani vahel. Basaalkihi rakud sisaldavad ka erineval hulgal pigment melaniini, mida toodavad basaalkihi rakkude vahel paiknevad melanotsüüdid.
- b) **Ogakiht** (*stratum spinosum*) koosneb mitmest rakureast. Kiht on oma nime saanud valgusmikroskoopiliselt iseloomulikest ogakestest rakkude vahel (see fenomen on tingitud desmosoomide olemasolust rakkude vahel; sildavad ogakesed rakkude vahel muutuvad eriti markantseks preparaatide töötlemisest tingitud rakkude kootumise korral). Ogakihi on iseloomulik hulknurksete rakkude kuju muutumine küpsemise ja pinna suunas liikumise käigus – rakud muutuvad suuremaks ja ogakihi kõrgemates osades muutuvad järkjärgult lamedamaks paralleelselt epidermise pinnaga. Ka rakutuumade kuju muutub ogakihi alumise osa ovoidselt enam lamedastunuks ogakihi ülaosas.
- c) **Sõmerkiht** (*stratum granulosum*) koosneb 1-3 rakureast, kus rakud sisaldavad arvukalt intensiivselt basofiilselt värvuvaid keratohüaliini sõmeraid. Viimased on kujult ja suuruselt varieeruvad ning sisaldavad tsüsteiini ja hisidiini rikkaid valke, milledest moodustub valk filaggrin, mis agregeerib keratiinifilamendid sarvkihis.
- d) **Läikekiht** (*stratum lucidum*) on ainult paksus nahas esinev kiht, mida üldiselt peetakse sarvkihi alaosaks. Läikekiht on oma nime saanud võimest tugevalt valgust murda. Rakud värvuvad suhteliselt halvasti ja nendes on sarvestumisprotsess kaugemalearenenud – tuum ja organellid on hävimas kui rakk järkjärgult täitub keratiiniga.
- e) **Sarvkiht** (*stratum corneum*) koosneb enim diferentseerunud rakkudest nahas. Lamedastunud rakud (sarvliistakud) on kaotanud tuuma ja organellid ning on täidetud praktiliselt ainult kertiini filamentidest. Lamedate sarvliistakute paksu rakumembraani ümbritseb sarvkihi süvamate osades intertsellulaarne lipiidikiht, mis on põhiliseks aluseks epidermise vee-barjäärile.

Sarvkihi paksus varieerub ulatuslikult olles kõige paksem paksus nahas peopesadel ja jalataldadel ja oluliselt õhem teistes nahapiirkondades. Just erinevus sarvkihi paksuses on üks põhilisi erinevusi paksu ja õhukese naha epidermise ehituses.

Keratinotsüüdid

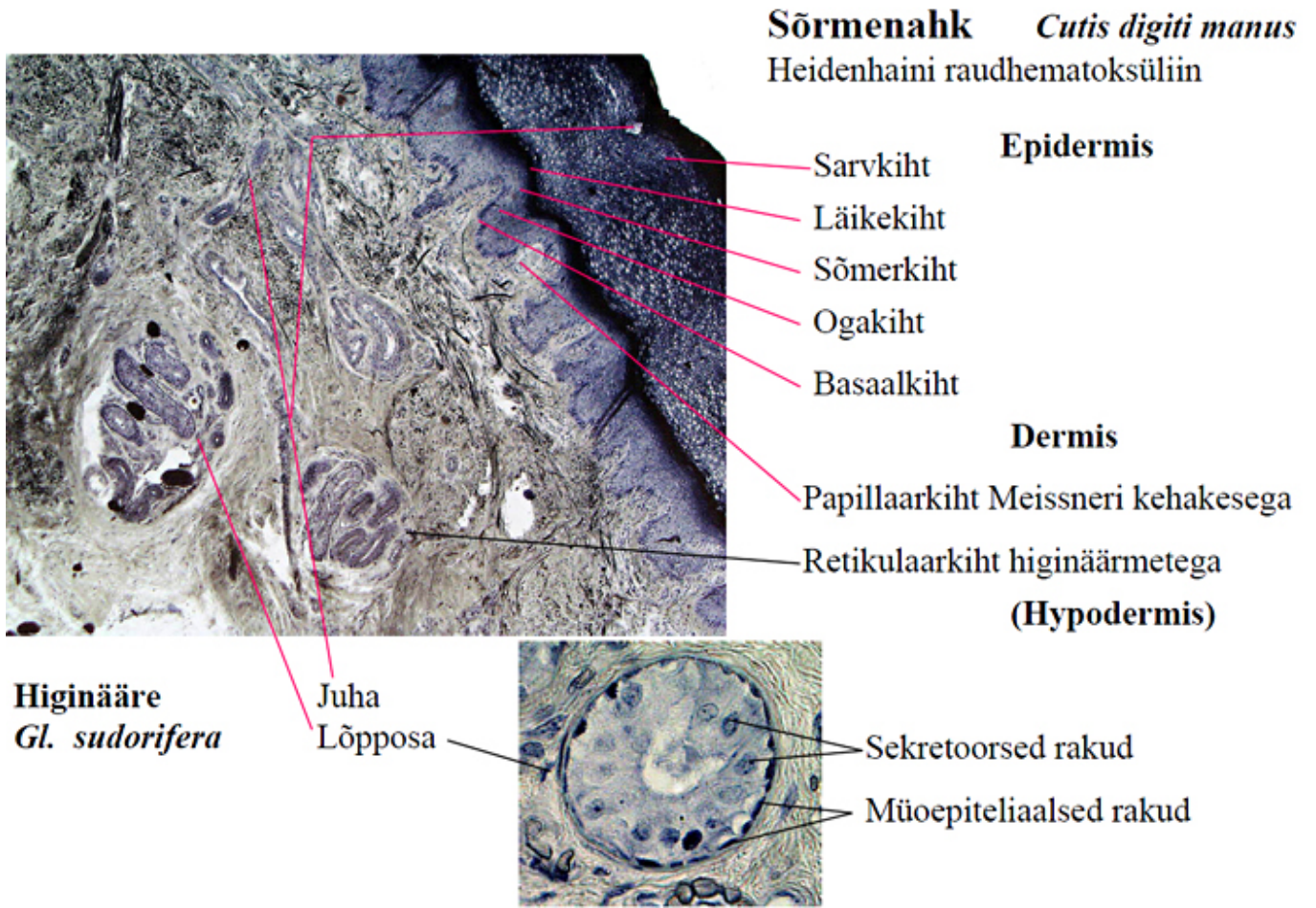
Epidermise rakkude diferentseerumine on apoptoosi spetsiaalseks alavormiks. Sõmerkihi rakkudel ilmnevad tüüpilised apoptootilised tuuma muutuutused kaasaarvatud DNA fragmentatsioon. Siiski ei toimu apoptoosi korral tavaliselt esinevat raku fragmentatsiooni, vaid hoopiski rakk täitub intermediaarsete keratiinist filamentidega ja rakud lõpuks irduvad epidermise pinnalt.

Epidermisele järgneb sidekoeline **pärisnahk** – **dermis** (*dermis*) ehk **koorium** (*corium*). Dermises on kaks kihti:

- **papillaarkiht** – *stratum papillare*. Selles kihis paiknevad kompimiskehakesed ehk Meissneri kehakesed.
- **retikulaarkiht** – *stratum reticulare*

Dermisele järgneb koheva ehitusega **alusnahk** – *tela subcutanea*. Alusnahas esinevad inkapsuleerunud

närvilõpmed – **Vater-Pacini** ehk lamellooskehakesed.



Küüs

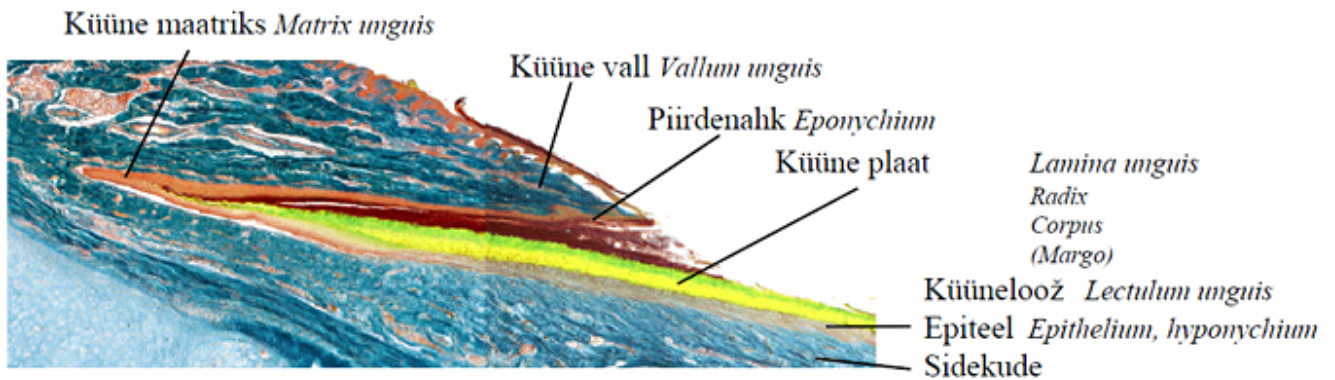
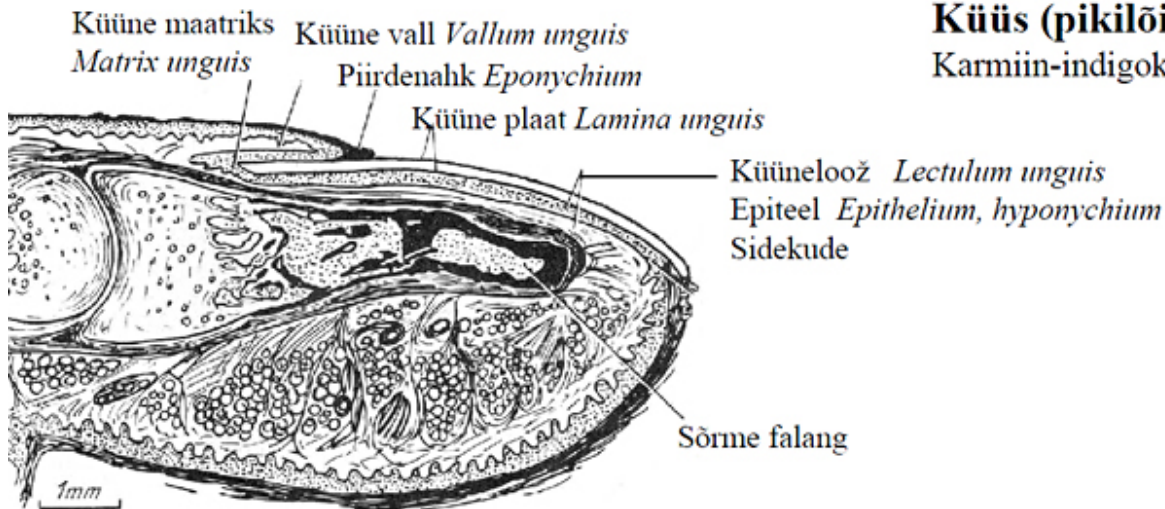
KÜÜS (*unguis*)

Küüs – sarvplaat, paikneb küüneloožil – *lectulum unguis*.

Küüneloož koosneb:

- epiteel – *hyponychium* (küüne idukiht)
- dermis
- Küünevagu – *sulcus lectuli unguis*
- Küüne maatriks – *matrix unguis*
- Küünevall – *vallum unguis*
- Piirdenahk - *eponychium*

Küüs (pikilõik) *Unguis* Karmiin-indigokarmiin



Karv

Inimese peanahk

Karv (*pilus*)

Karva osa, mis paikneb nahas ja asetseb **karvafolliikulis** (*folliculus pili*) nimetatakse **karvajuureks** (*radix pili*). Üle naha pinna ulatuv osa – **karvarood** (*scapus pili*).

Karvafolliikul:

- välimine osa – karvapaun
- epiteeliline osa – juuretupp
 - sisemine juuretupp
 - välimine juuretupp

Karvajuur lõpeb **karvasibulaga** (*bulbus pili*), kuhu tungib **karvapapill** (*papilla pili*). Karvafolliikulisse avanevad **rasunäärmete** (*gl. sebaceae*) **juhad**.

Karv koosneb **koorest** (*cortex pili*) ja **säsist** (*medulla pili*). Väljastpoolt katab karva **karvakutiikul** – *cuticula pili*.

Sisemine juuretupp – kolm kihti:

1. Kutiikul
2. Sõmerjas epiteelikiht (**Huxley kiht**)
3. Kahkjäs epiteelikiht (**Henle kiht**)

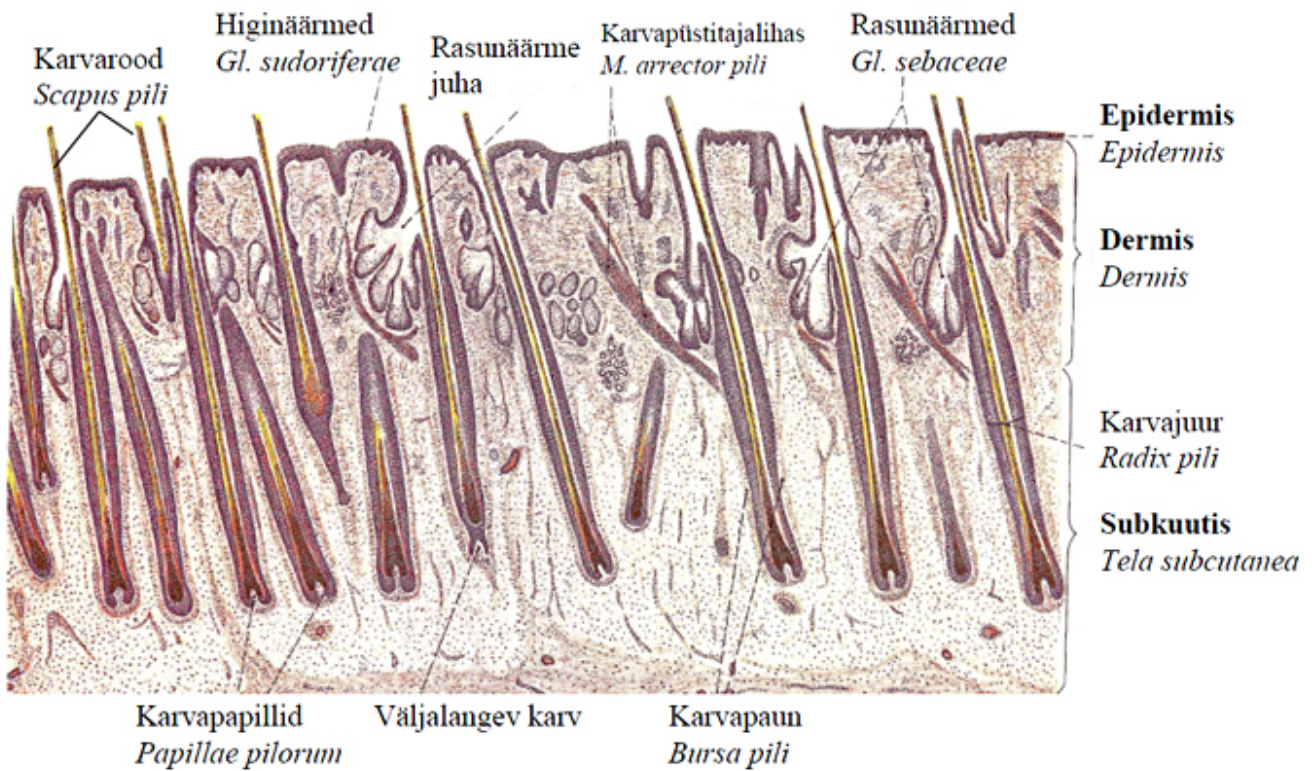
Huxley kihis rakud sisaldavad intensiivselt punaseks värvuvaid trihhohüaliini sõmeraid, mis tekivad selle kihi rakudes seoses viimaste sarvestumisega.

Välimine juuretupp – kaks kihti:

1. Ogakiht
2. Silinderkiht

Peanahk *Cutis capitis*

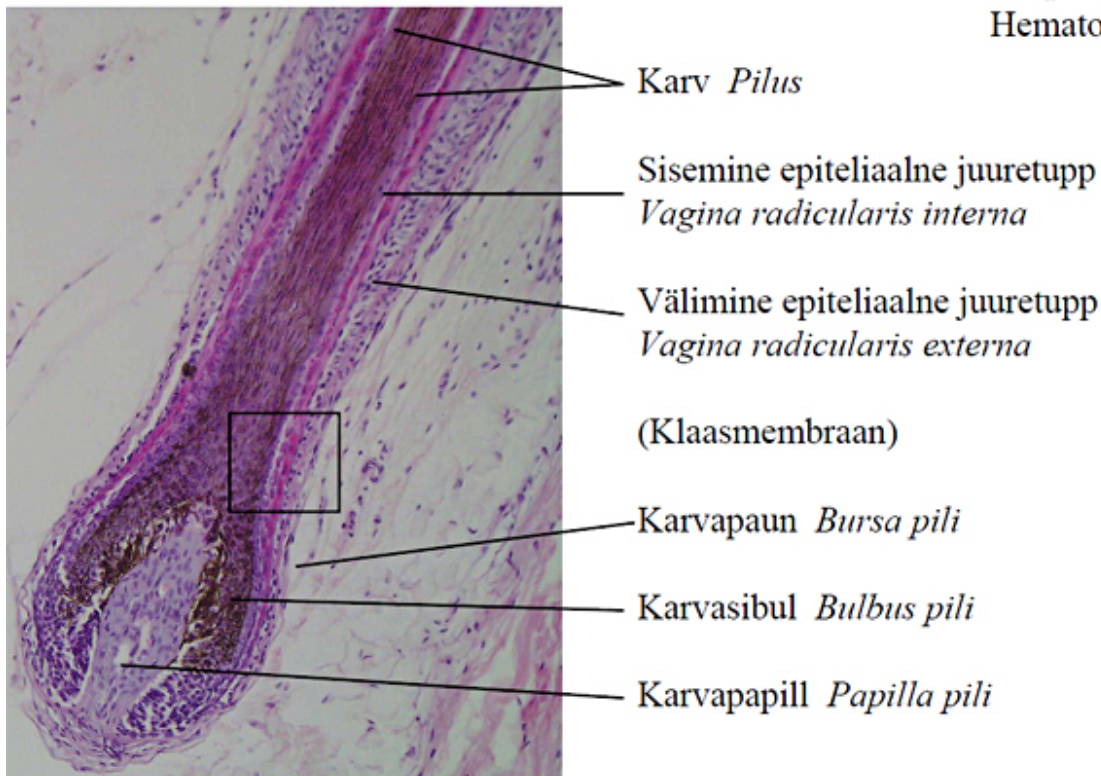
Hematoküliin-eosiin



Karvajuur ja -folliikul

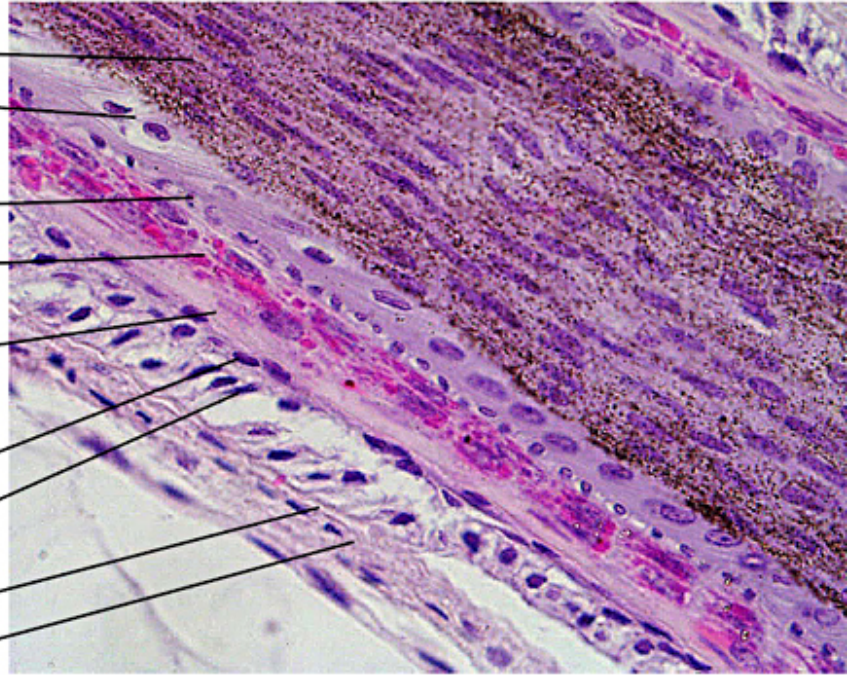
Radix pili et folliculus pili

Hematoküliin-eosiin



Karvafolliikul *Folliculus pili* Hematoküliin-eosiin

- Karvakoos
- Karvakutiikul
- Sisemine juuretupp**
- Tupekutiikul
- Sõmerjas epiteelikiht
(Huxley kiht)
- Kahkjass epiteelikiht
(Henle kiht)
- Välimine juuretupp**
- Basaalkiht
- Ogakiht
- Klaasmembraan
- Karvapaun



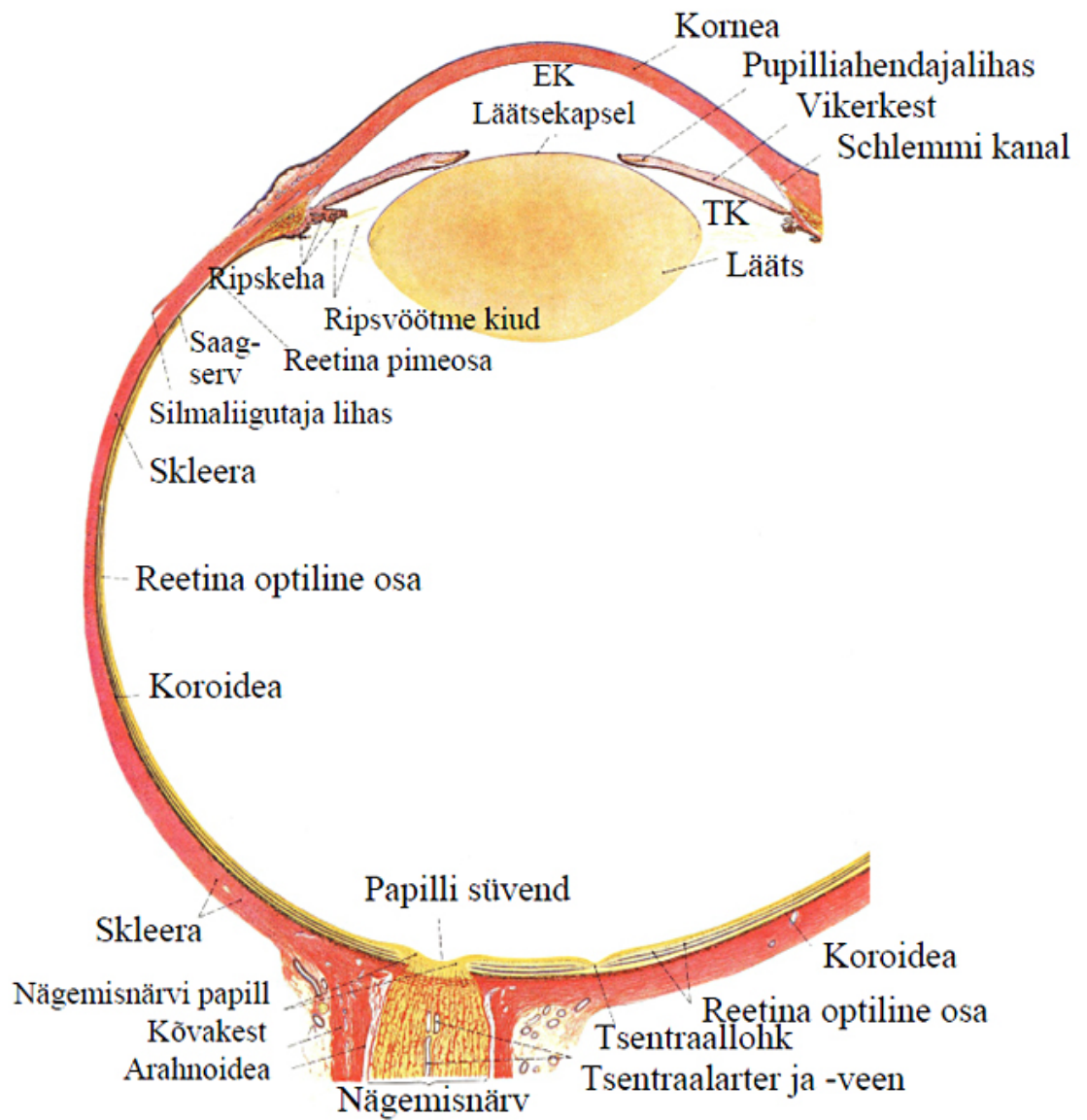
Silm

Silm *Oculus*

Fibrooskest

Soonkest

Võrkkest
(reetina)



Kornea e. sarvkest *Cornea* Karmin-pikroindigokarmiin

Kornea e. sarvkest *Cornea* Hematoksüliin-eosiin



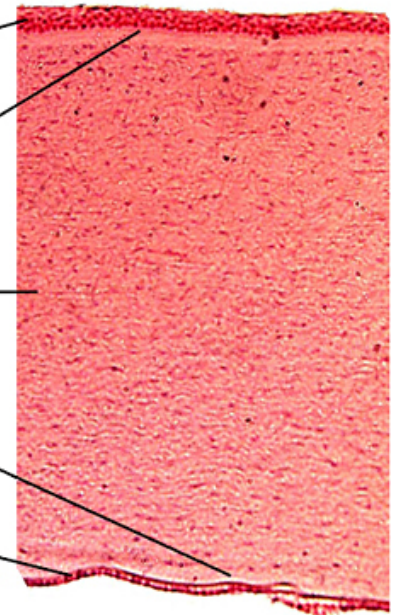
Eesmine korneaalepiteel
Epithelium anterius corneae

Eesmine piirikiht
Lamina limitans anterior

Pärissubstants
Substantia propria corneae

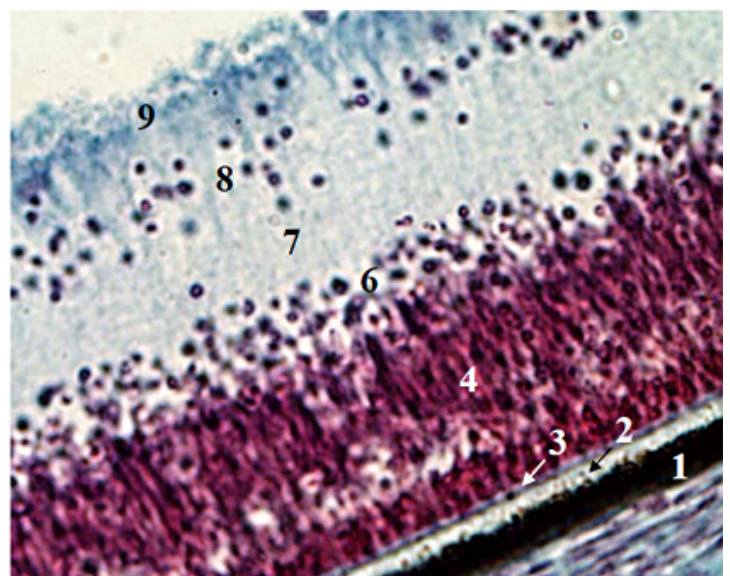
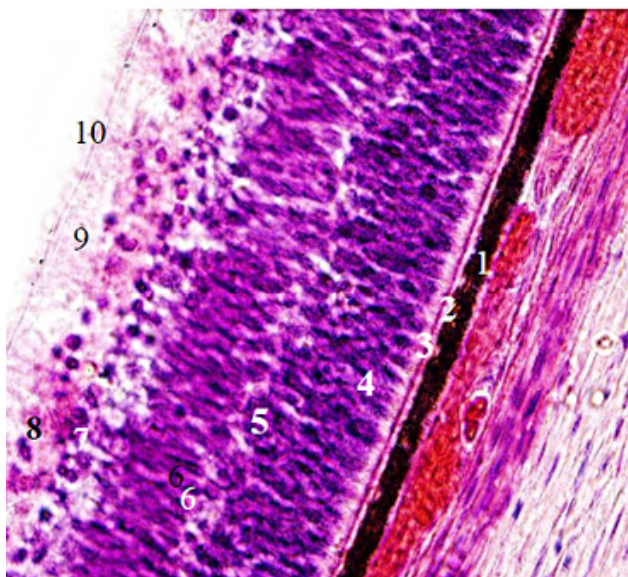
Tagumine piirikiht
Lamina limitans posterior

Tagumine korneaalepiteel
Epithelium posterius corneae



Retina Hematoksüliin-eosiin

Retina Karmin-pikroindigokarmiin

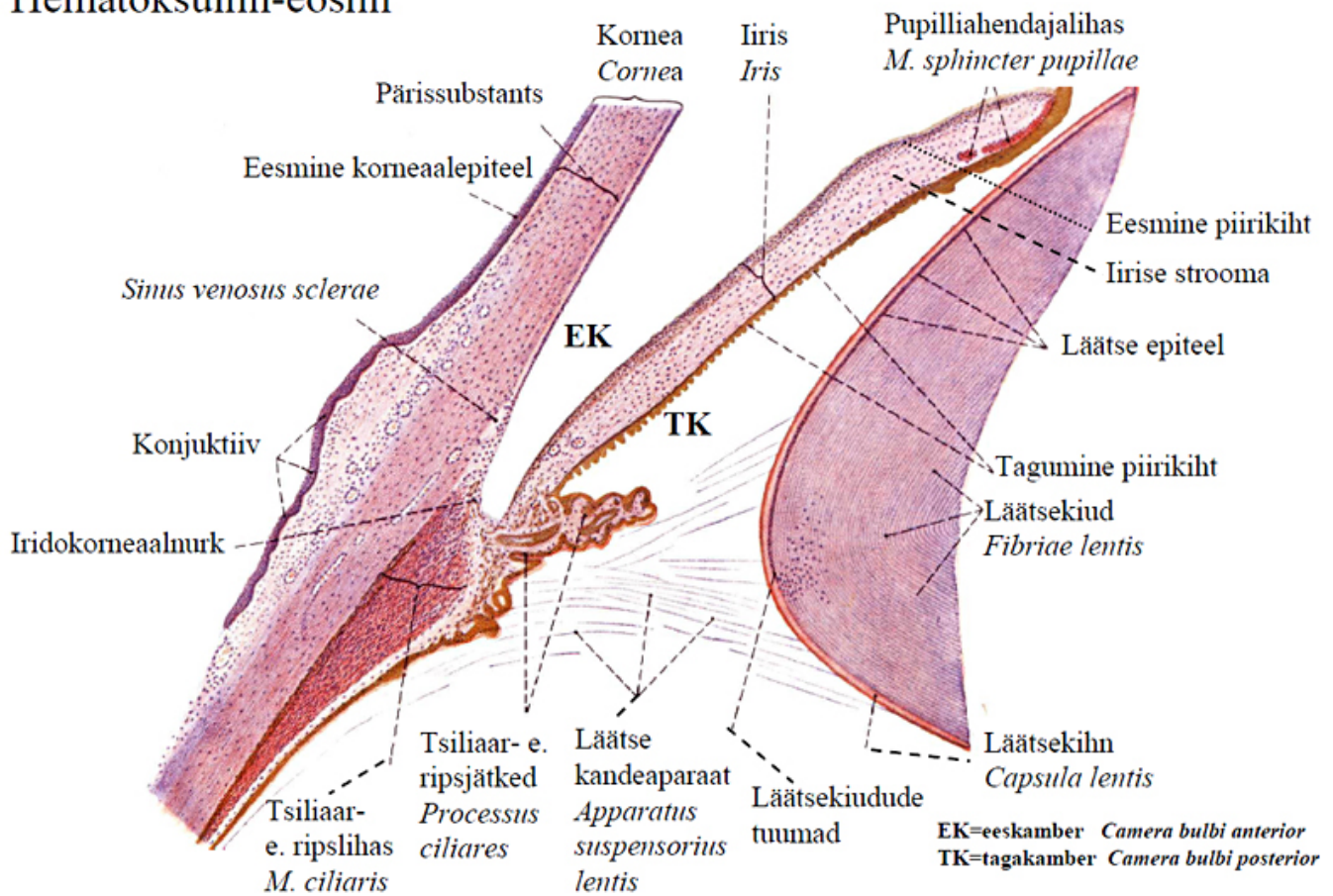


- 5. Välimine retikulaarkiht
- 4. Välimine rakutuumade kiht
- 3. Välimine piirimembraan
- 2. Kepikeste ja kolvikeste kiht
- 1. Pigmentepiteel

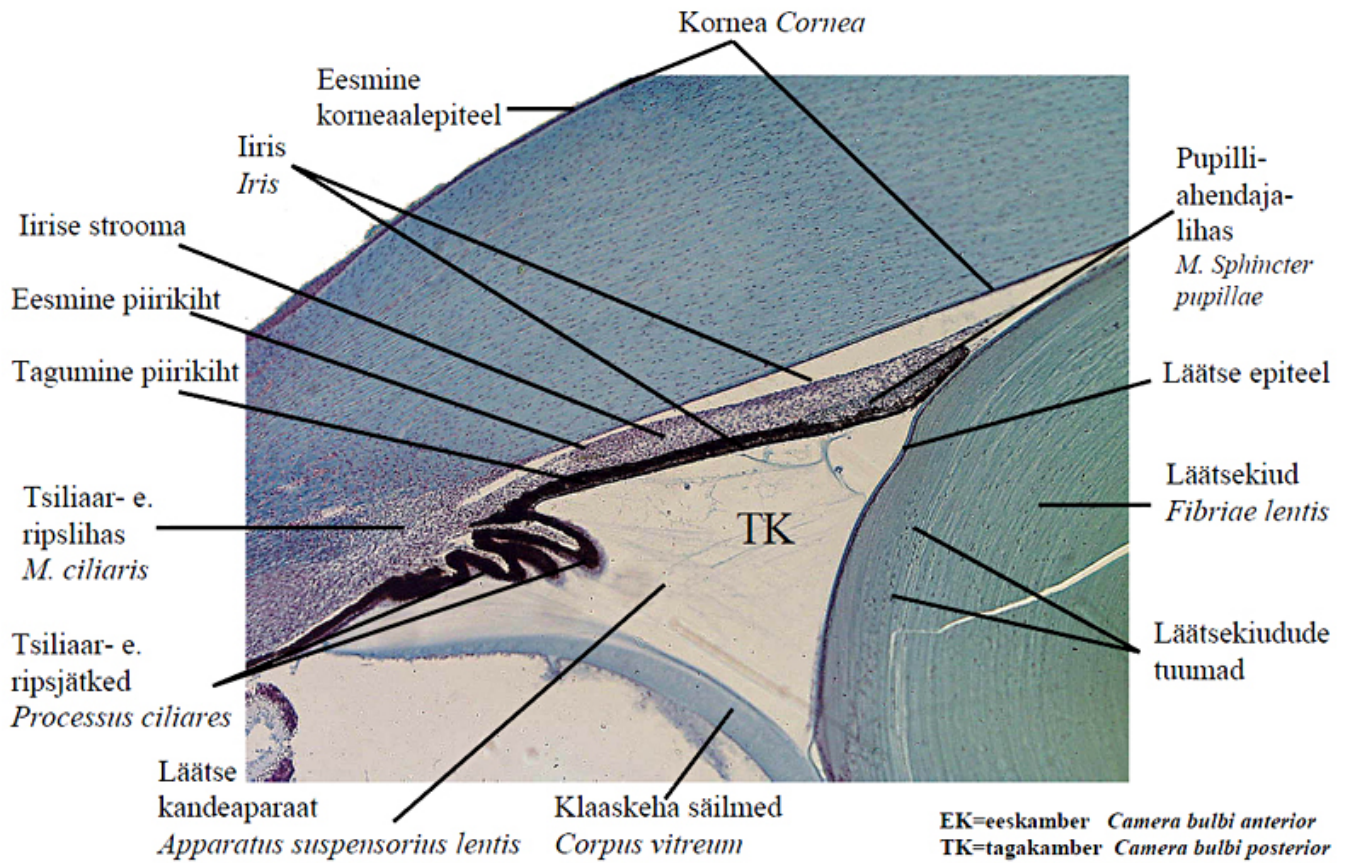
- 10. Sisemine piirimembraan
- 9. Närvikiudude kiht
- 8. Ganglionirakkude kiht
- 7. Sisemine retikulaarkiht
- 6. Sisemine rakutuumade kiht

Silmamuna iridokorneaalnurk *Angulus iridocornealis*

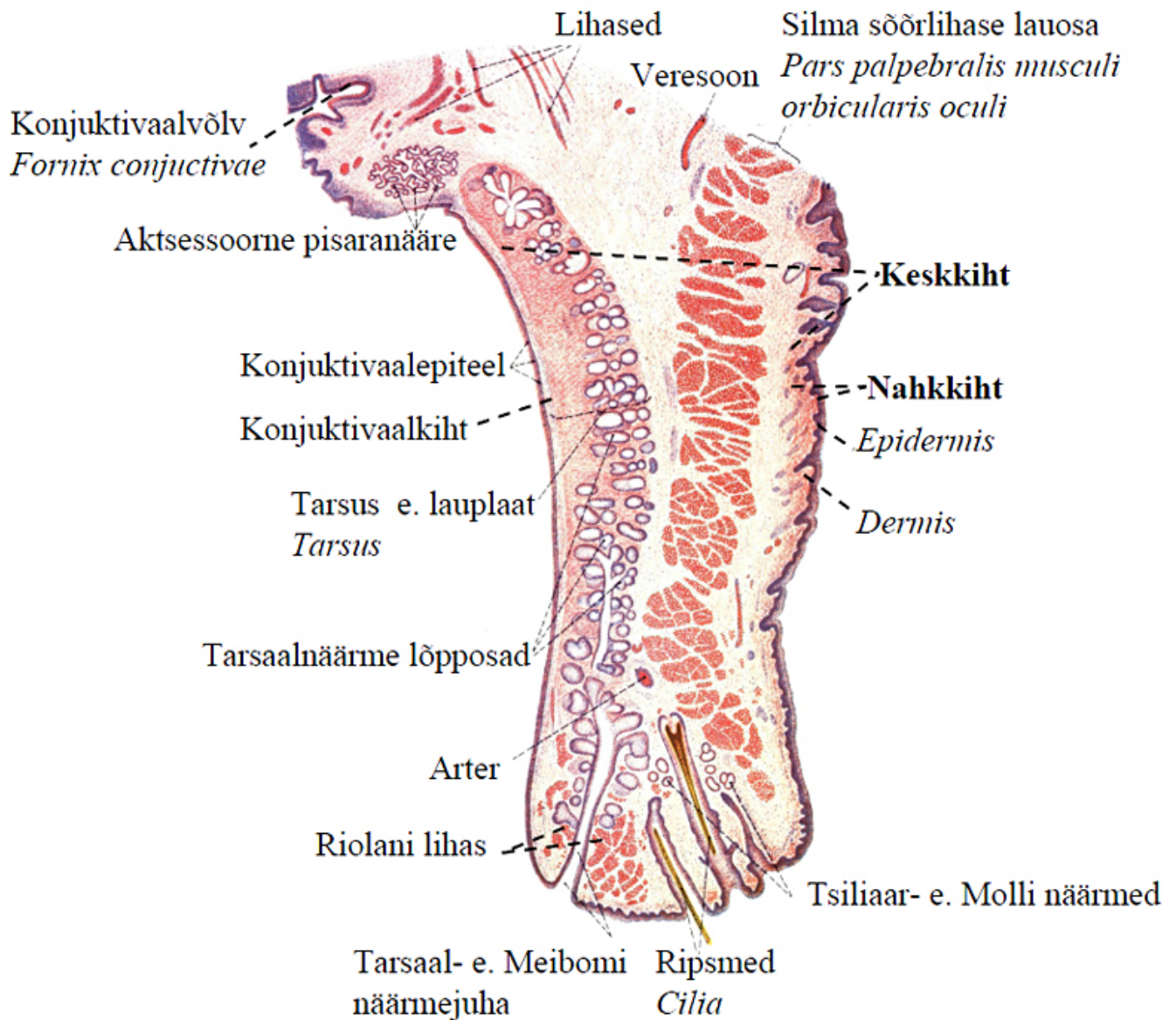
Hematok Süliin-eosiin



Silmamuna iridokorneaalnurk *Angulus iridocornealis* Karmiin-indigokarmiin

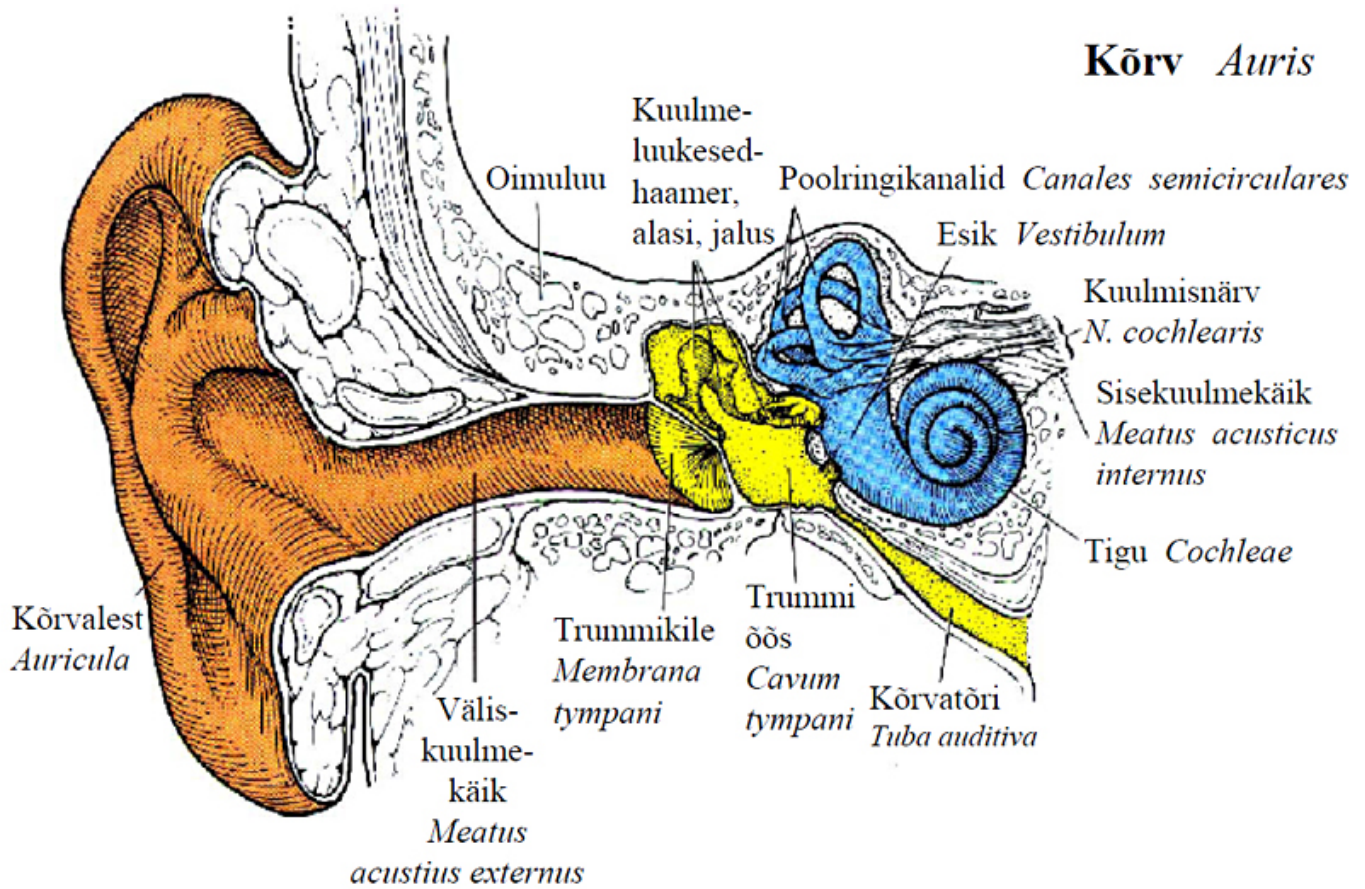


Silma ülalaug *Palpebra superior*



Kõrv

Kõrv *Auris*

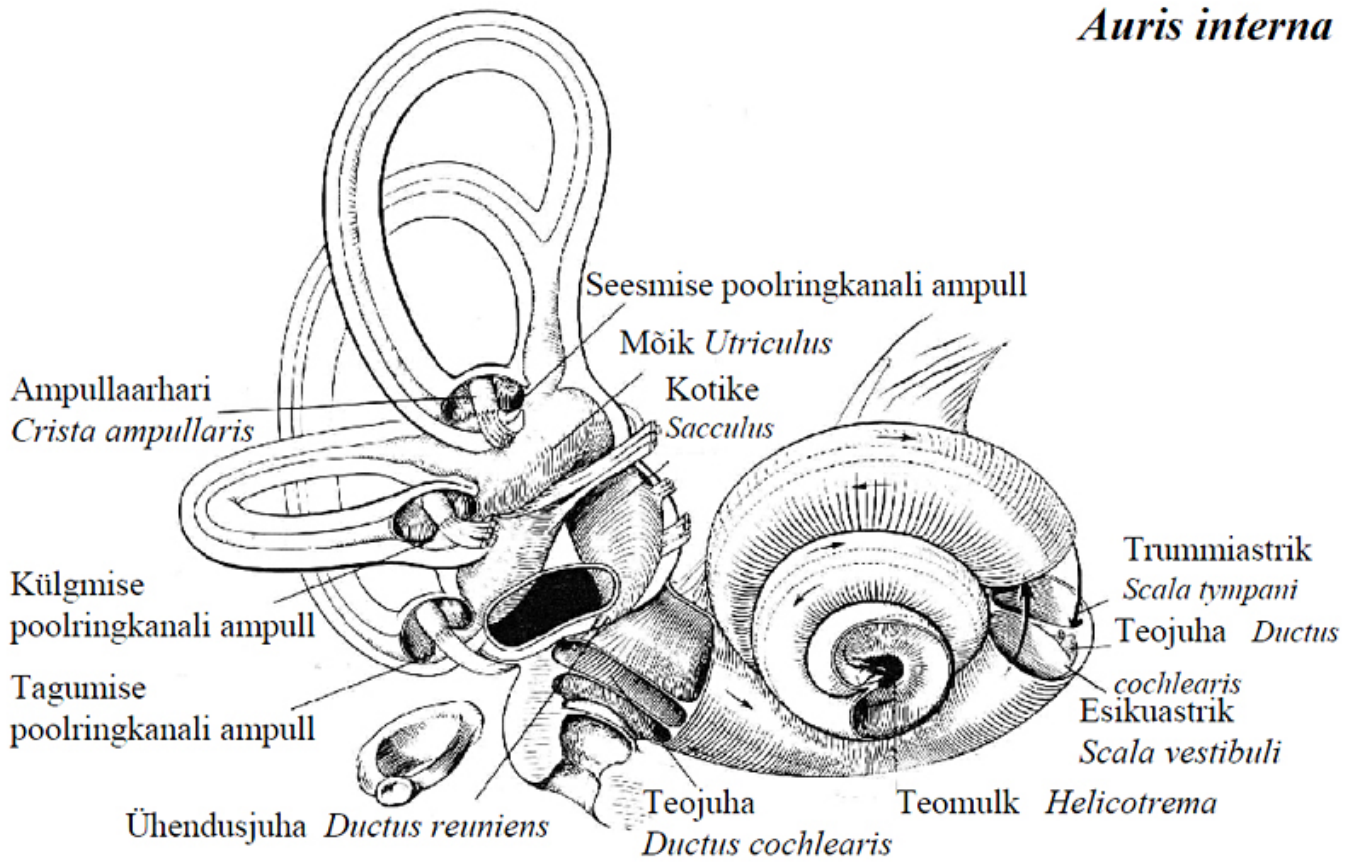


Väliskõrv
Auris externa

Keskkõrv
Auris media

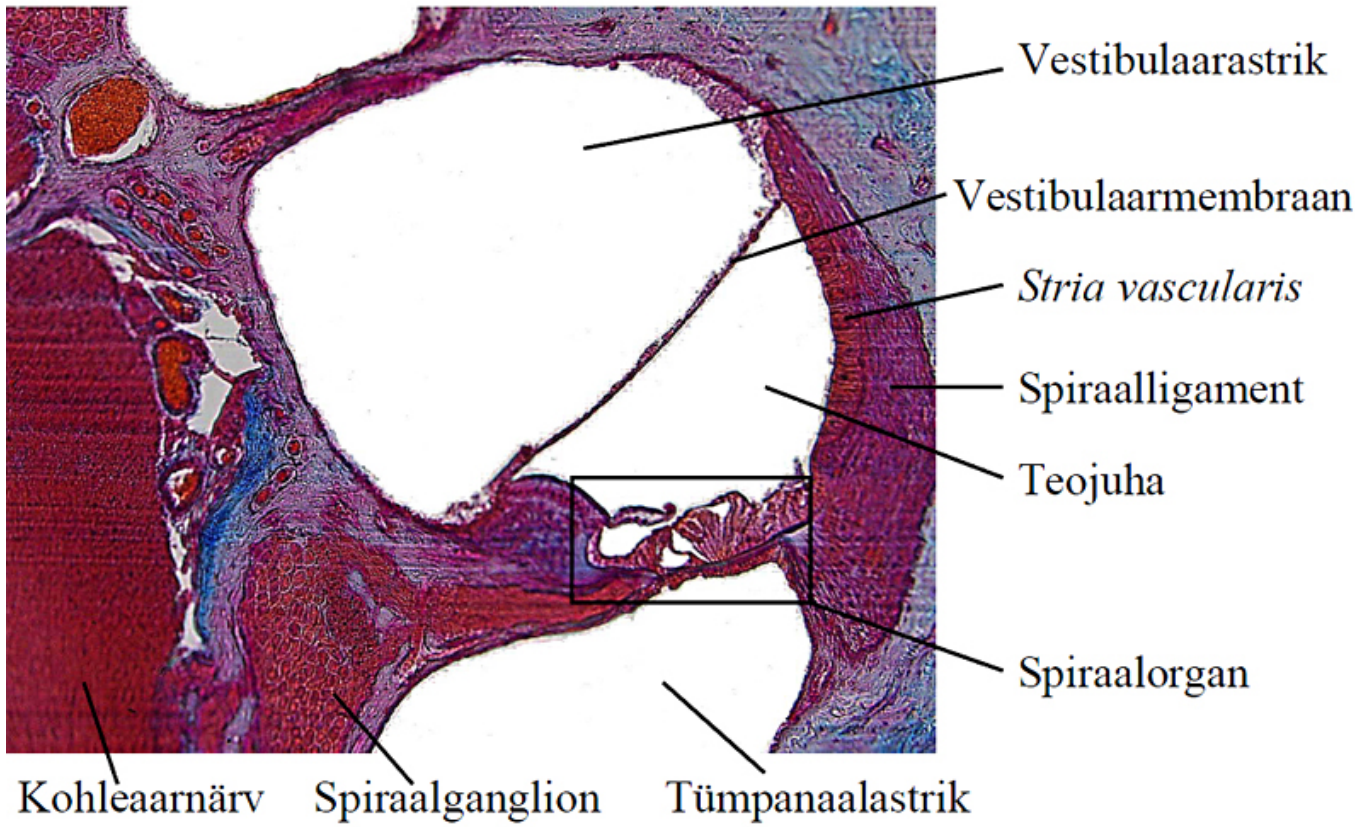
Sisekõrv
Auris interna

Sisekõrv *Auris interna*

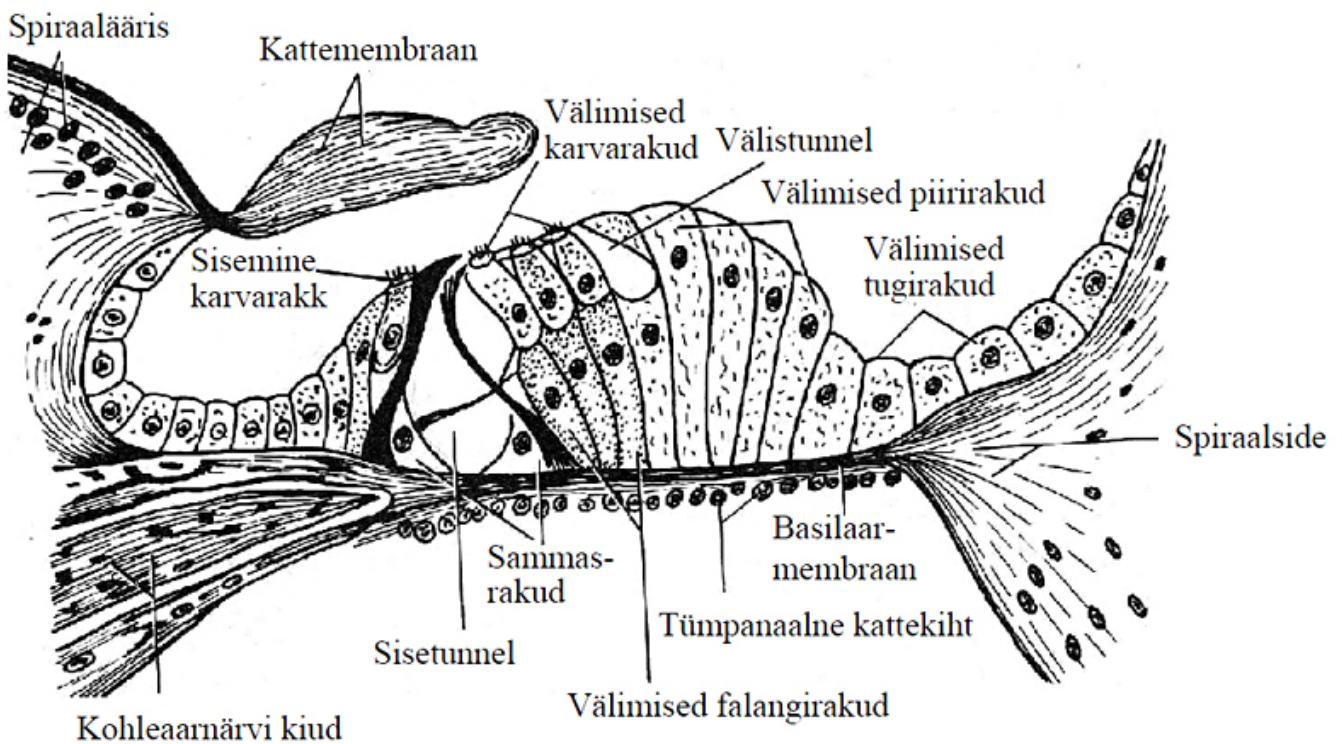


Sisekõrv *Auris interna*

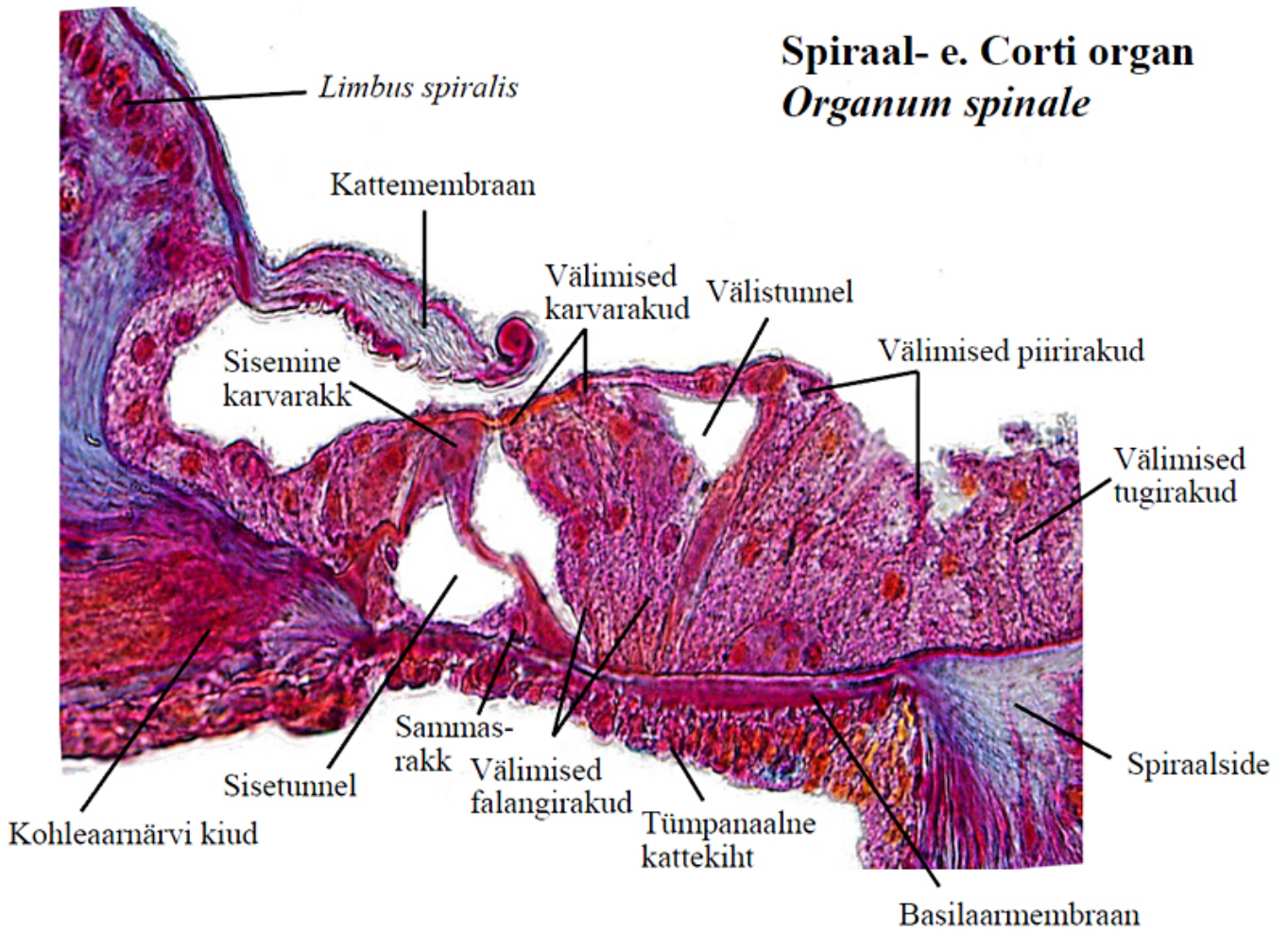
Asaan



Spiraal- e. Corti organ *Organum spinale*



Spiraal- e. Corti organ *Organum spinale*



Endokriinorganid

Tsentraalseteks endokriinsüsteemi organiteks on hüpotalamus (*hypothalamus*) ja hüpofüüs (*hypophysis*). Hüpotalamus on endokriinsüsteemi koordinaator ja samas autonoomse närvisüsteemi kontroll-keskuseks. Hüpofüüs omakorda on funktsionaalselt ja morfoloogiliselt seotud hüpotalamusega.

Perifeerseteks endokriinorganiteks on käbi- e pineaalnääre (*glandula pinealis*), kilpnääre (*gl. thyreoidea*), kõrvakilpnäärmed (*gl. parathyreoidea*) ja neerupealised e suprarenaalnäärmed (*gl. suprarenalis*). Lisaks eespoolnimetatud näärmetele on endokriinrakke veel mitmetes organites: sugunäärmed e gonaadid (testised ja munasarjad), pankreas (pankreease saarekesed), tüümus ja difuusselt paiknevad endokrinotsüüdid (seedetrakti ja hingamisteede epiteelis).

Endokriinrakud toodavad hormoone ja hormonaalselt aktiivseid aineid, mis reguleerivad erinevate rakkude, kudede ja organite talitlust.

Hüpofüüs

Hüpofüüs on umbes oasuurune nääre, mis paikneb koljupõhimikul türgi sadulas (*sella turcica*). Lühike vars, infundibulum, seostub hüpotalamusega.

Hüpofüüsil on kaks funktsionaalset osa - adenohüpofüüs (*adenohypophysis*) ja neurohüpofüüs (*neurohypophysis*).

Rakud paiknevad väätidena, mida eraldavad fenestreerunud sinusoidaalsed kapillaarid. Rakud toodavad erinevaid nn troopseid hormone, mis reguleerivad teiste endokriinorganite ja -kudede aktiivsust.

Rakud jaotatakse värvuse alusel:

- a) kromofiilsed adenotsüüdid (sisaldavad erinevalt värvuvaid sõmeraid)
- b) kromofobsed adenotsüüdid (ei sisalda värvuvaid sõmeraid)

SÕMERAD värvuvad:

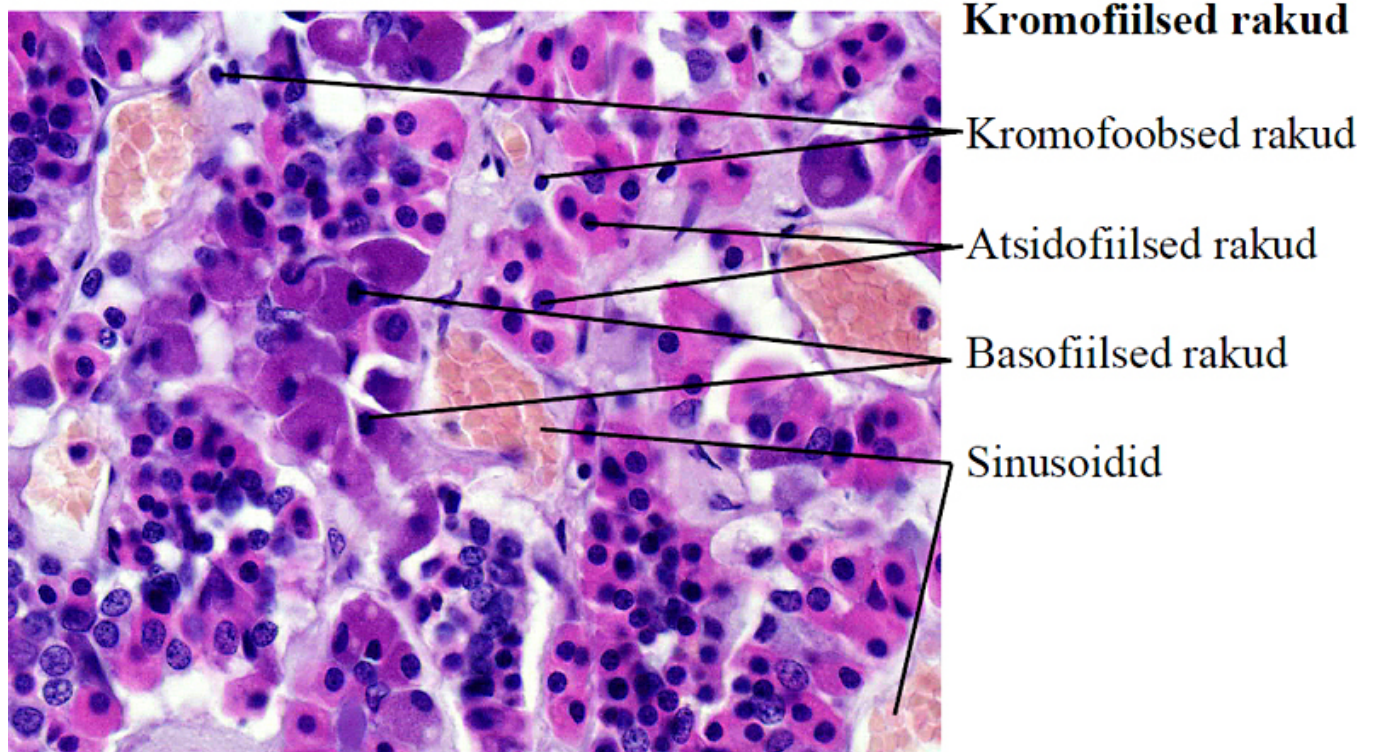
- a) atsidofiilsed adenotsüüdid (happelised värvid)
- b) basofiilsed adenotsüüdid (aluselised värvid)

ADENOHÜPOFÜÜSI HORMOONID

- Somatotroopne ehk kasvuhormoon
- Tüerotroopne hormoon
- Adrenokortikotroopne hormoon
- Luteotroopne hormoon
- Follikuleid stimuleeriv hormoon
- Luteiniseeriv hormoon

Adenohüpofüüs *Adenohypophysis*

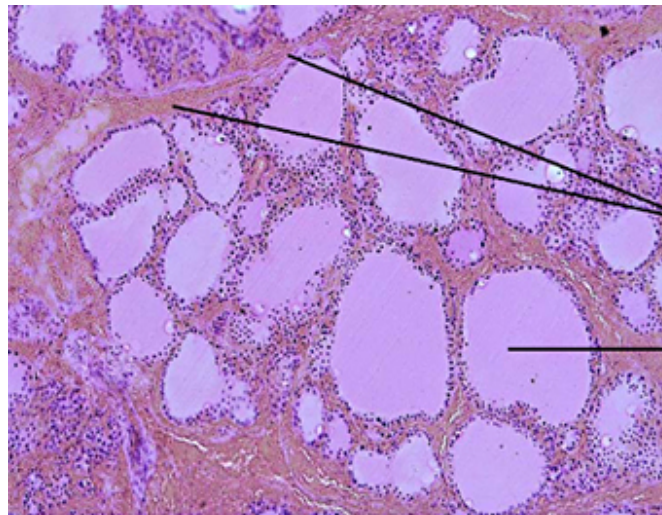
Hematoküliin-eosiin



Kilpnääre

Kilpnääre on oluline endokriinorgan, mis tagab organismi normaalse kasvu ja arengu. Kilpnääret ümbritseb sidekoeline kihh, organ on liigendunud sagarikeks, mida eraldavad kiudsidekoelised trabeekulid. Struktuurseks ühikuks on kilpnäärme folliikul - põisjas moodustis, mille seinaks on ühekihiline kuupepiteel ja mille valendikku täidab kolloid.

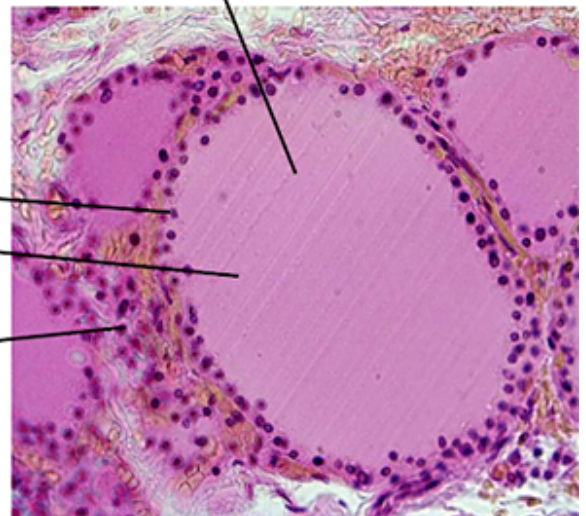
Kilpnääre toodab järgmisi hormone: türoksiin (tetrajoodtüroniin - T4) ja trijoodtüroniin - T3, mis reguleerivad rakkude ja kudede metabolism (neid hormone toodavad follikulaarrakud) ning kaltsitoniin (toodavad parafollikulaarrakud e C-rakud), mis langetab vere kaltsiumi tase.



Kilpnääre *Gl. thyreoidea*
Hematoksüliin-eosiin

Sagarikevaheline sidekude

Kilpnäärme folliikul



Epiteel

Kolloid

Interfollikulaarne saareke

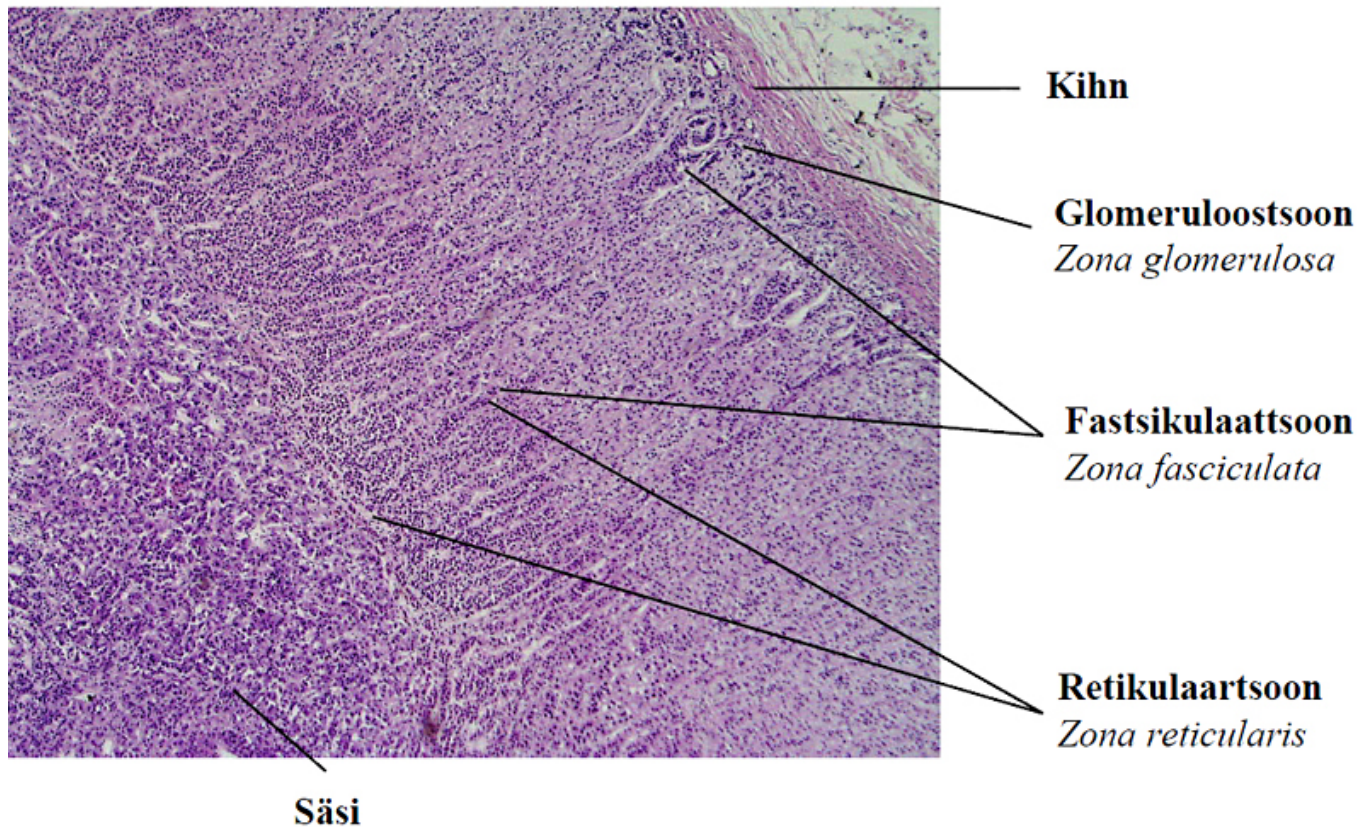
Kõrvakilpnäärmed

Väikesed kilpnäärmega tihedalt seotud näärmed, mis paiknevad kahe paarina sidekoos kilpnäärme tagapinnal. Kõrvakilpnäärmeid ümbritseb sidekoeline kapsel ja parenhüüm koosneb kolme tüüpi rakkudest: pearakud, mis toodavad parathormooni (tõstab vere kaltsiumi taset ja vähendab fosfaatide sisaldust), oksüfiilsed rakud (eosinofiilsed, endokriinselt inaktiivsed rakud) ja adipotsüüdid.

Neerupealis

Neerupealise koore- ja säsioma omavad erinevaid embrüonaalseid algeid, mistõttu kooreosa allub adenohüpofüüsis toodetava adrenokortikotroopse hormooni mõjule, säsioma aga mitte. Kooreosa moodustab ca 90% näärme kaalust ja koosneb kolmest selgelt piiritletud tsoonist - glomeruloostsoon e päsmastsoon (*zona glomerulosa*) => toodab mineralokortikoide, näit aldosteroon; fastsikulaattsoon e kimptsoon (*zona fasciculata*) => koore ulatuslikuim osa - toodab glükokortikoide, näit kortisool; retikulaartsoon e võrktsoon (*zona reticularis*) => toodab androgeenseid hormone ja vähesel määral glükokortikoide. Säsioma toodab epinefriini (adrenaliini) ja norepinefriini (noradrenaliini). Rakud paiknevad väätidena, mille ümber on tihe kapillaaride võrgustik. Säsi rakud on kromafiinsed, sest reageerivad kõrge katehoolamiinide sisalduse tõttu kroomisooladega. Säsioma hormoonid - katehoolamiinid (epinefriin ja norepinefriin) viivad organismi seisundisse, kus on tagatud maksimaalne energia kasutamine (stimuleerivad glükogenolüüsi, vabade rasvhapete mobilisatsiooni rasvkoest; põhjustavad vererõhu tõusu, südame löögisageduse tõusu jne).

Neerupealis *Gl. suprarenalis* Hematoküliin-eosiin



Neerupealis *Gl. suprarenalis*

Hematoksülin-eosiin

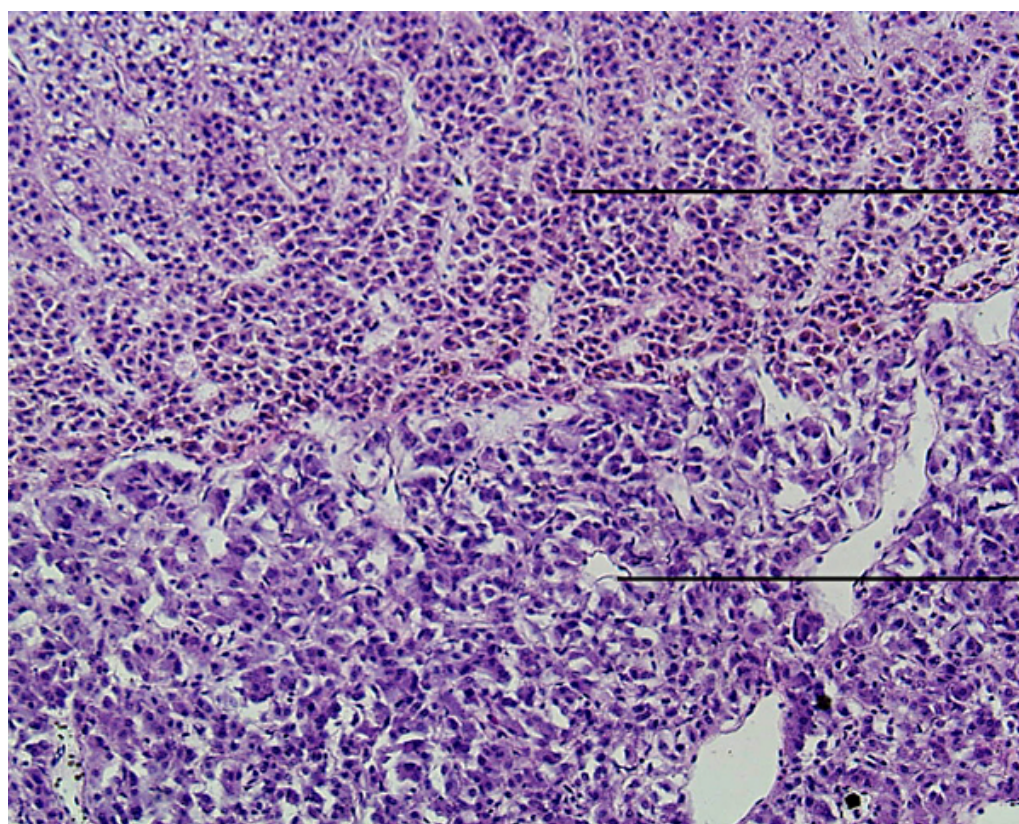
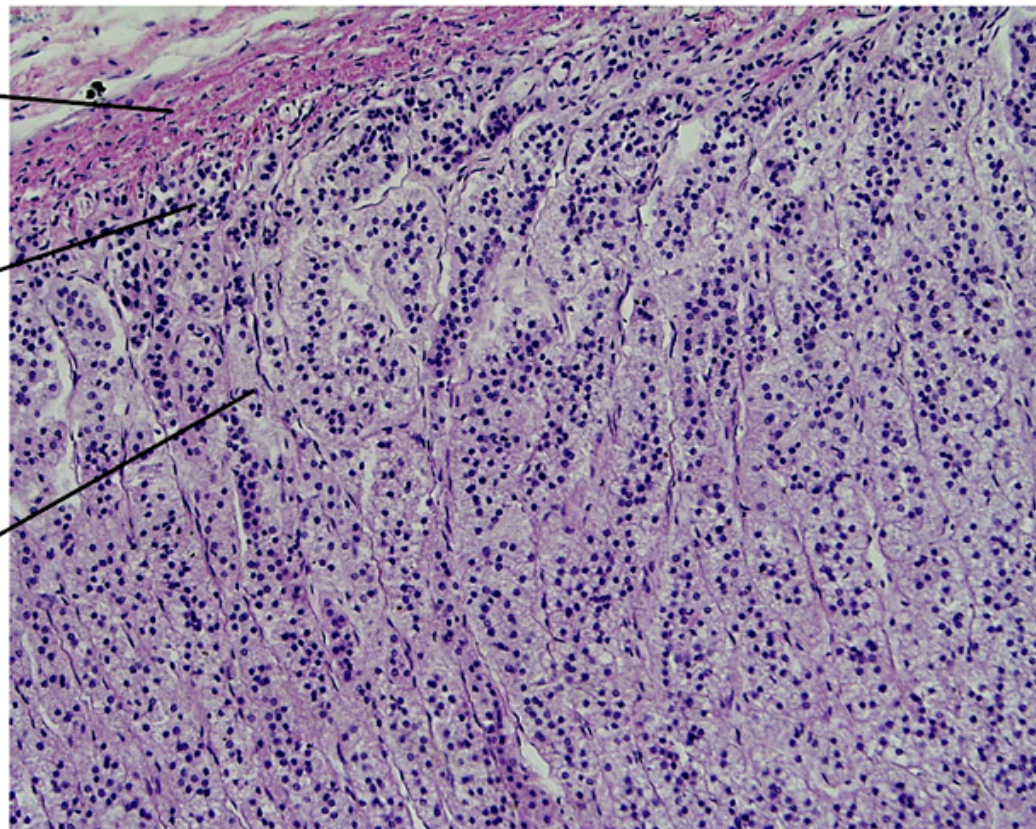
Kihn

Glomeruloostsoon

Zona glomerulosa

Fastsikulaattsoon

Zona fasciculata



Retikulaartsoon

Zona reticularis

Säsi

Medulla

Pankrease e. Langerhansi saared

Pankrease saared on pankrease endokriinseteks alaosadeks võttes enda alla umbes 1-2% pankrease mahust. Kahvatult värvuvate endokriinrakkude väädid paiknevad intensiivsemalt ja kontrastsemalt värvuvate eksokriinsete lõpposade - pankrease aatsinuste – vahel.

Pankrease saarekeste endokriinrakud – insulotsüüdid – jagunevad:

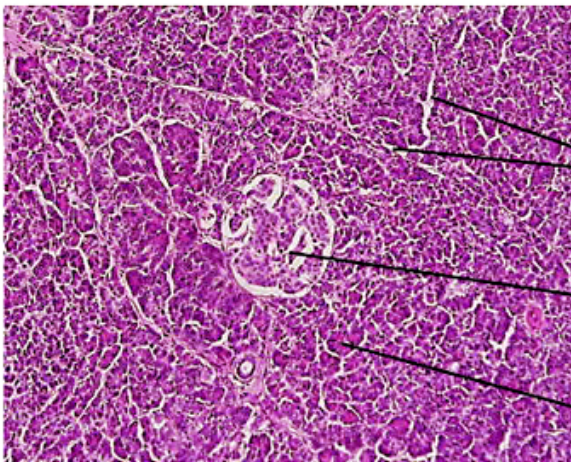
B (beeta) rakud (umbes 70%) sekreteerivad insuliini (langetab veresuhkru taset, reguleerib glükoosi transporti rakkudesse (lihased, rasvkude) ja stimuleerib glükolüüsi ja glükogeeni sünteesi)

A (alfa) rakud (20%) produtseerivad glükagooni (toime on retsiiprookne insuliinile)

D (delta) rakud (5-10%) sekreteerivad somatostatiini

PP (F) rakud (1-2%) pankrease polüpeptiidi sekreteerivad rakud

Pankrease- e. Langerhansi saar *Insulae pancreatica* Hematoksüliin-eosiin



Sagarikevahelised septid

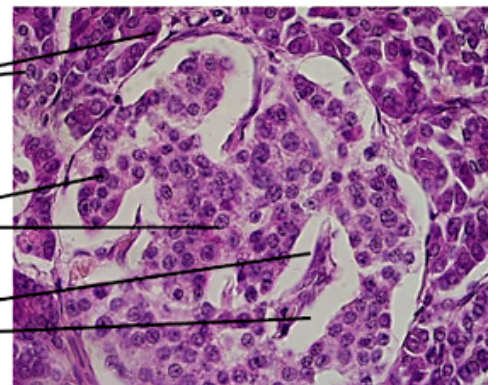
Pankrease saar

Aatsinus

Aatsinuserakud (eksokriinsed rakud)

Insulotsüüdid (endokriinsed rakud)

Verekapillaarid

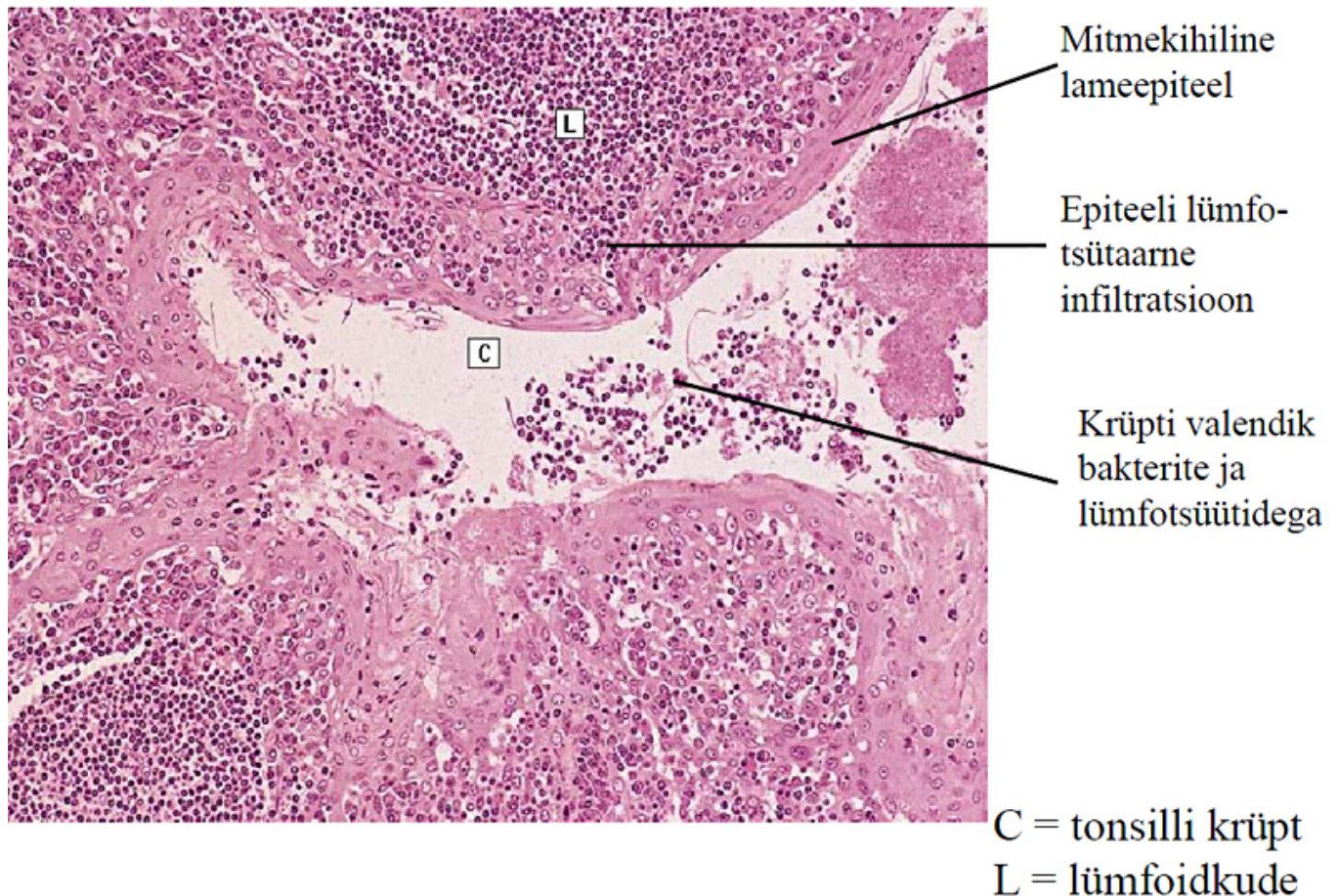


Suuõõs (cavitas oris)

Suuõõs on piirkond, mis on piiratud eest huultega, külgedelt põskedega, ülevalt kõva- ja pehme suulaega ning alt suupõhjaga. Suuõõs jaguneb suuesikuks (*vestibulum oris*) ja pärissuuõõneks (*cavitas orium propria*). Suuõõnes paiknevad mitmed kõrgeltspetsialiseeritud struktuurid – keel, hambad, süljenäärmed ja tonsillid. Pärissuuõõs ühendub tagumises osas kurgukitsuse kaudu neeluõõnega.

Suuõõne limaskesta histoloogiline ehitus

Suuõõne limaskesta vooderdab mitmekihiline sarvestumata lameepiteel (paksus 180 – 600 µm) mis mõnedes lõikudes võib olla ka sarvestunud. Suuõõne limaskestal puudub või on väga nõrgalt arenenud limaskesta lihaskiht, mõnes piirkonnas võib puududa ka kohevast sidekoest moodustuv submukooskiht. Sellisel juhul on limaskest tihedalt ühenduses allpool paiknevate kudedega (keeles – limaskest kinnitub lihastele; igemed, kõva suulagi – limaskest kinnitub luule). Suuõõne epiteelile on omane kõrge regeneratsioonivõime ja rakkude mitootiline jagunemine. Suuõõne epiteel on vastupidav erinevatele kahjustustele ja talle on tänu lümfotsütaarsele infiltratsioonile iseloomulik kõrge vastupanuvõime infektsioonide suhtes. Epiteeli all paikneb kiudsidekoeline limaskesta päris kiht e propria, mis moodustab epiteelisse ulatuvaid papille milliste abil kinnitub epiteel tugevalt proopriale.



Huuled (*labia oris*)

Suuõõnt piiravad eest huuled, nende välimist pinda katab nahk, seespoolset limaskest. Huultes eristatakse kolme piirkonda: nahaosa (*pars cutanea*), vaheosa e huulepuna tsoon (*pars intermedia*) ja limaskest (*pars mucosa*). Huulte sügava kihi moodustavad vöötilihased (huule keskosas paikneb suu sõõrlihas) ja fibroelastne sidekude.

Huulte nahaosa on histoloogilise ehituse poolest sarnane naha ehitusele. Välispind on kaetud mitmekihilise sarvestunud lameepiteeliga, pärisnahas paiknevad rasunäärmed, higinäärmed ja karvafollikulid. Mitmekihilise sarvestunud epiteeli rakud kinnituvad basaalmembraanile. Basaalmembraanist allpool asub kohev kiudsidekude. Sidekude moodustab kõrgeid näsaside, mis tungivad epiteeli. Huulepuna (*rubor labiorum*) ehk vaheosa on üleminekuala naha ja limaskesta vahel ning selle epiteel on mitmekihiline sarvestunud kuni mitmekihiline sarvestumata lameepiteel. Epiteeli sarvkiht selles piirkonnas on õhuke ja siin puuduvad karvad. Säilinud on rasunäärmed, milliste juhad avanevad epiteeli välispinnale. Ülemises huules, eriti suunurkades on hulgaliselt rasunäärmeid. Limaskesta proopria on selles piirkonnas õhuke. Üleminekuosa sisemise tsooni epiteel täiskasvanud inimesel on 3-4 korda paksem, kui välimises tsoonis ja seal puudub sarvkiht ja rasunäärmed. Epiteeli all paikneb kohev sidekude, mis moodustab hulgaliselt sügavaid papille, millised suunduvad epiteeli sisse. Nendes väikestes papillides on hulgaliselt verekapillaare, viimased kumavad läbi ja põhjustavad huulte punast värvi. Papillides on väga suur hulk närvilõpmeid, seetõttu on see piirkond väga tundlik. Huulte seespoolne limaskest on kaetud mitmekihilise sarvestumata lameepiteeliga. Epiteelikiht selles piirkonnas on paksem, kui nahaosas. Limaskesta proopria moodustab siin hulgaliselt madalamaid papille. Limaskesta lihaskiht puudub, proopria läheb üle submukoosaks. Limaskesta päriskihis paiknevad: süljenäärmete sekretoorsed osad (huulenäärmed – *gll. labiales*), arterid ja laiaulatuslik venoosne põimik. Huulte põhimassi moodustavad skeletilihaskiud – suu sõõrlihas (*musculus orbicularis oris*).

Põsed (buccae)

Põsed on väljastpoolt nahaga kaetud lihaskoe moodustised. Seestpoolt on põsed kaetud limaskestaga mille sisepinda katab küllaltki paks mitmekihiline sarvestumata lameepiteel. Seda tüüpi epiteeli esinemine on tüüpiline niisketele epiteliaalsetele pindadele, mida pidevalt mõjutatakse mehaaniliselt. Ülemiste kihtide epiteelirakkude uuenemine toimub basaalkihi rakkude baasil.

Limaskestas eristatakse kolme tsooni: ülemine e maksilaarne tsoon (*zona maxillaris*), keskmine e vahetsoon (*zona intermedia*) ja alumine e mandibulaarne tsoon (*zona mandibularis*). Proopriat moodustab tihe fibroelastne sidekude, milline moodustab epiteelis kõrgeid papille. Põse limaskestas puudub lihaskiht. Allpool asetsevate kudede ühendab põse limaskesta submukooskiht. Maksilaarne ja mandibulaarne tsoonid on histoloogiliselt ehituselt sarnased huulte limaskesta ehitusele. Neid piirkondi katab mitmekihiline sarvestumata lameepiteel, proopria moodustab hulgaliselt madalaid papille.

Põse vahetsoon kulgeb suu nurga juurest kuni alumise lõualuu haruni ning on sarnaselt huulte vahetsooniga suuõõne limaskesta ja naha ühenduskohaks. Põskede submukooskiht on rikkaliku verevarustusega ning sisaldab palju närve. Põse lihaskesta moodustab põselihhas, selle sügavuses paiknevad rohkearvulised mukoossed, väheste seroossete külgnäärmetega põse süljenäärmed (bukaalnäärmed, *gll. buccales*) ja üksikud rasunäärmed.

Kõva ja pehme suulagi (palatum durum et molle)

Kõva suulae moodustab luuline alus, mis on kaetud limaskestaga. Kõva suulae limaskesta katab mitmekihiline sarvestunud lameepiteel, pehme suulagi on aga kaetud mitmekihilise sarvestumata lameepiteeliga. Kõva suulagi moodustub kolmest tsoonist: õmbluse tsoon, anterolateraalne ja posterolateraalne tsoonid. Õmbluse tsoonis submukooskiht puudub. Kõva suulae anterolateraalsetes ja posterolateraalsetes tsoonides on submukooskiht säilinud saarekestena ning proopria on tihedalt liitunud periostiga. Anterolateraalsetes tsoonides sisaldab submukooskiht eespool rasvkudet, sügavamal rohkelt mukoosseid näärmeid. Intsisiivpapilli (*papilla incisiva*) moodustab tihe sidekude. Intsisiivpapilli sopistusi vooderdab prismaatiline epiteel, sopistustes allpool võib esineda ka hüaliinset kõhrkude.

Pehme suulae vaba serv on üleminekuala hingamisteede mitmerealisele ripsepiteelile, mis katab neelu ninaosa. Pehme suulae proopria moodustab kõrgeid, sügavale epiteeli kulgevaid papille. Proopriale järgneb hästi väljendunud elastsete kiudude kiht, limaskesta lihasplaat puudub. Kohevast sidekoest moodustunud submukooskiht on paks, selles on hulgaliselt rasvarakke ning seal paiknevad mukoosset sekreeti tootvad süljenäärmed. Näärmete viimajuhad avanevad pehme suulae pinnal ja uuvulal. Pehme suulae põhimassi moodustab skeetilihaskude.

Igemed (gingiva)

Igemed on alveolaarjätkeid ja hammaste kaelaosa ümbritsev kude. Igemed on kaetud limaskestaga, mis on tihedalt ühendatud ülemise ja alumise lõualuu alveolaarjätketega. Limaskesta katab pealt mitmekihiline sarvestumisele kalduv lameepiteel, mis hamba läheduses läheb üle õhemaks liitepiteeliks. Tihedast sidekoest proopria moodustab papille, mis suubuvad sügavale epiteeli sisse. Papillid muutuvad madalamaks vahetult vastu hambaid paiknevas igemete piirkonnas. Limaskesta prooprias paikneb hulgaliselt elastseid kiude ning limaskestas puudub lihaskiht. Igemetes on hulgaliselt närvilõpmeid, prooprias paiknevad inkapsuleeritud ja inkapsuleerimata närvilõpmed.

Keel

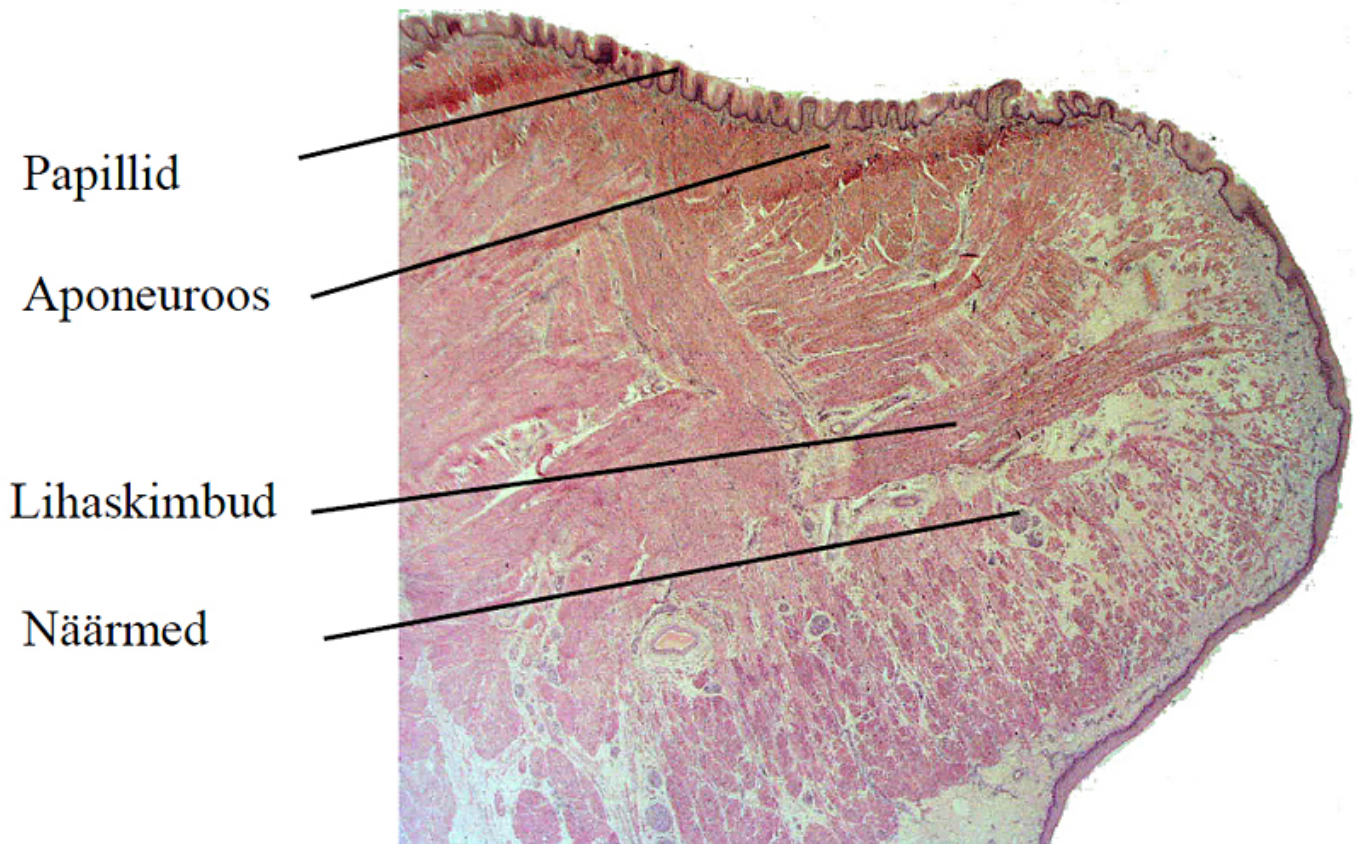
Keel on limaskestaga kaetud lihasealine elund. Keel on põhiliselt toidu segamise ja neelamise vahend, peale selle veel maitsmis- ja kõnelemiselund. Keelel eristatakse kolme piirkonda:

1. taga paiknevat keelejuurt *radix linguae*
2. keskel paiknevat keelekeha *corpus linguae*
3. ees paiknevat keeletippu *apex linguae*

Organi sidekoeline toetus koosneb aponeuroosist (*aponeurosis*) ja keelevaheseinast (*septum linguae*), mis jagab keelelihaseid vasakuks ja paremaks pooleks. Aponeuroosiks nimetatakse proopria all paiknevat tihedast sidekoest plaati, mille moodustavad kollageensete ja elastsete kiudude kimbud. Keele põhimassi moodustavad vöötlihaste kimbud, mis kulgevad kolmes suunas: vertikaalselt, risti- ja põikisuunas. Kohev sidekude, milline paikneb vöötlihaskimpude vahel sisaldab palju rasvarakke. Kohevas sidekoes paiknevad ka keele süljenäärmete lõpposad. Keele allpinna limaskest on sile, teda katab mitmekihiline sarvestumata lameepiteel, mis katab ka suupõhja. Keele selgmist pinda katab mitmekihiline sarvestumata lameepiteel ja seal paiknevad mitmed eristruktuurid. Keele selgmine pind jaguneb eesmiseks kaheks kolmandikuks ja tagumiseks kolmandikuks. Nende osade vahele jääb ettepoole avatud V-kujuline joon, millel paiknevad 6 – 12 vallpapilli.

Inimese keelel eristatakse nelja tüüpi papille: niit-, seen-, vall- ja lehtpapillid, neist enamik paikneb keele eesmisel pinnal. Keele tagumist kolmandikku iseloomustab lümfoidkoe kogunemine – keeletonsill (osa nn MALT-süsteemist). Keele verevarustuse tagavad arterid, millised hargnedes moodustavad rikkaliku veresoonte võrgustiku. Keelenäärmed (*glandulae linguales*) jaotatakse sekreedi järgi kolmeks erinevaks tüübiks: valgu-, lima- ja seganäärmeteks. Valgulise sekreediga süljenäärmed paiknevad sügaval keeles vallpapillide ja lehtpapillide läheduses. Need näärmed on lihtsad torujat tüüpi hargnevad näärmed. Näärmete viimajuhad avanevad papillide vallikraavi, viimajuhasid katab mitmekihiline lameepiteel. Limanäärmed paiknevad põhiliselt keele juures ja keele külgedel. Need on üksikud tubuloalveolaarsed hargnevad näärmed. Näärmete juhad on kaetud mitmekihilise epiteeliga, milles võib esineda ka ripsmetega kaetud rakke. Näärmed avanevad keele juurel keeletonsilli krüptidesse. Keele seganäärmed paiknevad keele eesmisel osas. Näärmete juhad avanevad keele all piki limaskesta volte. Seganäärmete sekretoorsed osad paiknevad keele sügavuses.

Keel *Lingua*
Hematoksülin - eosiin



Keelepapillid

Niitpapillid (*papillae filiformes*)

Kõik keelepapillid on limaskestast derivaadid ja nende ehitus on sarnane. Papillide ülemine pind on kaetud mitmekihilise sarvestumata lameepiteeliga või osaliselt (niitpapillides) mitmekihilise sarvestuva lameepiteeliga. Iga papilli aluse moodustab limaskestast proopria papill (esmane papill). Esmase papilli tipust hargneb 5 kuni 20 peenikest sidekoelist sekundaarset papilli. Keelepapillide sidekoelises aluses paiknevad rohkearvulised verekapillaarid, millised kumades läbi epiteeli annavad papillidele iseloomulikku punase värvi. Niitpapillid on kõige suurem papillide grupp, nad paiknevad keeleseljal. Suuruse järgi on nad kõige pisemad keelepapillid, nende keskmine pikkus on 0,2 - 0,3 mm.

Seenpapillid (*papillae fungiformes*)

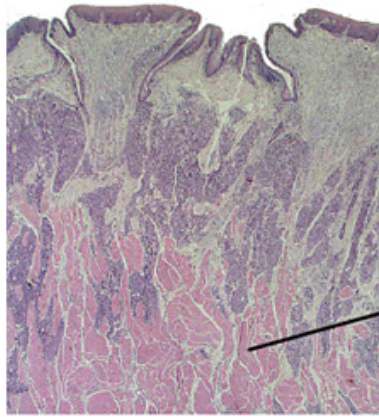
Seenpapillid on väiksearvulised ja paiknevad hajutatult niitpapillide vahel. Kõige rohkem on nad esindatud keele tipus ja keele servades. Seenpapillide pikkuseks on 0,7 – 1,8 mm ja nende diameeter on kuni 1 mm. Seenpapillide kuju meenutab seent – papilli alumine osa on kitsas, ülemine osa meenutab seenekübarat. Maitsmispungad, arvult 3 kuni 4, paiknevad seenekübara piirkonnas, kuid nad võivad seenpapillis ka puududa.

Vallpapillid (*papillae vallata*)

Vallpapillid asuvad keelepära ja keelekeha piiril vahetult piirivao (*sulcus terminalis*) ees, arvult on neid 6 kuni 12. Vallpapille ümbritseb ringjas süvend – papillivagu. Vallpapillid on suured, nende kõrgus on 1 – 1,5 mm ja diameeter 1 – 3 mm. Seroosete maitsmisnäärmete (von Ebneri näärmed) juhad avanevad papillivao põhja. Vagu väljastpoolt ümbritsevat limaskestast osa nimetatakse papilli valliks. Pealt katab vallpapille paks mitmekihiline sarvestumata lameepiteel, külgedel on epiteel õhem. Vallpapilli tüve moodustab tihe sidekoeline proopria. Sekundaarpapillid asuvad vallpapilli peal, külgedel need puuduvad. Vallpapillide külgepiteelis asuvad maitsmiskarikad ehk maitsmispungad.

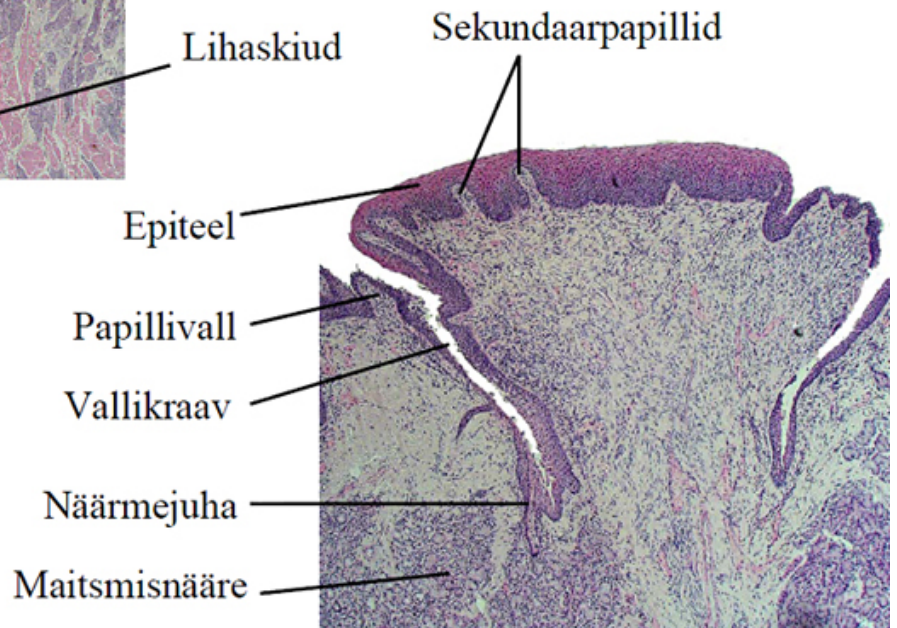
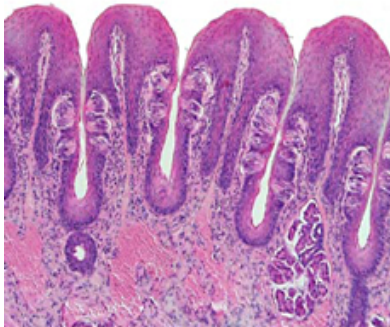
Lehtpapillid (*papillae foliata*)

Lehtpapillid on hästi arenenud ainult lastel. Lehtpapillid moodustavad kaks 4 – 8 papillist koosnevat gruppi, mis paiknevad paremas ja vasakus keele servas. Ühe lehtpapilli pikkus on 2 – 5 mm. Papillide külgpindade epiteelis paiknevad maitsmispungad. Täiskasvanud inimestel lehtpapillid redutseeruvad.



Vallpapillid *Papillae vallatae*
Hematoküliin - eosiin

Lehtpapillid *Papillae foliatae*
Hematoküliin - eosiin



Maitsmispungad (*caliculus gustatorius*)

Maitsmispungad paiknevad leht-, seen- ja vallpapillide külgepiteelis, aga ka pehmes suulaes, neelukaartel ja neelu tagaseinas. Kujult on maitsmispungad ovaalsed kehakesed, millistes pikad rakud paiknevad apelsinilõikude sarnaselt. Maitsmispunga rakkude uuenemiskiirus on 10 päeva. Vananemisel uuenemiskiirus langeb, millega kaasneb maitsmismeel teravuse alanemine. Maitsmispungad reageerivad neljale põhilisele maitsemodaalsusele – magus, soolane, kibe ja hapu. Üldiselt maitsmispungad keele tipul tunnevad magusat, tipust posterioletetaalselt olevad pungad soolast ja vallpapillide maitsmispungad kibedat.

Rakke on maitsmispungas ligikaudu 50 - 75 ja eristatakse nelja liiki rakke:

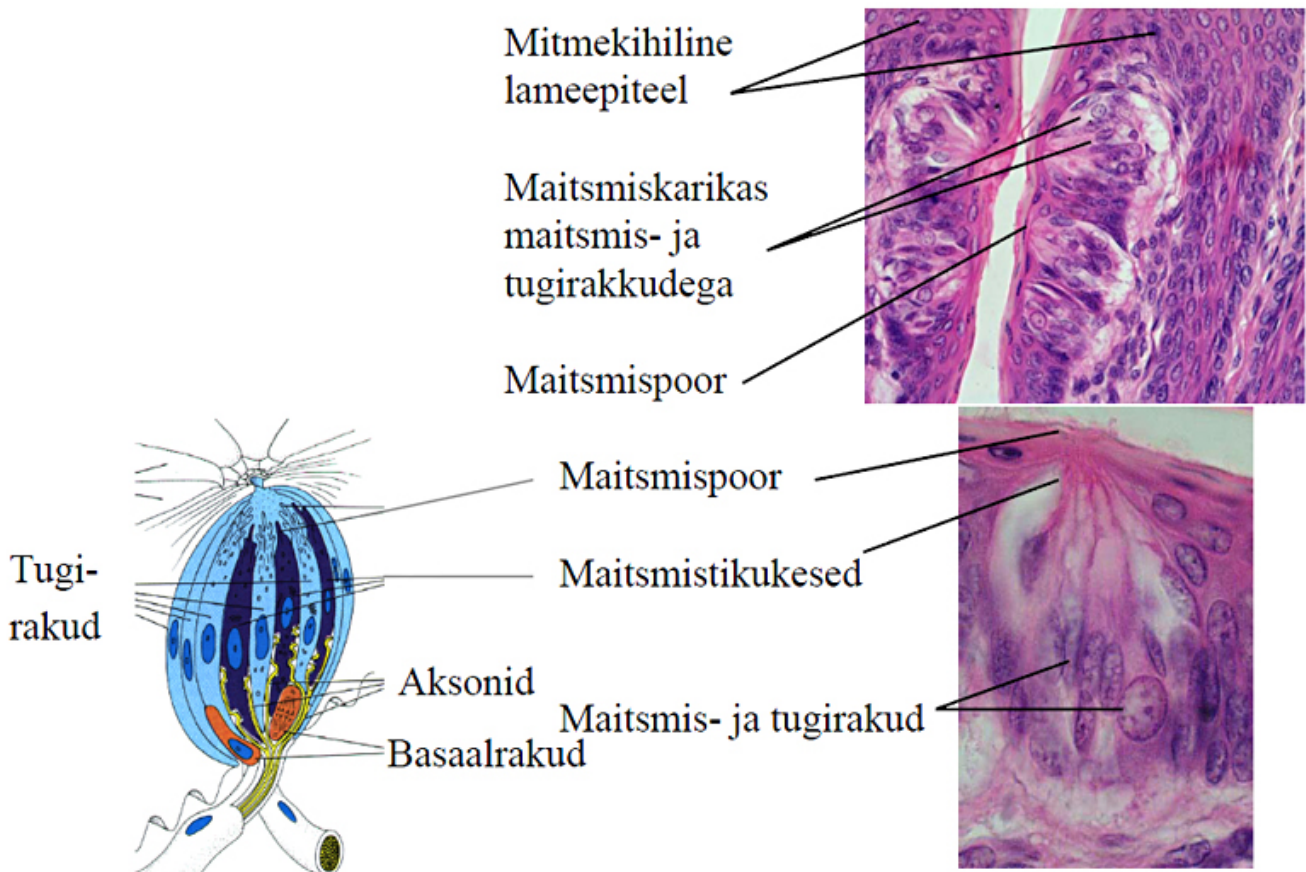
- Tüüp I ja II – mikrohattudega rakud
- Tüüp III – retseptor-rakud
- Basaalrakud

I ja II tüüpi rakud on pikad, kitsad ja ulatuvad basaalmembraanilt maitsmispoorini. Rakud suunavad oma mikrohatud maitsmispoori, mille abil on maitsmispungad ühenduses papilli vaoga. III tüüpi rakud on samuti kõrged

ning sisaldavad sünaptilisi pöiekesi. Basaalrakud paiknevad basaalmembraanil ja neid peetakse kahe ülejäänud rakuliigi tüvirakkudeks.

Maitsemisretseptorites tekivad surmajärgsed muutused väga kiiresti, sellepärast on preparaat tehtud küüliku keelest. Nõrgal suurendusel näeme hulgaliselt mitmekihilise lameepiteeliga kaetud lehtpapille. Epiteeliseselt maitsemislehtede külgedel paiknevad maitsemiskarikad ehk maitsemispungad. Maitsemisrakud on pikad, kitsad, tsütoplasma tume, rakud lõpevad maitsemistikukestega. Maitsemistikukesed ulatuvad maitsemispoori, mille abil on maitsemiskarikad ühenduses papilli vaoga. Tugirakud on tsütoplasmarohked, tuum paikneb basaalsemalt. Basaalsed rakud paiknevad kõige all.

Maitsemiskarikad *Caliculi gustatorii*



Keele süljenäärmed (*gll. lingualis*)

Keele süljenäärmed on kolme tüüpi: seroossed, mukoossed ja seganäärmed. Seroossed näärmed (*glandulae serosae*) paiknevad keele sügavuses vall- ja lehtpapillide lähedal. Need on torujat tüüpi lihnnäärmed. Viimajuhad avanevad papillide kraavidesse, või lehtpapillide vahele ning viimajuhad on kaetud mitmekihilise lameepiteeliga. Harva võib epiteelirakkude apikaalsel pinnal näha ripsmeid. Lõpposad on kujult torujad ning kitsa valendikuga. Rakud toodavad valgurikast sekreeti, mis sisaldab rohkesti sooli. Mukoossed näärmed (*glandulae mucosae*) paiknevad peamiselt keele juure piirkonnas ja piki organi külgi. Need on üksikud tubuloalveolaarsed hargnevad näärmed, näärmete lõpposad koosnevad limarakkudest. Viimajuhad on kaetud mitmekihilise epiteeliga, vahel on rakud kaetud ripsmetega. Keele juure piirkonnas avanevad näärmete viimajuhad keeletonsilli krüptidesse. Näärmete sekreet on limarikas, sisaldab mutsiini. Seganäärmed (*glandulae seromucosae*) paiknevad keele eesmises osas ning toodavad üheaegselt nii seroosset kui ka mukoosset sekreeti. Nende näärmete arvukad juhad (ligikaudu 6 mljn) avanevad piki keelealuseid limaskesta volte. Seganäärmete sekretoorsed osad paiknevad keele sügavuses.

Tonsillid

Tonsillid e mandlid on kurgu- ning neelupiirkonnas asuvad kompaktsed lümfoidse koe moodustised. Neelu piirkonnas paiknev keele-, suulae- ja neelutonsillid moodustavad nn. Waldeyer-Pirogovi lümfoepiteliaalse farüngeaalrõnga. (Nikolai Pirogov (1810-1881) sai arstihariduse Moskva ülikooli arstiteaduskonnas. Töötas Tartus aastatel 1836–1841, alates 1837. aastast korralise professorina).

Paiknemise järgi eristatakse keele-, palatiin- ja neelutonsille. Struktuurilise ehituse poolest eristatakse krüptilisi tonsille (palatiintonsillid, keeletonsill) ja akrüptilisi tonsille (neelutonsill). Tonsillid täidavad inimese organismis tähtsat kaitsefunktsiooni, muutes kahjutuks väliskeskkonnast suuõõne ja nina kaudu organismi sattuvad mikroobid. Koos teiste lümfoidkoe organitega kindlustavad nad lümfotsüütide moodustumise, mis tagab organismi immuunkaitse.

Neelutonsill (*tonsilla pharyngea*)

Paaritu neelutonsill paikneb neeluvõlvi keskel. Neelutonsilli moodustavad 5 – 7 mm paksused lümfoidkoe kurrud, kurdude keskmine pikkus on 25 mm. Täiskasvanud inimesel katab neelutonsilli pealmist pinda mitmekihiline sarvestumata lameepiteel, allpool asetsevatest kudedest eraldab õhuke sidekoeline kih. Neelutonsilli krüptides võivad ka täiskasvanutel esineda embrüonaalarengule iseloomuliku epiteeli - mitmerealise ripsepiteeliga kaetud piirkonnad. Suurenenud neelutonsilli nimetatakse adenoidiks. Neelutonsilli suurenemine põhjustab takistusi ninahingamises ja võib olla ka keskkõrvapõletiku tekke põhjuseks.

Keeletonsill (*tonsilla lingualis*)

Paaritu keeletonsill paikneb keelepära limaskestas. Tonsilli ülemist pinda ja sügavaid krüpte katab mitmekihiline sarvestumata lameepiteel. Krüptide põhja avanevad rohkearvulised keele süljenäärmed, mis oma sekreediga puhastavad krüptide põhja. Epiteel ja limaskesta päriskih on intensiivselt infiltreeritud lümfisõlmeketest pärit lümfotsüütidega.

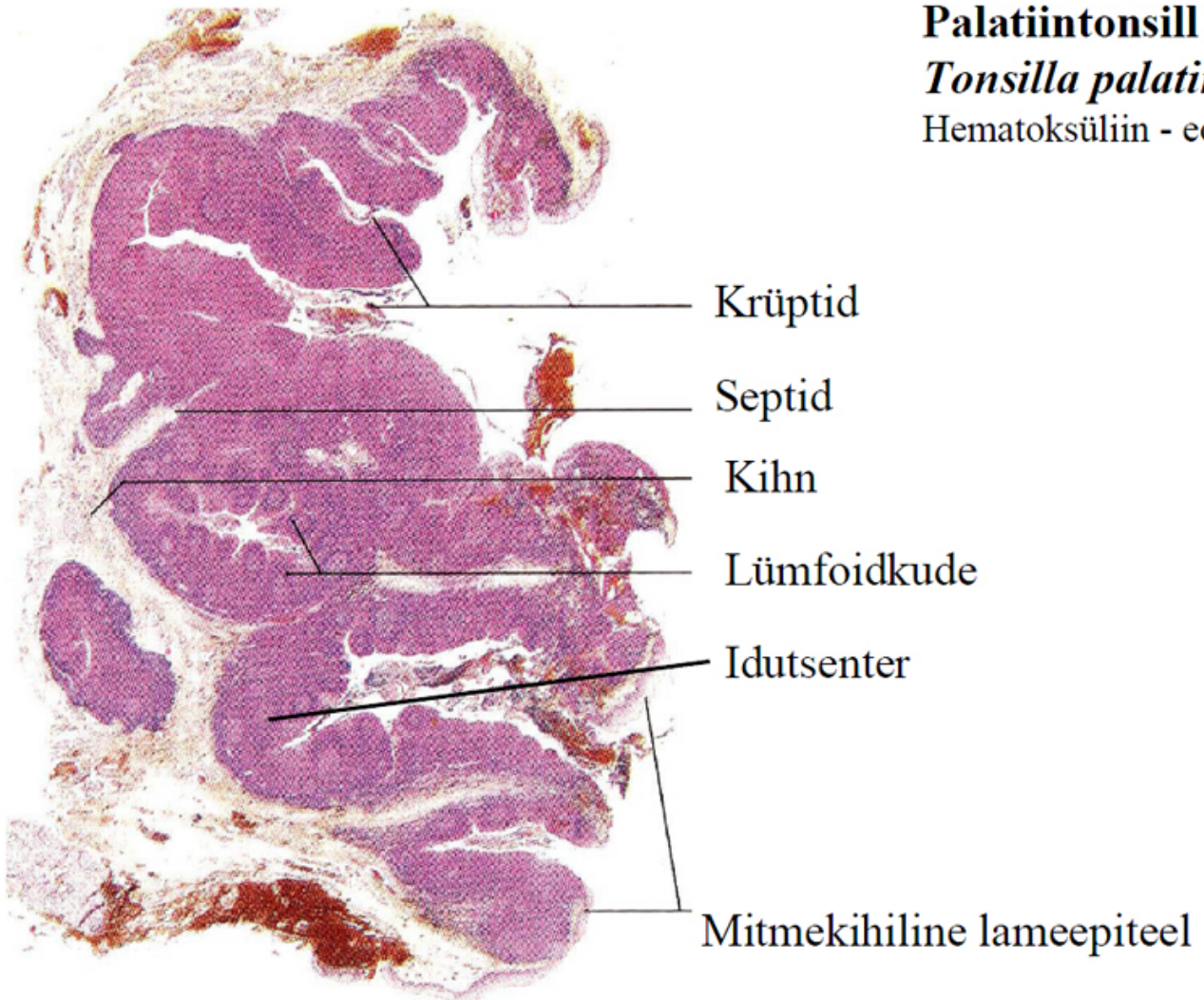
Tubaartonsillid (*tonsillae tubariae*) paiknevad kuulmetõrve seinas ning on paarilised tonsillid.

Kõritonsill (*tonsilla laryngea*) paikneb kõri piirkonna limaskesta päriskihis. Tonsilli moodustavad väiksed lümfoidkoe koondised.

Palatiintonsill (*tonsilla palatina*) (kurgutonsill, mandlid)

Suulae- ehk palatiintonsillid on paarilised organid, mis paiknevad suulae-neelu kaarte vahel mandliurkes (*sinus tonsillaris*). Palatiintonsilli suuõõnepoolset pinda – limaskesta - katab sarvestumata mitmekihiline lameepiteel. Iga suulaetonsill on moodustatud mitmest limaskesta voldist, mille prooprias asuvad arvukad lümfisõlmekesed. Lümfisõlmekestes paiknevad idutsentrid. Rohkearvulised lümfisõlmekesed on teineteisest eraldatud õhukese sidekoega. Tonsillide pinnalt läheb tonsilli sisemusse 10-20 krüpti, millised hargnedes moodustavad sekundaarseid krüpte. Limaskesta sidekoeline proopria moodustab papille, millised sopistuvad epiteeli. Sügavamal asuvatest kudedest on tonsill eraldatud tihedama kiudsidekoelise kihnuga, millest tonsilli hargnevad sidekoelised septid. Septid jagavad palatiintonsilli sagarikeks vastavalt krüptide arvule. Kihnus paiknevad tonsilli vere- ja lümfikapillaarid.

Palatiintonsill
Tonsilla palatina
Hematoksüliin - eosiin



Süljenäärmed (glandulae salivariae)

Suuõõnde avanevad süljenäärmed jaotatakse väikesteks e seinasisesteks ja suurteks e seinaväliseks süljenäärmeteks. Süljenäärmete epiteel areneb ektodermist, seetõttu on süljenäärmete lõpposadele ning viimajuhadele iseloomulik mitmekihiline struktuur. Süljenäärmed on alveolaarse või tubuloalveolaarse ehitusega näärmed. Näärmeid moodustavad sekreeti väljutavad viimajuhad ja lõpposad. Sekreedi iseloomu järgi jaotuvad näärmed mukoosseteks, seroosseteks ja seganäärmeteks. Näärmete sekreeti nimetatakse süljeks. Sülj sisaldab erinevaid orgaanilisi komponente, soolad, rakkude lagunemisprodukte, vähesel määral ka leukotsüüte. Sülje koostises on kaks fermenti – ptialiin (sülje amülaas) ja maltaas, lisaks sellele veel lima. Süljel on suuõõnes täita mitmed funktsioonid: niisutada suuõõne limaskestast; puhastada suuõõs toidutükikestest; niisutada mälutavat toitu, mida on kergem neelata; peatab suuõõnes happerünnakud.

Väikesed süljenäärmed (*Glandulae salivariae minores*)

Suuõõne limaskestas paiknevad väikesed e seinasisesed süljenäärmed (*gll intramurales*), näärmetele on iseloomulik pidev sekreedi tootmine. Suuõõne esikusse avanevad huulenäärmed (*glandula labiali*), põsenäärmed (*gl. buccali*), pärissuuõõnde suulae ja keelenäärmed (*gl. glossopalatinae et linguales*).

Huulenäärmed (*gl. labiali*) on segatüüpi näärmed, kus mukoossed lõpposad on kaetud seroossete rakkude poolt. Põsenäärmed (*gl. buccali*) on segatüüpi näärmed mis moodustavad kolm gruppi: eesmised, keskmised ja tagumised põsenäärmed. Põhiliselt kõvas suulaes paiknevad mukoossed suulaenäärmed (*gl. palatinae*). Osaliselt paiknevad suulaenäärmed ka pehmes suulaes ja uuvulas. Keele-suulaenäärmed (*gl. glossopalatina*) on mukoossed näärmed. Eesmised keelenäärmed (*gl. linguales*) avanevad keele alla. Eespool paiknevad keelenäärmed on mukoseroossed näärmed, tagapool paiknevatel keelenäärmetel on ülekaalus mukoossed lõpposad. Keelejuure näärmed (*gl. radices linguae*) on mukoossed süljenäärmed. Vallpapilli näärmed on seroosset tüüpi näärmed.

Suured süljenäärmed

Suured süljenäärmed on seinavälised kolm paarisnäeret:

1. parotiidnääre *gl. parotidea*
2. sublingvaalnääre *gl. sublingualis*
3. submandibulaarnääre *gl. submandibularis*

Parotiidnäärme lõpposad on seroosset tüüpi. Parotiidnäärme on süljenäärmetest suurim ja tema viimajuhad avanevad suuesikus 2. ülemise molaari kohal. Kui parotiidnäärme lõpposad e. aatsinused on 100% seroosset tüüpi, siis sublingvaal- ja submandibulaarnäärmed on segatüüpi - sublingvaalnäärmed mukoseroossed (ülekaalus mukoossed lõpposad) ja submandibulaarnäärmed seromukoossed (ülekaalus seroossed lõpposad).

Seroossetel lõpposadel on kitsas valendik, näärmerakud värvuvad hästi, kuid nende vahelised piirjooned jäävad ebaselgeks. Seroosseid lõpposaid iseloomustab veel rakutuumade ümar kuju, subnukleaarne basofiilne ergastoplasma ja atsidofiilsed sümogeenisõmerad raku apikaalses osas.

Mukoossed lõpposad on seroossetest tavaliselt suuremad ja nende valendik on avaram. Rakkude piirjooned on selgemad, kuid tsütoplasma limasialduse tõttu värvub tavapreparaatides vähe. Rakutuum on lamestunud ja paikneb basaalselt.

Seganäärmetes leidub seroosseid ja mukoosseid rakke ühes ja samas lõpposas või eraldiseisvate lõpposadena. Kui varem arvati, et seganäärmetes mukoosseid lõpposaid ümbritsevad seroossed rakud nn. seroossete poolkuudena, siis uuematel andmetel on tegemist tavafiksatsioonist tingitud artefaktiga ning kiirfiksatsioonil ilmneb, et seroossed rakud paiknevad lõpposades vaheldumisi mukoossete rakkudega.

Süljenäärmete lõpposades sekretoorsete rakkudega samal basaalmembraanil paiknevad veel neuroektodermaalset päritolu korvja kujuga müoepiteliaalsed rakud, mis tänu oma kontraktsioonivõimele aitavad sekreeti väljutada.

Süljenäärmete viimasüsteem algab lõpposadest väljuvate lüljuhadedega, mida vooderdab madal kuubiline epiteel.

Lülijuhad jätkuvad juttjuhadena, kus rakkude basaalne juttilisus on tingitud arvukatest basaalse rakumembraani sissesopistustest, millede vahele jäävad väljavenitatud mitokondrid. Juttjuhavad suubuvad juba suuremakaliibrilistesse viimajuhadesse, kus diameetri suurenedes ühekihiline kuupepiteel asendub mitmekihiline kuupepiteeliga. Lüli- ja juttjuhavad on eriti pikad seroossetes näärmetes (parotiidnääre) kuid seganäärmetes nende pikkus väheneb sõltuvalt mukoossete näärmete hulga tõusuga.

Parotiidnääre (*gl. parotidea*)

Parotiidnääre on kõige suurem alveolaarne liitnääre, mida ümbritseb õhuke sidekoeline kih. Näärme lõpposadeks on seroosset sekreeti tootvad rakud, mis moodustavad alveoolid. Lülijuhavad eritavad nõret lahustavat vedelikku. Juttjuhasid katab üks kiht kuubilisi ja prismaatilisi rakke. Viimajuhavad on kaetud algusosas kahekihilisega, edasi aga mitmekihilise lameepiteeliga. Kihnust kulgevad näärme sisemusse septid, mis jaotavad parotiidnäärme sagarikeks, kus paiknevad seroosset sekreeti tootvad lõpposad e alveoolid. Parotiidnäärme toetuse moodustav strooma on sidekoeline ja sisaldab suurel hulgal rasvkudet.

Sublingvaalnääre (*gl. sublingualis*)

Sublingvaalnääre on suurtest süljenäärmetest kõige väiksem. Nääre on tubuloalveolaarset tüüpi hargnenud, kihnuta ning koosneb mitmest väikesest osast. Lõpposad on mukoosset tüüpi ja sisaldavad vähesel hulgal seroosseid rakke. Lülijuhavad ja juttjuhavad on väga lühikesed või puuduvad. Viimajuhavad moodustuvad suurest ja mitmest väikesest juhast. Sublingvaalnäärme strooma moodustavad tugevad sidekoelised septid.

Submandibulaarnääre (*gl. submandibularis*)

Submandibulaarnääre on alveolaarne (osaliselt tubulaarne) kinhuga kaetud liitnääre. Näärmes on ülekaalus seroossed lõpposad, mukoseroosseid lõpposaid on vähesel hulgal. Lülijuhavad on lühikesed ja vähe hargnevad. Juttjuhavad on kaetud ühe kihi kuubuliste ja silindriste rakkudega, rakkudes on selgelt väljendunud basaalne juttilisus. Rakkude tsütoplasma sisaldab kollast pigmenti. Näärme viimajuhavad on kaetud algusosas kahekihilisega, hiljem mitmekihilise lameepiteeliga. Submandibulaarnäärme strooma on sidekoeline.

Suured süljenäärmed

	Gl. parotidea	Gl. sublingualis	Gl. submandibularis
Nääre	Kõige suurem alveolaarne liitnääre. Kihnuga.	Kõige väiksem tubuloalveolaarne, hargnenud. Koosneb mitmest väikesest osast. Kihnuta.	Alveolaarne (osaliselt tubulaarne) liitnääre
Lõpposad	Seroossed alveoolid	Põhiliselt mukoossed, väheste seroossete kompleksidega.	Ülekaalus seroossed mukoseroosseid.
Lülijuhavad	Pikad, hargnevad. Katab lame epiteel. Eritavad nõret lahustavat vedelikku.	Väga lühikesed või puuduvad.	Lühikesed, vähe hargnevad.
Juttjuhavad	Üks kiht kuubilisi ja prismaatilisi rakke.	Puuduvad või lühikesed	Üks kiht kuubilisi ja prismaatilisi rakke. Tugev basaalne juttilisus. Rakkudes leidub kollast pigmenti.
Viimajuhavad	Parotiidjuhas algul kahekihiline, hiljem mitmekihiline lameepiteel.	Suur ja mitu väikest juha	Juhad meenutavad parotiidjuha, divertikulaarid.
Strooma	Sidekoeline, palju rasvkude.	Tugevad sidekoelised septid.	Sidekoeline.

Hambad (dentes)

Inimese suus paiknevaid hambaid nimetatakse hammaskonnaks ning nad on osa mälumisaparaadist. Inimesel esineb kahte tüüpi hambaid – piimahambad (*dentes decidui*) ning jäävhambad (*dentes permanentes*). Hammaste areng on pikaajaline ja keeruline protsess, mis algab varajastel embrüogeneesi etappidel ja kestab ligikaudu 20 aastat. Inimesel on 20 piimahammast, neist esimesed ilmuvad umbes kuuendal elukuul. Jäävhambaid on 32, neist esimesed lõikuvad läbi alates kuuendast eluaastast. Viimased jäävhambad ehk "tarkusehambad" lõikuvad läbi vanuses 20 aastat ja rohkem.

Täiskasvanud inimese kaks hambakaart (*arcus dentalis*) – ülakaar ja alakaar on identsed ning kummaski on 16 erineva kuju, suurusega ning talitusega hammast.

Hambakaares võime eristada järgmisi hambaid:

- I – lõike e intsisiivhambad (*dentes incisivi*)
- C – silmahambad (*dens caninus*)
- P – eespurihambad (*dentes premolares*)
- M – purihambad (*dentes molares*)

Hambavalem näitab hammaste liike ja hammaste arvu hammaskonnas.

Piimahammaskond

I2 C1 M2

I - V

I2 C1 M2

Jäävhammaskond

I2 C1 P2 M3

1 - 8

I2 C1 P2 M3

Hammaste läbilõikumine

Hammaste läbilõikumine algab 6. – 7. kuul. Selleks ajaks on olemas hamba kroon ning moodustumas hambajuur. Toimuvad muutused hammast ümbritsevates kudedes: suurenevad hamba mõõtmed; sidekude hamba kohal atrofeerub surve tõttu; emailiorgani epiteel liitub igemega, moodustades igemevaio; epiteel rebeneb. Nendele protsessidele aitavad kaasa korrapärane hamba kudede diferentseerumine ja alveoolide luulise põhja kasv. Protsesse soodustab ka funktsionaalne koormus, kuid peapõhjus peitub siiski siserõhu tõusul.

Jäävhambad

Jäävhammaste areng põhineb hambaliistul, mis esialgu paikneb piimahammaste all. Hambaliist kasvab tahasuunas ja moodustuvad hammaste algmed. Piimahammast eraldab jäävhambast luuline plaat. Selles protsessis on tähtis osa osteoklastide talitlusel, millised hävitavad luulise plaadi ning aitavad kaasa piimahammaste juure resorbeerimisel.

1. Hambaalgmete moodustumine

a) Initsiaalfaas. 6. – 7. embrüonaalse arengu nädalal moodustub ektodermist hambaliist (*lamina dentalis*)

b) Proliferatsioonifaas. Hambaliistus moodustuvad igale hambale pungad (*gemma dentalis*) (germen dentis uues nominas)

2. Algete diferentseerumine

a) Emailiorgan (*organum enameleum*)

b) Hambapapill (*papilla dentalis*)

c) Hambapaun (*saccus dentalis*)

3. Hamba kudede diferentseerumine

a) Histoloogiline diferentseerumine

b) Anatoomiline diferentseerumine

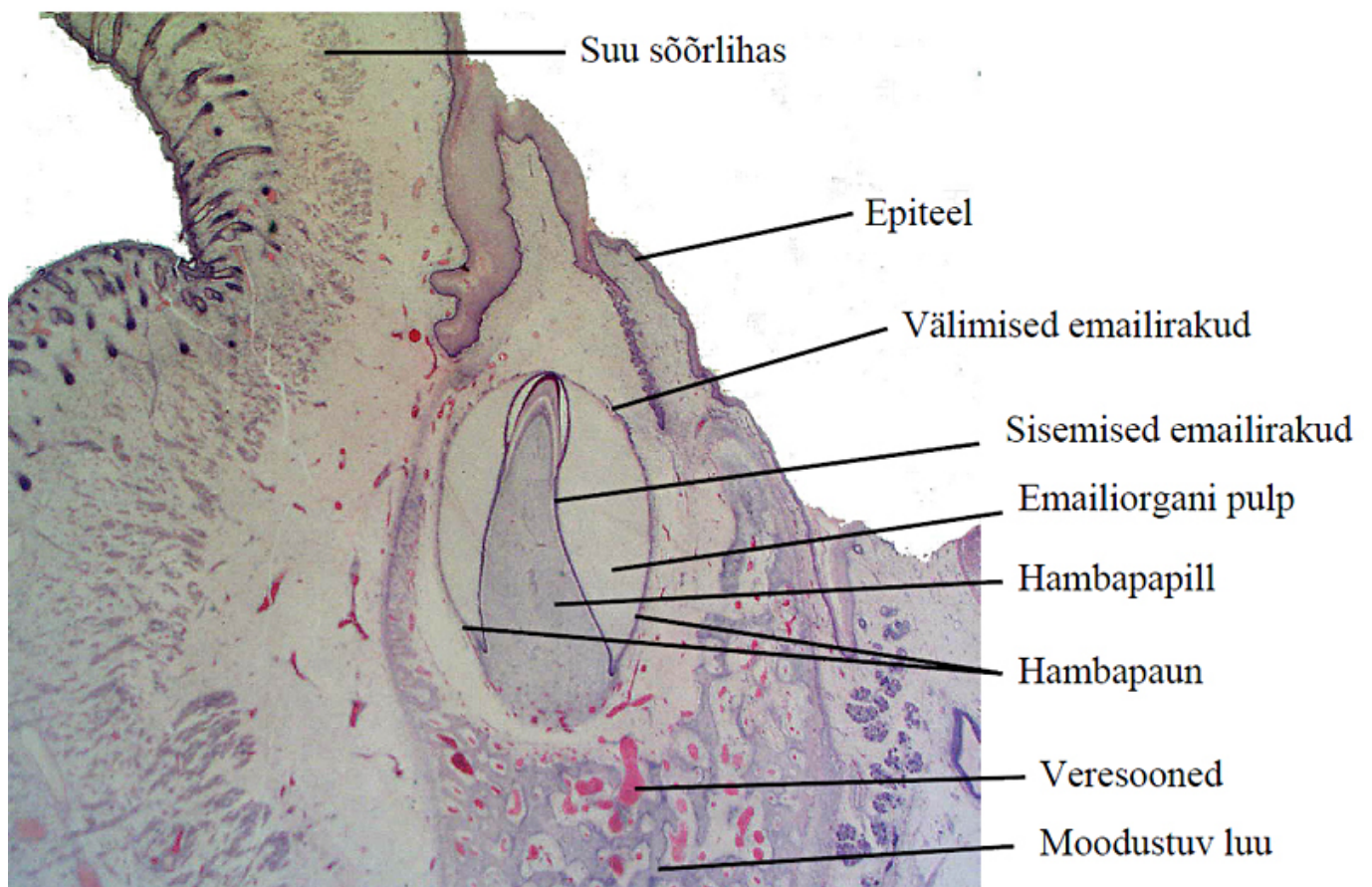
Hamba arenemine

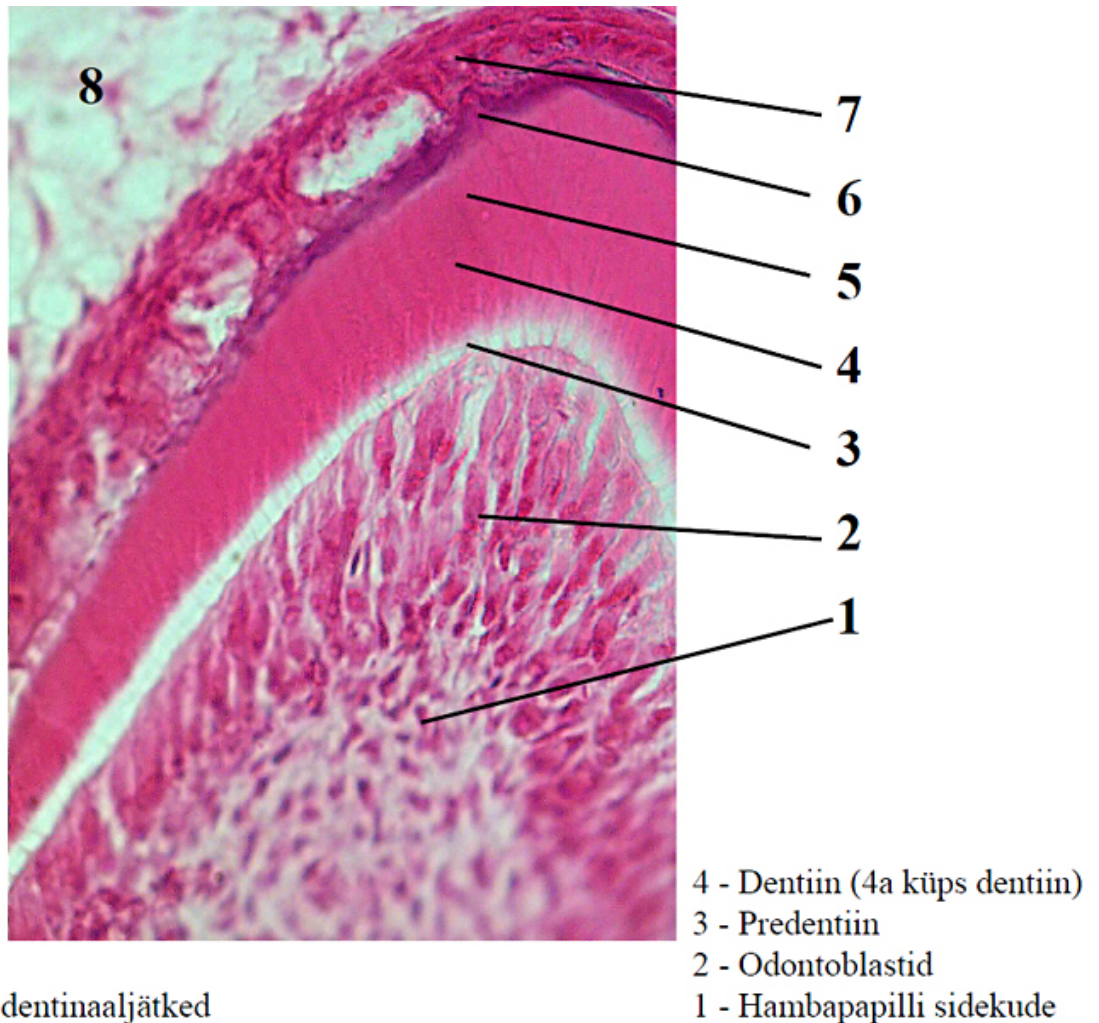
Hambaalge moodustab kellukesekujuline emailiorgan, mis ümbritseb sidekoelist hambapapilli. Emailiorganit ja hambapapilli ümbritseb hambapaun, kus paikneb hulgaliselt veresooni. Hambapapilli poolt ja küljelt ümbritseb hambaalget moodustav alveolaarluu. Emailiorgani sisepinda katab ühekihiline kõrgprismaline epiteel, mille moodustavad sisemised emailirakud. Emailiorgani servadel lähevad sisemised emailirakud üle lamedateks välimisteks emailirakkudeks. Sisemiste ja välimiste emailirakkude vahele jääb tähekujustest, omavahel seotud epiteelirakkudest ja sültjast aine moodustunud emailipulp. Dentiini moodustumine algab hambapapilli tipus, kus sidekoe rakud diferentseeruvad silindrilisteks, basofiilse tsütoplasmaga rakkudeks – odontoblastideks. Odontoblastid hakkavad moodustama raku ülemisele pinnale dentiini põhiainet, mis sisaldab kollageenseid fibrille ja nende vahel paiknevaid mukoproteiine. Dentiini läbivad radiaalsed dentiinituubulid (*tubuli dentinalis*), millistes paiknevad (Tomesi kiududena) odontoblastide jätked. Edaspidi imbub dentiin läbi lubisooladega. Odontoblastidega vahetult piirnev dentiin (predentiin) on lubjastumata, ta koosneb kollageensetest kiududest ja amorfsest põhiaine. Sisemised emailirakud diferentseeruvad hambapapilli tipu kohal kõrgprismalisteks enameloblastideks, millised moodustavad oma apikaalses osas emailiprismasid (iga enameloblast moodustab ühe prisma). Hambatsement moodustub dentiinist ja emailist hiljem. Hambajuure piirkonnas dentiini vastu asetsevad mesenhüümi rakud kujunevad tsementoblastideks, mis hakkavad dentiini välispinnale ladestama tsementi.

Hambajuure arenemine

Juure arenemist indutseerib ja tema kuju määrab epiteliaalne juuretupp – emailiorgani kahekihiline jätk. Juuretupe mõjul diferentseeruvad papilli mesenhüümirakud odontoblastideks. Dentiini vastu paiknevad mesenhüümirakud diferentseeruvad tsementoblastideks. Juurt ümbritsevast hambapaunast moodustub periodont.

Hamba arenemine Hematoksiilin - eosiin





8 - Emailipulp
 7 - Enameloblastid
 6 - Email
 5 - Odontoblastide dentinaaljätked

4 - Dentiin (4a küps dentiin)
 3 - Predentiin
 2 - Odontoblastid
 1 - Hambapapilli sidekude

Email (*enamelum*)

Emaili arenemine

Emaili arenemine algab peale dentiinikihi moodustumist, kui toimub enameloblastide aktiveerumine ja emailiorganisse kasvavad veresooned. Enameloblastides toimub rakuorganellide ümberpaigutumine ning sekretsiooniprotsessiga seotud raku organellid paigutuvad tulevase emaili poole. Rakkude tegevus aktiveerub, neisse hakab ladestuma Ca ja P.

Stadiumid:

- Orgaanilise emailiprisma moodustumine
- Küpse emaili teke seoses prismade mineraliseerumisega
- Enameloblastide elutsükkel
- Morfogeneetiline faas (määrab krooni kuju)
- Indutseeriv faas (tingib odontoblastide diferentseerumise)
- Formatiivne faas – emaili moodustumine
- Küpsemisfaas – mineraliseerumine
- Kaitsefaas – moodustab koos teiste emailiorgani osadega kutikuli

Hamba anatoomilist krooni katab email ja kõige paksem emaili kiht paikneb hammaste mälumispiinal. Email on organismi kõige tugevam kude, mistõttu on ta väga kulumiskindel. Email sisaldab ligikaudu 96-97% mineraalaineid. Mineraalainete põhiosa moodustavad kaltsiumfosfaadi kristallid (hüdroksüapatiit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) ja kaltsiumkarbonaat, ligikaudu 3-4% moodustavad orgaanilised ained ja vesi. Orgaanilised ained on enamuses eukeratiin ja lahustuvad valgud. Emaili vastupidavus sõltub allpool paiknevast dentiinist: dentiinist lähtuvad emaili radiaalajätked tagavad emaili troofika. Email on avaskulaarne kude ning tal praktiliselt puudub võime uueneda. Emaili paksus on 0,1 mm, hammaste mälumispiinadel 1,7 mm.

Emaili histoloogiline ehitus

Emaili moodustavad emailiprismad (*prisma enameli*) ja prismadevaheline aine. Enameloblastid hakkavad produtseerima emaili peale seda, kui odontoblastid on moodustanud esimese dentiini kihi. Enameloblastid on kujult kõrged, silindrilised rakud, nende arv on kuni 12 milj. Iga enameloblast moodustab ühe emailiprisma (diameetriga 3 - 6 µm), mis on emaili struktuuriühikuks. Emailiprismad on pikad, peenikesed moodustised, nende ristlõige on kujult heksagonaalne, ümmargune või ovaalne ja nad asuvad dentiini suhtes risti. Emailiprismad koosnevad peenest fibrillaarsest võrgust ja nad sisaldavad hüdroksüapatiitide mineraalkristalle. Emailiprisma on kujult S-tähe kujulised, nad põimuvad omavahel ja moodustavad emailikimpe. Emailiprismad on ümbritsetud prismamembraaniga (*membrana prismatica*). Prisma paiknevad keratiinifibrillid paralleelselt pikiteljega, prisma seinas on nende asend aga põikisuunas. Emaili tugevust kindlustavad emailiprismade S-kujuline paigutus ja jätkete olemasolu naaberprismade vahel. Interprismaatiline substanss võib olla lubjastunud (kleepaine) või lubjastumata (emailikimbud ja emaililamellid). Kleepaine paikneb prismade vahel, koosneb samadest komponentidest, millest koosnevad emailiprismad. Erinevuseks on struktuuride korrapäratum paigutus ja nõrgem lubjastumine. Erinevalt kleepainest osad prismadevahelise aine piirkonnad jäävad lubjastumata. Need piirkonnad koosnevad ainult orgaanilisest aineest ja kannavad nimetust emailikimbud ja emaililamellid. Valgusmikroskoobis on emailis nähtav vöödilisus. Emaili vahelduvvöödid (Hunter-Schregeri vöödid) on tingitud emailiprismade paigutusest erinevatel tasanditel. Emaili paralleelvöödid (Retziuse vöödid) on tekkinud hambas aga mineraalainete erinevast sisaldusest. Väljastpoolt on email kaetud 1 mkm paksuse primaarse emailikutiikuliga mis on tihedas sidemes interprismaatilise ainega ja on keemilise struktuuri poolest sellega identne. Kõige välimine – sekundaarne kutiikul on 2 – 10 µm paksune ning hävib mälumispindadelt. Hamba horisontaallihvis on nähtavad vähelubjastunud prismadest moodustuvad emailikimbud, mis ulatuvad dentiinist emaili pinna suunas kuni 1/3 emaili paksusest. Emailis puuduvad rakud, küll aga ulatuvad siia läbi dentiini kulgevad odontoblastide jätked. Emaili vastupidavus sõltub tema alla jäävast dentiinist: dentiinist lähtuvad emaili radiaaljätked tagavad emaili troofika. Emailil puudub võime regenereeruda. Email katab dentiini ainult hamba krooni osas, hamba juure piirkonnas katab dentiini tsement.

Emailikimp (*fasciculus enameli*) – vähelubjastunud piirkond dentiini-emaili piiril.

Emaililamellid – läbivad kogu emaili kihi, paiknevad rohkem hambakaela piirkonnas.

Väljastpoolt katab emaili õhuke emailikutiikul, milline hammaste mälumispinnal hävib suhteliselt kiiresti ja on nähtav ainult hammaste külgpindadel.

Hambaemail on soontevaba kude, mis ei sisalda ka närve. Erinevate toitainete kohaletoomine toimub füsioloogiliste protsesside nagu emaili vedeliku ringlus, läbilaskvus- ja lahustumisvõime põhjal. Emaili pindmine kiht saab toitaineid põhiliselt süljest, sisemise kihi varustamisest võtab osa dentiini vedelik.

Emailivedelik on koes jaotunud ebaühtlaselt ja kõige rohkem on teda emaili sügavates kihtides, eriti emaili – dentiini piiril. Emailivedeliku ringlus toimub põhiliselt emaililamellides. Email omab olulist läbilaskvusomadust, mis võimaldab vajalike ainete transporti. Toitained läbivad emaili kahes suunas: emaili ülemiselt pinnalt dentiini ja pulbi suunas ja dentiini pinnalt emaili ülemise pinna suhtes. Emaili läbivad ka suure molekulaarmassiga ained – vitamiinid, ferendid, aminohapped, süsivesikud. Ainevahetusprotsessid emailis kulgevad aeglaselt.

Dentiin (*dentinum*)

Hamba põhimass koosneb dentiinist, milline kujutab endast omanäolist luukude, mis sarnaneb omaduste poolest põimikluuga. Hambaluukude ehk dentiin erineb tavalisest luukoest, sest odontoblastid paiknevad ühtlase kihina hambaluu ja säsi piiril. Selletõttu ei parane hambakahjustused nii, nagu muud luuvigastused. Dentiin koosneb 30% veest ja orgaanilistest ainetest, mille moodustab põhiliselt kollageen I. Mitteorgaanilised ained moodustavad 70% dentiinist, nendeks on põhiliselt kaltsiumi soolad, hüdroksüapatiidi kristallid. Dentiini moodustumine odontoblastide poolt algab varsti peale odontoblastide küpsemist. Alguses eraldab odontoblastid enameloblastidest viimaste basaalmembraan, kuid odontoblastide küpsedes basaalmembraan kaob.

Dentiini histoloogiline ehitus

Dentiin koosneb põhjainest, mille läbivad dentiinikanalikased (*tubuli dentinalis*). Dentiin on rakuvaba (sisaldab ainult odontoblastide jätked dentiinikanalikestes) ning avaskulaarne kude. Dentiini põhiaine sisaldab kollageenifibrille ja

mukoproteiine, mis paiknevad fibrillide vahel. Kollageensed fibrillid on odontoplastide vahel koondunud kimpudeks ja kulgevad põhiliselt kahes – radiaal- ja pikisuunas. Välimises kihis on valdavalt radiaalkiud, sisemises kihis paiknevad enamuses pikikiud. Odontoplastide vahele tekkivaid jämedaid, radiaalselt paiknevaid kollageensete kiudude kimpe nimetatakse Korffi kiududeks (radiaalkiud). Dentiini sisemistes kihtides tangentsiaalselt paiknevad kollageensed kiud kannavad Ebneri kiudude nimetust. Mineraalained on dentiinis seotud sarnaselt luukoe kiududega – seespool paiknevad kollageensetel kiududel kristallid, väljaspool – gloobulitena, vastavalt globulaarne ja interglobulaarne dentiin. Hambajuure osas moodustab interglobulaarne dentiin granulooskihi.

Dentiinikanalikestes paiknevad odontoplastide jätked ja koevedelik. Dentiinikanalikeste diameeter on ligikaudu 2,5 µm, nad paiknevad 4 – 7 µm vahedega ning suunaga emaili poole. Kanalikeste arv ja nende paigutus on eri piirkondades erinevad. Hambapulbi läheduses on kanalikeste arv 75000 1 mm² kohta ja neil on suurem diameeter. Hambapulbist kaugemal on kanalikeste arv 1 mm² kohta 25 – 30000 ja nad on väiksema läbimõõduga. Dentiinikanalikeste sein koosneb argürofiilsetest kiududest ja elektroniühendast membraanist, viimase paksus ei ületa 35 nm. Dentiinikanalikesed koos harudega moodustavad toitainete ja vedelikuga varustamise süsteemi. Kanalikesed on külgharude kaudu seotud sõltuvalt piirkonnast emaili või tsemendiga kontaktpindadel (emailikääv). Dentiini kiuline materjal koosneb seespoolt retikuliinist, väljastpoolt kollageenist.

Vanematel inimestel odontoplastide jätked degenerereeruvad, sulgevad kanalikesed – tekib skleroseerunud dentiin. Dentiini soomusjooned näitavad odontoplastide talitluse perioodilisust. Dentiini kasvujoon – eriti nõrgalt lubjastunud dentiini piirkond. Sekundaarne dentiin moodustub reaktsioonina hamba kahjustusele.

Pre dentiin (*predentinum*)

Pre dentiiniks nimetatakse lubjastumata dentiini, milline paikneb jutina dentiini ja odontoplastide vahel. Pre dentiin moodustub kollageensetest kiududest ja amorfsest põhjainest. Dentiinikanalikesed ja kollageensed kiud pre dentiinist kulgevad dentiini suunas. Dentiin moodustab hulgaliselt ümara kujuga lubjastunud piirkondi, millised paiknevad pre dentiini poolses osas ja selletõttu piir dentiini ja pre dentiini vahel on lainelise kujuga. Dentiini moodustumine toimub pidevalt, pre dentiin pidevalt mineraliseerub ja muutub dentiiniks.

Tsement (*cementum*)

Tsement katab hambajuurt ja hambakaela ja tsemendi kihi paksus suureneb hambajuure tipu suunas. Tsement sisaldab ligikaudu 45-50% orgaanilisi ja 50-55% mitteorgaanilisi aineid, millest enamuse moodustavad kaltsiumfosfaat ja -karbonaat. Ehituselt meenutab tsement hambakudedest kõige enam luukudet, kuid mitte omaduste poolest – tsement ei resorbeeru, ei muutu tema sisestruktuur, lisaks puuduvad tsemendis veresooneid. Eristatakse kahte tüüpi tsementi – rakuline ja rakuvaba vorm.

Rakuvaba ehk primaarne tsement (*cementum noncellulare*) paikneb vastu dentiini kogu hambajuure ulatuses, koosneb kollageensetest kiududest ja mineraliseerunud amorfsest ainest. Kollageensed kiud kulgevad radiaal - (Sharpey kiud) ja pikisuunas.

Rakuline ehk sekundaarne tsement (*cementum cellulare*) paikneb hambajuure tipu piirkonnas, katab juure tipul atsellulaarset tsementi. Sekundaarse tsemendi moodustavad rakud – lakuunides paiknevad tsementotsüüdid ja rakudevaheline aine. Tsementotsüüdid on haralised jätketega rakud, nende jätked kulgevad enamasti pinna suunas. Rakudevaheline aine koosneb kollageensetest kiududest ja mineraliseerunud amorfsest ainest. Veresooneid puuduvad. Tsemendi toitumine toimub difusiooni teel periodonti veresoonte kaudu. Inimese elu jooksul toimub hambas pidevalt uue tsemendi moodustumine ning tsement omab minimaalset regeneratsiooni võimet. Tsemendi moodustumise katkemisel algab eakatel inimestel koe lammutumine.

Hambapulp (*pulpa dentis*)

Hambapulp paikneb hambaõõnes ja juurekanalites. Hambapulbi moodustab kohev kiudsidekude, milles eristatakse kolme kihti: 1 – perifeerne kiht; 2 – vahekiht; 3 – tsentraalkiht.

Perifeerse kihi moodustab mitu rida pirnikujuliste kehade ja hulgaliste jätketega rakke – dentinoplaste. Rakud on ligikaudu 30 µm pikad ja 6 µm laiad. Dentinoplastide tuumad paiknevad raku basaalses piirkonnas. Raku apikaalsest küljest väljub pikk jätke, milline suubub dentiinikanalikesse. Jätked, mida nimetatakse Tomesi kiududeks, läbivad dentiini ja on teedeks, mida mööda varustatakse mineraalainetega dentiini ja emaili. Odontoplastide külgmised jätked on lühikesed.

Vahekihis paiknevad ebaküpsed kollageensed kiud ja väiksed, paljude jätketega rakud, mis moodustavad võrgutaolise struktuuri. Selle kihi rakud on võimelised diferentseeruma ja asendama dentinoblaste nende hävimise korral. Rakkudes on hästi arenenud Golgi kompleks, ribosoomid, rakud on võimelised sünteesima vajadusel kollageeni ja amorfse aine glükoosaminoglükaane.

Tsentraalkihis paiknevad rakud (makrofaagid, fibroblastid, adventitsiaalrakud), kiud, amorfne põhiaine ja veresooneid. Selles piirkonnas paiknevad rakkude vahel peenikesed kollageensed ja argürofiilsed kiud.

Hambapulbi koostis näitab, et ta täidab dentiini moodustavat, troofilist, kaitsefunktsiooni ning tagab tundlikkuse. Hambapulbis paiknevad närvilõpmed ning pulbi verevarustus on rikkalik. Hambajuure apikaalse ava kaudu suubuvad hambapulpi arter, närvid ja sealt väljub 1 – 2 veeni. Arter saadab oma harud kõikidesse hambapulpi kihtidesse, moodustades neis laialdase võrgustiku. Pulbi veresooneid, eriti veenid, on väga õhukeste seinte ja laia valendikuga.

Periodont (*periodontium*)

Hambad kinnituvad hambaalveooli tiheda sidekoega – periodondiga, mis moodustab hambakaela piirkonnas tsirkulaarse hambasideme. Hambasideme kollageensed kiud kulgevad põhiliselt radiaalses suunas. Ühest küljest suubuvad kollageensed kiud hambajuure tsementi, teiselt poolt alveolaarluusse. Periodont täidab mitte ainult mehaanilist, vaid ka troofilist funktsiooni, temas kulgevad veresooneid, mis toidavad hambajuurt.

Seedetrakti õõnesorganite üldehitus

Seedetrakt (*canalis digestorius*) söögitorust kuni pärasooleni on seest õõnes torujas kanal, mille sein koosneb kolmest kestast:

1. Limaskest - *Tunica mucosa*
2. Lihaskest - *Tunica muscularis*
3. Serooskest - *Tunica serosa* või adventitsiaalkest *Tunica adventitia*

Limaskest *Tunica mucosa*

Limaskest vooderdab seestpoolt kõiki seedesüsteemi torujaid organeid ning kesta moodustavad neli erinevat kihti: katteepiteel, limaskesta päriskiit e proopria (*lamina propria mucosae*), limaskesta lihaskiht (*lamina muscularis mucosae*) ja submukoosa (*tela submucosa*). Seedekanali algus- ja lõpposad on seestpoolt kaetud mitmekihilise lameepiteeliga, keskosa katab ühekihiline prismaatiline epiteel. Näärmed paiknevad prooprias endo-(soolestik) või eksoepiteeliaalselt (söögitoru), submukoosas (söögitoru, kaksteistsõrmiksool). Limaskesta päriskihti eraldab epiteelist basaalne membraan. Limaskesta päriskihi moodustab kiudsidekude, selles kihis paiknevad veel difuusne lümfoidkude, lümfisõlmekesed, vere- ja lümfisooned. Limaskesta lihaskiht koosneb mõnest silelihasrakkude poolt moodustatud kihist. Limaskesta epiteeliga kaetud pinnareljeef on kogu seedetoru ulatuses erinev ja võib olla sile (põsed), võib moodustada foveole (magu), krüpte (sooled), volte, epiteelirakkude apikaalsel pinnal võivad olla mikrohatud (peensool). Submukooskihi moodustab kiudsidekude, mis osaleb limaskesta pikikurdude moodustumisel. Mõnedes osades (söögitoru, kaksteistsõrmiksool) paiknevad submukoosas näärmed. Submukooskiht sisaldab veresooni, lümfisooni, lümfoidkoe koondiseid.

Lihaskest (*tunica muscularis*)

Lihaskesta moodustavad reeglina kaks kihti - sisemine tsirkulaarkiit (*stratum circularis*) ja välimine longitudinaalkiit (*stratum longitudinale*). Seedekanali algus- ja lõpposades on lihaskest moodustunud peamiselt vöötlihaskoest, keskosas aga silelihaskoest. Lihaskesta kahe kihi vahel paikneb õhuke sidekoeline intermuskulaarkiit, kus paiknevad veresooned, lümfisooned, närvikiududest ja ganglionirakkudest moodustunud intermuskulaarne närvipõimik (*plexus nervosum intermuscularis*).

Serooskest - *tunica serosa* või adventitsiaalkest *tunica adventitia*

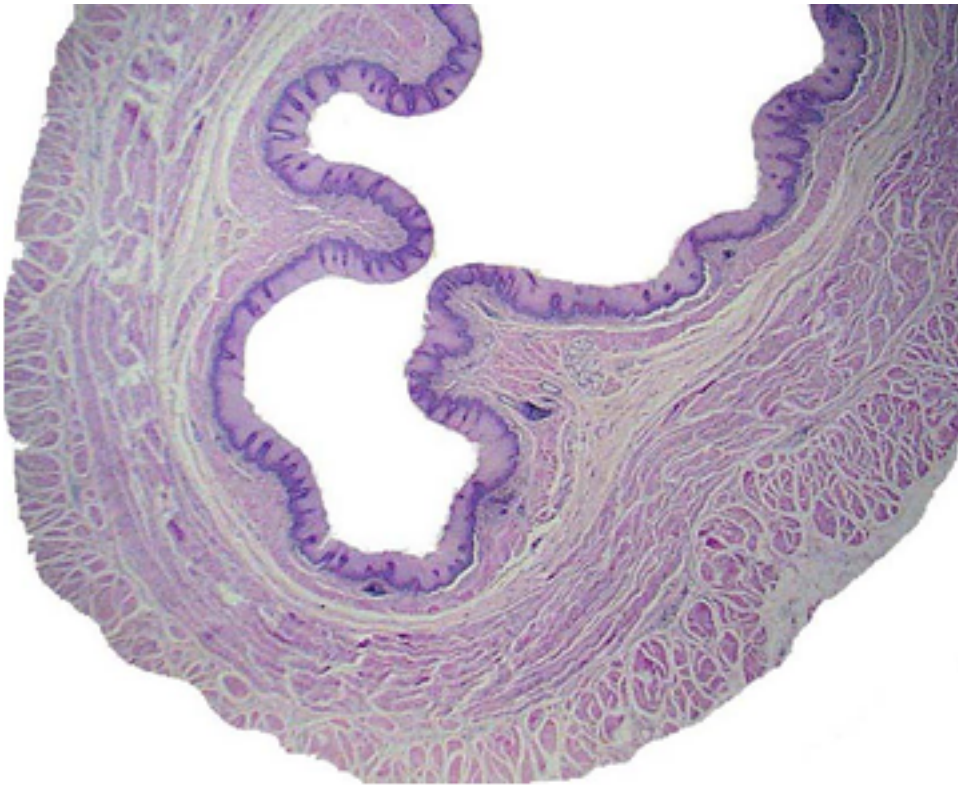
Kõhuõõnes asetsev seedetrakti osa on kaetud serooskestaga, mis koosneb veresooni ja närve sisaldavast sidekoest ja teda katvast ühekihilisest lameepiteelist - mesoteelist. Kõhuõõnest väljaspool paiknevad organid on kaetud adventitsiaalkestaga, mille moodustab kohev sidekude, kus paiknevad ka veresooned ja närvid. Välimine kest seob omavahel organeid ning säilitab nende asendi inimorganismis.

Söögitoru

Söögitoru on ca 25 cm pikk kanal, mida vooderdab paks mitmekihiline sarvestumata lameepiteel, selle all paiknev proopria sisaldab difuusset lümfoidkudet ja lümfisõlmekesi.

Limaskesta lihaskiht on õhuke, submukoosa moodustab rida pikisuunalisi kurde. Söögitoru pärisnäärmed on mukoossed tubuloalveolaarsed näärmed ja nende juhad avanevad limaskesta pinnale.

Lihaskesta moodustavad sisemine tsirkulaarne ja välimine longitudinaalne kihid. Välimise adventitsiaalkesta moodustab kohev sidekude.



Söögitoru. Värving: H&E

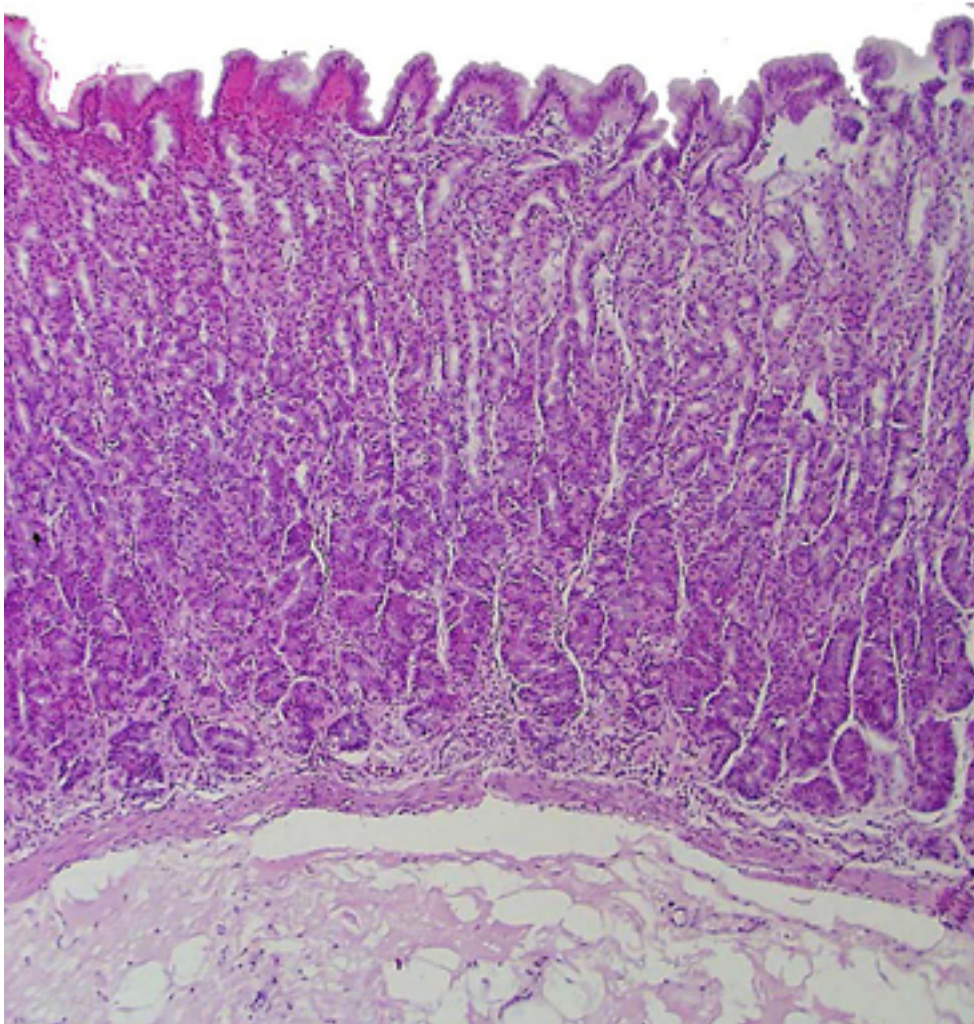
Mao limaskesta ehitus

Limaskest moodustab kumeraid välju (*areae gastricae*) tingituna maonäärmete grupiviisilisest paigutumisest. Katteepiteeliks olev ühekihiline prismaatiline epiteel vooderdab ka maoväljadesse hulgaliselt avanevaid maolohukeksi (*foveolae gastricae*). Maolohukestesse avanevad omakorda prooprias paiknevad maonäärmed - kardia-, päris- ja püloorusenäärmed.

Pärisnäärmed paiknevad mao funduse ja korpuse piirkonnas.

Mao limaskesta rakud

Pearakud toodavad seedeensüümi – pepsiini. Rakkudel on suur basaalne tuum ja tsütoplasma sisaldab eosinofiilseid graanuleid. Graanulid sisaldavad inaktiivset ensüümi prekursorit, pepsinogeeni (tänu maohappele muutub pepsinogeen mao valendikus aktiivseks proteolüütiliseks ensüümiks - pepsiiniks). Soolhapet tootvad rakud, **parietaalrakud**, on suured ning püramiidse kujuga. Nende tuum paikneb tsentraalselt ja tsütoplasma värvub eosinofiilselt. Parietaalrakkudel on tohutu välispind tingituna sügavatest mikrohattudega kaetud tsütoplasma sissesopistustest – kanaliikulitest.



Mao funduse limaskest. Värving: H&E

Peensool

Peensool järgneb maolukutile ja lõpeb üleminekuga jämesoolde paremas niudeaugus.

Jaguneb kolmeks osaks - kaksteistsõrmiksooleks e **duodeenumiks** (*duodenum*), **tühisooleks** (*jejunum*) ja **niudesooleks** (*ileum*).

Olles peamiseks imendumisalaks on peensoolel selleks vastav pinnaehitus, mis suurendab limaskesta pindala

- tsirkulaarkurrud
- hatud ja soolekrüptid

Peensoole epiteeli rakuliigid

Äärisrakud on kõige arvukamad hattudel ja nad funktsioneerivad absorbeerivate rakkudena.

Valendikupoolne pind on kaetud 2-3000 tihedalt üksteise kõrval asetsevate pikkade mikrohattudega, mida katab glükokaalüks. Viimane sisaldab ensüüme (laktaas, lipaas jt.).

Karikrakud paiknevad peamiselt krüptide ülaosas, raku ülemine osa sisaldab limatilka.

Panethi rakud paiknevad põhiliselt krüptide põhjaosas.

Endokriinrakke leidub põhiliselt krüptide alumises kolmandikus, kuid neid esineb ka hattudel.

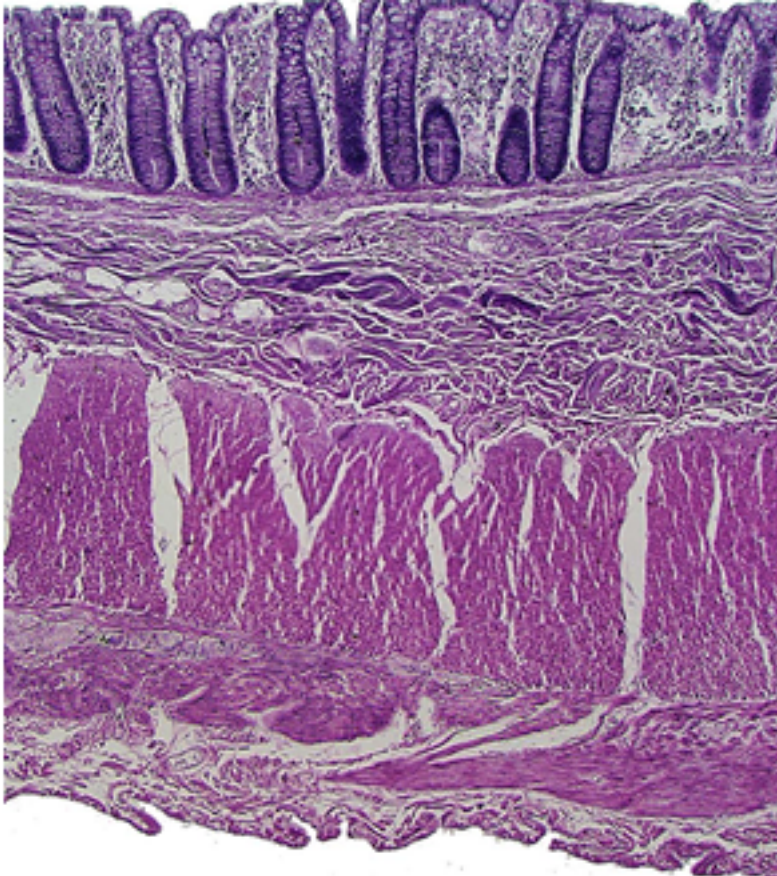
Ääriseta vähediferentseerunud rakud paiknevad krüptide alumises kolmandikus.

Peensoole regionaalsed erinevused

- Duodenum
 - submukoosas paiknevad duodenaalnäärmed (Brunneri näärmed), mõned aatsinused võivad ulatuda ka proopriasse
 - siia suubub sekreet seedetrakti seinavälistelt näärmetelt (maks, pankreas)
- Jejunum
 - põhiline imendumispiirkond, kõige tugevamalt väljakujunenud limaskest kurrud ja hatud
- Ileum
 - enim arenenud GALT
 - lümfoidekoe agregaadid, mis ulatuvad proopriast submukoosasse

Jämesool

Jämesoole pind on sile - hatud puuduvad. Proopria sisaldab sirgeid tubulaarseid krüpte e näärmeid, mis ulatuvad limaskestast lihaskihini. Epiteeli rakkudeks on karikrakud, äärisrakud, ääriseta rakud ja endokriinrakud. Lihaskest koosneb sisemisest tsirkulaarsest ja välimisest pikihihist. Viimane ei ole pidev, vaid moodustab kolm paela (*taenia coli*).

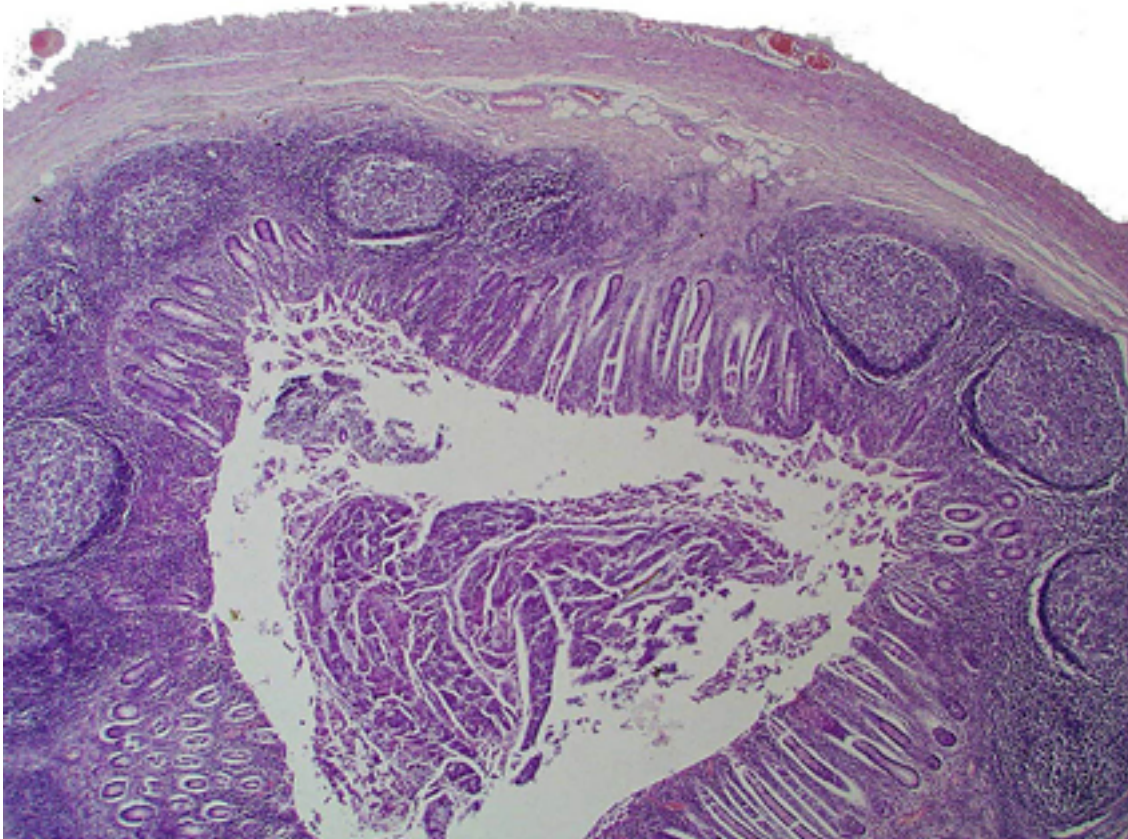


Jämesool. Värving: H&E

Ussripik

Ussripik on umbsoolest väljuv ca 8 cm ja 0,8 cm läbimõõduga sopistus ja on sama põhimõttelise ehitusega kui ülejäänud jämesool. Limaskest sisaldab väga rikkalikult lümfoidkudet, limaskesta lihaskiht praktiliselt puudub.

Limaskest sisaldab tubulaarseid krüpte, mis koosnevad äärisrakkudest, karikrakkudest ja üksikutest endokrinotsüütidest. Väljastpoolt katab ussripikut sidekoeline serooskest.

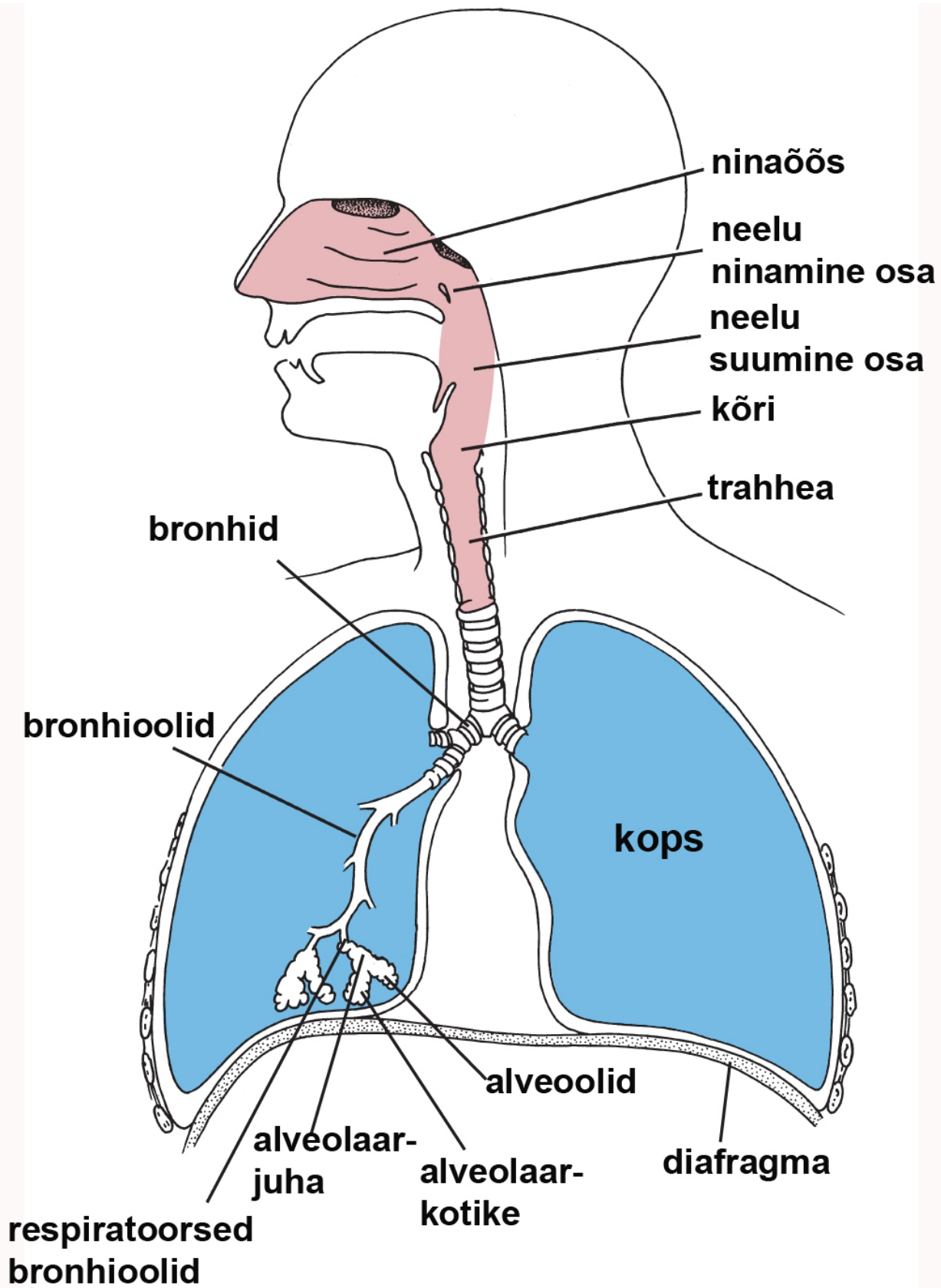


Ussripik. Värving: H&E

Hingamisorganid

Hingamisorganiteks on hingamisteed ja kopsudesse koondunud respiratoorne kude. Ninaõõnest, neelust, kõrist, trahheast ja bronhidest moodustunud hingamisteed on sisse- ja väljahingatava õhu juhtijateks, kopsualveoolid aga kohaks, kus toimub gaasivahetus õhu ja vere vahel. Mainitud ülesannate täitmiseks on kohastunud ka hingamisorganite ehitus.

Kuivõrd hingamisteed alates trahheast hargnevad puuvõrataliselt järjest peenemateks harudeks (tavaliselt dihhotoomiline jagunemine, s.o. jagunemine kaheks), siis nimetatakse hingamisaparaadi neid osasid ka bronhiaal- ja alveolaarpuuks (*arbor bronchialis et alveolaris*).



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. Histology: a text and atlas; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Funktsioonist

Hingamisteid (bronhiaalpuud) võib võrrelda keeruka liitnäärme viimasüsteemiga, kus antud juhul toimub õhu transport kopsudesse ja sealt välisõhku. Selle peamise funktsiooni kõrval toimub hingamisteedes õhu soojenemine, tema puhastumine võõrosakestest, sealhulgas vähemalt osaliselt mikroobidest. Hingamisteede limaskesta pinnale avanevate näärmete nõre moodustab kaitsva sekreedikihi, mis aitab ka väikesi võõrkehi püüda ja mille abil toimub ka õhu niiskumine hingamisteedes. Alveoolide süsteemi (alveolaarpuud) võib võrrelda liitnäärme lõpposaga, mis täidab spetsiifilist funktsiooni - antud juhul gaasivahetust vere ja õhu vahel, mille käigus erütrotsüüdid rikastuvad hapnikuga ja antakse ära süsihappegaas.

Hingamisorganite areng

Ninaõõs moodustub primaarse suuõõne jaotumisega suulajätkega ninaõõneks ja sekundaarseks suuõõneks. Hingamisorganid arenevad koos mao-sooletraktiga, seetõttu neid süsteeme nimetatakse sageli koos gastropulmonaalsüsteemiks. Lootelise keresoole eesosast arenevad söögitoru, kõri, trahhea ja kopsud.

3. embrüonaalelu nädalal eessoole ventraalse osa seinast moodustub paaritu kotjas alge, mille ülemisest osast areneb kõri ja trahhea. Oma alumises osas alge jaotub kaheks - parema ja vasema kopsu algeks.

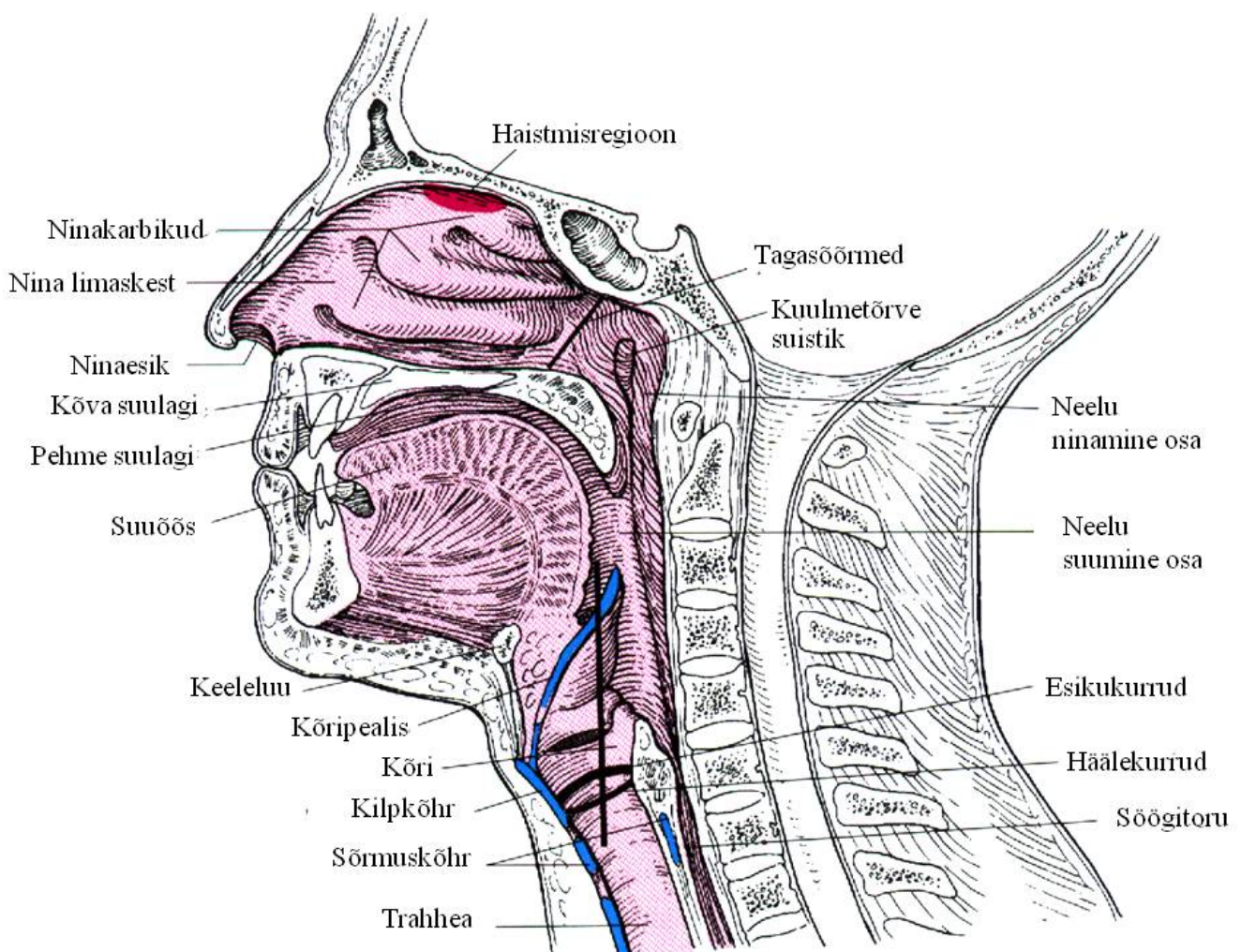
4.-6. embrüonaalkuuni kopsu algetes diferentseeruvad bronhid ja bronhiolid.

Kuuendal embrüonaalkuul moodustuvad alveolaarkäigud ja alveoolid. Mesenhüümist, mis ümbritseb arenevaid bronhiaal- ja alveolaarpuu osasid diferentseerub silelihaskude, kõhrkude ja alveoolide sidekude koos elastsete ning kollageensete kiududega ja ühtlasi ka kopsude sidekoelised septid. Arenevad alveoolid on embrüonaalperioodi lõpuni suhteliselt paksuseinalised moodustised kokkulangenud valendikuga. Alveoolide epiteel on kuubiline, isegi kuni silindriline. Samal ajal mesenhüümis areneb veresoonte võrgustik ja kopsudesse kasvavad närvid. Splanhnotoomi vistseraalsest ja parietaalsest lestmest arenevad vastavalt pleura vistseraalne ja parietaalne leste.

Sünnimomendil sissehingamisel vastsündinu alveoolid laienevad, nende valendik tundub avardub ja alveoolide sein õheneb - nad muutuvad väga õhukeseseinalisteks struktuurideks, mis soodustab gaasivahetust vere ja alveolaarõhu vahel.

Ninaõõs (*Cavitas nasi (cavum nasi)*)

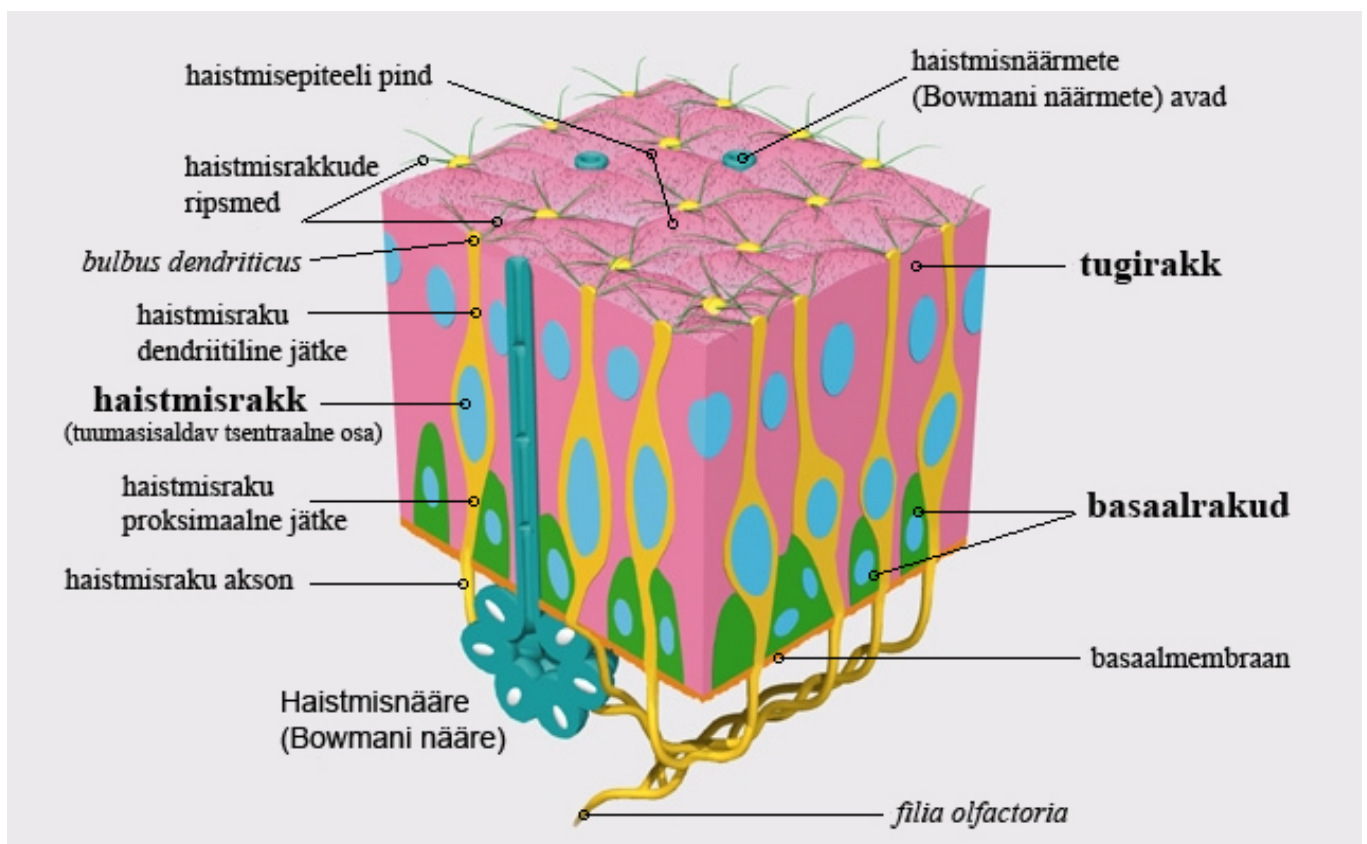
Ninaõõs koosneb ninaõõne esikust (*vestibulum nasi*) ja ninaõõnest kitsamas mõttes, mis jaotub omakorda hingamisregiooniks (*regio respiratoria*) ja haistmisregiooniks (*regio olfactoria*). Ninaõõs on jagatud vaheseina (*septum nasi*) varal kaheks pooleks. Ninaõõnte seinte toese moodustab seal paiknev luu- ja kõhrkude ning vähemal määral ka tihe sidekude. Selline toes väldib ninaõõne kokkulangemise sissehingamisel. Ninaõõne (-õõnte) välisseinas asuvad kolm ninakarbikut (*conchae nasales*), millised suurendavad limaskesta pinda. Välisnahk läheb ninasõõrmete kaudu üle ninaõõne esiku kutaaneks limaskestaks. Ninaõõne esiku tagumises osas muutub sarvestunud lameepiteel kõrgemaks sarvestumata lameepiteeliks. Ringmik jämedaid karvu (*vibrissae*) on suunatud ninasõõrmete poole ja hoolitsevad suuremate võõrkehade eemaldamise eest sissehingatavast õhust. Nende karvade folliikulid paiknevad limaskesta sügavuses ja on seotud apokriinsete higinäärmetega (*gll. vestibulares nasi*). Sarvestumata lameepiteel läheb hingamisregiooni piiriril üle hingamisteedele iseloomulikuks mitmerealiseks ripsepiteeliks. Respiratoorse regiooni piir vastab umbkaudu ninakõhre piirile. Ninaõõne esiku tagumine osa on ilma karvade ja nahanäärmeteta.



Hingamisregiooni epiteeliks on mitmerealine ripsepiteel, mida lähemalt kirjeldatakse seoses trahheaga. Limaskesta sidekoelises prooprias on rohkesti elastseid kiude ja veresooni, eriti lai veene, mis võivad anda nina limaskesta kiire turse. Limaskesta prooprias on rohkesti seganäärmeid (peamiselt mukoosideid) - *gll. nasales*, mis koos karikrakkudega niisutavad limaskesta pinda. Limaskesta sidekoes paiknevad ka üksiklümfi-folliikulid. Submukoosa praktiliselt puudub ja proopia on liikumatult kokkukasvanud ümbritsevate struktuuride periostiga (või perikondriga).

Haistmisregioon paikneb ülemisel ninakarbikul ja vastasoleval ninavaheseina osal. See piirkond eristub ülejäänud limaskestast (hingamisregioonist) kollaka värvuse poolest tingitud pigmendi sisaldusest epiteelis ja näärmetes. Haistmispiteel on samuti mitmerealine epiteel, mis sisaldab tugirakkude, harjasrakkude ja basaalrakkude kõrval

erilisi meelerakke - haistmisrakke, millised reageerivad haistmisärritustele. Haistmisrakud on olemuselt bipolaarsed neuronid, millede apikaalsed dendriitilised jätked laienevad epiteeli kohal põisjalt (*bulbus dendriticus*). Viimasest omakorda lähtuvad radiaalselt (samas paralleelselt epiteeli pinnaga) kümnekond või enam ripset, mis on kuni 200 µm pikad. Ripsmete rakumembraan sisaldab lõhnaineid siduvaid valke, mis talitlevad haistmisretseptorina. Haistmisraku basaalselt poolelt lähtub akson, mis epiteelist väljudes siseneb sidekoesse, kus liitub teiste haistmisrakkude aksonitega moodustades haistmisnärv (*nervus olfactorius*). Haistmisrakkude elutsükkel on umbes üks kuu; kahjustusjärgselt uuenevad nad kiiresti. Haistmisepiteeli kõige arvukamaks rakurühmaks on tugirakud. Nende kõrgete prismaatiliste rakkude tuumad paigutuvad epiteelis kõige kõrgema reana. Tugirakkude apikaalsel pinnal paiknevad arvukad mikrohatud. Haistmisepiteel sisaldab vähesel hulgal harjasrakke (esinevad ka mujal hingamisteede ripsepiteelis), millede apikaalsel pinnal esinevad arvukad tõmbid mikrohatud. Harjasrakkude basaalosas on sünaptilised kontaktid kolmiknärv kiududega ja neid rakke peetakse haistmisorgani mittespetsiifilisteks retseptorrakkudeks. Basaalarakud on väikesed ümarad rakud, mis paiknevad vahetult basaalmembraanil. Nende rakkude tuumad moodustavad epiteeli kõige alumise rea haistmisrakkude tuumade all. Basaalarakud on kambiaalsed rakud haistmis- ja tugirakkudele. Haistmisregiooni limaskest sisaldab ka tubuloalveolaarsed seroossed haistmisnäärmeid (*glandula olfactoria*), mis viimajuhade abil suunavad valguriikka sekreedi epiteeli pinnale. Näärmerakud sisaldavad rohkelt lipofustsiini, mis koos lipofustsiinisaldistega haistmisepiteeli tugirakkudes tagab haistmisregioonile iseloomuliku kollakaspruuni värvuse.



Ninakõrvalurgete e paranasalsiinuste (*sinus paranasales*) nimetused on vastavalt luudele, kus nad paiknevad - otsmikuurgete, kiiluluu-urgete, sõelluu rakud, ülalõuaurgete. Siinused on ühenduses ninaõõnega ja limaskest on ninaõõne hingamisregioonile analoogilise ehitusega, kuid on õhem ja kaetud kaherealise ripsepiteeliga. Seganäärmeid on õhemas prooprias märgatavalt vähem, samuti epiteelis karikrakke. Veenipõimikud puuduvad.

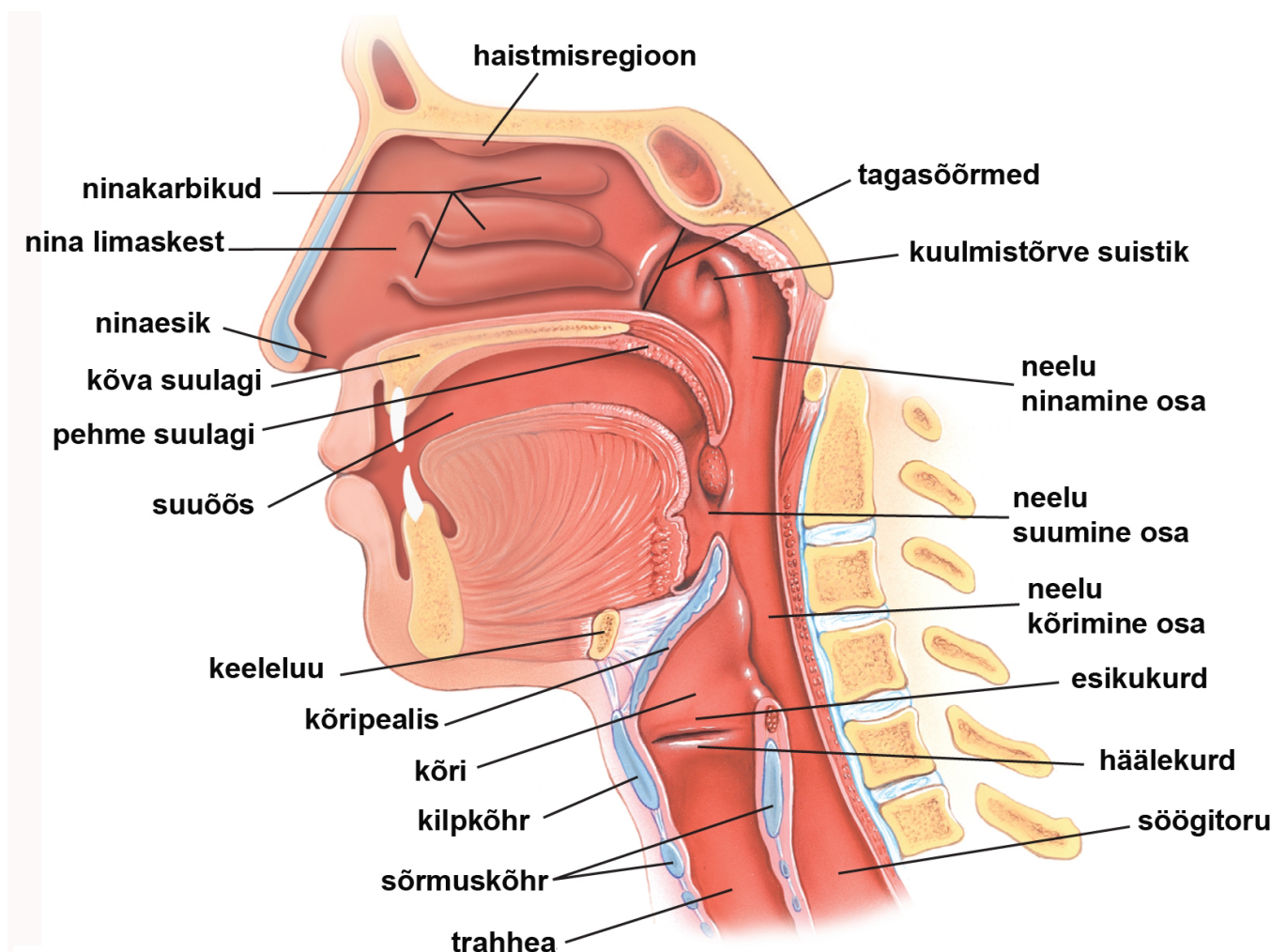
Ninaõõs on rikkaliku verevarustusega. Veresooned (arterid, arteriolid, veenid, kusjuures viimased moodustavad põimikuid ja on sageli laia valendikuga) paiknevad proopria ülemistes kihtides, mis omakorda soodustab õhu soojenemist ninaõõnes. Ninaõõne limaskestas on ka rohkesti närvilõpmeid (mehhano-, termo-, vasomotoorsed jt).

retseptorid).

Neel (*Pharynx*)

Õhk satub ninasõõrmete (koanide) kaudu neelu ülemisse ossa - ninaneelu (*pars nasalis pharyngis; epipharynx*). Neelu keskmises osas (*pars oralis pharyngis; mesopharynx*) toimub õhu- ja söögiteede ristumine ning alumises osas (*pars laryngea pharyngis; hypopharynx*) läheb neel üle kõriks.

Neelu sein koosneb kolmest kestast (limas-, lihas- ja adventitsiaalkestast). Epifaarünksi limaskest on kaetud nagu mujalgi hingamisteedes mitmerealise ripsepiteeliga, meso- ja hüpofaarünksis jätkub suuõõnele omane sarvestumata mitmekihiline lameepiteel. Neelu limaskesta sidekoes paiknevad suured tonsillid (*tonsillae tubariae et pharyngeae*) ja enamasti külgmises osas ka lümfifolliikulid. Neelu näärmed (*gll. pharyngeae*) on seganäärmed (peamiselt mukoossed). Limaskesta lihaskiht siin puudub (algab alates söögitorust). Neelu lihaskest on vöötilihaskoest ja koosneb sisemisest tsirkulaarsest ja välimisest longitudinaalsest kihist. Adventitsiaalkest on kohevasidekoeline, ülemises osas seostub ta limaskesta sidekoega jämedakiuliseks *fascia pharyngobasalis*'eks ning on selle abil kolju põhimikule kinnitatud.



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. *Histology: a text and atlas*; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Kõri (*Larynx*)

Kõri on hingamisteede osa, mis ei osale ainult õhu transpordis, vaid on ka kõige olulisem organ artikuleeritud kõne kujundamisel. Kõri võimaldab eraldada alumisi hingamisteid ülemistest (tema lihased on peaaegu kõik sulgurlihased), võimaldab rõhu tõusu keres, mis on vajalik kõhimisel ja punnestamisel.

Kõri koosneb kolmest kestast: limas-, kondrofibroos- (e. fibrokartilagiin-) ja adventitsiaalkestast.

Kõri limaskest on kaetud (v.a. eba- ja tõelised häälekurrud) mitmerealise ripsepiteeliga, mis paikneb paksul basaalmembraanil. Kohevasidekoelises prooprias on rohkesti ilma kindla orientatsioonita elastseid kiude. Proopria eesmises osas paiknevad seromukoossed seganäärmed, neid on eriti rohkesti kõripealise kõhre jalamil. Siin piknevad ka lümfifolliikulite kogumid, mida sageli nimetatakse kõri tonsilliks (*tonsilla laryngea*).

Kõri keskosas paiknevad limaskesta kurrud - tõelised ja ebahäälekurrud. Kuivõrd limaskesta mehaaniline vastupidavus peab siin olema suurem, siis on mõlemad häälekurrud kaetud sarvestumata mitmekihilise lameepiteeliga. Limaskesta sidekoos, kõrgemal ja madalamal tõelistest häälekurdudest, paiknevad seromukoossed seganäärmed. Kõri lihaste abil, millised paiknevad häälekurdude sügavuses, muutub kurdudevahelise pilu laius. Sellega muutub ka heli kõrgus, mis tekib õhu läbiminekul kõrist. Skeletilihaskoest kõri lihased leiavad lähemat käsitlemist anatoomia kursuses.

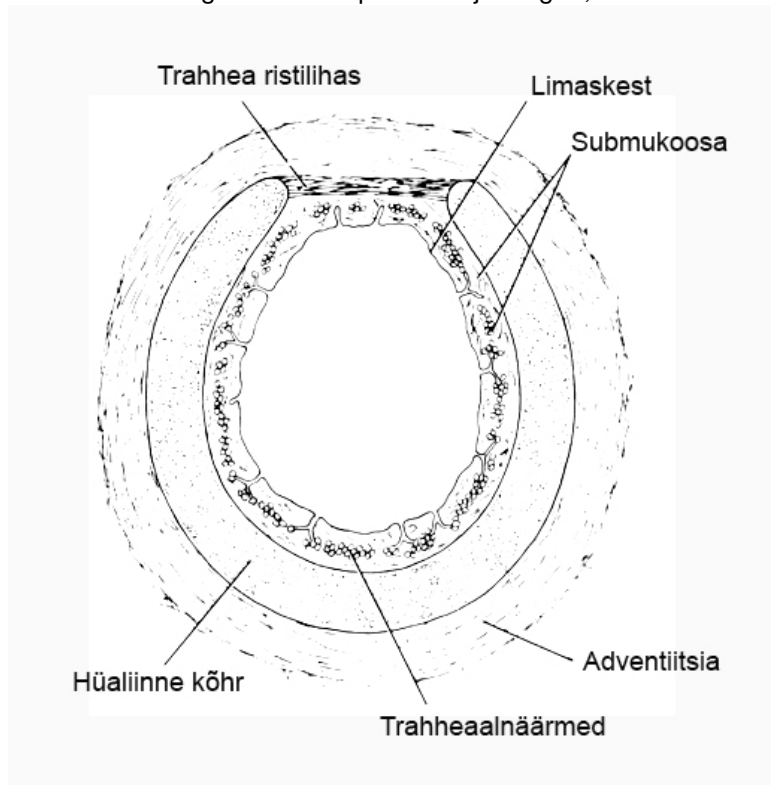
Kõri kõhrelis-sidekoeline skelett - kondrofibrooskest (*tunica chondrofibrosa*, *tunica fibrocartilaginea*) koosneb hüaliinsetest ja elastsetest kõhredest, mis on sidekoega ühendatud ja tagavad kõri pideva avatud oleku. Kõri suured kõhred (sõrmus-, kilp- ja pilkkõhr) on hüaliinsetest kõhrkoest, kõri väiksemad kõhred (kõripealise kõhr, pilkkõhre vokaaljätke, sarvik- ja talbkõhr) on elastsetest kõhrkoest.

Kõri adventitsiaalkest on kiudsidekoest, mis sisaldab rohkesti kollageenseid kiude.

Kõri on eraldatud neelust kõripealise (*epiglottis*) abil, mille põhiosa moodustab elastsetest kõhrkoest kõripealise kõhr, mida nii ees- kui ka tagapinnalt katab limaskest. Kõripealiselt läheb limaskest üle kõri limaskestaks. Limaskest kõripealise ees- ja tagapinnal on kaetud mitmekihilise sarvestumata lameepiteeliga. Kõripealise limaskesta eespinna epiteel on paksem ja sidekoelise proopria poolt moodustunud näsad on siin pikad ja arvukad, tagapinnal limaskesta epiteel on õhem ning proopria papillid on lühemad ja paiknevad hõredamalt. Kõri anatoomilise ehituse üksikasjad leiavad lähemat käsitlust anatoomia kursuses.

Trahhea (*Trachea*)

Trahhea ehk hingetoru on tüüpiline torujas organ, umbes

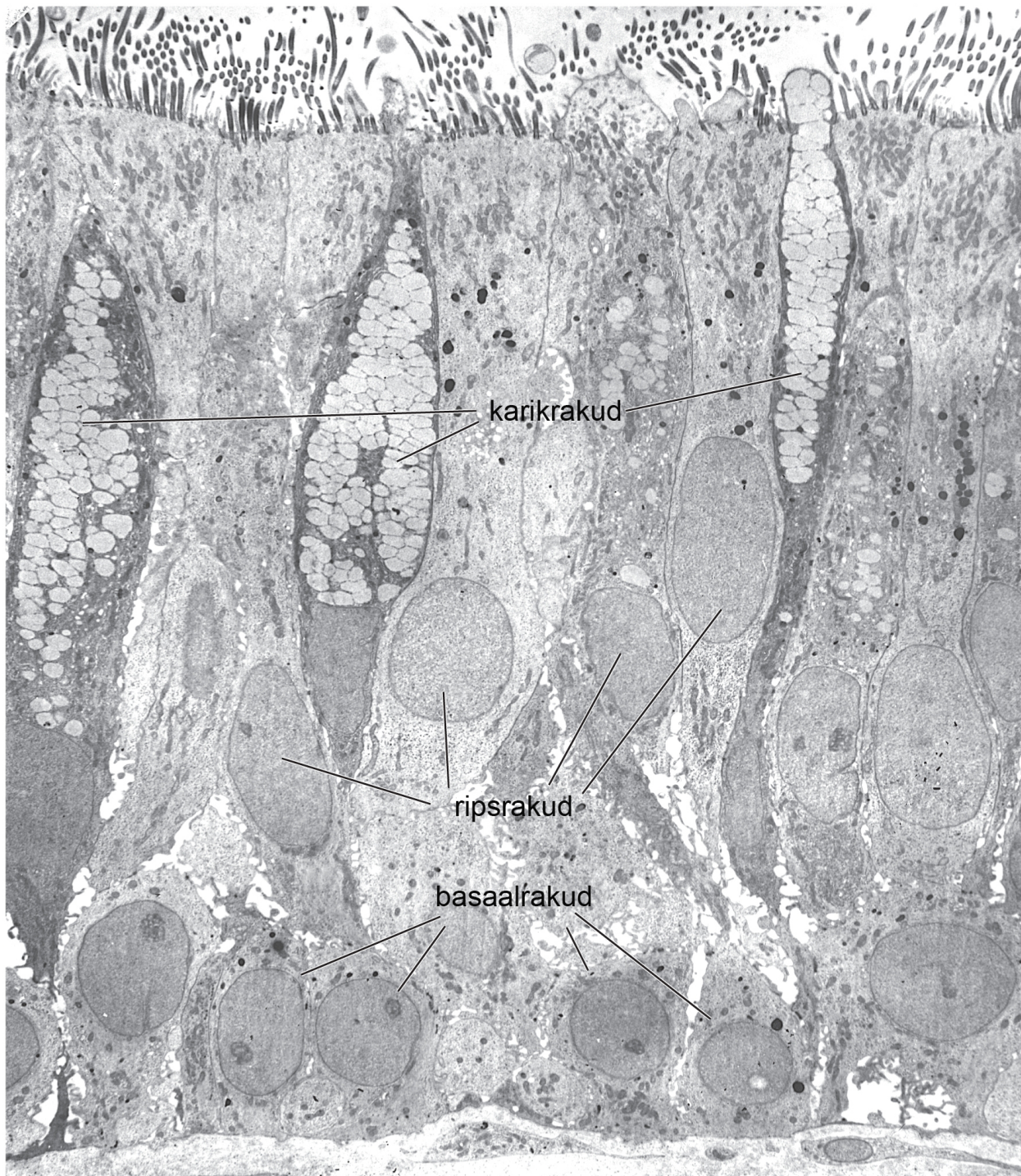


20 cm pikk ja koosneb kolmest hingamisteedele

tüüpilisest kestast: limas-, kondrofibroos- ja adventitsiaalkestast.

Limaskest (*tunica mucosa*) on kaetud tüüpilise mitmerealise ripssepiteeliga. Ripssepiteel koosneb ripsrakkudest, igaraku vabalpinnal on umbes 250 liikuvat ripset. Ripsmete lõök hingamisteedes on neelu suunas, sellega nad eemaldavad limaskesta pinnale liibuva õhukese sekreedikihi. Nimetatud sekreedikihis omakorda peetuvad väikesed võõrkehakesed (tolmuosakesed, ka mikroobid jne.). Köhimisel sekreet eemaldatakse neelu kaudu röjana. Seega ripsrakkude ripsmed aitavad kaasa õhu puhastamisele. Ripsrakkude vahel paiknevad karikrakud, millised on üherakulised intraepiteliaalsed limanäärmed. Nende sekreet koos trahhealnäärmete omaga niisutab limaskesta pinda.

Endokriinrakkudel on püramidaalne rakukeha, ümar tuum ja nende tsütoplasma sisaldab sekreedisõmeraid. Need rakud produtseerivad peptiidhormoone ja biogeenseid amiine: noradrenaliini, serotoniini ning dofamiini ja nad reguleerivad hingamisteede silelihasrakkude kontraktsiooni. Basaalarakud on kambiaalsed rakud, millistest tekivad uued ripsrakud. Lõikes on nad kolmnurksed ja nende ümarad tuumad moodustavad basaalse tuumade rea. Kasvuprotsessis olevate basaarakkude tuumad on erinevatel kõrgustel, neid rakke nimetatakse sageli vaheakkudeks (kiilrakkudeks). Nende kasvuprotsessiga seoses ilmuvad nende tsütoplasmasse tonofibrillid, glükogeenisõmerad ja suureneb organellide hulk. Basaarakkude ning vaheakkude tuumad on erinevatel kõrgustel, kuid kõige kõrgemal on rips- ja karikrakkude tuumad. Seetõttu tekib mitu tuumade rida ja sellest asjaolust tuleneb ka epiteeli nimetus - mitmerealine ripssepiteel. Sisuliselt on tegemist siiski ühekihilise epiteeliga. Rakud algavad basaalembraanilt, kuid mitte kõik ei jõua epiteeli vabale pinnale. Basaalembraan, mis paikneb kohe epiteeli all on paks ja tavalistes ülevaatepreparaatides homogeenne.



Copyright © 2011 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins

Epiteeli all paikneb kohevasidekoeline proopria, kus on rohkesti elastseid kiude. Elastsed kiud on longitudinaalse paigutusega ja kuivõrd proopria sügavamas osas on elastset materjali rohkem, siis trahhea proopria ja submukoosa piiril moodustub longitudinaalsetest elastsetest kiududest fibroelastne kiht (*lamina fibroelastica*). Trahhea prooprias on ka lümfifolliikuleid ja silelihaskimpe. Submukoosa on trahheas kohevasidekoeline ja läheb ilma kindla piirita üle kondrofibrooskesta kõhrede perikondriks. Kohevas submukoosas paiknevad seromukoossed trahheaalnäärmete (*gll. tracheales*) lõpposad, nende näärmete viimajuhad, enne avanemist limaskesta pinnale, laienevad lehtritaoliselt. Trahheaalnäärmete sekreet võtab osa limaskesta pinna niisutamisest. Trahhea ristlihase piirkonnas, kus kõhred puuduvad, leidub rohkesti trahheaalnäärmeid, seda ka adventitsiaalkestas.

Kondrofibrooskest (*tunica chondrofibrosa seu tunica fibromusculocartilaginea*) moodustab kesta, mis tagab trahhea pidevalt avatud oleku. Kondrofibrooskest koosneb tavaliselt 16-20 rõngjast hüaliinkõhrest, mis on tagant avatud ja kus paikneb trahhea pehme sein (*paries*

membranaceus). See asjaolu võimaldab kohe trahhea taga asuval söögitorul laieneda toidupalade läbimisel.

Trahheakõhred on üksteisega ühenduses sidekoe varal, milles on teiste sidekoeelementide kõrval rohkesti elastseid kiude.

Trahheaalkõhrede vabade otste vahel paikneb tagumine pehme sein, kus sidekoe sees on silelihasrakke. Viimased asuvad trahheaalkõhrede vabade otste vahel ja moodustavad nn. trahhea ristlihase, milles leidub ka väikesi vegetatiivseid ganglione.

Välimine adventitsiaalkest (*tunica adventitia*) on kohevasidekoeline ja ühendab trahheat ümbritsevate organitega ning tema kaudu tulevad hingetoru juurde veresooneid ja närvid.

Trahhea on nagu kõrgi rikkaliku verevarustusega, ka siin moodustavad veresooneid limaskestas 2-3 paralleelset põimikut, mis annavad tiheda epiteelialuse kapillaaristiku. Lümfi-sooned moodustavad samuti põimikuid, millest pindmises asub verekapillaaristiku all.

Trahhea närvid sisaldavad nii vegetatiivseid kui ka tserebrospinaalseid kiude. Trahhea ristilihas saab vegetatiivse innervatsiooni.

Kopsuvälised peabronhid ja sagarabronhid on samasuguse ehitusega kui trahheagi. Erinevusena võib esile tuua, et limaskesta submukoosas paiknevaid seganäärmeid nimetatakse siin bronhiaalnäärmeteks (*gll. bronchiales*) ja proopriat eraldab submukoosast mitte pikisuunaline fibroelastne kiht, vaid siin algab ringjas lihaskiht (limaskesta lihaskiht). Kondrofibrooskest ei koosne enam hoburauakujulistest kõhredest, vaid küllalt suurtest hüaliinse kõhre tükkidest, mis moodustavad ühtse kõhrelis-sidekoelise kesta.

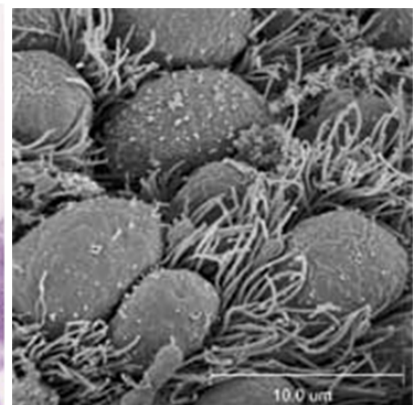
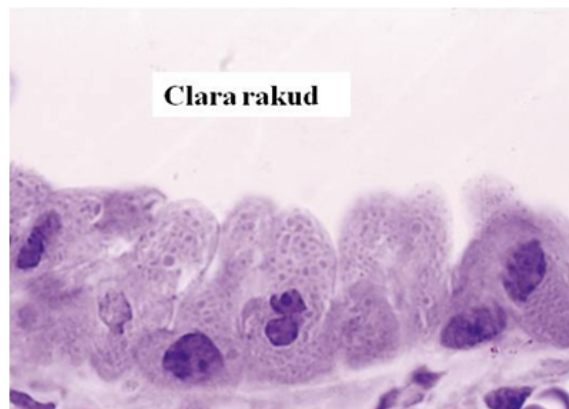
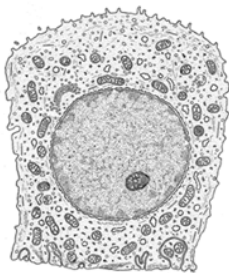


Kopsud (*Pulmones*)

Kopsud, mis täidavad suurema osa rindkerest, koosnevad kopsusisestest hingamisteedest - bronhiaalpuust (*arbor bronchialis*) ja alveolaarpuust (*arbor alveolaris*). Viimase kõigis osades toimub juba gaasivahetus alveolaarõhu ja vere vahel. Bronhiaalpuu hulka arvatakse sageli ka kopsuväliseid hingamisteid kuni trahhea alguseni, siinkohal aga käsitletakse bronhiaalpuuna kopsusiseseid hingamisteid.

Bronhiaalpuu anatoomiline jaotus on küllalt keerukas, detailsema ülevaate sellest leiab anatoomia õpikutest. Bronhide histoloogilise ehituse järgi võib kopsusiseseid bronhe jagada suurteks bronhideks (diameetriga 5-10 mm), keskmisteks bronhideks (2-5 mm) ja väikesteks bronhideks (1-2 mm), mis hargnevad edasi bronhiolideks (*bronchioli*). Viimaste diameeter on juba alla 1 mm. Bronhiaalpuu lõpeb umbes 0,5 mm jämeduste terminaalconhiolidega (*bronchioli terminales*).

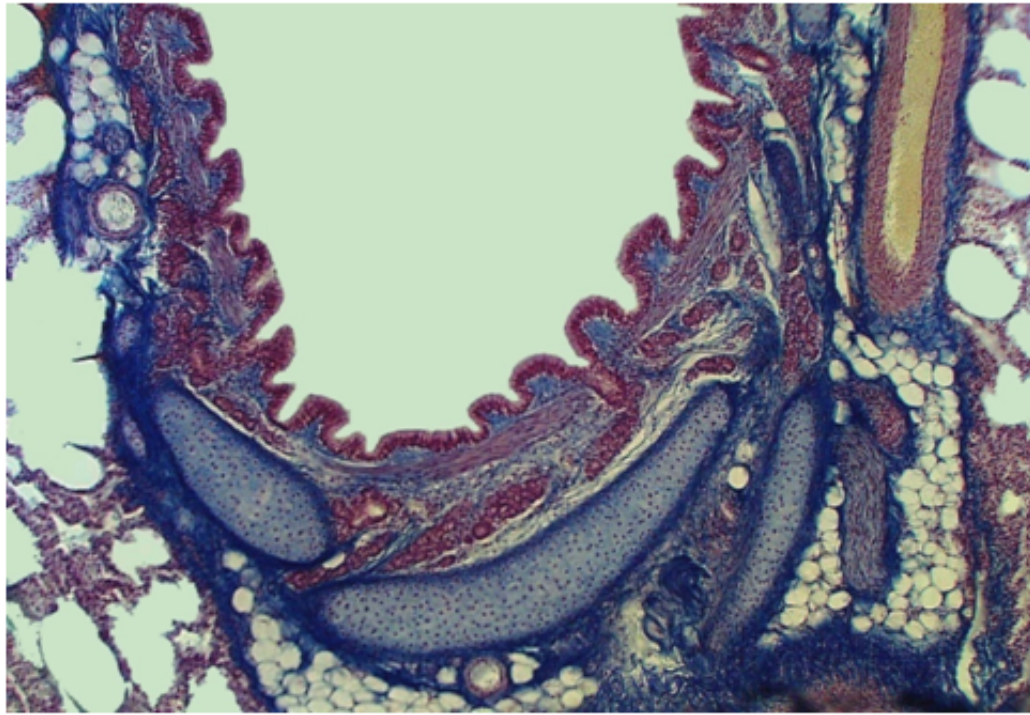
Suurte bronhide ehitus sarnaneb trahhea ja peabronhide ehitusega ning nende sein sisaldab samu kesti ja kihte. Limaskest on kaetud mitmekihilise ripsepiteeliga. Bronhiaalpuu distaalsemates osades ilmuvad peale rips-, karik-, vahe-, basaal- ja endokriinrakkude veel sekretoorsed Clara rakud (*exocrinocytus bronchiolaris*) ja harjarakud. Sekretoorsed rakud (Clara rakud) on kuplitaolise apikaalse osaga, ilma ripsmeteta, ümara tuumaga, hästi arenenud endoplasmaatilise võrgustikuga (peamiselt agranulaarse) ja Golgi aparaadiga rakud. Clara rakud toodavad pindaktiivset ainet, mis aitavad bronhiolide valendikku avatuna hoida. Harva esinevate ovoidsete harjarakkude vaba pind on kaetud lühikeste mikrohattudega, neid rakke peetakse retseptor-rakkudeks, sest nende basaalses osas on näha sünaptilisi kontakte basaalmembraani läbivate närvikiududega.



Epiteelialune proopria on kohevasidekoeline ja sisaldab rikkalikult peamiselt pikiorienteeritud elastseid kiude. Siin tuleb mainida, et kopsukude sisaldab üldse palju elastseid kiude, mis annavad kopsudele suure elastsuse. Tuleb meele pidada, et rindkere sissehingamisel laieneb ja ekspiriumis aheneb tänu hingamislihaste tegevusele (lähemalt vt. anatoomia ja füsioloogia õppevahenditest) ning kopsukude tänu oma elastsusele kohaneb rindkere ruumala muutusele. Proopria ja submukoosa vahel paikneb ringjas (spiraalne) lihaskiht, mis vastab omakorda asendilt, aga mitte geneesilt limaskesta lihaskihile seedetraktis. Ringja lihaskihi kontraktsiooni tagajärjel bronhide limaskest, eriti postmortaalselt, moodustab pikikurde. Kohevasidekoelises submukoosas hargnevad veresooneid ja närvid ning siin paiknevad seganäärmed - bronhiaalnäärmed (*gll. bronchiales*). Limaskestas, eriti suurtes bronhides, esineb lümfifolliikuleid.

Kondrofibrooskest koosneb hüaliinkõhrelistest plaatidest, mis on omavahel ühendatud rohkelt elastseid kiude sisaldava sidekoe varal.

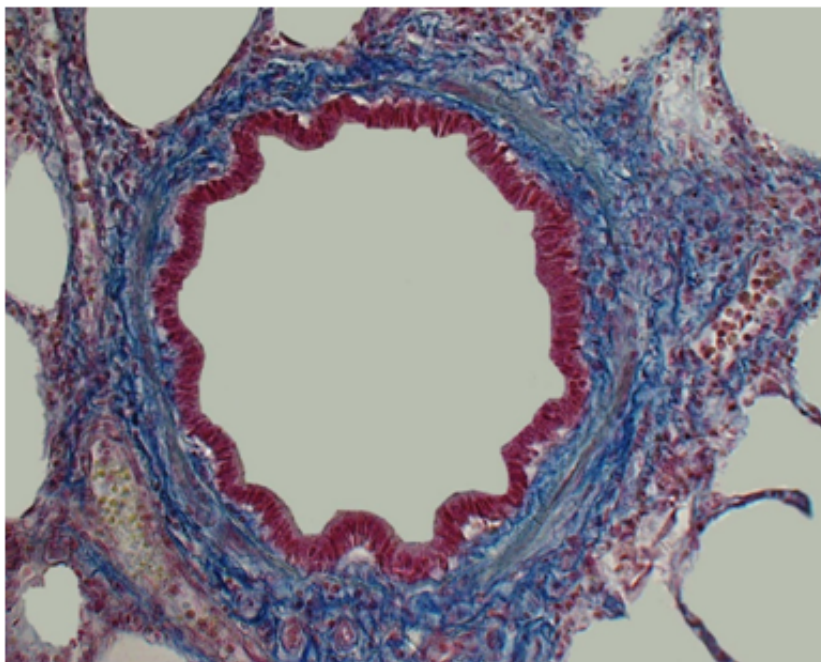
Adventitsiaalkest on kiudsidekoeline ja läheb üle kopsu interstitsiaalseks koeiks. Siin võivad esineda ka bronhiaalnäärmete lõpposad. Siinses sidekoes on rohkesti koe basofiile (nuumrakke), mis ka antud juhul täidavad regulaatorrakkude osa. Adventitsiaalkesta kopsusiseste bronhide puhul nimetatakse sageli lihtsalt peribronhiaalseks (side)koeiks.



Bronh

Bronhide kaliibri vähenemisega bronhide kestad ja kihid õhenevad. Epiteel muutub madalamaks, väikestes bronhides on epiteel juba kaherealine ripsepiteel. Propria õheneb, samuti ringjas lihaskiht ja submukoosa, bronhiaalnäärmete hulk redutseerub. Kondrofibrooskest õheneb, kõhretükikeste mõõtmed ja arv väheneb. Bronhiaalpuu harudes diameetriga alla 1 mm on submukooskiht koos bronhiaalnäärmetega kadunud, samuti kondrofibrooskest kõhreplaadikestega. Selliseid väikseid bronhe nimetatakse bronhiolideks (*bronchioli*), nende sein koosneb vaid õhukesest epiteelist (kahe- kuni üherealine ripsepiteel), proopriast ja ringjast lihaskihist, millele järgneb peribronhiaalne sidekude. Bronhiaalpuu lõpeb terminaalsete bronhiolidega (*bronchioli terminales*), millede läbimõõt on 0,5 mm, nende ehitus on sarnane teistele bronhiolidele. Terminaalsete bronhiolide epiteel on sageli üherealine kuubiline ripsepiteel.

Kuna bronhiolides kondrofibrooskest puudub, siis võib silelihaskihi kontraktsioon tunduvalt ahendada nende valendikku ja kutsuda esile hingamistakistuse. Selline bronhiolide ahenemine sünnib haiguslike seisundite puhul. Näiteks hingamishäired bronhiaalastma korral põhinevad peamiselt just bronhiolide silelihasrakkude spasmil (krampikul kokkutõmbel).



Bronhiool

Alveolaarpuu osades toimub juba gaasivahetus vere ja õhu vahel. Alveolaarpuu seintes paiknevad

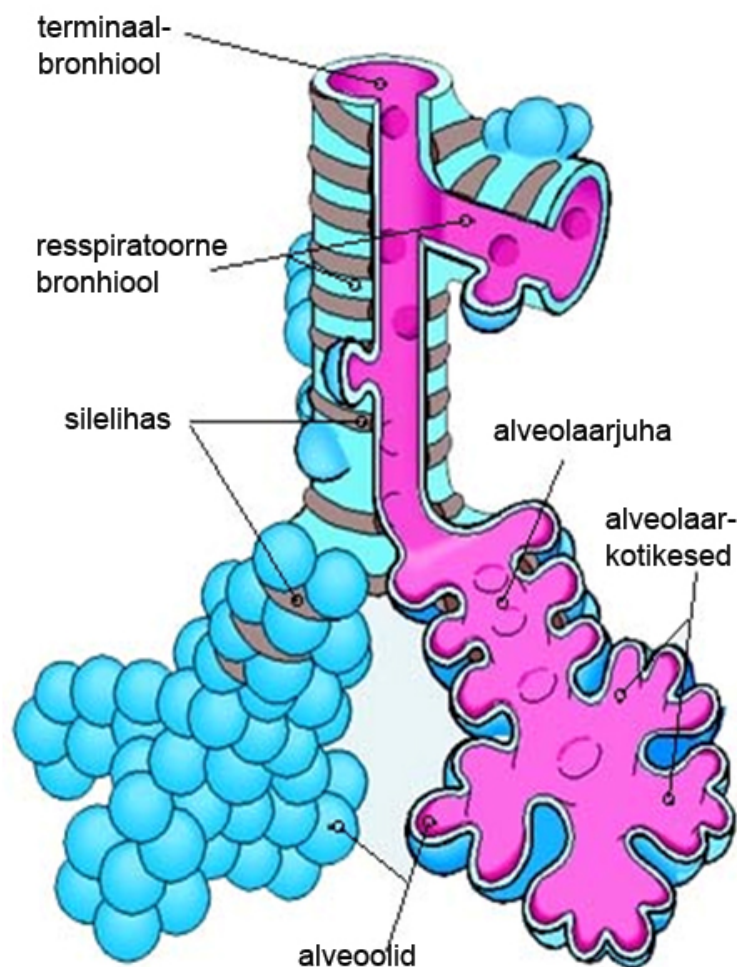
kopsusombukesed e. alveoolid ja läbi nende õhukese seina toimub erütrotsüütide hapnikuga (O₂) rikastumine ja süsihappegaasi (CO₂) difundeerumine verest alveolaarõhku.

Terminaalbronhiolid jagunevad respiratoorseteks ehk alveolaarseteks bronhiolideks, viimased jagunevad korduvalt 1., 2. jne. järku respiratoorseteks bronhiolideks (täpsemalt vt. anatoomia õppevahenditest).

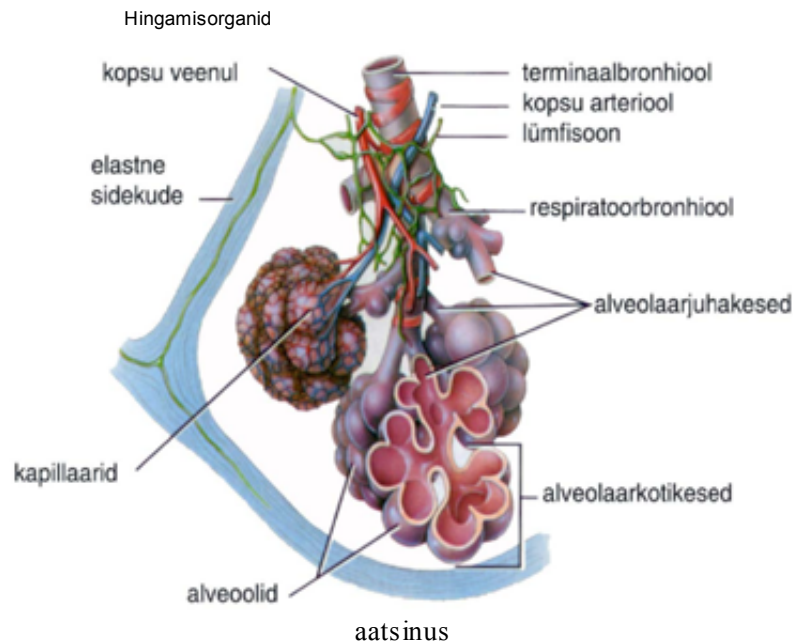
Respiratoorsete bronhiolide limaskest on kaetud üherealise kuubilise epiteeliga, milles leidub vaid vähe ripsrakke. Epiteel paikneb õhukesel sidekoelisel prooprial, millele järgneb õhuke katkendlik tsirkulaarne lihaskiht. Ümbritsev peribronhiaalne sidekude läheb üle kopsu interstitsiaalseks sidekoeks. Aeg-ajalt respiratoorse bronhioli sein katkeb ja temast lähtuvad üksikud kopsualveoolid. Alveole läheb respiratoorse bronhioli seinast ära vähe - 2-3 ja reeglina just neid saatvate bronhiaalarteri harude vastasküljest. Läbi alveoolide õhukese seina toimub gaasivahetus.

Respiratoorsed bronhiolid jagunevad, enamasti samuti dihhotoomiselt, alveolaarjuhadeks (*ductuli alveolares*). Alveolaarjuha võrreldakse sageli koridoriga, mille külgsentest väljuvad kahele poole ukсед, s.o. alveoolid.

Alveolaarjuhade õhuke sein koosneb ühekihilisest lameepiteelist, õhukesest sidekoelisest proopriast, kus esinevad üksikud silelihaskimbud, ning väga õhukesest peribronhiaalsest sidekoest.



Ühe terminaалbronhioli jagunemise tulemusena tekib kopsu aatsinus (*acinus pulmonalis*), mida peetakse kopsu ehituslikuks ühikuks. Kopsu aatsinus on vaid paari millimeetrise läbimõõduga ja sisaldab umbes 200 alveooli. Üldine alveoolide koguhulk on umbes 300-400 miljonit, nende üldpindala on küllalt suur ning täiskasvanud tervel inimesel on see sissehingamisel ligikaudu 100 m², väljahingamisel aga väheneb umbes 2-2,5 korda.



Kopsualveoolid e. kopsusombukesed (*alveoli pulmones*) on väikesed kotjad moodustised, nende läbimõõt on 0,06-0,2 mm. Iga alveool on ümbritsetud 4-12 kapillaarilingust ja just siin toimub gaasivahetus läbi alveooli õhukese seina (barjääri) vere ja alveolaarõhu vahel.

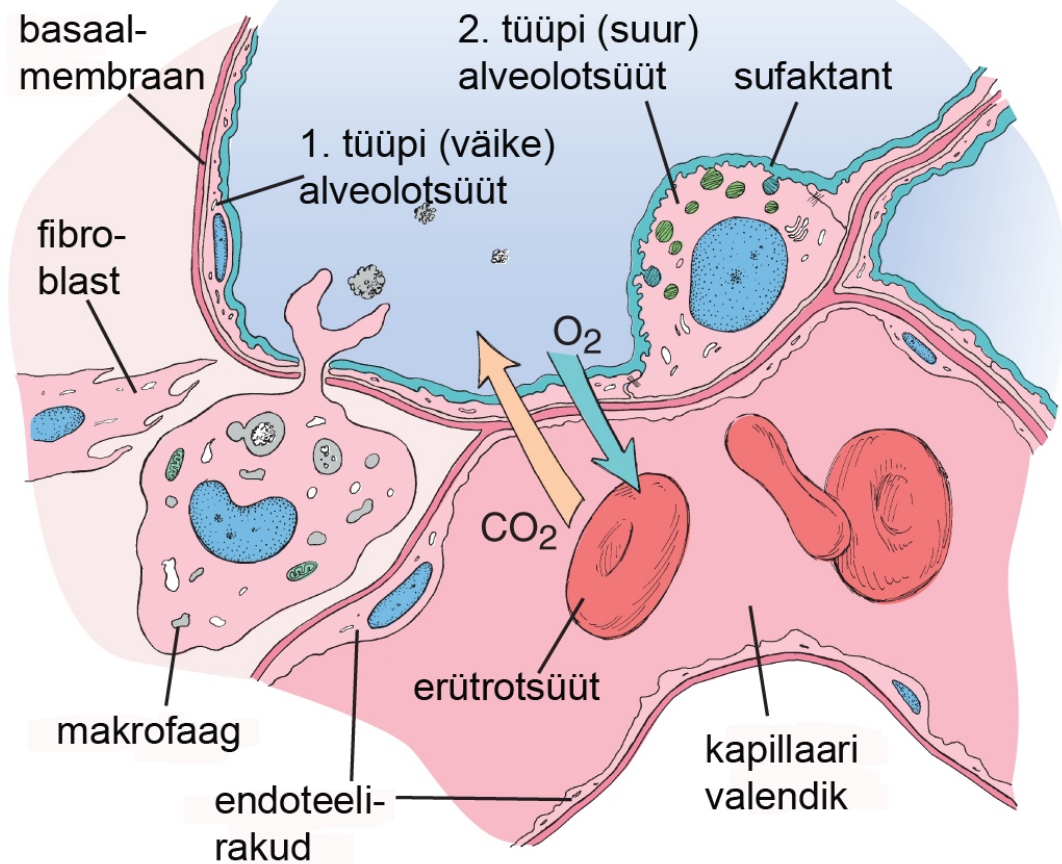
Rahulolekus ja väiksema füüsilise koormuse puhul on suurem osa kapillaaridest suletud. Alveoolid on ümbritsetud väga õhukese seina poolt, mis jääb ka alveoolide vahele ja neid nimetatakse (lõikes) interalveolaarseptideks (*septa interalveolaria*). Interalveolaarseptid koosnevad peamiselt sidekoe amorfsesse põhjainesse sulundunud elastsetest kiududest. Rakud siia piirkonda enamasti ei ulatu. Sidekoerakud (peamiselt makrofaagid) esinevad juba seal, kus alveoolide seinad ("põhjad") teineteisest eemalduvad. Interalveolaarseptides esinevad avad (poorid; *pori interalveolares*). Seega naaber-alveoolid ei ole üksteisest eraldatud, vaid on ühenduses. Nii on põletikuprotsessi korral võimalik jälgida põletikulise eksudaadi (näit. fibriiniiniitide) üleminekut ühest alveoolist teise. Ümber alveooli suudmete moodustub elastsetest kiududest nn. elastne rõngas.

Alveoolide sisepind on kaetud ühes kihis paikneva lameda epiteeliga - neid alveolaarepiteeli rakke nimetatakse alveolotsüütideks e. pneumotsüütideks. Neid rakke jagatakse väikesteks rakkudeks, mida nimetatakse respiratoorseteks alveolotsüütideks (*alveolocytus respiratorius*; *pneumocytus typus I*). Teise rühma rakke moodustavad suured alveolotsüüdid ehk pneumotsüüdid (*alveolocytus magnus seu pneumocytus typus II*) ehk ka vastavalt esimese ja teise järgu alveolotsüütideks (pneumotsüütideks). Põhilise alveolaarepiteeli massi moodustavad väikesed (1. tüüpi) alveolotsüüdid, millede vahel leidub märksa vähem suuri (2. tüüpi) alveolotsüüte.

Väikesed, hulgaliselt esinevad 1. tüüpi (respiratoorsed) alveolotsüüdid, on väga lamedad. Ainult nende tuuma sisaldav osa on väljavõlvuv, tsütoplasma kiht on väga õhuke ja lame, kohati isegi alla 0,1 µm paks. Tuuma kohal võib raku paksus ulatuda 5-6 µm. Tsütoplasma vabal pinnal esinevad lühikesed tsütoplasmajätked, mis suurendavad kontaktipinda õhuga. Nende tsütoplasmas on tüüpilised üldorganellid, mitokondrid on väikesed ja ümarad, esinevad pinotsütootilised põiekesed.

Teist tüüpi alveolotsüüdid (pneumotsüüdid), millised kannavad ka suurte alveolotsüütide nimetust, on pisut suuremate mõõtmetega ja kõrgemad rakud. Nende tsütoplasmas esinevad suuremad mitokondrid, Golgi kompleks, osmiofiilsed kehakesed, endoplasmaatiline võrgustik. On kindlaks tehtud, et nad on seotud surfaktandi (surfaktant-alveolaarne faktor) produtseerimisega. Surfaktant on faktor, mis esineb alveoolides membraanina nende seintel ja väldib nende valendiku kokkulangemise väljahingamisel, samuti takistab ta väikeste võõrkehade ja mikroobide tungimist läbi alveoolide seina. Surfaktant koosneb tihedamatest membranoosetest osadest ja vedelatest komponentidest (nimetatakse hüpofaasiks). Surfaktandi moodustavad fosfolipiidid, valgud ja glükoproteiidid. Vähene surfaktandi moodustumine, esmajoones enneaegsetel vastsündinutel, ähvardab lämbumissurmaga.

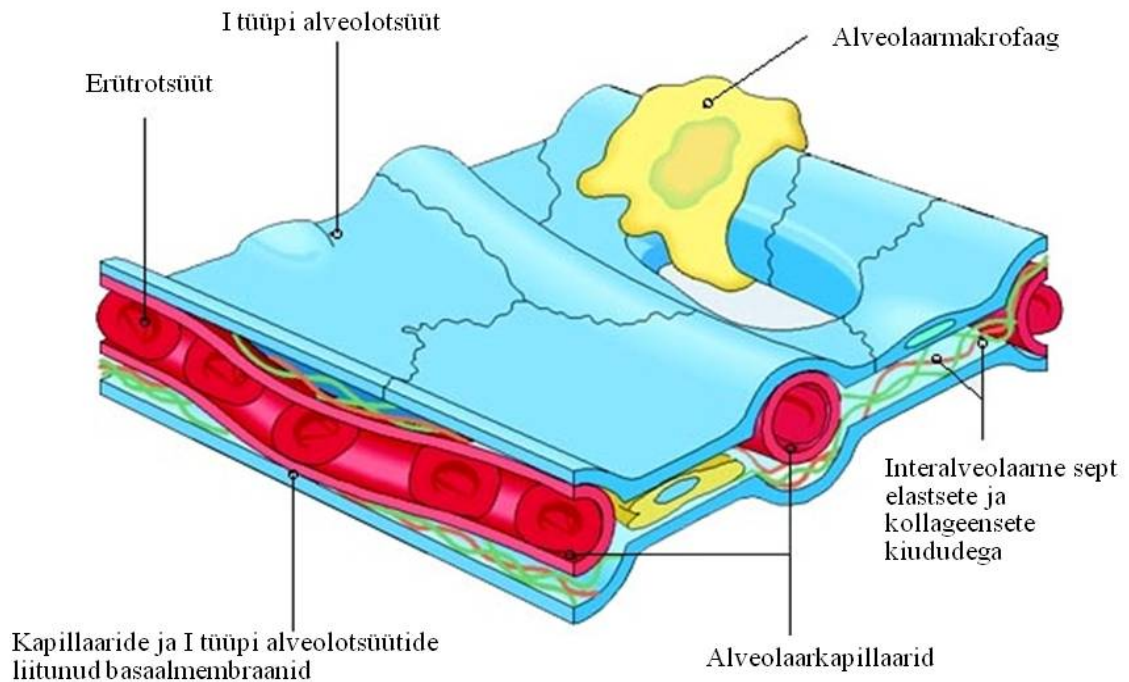
Barjäär õhu ja vere vahel on väga õhuke. Esimest tüüpi alveolotsüüdi väga õhuke tuuma mittesisaldav tsütoplasmakiht on vahetus kontaktis kapillaari endoteeliraku tuuma mittesisaldava õhukese tsütoplasmakihi. Seega õhu-vere (aerohemaatiline) barjäär oma kõige õhemates osades koosneb vaid neljast väga õhukesest kihist: esimest tüüpi alveolotsüüdi tsütoplasmast, alveolotsüüdi ja endoteeliraku basaalmembraanist ning endoteeliraku õhukesest tsütoplasmakihist. Selline õhuke barjäär, mille paksus ei ületa 0,5 µm, soodustab gaasivahetust vere ja alveolaarõhu vahel - erütrotsüütide küllastumist hapnikuga ja süsihappegaasi äraandmist alveolaarõhku. Õhu ja vere vaheline barjäär võib paiguti mõnevõrra laieneda, kuna sinna võivad tungida sidekoelised elemendid. Alveoolide vaheseinad, nagu varem öeldud, koosnevad peamiselt elastsetest kiududest.



Adapteeritud joonis: Michael H. Ross, Wojciech Pawlina. *Histology: a text and atlas*; Lippincott Williams & Wilkins, 2011

Kaitseüsteemi, mis paikneb kopsude sidekoos, kuuluvad makrofaagid, samuti plasmarakud ja nuumrakud. Makrofaagid alveooli vaheseintes ja -valendikus haaravad endasse väikesi võõrkehi, eriti tolmuosakesi ("tolmurakud"), surfaktandi ülejääke või vananenud surfaktandi osi. Makrofaagides on alati rohkesti lüsoosoomi ja lipiiditilgakesi. Fagotsüteerinud makrofaagid eemaldatakse kas lümfiteede kaudu regionaarseesse lümfisõlmedesse või rändavad nad läbi alveoolide vaheseinte alveoolide valendikku ja viiakse organismist köhimisel röga välja. Alveooli tunginud makrofaage nimetatakse alveolaarmakrofaagideks (*macrophagocytus alveolaris*). On andmeid, et kogu kopsu makrofaagide koosseis uueneb küllalt kiiresti - umbes 7 päeva jooksul.

Interalveolaarne sept ja aerohemaatiline barjäär



Interstitsiaalne sidekude kopsudes saadab suuremate aladena bronhiaalpuu jaotusi. Selles sidekoes saadavad bronhe bronhiaalarterite harud. Bronhe ümbritsevast sidekoest lähtuvad interlobulaarsed septid ja neist omakorda peened interalveolaarsed septid. Viimased koosnevad peamiselt elastsetest kiududest, millele lisanduvad toetava võrgustikuna peened kollageensed kiud. Kiulised struktuurid on ümbritsetud õhukese amorfse põhjaine kihilt. Elastsete kiudude rohkus kopsu interstitsiaalses sidekoes annab kopsukoele temale iseloomuliku elastsuse.

Alveolide seinad on ümbritsetud tiheda verkapillaaristiku poolt, kusjuures alveolaarepiteeli rakud on vahetus kontaktis endoteelirakkudega (vt. ka eespool). See on vere-õhu barjäär, mis on gaasivahetuse soodustamiseks maksimaalselt õhuke. Nagu juba eespool kirjeldatud tungivad vaid paiguti endoteeliotsüütide ja alveolaarepiteeli rakkude vahele sidekoe kiude ja muudavad vere-õhu barjääri mõnevõrra paksemaks.

Kopsud on kaetud vistseraalse pleura (kopsukelme) lestme poolt. Pleura on kaetud ühekihilise lameepiteeliga - mesoteeliga, mis tagab pleura lestmete praktiliselt hõõrdumisvaba liikumise. Epiteeli all paikneb sidekoeline seroosa pärisikiht, mis ilma kindla piirita läheb üle subserooskihiks. Viimase sidekoest lähevad kollageensed kiud üle kopsu interstitsiaalsesse sidekoesse, mistõttu pleura vistseraalset lestet on kopsude pinnalt raske eemaldada. Pleura sidekoes on rohkesti elastseid kiude ja silelihasrakke. Rindkere seina katab seestpoolt pleura parietaalne leste, mis on niisamasuguse ehitusega kui vistseraalne leste, kuid paksem. Parietaalse pleura lestmes on vähem elastseid elemente ja kollageenseid kiude, mistõttu on teda kergem eemaldada kui vistseraalset pleurat. Embrüogeneesis tekib mesoteel mesodermist, pleura sidekude aga mesenhüümist.

Pleura õõnes on alarõhk, mistõttu kopsu sattunud võõrosakesed, tolmuterad või söepartiklid lümfisoonte kaudu nagu tõmmatakse vistseraalsesse pleurasse või selle alla. Kopsude pind muutub hallikaks ja sinna ilmuvad tumedad laigud, tekib marmoritaoline muster - kopsu pinna pigmentatsioon.

Kopsude verevarustus

Kopsude verevarustus toimub kahe süsteemi kaudu.

1. Kopsuarteri süsteem - *vasa pulmonalia* (nimetatakse ka *vasa publica*). Just sellest süsteemist pärineb kapillaaristik, mis põimub alveooli seina ümber ja nimelt selles kapillaaristikus toimub vere arterialiseerimine. Kopsuarteri kaudu tuleb kopsudesse venoosne veri ja kopsuveenide kaudu voolab ära arteriaalne veri. Kopsuarteri süsteemis (väikeses vereringes) arteriseina elastne ehitustüüp ulatub kaugemale kui suures vereringes. Isegi 1 mm diameetriga arteri harud on veel elastsed arterid. Veenid kulgevad siin paralleelselt arteriga.

2. Teiseks süsteemiks on bronhiaalveresooneid - *vasa bronhialia* (ka *vasa privata*), mis moodustavad kopsukoe nutriivse vereringe. Bronhiaalarterid moodustuvad kohe rinnaaordist ja nad toidavad bronhiaalpuu ja alveolaarpuu hargusi ning kopsude interstiitsiaalset sidekudet. Bronhiaal- ja kopsuveresooneid anastomoseeruvad omavahel, väikestes bronhides jm. kopsukoes on rohkesti arteriovenoosseid anastomoose kopsuarteri ja bronhiaalarteri süsteemide vahel. Bronhiaalarterite kaliiber on tunduvalt väiksem kopsuarterite vastavate jaotuste läbimõõdust.

Kopsude lümfisooneid pärinevad kohevast subpleuraalsest sidekoest, interlobulaarseptidest ning periarteriaalsest sidekoest. Nimetatud lümfisooneid juhivad lümfi regionaarsetesse lümfisõlmedesse (*nodi lymphatici pulmonales* ja *nodi lymphatici bronchopulmonales*), mis on veel kopsukoes või kopsuväratis. Üldiselt jaotatakse kopsu lümfisüsteem pindmiseks ja sügavaks lümfisoonte ja -kapillaaride süsteemiks. Pindmine süsteem paikneb vistseraalses pleuras, süvasüsteem aga kopsusagarike sees, interlobulaarseptides paiknevate veresoonte ja bronhide ümber. Suuremates bronhides lümfisooneid moodustavad kaks paralleelset ja omavahel anastomeeruvat süsteemi. Parietaalses pleuras kujundavad sooned kolm paralleelset põimikut.

Kopsude innervatsioon on vegetatiivne. Parasümpaatilised kiud tulevad siia uitnärvi kaudu. Parasümpaatilised impulsid põhjustavad bronhide ahenemise ja veresoonte laienemise. Sümpaatilised kiud pärinevad sümpaatilisest tüvest ja vastupidi parasümpaatilistele närvikiududele põhjustab nende ärritus bronhide laienemise ja veresoonte ahenemise. Üksikud tserebrospinaalsed närvikiud tulevad siia vastavate spinaalnärvide kaudu. Närvipõimikud moodustuvad kopsu sidekoes ja paiknevad bronhiaalpuu harguste, alveoolide ja veresoonte ümber. Närvipõimikutes on suuremaid ja väiksemaid ganglione, mis tõenäoliselt innerveerivad bronhioolide silelihasrakke. Parietaalne pleura ei ole valutundlik - s.o. ei sisalda valukiude.

Kopsude regeneratsioonivõime on suhteliselt halvasti välja arenenud. Kroonilised rasked haigused, mis võivad viia ulatuslikule kopsukoe hävingule (tuberkuloos jt. põletikulised protsessid) paranevad massiivse sidekoelise armi tekkimisega. Eemaldatud õhuteed või nende osad praktiliselt ei taastu. See on kehtiv nii operatsioonide kui ka vigastuste (traumade) korral. Eksperimentaalselt on näidatud, et pneumotoomia puhul allesjäänud kopsualveoolid suurenevad mahult 3-4 korda (kompensatoorne hüpertroofia). Ka osalise pneumotoomia korral toimub kopsu naaberosades kompensatoorne hüpertroofia.

Füsioloogiline regeneratsioon hingamisteede limaskesta epiteelis on küllalt intensiivne. Hävivad rips- ja karikrakud asendatakse uutega kasvavate kambiaalsete rakkude (basaalrakud) poolt.

Veresooned

Veresooned kujutavad endast kinnist erineva diameetriga torukeste süsteemi, mille ülesandeks on kudede ja organite varustamine verega. Südamest verd eemale viivaid veresooni nimetatakse arteriteks, südamesse verd toovaid veenideks. Üldjuhul voolab arterites hapnikurikas, veenides aga süsihappegaasirikas veri. Erandiks on kopsuveresooned, kus pilt vastupidine. Arterite ja veenide vahele jäävad peened veresooned – kapillaarid ja arteriovenoossed anastomoosid, millest sõltub otseselt kudede ainevahetus.

Veresooneseina ehitus sõltub soone liigist ja asukohast organismis. Siiski on võimalik näidata põhilist üldist ehitusprintsipi. Suurematel veresoontel koosneb sein kolmest kestast. Valendikule lähemale jääb sisekest e intima (*tunica intima*), järgneb keskkest e meedia (*tunica media*) ning seejärel väliskest e adventiitsia (*tunica externa s tunica adventitia*). Intima jaguneb omakorda kaheks kihiks: endoteeliks ja subendoteliaalkihiks. Mõnes veresoones viimast ei olegi.

Arterid

Ehituslike ja funktsionaalsete iseärasuste põhjal jaotatakse arterid kahte põhitüüpi: elastsed arterid ja lihaselised e muskulaarsed arterid. Kuna nende põhitüüpide vahel puudub terav piir, siis need veresooned, kus on nii ühe kui teise peatüübi tunnuseid nimetatakse segatüüpi arteriteks.

Elastsed arterid on kõige suuremad arterid organismis, paiknedes südame läheduses (aort, unearteri algusosa, kopsuarter).

Veresoonevalendikku piirab sisekest e intima, mille paksus elastsetel arteritel on kuni 20% seina üldpaksusest. Intimat katab ühekihiline lameepiteel – endoteel. Endoteelirakud e endoteliotsüüdid on piklikud, polügonaalised rakud, mis on kuni 500 µm pikad ja 150 µm laiad. Raku pikitelg ühtib veresoone pikiteljega. Endoteliotsüütidel on tavaliselt üks, harva kaks lamenenud tuuma. Rakumembraan külgpindadel moodustab rohkesti mitmesuguse kujuga väljeid, millel on naaberrakkude samasuguste struktuuridega lukkühendused. Endoteeli vaba pind on suhteliselt sile, see soodustab verevoolu. Kihi vigastuse korral võib moodustuda tromb. Endoteeli alla jääb basaalmembraan.

Teiseks intima kihiks on subendoteliaalkiht, mis koosneb põhiliselt sidekoest. Sidekoes on sidekoele omased rakuvormid: fibroblastid, makrofaagid. Lisaks sisaldab intima vähe diferentseerunud tähtrake, mis osalevad eelkõige füsioloogilises regeneratsioonis kui kambiaalsed rakud, olles võimelised diferentsima teisteks rakuvormideks. Reparatiivses regeneratsioonis on nende osatähtsus vähene.

Intimas leidub ka üksikuid silelihasrakke, mis on väga erinevalt diferentseerunud. Kiududest prevaleeruvad pikisuunas paigutunud kollageenkiud, kuid vähesel hulgal on ka elastseid kiude.

Teiseks ja kõige kompaktsemaks kestaks elastsetes arterites on meedia e keskkest. Selle kesta põhiliseks ehituskomponendiks on sidekude. Elastsetele arteritele on iseloomulikud kontsentriselt paigutunud tugevad elastsed membraanid meedias. Neid paari mikromeetri paksuseid membraane on noortel indiviididel aordis 40 – 50, eakamatel aga kuni 70. Meedia elastsetes membraanides on avad, mistõttu neid nimetatakse akendunud membraanideks. Avad soodustavad meedia troofikat difusiooni teel. Elastsete membraanidega on seotud silelihasrakud. Nende ülesandeks on elastsete membraanide asendi taastamine pärast veresoone seina väljavenitamist. Meedias leidub veel fibroblaste ja kollageen- ning elastseid kiude.

Kuna elastsete arterite seinas on vähe silelihasrakke, ei saa veresoonevalendiku diameeter muutuda oma ehituselementide arvel. Need veresooned funktsioneerivad elastse seinaga toruna, tagades katkematu verevoolu, vaatamata sellele, et süda paiskab süstoli ajal verd aorti pulseerivalt. Elastsed veresooned ei lase vererõhu soones ka kahe süstoli vahel langeda liiga madalale.

Kolmandaks arteriseina kestaks on väliskest e adventiitsia. Ka see koosneb sidekoest. Sidekoes moodustavad kollageenkiud tugevaid kimpe, mis kulgevad veresoone seinas põiki, moodustades toetava võrgustiku.

Arterite adventiitsias ja meedia välimises osas on soone seina toitvad veresooned – soontesooned (*vasa vasorum*). Need veresooned saavad alguse lähedal paiknevatest teistest arteritest või samast arterist, mille seina nad jäävad. Samasse piirkonda, kus on soontesooned, lokaliseeruvad ka lümfisooned. Närvikiud paiknevad seevastu kõikides

veresoonesina kestades, on nii müeliniseerunud (aferentseid) kui müeliniseerumata (eferentseid) närvikiude.

Lihaselised e muskulaarsed arterid on keskmised ja peenemad arterid, mis suunduvad organitesse ja kudedesse. Kõige peenemad lihaselised arterid on arterioolid.

Ka muskulaarsete arterite seinas on kolm kesta, kuigi peenemates arterites võivad kestad olla õhukesed, koosneda ainult ühest kihist rakkudest. Intima on kaetud basaalmembraanile kinnituva endoteeliga. Endoteeli alla jääb õhuke subendoteliaalkiht, mis koosneb peamiselt sidekoest. Rakkudest leidub subendoteliaalkihis sidekoe rakuvorme (fibroblast, makrofaag), vähe diferentseerunud kambiaalseid rakuvorme ja vähesel hulgal silelihaskude. Kiududest leidub peeneid kollageenseid ja elastseid kiude. Väiksemates lihaselistes arterites subendoteliaalkiht üldse puudub.

Intima ja meedia piiril paikneb muskulaarsetele arteritele iseloomulik sisemine elastne membraan, mõnel juhul isegi kaks sellist membraani kõrvuti. Sisemine elastne membraan puudub ainult peenemates arterioolides. Preparaadis on sisemine elastne membraan pikikurruline. Kui membraan puudub, on tema asemel elastsetest kiududest võrgustik. Subendoteliaalkihi puudumisel on endoteel ja basaalmembraan otseses kontaktis kas siis sisemise elastse membraaniga või seda asendava elastsetest kiududest võrgustikuga.

Ka muskulaarsetel arteritel on meedia kõige kompaktsem ja paksem kest. Ta koosneb silelihaskoest ja sidekoest. Põhiliseks komponendiks on siiski silelihaskude. Silelihaskiud kulgevad põhiliselt spiraalselt, kuid leidub ka väheseid pikisuunalisi ja tsirkulaarseid silelihaskiude. Lihaskiudude asendi põhjal siiski meedia kihte ei eristata. Silelihaskoe vahele jääb sidekude, milles on kollageenkiude ja elastsetest kiududest võrgustik. Viimane tagab ka muskulaarsetele arterite seinale küllaldase elastsuse.

Rohke silelihaskoe paiknemine muskulaarsete arterite seinas, eelkõige meedias, võimaldab seda tüüpi arteritel aktiivselt muuta valendiku diameetrit ja seeläbi ka vere hulka varustatavas piirkonnas. Sel viisil on võimalik reguleerida vererõhku, organi varustatust verega.

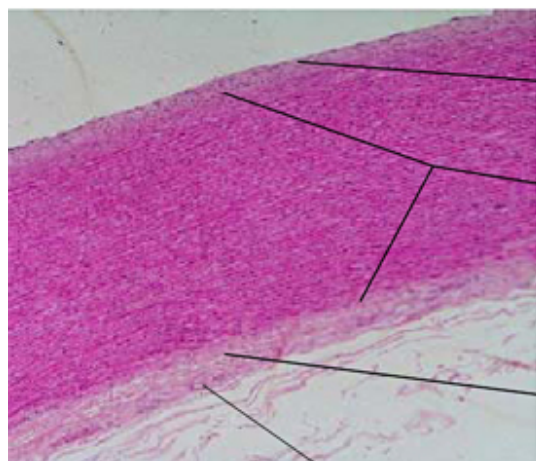
Muskulaarsete arterite väliskestas prevaleerib sidekude, milles sarnaselt elastsetele arteritele moodustuvad põiki kulgevad kollageenkiudude kimbud, tugevdades arteriseina. Kõrvuti kollageenkiududega esineb elastsetest kiududest võrgustik. Adventiitsia seesmises osas leidub ka silelihaskiude.

Osad lihaselistel arteritel on meedia ja adventiitsia vahel välimine elastne membraan, kuid selline membraan võib olla fragmenteerunud või üldse puududa. Adventiitsia sidekoes ja meedia välimises osas paiknevad soontesooned ja lümfikapillaarid. Närvikiud ulatuvad kõikidesse kestadesse. Arterivalendiku diameetrit reguleerib vegetatiivne närvisüsteem.

Segatüüpi arterid on üleminekuks elastsetelt arteritelt muskulaarsetele. Sellised on suures osas unearter, rangluualune arter. Ka segatüüpi arterite seinas on kolm kesta. Intima on kaetud endoteeliga, mille alla jääb sidekoeline subendoteliaalkiht. Meedias on rohkesti silelihaskude. Lihaskiud on põhiliselt spiraalse paigutusega, kuid leidub ka pikisuunalisi kiude. Silelihaskoe vahel on elastseid membraane, sidekude kollageensete kiududega. Arteri proksimaalsemas osas on esikohal elastsed membraanid, perifeersemaal aga suureneb silelihaskoe hulk, arter läheneb ehituselt muskulaarsetele arteritele. Väliskesta ehituses eelmiste tüüpidega võrreldes erinevusi ei ole.

Veresoonte preparaadid

Kõhuaort *Aorta abdominalis*
Hematoküliin-eosiin



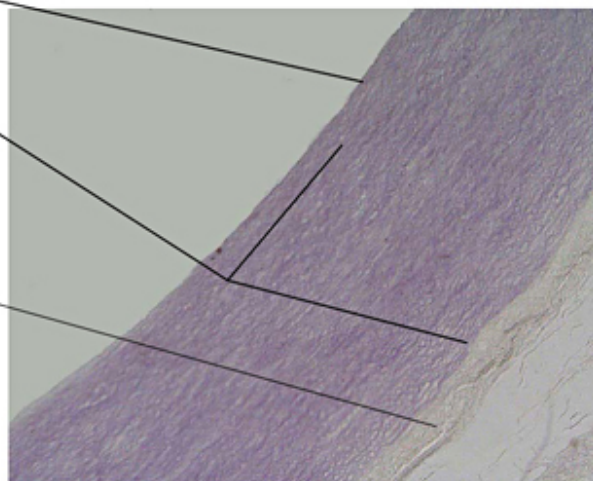
Intima
Tunica intima

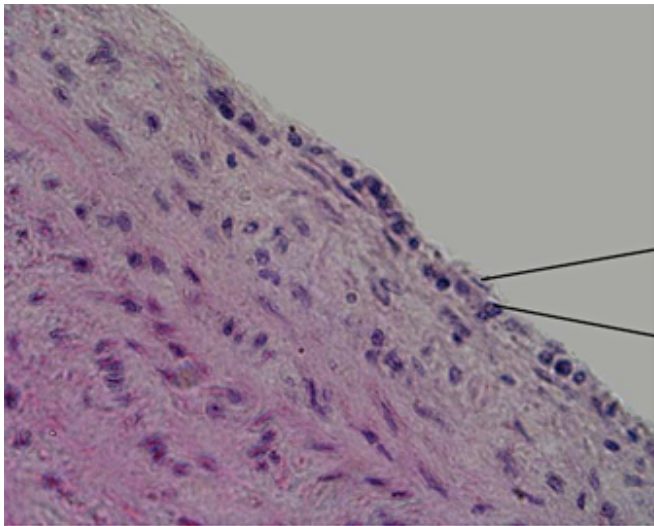
Meedia
Tunica media

Adventiitsia
Tunica externa
s. adventitia

Soonte sooned ja närvid
Vasa vasorum et nervi vasorum

Kõhuaort *Aorta abdominalis*
Resortsiiinfektsioon





Intima

Endoteel

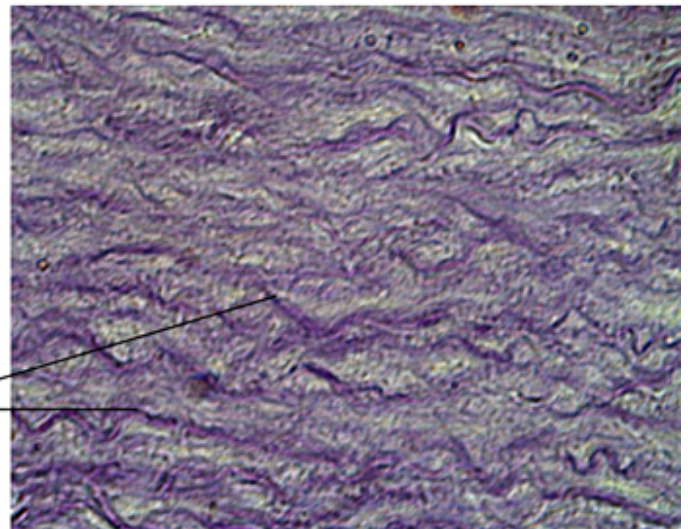
Endothelium

Subendoteliaalkiht

Langhansi tähtrakud

Stratum subendotheliale

Desmocytus stellatus Langhansi

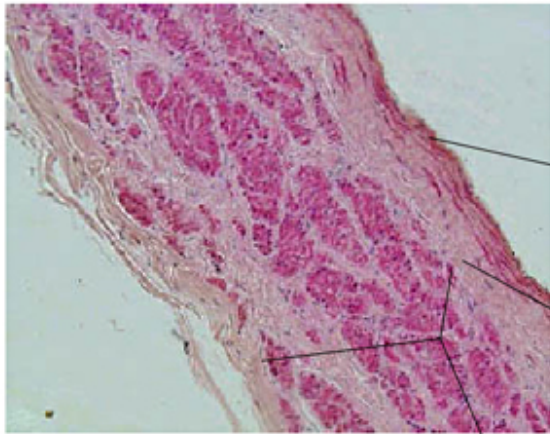


Media

Elastsed akendunud membraanid

Membranae fenestratae

Alumine õõnesveen *Vena cava inferior*
Hematoksüliin-eosiin

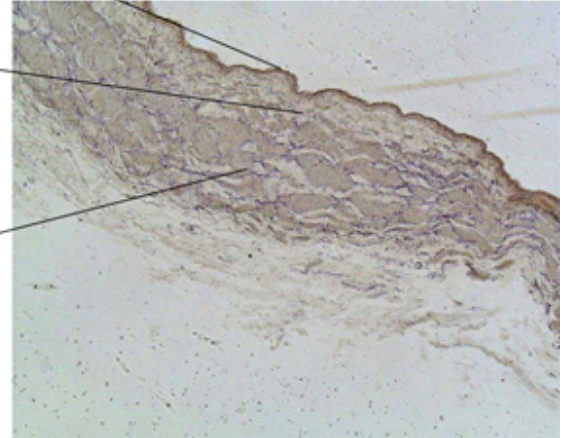


Intima
Tunica intima

Meedia
Tunica media

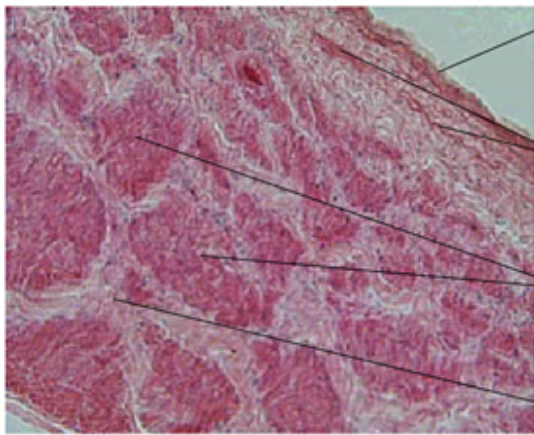
Adventiitsia
Tunica externa
s. adventitia

Alumine õõnesveen
Vena cava inferior
Resortsinfuksioon



Alumine õõnesveen *Vena cava inferior*
Hematoksüliin-eosiin

Alumine õõnesveen *Vena cava inferior*
Resortsinfuksioon

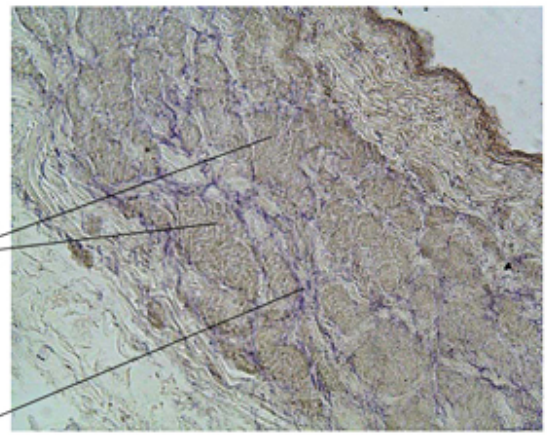


Intima
Endoteel
Endothelium

Meedia
Silelihasrakud

Adventiitsia
Silelihasrakkude
kimbud

Lihaskimpude-
vaheline
sidekude



Radiaalarter ja -veen

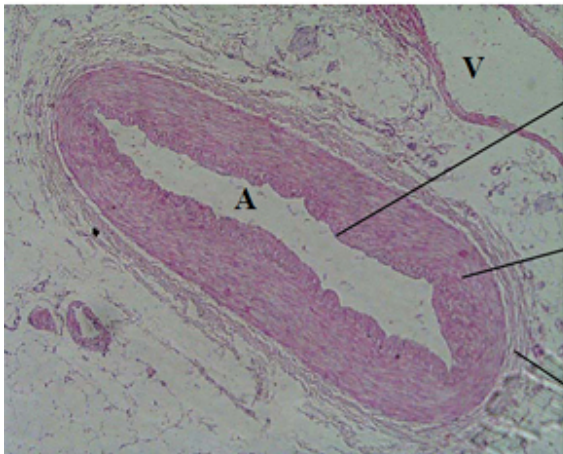
Arteria radialis et vena radialis

Hematoküliin-eosiin

Radiaalveen ja -arter

Vena radialis et arteria radialis

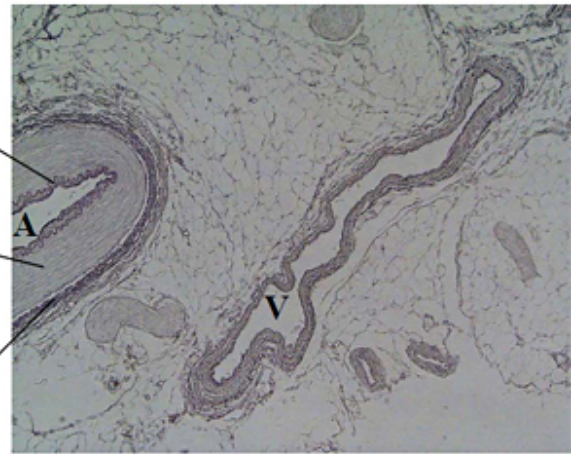
Resortsinfuksioon



Intima
Tunica intima

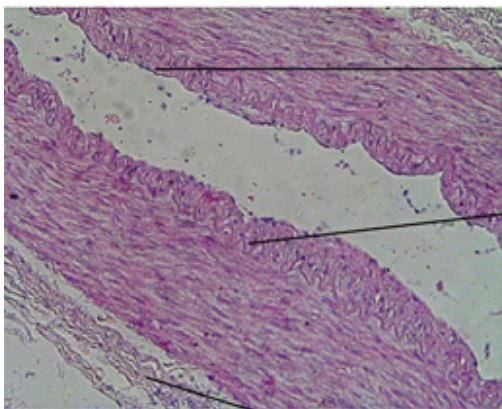
Meedia
Tunica media

Adventiitsia
Tunica externa s. adventitia



Radiaalarter *Arteria radialis*

Radiaalarter *Arteria radialis*

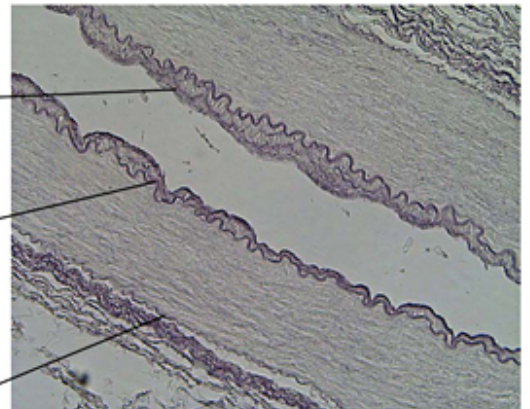


Intima
Endoteel
Endothelium

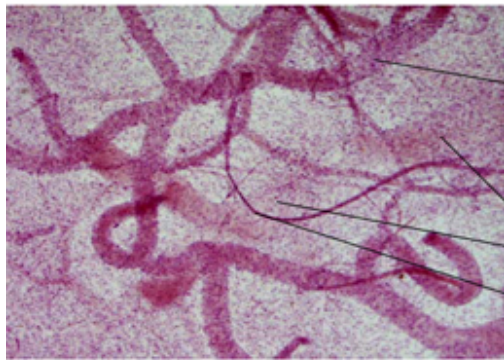
Sisemine elastne membraan
Membrana elastica interna

Meedia
Välimine elastne membraan
Membrana elastica externa

Adventiitsia
Tunica externa s. adventitia



Väikesed veresooned



Karmin

Arteriool

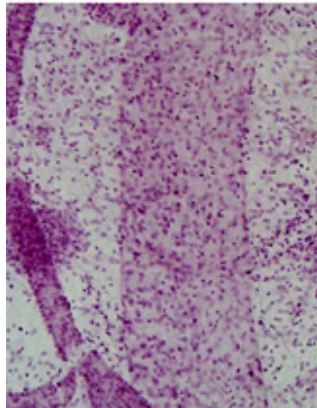
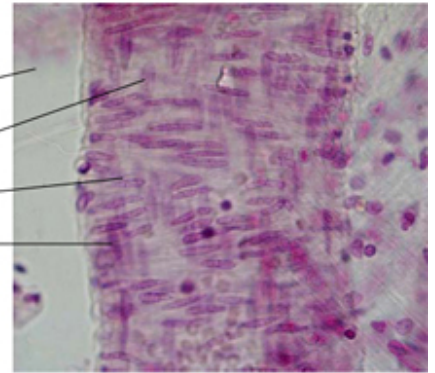
Endoteeliraku tuum

Lihसरaku tuum

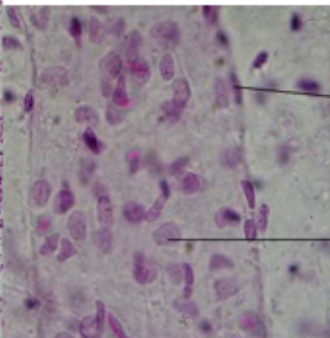
Adventitsiaalraku tuum

Veenul

Kapillaar

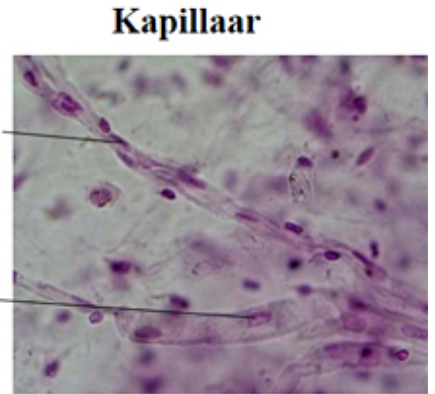


Veenul



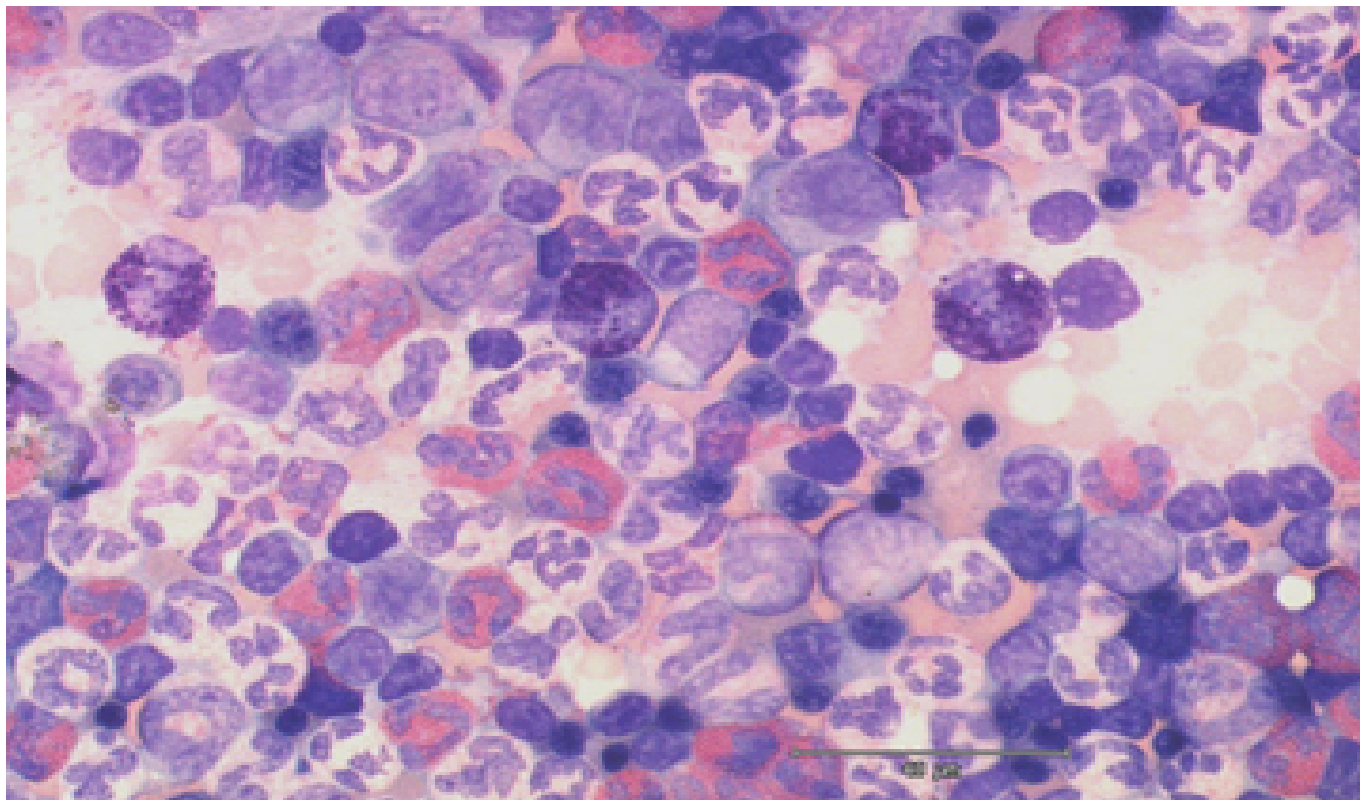
Adventitsiaalraku tuum

Endoteeliraku tuum



Kapillaar

Vereloomeorganid



Punase luuüdi äigepreparaat. Pappenheim.

Põrn *Lien. Splen*
Karmiin-pikroindigokarmiin



Kapsel e. kihn
Capsula s. tunica (fibrosa) lienis

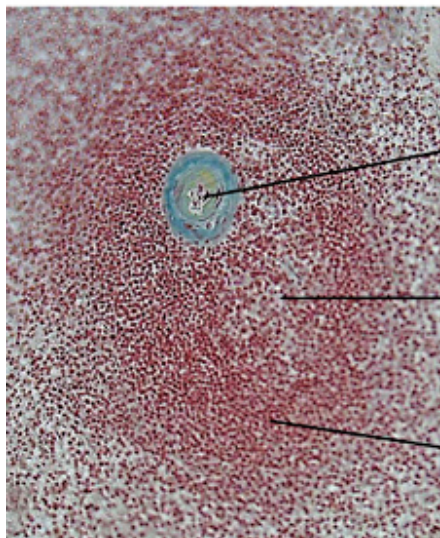
Trabeekul e. põrk *Trabeculum*

Valgepulp *Pulpa alba*

Malpighi põrnakehake e. folliikul e. sõlmeke
Corpusculum lienalis Malpighii s. folliculus (nodulus) lienalis

Punapulp *Pulpa rubra*

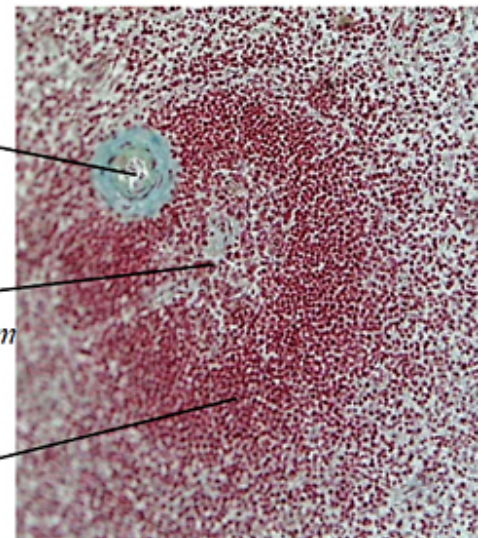
Põrnafolliikul ekstsentriliselt paikneva tsentraalarteriga



Tsentraal- e. follikulaar- e. sõlmekearter
A. centralis (follicularis, nodularis)

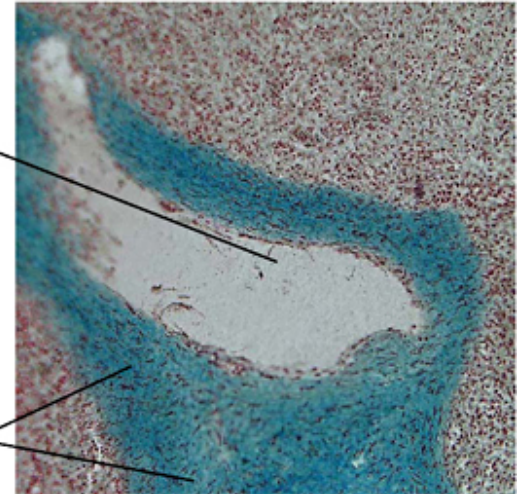
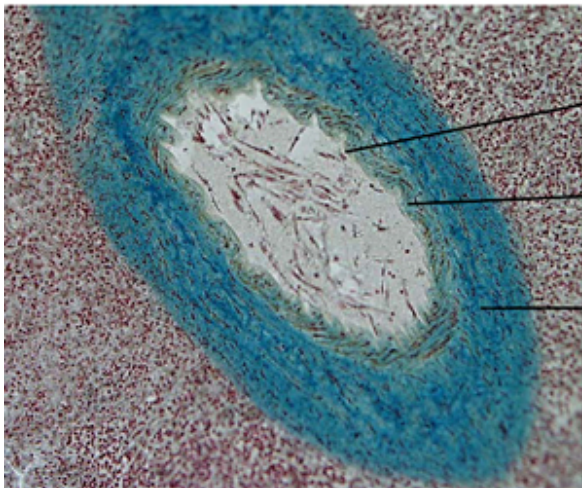
Hele e. idutsenter
Centrum lucidum s. germinativum

Folliikul e. sõlmeke



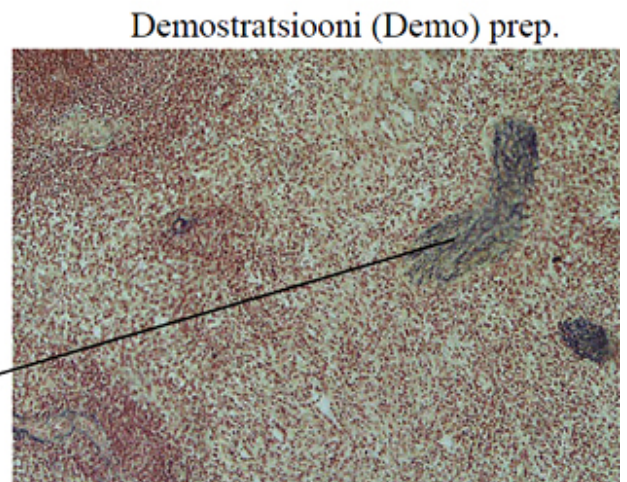
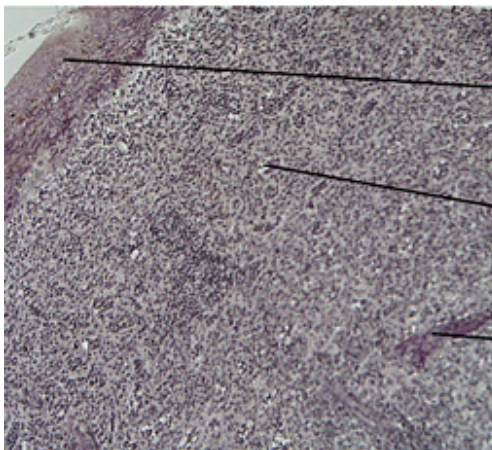
Trabekulaararter *A. trabecularis*

Trabekulaarveen *V. trabecularis*



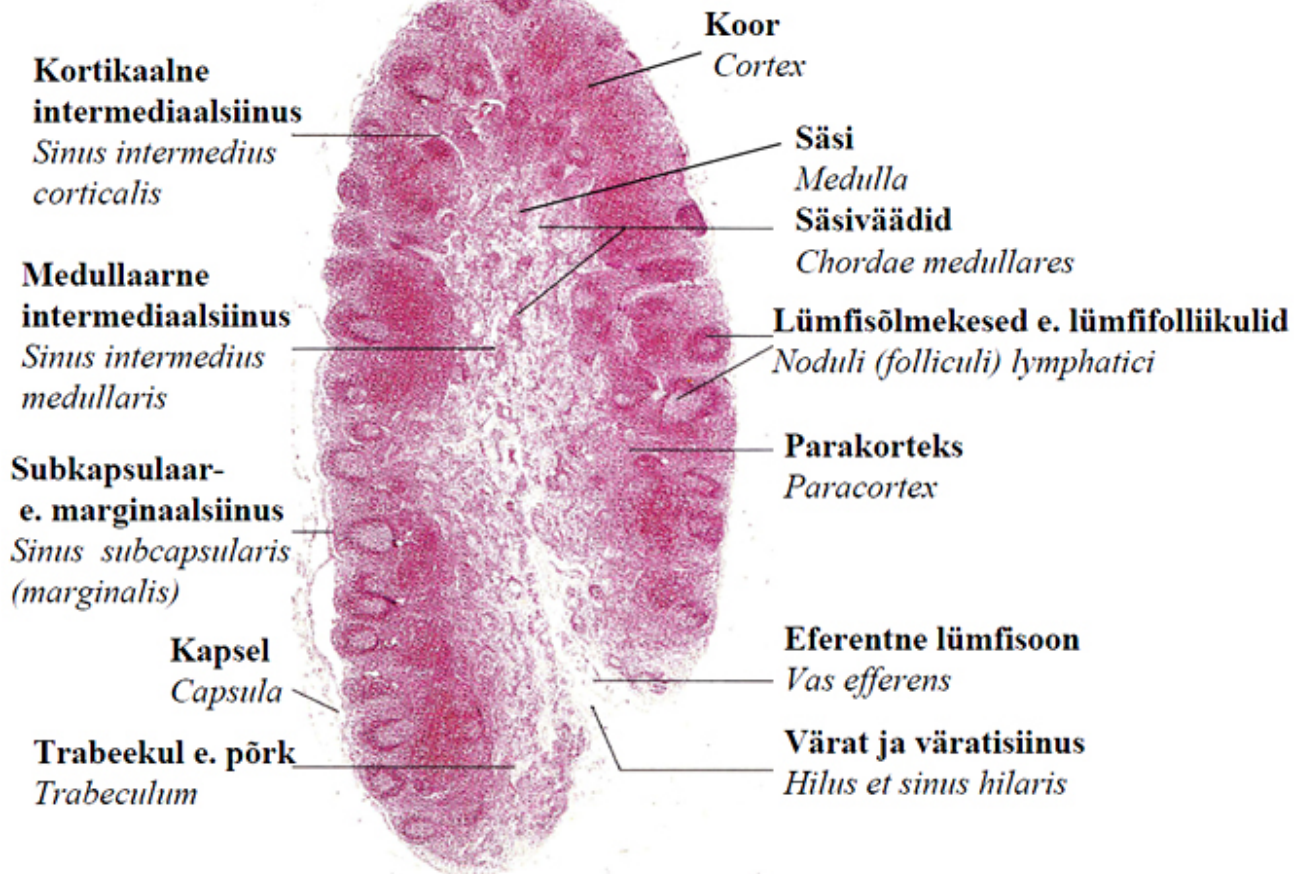
Intima
Meedia
Adventiitsia
Trabekulaarne
sidekude

**Põrna venoossed siinused *Sinus venosi lienales*
Resortsiiinfuksiin**



Kapsel
Punapulp
siinustega
Trabeekul

Lümfisõlm *Nodus lymphaticus* Hematoksüliin-eosin



Eritusorganid e kuseorganid (Organa urinaria)

- Neerud *Renes*
- Suured ja väiksed neerukarikad *Calices renales minores et majores*
- Neeruvaagen *Pelvis renalis*
- Kusejuha *Ureter*
- Kusepõis *Vesica urinaria*
- Ureetra *Urethra*

Üldiseloomustus

Neerud on retroperitoneaalselt paiknevad paarilised organid kaaluga 120 – 300gr. Neerude peamine ülesanne on uriini produktsioon – valikuline ainete eemaldamine vereplasmast ja sellele järgnev kontrollitud vee, ionide, soolade, suhkrute ja madalmolekulaarsete valkude reabsorptsioon. Inimese neerud on ligikaudu 10 cm pikad, 5 cm laiad ja 4 cm paksud. Pealt on neerud kaetud õhukese kiudsidekoelise kapsliga. Neer on kompaktne organ ja selles eristatakse perifeerselt paiknevat tumepruuni värvi koort (*cortex renis*) ja tsentraalselt paiknevat helepruunikat säsi (*medulla renis*). Koor moodustab neeruparenhüümi välimise kihi ja samuti neerusambaid (*columnae renales*), mis jäävad säsi ükstele – püramiidide (*pyramides renales*) vahele. Säsi moodustub 8 – 12 püramiidist, nendest tungivad kooreosasse säsiikiired (*stria medullares*). Iga püramiid koos tema kohal oleva kooreosaga moodustab neerusagara (*lobus renalis*). Kooreosagarikud (*lobuli corticales*) moodustuvad säsiikiirtest koos neid ümbritseva kooreosaga. Kooreosaga paiknevad neerukehakesed ja vääntuubulid. Neerude säsiosas paiknevad sirgtuubulid ja kogumistorukesed. Neerude põhiühikuks on nefron, neid struktuure on inimese organismis umbes 1 milj. Nefronil on kaks põhikomponenti: 1) glomeerul e päsmake; 2) kortikaalne ja medullaarne tuubulite süsteem. Ühe nefroni pikkus on 2-5 cm.

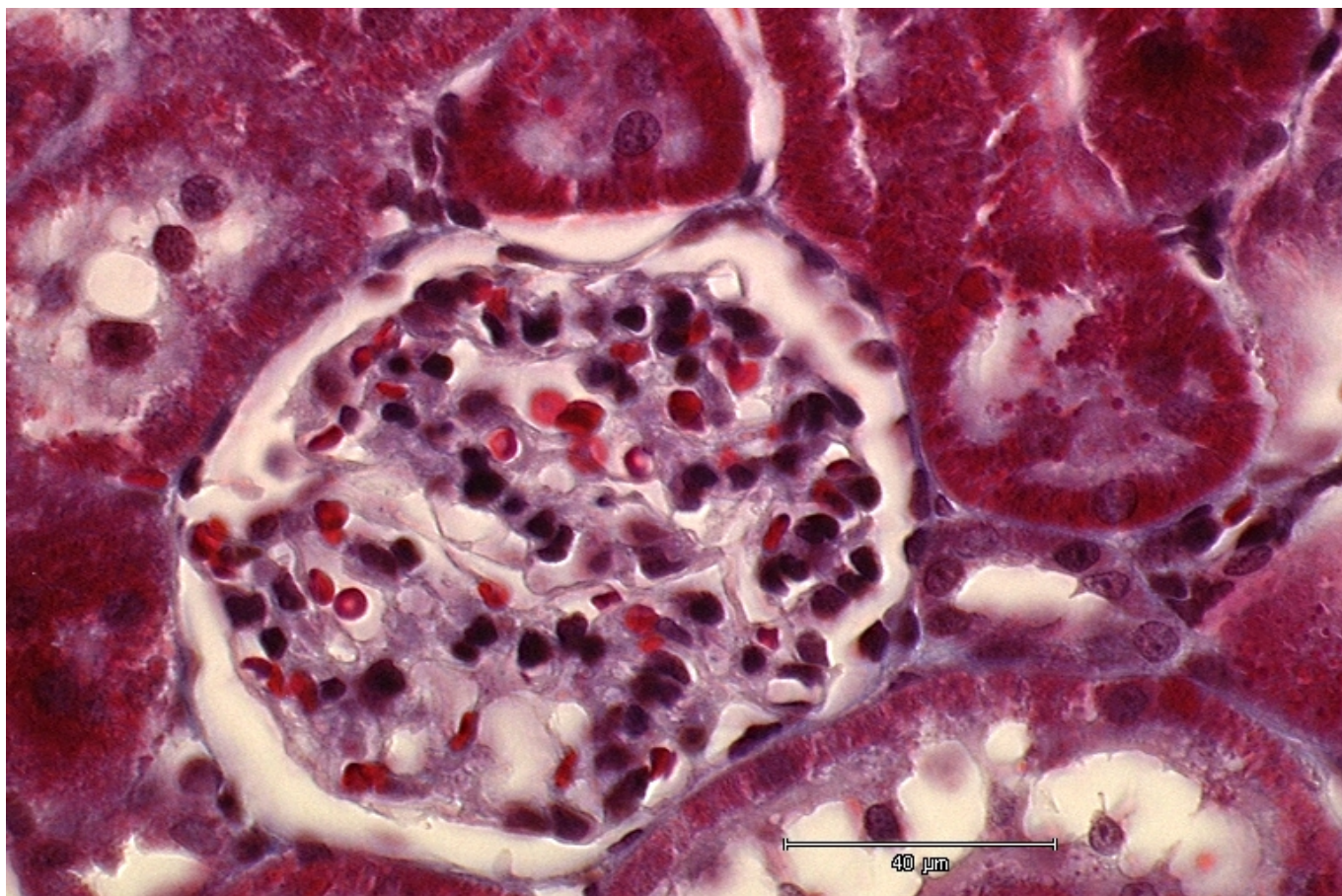
Nefroni osad:

- 1) Glomeerul teda ümbritseva kihnuga
- 2) Tuubulite süsteem
 - proksimaalne vääntuubul
 - proksimaalne sirgtuubul
 - ülejuhteosa (Henle lingu kitsas osa)
 - distaalne sirgtuubul
 - distaalne vääntuubul
 - nefroni distaaltuubulitele järgnevad kogumistorukesed ja kogumisjuhad

Neerukehake

Neerukehakesed on ümara või ovaalse kujuga struktuurid ja paiknevad neerus perifeerselt e koore. Neid ümbritseb Bowmani kapsel, kehakese keskel paikneb päsmake. Viimase moodustavad verekapillaarid ja mesangiaarakud. Mesangiaarakud osalevad fagotsütoosis, säilitavad basaalmembraani ja kindlustavad glomerulaarse verevoolu. Verekapillaaridel on väga paks glomerulaarne basaalne membraan ja viimane mängib neerudes väga olulist osa. Läbi selle barjääri ei pääse läbi suure molekulaarmassi ja diameetriga proteiinid. Glomerulaarse basaalse membraani moodustavad proteiin kollageen IV, laminin, fibronektiin, entaktin ja rida

proteoglükaane.



Masson Trichrome. M. Aunapuu preparaat

Proksimaalsed tuubulid

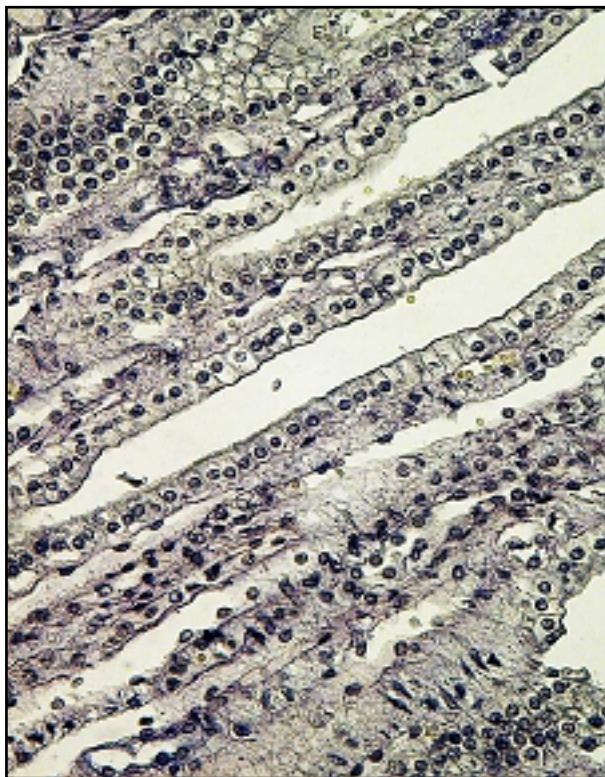
Proksimaalsed tuubulid koosnevad vähestest rakkudest (5-8) ja nende diameeter on 40-60 μm . Raku basaalses osas paiknevad rohkearvulised mitokondrid moodustavad seal basaalse jutilisuse. Raku apikaalsel pinnal on harjasääris, mille moodustavad mikrohatud. Harjasääris sisaldab palju aluselist fosfataasi mis on vajalik glükoosi tagasiimendumisel.

Distaalsed tuubulid

Distaalsed tuubulid on väiksema diameetriga, neis on rohkem madalamaid rake. Basaalne jutilisus raku alumises osas on nõrgemalt väljendunud. Rakkude apikaalsel osal on vähesel arvul mikrohatte. Tuum on tihed ja ümar, tsütoplasmas paiknevad hästi arenenud organellid.

Kogumistorukesed ja juhad

Kogumistorukesed järgnevad distaalsetele tuubulitele. Neid voorderavad kaks rakuliiki: heledad rakud (enamik) ja tumedad e kiilrakud. Suuremates juhades heledad rakud muutuvad kõrgemateks (isegi prismaatiliseks) ja samas kiilrakkude arv väheneb. Kogumistorukesed ja -juhad on olulised uriini lõplikul kontsentreerimisel (koos säsis olevate sirgveresoontega).



Kogumistorukesed pikilõikes. Van Gieson. M. Aunapuu preparaat