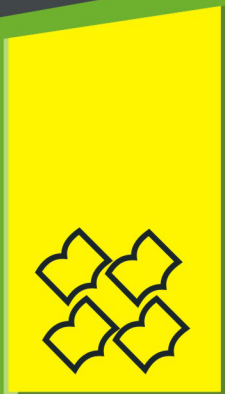




UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



MORFOLOGIJA ŽIVOTINJA

dr Dragan Žikić
dr Gordana Ušćebrka
dr Slobodan Stojanović



UNIVERZITET U NOVOM SADU,
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Dr Dragan Žikić

Dr Gordana Ušćebrka

Dr Slobodan Stojanović

MORFOLOGIJA ŽIVOTINJA

Novi Sad, 2016. god.

EDICIJA OSNOVNI UDŽBENIK

Osnivač i izdavač Edicije

*Poljoprivredni fakultet, Novi Sad,
Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad*

Godina osnivanja
1954.

Glavni i odgovorni urednik Edicije

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor,
Dekan Poljoprivrednog fakulteta.

Članovi Komisije za izdavačku delatnost

Dr Ljiljana Nešić, vanredni profesor, predsednik
Dr Branislav Vlahović, redovni profesor, član
Dr Milica Rajić, redovni profesor, član
Dr Nada Plavša, vanredni profesor, član

Autori

Dr Dragan Žikić, vanredni profesor
Dr Gordana Ušćebrka, redovni profesor
Dr Slobodan Stojanović, docent

Glavni i odgovorni urednik

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor,
Dekan Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu

Urednik

Dr Snežana Trivunović, vanredni profesor,
direktor Departmana za stočarstvo,
Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu

Tehnički urednik

Dr Dragan Žikić

Fotografija

Dr Dragan Žikić

Recenzenti

Dr Milica Matavulj, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet

Dr Zora Nikolić, redovni profesor u penziji
Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Izdavač

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava izdavač.

Štampa: Feljton, Novi Sad

Štampanje odobrila: Komisija za izdavačku delatnost,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Tiraž: 20

Mesto i godina štampanja: Novi Sad, 2016.

Nastavno-naučno veće Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, na V sednici održanoj dana 02.02.2016., odobrilo je izdavanje udžbenika „Morfologija životinja“ autora prof. dr Dragana Žikića, prof. dr Gordane Ušćebrke i doc. dr Slobodana Stojanovića.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Biblioteka Matice srpske, Novi Sad

636(075.8)

ŽIKIĆ, Dragan

Morfologija životinja /

Dragan Žikić, Gordana Ušćebrka, Slobodan Stojanović. - Novi Sad :
Poljoprivredni fakultet, 2015. - 187 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7520-361-2

1. Ušćebrka, Gordana [autor]

2. Stojanović, Slobodan [autor]

a) Veterinarska medicina

COBISS.SR-ID 297538567

PREDGOVOR

Morfologija životinja je udžbenik koji je pisan prema nastavnom programu predmeta Morfologija životinja koji se sluša na studijskom programu za stočarstvo. Pod pojmom morfologija u ovom udžbeniku se podrazumevaju različite discipline koje imaju za cilj izučavanje makroskopske i mikroskopske građe organa domaćih životinja, tela u celini, ali i embrionalnog razvoja. Shodno tome, u udžbeniku su obrađene sledeće discipline: citologija, histologija, anatomija i embriologija. Na ovaj način prikazana je sva kompleksnost građe ćelija, tkiva, organa, organskih sistema i organizma u celini.

Savremena stočarska proizvodnja i brojni izazovi koji se pred nauku i struku postavljaju zahtevaju od budućih naučnika i stručnjaka funkcionalno znanje iz oblasti morfologije životinja.

Naš udžbenik treba da posluži kao osnova za izučavanje drugih grana vezanih za stočarsku proizvodnju kao što su: fiziologija, opšte stočarstvo, ishrana, genetika, reprodukcija, konjarstvo, tehnologija govedarske proizvodnje, tehnologija svinjarske proizvodnje, tehnologija ovčarske i kozarske proizvodnje, tehnologija živinarske proizvodnje, mlekarstvo, poznavanje i kvalitet animalnih proizvoda i dr. Udžbenik je namenjen svima koji su zainteresovani za morfologiju životinja, kako studentima drugih smerova i disciplina tako i onima koji su svoje studije završili.

Svesni da ovaj udžbenik ima nedostataka, da može biti bolji, autori će na svim primedbama, predlozima i sugestijama biti izuzetno zahvalni i istrajati u želji da mu u narednim izdanjima poboljšaju kvalitet.

Zahvaljujemo se svima koji su svojim učešćem na bilo koji način pomogli izradu ovog udžbenika, a naročito recenzentima prof. dr Zori Nikolić i prof. dr Milici Matavulj.

Autori

SKRAĆENICE

a., aa.	<i>arteria, arteriae</i>	arterija, arterije
art., artt.	<i>articulatio, articulationes</i>	zglob, zglobovi
for., forr.	<i>foramne, foramina</i>	otvor, otvori
gl., gll.	<i>glandula, glandulae</i>	žlezda, žlezde
lig., ligg.	<i>ligamentum, ligamenta</i>	ligament, ligamenti
ln., lnn.	<i>lymphonodus, lymphonodi</i>	limfni čvor, limfni čvorovi
m., mm.	<i>musculus, musculi</i>	mišić, mišići
n., nn.	<i>nervus, nervi</i>	nerv, nervi
v., vv.	<i>vena, venae</i>	vena, vene
µm		mikrometar
ACTH		Adenokortikotropni hormon
ADP		Adenozin-difosfat
ATP		Adenozin-trifosfat
DNK		Dezoksiribonukleinska kiselina
FSH		Folikulostimulirajući hormon
LH		Luteinizirajući hormon
RNK		Ribonukleinska kiselina
STH		Somatotropin, hormon rasta
T3		Trijodtironin
T4		Tiroksin
TSH		Tireostimulirajući hormon

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. CITOLOGIJA.....	4
3. HISTOLOGIJA	22
4. LOKOMOTORNI SISTEM – SISTEM ORGANA ZA KRETANJE	46
5. ANGIOLOGIJA – <i>ANGIOLOGIA</i>	93
6. NERVNI SISTEM – <i>SYSTEMA NERVOSUM</i>	108
7. ENDOKRINE ŽLEZDE – <i>GLANDULAE ENDOCRINAE</i>	113
8. ČULA – <i>ORGANUM SENSUM</i>	118
9. KOŽA – <i>INTEGUMENTUM COMMUNE</i>	125
10. TELESNE ŠUPLJINE I UTROBA	131
11. SISTEM ORGANA ZA VARENJE – <i>ORGANA DIGESTORIUM</i>	135
12. SISTEM ORGANA ZA DISANJE – <i>APPARATUS RESPIRATORIUS</i>	155
13. MOKRAĆNI ORGANI – <i>ORGANA URINARIA</i>	162
14. POLNI ORGANI – <i>ORGANA GENITALIA</i>	168
15. OSNOVI EMBRIOLOGIJE.....	181

1. UVOD

Opšte o morfologiji

Morfologija je grana biologije koja se bavi proučavanjem izgleda i strukture organizama, kao i njihovim specifičnim strukturnim karakteristikama. Proučavanje obuhvata spoljašnji izgled (oblik, struktura, boja, građa), kao i oblik i strukturu unutrašnjih delova, kao što su kosti i organi. Razlika između morfologije i fiziologije ogleda se u tome što fiziologija prvenstveno izučava funkcionisanje, a morfologija građu i strukturu organizma.

Reč "morfologija" je grčkog porekla $\mu\omicron\rho\phi\acute{\eta}$, $\mu\omicron\rho\phi\acute{\eta}$ = oblik i $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$, $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$ = nauka. Biološki koncept morfologije su nezavisno razvili književnik i naučnik Johan Volfgang fon Gete (1790) i anatom i fiziolog Karl Fridrih Burdah (1800).

Grane morfologije su:

- komparativna morfologija – proučavanje strukture organizma različitih vrsta na osnovu taksonomskih karakteristika;
- funkcionalna morfologija – proučava vezu između strukture i funkcionisanja organizma ili pojedinih delova i
- eksperimentalna morfologija – proučava uticaj spoljnih faktora na građu organizma i strukturu organizma u eksperimentalnim uslovima.

Oblast morfologije obuhvata:

- citologiju – oblast koja se bavi izučavanjem ćelija;
- histologiju – oblast koja se bavi izučavanjem tkiva;
- embriologiju – oblast koja se bavi izučavanjem razvika organizma od oplodnje do rođenja i
- anatomiju – oblast nastalu sa ciljem upoznavanja građe živih organizama.

Reč anatomija vodi poreklo od grčke reči *Anatome* = seći popreko. Anatomija, kao disciplina koja se bavi izučavanjem oblika i građe, deli se na sledeće oblasti:

- Sistematska ili deskriptivna – opisuje oblik i građu organa po sistemima (respiratorni, digestivni, urinarni ...),
- Topografska anatomija – opisuje položaj i međusobni odnos organa unutar organizma,
- Makroskopska – izučava oblik i građu koja se može videti golim okom,

- Mikroskopska – koja građu izučava primenom adekvatne opreme za uvećavanje (mikroskopima).

Poreklo života

Danas, kao i u ranijem periodu, značajna naučna polemika se vodi oko nastanka života na Zemlji. Glavni pravci ove polemike odnose se na teorije inteligentnog dizajna i abiogeneze, a sam razvoj na kreacionizam i evoluciju.

Međutim, za sada, jedini naučni pristup ovoj temi su abiogeneza i evolucija.

Za abiogenezu, odnosno stvaranje žive materije od nežive, postoje dokazi koji se eksperimentalnim putem mogu dokazati.

Po ovoj teoriji, nastajanju žive materije prethodila je dugotrajna evolucija neorganskih i organskih molekula, a direktno je vezana za sam nastanak Zemlje i uslove koji su tada vladali. Momenat koji je presudan za nastanak života je nastanak organskih jedinjenja, tačnije aminokiselina.

Nastanak života kroz nastanak koacervatnih kapljica objasnio je ruski biohemičar Aleksandr Ivanovič Oparin, 1920. godine, a svoju teoriju publikovao u delu *Poreklo života* (1924). Zatim su, 1953. godine, Stenli Miler i Harold Uri publikovali rezultate svog eksperimenta, gde su, imitirajući u laboratoriji uslove koje je opisao Oparin, potvrdili nastanak aminokiselina. Godine 1959. naučnici Severo Očoa i Artur Kronberg dobijaju Nobelovu nagradu za „njihovo otkriće mehanizma biološke sinteze ribonukleinske i dezoksiribonukleinske kiseline”. U eksperimentima koje je sprovodio 60-ih i 70-ih godina prošlog veka, Sidni Foks je ukazao na mogućnost spontanog nastanka proteina u uslovima koji su bili u ranoj istoriji Zemlje. Pokazao je da aminokiseline mogu sponatno da formiraju male peptide, a da aminokiseline i mali peptidi mogu stvarati proteoidne mikrosfere koje pokazuju mnoge osnovne karakteristike "života".

Funkcionisanje živih organizama

Najznačajniji momenat za održavanje života bila je mogućnost biosinteze – enzimski-katalisan proces u ćelijama živih organizama kojim se supstrat konvertuje u kompleksnije proizvode. U biosintezi osnovnih organskih jedinjenja učestvuju elementi: ugljenik, vodonik, kiseonik, azot, fosfor, sumpor. Pored njih, od velikog značaja su i kalcijum, magnezijum, gvožđe i drugi elementi. Strogo regulisanim odnosima

ovih elemenata, u procesu biosinteze nastaju organska jedinjenja kao što su ugljeni hidrati, masti, proteini, nukleinske kiseline.

U živoj ćeliji se neprekidno odvija ogroman broj hemijskih reakcija. Skup svih hemijskih procesa, odnosno, ukupan promet materije i za materiju vezane energije naziva se metabolizam.

Metabolizam karakterišu dva osnovna procesa:

- anabolizam i
- katabolizam.

Anabolizam predstavlja sintezu složenih jedinjenja iz prostih, uz potrošnju energije, npr. fotosinteza, sinteza proteina itd. *Katabolizam* su reakcije razgradnje složenih jedinjenja na prosta, uz oslobađanje energije, a tu se ubrajaju procesi kao što su disanje, varenje i dr. U ćeliji se neprekidno odvijaju tesno povezani procesi razlaganja organske materije uz oslobađanje energije i sinteza složenih sastojaka ćelije uz utrošak energije.

Pošto se anabolizam neprekidno odvija (ćelija neprekidno vrši sintezu proteina, šećera, masti i dr.), ćelija ima stalnu potrebu za energijom. Živa ćelija, bez obzira na vrstu organizma, energiju dobija oksidacijom organskih jedinjenja, tj. njihovim sagorevanjem (što pripada kataboličkim procesima). Organska jedinjenja se lagano i postepeno oksiduju tako da se energija iz njih oslobađa sporo, delom u vidu toplote, a delom kao hemijska energija (ATP) koju ćelija može da koristi u procesu anabolizma.

Po načinu dobijanja organskih molekula, koji služe kao izvor energije, živa bića se dele u dve velike grupe:

- autotrofe i
- heterotrofe.

Autotrofni organizmi su sposobni da vrše fotosintezu (ili hemosintezu), da sunčevu energiju (ili hemijsku energiju) iskoriste za sintezu organskih materija koje će im služiti za dobijanje energije. *Heterotrofni organizmi* uzimaju gotove organske materije hranom i sagorevanjem tih materija obezbeđuju potrebnu energiju. Hrana heterotrofa direktno ili indirektno potiče iz organskih materija nastalih fotosintezom.

Po složenosti, organizmi se dele na jednoćelijske i višećelijske. Jednoćelijski organizmi su nastali kao rezultat vrlo složene organizacije i specijalizacije odgovarajućih ćelija za samostalan život. U cilju prilagođavanja uslovima životne sredine razvijale su se organele neophodne za održavanje osnovnih funkcija:

unošenje hranljivih materija, ishranu, razmenu materija sa okolinom, kretanje itd.

Višećelijski organizmi su nastali objedinjavanjem specifično diferenciranih ćelija organizovanih u tkiva i organe, koji zajedno čine jednu celinu. Svaka ćelija višećelijskog organizma, međutim, predstavlja nezavisnu organizacionu jedinicu. Evolucija višećelijskih organizama je posledica veoma složenih procesa, kao što su determinacija, indukcija, induktivna interakcija, diferencijacija, specijalizacija i dr.

2. CITOLOGIJA

Istraživanje raznovrsnosti živog sveta se prevashodno odnosi na raznovrsnost ćelija koje čine njegove osnovne strukturne i funkcionalne delove. Izučavanjem građe ćelija, pokazalo se da se sve ćelije mogu podeliti na prokariotske i eukariotske. I pored činjenice da se u daljem tekstu malo govori o prokariotskim ćelijama, važno je naglasiti da se većina današnjih saznanja o eukariotima bazira na proučavanju prokariota.

PROKARIOTSKE ĆELIJE

Prokariotske (grč. *pro*, pre + *karyon*, jedro) ćelije su manje od mikrometra (μm), ali pojedine mogu biti i 3 μm . U poređenju sa eukariotima imaju jednostavnu strukturu. Nemaju jasno diferencirano jedro, izdvojeno membranom od ostalog dela ćelije. Nemaju, takođe, mnoge membranske strukture koje se nalaze kod eukariotskih ćelija. Pored toga, prokariotske ćelije nemaju razvijen ni poseban sistem za razmnožavanje, jer se dele jednostavnom deobom na dva dela.

Posebno dobro razvijeni deo prokariotskih ćelija je ćelijski zid koji je bogat ugljenim hidratima i aminokiselinama. Ispod zida se nalazi membrana sa brojnim uvratima – mezozomima koji imaju za cilj da povećaju ukupnu površinu. Membrana je složene strukture, a obavlja veliki broj funkcija koje kod eukariota ostvaruju organele unutar same ćelije (npr. ćelijsko disanje). Prokariotske ćelije su bakterije, mikoplazme i plavo-zelene alge.

Bakterije

Bakterije su jednoćelijski organizmi sposobni za razmnožavanje i transformaciju materije i energije. Kao i ostali prokarioti, imaju jedan hromozom koji je nosilac genetskih informacija i predstavlja džinovski molekul dezoksiribonukleinske kiseline (DNK). Bakterije se sastoje od *nukleoplazme*, *bakterioplazme*, *plazmine membrane* i *zida*.

Nukleoplazma je predeo u kome je smeštan molekul DNK. Ovaj predeo je poznat i kao nukleoid i nije membranom odvojen od ostalog dela bakterioplazme.

Bakterioplazma, odnosno citoplazma bakterija, je predeo koji se nalazi između nukleoida i plazmine membrane. U bakterioplazmi se nalaze

organele: ribozomi, odnosno poliribozomi, mezozomi, zatim rastvorljiva neorganska i organska jedinjenja, prekursori nukleinskih kiselina, proteina, masne kiseline, glukoza, fosfatna jedinjenja bogata energijom itd.

Plazmina membrana bakterija je lipoproteinske prirode i ima ulogu u procesima ćelijskog disanja. Na plazminoj membrani i mezozomima koji od nje nastaju nalazi se enzimski sistem koji učestvuje u dobijanju adenozin trifosfata (ATP), jedinjenja bogatog energijom, neophodnog za metaboličke procese.

Zid ćelija je kompaktan omotač oko plazmine membrane sa značajnom ulogom u zaštiti unutrašnjosti bakterije i održavanju osmotske ravnoteže. To je čvrsta i elastična tvorevina građena od ugljenih hidrata i aminokiselina – peptidoglikana.

Do sada je poznato 8.000 bakterijskih vrsta, a 30 vrsta su opasne po zdravlje ljudi i životinja.

Najbolje istražena bakterija je *Escherichia coli* (*E. coli*). Dužine je oko 2 μm , širine oko 1 μm . Sadrži nekoliko hiljada različitih vrsta molekula. Po biohemijskom metabolizmu *E. coli* je veoma slična eukariotskim ćelijama biljaka i životinja. Po strukturi *E. coli* ima štapićast oblik. Ima tipičan ćelijski zid, a ispod plazminu membranu. Membrana formira mezozome. Može imati jedan ili nekoliko nukleoida. Svaki nukleoid ima jedan kružni molekul DNK. Od organela zastupljeni su i ribozomi, neophodni za sintezu proteina.

Mikoplazme su prokarioti malih dimenzija (od 0,2 μm do 0,3 μm) i mnogo jednostavnije građe od bakterija. Za razliku od bakterija, ne poseduju ćelijski zid. DNK može biti končastog ili kružnog oblika i poseduje deset puta manju količinu genetskog materijala u odnosu na bakterije. Smanjena količina genetskog materijala ima za posledicu značajno manju sposobnost biosinteza i objašnjava neophodnost veze sa domaćinom. Sadrži i značajno manje ribozoma. Kod mikoplazme, u plazminoj membrani se nalaze steroli, neophodni za stabilizaciju same membrane. Sterole usvaja iz sredine, najčešće iz holesterola domaćina. Mikoplazme izazivaju disajne poremećaje kod ljudi i životinja, ali mogu biti uzrok i drugih vrsta infekcija.

Virusi su najsitniji organizmi, veličine od 20 do 250 nanometara (nm). Sastoje se iz dve

komponente – nukleinske kiseline i proteinskog omotača. Pored činjenice da poseduju genetski materijal, o virusima se ne govori kao o živim organizmima, već kao organizmima koji se nalaze na prelazu između živog i neživog.

EUKARIOTSKE ĆELIJE

Eukariotske (grč. *eu*, dobar + *karyon*, jedro) ćelije mogu biti jednoćelijski organizmi, kao što su praživotinje i jednoćelijske alge ili ćelije od kojih su sastavljena tkiva i organi mnogoćelijskih organizama. Eukariotske ćelije su veće od prokariotskih i imaju jasno izraženo jedro okruženo jedrovom membranom. U citoplazmi se nalaze brojne membranozne strukture.

Eukariotske ćelije se nalaze i kod biljaka i životinja. Najveći broj organela i struktura se nalazi i kod biljnih i kod životinjskih ćelija. Međutim, između biljnih i životinjskih ćelija postoje značajne razlike. Životinjske ćelije poseduju male valjkaste organele, centriole, koje se nalaze u blizini jedra. Ove organele su zadužene za stvaranje produžetaka za kretanje (treplje i bičevi) i struktura značajnih za deobu ćelija. Većina biljnih ćelija nema ove organele (poseduju ih samo neke vrste algi). Druga razlika je postojanje hloroplasta. Hloroplasti se nalaze samo u biljnim ćelijama i njihova uloga je značajna u procesu fotosinteze. Treće, membranu biljnih ćelija obavlja čvrsti celulozni ćelijski zid (Tabela 2.1).

U daljem tekstu ovog udžbenika, kada se govori o ćelijama, isključivo se misli na eukariotske, životinjske ćelije.

Morfologija ćelija

Prilikom opisivanja ćelija, moraju se razmotriti njihove sledeće karakteristike: oblik, broj, veličina, polarnost i specijalizovanost.

Oblik ćelija

Različito oblika ćelija je velika i približna broju tipova ćelija. Zbog velike različitosti ćelija ne može se definisati „tipičan“ oblik. Generalno, ćelije se posmatraju kao zaobljenje ili sferične. Česti oblici su i: ovalni, kockasti, cilindrični, diskoidni, poligonalni itd. Oblik ćelija, prevashodno, zavisi od funkcionalne adaptacije, delimično od površinske tenzije i viskoznosti citoplazme. Na oblik ćelija utiče i mehanička veza sa susednim ćelijama i rigidnost plazmine membrane. Ćelije koje imaju ulogu u kontrakciji su izduženog ili vretenastog oblika. Ćelije koje prenose nadražaje (nervne ćelije) su zvezdastog oblika sa dugim nastavcima. Ćelije koje se nalaze pod pritiskom drugih ćelija, a imaju sekretornu funkciju, su peharastog oblika. Pojedine ćelije mogu menjati svoj oblik, recimo makrofage.

Broj ćelija

Organizam domaćih životinja se sastoji iz ogromnog broja ćelija. Smatra se da je to red veličina 10^{14} . Samo u jednom kubnom mililitru krvi domaćih životinja nalazi se od 6 do 13 miliona eritrocita. Broj umrlih i nastalih ćelija u jednom danu broji se milijardama.

Veličina ćelija

Veličina ćelija varira. U organizmu životinja, najčešća veličina ćelija iznosi od 10 do 30 μm . Veličina ćelija može biti i znatno veća. Kod nervnih ćelija, produžeci mogu biti dugi i preko metar, dok je jajna ćelija noja duga 17 cm, a

Tabela 2.1. Poređenje prokariotske i eukariotske ćelije

Karakteristika	Prokariotska ćelija	Eukariotska ćelija
Jedrova membrana	-	+
DNK	Slobodna i kružna	Vezana sa proteinima
Hromozomi	Pojedinačni	U parovima
Jedarce	-	+
Deoba	Amitoza	Mitoza ili mejoza
Ribozomi	70s(50s+30s)	80s(60s+40s)
Endoplazmin retikulum	-	+
Mitohondrije	–, respiratorni enzimi u naborima plazmine membrane	+
Hloroplasti	-	+
Egzocitoza i endocitoza	-	+

široka 13,5 cm. Generalno, veličina ćelije je u korelaciji sa njenom funkcijom i nije u vezi sa veličinom organizma. Dva značajna faktora ograničavaju veličinu ćelije:

- Nukleocitoplazmatski odnos.
 - o Jedro kontroliše aktivnosti ćelija sintezom proteina koji nastaju nakon sinteze RNK. U velikim ćelijama potreba za proteinima, a sam tim i RNK, je velika. S obzirom da je količina DNK u ćeliji konstantna, kontrola aktivnosti od strane jedra je ograničena i moguća do određene veličine ćelije. Zato ćelije, nakon postizanja određene veličine, prestaju sa rastom.
- Površina.
 - o Male ćelije imaju veću površinu po jedinici zapremine i povećanjem veličine ćelija dolazi do smanjenja odnosa površine i zapremine. Velike ćelije zahtevaju više hranljivih materija i kiseonika za metabolizam koji u ćeliju ulaze preko površine. Ovo znači da površina utiče na sposobnost razmene materije sa okolinom i predstavlja razlog zašto su manje ćelije metabolički aktivnije.

Polarnost

Polarnost ćelija predstavlja karakteristiku definisanu položajem ćelija u odnosu na ostale ćelije i položaj organela unutar nje. Položajem pojedinih organela unutar ćelije određen je pravac aktivnosti ćelije (apsorpcija, sinteza, sekrecija ...). Sve ćelije koje leže na bazalnoj membrani ili ulaze u sastav epitela su visokopolarizovane (epitelne, žlezdane).

Specijalizovanost ćelija

Za svaku ćeliju u organizmu postoji tačno određena uloga. Ta uloga se određuje u procesu diferencijacije. Diferencijacija se odvija u toku ontogenetskog razvića i predstavlja morfološku i fiziološku promenu ćelije ili grupe ćelija. Morfološke i fiziološke promene nastaju kao posledica biosinteze specifičnih proteina, odnosno aktiviranja specifičnih gena. Sintezom specifičnih proteina (strukturnih ili regulatornih) ćelije menjaju svoj izgled i/ili dobijaju ulogu koju će u organizmu vršiti. Na primer, ćelije koje razvijaju kontraktilne proteine imaju ulogu u procesu kontrakcije – mišićne ćelije; one koje poseduju enzime neophodne za sintezu specifičnih produkata koji se izlučuju iz ćelije imaju sekretornu ulogu – žlezdane ćelije itd.

Danas je u organizmu životinja prepoznato oko 250 tipova specijalizovanih ćelija.

GRADA EUKARIOTSKIH ĆELIJA

Ćelije se sastoje iz dva osnovna elementa – citoplazme (grč. *kytos*, ćelija + *plasma*, nešto oblikovano) i jedra ili nukleusa (lat. *nux*, orah). Termin protoplazma se odnosi na oba elementa. Citoplazma i jedro su dva potpuno različita elementa, ali zajedno funkcionišu u cilju održavanja ćelije i, samim tim, funkcionisanja celog organizma (Slika 2.1).

Jedro

Jedro (lat. *nucleus*, grč. *karyon*) predstavlja membranom odvojeni deo ćelija koji sadrži genetske informacije. Sve informacije o strukturi i funkciji se nalaze smeštene u jedru. Osnovni nosilac informacija je nukleinska kiselina – dezoksiribonukleinska kiselina (DNK), od čije strukture zavise vrste sintetisanih proteina. S obzirom da su svi enzimi i veliki broj gradivnih (strukturnih) elemenata upravo proteinske prirode, preko njih DNK utiče na građu i funkciju ćelije. Odnosno, koje proteine će ćelija stvarati zavisi od aktivacije pojedinih gena, odnosno delova DNK.

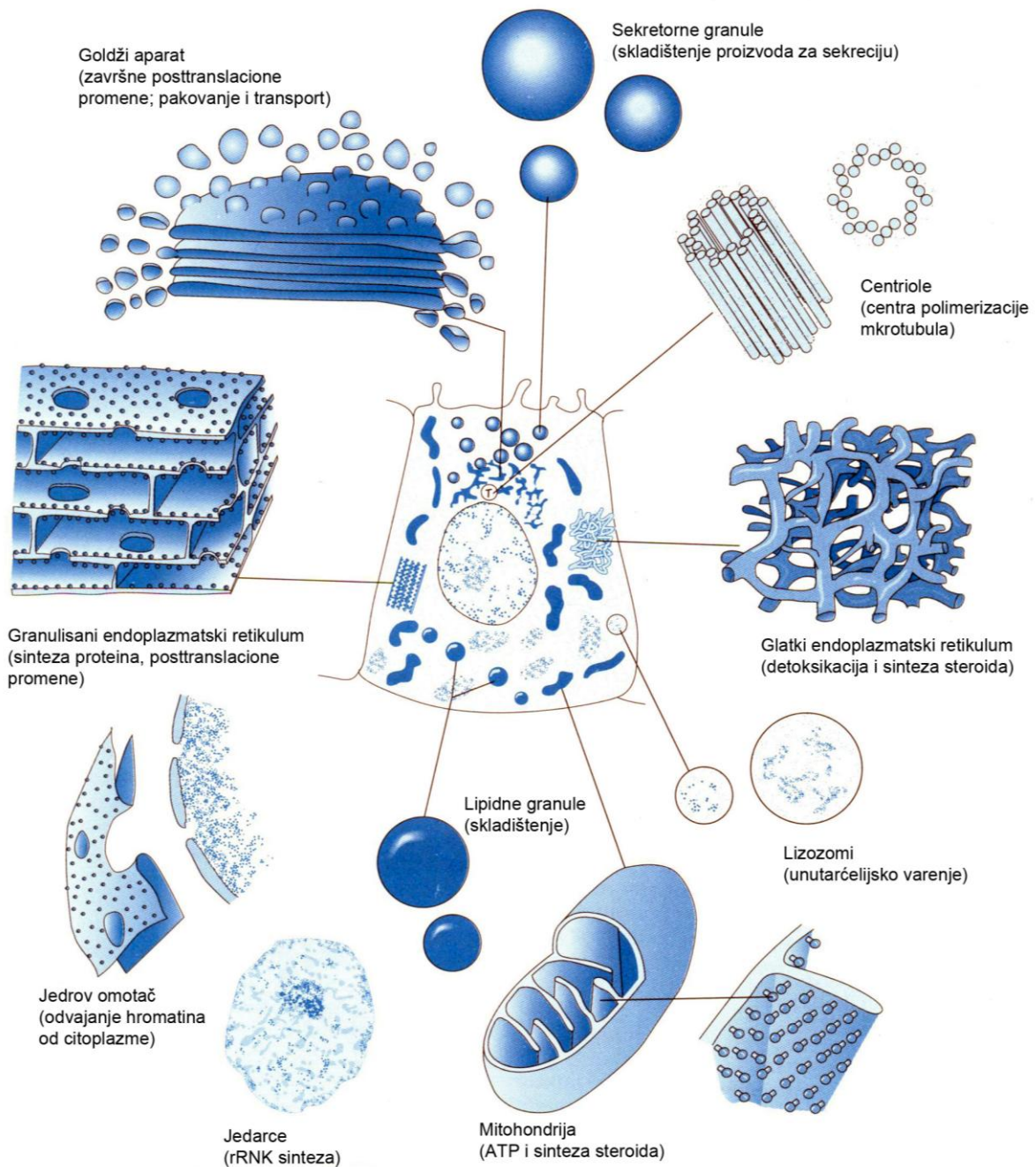
Broj jedara. Jedro je prisutno u svim ćelijama, osim u eritrocitima sisara i u ćelijama površinskog sloja epidermisa (keratinociti). Većina ćelija poseduje jedno jedro. Međutim, postoje ćelije koje imaju dva jedra i nazivaju se dvojedarne ili binukleusne ćelije. Primer za ove ćelije su ćelije jetre – hepatociti, kao i neke ćelije srca – kardiomiociti. Ćelije mogu imati i više jedara, a tada govorimo o višejedarnim ćelijama ili polinukleusnim. U ove ćelije spadaju poprečno-prugaste mišićne ćelije i osteoklasti.

Oblik jedra. Načešći oblik jedra kod ćelija je okrugao ili ovalan. Ali oblik može zavistiti od vrste, oblika i funkcije ćelije. Režnjevito jedro je kod granulocita, pasuljastog oblika kod monocita, kupinastog oblika kod megakariocita. Glatkomišćne ćelije u fazi relaksacije imaju izduženo jedro, dok se u fazi kontrakcije jedro uvija. Kod ćelija, metabolički aktivnijih, na jedru se javljaju udubljenja i izbočine, u cilju povećanja ukupne površine.

Položaj jedra. U zavisnosti od oblika i tipa ćelija, a često i od funkcionalnog stanja ćelije, položaj jedra se razlikuje. Najčešće je jedro postavljeno u centralnom delu, ali kod nekih ćelija (masnih ćelija, poprečno-prugastih mišićnih ćelija) može

biti i na periferiji. Kod polarizovanih ćelija, jedro može biti apikalno, bazalno, centralno ili lateralno postavljeno.

Veličina jedra. Dijametar jedra se kreće u intervalu od 5 do 10 μm i u korelaciji je sa veličinom ćelija. Odnos volumena jedra i volumena ćelije predstavlja nukleocitoplazmatski odnos i vrednost ovog odnosa je kod metabolički aktivnijih ćelija veća.



Slika 2.1. Šematski prikaz “tipične” ćelije sisara (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 8).

Struktura jedra

Jedra kod ćelija koje nisu u deobi se sastoje od hromatina, jednog ili više jedaraca, jedrovog omotača, jedrovog skeleta i nukleoplazme. U toku deobe ćelija struktura jedra se menja: nestaje jedarce, gube se jedrov skelet i membrana, a hromatin se kondenzuje i nastaju hromozomi.

Hromatin. Hromatin je kompleks koji se sastoji od DNK i proteina. Molekul DNK je polimer koji se sastoji od dvostrukog niza nukleotida koji su u obliku heliksa, obavijeni jedan oko drugog. Svaki nukleotid se sastoji od šećera dezoksiriboze, fosforne grupe i jedne od četiri baze (adenin, guanin, timin, citozin). Veza između lanaca se ostvaruje slabim vodoničnim vezama koje se formiraju između baznih parova i to adenin – timin i guanin – citozin. Osnovna jedinica strukture hromatina je nukleozom. Nukleozom se sastoji od četiri vrste histonskih proteina oko kojih je obavijeno 166 baznih parova DNK. Dva susedna nukleozoma su povezana sa 48 baznih parova. Pored histonskih, za hromatin se vežu i nehistski proteini. Nukleozomi, kao osnovne jedinice strukture, se uvijaju oko osovine i formiraju strukturu od po šest nukleozoma. Tako formirana struktura naziva se hromatinsko vlakno. Do daljeg usložnjavanja strukture dolazi pri ćelijskim deobama i tada, daljom kondenzacijom hromatina, nastaju hromozomi.

U jedrima hromatin nije iste homogenosti, što rezultira različitim intenzitetom bojenja sa baznim bojama. Na mestima gde je hromatin kondenzovaniji bojenje je intenzivnije i ta mesta predstavljaju *heterohromatin*, a svetlije obojeni deo hromatina ukazuje na manju kondenzaciju i naziva se *euhromatin*.

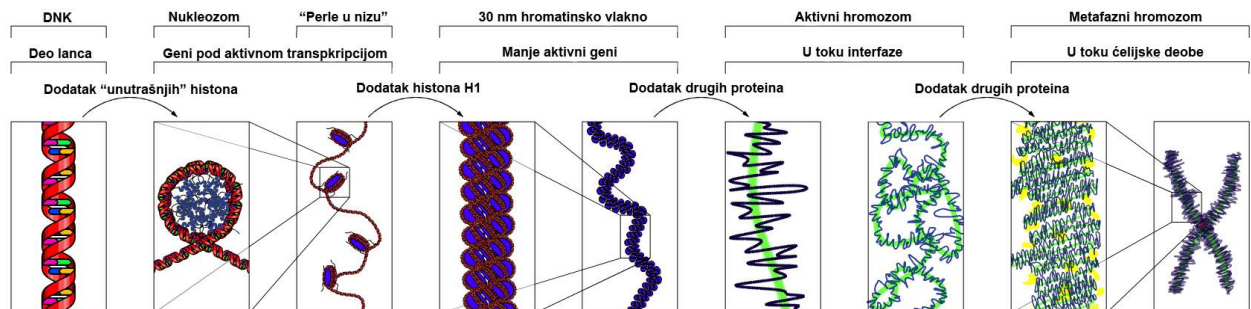
Heterohromatin odražava neaktivne delove hromatina u kojima je genetski materijal gusto

upakovan, a geni neaktivni. Heterohromatin je dominantniji u metabolički manje aktivnim ćelijama. U većini ćelija heterohromatin je raspoređen na tri lokacije: a) uz unutrašnju jedrovu membranu, b) neposredno uz jedarce i c) u obliku grudvica rasut po nukleoplazmi.

Euhromatin predstavlja mesta na kojima su lanci DNK razmotani ili slabije spiralizovani. Na tim mestima se vrši transkripcija i replikacija DNK i predstavlja aktivne delove hromatina. Jedra u kojima dominira euhromatin označavaju se kao euhromatična jedra i karakteristična su za metabolički aktivne ćelije (Slika 2.2).

Jedarce. Jedarce (*nukleolus*) je loptasta struktura jedra odgovorna za formiranje ribozomskih subjedinica. Građena je od rRNK i proteina. U jedarcetu se uočavaju tri regiona i to: nukleolusni organizacioni region, fibrilarni region i globularni region. Nukleolusni organizacioni region nalaze se na sekundarnim suženjima hromozoma i predstavljaju gene za rRNK. Fibrilarni region ili *pars fibrilaris* predstavlja upakovane lance rRNK, dok globularni region ili *pars granularis* se sastoji od granula budućih ribozoma, tzv. nezreli ribozomi. Veličina i broj jedaraca zavise od vrste ćelije i stepena aktivnosti ćelije. Metabolički aktivnije ćelije, kao i ćelije koje se intenzivno dele imaju veći broj jedaraca. Zbog potreba za brzi transport između jedarceta i citoplazme, jedarca su često u blizini jedrovog omotača.

Jedrov omotač. Jedro obavijaju dve paralelne membrane između kojih se nalazi perinukleusni prostor, širine 40–70 nanometara (nm). Pomenute dve membrane i prostor između njih čine jedrov omotač. Membrana koja je u kontaktu sa citoplazmom naziva se spoljašnja membrana i na njoj se nalaze ribozomi. U kontaktu je sa endoplazminim retikulumom, tako da perinukleusni prostor komunicira sa



Slika 2.2. Struktura hromatina

šupljinama endoplazminog retikuluma. Unutrašnja membrana jedra je u kontaktu sa nukleoplazmom. Uz unutrašnju membranu priljubljena je i proteinska, fibrozna struktura, odnosno nukleusna lamina. Za proteine nukleusne lamine vezani su hromozmi, odnosno periferni heterohromatin. Na mestima jedrovog omotača gde se spoljašnja i unutrašnja membrana spajaju, nalaze se kružni otvori koji omogućavaju komunikaciju između jedra i citoplazme, a nazivaju se **jedrove pore**. Broj jedrovih pora varira i zavisi od vrste i aktivnosti ćelija, a može se kretati od nekoliko desetina do nekoliko hiljada. Jedrove pore nisu obični otvori, već su oktaogonalni proteinski kompleksi koji sadrže više od 100 različitih proteina. S obzirom da jedrov omotač nije propustljiv za jone i molekule svih veličina, razmena između jedra i citoplazme se vrši kroz jedrove pore.

Jedrov skelet. Jedrov skelet čine unutrašnja jedrova membrana i mikrofibrili. Unutrašnja jedrova membrana ima ulogu u potpori i održavanju oblika jedra, stabilizaciji jedrovih pora i vezu sa hromatinom. Sastoji se od ukrštenih filamenata, dijametra oko 10 nm. Druga komponenta jedrovog skeleta su mikrofibrili, proteinske niti potopljene u nukleoplazmu. Povezani su sa nukleusnom laminom i grade trodimenzionalnu mrežu. Uloga ove trodimenzionalne mreže je, pored potpore, i organizacija komponenta jedra, kao i kretanje makromolekula kroz nukleoplazmu.

Nukleoplazma. Nukleoplazma ili jedrov matriks je polutečna, osnovna supstanca jedra. U njoj su uronjeni hromatin, jedno ili više jedaraca, kao i jedrov skelet. Sastoji se od vode, proteina, jona, metabolita i kompleksa nukleinskih kiselina i polipeptidnih lanaca.

Citoplazma

Citoplazma predstavlja tečni deo ćelije i sastoji se od citosola, odnosno matriksa u kome se nalaze organele, inkluzije, makromolekuli, organske i neorganske soli, joni. Citoplazma je podeljena membranama na pojedine celine koje imaju ulogu u regulisanju prometa molekula i jona. Celine predstavljaju mesta sa specifičnim uslovima neophodnim za odvijanje pojedinih biohemijskih procesa. Citoplazma je sa spoljašnjom sredinom povezana plazminom membranom.

Organele se mogu podeliti na organele sa membranom i organele bez membrane. Organele sa membranom su granulisani i agranulisani

endoplazmin retikulum, goldži kompleks, mitohondrije, lizozomi, peroksizomi.

Organele bez membrane su mikrotubuli, mikrofilamenti, centriole, ribozomi. Mikrotubuli i mikrofilamenti su elementi citoskeleta (Slika 2.1).

Ribozomi

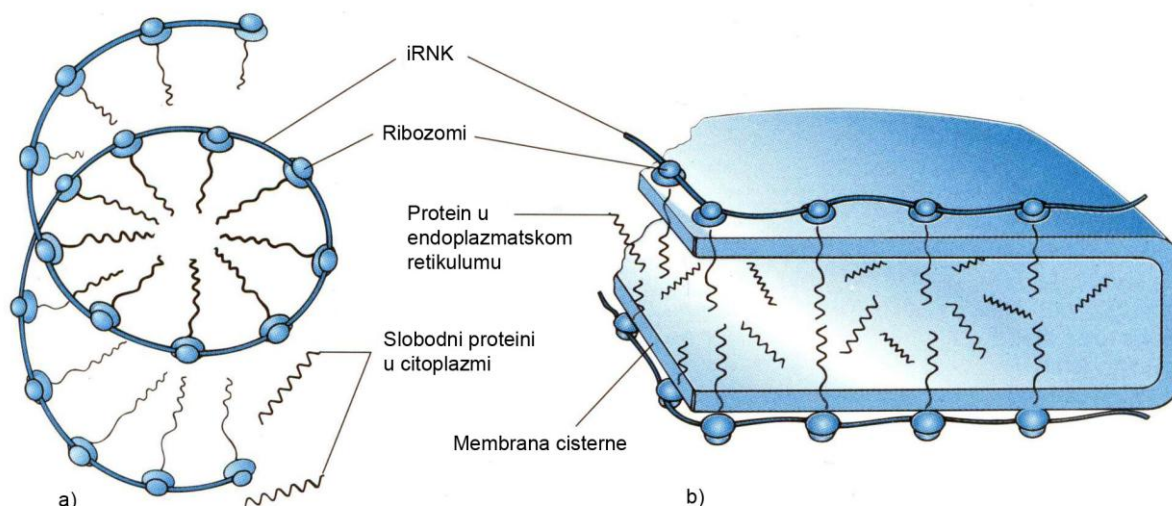
Ribozomi su ćelijske organele uključene u proces sinteze proteina. To su sitne organele, dimenzije oko 20 x 30 nm, prisutne u svim ćelijama osim eritrocita. Sastoje se iz dva dela (subjedinica) građenih od ribozomalne RNK i preko 70 strukturnih proteina i enzima. Manja subjedinica se sastoji od jednog molekula rRNK, dok veća subjedinica sadrži 3 molekula rRNK.

Ribozomalne RNK obe subjedinice se sintetišu u jedru. Brojni proteini koji učestvuju u građi ribozoma se sintetišu u citoplazmi, a zatim kroz jedrove pore ulaze u jedro. U jedru se udružuju i sa rRNK i formiraju subjedinice. Subjedinice tada izlaze iz jedra (kroz jedrove pore) i ulaze u citoplazmu. U citoplazmi, spajanjem male i velike subjedinice, formira se pukotina kroz koju klizi iRNK. Na ovaj način nastaju aktivni ribozomi uključeni u proces sinteze proteina.

Vezivanjem više ribozoma za jedan lanac iRNK nastaju poliribozomi (polizomi). Broj ribozoma koji se veže za jedan lanac iRNK može biti od 3 do 15. Pored mesta na ribozomima za vezivanje iRNK, postoje i dva mesta za vezivanje transportnih RNK (A i P mesto). Poliribozomi mogu biti slobodni u citoplazmi ili vezani za endoplazmin retikulum. Na slobodnim poliribozomima stvaraju se proteini koji ostaju u ćeliji kao strukturne ili funkcionalne komponente. Na poliribozomima koji se vežu za endoplazmin retikulum sintetišu se proteini koji će biti sastavni deo plazmine membrane i mebrana svih organela, proteini koji se u vidu vezikula deponuju u samoj ćeliji i proteini koji će biti izlučeni van ćelije (Slika 2.3).

Endoplazmin retikulum

Endoplazmin retikulum (ER) je sistem unutarćelijskih šupljina koje su od citoplazme odvojene sopstvenom membranom. Šupljine mogu biti cevaste (tubuli), ovalne (vezikule) i spljoštene (cisterne), ali mogu predstavljati i kombinaciju pomenutih oblika. S obzirom da se ove šupljine granaju, grade složenu mrežu sa jedinstvenim lumenom.



Slika 2.3. Organizacija ribozoma. a) ribozomi vezani za lanac iRNK, sintetizovani proteini se nalaze u citoplazmi; b) ribozomi vezani za endoplazmatski retikulum, sintetisani proteini se nalaze unutar cisterne (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 13).

U pogledu strukture i funkcije, endoplazmin retikulum se deli na dve vrste: a) granulisan ER (gER), na čijoj membrani se nalaze ribozomi i b) agranulisan (glatki) ER (aER), na čijoj se membrani ne nalaze ribozomi. I pored činjenice da se uloge ova dva ER preklapaju, sinteza proteina je moguća samo u gER (Slika 2.4).

Granulisan endoplazmin retikulum – gER

Granulisan endoplazmin retikulum u većoj meri je razvijen u ćelijama specijalizovanim za sekreciju proteina. Membrane gER predstavljaju nastavak spoljašnje jedrove mebrane, a šupljina gER komunicira sa perinukleusnim prostorom. Za membrane gER pričvršćeni su poliribozomi koji membrani ove organele daju granulisan izgled. Ribozomi se vezuju za membranu usled prisustva specifičnih membranskih proteina (riboforina I i riboforina II) koji su prisutni kod gER.

Glavna funkcija gER je sinteza proteina koji nisu namenjeni za funkcije u citoplazmi. Pored ovoga, u gER se odvijaju i procesi glikolizacije glikoproteina, sinteza fosfolipida, spajanje lanaca višelančanih proteina i post-translacione promene sintetisanih polipeptida. Proteini sintetisani u gER se mogu deponovati u ćeliji, privremeno deponovati do momenta izlučivanja iz ćelije i ugraditi u druge membrane. U nekim ćelijama proteini mogu dugo biti deponovani u cisternama gER i dovesti do stvaranja proširenja. Ta proširenja na membrani gER predstavljaju transportne vezikule koje se stapaju sa cisternama Goldži aparata i na taj način prenose novosintetisan protein.

Granulisan ER sadrže sve ćelije (osim eritrocita), a zastupljenost zavisi od funkcije same ćelije. Granulisan ER je naročito prisutan u žlezdanim ćelijama koje sintetišu produkte proteinske prirode (ćelije adenohipofize, pankrociti). Pored žlezdanih ćelija, gER se nalazi i u ćelijama koje sintetišu komponente ćelijskog matriksa (fibroblasti, hondroblasti, osteoblasti), ali i ćelije koje sintetišu specifične proteine, recimo imunoglobuline (plazmociti).

Agranulisan endoplazmin retikulum – aER

Glatki, agranulisan ER takođe ima izgled mreže membrana unutar citoplazme, ali se, u odnosu na gER, razlikuje po nepostojanju ribozoma na površini. Za razliku od gER, cisterne su cevastog (tubularnog) izgleda međusobno dobro povezane. Agranulisan ER se nastavlja na gER i povezan je sa cisternama Goldžijevog kompleksa. Agranulisan ER je uključen u različite specijalizovane aktivnosti ćelije. Osnovna uloga je biosinteza lipida i transport materija unutar ćelije. U ćelijama koje sintetišu steroidne hormone aER zauzima veliki deo citoplazme. Agranulisan endoplazmin retikulum je, takođe, dobro razvijen i u ćelijama u kojima se odvijaju procesi oksidacije, konjugacije i metilacije, odnosno denaturacije hormona i neutralisanja štetnih materija. U aER se sintetišu i fosfolipidi koji su sastavni deo svih ćelijskih membrana. Ovaj ER ima ulogu u metabolizmu ugljenih hidrata jer sadrži enzim glukozo-6-fosfatazu.

Iz pobrojanih funkcija, može se zaključiti da je ova organela važna za svaku ćeliju, ali najzastupljenija je u ćelijama koje sintetišu

steroidne hormone (recimo, ćelije kore nabubrežne žlezde i polnih žlezda – semenici i jajnici) i ćelija koje vrše detoksikaciju i metabolizam ugljenih hidrata (ćelije jetre). Agranulisani ER se nalazi i kod skeletnih i srčanih mišićnih ćelija. U ovim ćelijama se naziva sarkoplazmin retikulum i uključen je u procese prometa Ca^{2+} jona, neophodnih za kontrakcije mišićnih ćelija.

Goldžijev aparat

Goldži aparat (kompleks) predstavlja membransku organelu u kojoj se završavaju post-translacione modifikacije proizvoda koje je ćelija sintetisala. Organela se sastoji od cisterni glatkih membrana. Kod Goldžijevog kompleksa, kao organele, uočava se morfološka i funkcionalna polarizovanost, odnosno postojanje konveksne i konkavne strane. Konveksna strana se naziva formirajuća ili *cis* strana. Konkavna strana se naziva maturirajuća ili *trans* strana. Putem transportnih vezikula koje nastaju od ER, proizvodi sinteze dospevaju do *cis* strane Goldžijevog aparata. Nakon njihovog spajanja, dolazi do modifikacije sadržaja transportnih vezikula unutar cisterni Goldžijevog aparata, a tako modifikovani molekuli se oslobađaju formiranjem granula na *trans* strani ove organele. Na *trans* strani dolazi do razvrstavanja i pakovanja molekula u određene granule. Kod visko polarizovanih ćelija ova organela se nalazi između jedra i apikalnog dela ćelijske membrane. Uloga Goldžijevog kompleksa je u procesima glikozilacije, sulfatacije, fosforilacije, kao i delimične razgradnje proteina. Pored ovih uloga, Goldži aparat učestvuje u formiranju organela koje su ograničene membranom, a to su lizozomi, vakuole i sekretorne granule (Slika 2.5).

Lizozomi

Lizozomi (grč. *lysis*, rastvaranje + *soma*, telo) su membranom ograničene organele koje sadrže hidrolitičke enzime, sa ulogom unutarćelijskog varenja. Iako se vrste enzima razlikuju u zavisnosti od vrste ćelije, najčešći enzimi su kisele fosfataze, ribonukleaze, dezoksiribonukleaze, proteaze, lipaze, sulfataze i β -glukuronidaze. Lizozomi su loptastog oblika, a na osnovu funkcionalnih karakteristika dele se na primarne, sekundarne i tercijarne lizozome.

Primarni lizozomi nisu direktno uključeni u procese indigestije, već služe za skladištenje i transport hidrolitičkih enzima. Hidrolitički enzimi lizozoma mogu da razlože većinu

biomolekula, bez obzira da li potiču iz ćelije ili van nje. Sama ćelija se od hidrolitičkih enzima iz lizozoma štiti stabilnom membranom samih lizozoma. Ova membrana sadrži visoko glikolizovane proteine koji su otporni na delovanje proteolitičkih enzima samih lizozoma. Na taj način membrana sprečava da enzimi „iscure“ i svare sastojke sopstvene citoplazme. Veličina primarnih lizozoma se kreće od 5 do 50 nm.

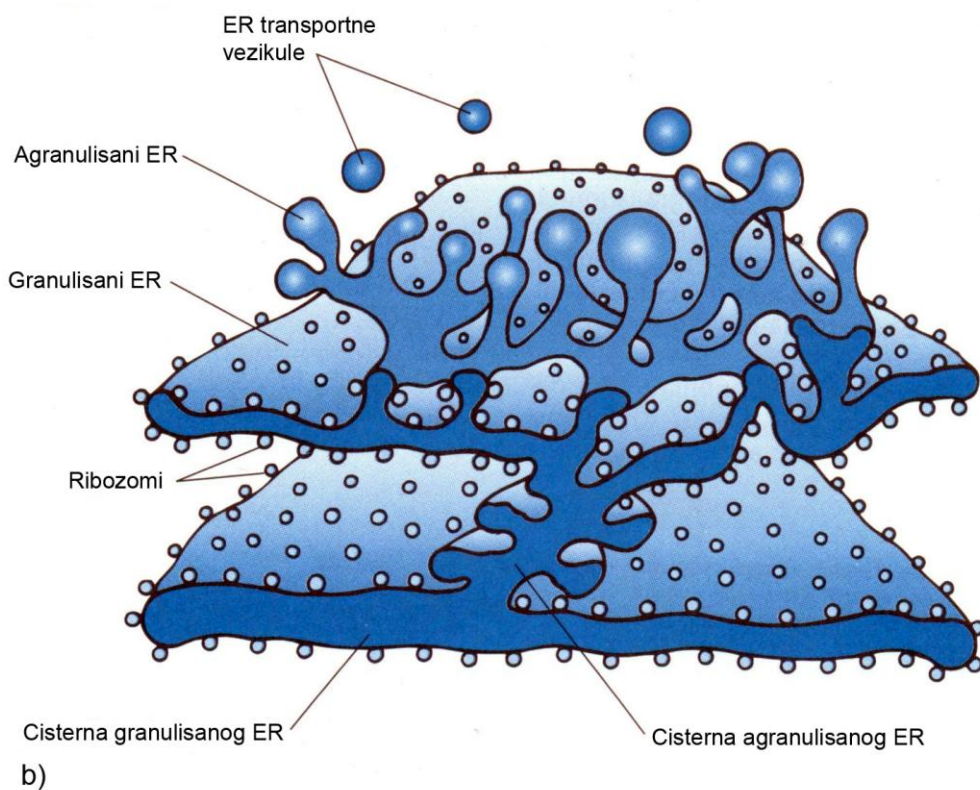
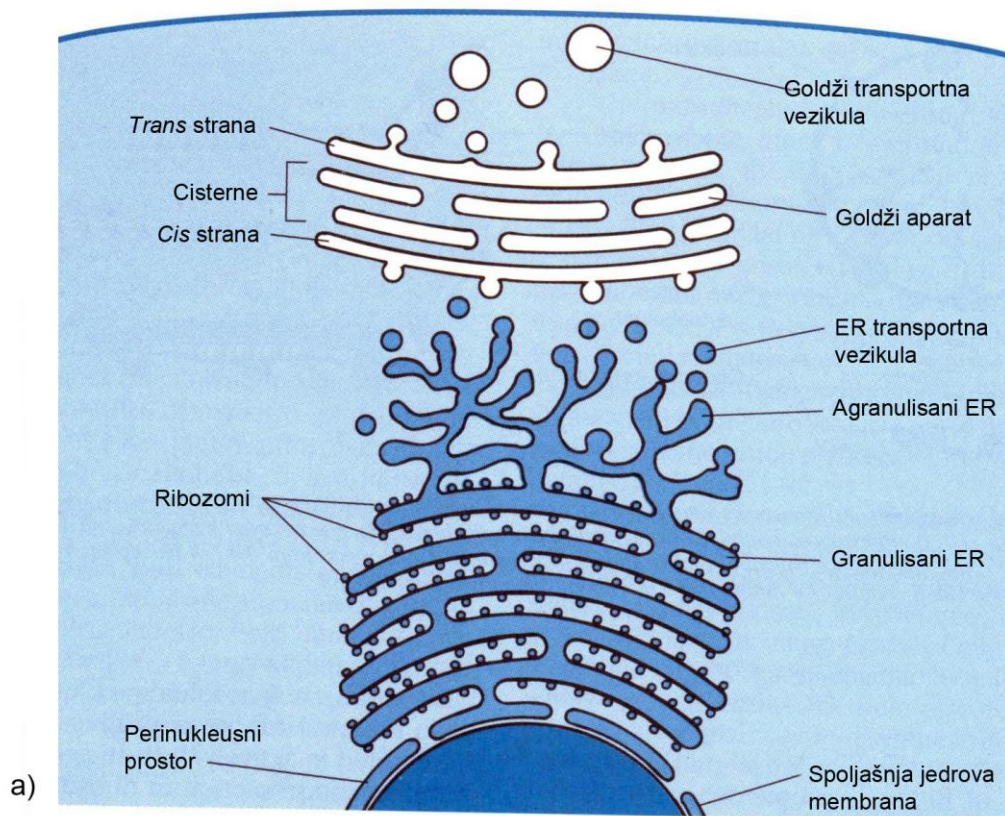
Sekundarni lizozomi, veličine od 0,2 do 2 μ m, nastaju spajanjem primarnih lizozoma sa strukturama koje treba da razlože, odnosno fagozomima. Fagozomi mogu biti bakterije, virusi ili komponente ekstracelularnog matriksa koji su uneti u citoplazmu ćelije, ali mogu biti i sopstvene „istrošene“ organele (autofagozomi). Nakon spajanja, dolazi do procesa razgradnje proteinskih i ugljeno-hidratnih komponenata unetih fagozoma. Dobijeni proizvodi digestije prolaze kroz membranu lizozoma i ulaze u citoplazmu, gde ih ćelija može koristiti za svoje potrebe ili egocitozom izbaciti u ekstracelularni prostor. Zbog neosetljivosti lipida na delovanje hidrolitičkih enzima lizozoma, često ostaju nesvareni i formiraju rezidualna tela ili tercijarne lizozome. **Tercijarni lizozomi** ne sadrže hidrolitičke enzime, a njihovim spajanjem nastaje pigment starenja – lipofuscin.

U slučaju da se membrana lizozoma ošteti ili hidrolitički enzimi lizozoma na drugi način dospeju u citoplazmu, dolazi do razgradnje citoplazme i taj proces se naziva autoliza. Autoliza može biti posledica patoloških stanja, ali i način samoubistva ćelije, odnosno programirane smrti ćelije ili apoptoze.

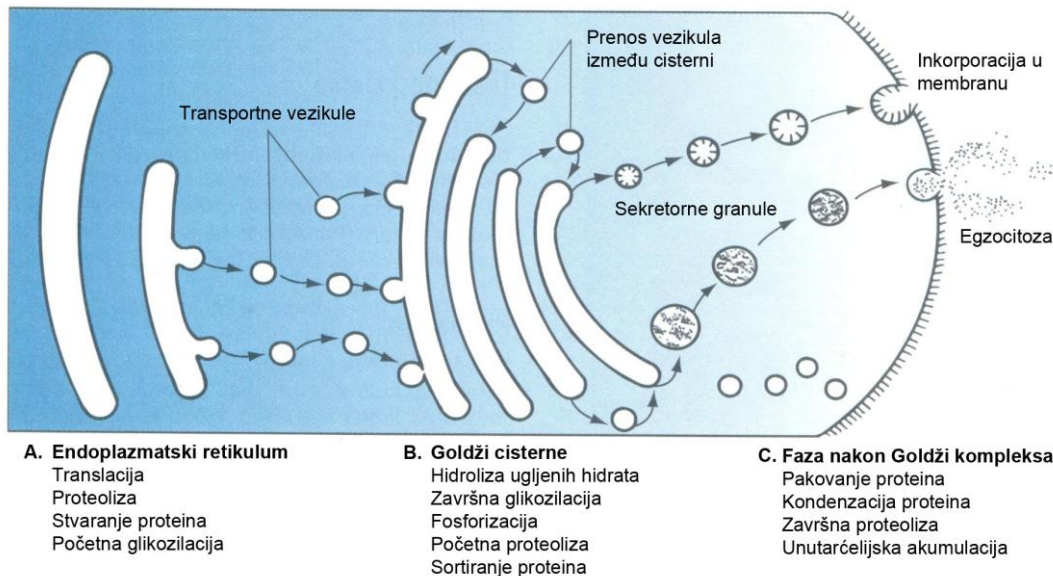
Lizozomi su prisutni u svim ćelijama osim eritrocita, a posebno su brojni u ćelijama sa izrazitom fagocitoznom funkcijom (neutrofilni leukociti, makrofazi).

Peroksizomi

Peroksizomi ili mikrotelašca su loptaste organele dijametra od 0,2 do 1 μ m. U odnosu na lizozome, peroksizomi se razlikuju po tome što ne sadrže kisele fosfataze, već preko 40 različitih enzima od kojih su najznačajniji peroksidaze, oksidaze D-aminokiselina, katalaze i enzimi koji učestvuju u β -oksidaciji masnih kiselina. Svi enzimi peroksizoma nastaju u citoplazmi, na slobodnim poliribozomima, sa sekvencama aminokiselina koje služe kao signalne sekvence. Ove signalne sekvence omogućavaju da enzimi, posredstvom receptora na membrani peroksizoma, uđu u organelu.



Slika 2.4. Šematski prikaz granularnog endoplazmatskog retikuluma (ER). a) veza između membranskih struktura jedrovog omotača, granularnog ER, agranularnog ER i Goldži kompleksa; b) prikaz funkcionalne veze granularnog ER sa agranularnim ER i transportnim vezikulama (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 14).



Slika 2.5. Šematski prikaz događaja u endoplazmatskom retikulumu (A), Goldži kompleksu (B) i plazminoj membrani (C) (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 15).

Na taj način peroksizom raste i pokazano je da se deli prostom deobom na dve manje organele.

Osnovna uloga peroksizoma je u metabolizmu vodonik-peroksida koji je sporedni proizvod u katabolizmu masnih kiselina. Vodonik-peroksid je toksičan produkt koji u visokoj koncentraciji može oštetiti sastojke citoplazme. U ćeliji se koristi za uništavanje mikroorganizama (u procesu fagocitoze), ali i kao sredstvo za oksidaciju toksičnih proizvoda ćelijskog metabolizma (fenol, formaldehid). Oksidacija štetnih materija ujedno predstavlja i detoksikaciju i čini osnovni mehanizam zaštite ćelija od njih.

Peroksizomi su prisutni u većini ćelija, ali ove organele su najbrojnije u ćelijama sa visokim stepenom metabolizma lipida, ćelijama u kojima se stvara veliki broj štetnih produkata i ćelijama sa izraženom funkcijom detoksikacije. U ove ćelije spadaju ćelije jetre i ćelije bubrega. Peroksizomi su, takođe, dobro zastupljeni i u ćelijama koje imaju ulogu u fagocitozi, odnosno u makrofagama i neutrofilnim granulocitima.

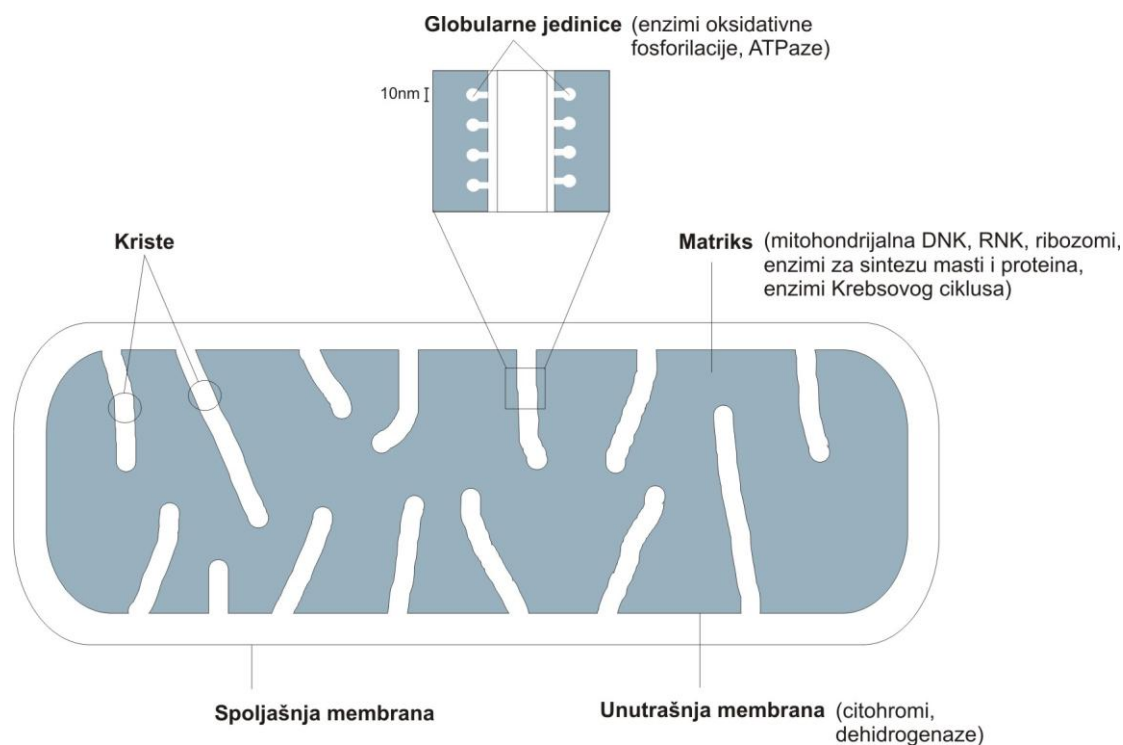
Sekretorne granule

Sekretorne granule ili vezikule su membranom obavijene organele koje nastaju na *trans* strani Goldžijevog aparata. U njima se nalaze produkti koji će se osloboditi van ćelije. Oslobođanje iz ćelije je pod uticajem metaboličkog, hormonskog ili nervnog signala, a ovaj mehanizam se naziva regulisana sekrecija. Sekretorne granule koje

sadrže digestivne enzime nazivaju se zimogene granule.

Mitohondrije

Mitohondrije (grč. *mitos*, konac + *chondros*, granula) su ćelijske organele različitog oblika i dimenzija, a njihova osnovna uloga je stvaranje energije neophodne za ćeliju. Najčešći oblik je štapičast, širine od 0,5 do 1 μm , a dužine do 10 μm . Mitohondrije su građene od dve membrane (spoljašnja i unutrašnja), intermembranog prostora koji predstavlja spoljašnju komoru i matriksa koji ispunjava unutrašnju komoru. Spoljašnja mitohondrijalna membrana odvaja mitohondriju od citoplazme. Nije nabrana, a intermembranski proteini formiraju kanale koji omogućavaju lakši transport jona i manjih hidrosolubilnih molekula. Unutrašnja membrana odvaja intermembranostni prostor od matriksa koji se nalazi u unutrašnjoj komori. Unutrašnja membrana je manje propusna od spoljašnje membrane i formira nabore – *criste mitochondriales*. Kriste su duplikature unutrašnje membrane, okrenute prema unutrašnjosti organele. Kriste su najčešće spljoštene, ali u pojedinim ćelijama mogu biti i cevastog oblika. Ovi nabori imaju ulogu da višestruko uvećaju površinu unutrašnje membrane na kojoj su smešteni enzimski kompleksi uključeni u procese oksidativne fosforilacije i transport elektrona, dva važna procesa vezana za dobijanje energije.



Slika 2.6. Šematski prikaz mitohondrija.

Dobijanje jedinjenja bogatih energijom (ATP) vrši se na globularnim strukturama spojenim sa unutrašnjom membranom uz prisustvo ADP i neorganskog fosfora. Prema hemoosmotskoj teoriji, ATP nastaje na račun protoka protona kroz te globularne strukture. Intermembranski prostor je širine od 10 do 20 nm, ali se u predelu kripte, odnosno duplikatura, povećava. Mitohondrijalni matriks koji ispunjava unutrašnju komoru sadrži enzime, mitohondrijalnu DNK, RNK, ribozome i guste granule bogate sa Ca^{2+} jonima. Mitohondrijalna DNK je cirkularne strukture i slična bakterijskoj. Sintetiše se u mitohondrijama, a njeno dupliranje nezavisno je od jedarne DNK. Uz posredstvo RNK i ribozoma mitohondrije su u mogućnosti da stvaraju proteine, ali zbog male količine DNK, mitohondrije proizvode samo mali broj enzima, neophodnih za složene funkcije ove organele. Najveći deo enzima u mitohondriji se sintetiše na osnovu jedarne DNK. Pomenuti ribozomi u mitohondrijama su sitniji od onih u citoplazmi i slični su bakterijskim ribozomima. Sve ovo može biti potvrda teorije da mitohondrije predstavljaju primer simbioze eukariotske ćelije i bakterije (Slika 2.6).

Od enzima koji se nalaze u matriksu najzastupljeniji su enzimi ciklusa limunske kiseline (Krebsovog ciklusa) i enzimi uključeni u β -oksidaciju masnih kiselina.

Mitohondrije su prisutne u svim ćelijama osim kod eritrocita i keratinocita orožalog sloja epidermisa. Njihov broj je uslovljen metaboličkom aktivnošću ćelija. Brojnije su u metabolički aktivnijim ćelijama (srčane mišićne ćelije, žlezdane ćelije želuca, hepatociti), gde njihov broj može iznostiti i 2.000 mitohondrija, dok ih kod metabolički neaktivnih ćelija može biti svega nekoliko.

I pored činjenice da se mitohondrije kreću unutar ćelije, poznato je da se one grupišu u regionima gde je potreba za energijom najveća. Kod srčanomišićnih ćelija smeštene su između miofibrila, u apikalnim delovima ćelija koje imaju treplje, u srednjem delu repa kod spermatozoida.

U toku mitoze, mitohondrije odlaze na oba pola, tako da je kod novonastalih ćelija njihov odnos približan polovini broja koji je bio kod roditeljske ćelije. Međutim, u periodu interfaze, broj mitohondrija u ćeliji se može uvećati i deobom postojećih.

Inkluzije

Inkluzije predstavljaju produkte ćelijskog metabolizma koji se u citoplazmi nakupljaju u obliku granula, kapljica ili kristala. Ovi produkti mogu biti obavijeni membranom ili slobodni u citoplazmi. Kao produkti metabolizma, inkluzije mogu biti značajne sa aspekta funkcije ćelije, ali

mogu biti i potpuno nefunkcionalne. Najznačajnije inkluzije su pigmenti, masne kapljice i glikogen.

U osnovi, pigmenti se dele na egzogene i endogene. Egzogeni pigmenti se unose iz spoljašnje sredine i nemaju uticaja na osnovne metaboličke procese u ćeliji. Kao inkluzije, za ćeliju su značajniji endogeni pigmenti. Pigmenti značajno utiču na metaboličke procese u ćeliji u kojoj se nalaze, a najznačajniji su hemoglobin, mioglobin, melanin, bilirubin, rodopsin, citohromi, lipofuscin.

Lipidne inkluzije, odnosno masne kapljice, su nakupine triglicerida i holesterola. U ćeliji se mogu nalaziti u obliku velikih kapi, odnosno masne vakuole ili mnoštva sitnih kapi rasutih po citoplazmi.

Glikogen se nalazi u citoplazmi, u obliku pojedinačnih sitnih granula ili u obliku grudvica. Nastaje u glatkom endoplazminom retikulumu od molekula glukoze. Ima ulogu u metaboličkim procesima vezanim za dobijanje energije.

Citoskelet

Citoskelet je složena, trodimenzionalna mreža strukturnih proteina koji pružaju potporu ćelijama, formiraju njen oblik, učestvuju u kretanju organela i vezikula. Komponente citoskeleta su mikrotubuli, mikrofilamenti i intermedijerni filamenti. Citoskelet nije statična ćelijska struktura, već dinamička, sa stalnom promenom dužine i rasporedom proteinskih subjedinica (Slika 2.7).

Mikrotubuli su cevaste strukture prečnika 25 nm. Nalaze se u svim ćelijama osim eritrocita, a pored citoplazmatičnog matriksa, nalaze se i u cilijama i bičevima. Mikrotubuli su građeni od proteina tubulina, dimera koji se sastoji od α - i β -tubulina. Polimerizacijom tubulinskih molekula formira se zid mikrotubula debljine 5 nm, dok se u središnjem delu nalazi šupljina širine 15 nm. Zid mikrotubula se sastoji od 13 spiralno postavljenih proteina tubulina (α i β tubulina). Mikrotubuli imaju ulogu u održavanju oblika ćelije, obezbeđenju intracelularnog transporta organela, sekretornih granula i vezikula, formiranju treplji i bičeva, obrazovanju deobenog vretena u toku ćelijske deobe.

Mikrofilamenti su proteinske niti konstantnog prečnika (6 nm) i dužine koja varira. U osnovi se nalaze monomeri G-aktina koji se nastavljaju jedan na drugi i grade dva niza, omotana jedan oko drugog. Promena dužine se vrši polimerizacijom (kada rastu), odnosno depolarizacijom (kada se smanjuju). Polovina

molekula G-aktina se nalazi u obliku mikrofilamenata, a druga polovina je slobodna u citoplazmi. Uloga mikrofilamenata je pružanje mehaničke potpore ćelijama, ali i mikrovilama i cilijama. Posebna uloga mikrofilamenata je u mišićnim ćelijama, gde se kontrakcije ostvaruju kao rezultat interakcije aktinskih filamenata i miozina, koji spada u grupu aktin-vezujućih proteina.

Intermedijerni filamenti su proteinske strukture, dijametra od 8–10 nm. Njihova uloga je u pružanju potpore i zaštiti ćelija od istezanja. Oni su najmanje dinamične strukture citoskeleta, jer im stalna polarizacija i depolarizacija nije svojstvena. U citoplazmi se prostiru u obliku snopova ili mreže. Primenom različitih metoda bojenja identifikovano je više klasa ovih filamenata, a među njima i keratinski filamenti i neurofilamenti. Keratinski filamenti se nalaze u epitelnim ćelijama, a naročito u keratinocitima epidermisa. Pored keratinocita, nalaze se i u drugim epitelnim ćelijama gde učestvuju u formiranju međućelijskih kontakata, ulazeći u sastav dezmozoma. Neurofilamenti predstavljaju važnu komponentu citoskeleta nervnih ćelija.

Centrioli

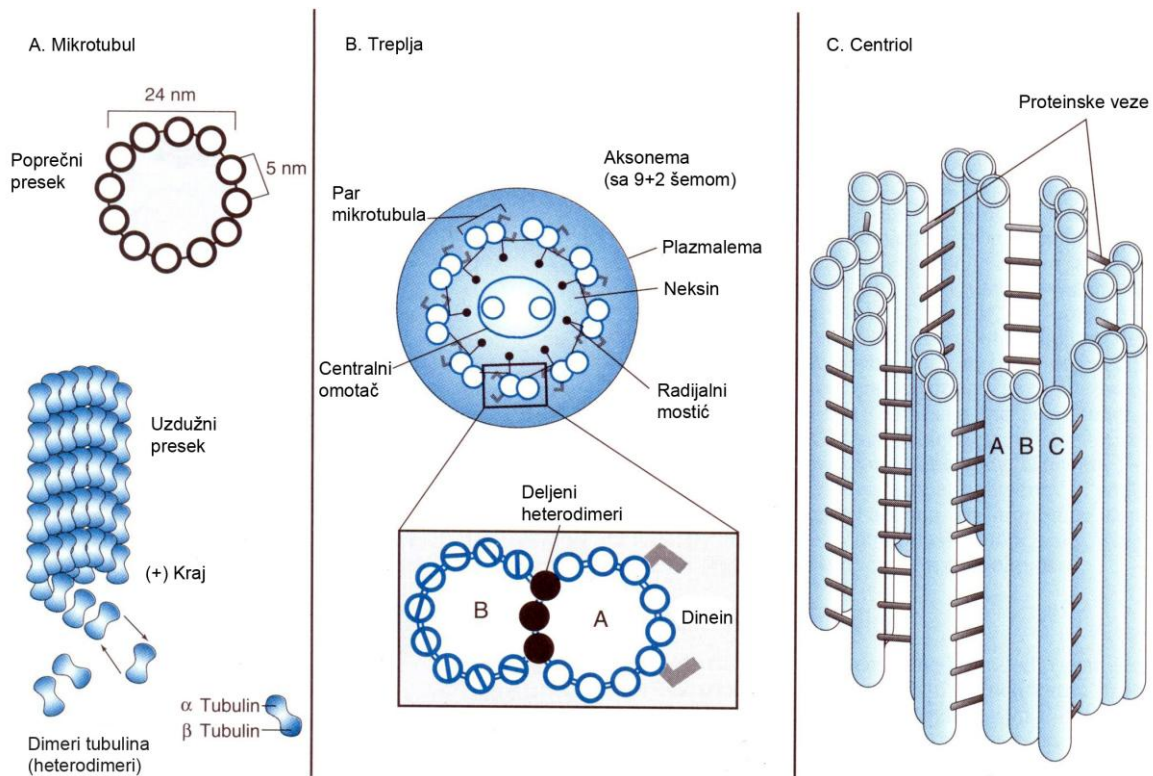
Centriol je cilindrična struktura prečnika 0,2 μm i dužine 0,5 μm . Zid centriola čini 9 tripleta mikrotubula poređanih u krug. Kod ćelija koje se ne dele ili u toku interfaze, postoje dva centriola koji čine diplozom. Uzdužne ose centriola postavljene su pod pravim uglom. Deo ćelije koji sadrži par centriola naziva se centrozom ili citocentar, a nalazi se u neposrednoj blizini jedra. Centrioli učestvuju u formiranju mikrotubula citoplazme, grade deobeno vreteno u toku ćelijske deobe i učestvuju u formiranju osnove za cilije i bičeve. Centrioli se ne dele, već procesom replikacije iz jednog centriola izrasta novi, pa od jednog para nastaju dva (Slika 2.7).

Mikrovili, treplje i bičevi

Mikrovili su uvrati koje formira plazmina membrana sa ciljem povećanja ukupne površine. U osnovi se nalazi citoplazma sa mikrofilamentima. U mikrovilima se nalaze aktinski filamenti mrežasto raspoređeni. Mikrovili imaju ulogu u procesima sekrecije, apsorpcije, ćelijske migracije.

Treplje (cilije) i bičevi (flagele) su pokretni produžeci ćelija prekriveni plazminom membranom. Broj treplji na ćeliji može biti veliki, dužine 2–3 μm . Kod životinje postoji

samo jedna ćelija sa bičem i to je spermatozoid. molekulskom nivou pokazuju da je ona



Slika 2.7. Šematski prikaz mikrotubula, aksoneme treplji i centriole (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 18).

Dužina biča je preko 100 μm .

Građa treplji i bičeva je ista, a sastoje se od devet parova mikrotubula koji su kružno raspoređeni oko dva mikrotubula, postavljenih u sredini. Ova 9+2 struktura mikrotubula naziva se aksonema. Rast i nastajanje aksonema kontroliše bazalno telašće, lokalizovana je u apikalnoj citoplazmi i po strukturi je slična centriolu (Slika 2.7).

Treplje mogu biti pokretne – kinocilije i nalaze se kod ćelija u respiratornim putevima, epitelu jajovoda. Njihova uloga je vezana za transport unutar lumena. Nepokretne treplje – stereocilije se nalaze u ćelijama senzitivnih organa (nosa, uha).

Plazmina membrana

Plazmina membrana je troslojni omotač koji obavlja citoplazmu. Na plazminoj membrani, na velikim uvećanjima, uočavaju se sledeći slojevi: spoljašnji gusti deo, unutrašnji gusti deo i središnji nebojeni deo. Debljina čitave membrane je od 8 do 10 nm. Na spoljašnjem sloju membrane nalaze se složeni ugljeni hidrati koji su u kontaktu sa proteinima i lipidima membrane. Plazmina membrana je fluidan i dinamičan sistem, a ne statična struktura kako se najčešće zamišlja. Izučavanja membrane na

modifikovan „fluid-mozaički model“. Sastoji se prvenstveno od fosfolipida, holesterola i proteina. Lipidni molekuli formiraju dva sloja sa lancima masnih kiselina okrenuti jedni prema drugima i na taj način formiraju središnji deo membrane koji je hidrofoban (nema afiniteta prema vodi). Površine (unutrašnja i spoljašnja) membrane su formirane od naelektrisanih glava fosfolipida koji te površine čine hidrofilnim (imaju afiniteta prema vodi). Stabilnost i fluidnost same membrane zavise od prisustva holesterola. Holesterol je povezan sa fosfolipidnim lancima i raskidanje tih veza dovodi do veće fluidnosti membrane. Proteini se, kao sastavni deo plazmine membrane, u zavisnosti od mesta u njoj, dele na integralne i periferne. Integralni proteini sadrže hidrofobni deo i prolaze kroz lipidni omotač membrane (Slika 2.8). Kroz membranu mogu prolaziti jednom ili više puta i tada se nazivaju transmembranski proteini. Periferni proteini su slabijim vezama vezani za hidrofilne grupe fosfolipida sa jedne i druge strane membrane. Svi proteini u plazminoj membrani se, u zavisnosti od funkcije koju imaju, dele u šest grupa i to: pumpe, kanali, receptori, enzimi, transduceri (glasnici) i strukturni proteini.

Proteini membrane imaju veoma značajnu ulogu u metabolizmu ćelija, regulaciji i integraciji. Značajno utiču na razmenu materija između ćelije i njene okoline. Neke materije mogu proći kroz plazminu membranu difuzijom u skladu sa gradijentom koncentracije. Veliki broj jona se prenosi kroz membranu putem jonskog transporta i to pomoću kanala, koje formiraju proteini, uz utošak energije (aktivan transport). Međutim, unošenje molekula u ćeliju ili izlazak iz ćelije zahteva složenije procese koji se jednim imenom nazivaju **citoza**. Citoza može biti **endocitoza** – kada se, uz pomoć plazmine membrane, omogućava unošenje materije u citoplazmu i obrnuti proces, **egzocitoza** – kada se iz citoplazme izlučuju produkti.

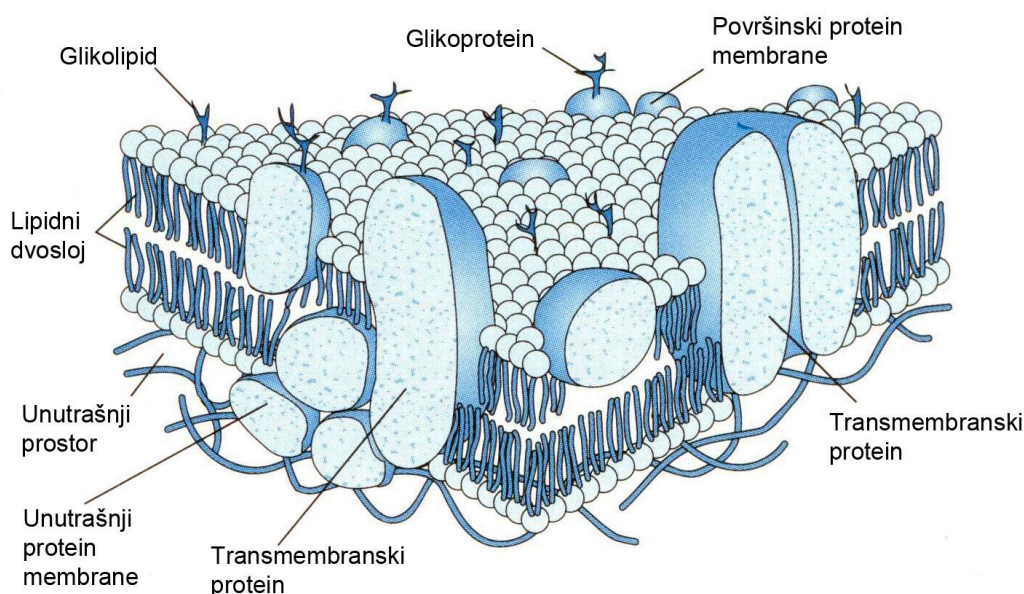
Endocitoza je proces unosa materija u ćeliju (citoplazmu). Ako se u ćeliju unose materije rastvorene u tečnosti, govori se o pinocitozi. U toku pinocitoze dolazi do invaginacije plazmine membrane i formiranja jamica u kojima se nakuplja ekstracelularna tečnost. Od jamica se formiraju vezikule koje se odvajaju od plazmine membrane i dospevaju u citoplazmu. Ako je za unošenje materija u ćeliju neophodno vezivanje materije za receptore koji se nalaze na površini membrane, u tom slučaju govorimo o receptogenoj endocitozi. Kod ove vrste endocitoze receptori za pojedine materije se najčešće nalaze grupisani u regione koji se nazivaju klatrinske jamice. Klatrin je polipeptid koji se nalazi sa unutrašnje strane plazmine membrane i omogućava invaginaciju plazmine

membrane kada se sa spoljašnje strane, za receptore vežu materije koje treba uneti u ćeliju. Klatrin omogućava da se od klatrinske jamice formira vezikula koja gubi kontakt sa membranom i ulazi u citoplazmu. U citoplazmi, od vezikule se odvaja klatrin koji se ponovo vraća do plazmine membrane, a sama vezikula se naziva endozom. Proces unošenja u ćeliju delova drugih ćelija ili čak čitave ćelije, naziva se fagocitoza. Određene vrste ćelija, npr. makrofage i polimorfonuklearni leukociti su specijalizovane za proces fagocitoze. Ove ćelije vrše unošenje i uklanjanje oštećenih ćelija, nepotrebnih ekstracelularnih materija, ali i bakterija, protozoa i gljivica. Ćelije koje imaju mogućnost fagocitoze, nakon kontakta sa onim što treba uneti, formiraju produžetke, pseudopodije, i nakon potpunog obuhvatanja i unošenja u ćeliju nastaje fagozom.

Pinociti, endozomi i fagozomi se vežu sa lizozomima koji vrše hidrolizu materija unutar njih.

Egzocitoza predstavlja proces spajanja membrane sekretornih granula sa plazminom membranom u cilju oslobađanja sadržaja u ekstracelularni prostor. Primer za egzocitozu može biti sekrecija ćelija mlečne žlezde. Sam proces spajanja membrana vezikula i plazmine membrane je veoma složen, a vezan je za promet jona kalcijuma, čija povećana koncentracija u citosolu započinje proces egzocitoze.

Plazmina membrana je značajna i za komunikaciju između ćelija. Potreba



Slika 2.8. Makromolekularni model ćelijske membrane sisara: fluid-mozaički model (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p 9).

komunikacije između ćelija višećelijskih organizama je neophodna zbog regulisanja razvoja tkiva, kontrole rasta ćelija i usklađivanja njihovih funkcija. Ćelije mogu komunicirati indirektno, preko signalnih molekula, i direktno, pomoću komunikativnih spojeva. Signalne molekule ćelija luči ekstracelularno. Oni omogućavaju tri tipa komunikacije: endokrinu, parakrinu i sinaptičku. Endokrini komunikacija predstavlja prenos signalnih molekula (hormona) putem krvi do drugih ćelija koje na svojoj membrani ili u citoplazmi imaju receptore za taj hormon. Parakrini komunikacija predstavlja lučenje signalnih molekula koji se brzo razgrađuju tako da deluju samo na ćelije u neposrednoj blizini. Sinaptička komunikacija predstavlja komunikaciju između ćelija, formiranjem specifičnog kontakta između nervnih ćelija, sinapse, a signalni molekuli se nazivaju neurotransmiteri.

Direktna komunikacija ćelija putem plazmine membrane se ostvaruje kontaktima između susednih ćelija, koji se zovu međućelijski spojevi. Od svih spojeva koji se formiraju između ćelija, posredstvom plazmine membrane, direktnu komunikaciju omogućavaju takozvani komunikativni spojevi, odnosno *gap junctions*. Mogu se formirati na bilo kojem mestu na površini ćelije i omogućavaju prolaz malih molekula (hormoni, cAMP, GMP, joni) iz jedne u drugu ćeliju. Jedinica komunikativnog spoja se naziva konekson i sastoji se od šest proteina, koneksina, koji su raspoređeni tako da grade poru promera 1,5 nm.

Ostali spojevi predstavljaju mesta adhezije i čine barijeru za prolazak različitih materija kroz međućelijske prostore. Najbolje su izraženi kod epitelnih ćelija. U ove spojeve se ubrajaju okludentne i adherentne veze.

Okludentne veze (tesne ili eng. *tight junction*) se nalaze pri vrhu ćelije i kompletno je okružuju, a predstavljaju mesto fuzionisanja membrana susednih ćelija. Na ovaj način ćelije formiraju više ili manje čvrstih spojeva čija je uloga u sprečavanju prolaza materija u bilo kom smeru, a mimo samih ćelija.

Adherentne veze pružaju potporu ćelija i povezuju je sa susednim ćelijama. U ovoj vrsti spoja, putem transmembranoznih proteina, citoskelet se vezuje za ekstracelularni prostor ili citoskelet susedne ćelije. Ovi transmembranozni proteini se nazivaju ćelijski adhezivni molekuli (CAM). Mogu se podeliti u četiri grupe: integrini, kadherini, selektini i imunoglobulini. Stabilnost adherentnih veza zavisi od

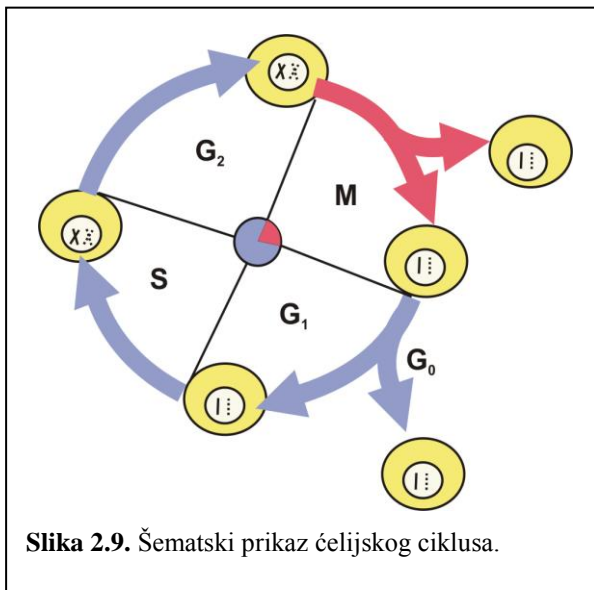
koncentracije jona Ca u čijem odsustvu veze pucaju.

Vrsta adherentne veze su i dezmozomi (gr. *desmos*, veza + *soma*, telo) ili *macula adherens* i predstavlja složenu diskoidnu strukturu na površini plazmine membrane koja je povezana sa takvom strukturom na susednoj ćeliji. Na mestima dezmozoma plazmine membrane su udaljene oko 30 nm, a sa citoplazmatske strane membrane nalazi se kružna pločica ili plak, izgrađena od 12 vrsta različitih proteina.

ĆELIJSKI CIKLUS

Ćelijski ciklus obuhvata promene koje se odigravaju u ćeliji od njenog nastanka pa do okončanja deobe posle koje nastaju dve nove ćelije. Ćelijski ciklus obuhvata dve osnovne faze, a to su interfaza i faza deobe (Slika 2.9).

- Interfaza je deo ćelijskog ciklusa koji počinje nastankom ćelije i traje do početka njene deobe. U toku ovog perioda ćelija raste, vrši svoje funkcije, ali se i priprema za deobu. Interfaza se sastoji od tri podfaze i to G_1 , S, i G_2 faze.
- G_1 faza je početni period u koji ćelija ulazi odmah nakon nastanka, odnosno nakon završene deobe. U ovoj fazi ćelija stvara sve potrebne regulatorne proteine i enzime, neophodne za njeno funkcionisanje. U ovoj fazi se, takođe, vrši i priprema ćelije za proces dupliranja genetskog materijala kroz proces koji se naziva replikacija DNK-a. U G_1 fazi ćelije ostaju do momenta kada će biti stimulisane na deobu. Trajanje ove faze je kraće kod ćelija koje se intezivno dele, a jako dugo kod ćelija koje se retko dele i tada se govori o G_0 fazi.
- S faza je period ćelijskog ciklusa koji karakteriše replikacija DNK, odnosno dupliranje genetskog materijala.
- G_2 faza je period interfaze koja prethodi deobi. U ovoj fazi ćelija se ubrzano sprema za deobu, odnosno akumulira energiju, duplira centriole, priprema proteine neophodne za formiranje deobenog vretena.



Deoba ćelija

Deobe ćelija imaju za cilj rast i održavanje ćelijskih populacija. Na ovaj način od jedne ćelije (roditeljske ili majke ćelije) nastaju dve nove ćelije (ćerke ćelije). Ćelijskom deobom dolazi do povećanja broja ćelija (proliferacija) koja omogućava razvoj i rast organizma. Međutim, povećanjem broja ćelija moguće je zameniti oštećene i/ili funkcionalno „istrošene“ ćelije. Stvaranje polnih ćelija (gameta), a samim tim i produženje vrste je rezultat ćelijskih deoba. Kod eukariotskih ćelija postoji dva tipa ćelijskih deoba:

- Mitoza ili indirektna deoba – karakteristična za somatske ćelije i
- Mejoza ili redukciona deoba – karakteristična za proces gametogeneze.

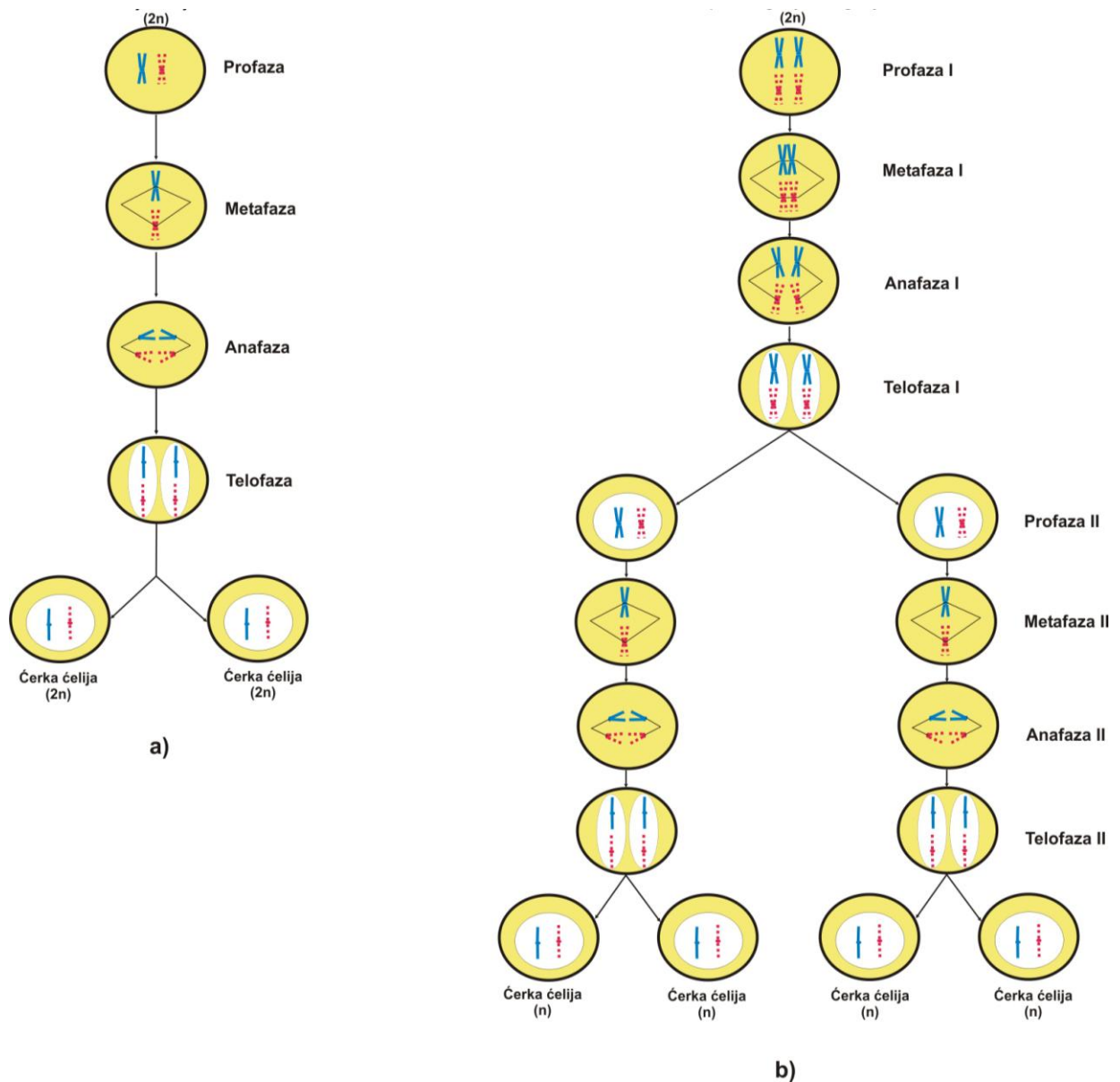
Mitoza

Mitoza ili indirektna deoba je tip deobe kojom nastaju i dele se somatske ćelije. Ova deoba ima za cilj da od jedne ćelije nastanu dve nove ćelije, ali sa količinom genetskog materijala jednako roditeljskoj ćeliji, koji je specifičan za svaku životinjsku vrstu. Da bi se ovo postiglo, neophodno je postojanje interfaze, tačnije S faze, kada dolazi do replikacije (dupliranja) DNK i formiranja dva istovetna kompleta gena, a koja prethodi samoj mitozu.

Mitoza se deli na četiri faze koje se morfološki mogu razlikovati i na nivou svetlosne mikroskopije. To su: *profaza*, *metafaza*, *anafaza*, *telofaza*.

Profaza je prva faza mitoze u kojoj dolazi do kondenzacije hromatinskog materijala i nastanka hromozoma. Nestaje jedarce i gubi se jedrov omotač, tako da su hromozomi smešteni u središnjem delu ćelije. Dele ce centrioli, počinju migraciju ka polovima i počinje formiranje deobnog vretena.

Metafaza je druga faza mitoze i karakteriše je potpuno formirano deobno vreteno. Hromozomi su maksimalno kondenzovani i centromerama su prikačeni za deobno vreteno. Pravilno su raspoređeni u središnjem delu ćelije, ekvatorijanoj ravni.



Slika 2.10. Šematski prikaz ćelijskih deoba. a) mitozu; b) mejozu.

Anafaza je sledeća faza u kojoj dolazi do deobe hromozoma, tačnije pucanja centromere i odvajanje hromatida. Niti deobnog vretena se skraćuju i sa sobom povlače hromatide na polove, s tim da od istog hromozoma jedna hromatida odlazi na jedan, a druga na drugi pol ćelije.

Telofaza je poslednja faza mitoze. Ovu fazu karakteriše grupisanje hromatida na polovima i nestajanje deobnog vretena. Oko grupisanih hromatida na polovima nastaje jedrov omotač, tako da se formiraju dva jedra. Nakon toga dolazi do deobe citoplazme (citokineza), a kao posledica dolazi do odvajanja i nastanka dve

ćelije. Dolazi i do despiralizacije hromozoma i u jedrima se javljaju jedarca.

Ovom deobom od majke ćelije koja je imala diploidan broj hromozoma (2n) nastale su dve ćerke ćelije koje takođe imaju diploidan broj hromozoma. Novonastale ćelije ulaze u interfazu, tačnije u G₁ fazu interfaze (Slika 2.10).

Mejoza

Mejoza je vrsta ćelijske deobe koja se odvija u polnim organima u cilju stvaranja polnih ćelija (gameta). U cilju produženja vrste neophodno je postojanje polnih ćelija koje imaju haploidan broj hromozoma (n) kako bi njihovim spajanjem nastao zigot koji će imati diploidan broj

hromozoma ($2n$). Mejoza se sastoji iz dve uzastupne deobe *mejoze I* i *mejoze II*.

U mejozu I ulaze diploidne ćelije klicinog epitela u polnim žlezdama (spermatogonije i oogonije) nakon interfaze u kojoj je došlo do dupliranja količine genetskog materijala. Mejoza I se sastoji od 4 faze i to profaza I, metafaza I, anafaza I i telofaza I.

Profaza I, za razliku od profaze mitotičke deobe, prolazi kroz pet stadijuma: *leptoten*, *zigoten*, *pahiten*, *diploten* i *dijakineza*. U leptotenu dolazi do kondenzacije hromozoma, a svaki hromozom se sastoji od dve hromatide i centromere. U zigotenu dolazi do grupisanja i sparivanja homologih hromozoma (morfološki istih hromozoma, od kojih je jedan poreklom od oca, a drugi od majke). U pahitenu se nastavlja kondenzacija hromozoma i hromatide postaju deblje ali kraće. U diplotenu, između hromatida homologih hromozoma, nastaju kontaktna mesta koja se nazivaju hijazme. Uloga hijazmi je razmena fragmenata hromatida, a taj proces se naziva *crossing over* i predstavlja kombinaciju gena i stvaranje genetske varijabilnosti. U dijakinezi nestaje jedrov omotač, maksimalno kondenzovani hromozomi se nalaze u središnjem delu ćelije, nestaje jedarce i ubrzano se formira deobeno vreteno.

Metafaza I je faza mejoze I u kojoj su hromozomi poravnati u ekvatorijalnoj ravni, centromerama vezani za niti, potpuno formiranog, deobenog vretena.

Anafaza I predstavlja fazu u kojoj na polove odlaze čitavi hromozomi i to jedan homolog hromozom na jedan pol, a drugi homolog hromozom na suprotni pol.

Telofaza I, poslednja faza mejoze I, u kojoj su na polovima hromozomi koji se okružuju jedrovim omotačem uz deobu citoplazme i nastajanje dve nove ćelije.

Nakon završene telofaze, dve nastale ćelije odmah ulaze u drugu deobu, mejozu II. Mejoza II, kao i mitozu i mejoza I, sastoji se iz četiri faze, ali se one zovu profaza II, metafaza II, anafaza II, telofaza II.

Profaza II i metafaza II imaju sve karakteristike ovih faza iz mitoze. U anafazi dolazi do deobe centromera preostalih hromozoma nakon mejoze I na hromatide koje odlaze na polove. U telofazi II dolazi do podele citoplazme i nastanka dve nove ćelije.

Kao rezultat mejoze (i mejoze I i mejoze II) od jedne majke ćelije, koja ima diploida ($2n$) broj hromozoma, nastaju 4 ćerke ćelije od kojih će

svaka imati haploidan (n) broj hromozoma (Slika 2.10).

3. HISTOLOGIJA

Histologija je nauka koja se bavi izučavanjem tkiva, odnosno organizacijom i funkcijom ćelija koje čine jedinstvene morfološke i funkcionalne celine. Tkiva su grupe ćelija koje su specijalizovane da formiraju jednu funkcionalnu celinu. Više funkcionalnih celina, tkiva, grade organe. Grupe organa formiraju organske sisteme, a više organskih sistema gradi organizam. Tkiva predstavljaju grupe ćelija i njihove proizvode, a u zavisnosti od morfoloških karakteristika ćelija i u zavisnosti od karakteristika međućelijske supstance (matriksa) koji ih okružuje, dele se na epitelna, vezivna, mišićna i nervno tkivo.

- Epitelna tkiva su izgrađena od morfološki istih ili različitih ćelija, gusto zbijenih sa oskudnim matriksom koji ih okružuje. Ova vrsta tkiva oblaže sve slobodne površine i šupljine unutrašnjih organa, a ulazi i u sastav žlezda.
- Vezivna tkiva sadrže veću količinu matriksa, koja dominira u odnosu na ćelije. Osnovna uloga je u povezivanju i potpori ostalih vrsta tkiva.
- Mišićna tkiva su građena od ćelija koje se kontrahuju i male količine matriksa. Ćelije se nazivaju mišićne ćelije – miociti, osnovni nosilac su funkcije koja se ogleda u pokretanju tela i promeni zapremine unutrašnjih organa.
- Nervno tkivo se sastoji od ćelija i male količine matriksa. Postoje dve vrste ćelija i to su nervne ćelije (neuroni) i potporne ili pomoćne ćelije (neuroglije). Nervne ćelije su i osnovni nosioci funkcije, odnosno prijema i prenosa nadražaja.

U zavisnosti od organizacije, organi se mogu podeliti na parenhimatozne (jetra, pankreas, bubrezi, semenici ...) ili na cevaste (jednjak, creva, mokraćovodi ...). Parenhimatozni organi se sastoje od dve komponente: **parenhima**, koji se sastoji od ćelija odgovornih za funkciju tog organa i **stroma** koja čini potporni deo. Stroma je najčešće građena od vezivnog tkiva. Cevasti organi imaju centralno postavljenu šupljinu (lumen) i zid organa koji grade omotači. Omotače grade različite vrste tkiva, najčešće raspoređeni kao *tunica mucosa*, *tunica muscularis*, *tunica adventitia/serosa*.

EPITELNA TKIVA

Epitelna tkiva se sastoje od većeg broja ćelija, gusto zbijenih sa oskudnim međućelijskim prostorima ispunjenih ekstracelularnim matriksom (ECM). Susedne ćelije su pripojene jedna uz drugu zahvaljujući integracijama ćelijskih membrana, međućelijskim spojevima i različitim adhezivnim molekulima. Razvijaju se od sva tri klicina lista. Ova vrsta tkiva obavija sve slobodne površine organizma, oblaže sve šupljine u organizmu i formira žlezde. Zbog specifičnosti građe brojne su funkcije ovog tkiva.

a) Zaštitna uloga proističe iz činjenice da je ovo tkivo u direktnom kontaktu sa spoljašnjom sredinom, kao i sadržajem lumena svih organa. Poznato je da neoštećeno epitelno tkivo kože štiti organizam od različitih štetnih uticaja kako fizičkih i hemijskih tako i različitih mikroorganizama. Pored ove mehaničke uloge u zaštiti, epitelna tkiva sekrecijom određenih produkata unutar organizma, značajno štite organe od delovanja različitih proizvoda neophodnih za održavanje fizioloških procesa (varenje, ekskrecija).

b) Apсорpciona uloga se ogleda u usvajanju hranljivih materija (epitel creva), usvajanju elektrolita rastvorljivih u vodi (epitel bubrega) ili produkata svoje aktivnosti (epitel štitaste žlezde).


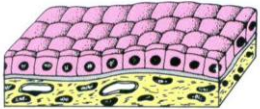
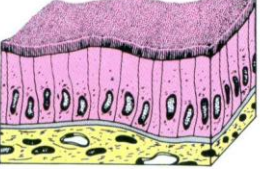
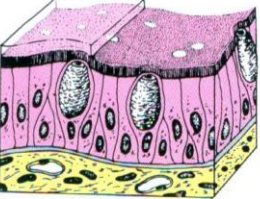
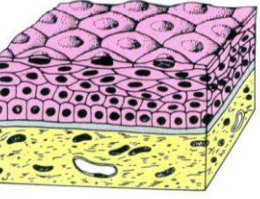
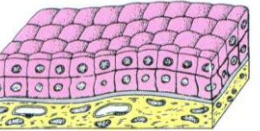
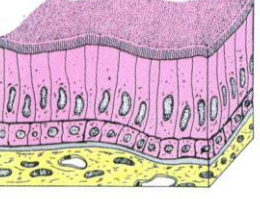
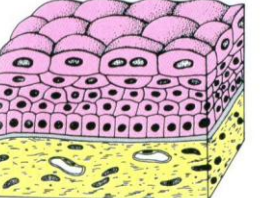
c) Sekretorna uloga predstavlja sintezu i sekreciju produkata metabolizma van tkiva, a karakteristična je za ćelije žlezdanog epitela. Produkte metabolizma (enzime, hormone, sluz, znoj) ćelije epitela mogu osloboditi u lumene pojedinih organa, krvotok ili na površinu tela.

d) Receptorna uloga je sposobnost specifičnih i visokodiferenciranih ćelija da prime nadražaje iz okoline. Prijem nadražaja (zvuk, ukus, miris) vrše epitelne ćelije koje se nalaze unutar ograna za sluh, zatim ukus i miris.

e) Transportna uloga je veoma značajna i proističe iz činjenice da epitel oblaže celokupno spoljašnju i unutrašnju površinu tela. Bilo koji prolaz materija iz spoljašnje sredine ili šupljine pojedinih organa može se vršiti samo kroz epitelno tkivo. Kiseonik, hranjive materije, voda, štetne materije u organizam mogu ući ili iz njega izaći samo prolazom kroz epitelno tkivo.

Osnovnu gradivnu jedinicu epitelnog tkiva čini epitelna ćelija. Oblik i veličine epitelnih ćelija se razlikuju. One mogu biti pločaste, cilindrične, kockaste, peharaste i dr. Epitelne ćelije su

najčešće jednojedarne, jedro je dobro izraženo, okruglog oblika, dok je kod pljosnatih ćelija oblik jedara izdužen.

Klasifikacija	Lokacija	Funkcija
	Jednoslojan pločast Kardiovaskularni sistem (endotel) Telesne duplje (mezotel) Alveole pluća Glomerulus bubrega	Razmena Razmena i podmazivanje Razmena gasova Omotač
	Jednoslojan kockast Izvodni kanali egzokrinih žlezda Površina jajnika Kanalići bubrega	Apsorpcija, transport Omotač Apsorpcija
	Jednoslojan cilindričan Tanka i debela creva Želudac i žlezde želuca Žučna kesica	Apsorpcija i sekrecija Sekrecija Apsorpcija
	Pseudoslojevit Dušnik i bronhisi Semevod Kanalići pasemenika	Sekrecija, transport Sekrecija, transport Apsorpcija, transport
	Pločasto slojevit Epidermis Usna duplja i jednjak Vagina	Barijera, zaštita Barijera, zaštita Barijera, zaštita
	Kockasto slojevit Znojne žlezde, kanali Veći kanali egzokrinih žlezda Anorektalna veza	Barijera, transport Barijera, transport Barijera, transport
	Cilindrično slojevit Veći kanali egzokrinih žlezda Anorektalna veza	Barijera, transport Barijera, transport
	Epitel prelaznog tipa Bubrežna karlica Mokračovod Mokraćna bešika Mokraćni izvodnik	Barijera, transport Barijera, transport Barijera, zaštita, transport Barijera, transport

Slika 3.1. Klasifikacija epitelnih tkiva po morfološkim karakteristikama

Epitelne ćelije su izrazito polarizovane i jasno im je određen bazalni deo (okrenut prema vezivnom tkivu) i površinski, apikalni deo (okrenut prema lumenu). Polarizovanost ovih ćelija uslovljena je pozicijom jedra, rasporedom organela i citoskeletnih elemenata.

Bazalni deo je okrenut prema vezivnom tkivu, koje se kod epitela koji oblaže unutrašnje površine naziva *lamina propria*. *Lamina propria* nije samo potpora epitelnim ćelijama i tkivu u celini, već ima i ulogu u snabdevanju hranljivim materijama i povezivanju sa okolnim strukturama.

Epitelne ćelije od vezivnog tkiva odvaja sloj međućelijskog matriksa koji se naziva bazalna lamina. Bazalna lamina je dvoslojna i sastoji se od slojeva iste debljine – *lamina lucida (rara)* i *lamina densa*. *Lamina lucida* je u kontaktu sa ćelijskom membranom, a *lamina densa* u kontaktu sa vezivnim tkivom. *Lamina lucida* je građena od glikoproteina laminina i entaktina, dok je *lamina densa* izgrađena od proteoglikana, glikoproteina fibronektina i kolagena. Sve komponente bazalne lamine sintetišu epitelne ćelije, osim fibronektina koji sintetišu i ćelije vezivnog tkiva.

Apikalni deo epitelnih ćelija okrenut je prema slobodnim površinama ili lumenu organa. Preko apikalne površine, epitelne ćelije ostvaruju kontakt sa sadržajem lumena. U cilju efikasnije funkcije, epitelne ćelije su na apikalnom delu razvile i izraštaje (mikrovile, stereo cilije i kinocilije). Kod epitelnih ćelija, čija je apikalna površina pod mehaničkim ili hemijskim uticajem koji može oštetiti samu ćeliju, formiraju se zaštitni omotači, glikokaliks i mucin.

Granica između ćelija se jasno uočava na nivou svetlosne mikroskopije, pa pored uočavanja oblika jedra, predstavlja važan pokazatelj broja i oblika ćelija. Ovo ima posebnog značaja u određivanju rasporeda slojeva epitela što je i osnovni morfološki kriterijum za određivanje vrste epitela.

Vrste epitela

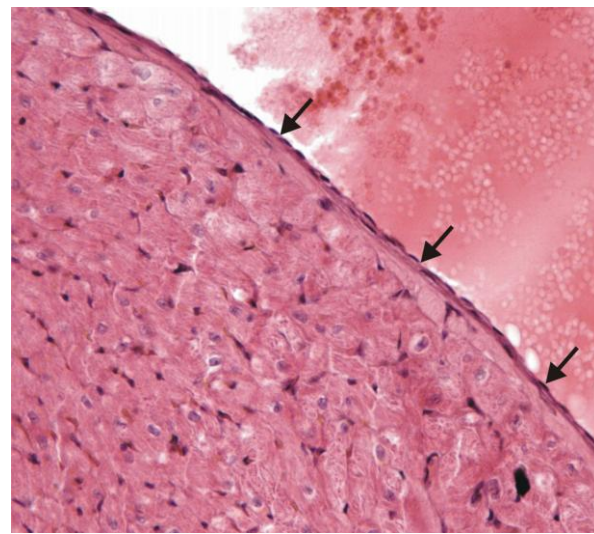
Na osnovu morfoloških karakteristika, epiteli se dele na jednoslojne epitele, pseudoslojevite epitele i slojevite epitele. Po funkciji, epiteli mogu biti pokrovni, žlezdani, a mogu biti i specijalizovani za pojedine funkcije (mioepitel, neuroepitel) (Slika 3.1).

Jednoslojni (prosti) epiteli

Ova vrsta epitela građena je od jednog sloja ćelija koje naležu na bazalnu laminu. U

zavisnosti od oblika ćelija jednoslojni epiteli se dele na pločast, kockast i prizmatičan epitel. Ranijim podelama kockast i cilindričan epitel nazivali su se prizmatičan i visokoprizmatičan epitel.

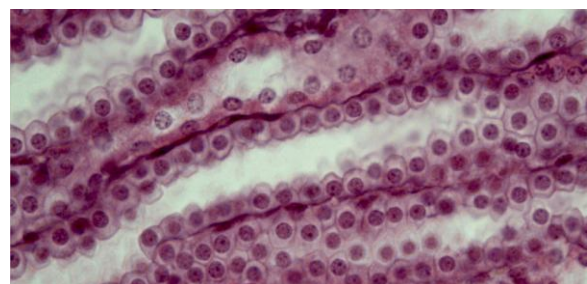
Jednoslojni pločast epitel naziva se i ljuspast epitel, građen je od pljosnatih ćelija poredanih u jednom sloju tako da su sve ćelije u kontaktu sa bazalnom laminom. Ovaj epitel gradi zidove alveola pluća, oblaže krvne i limfne sudove (tada se naziva endotel), a oblaže i telesne šupljine (mezotel). Oblaže, takođe, unutrašnju i spoljašnju površinu srca, nalazi se i kod glomerulusa bubrega, membraniznom labirintu unutrašnjeg uha itd. (Slika 3.2).



Slika 3.2. Jednoslojan pločast epitel (strelice) - endotel srca (HE, 400x)

Ovaj epitel ima izraženu sposobnost endocitoze i učestvuje u procesima apsorpcije, razmene gasova, filtracije.

Jednoslojni kockasti epitel izgrađen je od jednog sloja kockastih ćelija. Ćelije su jasno polarizovane, sa apikalnim delom koji se nalazi prema lumenu i bazalnim koji naleže na bazalnu laminu (Slika 3.3).



Slika 3.3. Jednoslojni kockasti epitel – bubrežni kanalići (HE, 400x)

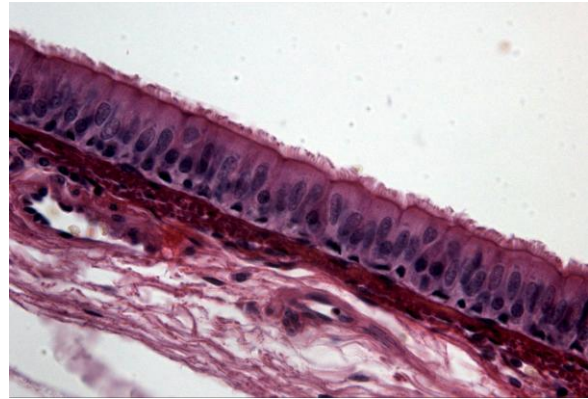
S obzirom da je jednoslojan epitel, sve ćelije naležu na bazalnu laminu. Jedra su okrugla i zauzimaju centralni položaj. Ovaj epitel ima apsorpcionu i sekretornu ulogu, a nalazi se u nefronima bubrega, kanalićima žlezda, ali i oblaže površinu jajnika.

Jednoslojni cilindrični epitel grade ćelije cilindričnog oblika i sve ćelije naležu na bazalnu laminu. Ova vrsta epitela prisutna je u želucu, tankim i debelim crevima, žučnoj kesici, egzokrinim žlezdama, jajovodu, materici itd. Međutim, postoje i cilindrični epitel koji se sastoje od dve vrste ćelija, recimo ćelije jajovoda, koje mogu biti sa kinocilijama i ćelije sa mikrovilima. Takođe, epitel creva, pored cilindričnih ćelija sadrži i peharaste ćelije, ali se svrstava u jednoslojne epitele. Uloga cilindričnih epitela je apsorpciona i sekretorna.

Pseudoslojeviti epitel

Pseudoslojeviti epitel predstavlja grupu epitela koja se sastoji od više vrsta ćelija različitih po obliku, visini i funkciji. Sve ćelije naležu na bazalnu laminu. Ranije se ovaj tip epitela nazivao i višeredan epitel. Zbog različitih visina ćelija i položaja jedara, posmatrano na svetlosnom mikroskopu, stiče se lažan utisak da je u pitanju više slojeva ćelija. Najpoznatiji primer za ovaj epitel je pseudoslojeviti cilindrični trepljasti epitel u disajnim putevima. Ovaj epitel se sastoji od šest tipova ćelija i to: trepljastih, četkastih, peharastih, bazalnih, endokrinih i klinastih ćelija. Najbrojnije su trepljaste ćelije, odnosno cilindrične ćelije sa kinocilijama na apikalnoj površini. Ove ćelije se prostiru čitavom visinom epitela, od bazalne lamine do lumena. Četkaste ćelije su, takođe, cilindrične, ali umesto kinocilija na apikalnoj površini se nalaze mikrovili koji ovim ćelijama daju četkast izgled. Peharaste ćelije su raspoređene između cilindričnih ćelija i pružaju se od bazalne lamine do lumena. Ove ćelije sintetišu i na apikalnu površinu oslobađaju mucine. Bazalne ćelije su rezervna populacija za ranije pomenute ćelije, trouglastog ili loptastog oblika i ne dosežu do površine samog epitela. Endokrine ćelije je na nivou svetlosne mikroskopije, bez upotrebe specifičnih bojenja, nemoguće razlikovati od bazalnih ćelija, ali za razliku od njih u kontaktu su sa nervnim završecima, a u citoplazmi se nalaze granule koje sadrže hormone. Klinaste ili uklještenne ćelije nastaju od bazalnih ćelija i u toku su diferencijacije ka trepljastim, četkastim ili peharastim ćelijama. Imaju piramidalan oblik i

njihovi apikalni delovi ne dosežu do površine epitela (Slika 3.4).



Slika 3.4. Pseudoslojeviti epitel – dušnik (HE, 400x)

Pored ove vrste, postoji i pseudoslojeviti epitel koji se nalazi u muškom reproduktivnom traktu (epididimis, semevod) i pojedinim žlezdama (semene kesice, prostata), a karakteriše ga postojanje samo dva tipa ćelija – bazalne i cilindrične.

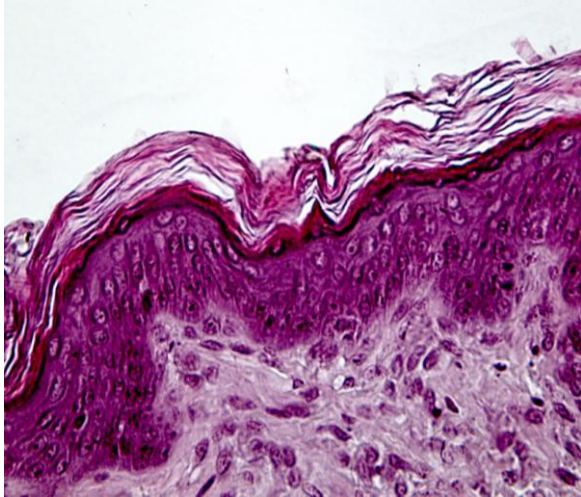
Pseudoslojeviti epitel ima ulogu u sekreciji različitih materija, kao i transportu čestica prašine, ali i polnih ćelija (gameta).

Slojeviti epitel

Slojeviti epitel se sastoji iz više slojeva ćelija, koje se redaju jedni na druge, a samo matične ćelije naležu na bazalnu laminu. Prema obliku površinskih ćelija slojeviti epitel se dele na pločasto-slojevite, kockasto-slojevite i cilindrično-slojevite.

Pločasto-slojeviti epitel su građeni od više slojeva ćelija, samo prvi sloj naleže na bazalnu laminu, a završni (površinski) sloj je građen od pločastih ćelija. Ovaj epitel se može podeliti na pločasto-slojeviti epitel sa orožavanjem i pločasto-slojeviti epitel bez orožavanja. Kod pločasto-slojeviteg epitela sa orožavanjem na površini se stvara sloj mrtvih, orožalih ćelija. Ovaj sloj obezbeđuje čvrstinu, kao i mehaničku zaštitu ostalim slojevima. Za razliku od njega, epitel bez orožavanja je nežan i završni sloj ćelija ne predstavlja mehaničku zaštitu za ćelije u dubljim slojevima (Slika 3.5).

Samo završne ćelije pločasto-slojeviteg epitela su pločaste, dok su ćelije u dubljim slojevima kockatog, cilindričnog ili izduženog oblika.



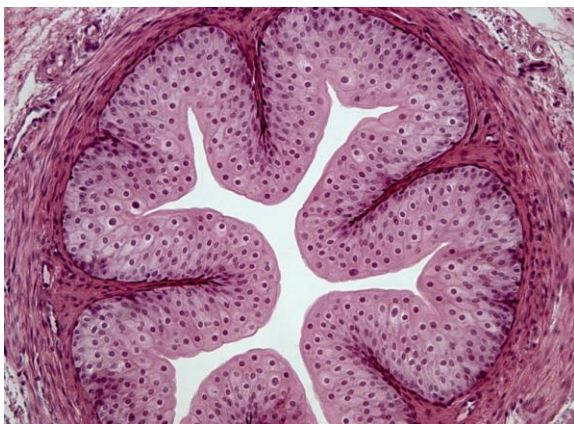
Slika 3.5. Pločasto-slojevit epitel sa orožavanjem – epidermis (HE, 400x)

Pločasto-slojevit epitel sa orožavanjem oblaže kožu, odnosno gradi *epidermis*, zatim se nalazi u predželucima preživara, analnoj sluzokoži. Pločasto-slojevit epitel bez orožavanja se nalazi u usnoj duplji, epitelu rožnjače itd.

Kockasto-slojevit epitel se sastoji od dva sloja kockastih ćelija. Nalazi se u izvodnim kanalima mlečnih i znojnih žlezda.

Cilindrično-slojevit epitel je građen od kockastih ćelija koje naležu na bazalnu laminu i cilindričnih ćelija koje naležu na njih i nisu u direktnom kontaktu sa bazalnom laminom. Ova vrsta epitela se nalazi u konjuktivi, u delovima uretre, ali, kao i kockasto-slojeviti epitel, u izvodnim kanalima mlečne i znojnih žlezda.

Epitel prelaznog tipa je vrsta epitela koju pojedini autori ubrajaju u slojevite epitele, pojedini u pseudoslojevite, a pojedini u zasebnu grupu.



Slika 3.6. Epitel prelaznog tipa – mokraćovod (HE, 200x)

Ovaj epitel isključivo oblaže mokraćne puteve i

zato se i naziva urotel. Sastoji se iz više slojeva ćelija koje formiraju bazalni sloj, intermedijerni sloj i superficijalni sloj. U završnom sloju se nalaze najkrupnije ćelije i nazivaju se Dogijelove ćelije. U obliku kišobrana štite ćelije dubljih slojeva. Dogijelove ćelije mogu biti jedno ili dvojedarne (Slika 3.6).

Slojevitost ovog epitela zavisi od ispunjenosti mokraćne bešike. Kada je bešika prazna ćelije su raspoređene u više slojeva, a kada je puna broj slojeva se smanjuje.

Žlezdani epiteli (žlezde)

Žlezdane epitele čine ćelije koje su specijalizovane za sintezu i sekreciju produkata. Ćelije žlezdanog epitela mogu sintetisati, deponovati i sekretovati proteine (gušterača), lipide (lojne i nadbubrežna žlezda) ili komplekse proteina i ugljenih hidrata (pljuvačna žlezda). Mlečna žlezda sekretuje sva tri tipa pomenutih produkata.

Žlezdani epiteli mogu se klasifikovati prema različitim kriterijumima. U odnosu na broj ćelija koje ulaze u njihov sastav, žlezde mogu biti jednoćelijske i višećelijske. Tipične jednoćelijske žlezde su peharaste ćelije digestivnog i respiratornog trakta. Višećelijske žlezde su izgrađene od strome i parenhima. Dok stroma predstavlja vezivno tkivo, parenhim se sastoji od sekretornih ćelija i epitela koji formira izvodne kanale.

Prema načinu izlučivanja, žlezde se dele na endokrine i egzokrine žlezde. Oba tipa su nastala od epitela koji je „uronio“ u vezivno tkivo i ostao u kontaktu, preko izvodnih kanala, sa nekim lumenom – egzokrine, ili je izgubio kontakt tako da svoje produkte luči u krv – endokrine žlezde. Na osnovu razgranatosti izvodnih kanala, žlezde mogu biti proste ili složene.

Prema obliku sekretornog dela žlezde se dele na: tubularne, alveolarne ili tubuloalveolarne.

Prema načinu oslobađanja sekreta iz ćelija, žlezde se mogu podeliti na ekrine (merokrine), holokrine i apokrine. Kod ekrinih žlezda, sekretorne granule u kojima se nalazi proizvod, napuštaju ćelije procesom egzocitoze, bez gubitka ćelijske membrane. U ćelijama koje luče holokrinim načinom, sekretorne granule se oslobađaju zajedno sa ostalim delovima ćelija, pri čemu ćelije propadaju. Apokrini tip predstavlja prelazni oblik, gde se sekretorne granule oslobađaju zajedno sa citoplazmom apikalnog dela ćelije.

Prema konzistenciji i sastavu izlučenog sadržaja žlezde se dele na mukozne, serozne i mešovite.



Slika 3.7. Jednoćelijske mukozne žlezde – peharaste ćelije tankog creva (Alcian-blue, 400x)

Mukozne žlezde luče gust, sluzav sekret, glikoproteinske prirode. Uloga ovog sekreta je u zaštiti površine epitela. Jedro ovih ćelija (mukocita) je spljošteno i locirano uz bazalnu membranu. Na histološkom preparatu, ove ćelije su svetlo obojene. Mukozne žlezde mogu biti jednoćelijske (peharaste) (Slika 3.7) ili višecelijske (pljuvačna žlezda). Sekret seroznih žlezda je vodnjikav, proteinske prirode. Ćelije seroznih žlezda imaju ovalna jedra, smeštena u bazalnom delu. Ćelije su piramidalnog oblika, sa acidofilnim apikalnim delom, zbog prisustva brojnih sekretornih granula. Bazalni deo je, zbog prisustva gER i ribozoma, bazofilan. Primer za serozne žlezde su pankreas, zaušna i suzna žlezda. Mešovite (seromukozne) žlezde sadrže oba tipa ćelja, i serocite i mukocite. U ove žlezde spadaju podjezična i donjovilična žlezda, kao i žlezde u disajnim putevima.

Specijalni epiteli

U ovu grupu epitela spadaju mioepitel, neuroepitel, pigmentni epitel.

Mioepitelne ćelije imaju u citoplazmi razvijene miofilamente, koji imaju mogućnost kontrakcije. Ove ćelije su lokalizovane između bazalne lamine i ćelija sa sekretornom funkcijom koje formiraju meškove (acinuse). Kontrakcijom mioepitelnih ćelija dolazi do potiskivanja sadržaja meška u izvodne kanale. Mioepitelne ćelije se nalaze u egokrinim žlezdama, a naročito dobro razvijene u mlečnoj žlezdi.

Neuroepitelne ćelije su visokodiferencirane i imaju sposobnost da iz spoljašnje sredine

primaju nadražaje. Nalaze se u mrežnjači oka, olfaktivnoj sluzokoži, unutrašnjem uhu, gustoreceptornim kvržicama.

Pigmentni epitel se sastoji od ćelija koje u citolazmi sadrže veliku količinu pigmentnih granula. Primer za pigmentni epitel je mrežnjača oka.

VEZIVNA TKIVA

Grupa tkiva koja povezuje epitelno, mišićno i nervno tkivo u veće celine, odnosno organe i organske sisteme, a takođe pruža potporu i daje formu životinjskom organizmu, naziva se vezivno tkivo. Vezivna tkiva vode poreklo od srednjeg klicinog listića – mezoderma. Od mezoderma se tokom embriogeneze razvija embrionalno vezivno tkivo, odnosno mezenhim od koga nastaju sva ostala vezivna tkiva koja učestvuju u građi organa i organskih sistema u organizmu životinja.

Vezivno tkivo se sastoji iz ćelija i ekstracelularnog matriksa (ECM). Ekstracelularni matriks je izgrađen od osnovne supstance i vezivnih vlakana.

Ćelije su osnovna komponenta vezivnih tkiva, jer njihovom aktivnošću nastaju osnovna supstanca i vezivna vlakna. Jedna od podela ćelija vezivnog tkiva je na fiksne i lutajuće. U fiksne ćelije se ubrajaju one koje nastaju i čitav životni vek provedu u istom vezivnom tkivu. U ovu grupu spadaju fibroblasti, fibrociti, hondroblasti, hondrociti, osteoblasti, osteociti, adipociti, mezenhimske i retikularne ćelije. Nastavak „-blasti“ ukazuje da su u pitanju mlade ćelije sa izrazitom sposobnošću za deobom, dok „-citi“ predstavljaju zrele ćelije, potpuno diferencirane, sa tačno određenom ulogom u tom tkivu. Većina pobrojanih fiksnih ćelija je vezana za tačno određeno tkivo, dok se fibroblasti mogu naći u različitim tipovima vezivnog tkiva. Lutajuće ćelije nastaju u kostnoj srži iz koje odlaze u krvotok. Putem krvotoka se transportuju u pojedine delove gde, zahvaljujući određenim stimulusima, napuštaju krvotok i dolaze do odgovarajućeg vezivnog tkiva. U lutajuće vezivne ćelije se ubrajaju leukociti, makrofagi, plazmociti i mastociti.

Osnovna supstanca je visokohidratisan gel koji ispunjava ekstracelularni matriks, odnosno prostor oko vezivnih ćelija. Osnovna supstanca se sastoji od glikozaminoglikana, proteoglikana i glikoproteina. Ove komponente luče vezivne ćelije i učestvuju u interakciji vezivnih vlakana sa ćelijama vezivnog i epitelnog tkiva.

Vezivna vlakna su komponente ekstracelularnog matriksa, nastala iz prekursora sintetisanih od strane vezivnih ćelija. Osnovna uloga im je da vezivnim tkivima daju čvrstinu i elastičnost. Vezivna vlakna mogu biti: kolagena, elastična i retikularna. Sama funkcija tkiva određuje zastupljenost vlakana u njima.

Kolagena vezivna vlakna su proteinske niti otporne na istezanje. Dijametra su 0,5–1 μm , dok dužina jako varira. Ova vlakna se ne granaju, ali se često međusobno ukrštaju. Prisutna su u svim vezivnim tkivima, osim krvi. U osnovi kolagenih vlakana nalazi se protein kolagen, najrasprostranjeniji protein u organizmu. Duga kolagena vlakna nastaju spajanjem molekula tropokolagena koji je dužine 280 nm i prečnika 1,5 nm. Smatralo se da protokolagen mogu sintetisati samo fibroblasti, hondroblasti, osteoblasti i odontoblasti, ali ustanovljeno je da sposobnost sinteze ovog proteina imaju i druge ćelije. Do sada je otkiveno dvadesetak tipova kolagenih vlakana koji se razlikuju po aminokiselinskom sastavu, a obeleženi su brojevima od I do XX (kolagen tipa I, kolagen tipa II ...). U organizmu je najzastupljeniji kolagen tipa I koji čini 90% telesnih kolagena. Kolagen tipa III formira retikularna vezivna vlakna.

Retikularna vezivna vlakna formiraju trodimenzionalnu mrežu i zastupljena su u rastresitom i retikularnom vezivnom tkivu. Retikularna vezivna vlakna su prisutna u stromi hematopoeznih organa. U ovim organima produkuju ih retikularne ćelije. Pored hematopoeznih organa, ova vlakna se nalaze u rastresitom vezivnom tkivu oko žlezdanih acinusa, mišićnih i masnih ćelija, perifernim nervima. U većini organa ova vlakna sintetišu fibroblasti, međutim sposobnost njihove sinteze imaju i miociti, Švanove ćelije i neke ćelije jetre. Elastična vezivna vlakna, kao komponenta ekstracelularnog matriksa, obezbeđuju elastičnost tkiva i organa. Elastična vezivna vlakna se sastoje od proteina elastina i mikrofibrila. Molekuli elastina su međusobno povezani kovalentnim vezama i čine prostorno unakrsno povezanu mrežu. S obzirom da se svaki molekul elastina može rastezati i skupljati poput opruge, cela mreža ima mogućnost da se rastezne i ponovo skupi. Pri istezanju, molekuli elastina se mogu izdužiti i za 150% u odnosu na dužinu u relaksiranom stanju. Mikrofibrili su niti dijametra 10 nm, izgrađeni od glikoproteina fibrilina. Prekursore za elastična vezivna vlakna sintetišu fibroblasti i fibrociti. Prekursori se, putem sekretornih granula, oslobađaju u ekstracelularni matriks gde se formiraju vlakna.

Klasifikacija vezivnih tkiva

Vezivna tkiva se mogu podeliti u dve osnovne grupe: embrionalna i adultna vezivna tkiva. Embrionalna vezivna tkiva su mezenhimno i

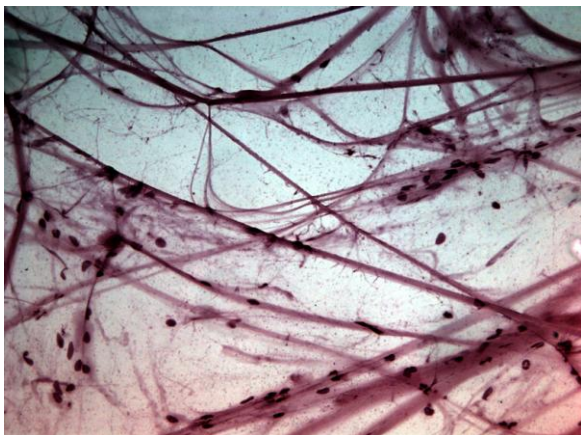
sluzno vezivno tkivo. Kao što samo ime sugerise, u pitanju su tkiva koja se nalaze u embrionalnom periodu razvicia. Ranije je rečeno da mezenhimno vezivno tkivo predstavlja osnov od koga će se razviti ostala, adultna vezivna tkiva. Adultna vezivna tkiva se mogu podeliti u dve podgrupe i to: vezivna tkiva sa opštim karakteristikama i specijalizovana vezivna tkiva. U podgrupu sa opštim karakteristikama spadaju rastresito i gusto vezivno tkivo, a u specijalizovana vezivna tkiva spadaju retikularno, masno, hrskavičavo, kostno i krv.

Mezenhimno vezivno tkivo, kao što je rečeno, nalazi se samo kod embriona. Izgrađeno je od mezenhimskih ćelija, velike količine osnovne supstance i retkih retikularnih vezivnih vlakana. Mezenhimske ćelije su vretenastog ili zvezdastog oblika, sa relativno krupnim jedrom i oskudnom citoplazmom. Ćelije međusobno komuniciraju brojnim citoplazmatskim produžecima.

Sluzno vezivno tkivo sastoji se iz zvezdastih ćelija, potpoljenih u osnovnu supstancu. Osnovna supstanca je sluzave konzistencije i u njoj se nalaze kolagena vezivna vlakna. Po morfološkim karakteristikama je slično mezenhimnom vezivnom tkivu, ali za razliku od njega nema sposobnost dalje diferencijacije. Nalazi se u pupčanoj vrpici.

Rastresito vezivno tkivo

Rastresito vezivno tkivo se sastoji od sve tri komponente vezivnih tkiva: ćelija, vlakana i osnovne supstance. Od vezivnih ćelija u rastresitom tkivu, kao fiksne, najzastupljeniji su fibroblasti, a u većoj ili manjoj meri nalaze se i adipociti. Od lutajućih ćelija prisutne su makrofage, mastociti, plazmociti, limfociti, eozinofilni granulociti (Slika 3.8).



Slika 3.8. Rastresito vezivno tkivo (HE, 200x)

Od vezivnih vlakana prisutna su sva tri tipa: kolagena, elastična i retikularna. Osnovna supstanca je viskozne prirode. Zbog svoje građe, rastresito vezivno tkivo ima nežnu građu, savitljivo je, ali ima slabu otpornost na delovanje mehaničkih sila. Dobro je prokrvljeno i inervisano. Rastresito vezivno tkivo je najzastupljenija vrsta vezivnih tkiva u organizmu. Ovo tkivo čini podlogu i potporu epitelima (sastavni deo sluzokože digestivnog, respiratornog, urogenitalnog trakta, kože), ispunjava prostore između grupa mišićnih ćelija, formira slojeve oko limfnih i krvnih sudova. Uloga rastresitog vezivnog tkiva je u pokretljivosti, ali ima ulogu i u transportu i skladištenju metabolita i procesima regeneracije.

Gusto vezivno tkivo

Gusto vezivno tkivo se sastoji od istih komponenti (vezivnih ćelija, vezivnih vlakana i osnovne supstance), kao i rastresito vezivno tkivo ali u značajno promenjenom odnosu. Dominantna komponenta ove vrste vezivnog tkiva su vezivna vlakna: Ovo tkivo se naziva i fibrozno vezivno tkivo. Dominiraju kolagena vezivna vlakna. Količina osnovne supstance je smanjena i smeštena u prostoru između vezivnih vlakana. Između vezivnih vlakana se nalaze i retke vezivne ćelije, najčešće fibroblasti i makrofagi. Ovo tkivo nije savitljivo kao rastresito, ali je mnogo otpornije na delovanje mehaničkih sila. Zbog svoje građe ovo tkivo je prilagođeno pružanju otpora i zaštiti. U zavisnosti od rasporeda kolagenih vezivnih vlakana, ovo tkivo se deli na regularno i iregularno gusto vezivno tkivo. Kod regularnog gustog vezivnog tkiva kolagena i elastična vezivna vlakna su raspoređena u paralelno orijentisanim snopovima. U zavisnosti od toga koja vlakna prevladavaju može biti kolageno i elastično regularno gusto vezivno tkivo, mada se često za elastično koristi i kraći naziv elastično vezivno tkivo. Od kolagenog regularnog gustog vezivnog tkiva izgrađene su tetive, ligamenti, fascije, tvrda moždanica itd. Elastično regularno gusto vezivno tkivo je građeno od debelih snopova elastičnih vezivnih vlakana, koja ovom tkivu daju žućkastu boju. Ovo tkivo prisutno je u nekim ligamentima (*lig. nuchae*) i u zidu velikih arterija (arterijama elastično-mišićnog tipa). Iregularno gusto vezivno tkivo se sastoji od snopova kolagenih vezivnih vlakana koji se prostiru u različitim pravcima. Između ovih snopova se nalazi fina mreža elastičnih vlakana. Ovaj vid organizacije vlakana ima za posledicu

odolevanje mehaničkim silama iz više pravaca, kao i određen, mali, stepen elastičnosti. Između snopova vlakana nalaze se retki fibroblasti i makrofagi. Ova vrsta tkiva formira kapsule pojedinih organa (jetra, semenik, bubreg, limfni čvorovi) i pregrade (septe) koje ograne dele na režnjeve i režnjice.

Retikularno vezivno tkivo

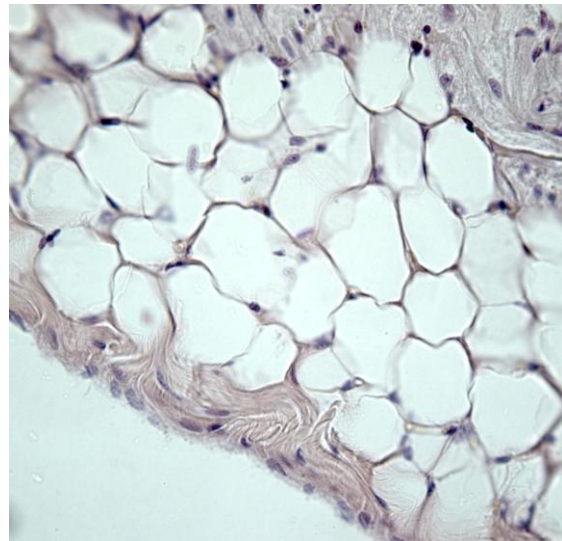
Retikularno vezivno tkivo je specijalizovano tkivo koje se sastoji od retikularnih ćelija, retikularnih vezivnih vlakana i osnovne supstance. Retikularne ćelije su vretenastog ili zvezdastog oblika, a njihovi nastavci omotavaju retikularna vezivna vlakna. Deo populacije retikularnih ćelija ima sposobnost sinteze vezivnih vlakana, a drugi deo populacije ima sposobnost fagocitoze. Vezivna vlakna formiraju trodimenzionalnu mrežu, a ćelije čine potporu. U osnovi tkivo ima sunderastu strukturu i čini osnovu hematopoeznih i limfnih organa (kostnu srž, limfne folikule i čvorove, slezinu). Vezivne ćelije i vezivna vlakna ovog tkiva obezbeđuju odgovarajuće uslove neophodne za procese limfo i hematopoeze (proliferaciju i diferencijaciju ćelija, puštanje krvnih elemenata u cirkulaciju).

Masno tkivo

Masno tkivo je specijalizovano vezivno tkivo sa funkcijom skladištenja masnih materija (lipida). Najznačajnija komponenta masnog tkiva su masne ćelije (adipociti, lipociti). U vezivnim tkivima se mogu naći pojedinačno ili u manjim grupama, ali najčešće formiraju velike nakupine koje čine masno tkivo. Adipociti se razvijaju od lipoblasta i imaju sposobnost sinteze i akumulacije masti. Veličine su od 50 do 150 μm, pojedinačno su okruglog oblika, a u grupi su poligonalnog oblika. Najveći deo adipocita zauzima masna kap, a ostale ograde, uključujući i jedro su potisnute na periferiju. Masne kapi nisu okružene membranom, ali od citoplazme su odvojene mrežom aktinskih filamenata. Plazmina membrana adipocita poseduje receptore za brojne signalne molekule, kao što su insulin, hormon rasta, noradrenalin, glukokortikoidi (Slika 3.9).

Masne kapi deponovane u masnom tkivu su uglavnom trigliceridi, tj. estri masnih kiselina i glicerola. Masne kiseline deponovane u ovom tkivu su poreklom od masti iz hrane, koje se u jetri metabolišu u trigliceride koji u ćelije ulaze u obliku lipoproteina vrlo male gustine (VLDL). Međutim, sinteza triglicerida je moguća i u

samim masnim ćelijama i to od slobodnih masnih kiselina i glicerola, poreklom od glukoze.



Slika 3.9. Masno tkivo (HE, 400x)

Masno tkivo ima više uloga. Najznačajnija je skladištenje i sinteza masnih materija, što ovo tkivo čini depoom energije. Ovo tkivo ima i potpornu ulogu, odnosno, prisustvom oko pojedinih organa pruža im zaštitu i potporu. S obzirom da je masno tkivo slab provodnik toplote, ovo tkivo ima ulogu i u termoregulaciji. Masno tkivo je i sekretorni organ jer ima sposobnost sinteze. Sintetiše više molekula koji se putem krvi transportuju po organizmu, ali najbolje izučen je leptin. Leptin učestvuje u regulaciji količine masnog tkiva u organizmu i kontrolu unosa hrane. U zavisnosti od vremena pojave, načina distribucije masnih kapljica u samim ćelijama, a i od uloge u organizmu u građi životinja susrećemo dve vrste masnih tkiva: mrko masno tkivo i belo masno tkivo.

Mrko masno tkivo (multilokularno) je u manjoj meri zastupljeno i javlja se u većem obimu u toku embrionalnog perioda razvika, ali se susreće i kod odraslih životinja.

Belo masno tkivo (unilokularno) je masno tkivo koje je zastupljeno u većem obimu kod odraslih životinja i predstavlja tkivo u kome se deponuje višak masnih materija (potkožno masno tkivo – slanina, masno tkivo oko organa...).

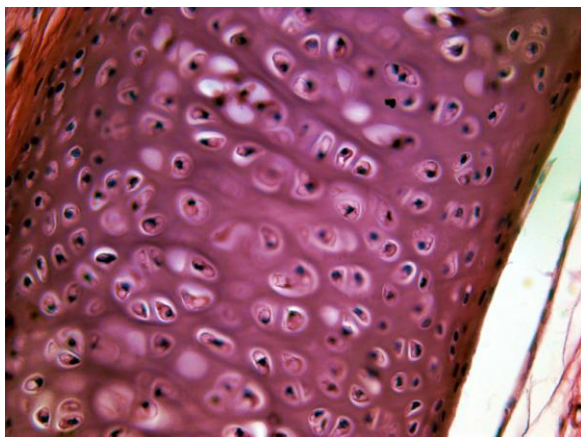
Hrskavičavo vezivno tkivo

Hrskavičavo vezivno tkivo je specijalizovani oblik vezivnih tkiva, sa glavnom ulogom u potpori mekih tkiva. Glatka površina i elastičnost omogućavaju nesmetane pokrete kostiju, odnosno klizanje zglobova, kao i ublažavanje udaraca. Sastoji se iz vezivnih ćelija –

hondroblasta i hondrocita, međučelijskog matriksa. Matriks je čvrste konzistencije ali savitljiv. Ove karakteristike omogućavaju ovom tkivu da podnese mehanička opterećenja. Elastičnost i savitljivost ovog tkiva omogućavaju vezivna vlakna (kolagena i elastična) koja se nalaze u ekstracelularnom matriksu. Matriks je homogene prirode i u toploj vodi se rastvara na želatin i hondromukoprotein. Osnovna supstanca sadrži proteoglikane, glikoproteine i veliku količinu vode. Od proteoglikana najznačajniji su hondroitin 4-sulfat, hondroitin 6-sulfat i keratan sulfat. Ove komponente matriksa nastale su kao proizvod sinteze hondrocita. Hondrociti se nalaze u šupljinama ekstracelularnog matriksa, lakunama koje se nazivaju i hodroplastima. U zavisnosti od sastava ekstracelularnog matriksa i rasporeda ćelija u ECM-u razlikuju se tri tipa hrskavica i to: hijalina, elastična i fibrozna. Sva tri tipa hrskavice su vaskularne, a vaskularizacija se vrši pomoću perihondrijuma. Perihondrijum predstavlja omotač od gustog vezivnog tkiva koje obavlja hrskavicu i odvaja je od ostalog tkiva.

Hijalina hrskavica

Hijalina hrskavica je najrasprostranjeniji tip hrskavice. Nalazi se na zglobnim površinama, u zidovima većih disajnih puteva (grkljan, dušnik), na krajevima rebara koji se vežu za grudnu kost. Prema svojstvima matriksa je homogena i bazofilna. U matriksu se nalazi znatna količina mukopolisaharida i hondroitin sulfata (Slika 3.10).



Slika 3.10. Hijalino hrskavičavo vezivno tkivo (HE, 400x)

Od vezivnih vlakana nalaze se kolagena, čija vlakanca formiraju mrežu unutar ekstracelularnog matriksa. S obzirom da vlakanca kolagena imaju isti indeks prelamanja

svetlosti, matriks izgleda homogen i na svetlosnom mikroskopu se ne uočava prisutnost kolagenih vlakana. Hondrociti, kao zrele vezivne ćelije, formiraju izogene grupe, odnosno 2, 4, 8 ili više ćelija u jednoj lakuni. Izogene grupe mogu formirati niz ili biti kružno orijentisane.

Elastična hrskavica

Elastična hrskavica se nalazi u ušnoj školjci, spoljašnjem ušnom kanalu, delovima hrskavice grkljana i epiglotisa. U osnovi je slične građe kao i hijalina, ali u matriksu se, pored kolagenih, nalazi i veća količina razgranatih elastičnih vlakana. Prisustvo elastičnih vlakana daje veću savitljivost i elastičnost, ali i žutu boju. U pogledu hondrocita, u elastičnoj hrskavici njihov broj je veći, a imaju i veći dijametar u odnosu na hondrocite hijaline hrskavice. Ne formira veće izogene grupe, već se u lakunama nalaze po dve ili četiri ćelije.

Fibrozna hrskavica

Fibrozna hrskavica se nalazi u intervertebralnim diskusima, spojevima nekih ligamenata za kosti i simfizi karlične kosti. Ova hrskavica predstavlja intermedijerni oblik između gustog vezivnog tkiva i hijaline hrskavice. Fibrozna hrskavica sadrži hondrocite raspoređene pojedinačno ili u izogenim grupama koje formiraju duge nizove. Oko njih se nalaze brojna kolagena vlakna koja formiraju snopove koji se jasno uočavaju na svetlosnom mikroskopu. Raspored i orijentacija snopova kolagenih vlakana zavise od sila koje na hrskavicu deluju. Fibrozna hrskavica ne poseduje perihondrijum.

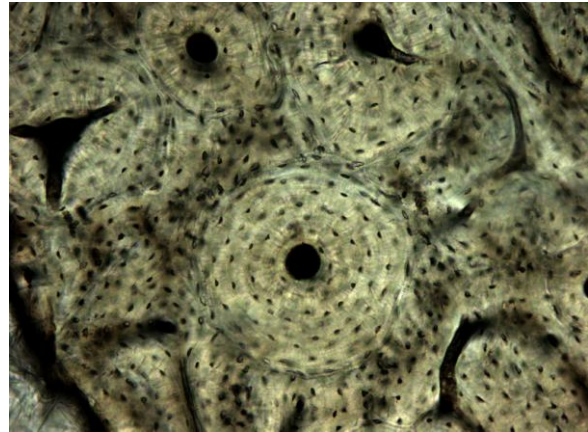
Kostno vezivno tkivo

Kostno tkivo je potpuno vezivno tkivo čiji je matriks mineralizovan. Ovo tkivo gradi kosti, koje su deo skeleta, odnosno deo lokomotornog sistema. Kostno vezivno tkivo se odlikuje tvrdoćom i čvrstinom. Tvrdoća ovog tkiva potiče od mineralnih materija, prvenstveno od kalcijum-fosfata, a čvrstina od kolagenih vlakana. Uklanjanjem organskog dela, kosti postaju krte i lako lomljive. Sa druge strane, pri demineralizaciji, kosti zadržavaju oblik, ali postaju savitljive.

Kostno vezivno tkivo je izgrađeno od vezivnih ćelija, ekstracelularnog matriksa i kolagenih vezivnih vlakana. Od vezivnih ćelija u kostnom vezivnom tkivu razlikuju se tri vrste: osteoblasti, osteociti i osteoklasti. Osteoblasti su mlade kostne ćelije odgovorne za stvaranje i

mineralizaciju ekstracelularnog matriksa. Ove ćelije sintetišu organske sastojke kostnog matriksa (kolagena vlakna, proteoglikane i glikoproteine). Smešteni su na površini kostnog tkiva, poredani u nizu, kao ćelije jednoslojnih epitela. U toku intenzivne sinteze su prizmatičnog oblika, a sa smanjenjem aktivnosti postaju spljoštene. Kada se osteoblasti potpuno okruže izlučenim matriksom, postaju osteociti. Osteociti, nastaju od osteoblasta i smešteni su u lakunama koje se nalaze između lamela kostnog matriksa. Osteociti međusobno komuniciraju pomoću citoplazmatskih produžetaka koji sa susednim ćelijama formiraju komunikativne spojeve, *gap junction*. Pomoću ovih veza omogućen je transport hranljivih materija od krvnih sudova ka najudaljenijim osteocitima. Samo najbliže ćelije su u kontaktu sa krvnim sudovima, a ostale hranljive materije dobijaju međućelijskim kontaktima. Osteociti su spljošteni i aktivno su uključeni u održavanju kostnog matriksa. Osteoklasti su vrlo krupne, pokretne ćelije. Nastaju spajanjem monocita poreklom iz kostne srži i spadaju u mnogojedarne ćelije. Broj jedara varira i može biti od 5 do 50, pa i više. Sa dobro razvijenim enzimskim sistemom ove ćelije učestvuju u razgradnji kostnog matriksa. Tu svoju ulogu obavljaju pomoću kolagenaza i drugih enzima koji učestvuju u razlaganju kolagena i kristala kalcijumovih soli. Aktivnost osteoklasta je pod kontrolom citokina i hormona.

Kostni matriks se sastoji od organskog i neorganskog dela. Organsku materiju kostnog matriksa čine kolagena vezivna vlakna i amorfnu osnovnu supstancu koja sadrži protoglikane i glikoproteine. Neorganska materija čini 50% suve mase kostnog matriksa. U najvećoj meri ima kalcijuma i fosfora, ali i bikarbonate, citrate, magnezijum, natrijum i kalijum. Kalcijum i fosfor se najvećim delom nalaze u obliku kristala hidroksiapatita, ali ima i amornog kalcijum-fosfata. Povezanost hidroksiapatita sa kolagenim vlaknima je objašnjenje za čvrstinu i otpornost kostnog tkiva. Kostno tkivo je organizovano u obliku lamela ili osteona. Osteon se drugačije naziva i Haverzov sistem lamela, a predstavlja koncentrične kostne lamele oko kanala (Haverzov kanal). U unutrašnjosti ovog kanala nalaze se krvni sudovi. Između samih lamela smešteni su osteociti koji se nalaze u ležištima (lakunama) (Slika 3.11).



Slika 3.11. Kostno vezivno tkivo (HE, 400x)

Kostno tkivo se sastoji od velikog broja osteona, a čitava struktura ulazi u građu kosti. Zato se osteon može smatrati osnovnom strukturnom jedinicom kostnog vezivnog tkiva.

Proces nastanka kostnog vezivnog tkiva se naziva okoštavanje, a započinje u embrionalnom periodu razvoja. Postoje dve vrste okoštavanja, direktno i indirektno. Direktno (intramembranozno) okoštavanje nastaje nakon diferencijacije osteoblasta od mezoderma. Aktivnošću osteoblasta nastaje međućelijska supstanca koja se mineralizuje. Indirektno (endohondralno) okoštavanje nastaje kao delimično ili potpuno okoštavanje hijaline hrskavice. Indirektnim okoštavanjem nastaje veći broj kostiju u organizmu, u odnosu na direktno okoštavanje.

Krv

Krv je specijalizovano vezivno tkivo koje se sastoji od tečne međućelijske supstance (krvne plazme) i vezivnih ćelija (uobličениh krvnih elemenata). Krvna plazma čini oko 55% krvi, ćelije oko 45%. Uloge krvi u organizmu su: transport hranljivih materija i kiseonika do ćelija, odnosno transport produkata metabolizma i ugljen-dioksida od ćelija; prenos hormona po organizmu; regulacija acidobazne ravnoteže, osmotskog pritiska i telesne temperature; zaštita organizma od infekcija (Slika 3.12).

Krvna plazma je žućkasta tečnost koja sadrži 90–92% vode. U vodi su rastvorena ili suspendovana brojna jedinjenja, ali među njima dominiraju proteini. Pored proteina, u krvnoj plazmi se nalaze hranljive supstance (glukoza, aminokiseline, lipidi, vitamini), gasovi (O_2 i CO_2), regulatorne supstance (hormoni i enzimi), kao i produkti metabolizma (urea, kreatinin itd.). Proteini plazme su albumini (zastupljeni sa 58% u odnosu na ukupne proteine), globulini (38%) i

fibrinogeni (4%). Albumini imaju ulogu u održavanju koloidno-osmotskog pritiska u krvi, ali i za transport nerastvorljivih metabolita. Globulini su veoma raznovrsna grupa proteina u krvnoj plazmi, ali su posebno značajni imunoglobulini. Imunoglobulini su antitela, a sintetišu ih ćelije krvi koje se nazivaju plazmociti. Fibrinogeni su grupa proteina koja je neophodna za procese zgrušavanja krvi, prelaskom u fibrin. Krvna plazma koja ne sadrži fibrinogene naziva se krvni serum. Krvna plazma, na nivou kapilara može delimično napustiti cirkulaciju (prevashodno voda i sitniji molekuli krvne plazme) čineći tkivnu tečnost.

Veživne ćelije krvi, odnosno uobličeni krvni elementi, nalaze se u krvnoj plazmi i mogu se podeliti na: eritrocite, leukocite i trombocite.

Centrifugiranjem krvi (uz koagulans) dolazi do odvajanja krvne plazme od uobličениh elemenata krvi. Eritrociti se talože na dnu epruvete i zauzimaju 45% zapremine krvi. Ova vrednost se naziva hematokrit. Iznad se talože bela krvna zrnca i trombociti i taj deo zauzima 1% ukupne zapremine krvi. Ostatak, oko 55% predstavlja krvnu plazmu.

Eritrociti

Eritrociti (crvena krvna zrnca) su ćelije ispunjene hemoglobinom, a njihova uloga je vezana za transport gasova O_2 i CO_2 . U normalnim uslovima ove ćelije nikada ne napuštaju cirkulaciju, odnosno od svog nastanka u kostnoj srži pa do njihovog uklanjanja eritrociti se putem krvi kreću po kardiovaskularnom sistemu. Eritrociti sisara su u obliku bikonkavnog diska, sa zadebljalim rubovima i istanjenim središnjim delom, dijametra od 4 do 9 μm . Zbog bikonkavnog oblika eritrociti imaju veću površinu za razmenu gasova, ali i odličnu fleksibilnost koja im je neophodna, naročito u malim lumenima kapilara. U toku sazrevanja eritrociti gube jedro i njihova funkcija je vremenski ograničena od kratkog veka kod mačaka (2 meseca) do skoro 6 meseci kod goveda. Bikonkavan oblik pomenutih ćelija nastaje zahvaljujući postojanju kontraktilnog proteina, spektrina, koji je povezan sa membranom ovih ćelija. Ali nisu eritrociti svih sisara jasno bikonkavni. Kod preživara i svinja eritrociti mogu biti i ravni, bez centralnog suženja koje se nalazi kod karnivora, konja i primata.

Osnovna uloga eritrocita je transport gasova, zahvaljujući molekulu hemoglobinu koji se u eritrocitima nalazi. U toku normalnog razvoja

eritrocita, hemoglobin se sintetiše i zauzima 1/3 njegove zapremine. Ostali deo citoplazme, kao i sama plazmina membrana, sadrži proteine koji značajno pomažu proces razmene gasova.

Leukociti

Leukociti (bela krvna zrnca) su ćelije uključene u humoralnu i celularnu odbranu organizma. Osim u krvi, ove ćelije se nalaze u različitim tkivima i organima. Veći deo svog životnog veka leukociti provode van cirkulacije, a krv koriste kao transportno sredstvo. Nastaju u kostnoj srži, a putem krvotoka se transportuju do tkiva koja će naseliti. Osnovni mehanizam odbrane organizma od invazije stranih materija, uključujući patogene, je korišćenje krvotoka za kretanje leukocita ka mestima napada. U krvi, leukociti su sferičnog oblika, ali u toku napuštanja krvotoka i prolaska između epitelnih ćelija (diapedeza) postaju pleomorfni i mogu brzo menjati oblik. Leukociti se mogu podeliti u dve grupe: granulociti – ćelije sa segmentiranim ili odvojenim režnjevima jedra i citoplazmom bogatom granulama i agranulocite – grupu koja nema segmentisana jedra i sa malo granula u citoplazmi. Granulociti se, u zavisnosti od bojenja granula u citoplazmi dele na neutrofile, eozinofile i bazofile. Agranulociti se dele na monocite i limfocite.

Neutrofili su vrsta leukocita koja ima podjednako slab afinitet i prema baznim i prema kiselim bojama. Posmatranjem na krvnom razmazu, jedra neutrofila su heterohromatična i veoma segmentisana, sa različitim režnjevima međusobno povezanih sa tankim nitima hromatina i nukleoplazme. Kod ženskih jedinki, može se videti i poseban režanj u obliku bubnjarskog štapa, takozvano Barovo telo. Dijametar neutrofila se kreće od 9 do 15 μm . Citoplazma sadrži brojne granule, ali i polisome, Goldžij aparat, glikogen i retke mitohondrije. Granule neutrofila su u osnovi blede, ali mogu biti i slabo eozinofilne, naročito kod ovaca i koza. Velike granule se boje intenzivnije od malih granula. Kod pojedinih životinja (zamorac, zec) velike granule se boje crveno praveći citoplazmu polihromatičnom. Zbog ovoga, neutrofili se često nazivaju i heterofilima, što je naziv koji se koristi kod životinja koje nisu sisari (gmizavci, ptice). Kod većine vrsta granule su male (dijametra oko 0,1 μm), označene su kao specifične granule i sadrže baktericidne enzime i druge supstance neophodne za antibakterijsku aktivnost. Veće, ali manje brojne granule, azurofilne, su pravi primarni lizozomi koji

takođe sadrže različite baktericidne supstance (lizozim, kisele hidrolaze, elastaze, kolagenaze, katepsin G itd.).

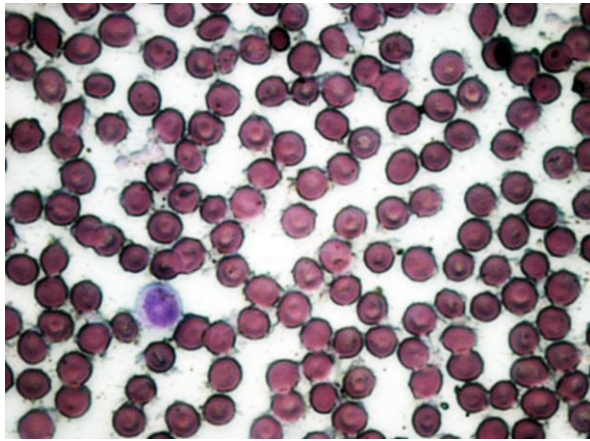
Eozinofili su vrsta granulocita koja je primarno uključena u zaštitu od parazitskih zaraza i regulaciji alergijskih i/ili zapaljenskih procesa. Posедуje polimorfno jedro koje je manje heterohromatično i segmentisano u odnosu na jedro neutrofila. Jedro najčešće ima dva režnja, ređe tri, a jako retko više od tri. U principu, granule ovih ćelija reaguju eozinofilno (boje se kiselim bojama) i ova karakteristika se koristi za definisanje morfoloških karakteristika ovih ćelija. Međutim, postoji mala razlika u bojenju između vrsta. Kod preživara i svinja granule se boje više narandžasto nego crveno. Kod mnogih vrsta životinja granule unutar ćelija su podjednake veličine i pravilno raspoređene između polisoma, gER, nepravilno raspoređenih mitohondrija. Veličina granula varira u zavisnosti od vrste životinja. Kao i kod neutrofila, granule su lizozomi i postoje dva tipa: dominantnije specifične granule i azurofilne granule. U specifičnim granulama se nalazi veliki bazni protein koji uzrokuje acidofiliju granule, a ispoljava antiparazitski efekat. U azurofilnim granulama se nalaze hidrolitički enzimi koji razgrađuju komplekse antigen–antitelo. Ovi kompleksi nastaju kao alergijski odgovor. Učestvuju i u zapaljenskim reakcijama koje izazivaju paraziti (recimo crevni). Kod parazita velikih dimenzija, gde nisu u mogućnosti da ih fagocituju, uništavaju ih tako što u njihovoj blizini sekretuju specifične granule. U poređenju sa neutrofilima imaju slabije izraženu fagocitoznu aktivnost.

Bazofilni leukociti su u normalnoj krvi najmalobrojnija vrsta leukocita i predstavljaju od 0–3% svih ćelija u krvi. Boje se plavo pri bojenju sa Gimsa bojom i, kao i eozinofili i neutrofilni, imaju dve vrste granula: specifične granule i azurofilne granule. Specifičnih granula ima mnogo više od azurofilnih, locirane su u citoplazmi između gER, Goldži aparata i mitohondrija. Ove granule sadrže supstance nađene i u mastocitima (heparin, histamin, eozinofilni hemotaktični faktor). Veličina, oblik, broj i sadržaj ovih granula variraju u zavisnosti od vrste životinje. Azurofilne granule se nalaze u citoplazmi i, kao i kod ostalih granulocita, sadrže supstance neophodne za proces fagocitoze. Međutim, fagocitoza kod bazofila je jako ograničena. Ove ćelije imaju, prvenstveno, ulogu u zapaljenskim reakcijama, slično ulozi mastocita. U plazminoj membrani bazofila

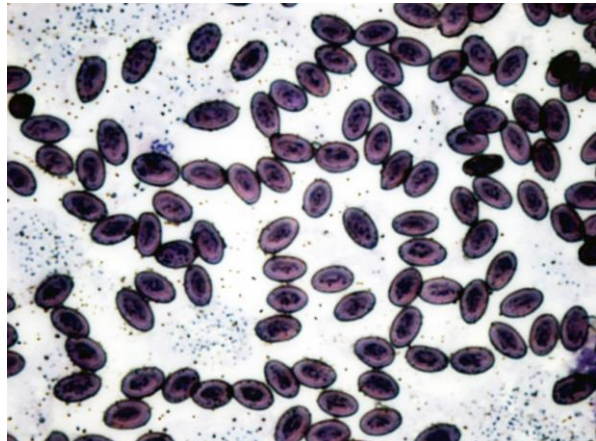
prisutni su receptori za imunoglobuline klase E. Vezivanjem antigena za ove receptore dolazi do otpuštanja sadržaja specifičnih granula. Morfologija jedra bazofila zavisi od vrste životinja. Kod nekih je jedro jako segmentisano, dok kod nekih ima samo dva režnja. Kod pojedinih vrsta, recimo konja, prisustvo tamno obojenih granula u citoplazmi potpuno maskira jedro i teško je odrediti njegov oblik.

Monociti su najkрупnije ćelije krvi (dijametra 12–19 μm). Jedro im je različitog oblika i ekscentrično postavljeno. Sama ćelija može biti okrugla ili ovalna, a jedro bubrežasto ili ovalno. U citoplazmi se nalazi veliki broj sitnih mitohondrija, polisoma, cisterne gER i aER i dobro razvijen Goldži aparat. Pored ovih organela, u citoplazmi se nalaze fine azurofilne granule, rasute po čitavoj citoplazmi. Uloga monocita je u fagocitozi. Nakon nastanka u kostnoj srži, monociti u cirkulaciji ostaju svega nekoliko dana, ali kada napuste cirkulaciju i uđu u odgovarajuća tkiva transformišu se u tkivne makrofage gde mogu da prežive mesecima. Monociti u cirkulaciji i makrofage stacionirane u tkivima predstavljaju mononuklearni fagocitni sistem. Funkcija ovog sistema je zaštita od intra i ekstraćelijskih štetnih agenasa (bakterija, protozoa i virusa, oštećenih, mrtvih ili transformisanih ćelija). Ćelije ovog sistema luče i različite citokine koji učestvuju u zapaljenskom odgovoru i pomažu proliferaciju ćelija krvi. Vrsta makrofaga su i antigen prezentujuće ćelije, koje imaju mogućnost da svare strani materijal i naprave ga u obliku antigena.

Limfociti su druga najzastupljenija grupa leukocita kod mnogih vrsta i najbrojnija su grupa kod svinja i preživara. Limfociti su loptaste ćelije, sa oskudnom citoplazom koja je u obliku obruča oko jedra. U ćeliji dominira jedro, koje može biti okruglo ili sa malim urezima. U jedrima se nalaze jedno do dva jedarceta i kondenzovan hromatin. U zavisnosti od dijametra, limfociti se dele na velike (10–15 μm) i male (6–9 μm). Uloga limfocita je odbrana organizma, kao glavne ćelije imunološkog sistema. Kao i druge ćelije odbrane koje se transportuju krvotokom, limfociti se aktiviraju u različitim tkivima u koja migriraju nakon izlaska iz cirkulacije. Posmatrano po funkcionalnim karakteristikama, limfociti se mogu podeliti u tri grupe: B limfocite, T limfocite i „prirodne ubice“ (NK-ćelije). Histološki se ne mogu razlikovati, već se primenom imunocitohemijskih metoda pokazuju razlike u vrstama receptora na plazminoj membrani. T limfociti su najbrojniji i



a)



b)

Slika 3.12. Razmaz periferne krvi. a) sisari; b) ptice (MayGrinvald Giemsa, 1000x)

ima ih oko 80% svih limfocita u cirkulaciji. Od B limfocita nastaju plazma ćelije koje luče antitela i čine osnovu humoralnog imuniteta. NK ćelije mogu uništiti tumorske ćelije i ćelije inficirane virusima bez prisustva T i B limfocita izlučujući citotoksične materije koje vrše razgradnju ćelija.

Trombociti

Trombociti ili krvne pločice su diskoidni ćelijski fragmenti dijametra od 1–5 μm koji ne poseduju jedro. Oni nastaju odvajanjem delova citoplazme megakariocita, ćelija koje se nalaze u kostnoj srži. Krvne pločice imaju kratak životni vek, oko dve nedelje. Na njima se razlikuju središnji deo – granulomera i periferni deo hijalomera. U granulomeri se nalaze različite granule obavijene membranom, retke mitohondrije i glikogenske inkluzije. U hijalomeri se nalaze cevčice koje formiraju tubularni sistem. Uloga im je zgrušavanje krvi, odnosno koagulacija.

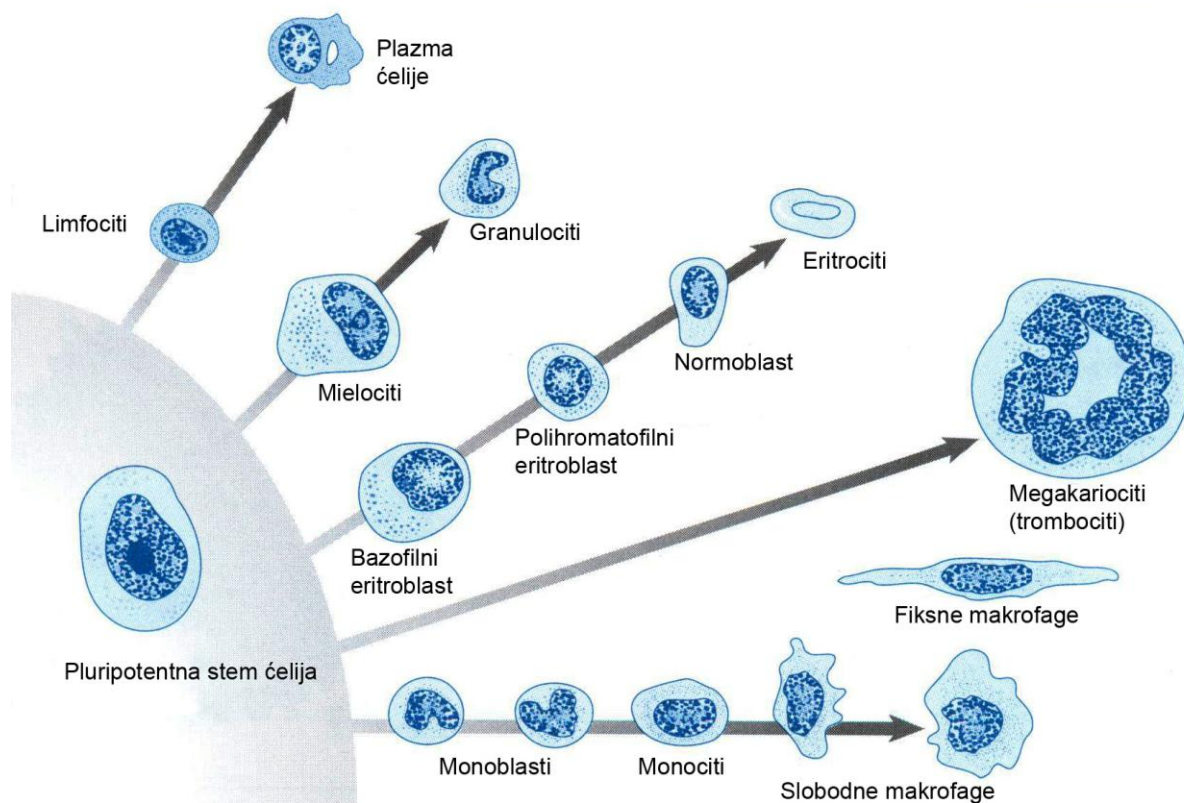
Krv ptica

Najveća razlika između krvi sisara i krvi ptica je u izgledu eritrocita. Eritrociti ptica su krupniji u odnosu na sisare, otprilike 12 μm dužine, elipsoidnog su oblika i imaju jedro. Jedra su takođe elipsoidna ili ovalna i heterohromatična. U pogledu leukocita, postoje manja variranja u odnosu na sisare, posebno u pogledu granulocita koji imaju manje dijemetre. Najbrojniji granulociti kod ptica su heterofili, koji odgovaraju neutrofilima kod sisara. Razlika je u bojenju granula koje se često boje u ljubičasto, ali mogu biti i crvenkaste i drugih boja. Imaju polimorfno jedro koje ima 5 režnjeva. U pogledu eozinofila, jedro kod ptica je manje režnjevito nego kod sisara. Jedra bazofila nisu segmentisana, odnosno režnjevita kao što je

slučaj kod sisara i poseduju granule koje se boje tamnoplavo pa se lako razlikuju od druge dve grupe granulocita. Limfociti ptica su jako slični limfocitima sisara, postoje mali i veliki limfociti, poseduju izdvojena heterohromatična jedra i malu količinu citoplazme. Veliki limfociti se mogu, pri gledanju na krvnom razmazu, pomešati sa monocitima i obrnuto. Monociti ptica mogu biti veći od svih leukocita. Kada je citoplazma granulisana, monocite je znatno lakše razlikovati od velikih limfocita (Slika 3.12).

Stvaranje krvnih ćelija

Krvne ćelije nastaju deobom matičnih ćelija u hematopoeznim organima, u procesu koji se naziva hematopoeza. U embrionalnom periodu, krvne ćelije nastaju od žumančane kese, nešto kasnije u jetri i slezini, a nakon toga u kostnoj srži. Matične ćelije su pluripotentne ćelije sposobne za samoobnavljanje. Proliferacijom pluripotentne matične ćelije nastaje jedna ćelijska loza – limfoidna loza (od koje će nastati limfociti) i druga loza – mijeloidna (od koje će nastati granulociti, monociti, eritrociti i megakariociti). Umnožavanjem i sazrevanjem ćelija ove dve loze, nastaju progenitorne ćelije od kojih će nastati prekursorske ćelije, kasnijim sazrevanjem nastati pojedine krvne ćelije. Eritrociti će nastati u procesu eritrocitopoeze gde će od odgovarajuće progenitorne ćelije, označene kao CFU-E (od skraćenice *colony-forming unit*) nastati prekursorska ćelija – proeritroblast, zatim bazofilni eritroblast, pa preko više vrsta ćelija nastaće i retikulocit, a od njega nastaje eritrocit. Granulocitopoeza je proces nastajanja granulocita i to od progenitorne ćelije nastaće prekursorske ćelije mijeloblasti, od njih promijelociti i kasnije se razvijaju bazofilni,



Slika 3.13. Šematski prikaz nastanka uobičajenih krvnih elemenata i ćelija koje od njih nastaju (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 44).

neutrofilni i neutrofilni mijelociti, a od njih odgovarajući, zreli granulociti. Monocitopoeza je proces nastajanja monocita i ovaj proces počinje od multipotentne CFU-S ćelije koja daje progenitornu CFU-M ćeliju. Proliferacijom ove progenitorne ćelije nastaju prekursorske ćelije – monoblasti, a od njih promonociti. Deobom promonocita nastaju monociti. Megakariocitopoeza i trombocitopoeza su procesi u kojima nastaju megakariociti, odnosno trombociti. Od progenitorne ćelije – CFU-Meg nastaju megakarioblasti pa od njih promegakariociti, zatim megakariociti, a kasnije, kidanjem citoplazme u krvotoku nastaju trombociti.

Od ćelija limfoidne loze nastaju CFU-TLy i CFU-Bly kao prekursorske ćelije, a njihovom deobom nastaju odgovarajući limfoblasti, kao prekursorske ćelije. Od limfoblasta nastaju T i B limfociti. Limfociti u cirkulaciji potiču uglavnom iz timusa i perifernih limfatičnih organa (slezina, limfni čvorovi, krajnici itd.). Progenitorne ćelije za limfocite potiču iz kostne srži, a neizdiferencirani limfociti migriraju u timus gde dobijaju obeležja T limfocita (Slika 3.13).

MIŠIĆNA TKIVA

Mišićna tkiva su građena od specijalizovanih, mišićnih ćelija – miocita, odnosno mišićnih vlakana. Mišićne ćelije su sposobne da menjaju oblik, najčešće po dužini, veoma koordinisano i brzo. Ove promene su povratne tako da se kod mišićnih ćelija razlikuju kontrakcija i relaksacija. Kao rezultat ovih aktivnosti, mišićno tkivo je odgovorno za sve pokrete u organizmu, kao i pokrete samog organizma i predstavlja jedno od najdiferenciranijih tkiva. Kontrakcije predstavljaju mogućnost transformacije hemijske energije u mehaničku, uz potrošnju adenozin tri fosfata (ATP). Više vrsta ćelija u organizmu imaju potrebne kontraktilne elemente, neophodne za kretanje ili promenu oblika, ali je to pojedinačno i ograničenog karaktera bez veće koordinacije sa drugim ćelijama. Mišićne ćelije su u direktnom kontaktu sa nervnim sistemom i svoje kontrakcije vrše koordinisano, a nadražljivost je posledica nervne ili humoralne regulacije. Mišićna tkiva se, u zavisnosti od oblika i veličine mišićnih ćelija, broja i pozicije jedara u njima, organizacije kontraktilnih elemenata i načina inervacije, mogu podeliti na glatko, skeletno i srčano mišićno tkivo. Glatkomišićno tkivo učestvuje u izgradnji unutrašnjih organa, a mišićne ćelije ovog tkiva su sposobne za dugotrajne kontrakcije slabijeg intenziteta. Skeletno ili poprečno-prugasto mišićno tkivo gradi skeletne mišiće i visceralne poprečno-prugaste mišiće. Kontrakcije mišićnih ćelija ovog tkiva karakteriše brzina i snaga i pod kontrolom su volje. Srčano mišićno tkivo učestvuje u izgradnji mišića srca (miokarda), a njegove kontrakcije su snažne i ritmične, bez uticaja volje.

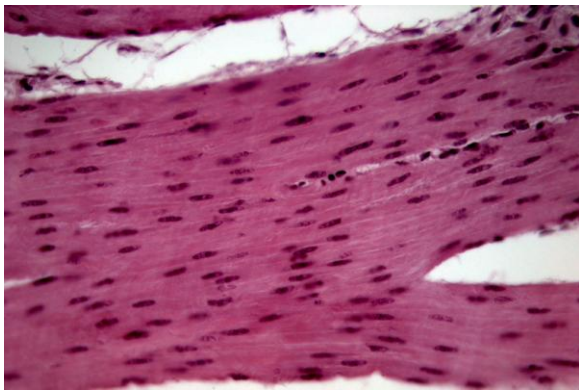
Mogućnost kontrakcije mišićna ćelija dužuje kontraktilnim elementima – miofilamentima. Miofilamenti su proteinske tvorevine, a u mišićnim ćelijama postoje dve osnovne vrste: aktinski (tanki) i miozinski (debeli) miofilamenti. Aktinski miofilamenti su dužine od oko 1 μm , a dijametra 5–8 nm. Sastoje se od tri združena proteina: aktina, tropomiozina i troponina. Aktin je dug, končast polimer koji se sastoji od dva proteinska lanca omotana jedan oko drugog u obliku spirale. Svaki lanac (F-aktin) se sastoji od oko 200 loptastih jedinica pod nazivom G-aktin. Tropomiozin je tanak proteinski molekul koji se sastoji od dva spiralno uvijena polipeptidna lanca, dužine 40 nm. Molekuli tropomiozina se nastavljaju i formiraju nit koja naleže na F-aktinske lance. Troponin je proteinski kompleks

koji vezuje jone Ca^{2+} i vezan je za tropomiozin. Miozinski miofilamenti imaju dijametar 15 nm i dužine oko 1,6 μm . Sastoje se od 200 do 300 molekula miozina. Svaki molekul miozina se sastoji od dva teška i četiri laka polipeptidna lanca. Teški lanci se sastoje iz dva dela: štapićasti i globularni deo. Štapićasti delovi su omotani i grade rep miozinskog molekula, a globularni delovi divergiraju i formiraju miozinske glavice. Laki lanci se nalaze u neposrednoj blizini glavica teških lanaca. Glavice imaju mesta za vezivanje ATP-a, sposobnost enzimske razgradnje ATP-a i sposobnost vezivanja za G-aktin. Kontrakcije predstavljaju vezivanje miozinskih glavica za mesta na G-aktinu u formacije koje se nazivaju poprečni mostovi i povlačenja aktinskih miofilamenata. U toku relaksacije, miozinske glavice otpuštaju G-aktin i dolazi do vraćanja aktinskih miofilamenata u prethodni položaj. Već je napomenuto da je za kontrakcije mišićnih ćelija neophodno prisustvo jona Ca^{2+} i ATP-a.

Glatko mišićno tkivo

Glatko mišićno tkivo je najjednostavniji i najmanje diferenciran tip mišićnih tkiva. Sastoji se od uzanih vretenastih mišićnih ćelija koje mogu biti duge od 20 do 200 μm , a u najširem delu od 5 do 8 μm . U svakoj mišićnoj ćeliji se nalazi po jedno izduženo jedro, centralno postavljeno. Zbog vretenastog oblika, položaj ovih ćelija u tkivu je specifičan, odnosno krajevi (najuži delovi) ćelija dolaze do središnjeg (najšireg) dela susednih ćelija. Na uzdužnom preseku jedra su grupisana u obliku snopova, a kod poprečnog preseka broj jedara koji se uočava zavisi od mesta samog preseka snopa mišićnih ćelija. U toku kontrakcije jedro se spiralno uvija i ima oblik vadičepa. Mišićne ćelije su obavijene tankom mrežom retikularnih vlakana preko koje se prenose kontrakcije na susedne ćelije. Citološki, u sarkoplazmi (citoplazma mišićnih ćelija) se nalaze gER, Goldži aparat, mitohondrije i inkluzije glikogena. Pomenute organele su pozicionirane perinukleusno oko polova jedra. aER je slabo razvijen, nalazi se u istom regionu kao i ostale organele, ali se prepliće sa kontraktilnim elementima i naziva se sarkoplazmin retikulum. Kontraktilni elementi u glatkomišićnoj ćeliji su aktinski i miozinski miofilamenti. Snopovi miofilamenata pružaju se uzdužno, dijagonalno i spiralno kroz mišićnu ćeliju formirajući trodimenzionalnu mrežu. Miofilamenti ne formiraju miofibrile, a sarkoplazma ima homogen izgled i zato se ove

ćelije nazivaju „glatke“ mišićne ćelije. Miozinski miofilament je okružen sa 12 aktinskih, a veza između aktinskih i miozinskih miofilamenata se ostvaruje pomoću miozinskih glavica. U glatkomišićnim ćelijama mogu se uočiti i zgusnuća koja se nazivaju gusta tela. Mogu biti vezana sa sarkolemu (plazmina membrana mišićnih ćelija) ili unutar sarkoplazme (Slika 3.14).



Slika 3.14. Glatko mišićno tkivo – uzdužni presek (HE, 400x)

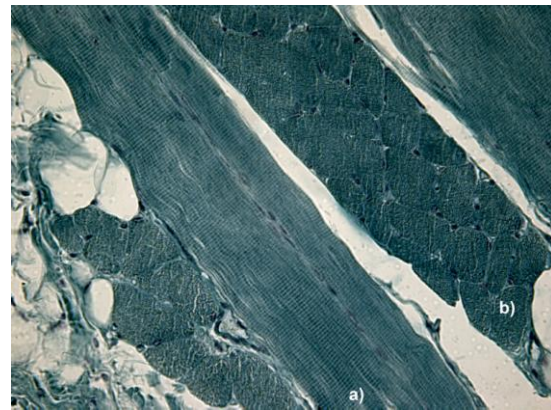
Gusta tela predstavljaju mesta spajanja aktinskih miofilamenata sa citoskeletom. Pri kontrakciji glatkomišićna ćelija se skraćuje i zadebljava, a između gustih tela koja se nalaze uz sarkolemu pojavljuju se ispupčenja. Glatko mišićno tkivo inervišu nervi autonomnog nervnog sistema, odnosno vlakna simpatikusa i parasimpatikusa. Nervni, u pojedinim organima, nisu u direktnom kontaktu sa svakom ćelijom već neurotransmitere oslobađaju u blizini ćelija tako da se istovremeno vrši ekscitacija više ćelija istovremeno. Pored nervne inervacije, regulaciju mišićne aktivnosti vrše i pojedini hormoni: oksitocin, vazopresin, adrenalin, noradrenalin, ali i lokalni metaboliti. Veze između samih mišićnih ćelija značajno utiču na kontrolu i brzinu mišićnih kontrakcija. Glatko mišićne ćelije koje grade zid creva, mokraćovoda, materice karakteriše i autoritmičnost. Mišićne ćelije u ovim organima povezane su brojnim vezama koje omogućavaju širenje nadražaja sa jedne na drugu ćeliju. Kod drugih organa, gde autoritmičnost nije karakteristika (dužica, cilijarno telo) između mišićnih ćelija ne postoje komunikativne veze i zato je neophodno ekscitirati svaku ćeliju posebno, ali na ovaj način se postiže bolji stepen regulacije i preciznost same kontrakcije.

Skeletno mišićno tkivo

Skeletno mišićno tkivo se sastoji od mišićnih ćelija – mišićnih vlakana, koje su grupisane u

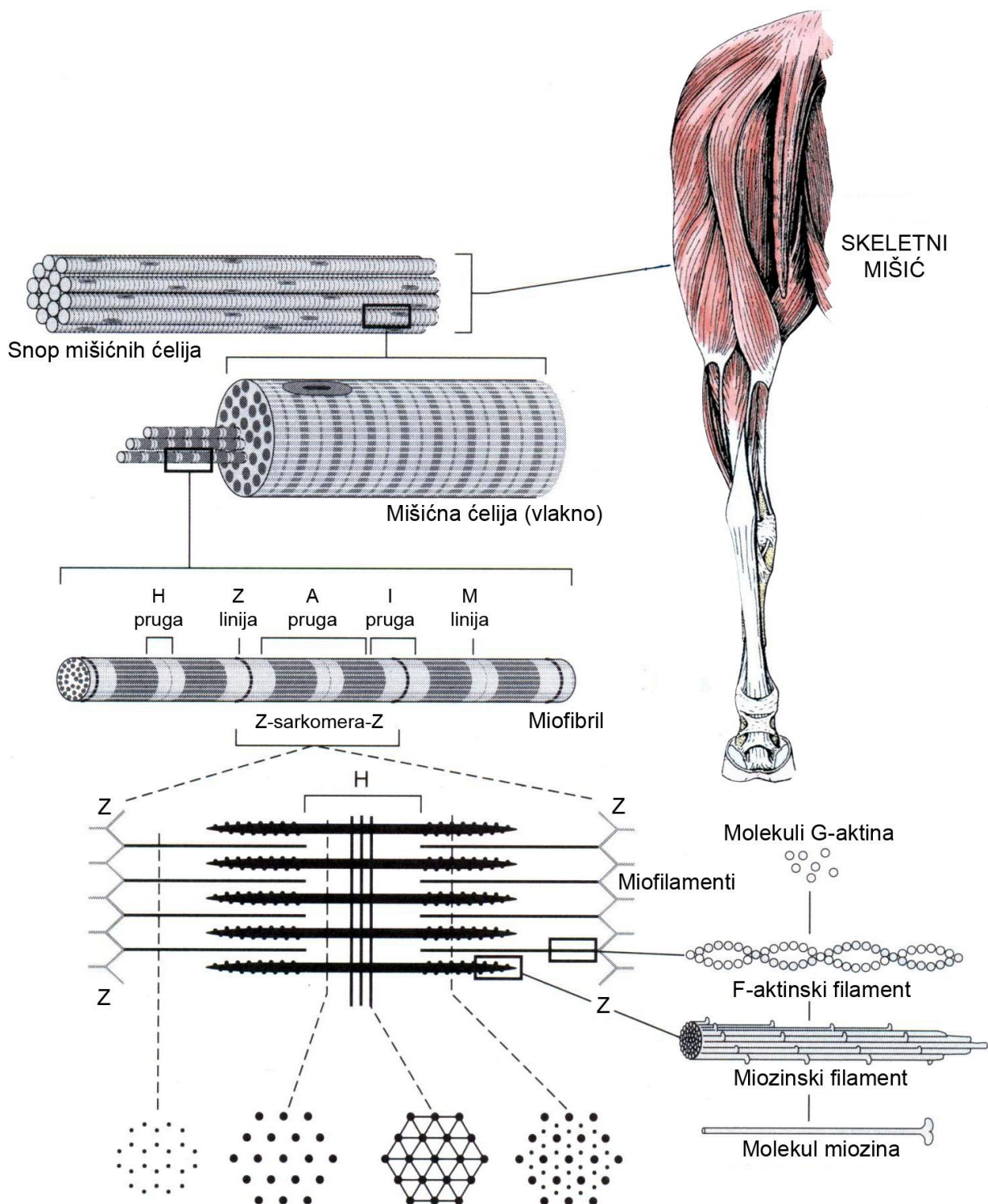
snopove dužine do 40 cm. Dijametar ovih ćelija se kreće se od 8 do 100 μm . Ovo su višejedarne ćelije nastale spajanjem nezrelih embrionalnih ćelija – mioblasta. Ovalna jedra mišićnih ćelija su obično periferno postavljena, neposredno uz sarkolemu. Mišićne ćelije koje grade skeletno mišićno tkivo organizovane su u obliku snopova koji daljim objedinjavanjem formiraju skeletne mišiće (Slika 3.15).

Čitav mišić je obavijen omotačem od gustog vezivnog tkiva koji se naziva epimizijum. Od epimizijuma se u unutrašnjost mišića pružaju vezivnotkivne pregrade (septe) koje obavijaju snopove mišićnih ćelija. Vezivno tkivo koje obavija snopove naziva se perimizijum. Svaka pojedinačna mišićna ćelija skeletnog mišićnog tkiva obavijena je slojem vezivnog tkiva koji se sastoji od retikularnih vlakana i bazalne lamine i naziva se endomizijum.



Slika 3.15. Poprečno-prugasto mišićno tkivo; a) uzdužni presek mišićnog snopa, b) poprečni presek mišićnog snopa (Azan, 400x)

Skeletno mišićno tkivo je dobro vaskularizovano, a krvni sudovi ulaze u mišić kroz pregrade (septe). Pod svetlosnim mikroskopom, na uzdužnom preseku mišićnih ćelija vide se poprečno postavljene pruge. Poprečna prugavost koje se uočava je posledica postojanje miofibrila, cilindričnih tvorevina prisutnih u sarkoplazmi. Miofibrili su debljine od 1–2 μm , a postavljeni su paralelno sa uzdužnom osom mišićne ćelije. Poprečna prugavost samih miofibrila je posledica pravilnog rasporeda aktinskih i miozinskih miofilamenata unutar miofibrila. Svetlosnom mikroskopijom se može utvrditi postojanje poprečnih pruga i linija. Svetla pruga, I-pruga, je deo miofibrila koji je izgrađen isključivo od tankih, aktinskih, miofilamenata. Sredinom I-pruge se nalazi tamna linija, Z-linija i predstavlja mesto spajanja aktinskih miofilamenata (Slika 3.16).



Slika 3.16. Šematski prikaz skeletnog mišića, njegovih delova, molekularnih komponenti i topografskih odnosa (na osnovu Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, Philadelphia, WB Saunders, 1996, p. 80).

Tamna pruga, A-pruga, je deo u kome se nalaze i debeli, miozinski miofilamenti. Tamna pruga nije ujednačene gustine tako da se, u sredini, primećuje i svetliji pojas – H-pruga. U H-prugi se nalaze isključivo debeli, miozinski miofilamenti, dok se u ostalom delu A-pruge nalaze i aktinski i miozinski miofilamenti. Sredinom H-pruge pruža se tamna linija M-linije. Deo miofibrila koji sadrži Z-liniju, zatim I-prugu, deo A-pruge, H-prugu, zatim drugi deo A-pruge, ponovo I-prugu i završava sa Z-linijom naziva se sarkomera. Znači, sarkomera je deo miofibrila koji se prostire između dve Z-linije i predstavlja osnovnu jedinicu kontrakcije poprečno-prugaste mišićne ćelije. Raspored miofilamenata unutar miofibrila je specifičan, tako da je kod ovih ćelija, jedan miozinski miofilament obavijen sa 6 aktinskih miofilamenata. Miozinski miofilamenti se glavicama vežu za određena mesta na G-aktinu i njihovim pokretanjem dolazi do pomeranja aktinskih miofilamenata. Aktinski miofilamenti se uvlače između miozinskih, a na nivou elektronske mikroskopije to izgleda kao skraćenje I-pruge (Slika 3.16). Posmatrano na nivou sarkomere, kontrakcija predstavlja skraćenje dužina I-pruga sa jednog i drugog kraja sarkomere. Kada se skrate I-pruge svih sarkomera u jednom miofibrilu, dolazi, posledično, i do skraćanja samog miofibrila. Skraćenje svih miofibrila unutar jedne ćelije dovodi i do skraćanja same ćelije. U sarkoplazmi skeletnih mišićnih ćelija ističe se razgranata mreža cisterni agranulisiranog ER koji se naziva sarkoplazmin retikulum. Ovaj retikulum je u tesnoj vezi sa miofibrilima.

Cisterne sarkoplazminog retikuluma su raspoređene tako da obezbeđuju skladištenje i promet jona Ca^{2+} između sarkoplazminog retikuluma i citoplazme. Mitohondrije su raspoređene duž miofibrila i obezbeđuju neophodnu energiju za kontrakcije. U sarkoplazmi se nalaze i zrnca glikogena, masne kapi i mioglobin. Glikogen služi kao depo energije i kod mišića koji se brzo i snažno kontrahuju koristi se kao glavni izvor energije. Masne kapljice, tačnije masne kiseline u njima, su izvor energije za mišiće u mirovanju ili u toku oporavka od prethodne kontrakcije. Mioglobin je protein sličan hemoglobinu, a uloga mu je u vezivanju kiseonika, neophodnog za proces dobijanja ATP-a.

Na poprečnom preseku kroz mišić i primenom histohemijskog metoda bojenja mišićne ćelije se mogu razlikovati po veličini i boji. Na osnovu

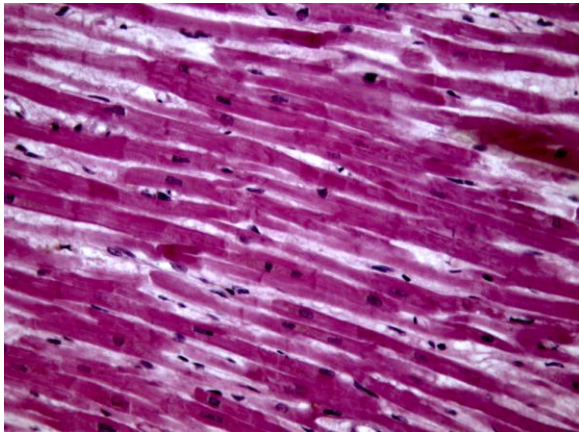
veličine preseka ćelije (dijametra) i histohemijske reakcije na mitohondrijalni oksidativni enzim, suksinodehidrogenazu, skeletne mišićne ćelije se mogu podeliti u tri grupe: crvena, bela i intermedijerna. Crvene mišićne ćelije su manjeg dijametra i bogatije aktivnostima oksidativnih enzima. Ove ćelije su metabolički aerobne, sporo se kontrahuju, ali mogu relativno dugo i snažno da održavaju aktivnost. Bele mišićne ćelije su većeg dijametra, imaju manje mitohondrija i manju aktivnost oksidativnih enzima. Za izvor energije koriste glikogen i anaerobne procese, a kontrahuju se brzo i brzo se zamaraju. Intermedijerne ćelije je teško svrstati u neku od prethodne dve vrste. Nalaze se između belih i crvenih mišićnih ćelija, pokazujući karakteristike oba tipa.

Skeletni mišići imaju dve vrste inervacija – motornu i senzornu. Motorni neuroni iniciraju kontrakciju mišićnih ćelija, a senzorni registruju stepen i brzinu kontrakcije. Motorni neuroni potiču iz centralnog nervnog sistema, tako da su skeletni mišići pod uticajem volje. Motorni neuroni su multipolarni neuroni čija se tela nalaze u rogovima kičmene moždine. Neuroni se u neposrednoj blizini mišićnih ćelija granaju i uranjaju u udubljenja na mišićnoj ćeliji. Veza završetka neurona i mišićne ćelije naziva se motorna ploča. U završecima neurona nalaze se granule koje sadrže neurotransmiter, acetilholin. Na sarkolemi se nalaze receptori za acetilholin i svako ispuštanje neurotransmitera ekcitera membranu mišićne ćelije i pokreće čitav niz procesa koji će rezultirati kontrakcijom mišićne ćelije. Senzorna inervacija skeletnog mišića se ostvaruje neuronima koji u CNS šalju informacije o dužini mišića, kao i o brzini promene dužine mišićnih ćelija. Nastavci ovih neurona završavaju se na modifikovanim mišićnim ćelijama sa kojima grade specijalizovane strukture – mišićna vretena.

Srčano mišićno tkivo

Srčano mišićno tkivo grade poprečno-prugaste mišićne ćelije – kardiomiociti koje se po svojim karakteristikama razlikuju od skeletnih mišićnih ćelija. Srčane mišićne ćelije nastaju od jednojedarnih ćelija mezoderma koje se nastavljaju jedna na drugu i ne stapaju se u višejedarnu, kao što je slučaj sa mioblastima skeletnog mišićnog tkiva. Nanizane srčano mišićne ćelije se granaju i povezuju sa susednim ćelijama. Na taj način formiraju jednu prostranu mrežu ćelija. Između nanizanih ćelija nalazi se dobro razvijeno vezivno tkivo – endomizijum.

Srčana mišićna ćelija je jednojedarna, ali često ima i dva centralno postavljena jedra. Dužina srčanih mišićnih ćelija je najčešće između 80 i 90 μm , a širina oko 15 μm . Miofilamenti su u miofibrilima srčanih mišićnih ćelija organizovani kao i kod skeletnih mišićnih ćelija usled čega se uočava poprečna prugavost. Međutim, dijametar i raspored miofibrila kod srčanih mišićnih ćelija nije uniforman kao kod skeletnih tako da, na svetlosnom mikroskopu, nema onu jasnu prugavost karakterističnu za skeletne mišiće. Kao razlog možemo navesti činjenicu da srčane mišićne ćelije sadrže više mitohondrija, a centralno postavljeno jedro narušava paralelan tok miofibrila. Međutim, najznačajnija morfološka razlika je postojanje stepeničastih, jače izraženih, tamnih pruga koje se nazivaju interkalatni diskovi (*discus intercalatus*) u srčanom mišićnom tkivu (Slika 3.17).



Slika 3.17. Srčano mišićno tkivo – uzdužni presek (HE, 400x)

U sarkoplazmi srčanih mišićnih ćelija nalaze se mitohondrije, Goldžijev aparat, gER, lizozomi, glikogen i masne vakuole. Sarkoplazmin retikulum je oskudan, sa mnogo manje cisterni za skladištenje jona Ca^{2+} i po njihovom rasporedu se značajno razlikuje od skeletne mišićne ćelije. U srčanomišićnim ćelijama, od organela dominiraju mitohondrije koje mogu zauzimati i do 40% zapremine ovih ćelija. Mitohondrije su gusto upakovane duž miofibrila, izdužene, a dužina im odgovara dužini sarkomere (2,5 μm), mada mogu biti i duže. Zbog svoje neprestane aktivnosti, srčane mišićne ćelije imaju velike potrebe za kiseonikom tako da poseduju i veliku količinu mioglobina. Glavni izvor energije za srčanomišićne ćelije su masne kiseline, a glikogen se koristi u posebnim fiziološkim stanjima (stres).

Interkalatni diskovi su tvorevine specifične za srčano mišićno tkivo i predstavljaju mesto spoja susednih ćelija u nizu. U odnosu na raspored miofibrila, interkalatni diskovi se nalaze uvek u nivoima Z-linije. Imaju stepeničast oblik, odnosno poseduju horizontalan i vertikalni deo. Horizontalni deo se pruža paralelno sa mišićnom ćelijom, a vertikalni pod pravim uglom. Osnovna uloga interkalatnih diskova je komunikacija između susednih kardiosrčano-mišićnih ćelija i na njima se razlikuju tri tipa međućelijskih spojeva – *fasciae adherentes*, dezmozomi i neksusi. Sa aspekta prenosa signala za kontrakciju najznačajnije je postojanje neksusa. Zbog postojanja ovog tipa komunikacija, joni se lako prenose iz ćelije u ćeliju, a nizovi ćelija se ponašaju kao sincicijum koji omogućava nesmetano širenje impulsa. Dovoljno je da signal za kontrakciju dođe do nekoliko ćelija pa da se on, kao talas, proširi i na ostale.

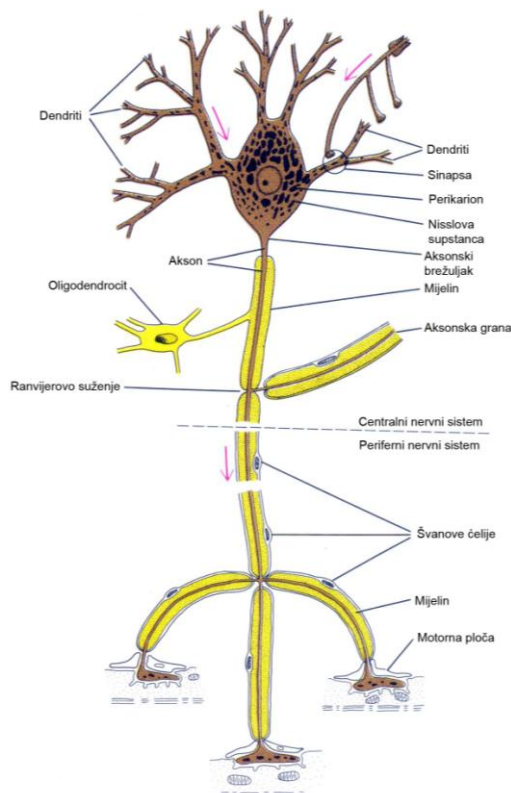
Zbog posedovanja sopstvene autonomne regulacije srčani mišić je autoritmičan. Autonomni nervni sistem ne inicira kontrakcije, ali značajno utiče na njihov ritam. Simpatikus ubrzava rad srca, dok parasimpatikus usporava srčani ritam.

NERVNO TKIVO

Nervno tkivo je visoko specijalizovano tkivo koje ima ulogu u integraciji svih funkcija u organizmu životinja. Glavna komponenta nervnog tkiva je nervna ćelija – neuron. Pored neurona, u nervnom tkivu se nalaze i glija ćelije, koje imaju potpunu ulogu i omogućavaju funkcionisanje neurona, odnosno nervnog tkiva. Nervno tkivo gradi nervni sistem, odnosno neuroni i glija ćelije grade centralni (CNS) i periferni (PNS) nervni sistem.

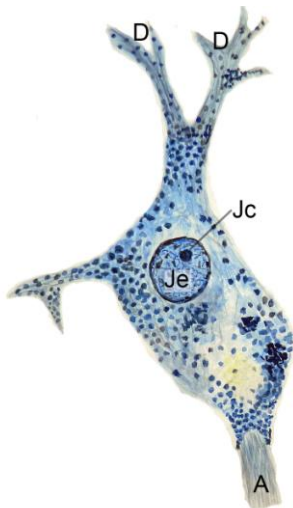
Neuroni

Nervne ćelije ili neuroni su odgovorni za primanje, prenošenje i obradu nadražaja, otpuštanje neurotransmitera i drugih signalnih molekula, kao i podsticaja drugih ćelija na aktivnost (Slika 3.18). Na promene u okruženju neuroni reaguju tako što menjaju razliku u električnom potencijalu između unutrašnjih i spoljašnjih površina plazmine membrane. Ova promena se naziva akcioni potencijal i može se preneti preko čitave membrane neurona.



Slika 3.18. Šematski prikaz nervne ćelije – neurona (na osnovu Junceira L.C., Carniero J., Kelley R.O.: *Basic Histology*, 7th ed. Norwalk, CT, Appleton & Lange, 1996, p. 164)

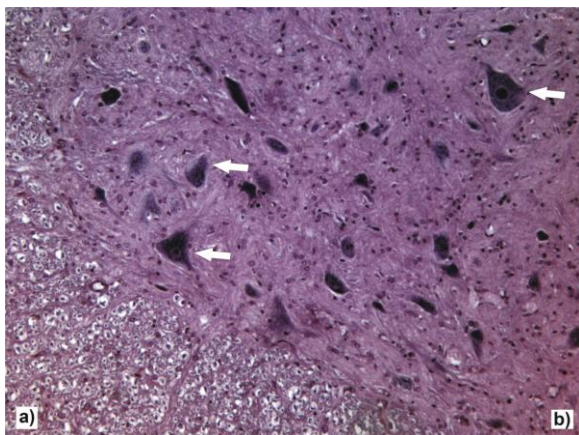
Većina neurona se sastoji iz tri dela: tela ili perikariona, kratkih nastavaka – dendrita i dugog nastavka – aksona ili neurita. Telo neurona je prošireni deo u kome su smešteni jedro, organele i inkluzije. Veličina tela jako varira. Pojedine nervne ćelije imaju tela dijametra do 120 μm , ali postoje i jako sitne, dijametra svega 3 μm . Jedro je često jako krupno i zauzima najveći deo tela neurona. Obično je okruglog oblika, euhromatično sa jasno izraženim jedarcem. Citoplazmu tela neurona karakteriše prisustvo bazofilnih granula koje su grupisane i predstavljaju Nisslovu supstancu. U osnovi, Nisslova supstanca predstavlja nakupine slobodnih ribozoma i gER. Pored ovih organela, u telu neurona se nalaze Goldži aparat i lizozomi, kao i mitohondrije koje su u telu ovalnog ili štapićastog oblika. Od komponenti citoskeleta prisutni su mikrofilamenti, neurofilamenti i mikrotubuli koji se nazivaju i neurotubuli (Slika 3.19). Citoskeletne komponente su naročito grupisane u delu takozvanog aksonskog brežuljka iz koga izrasta dugi nastavak, akson. Dendriti su kratki nastavci koji se granaju u obliku drveta, a završavaju u blizini perikariona. Polaze od perikariona široko, a zatim se postepeno sužavaju nakon grananja. Citoplazma dendrita sadrži organele kao i perikarion, osim Goldžijevog aparata. Uloga dendrita je prijem nadražaja od susednih ćelija, formiranjem kontakta koji se nazivaju sinapse. Akson (neurit ili nervno vlakno) je dugi nastavak cilindričnog oblika. Većina neurona ima jedan akson, a samo mali broj je bez aksona. Aksoni su različite dužine i debljine, zavisno od vrste neurona. Aksoni pojedinih neurona mogu biti dugi i do 100 cm. Aksoni polaze od aksonskog brežuljka koji se nalazi u perikarionu. Omotač aksona se naziva aksolema, a citoplazma aksoplazme. Za razliku od dendrita, aksoni su čitavom dužinom iste debljine. U aksoplazmi se nalaze mitohondrije, neurotubuli, neurofilamenti i cisterne agranulisanog ER. Duž aksona, pomoću komponenti citoskeleta, vrši se dvosmerni transport velikih i malih molekula. Aksoni mogu biti obloženi mijelinskim omotačem. Mijelin je beličasti lipoproteinski kompleks i predstavlja slojeve membrana glija ćelija, oligodendrocita i Švanovih ćelija. Mijelinski omotač ima ulogu izolatora i omogućava bržu provodljivost kroz nervno vlakno. Mijelinski omotač nije kontinuiran duž čitavog aksona, već postoje mesta njegovog prekida, a ta mesta se nazivaju Ranvijerova suženja (Slika 3.18).



Slika 3.19. Motorni neuron ventralnog roga kičmene moždine

Je – jedro, **Jc** – jedarce, **D** – dendriti, **A** – akson

Na nativnom preparatu nervnog tkiva može se uočiti razlika između tamnijeg sivog dela i svetlijeg belog dela. Ova razlika je posledica organizacije nervnih ćelija. Mesta gde dominiraju tela nervnih ćelija (koja su sive boje) predstavljaju sivu masu, odnosno sivu supstancu (*substantia grisea*). Nasuprot tome, mesta gde dominiraju aksoni obloženi mijelinskim omotačem (bele boje) predstavljaju belu masu, odnosno belu supstancu (*substantia alba*) (Slika 3.20).



Slika 3.20. Nervno tkivo – kičmena moždina; a) bela masa, b) siva masa, strelice – tela nervnih ćelija (HE, 400x)

Klasifikacija neurona

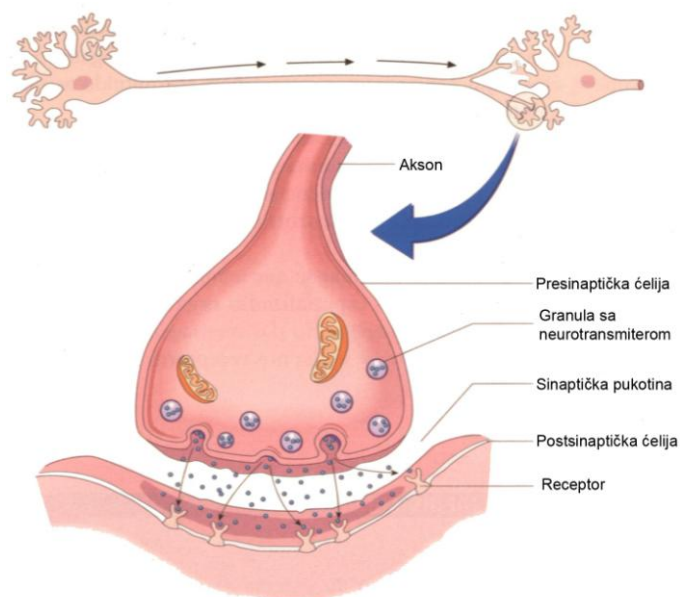
Neuroni mogu biti klasifikovani na više načina, a kao kriterijum postavljaju se oblik, funkcija, dužina aksona i broj produžetaka. Prema obliku

tela, neuroni se dele na sferične, ovalne, piramidalne, kruškaste, zvezdaste, vretenaste, korpaste, zrnaste itd. Prema funkciji, neuroni se dele na one koji primaju nadražaje i prenose do odgovarajućih centara – senzorni ili aferentni, one koji prenose informacije od centara do efektornih organa – motorni ili eferentni i neurone koji povezuju senzitivne i motorne – interneuroni. U odnosu na dužinu aksona, dele se na Goldži tipa I i Goldži tipa II. Neuroni Goldži tipa I imaju krupan perikarion i dugačak akson, dok kod neurona Goldži tipa II imaju sitno telo i kratak akson. Prema broju produžetaka i njihovoj organizaciji, neuroni se dele na unipolarne, pseudounipolarne, bipolarne i multipolarne. Unipolarni neuroni imaju jedan produžetak koji ima karakteristike i aksona i dendrita. Pseudounipolarni su neuroni kod kojih se neposredno u blizini perikariona citoplazma račva u obliku slova T, od kojih je jedan deo akson, a drugi dendrit. Bipolarni neuroni imaju dva produžetka, dendrit i akson koji iz tela izlaze na suprotnim stranama. Multipolarni neuron ima jedan akson i veći broj dendrita i svi nastavci izlaze direktno iz tela.

Sinapse

Sinapse su kontakti aksona i dendrita ili perikariona dve nervne ćelije. Ovo su mesta gde se nervni impuls prenosi sa jednog neurona (presinaptička ćelija) na drugi (postsinaptička ćelija). Postsinaptička ćelija ne mora biti neuron i vrlo često je neka efektorna ćelija, žlezdana ili mišićna. Sinapsa je izgrađena od aksonskog završetka (presinaptički završetak) koji oslobađa signal, dela membrane druge ćelije koji stvara novi impuls (postsinaptički završetak) i uskog prostora između njih – sinaptička pukotina. U zavisnosti od mesta kontakta, sinapse mogu biti: aksosomatska – između aksona i tela, aksodendritska – između aksona i dendrita i aksoaksonska – između dva aksona.

Funkcija sinapsi je pretvaranje električnog impulsa iz presinaptičke ćelije u hemijski signal koji deluje na postsinaptičku ćeliju. Tokom prenosa signala, većina sinapsi informacije prenosi lučenjem neurotransmitera (Slika 3.21). Neurotransmiteri su hemijske supstance koje se oslobađaju sa presinaptičkog dela u sinaptičku pukotinu i delovanjem na membranu postsinaptičkog dela dovode do njene depolarizacije i stvaranja novog impulsa. Indirektnog značaja za prenos nervnog impulsa imaju i neuromedijatori. Neuromedijatori su hemijske supstance koje ne deluju direktno na



Slika 3.21. Sinapsa (modifikovano na osnovu <http://www.geocities.ws/ctv10ano/sinapse.jpg>)

sinapse, ali menjaju osetljivost neurona na sinaptičku stimulaciju ili inhibiciju.

Najveći broj sinapsi su hemijske sinapse ali postoje i električne sinapse koje jone, pomoću komunikativnih veza, prenose direktno sa ćelije na ćeliju.

Glija ćelije

Nervno tkivo ima malu količinu ekstracelularnog matriksa, a glija ćelije su te koje neuronima obezbeđuju neophodne uslove mikrosredine. Glija ćelije su 10 puta brojnije od nervnih ćelija, ali zauzimaju tek polovinu mase mozga jer su znatno sitnije od nervnih ćelija. Po lokalizaciji u nervnom sistemu glija ćelije se dele na centralne glija ćelije (koje se nalaze u centralnom nervnom sistemu) i to su astrociti, oligodendrociti, ependimociti i mikroglia. Druga grupa su periferne glija ćelije (nalaze se u perifernom nervnom sistemu) i to su Švanove ćelije i satelitske ćelije.

Astrociti su najveće glija ćelije. Zvezdastog su oblika i svojim brojnim nastavcima se vezuju za nervne ćelije i kapilare, ali su u kontaktu i sa drugim astrocitima. Identifikovane su dve vrste astrocita – protoplazmatski astrociti i fibrilarni astrociti. Protoplazmatski astrociti su prisutniji u sivoj masi, a fibrilarni astrociti u beloj masi. Astrociti imaju brojne funkcije u nervnom sistemu. Ostvarivanjem veze između kapilara i neurona kontrolišu protok materija iz krvi ka neuronima i obrnuto, metabolišu višak neurotransmitera, predstavljaju depo energije jer

skladište glikogen. Prisustvo receptora na njima ukazuje da mogu reagovati na hemijske stimulse, a poznato je da luče i neuroaktivne supstance. U slučaju oštećenja nervnog tkiva proliferišu i stvaraju ožiljak kojim se kompenzuje gubitak moždane supstance.

Oligodendrociti su sitnije ćelije i imaju manje nastavaka u odnosu na astrocite. Uloga ovih ćelija je u stvaranju mijelinskog omotača oko aksona u CNS-u. Svojim produžecima oligodendrocit se obavlja oko aksona susednih nervnih ćelija i na taj način stvara mijelinski omotač. Jedan oligodendrocit može mijelinizovati veći broj aksona.

Ependimociti ili ependimske ćelije su glija ćelije koje oblažu šupljine u nervnom sistemu, odnosno moždane komore i kanale u mozgu i kičmenoj moždini. Raspoređene su u jednom sloju i podsećaju na epitel. Ove ćelije su kockastog ili cilindričnog oblika, sa centralno postavljenim jedrom. Ependimociti na apikalnoj membrani imaju mikrovile. Pojedini su specijalizovani za prenos tečnosti iz šupljina do neurosekretornih ćelija. Pojedine ćelije, takođe, učestvuju i u lučenju cerebrospinalne tečnosti.

Mikroglia su najsitnije i najmalobrojnije glija ćelije. Imaju jedno duguljasto jedro, oskudnu citoplazmu i brojne produžetke. Pomenute ćelije su deo mononukleusnog fagocitnog sistema, odnosno predstavljaju moždane makrofage. Uloga im je u uklanjanju oštećenih ćelija i mijelina unutar nervnog tkiva. Nastaju od prekursorskih ćelija u kostnoj srži, a u nervno tkivo dolaze putem moždane kapilarne mreže.

Švanove ćelije se nalaze u PNS i imaju ulogu u stvaranju mijelinskog omotača oko aksona. Za razliku od oligodendrocita u CNS-u koji mogu stvarati mijelinski omotač za više aksona, jedna Švanova ćelija stvara mijelinski omotač oko jednog aksona. Švanove ćelije mijelinski omotač formiraju tako što se omotavaju oko aksona.

Satelitske ćelije ili amfociti su ćelije spljoštenog oblika, od okolnog vezivnog tkiva odvojene bazalnom laminom. Ove ćelije, u PNS-u, okružuju tela neurona u ganglijama.

4. LOKOMOTORNI SISTEM – SISTEM ORGANA ZA KRETANJE

Lokomotorni sistem je složen organski sistem koji objedinjuje tri morfološke nauke: nauku o kostima (*osteologia*); nauku o vezama kostiju u kosturu (*arthrologia*) i nauku o skeletnim mišićima (*myologia*). Osnovna funkcija lokomotornog sistema je pokretanje delova tela ili čitavog organizma. Lokomotorni sistem na taj način ima potpurnu ulogu i učestvuje u oblikovanju i održavanju izgleda tela životinja. Pored ovih funkcija lokomotornog sistema, kosti imaju ulogu u zaštiti organa (mozga i kičmene moždine, čula, organa u telesnim dupljama). Kostna srž koja se nalazi unutar kostiju ima hematopoeznu ulogu, a kosti su depo mineralnih materija.

Kostur grade kosti (*ossa*), hrskavice (*cartilagine*), veze (*ligamenti*) i zglobovi (*articulationes*) spojeni u jednu celinu. Zadatak kostura je da daje okvir organizmu i štiti meka tkiva. Kostur (*systema skeletale*) u celini predstavlja pasivni deo organa za kretanje, dok mišići (*systema musculare*) čine njegov aktivni deo.

Koštani sistem (*Systema skeletale*)

Nauka koja se bavi izučavanjem oblika kostura različitih životinja i pojedinačnih kostiju naziva se osteologija. Kost u organizmu životinja u proseku čine 10–20% telesne mase tela. Osteologija se bavi proučavanjem makroskopske građe, mikroskopske građe i hemijske građe kostiju.

Podela kostiju

Kosti se prema obliku i veličini dele na:

- Duge ili cevaste kosti (*ossa longa*) – cilindričnog oblika sa središnjim delom (*diaphysis*) i dva proširena kraja (*epiphysis*). U središnjem delu duge kosti nalazi se šupljina (*cavum medullare*) koja je najvećim delom ispunjena kostnom srži. U ovu grupu spada većina kostiju prednjeg i zadnjeg ekstremiteta.
- Kratke kosti (*ossa brevia*) – mogu biti različitih oblika (kockaste, valjkaste, kružne). Građi ih sunderasta masa, sa tankom kompaktnom na površini. Primeri za ovu grupu kostiju su kosti skočnog zgloba, članci prstiju.

– Pločaste ili pljosnate kosti (*ossa plana*) – sastoje se od dve ploče (spoljašnje i unutrašnje), građene od kompaktne mase između kojih se može nalaziti prostor ispunjen ili sunderastom masom (*diploe*) ili vazduhom (*sinus*). U ovu grupu kostiju ubraja se većina kostiju glave, lopatice, rebra. Pljosnate kosti koje su ispunjene vazduhom nazivaju se i pneumatizovane kosti (*ossa pneumatica*).

– Nepravilne kosti (*ossa irregularia*) – nepravilnog oblika. U ovu grupu spadaju pršljenovi, kosti baze lobanje.

– Sezamoidne kosti (*ossa sesamoidea*) – sitne kosti koje se nalaze u blizini zglobova, ispod tetiva (čashična kost u kolenu, žabična kost u kopitu konja).

Kosti se prema položaju u telu dele na:

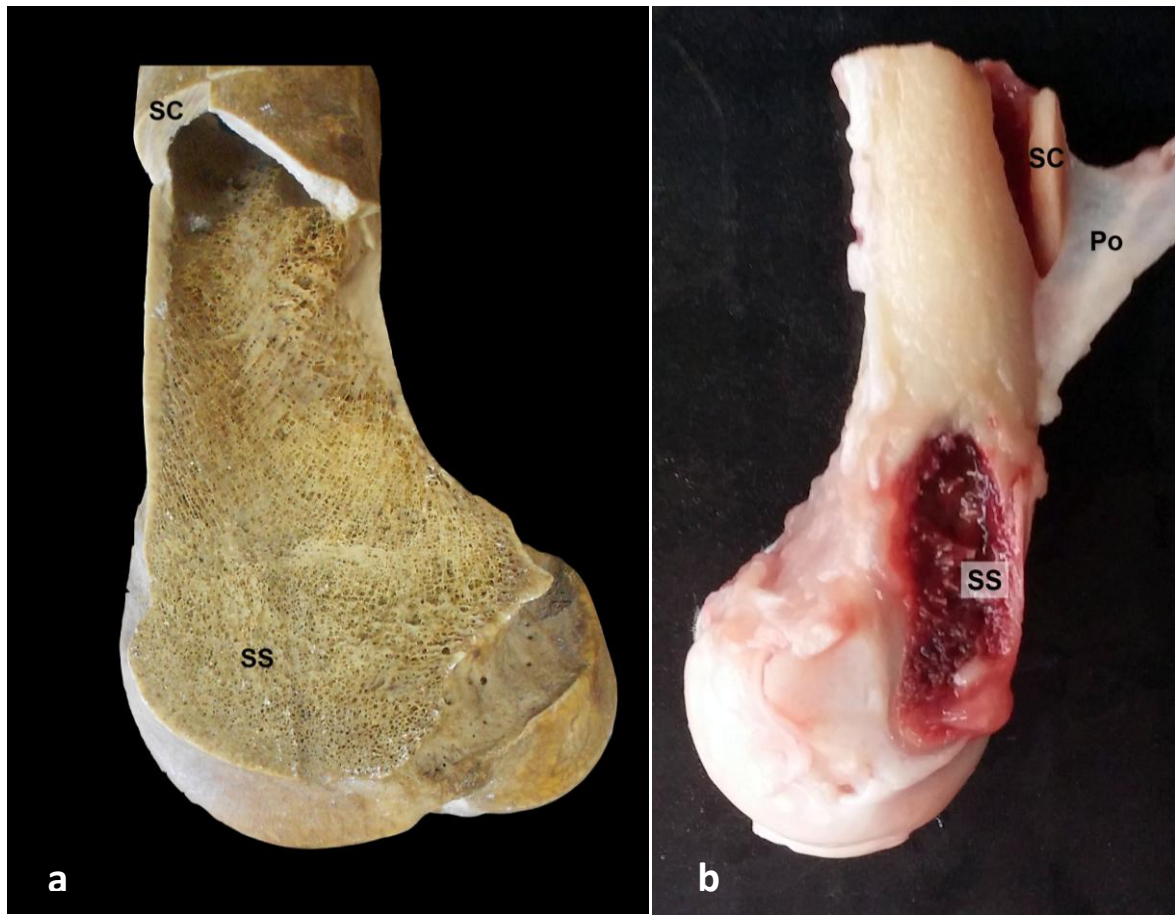
- osovinske ili aksijalne kosti – kosti glave, kičmenog stuba, rebra i grudna kost,
- periferne ili apendikularne – kosti ekstremiteta,
- utrobne ili splahnhične – nisu deo lokomotornog sistema, smeštene su unutar organa, a primeri su *ossa cordis* u srcu govečeta i *os penis* u populacionom organu psa.

Sve kosti, osim nekih kostiju lobanje, kostiju kičmenog stuba i grudne kosti su parne i bilateralno simetrične.

Građa kostiju

Kosti su građene od kostnog vezivnog tkiva, koje sa spoljašnje strane i unutrašnjost kostiju prekriva gusto vezivno tkivo ili pokosnica. Kostno vezivno tkivo kostima daje čvrstinu koja ne proizilazi samo iz homogene strukture već svaka pojedinačna kost ima specifičnu građu i raspored kompaktne i sunderaste mase.

Kompaktna masa (*substantia compacta*) je površinski sloj kostiju (Slika 4.1). Različite je debljine i na mestima gde je kost izložena većem pritisku ili sili istezanja kompakta je deblja. Na dugim kostima, kompakta je najdeblja na središnjim delovima, a debljina se smanjuje prema krajevima. Kompakta je građena od gusto zbijenih koštanih gredica.



Slika 4.1. Presek kosti a) preparisana kost; b) sveža kost

SC – *substantia compacta*, SS – *substantia spongiosa*, Po – pokosnica

Sunderasta masa (*substantia spongiosa*) je, takođe, građena od koštanih gredica, ali su one postavljene normalno jedne na druge tako da grade mrežu. Prostor između gredica je ispunjen kostnom srži. Sunderasta masa gradi krajeve dugih kostiju, središnji sloj dugih i pljosnatih kostiju.

Pokosnica (*periosteum, endoosteum*)

Površine kostiju (spoljašnja i unutrašnja) obložene su vezivnotkivnim omotačem koji se naziva pokosnica. Prema položaju, spoljašnji omotač se naziva periost (*periosteum*) i naleže na spoljašnju površinu kosti. Unutrašnji omotač se naziva endoost (*endoosteum*) i prekriva šupljinu unutar kostiju (*cavum medulare*) tako da čini granicu prema kostnoj srži. Periost ne prekriva hrskavica zglobova već formira spoljašnji sloj zglobne čaure i preko nje se nastavlja u periost susedne kosti.

Uloga pokosnice je u snabdevanju kostiju krvlju, važna je za rast i regeneraciju kostiju, zarastanje lomova.

Vaskularizacija kosti se vrši preko pokosnice ili preko posebnog sistema krvnih sudova. Na dijafizama dugih kostiju nalaze se otvori kroz koje ulaze *aa. nutriciae* koje krv dovode do šupljine i kostne srži gde se vrši njihovo grananje. Kostno vezivno tkivo ne sadrži limfne sudove, ali oni postoje u periostu. Samo kostno tkivo nije osetljivo na bol, jer se u njemu ne nalaze nervni završeci, ali se oni nalaze u periostu (vidi poglavlje 3– Kostno vezivno tkivo).

Kostna srž (*medulla osium*)

Kostna srž predstavlja hematopoezni organ i smeštena je u sunderastoj masi i šupljinama dugih kostiju (*cavum medullare*). Građena je od hematoretikularnog tkiva, a može biti crvena i žuta.

Crvena kostna srž (*medulla osium rubra*) je najaktivnije proliferativno i regenerativno tkivo u organizmu. Ima ulogu u nastajanju ćelija krvi čitavog života. Smeštena je u telima pršljenova, grudnoj kosti, rebrima, krajevima dugih kostiju. Procesom starenja ukupna masa crvene kostne srži se smanjuje i zamenjuje je žuta kostna srž.

Žuta kostna srž (*medulla ossium flava*) se nalazi u šupljinama dugih kostiju, nastaje nagomilavanjem masnih materija u crvenu kostnu srž. Ima slabu hematopoeznu ulogu i predstavlja depo masnih materija. Kod starih, bolesnih ili izgladnelih životinja postaje želatinozna – *medulla ossium gelatinosa*.

Hemijski sastav kostiju

Kosti se sastoje od organskih i neorganskih materija. Ovaj odnos je približno 1:2, ali veliki broj faktora utiče na njegovu promenu – uzrast, ishrana, način držanja životinja, fiziološka stanja organizma (graviditet, laktacija, rekoalescencija itd.), eksploatacija životinja. Organske materije kostima daju čvrstinu i elastičnost, a mineralne tvrdoću.

Organske materije u kostima predstavljaju nemineralizovani deo kostnog vezivnog tkiva, a to su vezivne ćelije (osteoblasti, osteociti i osteoklasti), kolagena vezivna vlakna i materije ekstracelularnog matriksa. Nemineralizovani deo kosti poznat je kao osteid.

Dekalcifikacijom kostiju sa jakim kiselinama kosti zadržavaju oblik i postaju savitljive.

Neorganske materije u kostima su kalcijum fosfat (85–90%), kalcijum karbonat (8–10%), magnezijum fosfat (1,5%) i kalcijum fluorid (0,3%).

Pri sagorevanju kosti, gubi se organska materija, ostaje samo mineralni deo kosti, oblik se zadržava, ali kosti postaju krte.

Razvitak kosti i okoštavanje

Kosti kostura se razvijaju tokom fetalnog perioda razvića, ali se proces rasta kostiju nastavlja i nakon rođenja (postnatalno) do perioda postizanja pune zrelosti životinja (adultnog perioda). Tokom fetalnog razvoja životinje, iz mezenhimnog embrionalnog vezivnog tkiva (vidi poglavlje 3 – Vezivna tkiva) se diferencira i stvara kostno vezivno tkivo (direktno okoštavanje) ili hrskavičava osnova skeleta (primordijalni kostur). U kasnijim fazama

fetalnog razvoja dolazi do zamene najvećeg dela hrskavičave osnove sa kostnim tkivom. Proces prelaska hrskavice u kostno tkivo naziva se endohondrijalno okoštavanje ili indirektno okoštavanje. Ovim načinom nastaje najveći broj kostiju u telu životinja, a kosti nastale na ovaj način nazivaju se hrskavične kosti.

Kosti se mogu razvijati i direktno iz mezenhimnog embrionalnog vezivnog tkiva, bez posredstva hrskavičavog vezivnog tkiva. Ovakav nastanak kosti naziva se intramembranozno okoštavanje ili direktno okoštavanje. Ovim načinom nastaju pljosnate kosti lobanje, a kosti koje nastaju na ovaj način nazivaju se membranozne kosti. Nastajanje ovih kostiju počinje iz određenih centara, aktivnošću osteoblasta, od kojih počinje rast koštanih gređica. Rastom gređica, dolazi do njihovog spajanja i formiranja ploča.

Veze kostiju

Nauka koja se bavi izučavanjem veza kostiju naziva se *arthrologia*. Veze kostiju u kosturu mogu biti pokretne i nepokretne, što je uslovljeno načinom razvića i rasta kostiju, kao i njihovom ulogom u lokomotornom sistemu.

Sve veze kostiju u kosturu se mogu podeliti u četiri osnovne grupe: *articulatio fibrosa*, *art. cartilagine*, *art. synsarcosis* i *art. synoviales*.

1. ***Articulatio fibrosa*** predstavlja međusobnu vezu kostiju bez spojne šupljine i naziva se sinartroze (*synarthrosis*), a koju ispunjava fibrozno, elastično vezivno tkivo.

U ovu grupu veza spadaju:

- sindezmoze (*syndesmosis*) kada se veza ostvaruje pomoću gustog vezivnog tkiva (metakarpalne kosti),
- šavovi (*suturæ*) kada se veza ostvaruje kostnim vezivnim tkivom. Šavovi povezuju kosti lobanje, a prema spojnim rubovima mogu biti:
 - zupčasti (*sutura serrata*) – između čeonih kostiju
 - ravni (*sutura plana*) – između nosnih kostiju
 - ljuskasti (*sutura squamosa*) – između slepoočne i temene kosti
 - listasti (*sutura foliata*) – između čeone i nosne kosti
 - gomfoza (*gomphosis*) – između zuba i okolnih kostiju (donjovilična, gornjovilična, sekutična).

2. **Articulatio cartilagineae** je veza kostiju bez šupljine pomoću hrskavičavog vezivnog tkiva i u tu grupu veza spadaju:

- sinhondroza (*synchondrosis*) – veza između jezične kosti i lobanje pomoću hijaline hrskavice,
- simfisis (*symphysis*) – veza između dve donjovilične kosti i karlične kosti, između pršljenova sa hrskavičavim prstenom fibrozne hrskavice,
- sinostoze (*synostoses*) – okoštani spojevi podlaknih kostiju konja.

3. **Articulatio synsarcosis** je veza pomoću mišića – prednji ekstremiteti za trup životinje.

4. **Articulationes synoviales** je zglobna veza sa šupljinom između kostiju koje se zglobljavaju (diarthrosis) i grade sledeći delovi:

- Zglobna čaura (*capsula articularis*), dvoslojni omotač koji zatvara zglobnu šupljinu. Spoljašnji, fibrozni sloj (*stratum fibrosum*) je nastavak periosta i građen od gustog vezivnog tkiva. Debljina fibroznog sloja varira, a zavisi od mehaničkih sila koje deluju na zglob. Unutrašnji sloj zglobne čaure se naziva sinovijalni sloj (*stratum synoviale*) i beličaste je boje. Sinovijalni sloj formira nabore (*plicae synoviales*) i resice (*villi synoviales*) koji se pružaju u zglobnu šupljinu. Sinovijalni sloj je građen od sinovijalnih ćelija i vezivnog tkiva. Sinovijalne ćelije luče viskoznu tečnost (*synovia*), bleđužukaste boje koja pokriva i podmazuje zglobne površine.
- Zglobna površina (*facies articularis*) je deo kosti koji se povezuje sa susednom. Zglobne površine su glatke i različitog oblika. Ako je zglobna površina jedne kosti ispupčena, zglobna površina druge kosti je najčešće udubljena. Kompaktna masa je na zglobnim površinama tanka i prekrivena zglobnom hrskavicom.
- Zglobna hrskavica (*cartilago articulare*) je hijalinog tipa, nema perihondrijum i glatka je prema zglobnoj šupljini. Debljina zglobne hrskavice zavisi od izloženosti pritisku. Zglobna hrskavica je plave boje, glatka i bez krvnih sudova. Ublažava udare i smanjuje trenje između kostiju koje se međusobno povezuju.
- Ligamenti (*ligamenta*) su građeni od gustog vezivnog tkiva, u obliku opni ili traka. Bele su boje i uloga im je u povezivanju susednih kostiju, odnosno stabilizacija zglobova.

Veoma su čvrsti i najčešće neelastični. Mogu biti sastavni deo spoljašnjeg omotača kapsule (intrakapsularni) ili mogu biti potpuno van nje (ekstrakapsularni).

Pravi zglobovi se mogu podeliti po većem broju kriterijuma.

Prema broju kostiju koje čine zglob, imamo podelu na:

- jednostavan zglob (*articulatio simplex*) – zglob građen od dve kosti, npr. rameni zglob,
- složen zglob (*articulatio composita*) – zglob koji čine više kostiju, npr. skočni zglob.

Prema mogućnosti pokreta, zglobovi se dele na:

- jednoosovinske – veza između prvog i drugog vratnog pršljena,
- dvoosovinske – veza potiljačne kosti i prvog vratnog pršljena,
- mnogoosovinske – veza lopatice i ramene kosti,
- nepokretni zglobovi – veza krsne i karlične kosti.

Prema obliku zglobne površine:

- kružni – rameni zglob,
- polukružni – zglob kuka,
- elipsasti – atlantookcipitalni zglob,
- sedlasti – zglobovi prstiju,
- čvorasti – koleni zglob.

Najčešći pokreti zglobova su:

- savijanje (*flexio*) – samanjavanje ugla između kostiju,
- opružanje (*extensio*) – povećavanje ugla između kostiju,
- primicanje (*adductio*) – približavanje kosti medijalnoj ravni,
- odmicanje (*abductio*) – udaljavanje kosti od medijalne ravni,
- obrtanje (*rotatio*) – pokreti kružnog oblika.

Mišićni sistem (*systema musculare*)

Nauka koja se bavi izučavanjem mišića naziva se miologija. Mišići su aktivni deo lokomotornog sistema. Imaju mogućnost kontrakcija (grčenja) i na taj način omogućavaju pokretanje pojedinih delova tela ili organizma u celini. Mišići pokrivaju veći deo skeleta, ali učestvuju i u izgradnji zidova telesnih duplji – grudne i trbušne.

Svi mišići koji se na direktan ili indirektan način vežu za skelet nazivaju se skeletni mišići. Svojim kontrakcijama, odnosno skraćanjem svoje dužine, približavaju delove skeleta između kojih su pričvršćeni. Skeletni mišići predstavljaju najvredniji deo zaklane životinje, nazivaju se meso i koriste se za ishranu.

U osnovi svih skeletnih mišića je poprečno-prugasto mišićno tkivo, cerebrosposinalni nervi i vezivno tkivo (vidi poglavlje 3 – Mišićna tkiva).

Skeletni ili poprečno-prugasti mišići se sastoje od mišićnih ćelija (vlakana) koje mogu biti duge i preko 10 cm, a široke i preko 100 μm . Mišićne ćelije se razlikuju u broju miofilamenata (aktinskih i miozinskih) u sarkoplazmi. Ako ćelije sadrže veliki broj miofilamenata i imaju ograničenu količinu mioglobina, tada su poznata kao bela mišićna vlakna. Vlakna tog tipa imaju snažne kontrakcije ali kratkog trajanja. Drugi tip su crvena mišićna vlakna – imaju manje miofilamenata, a više mioglobina tako da se duže kontrahuju ali sa manjom snagom kontrakcija.

Mišićne ćelije su obavijene mrežom finih kolagenih vezivnih vlakana koja se naziva endomizijum (*endomysium*). Pored kolagenih vezivnih vlakana u endomizijumu se nalaze i vezivne ćelije, kapilari i nervi. Grupe mišićnih ćelija formiraju snopove, a čitavi snopovi su obavijeni vezivnim tkivom. Omotač koji obavija ove snopove naziva se perimizijum (*perimysium*). Svi snopovi mišićnih ćelija jednog mišića su u vezi i njih obavija vezivnotkivni omotač koji se naziva epimizijum (*epimysium*). Epimizijum je omotač čitavog mišića, vidi se golim okom, smanjuje trenje između mišića i kroz njega prolaze krvni i limfni sudovi. Vezivnotkivni omotači se spajaju na krajevima mišića i formiraju tetive kojima se mišići pričvršćuju za kosti. Na taj način se ostvaruje efikasniji prenos snage kontrakcije mišića na kost.

Tetive su trakaste tvorevine bele boje koje se sastoje od paralelno postavljenih snopova kolagenih vezivnih vlakana. Ovi snopovi su direktni nastavci vezivnog tkiva koje obavija mišićne ćelije, mišićne snopove i čitav mišić (Slika 3.16). Pored trakastog oblika, tetive mogu biti i u vidu ploča. Tada se nazivaju aponeuroze (*aponeurosis*). Vezivnotkivna vlakna i u trakastim tetivama i u aponeurozama se pružaju u pravcu dejstva sile, odnosno u smeru mehaničkog opterećenja.

Poddele mišića

Mišići se razlikuju po obliku, veličini i položaju. Skeletni mišići, u zavisnosti od položaja i funkcije, imaju različite oblike i veličine. Mišići mogu biti dugi ili kratki, pljosnati, široki, tanki, debeli, valjkasti i vretenasti. Na primer, mišići na ekstremitetima su većinom dugi, vretenasti, valjkasti ili malo spljošteni. Mišići kičmenog stuba su dugi, ali pljosnati. Mišići koji grade zidove telesnih šupljina su pločasti i široki, a mišići buta i na sapima su debeli i masivni.

Na vretenastim mišićima se razlikuju glava (*caput*), mesto gde se prihvata početna tetiva, središnji deo – trbuh (*venter*) i deo gde počinje završetak tetive – rep (*cauda*). Mišići koji se vežu za kosti imaju svoj početak (*origo*) i završetak (*insertio*). Pojednostavljeno, kraj mišića koji je bliži središnjem delu ili osnovi tela naziva se početak (*origo*), a najudaljeniji kraj je završetak (*insertio*).

Prema obliku mišići se mogu svrstati u sledeće grupe:

- vretenasti (*m. fusiformis*),
- pločasti (*m. planus*),
- dvoglavi (*m. biceps*),
- troglavi (*m. triceps*),
- četvoroglavi (*m. quadriceps*),
- dvotrbušni (*m. digastricus*),
- kružni (*m. orbicularis*),
- prstenati – koji stežu otvore (*m. sphincter*).

Prema funkciji koju vrši, mišić može biti:

- ekstenzor (ispružać),
- fleksor (savijač),
- aduktor (primicač),
- abduktor (odmicač),
- rotator (okretač),
- sfinkter (srezač),
- dilatator (raširivač),
- depresor (spuštač),
- levator (podizač).

Prema načinu delovanja, mišići mogu biti sinergisti i antagonisti. Ako se kontrakcijama dva mišića ostvaruje isti pokret govorimo o sinergistima, a ako jedan od njih ima suprotno delovanje na istom zglobo govorimo o anagonistima. Kao primer, svi fleksori jednog zgloba su sinergisti, a ekstenzori tog zgloba su anagonisti.

Pomoćni delovi mišića

U pomoćne delove mišića, pored tetiva, spadaju i fascije, sinovijalne kesice (*bursa synoviales*) i tetivne ovojnice (*vaginae synoviales*).

Fascije su tanke, rastegljive, vezivnotkivne opne koje pokrivaju pojedine mišiće ili čitave grupe mišića. Sastoje se pretežno od kolagenih vezivnih vlakana, ali mogu imati više ili manje elastičnih vezivnih vlakana. Boja fascija zavisi od odnosa ovih vrsta vezivnih vlakana. Ako dominiraju kolagena vlakna tada su srebrnasto bele boje dok je na mestima sa više elastičnih vlakana boja žuta. Fascije su u vezi sa epimizijumom mišića, a mogu se granati i formirati pregrade između mišića. Prema položaju fascije mogu se podeliti na površinske fascije (*fascia superficialis*) i duboke (*fascia profunda*). Površinske fascije su tanje i nisu na svim delovima tela jasno izražene, jer su na pojedinim mestima spojene sa dubokim fascijama. Duboke fascije su jače i leže ispod površinskih fascija. Fascije obezbeđuju neometanu funkciju mišića, odnosno omogućavaju promene obika mišića, nesmetano pomeranje jednih preko drugih mišića, njihovo prihvatanje i pričvršćivanje. Takođe, fascije sprečavaju da se mišići pomaknu iz svojih ležišta. Površinske fascije se na pojedinim mestima vežu i sa mišićima koji nisu u kontaktu sa kostima. To su poprečno-prugasti mišići, pljosnatog oblika i zovu se mišići kože (*mm. cutanei*). Mišići kože omogućavaju pokrete kože i počinju i završavaju na površinskim fascijama.

Sinovijalne kesice su šupljine, čiji je zid izgrađen od epitela koji luči sinovijalnu tečnost. Sinovijalne kesice su postavljene između mišića ili tetiva i istaknutih koštanih delova preko kojih ti mišići ili tetive prelaze. Na taj način, mišići i/ili tetive ne klize neposredno po istaknutim i rapavim koštanim delovima. Slično zglobnim čaurama i sinovijalne kesice se sastoje od dva sloja, spoljašnjeg vezivnotkivnog, fibroznog i unutrašnjeg sinovijalnog sloja.

Tetivne ovojnice su cilindrične sinovijalne šupljine koje oblažu delove pojedinih tetiva. Tetivne ovojnice se nalaze na onim mestima gde tetive prelaze preko istaknutih koštanih delova, najčešće u predelu složenih zglobova, a gde se vrši pomeranje kostiju koje su raspoređene ispod tetiva. Uloga im je u smanjenju trenja tokom kretanja i zaštita tetiva od pritisaka. Na tetivnoj ovojnici se razlikuju dva sloja: spoljašnji fibrozni i unutrašnji sinovijalni. Između ova dva sloja

nalazi se prostor (*cavum vaginale*) ispunjen sinovijalnom tečnošću.

NOMENKLATURA U ANATOMIJI

Radi lakšeg shvatanja i ispravnog razumevanja kod opisivanja pojedinih delova tela, postoje različiti nazivi, termini koje jednim imenom nazivamo *nomenclator anatomicus*. Ovi anatomske termini su jedinstveni u svetu. Prva međunarodno opšteprihvaćena anatomska nomenklatura bila je bazelska (Basel Nomina Anatomica) iz 1895. godine. Danas je u primeni peta verzija ovog dokumenta pod nazivom: *Veterinary Gross Anatomical Nomenclature*; peto izdanje, 2012.

Radi lakše orijentacije i upotrebe termina u životinjskom telu se zamišlja nekoliko ravni koje dele telo životinja na pojedine delove. S obzirom da je telo životinja simetrično i to bilateralno simetrično (dvostruko ili dvobočno), što znači da je kroz telo životinje moguće provući tri ose, ali se samo kroz jednu od njih može postaviti ravan simetrije. Dve ose su heteropolne i to su: leđno-trbušna (sagitalna) i uzdužna (longitudinalna). Homopolna je poprečna (transverzalna) osa. Ravan koja prolazi po uzdužnoj i sagitalnoj osi (sagitalna ravan) deli telo na dve simetrične polovine – levu i desnu (Slika 4.2).

Sagitalne ravni seku životinjsko telo uzdužno na desne i leve odsečke (delove). Njih ima mnogo i dele telo na nesimetrične delove, a samo jedna sagitalna ravan deli telo na dve identične, simetrične polovine i to je medijalna ili središnja (sagitalna) ravan. Ova ravan teče od usta do vrha repa i daje dve simetrične polovine – desnu i levu.

Određivanje položaja organa, njegovih strana i rubova prema sagitalnim ravnima označavaju se sledećim terminima:

Medijalno (*medium* – sredina) – delovi tela koji leže u medijalnoj ravni;

Paramedijalno (*para* – uz) – delovi tela koji leže levo ili desno neposredno uz medijalnu ravan;

Sagitalno (*sagittalis* – sagitalno) – delovi tela koji leže levo i desno paralelno sa medijalnom ravnju;

Lateralno (*latus* – bok) – sve ono na telu što se nalazi dalje od medijalne ravni.

Horizontalne ravni seku telo životinja takođe uzdužno, ali pod pravim uglom u odnosu na sagitalne ravni i dele telo životinja na različite uzdužne delove.

Položaj organa jedan prema drugima i njihovih delova u odnosu na horizontalne ravni označavaju se sledećim terminima:

Dorzalno (*dorsum* – leđa) – sve što leži bliže leđima;

Ventralno (*ventrum* – trbuh) – sve što leži bliže trbuhu.

Transverzalne (segmentalne) ili poprečne ravni prolaze poprečno kroz telo životinja i dele ga na poprečne delove ili segmente.

Prema ovim ravnima određuje se položaj organa ili njihovih delova.

Prema transverzalnima ravnima:

a) Kranijalno (*cranion* – lobanja) – sve što je bliže glavi;

b) Kaudalno (*cauda* – rep) – sve što je bliže repu;

Na glavi se, u odnosu na transverzalne ravni, upotrebljavaju sledeći termini:

Oralno (*os, oris* – usta) ili nazalno (*nasus* – nos) – sve što je bliže ustima na vrhu, odnosno što je bliže nosu;

Aboralno (*ab* – od) – sve što leži suprotno od usta bliže vratu.

Lokalizacije na ekstremitetima

Kod životinja razlikujemo prednje i zadnje ekstremitete, odnosno noge. Prilikom opisivanja, na njima razlikujemo sledeće termine:

Proksimalno – sve ono što se nalazi na ekstremitetima bliže korenu (početku) ekstremiteta;

Distalno – sve ono što se nalazi na ekstremitetima bliže vrhu (kraju) ekstremiteta;

Lateralno – spoljašnja (bočna) površina ekstremiteta – dalje od medijalne ravni;

Medijalno – unutrašnja površina ekstremiteta – prema medijalnoj ravni;

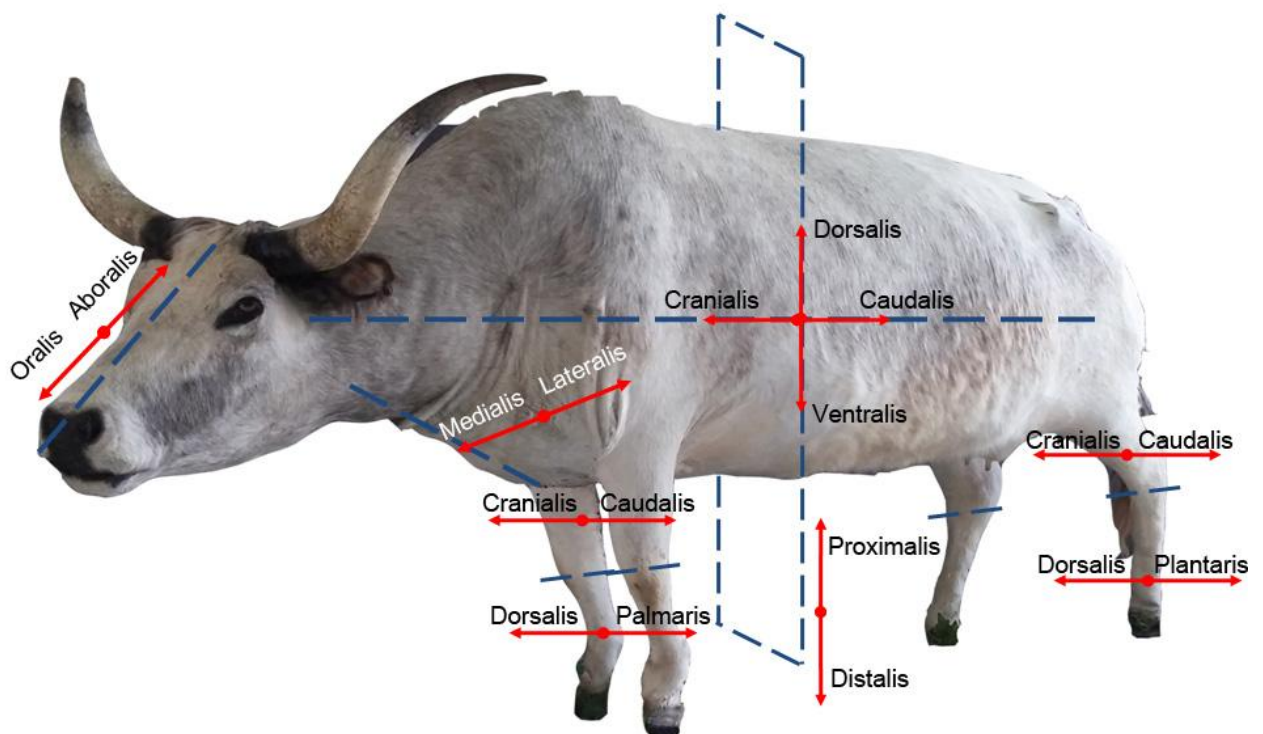
Kranijalno – prednja površina prednjih ekstremiteta do karpalnog zgloba (zgloba šake) i zadnjih ekstremiteta do skočnog zgloba;

Kaudalno – zadnja površina prednjih ekstremiteta do karpalnog zgloba (zgloba šake) i zadnjih ekstremiteta do skočnog zgloba;

Dorzalno – prednja površina prednjih ekstremiteta od karpalnog zgloba (zloba šake) i zadnjih ekstremiteta od skočnog zgloba do vrha noge;

Palmarno – zadnja površina prednjih ekstremiteta od karpalnog zgloba (zloba šake) do vrha noge;

Plantarna – zadnja površina zadnjih ekstremiteta od skočnog zgloba do vrha noge.



Slika 4.2. Anatomska nomenklatura – termini za orijentaciju.

KOSTI GLAVE (*OSSA CAPITIS*)

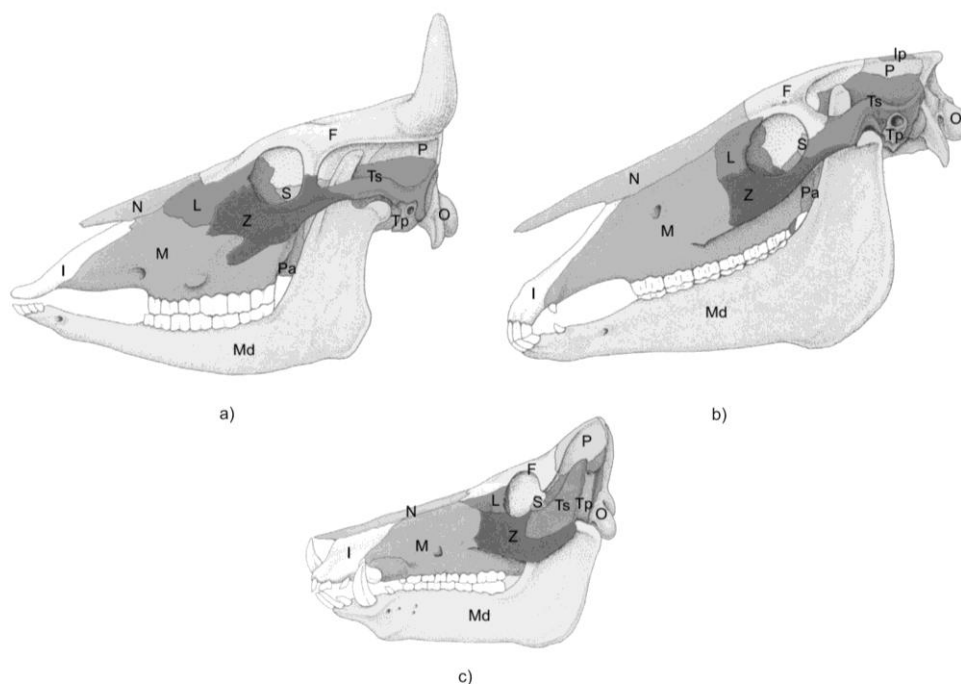
Kosti glave formiraju lobanju i na taj način štite mozak, čulo vida, čulo sluha i ravnoteže, mirisa i ukusa. Kosti glave formiraju i nekoliko duplji: lobanjsku, nosnu, usnu, očnu, a čine i zidove puteva za hranu i vazduh. Na kostima glave se nalazi više otvora i kanala kroz koje prolaze nervi i krvni sudovi. Kosti glave spadaju u pljosnate kosti (*ossa plana*) i građene su od spoljašnje i unutrašnje koštane ploče (*lamina externa et interna*). Ove ploče se sastoje od kompaktne mase (*supstantia compacta*), a između njih se nalazi veća ili manja količina sunderaste mase (*supstantia spongiosa*). Tokom rasta i razvoja nekih kostiju glave dolazi do smanjenja sunderaste mase i formiranja šupljine, odnosno sinusa.

Kosti glave se dele na kosti koje formiraju usnu, nosnu i ždretnu šupljinu (duplju) i nazivaju se kosti lica (*ossa faciei*). Drugi deo kostiju glave učestvuje u formiranju lobanjske šupljine (duplje) i nazivaju se lobanjske kosti (*ossa cranii*). Većina kostiju glave su parne kosti zbog izražene bilateralne simetrije, dok je manji broj kostiju neparan. U kosti lica sadaju sledeće kosti:

- nosna (*os nasale*),
- suzna (*os lacrimale*),
- jagodična (*os zygomaticum*),
- gornjovilična (*maxilla*),
- sekutična (*os incisivum*),
- nepčana (*os palatinum*),
- krilasta (*os pterygoideum*),
- kost ventralne nosne školjke (*os conchae nasalis ventralis*),
- ralo (*vomer*),
- donjovilična (*mandibula*),
- jezična (*os hyoideum*).

U kosti lobanje spadaju sledeće kosti:

- potiljačna (*os occipitale*),
- klinasta (*os sphenoidale*),
- sitasta (*os ethmoidale*),
- međutemena (*os interparietale*),
- temena (*os parietale*),
- čeona (*os frontale*),
- slepoočna (*os temporale*).



Slika 4.3. Kosti glave a) govečeta, b) konja i c) svinje

I – *os incisivum*, **N** – *os nasale*, **M** – *maxilla*, **L** – *os lacrimale*, **Z** – *os zygomaticum*, **F** – *os frontale*, **P** – *os parietale*, **Ip** – *os interparietale*, **O** – *os occipitale*, **Ts** – *os temporale (pars squamosa)*, **Tp** – *os temporale (pars petrosa)*, **S** – *os sphenoidale*. **Pa** – *os palatinum*. **Md** – *mandibula*

KOSTI LICA (*OSSA FACIEI*)

Kosti lica grade zid nosne duplje i njenu ventralnu površinu, a obrazuju i koštani krov usne duplje. Učestvuju, takođe, i u formiranju lateralne strane usne i ždrelna duplje.

Nosna kost (*os nasale*) je parna kost, obrazuje krov i delimično bočne zidove nosne duplje (*cavum nasi*). Međusobno, nosne kosti se vežu u medijalnoj ravni, a vežu se i sa sekutičnim, gornjoviličnim, suznim i čeonim kostima. Spoljašnja površina (*facies externa*) je blago konveksna, a unutrašnja (*facies interna*) je konkavna. Na unutrašnjoj površini se nalazi greben (*crista ethmoidalis*) za koju se vežu dorzalne nosne školjke (*concha nasalis dorsalis* ili *endoturbinale I*). Rostralno, obe nosne kosti se završavaju nastavkom (*processus rostralis*) koji štrči u obliku šiljka i zajedno sa sekutičnom kosti formira veliku useklinu (*incisura nasoincisiva*).

Suzna kost (*os lacrimale*) je parna kost smeštena u medijalnom očnom uglu. Veže se dorzalno sa čeonom i nosnom kosti, ventralno i rostralno sa jagodičnom i gornjoviličnom kosti, a kaudalno sa čeonom kosti. Spoljašnja površina učestvuje u formiranju površine lica (*facies facialis*) i očne orbite (*facies orbitalis*). Unutrašnja površina (*facies nasalis*) je podeljena suznim koštanim kanalom (*canalis lacrimalis*) koji počinje od

udubine (*fossa sacci lacrimalis*) koja se nalazi na *facies orbitalis*.

Jagodična kost (*os zygomaticum*) je parna kost i leži ventralno i lateralno od suzne kosti i gradi delove očne orbite (*facies orbitalis*) i jagodičnog luka (*arcus zygomaticus*). Jagodični luk se sastoji od slepoočnog nastavka jagodične kosti i jagodičnog nastavka slepoočne kosti. Pored slepoočne kosti, jagodična kost se veže sa gornjoviličnom kosti i suznom kosti. Površina očne orbite je rubom (*margo infraorbitalis*) odvojena od lične površine (*facies facialis*). Na ličnoj površini, kod konja, se nalazi lični greben (*crista facialis*) koji prelazi u istoimeni greben gornjovilične kosti.

Gornjovilična kost (*maxila*) je parna kost koja gradi koštanu osnovu lica, odnosno gradi zidove lica, nosne i usne šupljine, kao i tvrdog nepca. Veže se sa svim kostima lica, a od kostiju lobanje sa čeonom i slepoočnom kosti. Gornjovilične kosti su međusobno direktno vezane pomoću nepčanih nastavaka (*processus palatinus*) sa ventralne strane, a dorzalno se vežu preko nosnih kostiju. Na gornjoviličnoj kosti se razlikuju telo (*corpus*), nastavak sa otvorima za zube (*processus alveolaris*), jagodični nastavak (*processus zygomaticus*) i pomenuti, nepčani nastavak.



Slika 4.4. Kosti glave govečeta

Telo predstavlja najveći deo kosti i u njemu je smešten gornjovilični sinus (*sinus maxillaris*). Telo formira i nekoliko površina. Lateralna površina se naziva i lična površina (*facies facialis*), a na njoj se, kod konja ističe greben (*crisata facialis*) koji kaudalno prelazi u greben jagodične kosti. Kod svinja je ovaj greben slabije izražen. Kod goveda se na ličnoj površini nalazi rapava koštana kvrga (*tuber faciale*). Dorzalno i rostralno u odnosu na greben se nalazi otvor (*foramen infraorbitale*) koji se nastavlja u kanal (*canalis infraorbitalis*). Unutrašnja površina gornje vilice (*facies nasalis*) ima izražen greben (*crista conchalis*), za koji se veže ventralna nosna školjka (*os conchae nasalis ventralis* ili *maxilloturbinale*).

Processus alveolaris predstavlja nastavak na kome se nalaze zubne udubine (*alveoli dentales*) u kojima su smešteni očnjaci i kutnjaci. Između prvog kutnjaka i očnjaka proteže se bezubi rub (*margo interalveolaris*).

Processus palatinus leži kao vodoravna ploča koja izlazi iz alveolarnog nastavka. Kaudalno se spaja sa nepčanom kosti, a rostralno sa delovima sekutične kosti.

Sekutična kost (*os incisivum*) je parna kost i sastoji se od tela (*corpus ossis incisivi*), nosnog nastavka (*processus nasalis*), nepčanog nastavka (*processus palatinus*) i kod svih životinja, osim preživara, alveolarnog nastavka (*processus alveolaris*).

Telo sekutične kosti ima dve površine i one se nastavljaju u alveolarni nastavak u kome se nalaze otvori (*alveoli dentales*) za zube sekutiće. Kod preživara, na sekutičnoj kosti se ne nalaze zubi tako da nisu razvijene ni alveole već postoji sekutična ploča.

Sekutična kost, zajedno sa nastavkom nosne kosti, formira koštani ulaz nosne duplje (*apertura nasi ossea*).

Nepčana kost (*os palatinum*) je parna kost smeštena između gornjovilične, klinaste i krilaste kosti. Sastoji se od dve ploče: vodoravne (*lamina horizontalis*) i uspravne (*lamina perpendicularis*). Vodoravna ploča gradi aboralni deo koštane osnove tvrdog nepca. Uspravna ploča gradi lateralne i dorzalne zidove otvora (*choana*) koji povezuje nosnu duplju i ždrelo. U vodoravnoj ploči goveda se nalazi šupljina (*sinus palatinus*), dok se kod konja *sinus palatinus* nalazi u uspravnoj ploči.

Krilasta kost (*os pterygoideum*) je parna, pljosnata, uzana i izdužena kost, smeštena na medijalnoj strani uspravne ploče nepčane kosti. Slobodni kraj je povijen, zašiljen i formira kukasti nastavak (*hamulus pterygoideus*).

Kost ventralne nosne školjke (*os conchae nasalis ventralis*) je parna kost smeštena u nosnoj duplji (*cavum nasi*) i veže se za gornjoviličnu kost pomoću grebena (*crista conchalis*) i čini koštanu osnovu ventralne nosne školjke.

Ralo (*vomer*) je neparna kost koja se nalazi u nosnoj duplji. Ova kost je pločasta, ali savijena tako da obrazuje na dorzalnoj strani uski žleb (*sulcus septalis*). Na ovaj žleb naleže nosna pregrada (*septum nasi*) koja nosnu duplju deli na levu i desnu polovinu. Bazalni deo rila je vezan medijalno za dno nosne duplje, odnosno za nepčani nastavak gornje vilice.

Donjovilična kost (*mandibula*) je parna kost. Dve donjovilične kosti su međusobno spojene rostralno i medijalno, a prostor između njih naziva se *spatium mandibulae*. Sastoji se iz tela (*corpus mandibulae*) i grane (*ramus mandibulae*).

Telo donjovilične kosti se može podeliti na rostralni sekutični deo (*pars incisiva*) u kome se nalaze otvori za sekutične zube i deo na kome se nalaze otvori za kutnjake (*pars molaris*). Između otvora za sekutiće i kutnjake nalazi se bezubi rub (*margo interalveolaris*). Kroz telo donjovilične kosti pruža se kanal (*canalis mandibulae*) kroz koji prolaze krvni sudovi i nervi. Kanal započinje otvorom (*foramen mandibulae*) na medijalnoj strani grane, a završava otvorima u predelu brade (*foramen mentale*). Na ventralnom rubu tela donje vilice nalazi se useklina (*incisura vasorum facialium*) preko koje prolaze krvni sudovi lica. Na ovom mestu se opipava puls kod konja.

Grana donje vilice je uspravna koštana ploča koja se pruža od tela prema jagodičnom luku. Na lateralnoj površini se nalazi udubina (*fossa masseterica*) koja je ime dobila po mišiću *m. masseter* koji u njoj leži. Na medijalnoj površini nalazi se udubina (*fossa pterygoidea*) za koju se prihvata *m. pterygoideus medius*. Na dorzalnom kraju grane nalaze se dva nastavka, rostralni (*processus coronoideus*) i aboralni (*processus condylaris*). Na aboralnom nastavku nalazi se glava (*caput mandibulae*) koja formira zglobovu vezu i sa slepoočnom kosti formira vilični zglob. Na rostralnom nastavku završava *m. temporalis*.

Između ova dva nastavka nalazi se useklina (*incisura mandibulae*).

Mandibula je, pored jezične kosti, jedina pokretna kost glave.

Jezična kost (*os hyoideum*) je neparna kost, leži medijalno od grane donjovilične kosti i pruža se od slepoočne kosti do korena jezika. Sastoji se iz dva dela, od kojih se jedan spaja sa jezikom i grkljanom i drugog koji je povezan sa slepoočnom kosti. Prvi deo se sastoji od tela jezične kosti (*corpus ossis hyoidei*), štitastog dela (*thyreohyoideum*) i malog roga – keratohioideum (*ceratohyoideum*). Telo jezične kosti, odnosno *basihyoideum*, čini osnovu jezične kosti i leži u mišićima korena jezika. Štitasti deo se veže za telo jezične kosti sa jedne strane i hrskavicu grkljana sa druge strane. Drugi deo, *stylohyoideum*, predstavlja najveći deo jezične kosti. Ovaj deo se sa aboralne strane veže za slepoočnu kost. *Stylohyoideum* se za telo jezične kosti veže pomoću keratohioideuma.



Slika 4.5. Kostii glave svinje

KOSTI LOBANJE (*OSSA CRANII*)

Kosti lobanje zatvaraju lobanjsku duplju (*cavum cranii*) u kojoj su smešteni mozak, moždane ovojnice i krvni sudovi. Lobanja se ne razlikuje samo kod različitih vrsta, već i između pojedinačnih životinja iste vrste.

Potiljačna kost (*os occipitale*) je neparna kost koja formira kaudalni zid lobanje i može se podeliti na bazalni deo, ljuskasti i dva lateralna dela. Graniči se sa temenim, slepoočnim kostima, međutemenom i klinastom kosti.

Bazalni deo (*pars basilaris*) je kaudalni deo baze lobanje. Izgleda je koštane grede koja se prostire po medijalnoj osi. Rostralno se pruža do klinaste kosti. Aboralno učestvuje u formiranju velikog potiljačnog otvora (*foramen magnum*) kroz koji izlazi kičmena moždina. Pored velikog potiljačnog otvora, bazalni deo sa slepoočnom kosti formira otvor *foramen jugulare*, a kod svinje i konja i *foramen lacerum*.

Ljuskasti deo (*squama occipitalis*) čini pljosnati, aboralni zid lobanjske duplje. Na spoljašnjoj površini (*lamina externa*) nalaze se oštar greben (*crista nuchae*) i hrapava površina (*protuberantia occipitalis externa*) za koje se veže vratni ligament (*ligament nuchae*).

Bočni delovi (*pars laterales*) većim delom formiraju veliki potiljačni otvor. Na njima se nalaze i po jedna zglobna kvrga (*condylus occipitalis*) koja učestvuje u zglobnom povezivanju sa prvim vratnim pršljenom. Bočno od zglobnih kvrga se nalazi i po jedan snažan koštani izdanak (*processus paracondylaris*).

Klinasta kost (*os sphenoidale*) gradi rostralni deo baze baze lobanje i sastoji se od dva dela: rostralnog (*os presphenoidale*) i aboralnog (*os basisphenoidale*).

Prednja klinasta kost (*os presphenoidale*) se sastoji iz tela (*corpus ossis presphenoidalis*) i krila (*alea ossis presphenoidalis*). Telo je pneumatizovano i sadrži parne sinuse (*sinus sphenoidales*). Telo se rostralno nastavlja u sitastu kost. Krila prednje klinaste kosti, svojim spoljašnjim delom, obrazuju zid očne orbite, dok unutrašnjim formiraju zid lobanjske duplje.

Zadnja klinasta kost (*os basisphenoidale*) se, takođe, sastoji od tela (*corpus ossis basisphenoidale*) i krila (*alae ossis basisphenoidales*). Telo i krila formiraju srednju lobanjsku jamu, koja sadrži tursko sedlo (*sella turcica*) i udubljenje za hipofizu (*fossa hypophysialis*). Krila zadnje klinaste kosti se pružaju prema slepoočnoj kosti, gornjoj vilici i učestvuju u formiranju očne orbite.

Slepoočna kost (*os temporale*) obrazuje veći deo bočnog zida lobanjske duplje. Ova kost sa donjoviličnom kosti formira zglob, a sa jezičnom kosti je vezana hrskavičavom vezom. Graniči se

sa potiljačnom, čeonom, jagodičnom, temenom i klinastom kosti. Sastoji se iz tri dela: ljuskastog (*pars squamosa*), pećinastog (*pars petrosa*) i bubnog (*pars tympanica*).

Ljuskasti deo je pločastog oblika i predstavlja najveći deo slepoočne kosti. Unutrašnja površina naleže na mozak i na njoj se nalaze otisci moždanih vijuga. Spoljašnja strana učestvuje u formiranju slepoočne udubine (*fossa temporalis*). Od ljuskastog dela uzdiže se jagodični nastavak (*processus zygomaticus*), koji se rostralno spaja sa nastavkom jagodične kosti formirajući jagodični luk (*arcus zygomaticus*). Na ventralnoj površini ljuskastog dela je zglobova površina (*facies articularis*) gde se formira zglobova veza sa donjoviličnom kosti. Pećinasti deo je kod goveda spojen sa ljuskastim delom, a kod ostalih životinja odvojen. *Pars petrosa* predstavlja kaudoventralni deo slepoočne kosti i sadrži delove unutrašnjeg uha: predvorje (*vestibulum*), puž (*cochlea*) i polukružne kanaliće (*canales semicirculares*). Na medijalnoj površini pećinskog dela nalazi se unutrašnji slušni hodnik (*meatus acusticus internus*) kroz koji prolaze nervi. Kaudalno, na pećinskom delu, nalazi se sisasti nastavak (*processus mastoideus*). Kod konja i preživara se nalazi i valjkasti nastavak (*processus styloideus*) koji služi za vezu sa jezičnom kosti. Bubni deo (*pars tympanica*) leži lateralno od pećinastog dela. Na njemu dominira spoljašnji slušni hodnik (*meatus acusticus externus*). Ovaj hodnik dolazi do šupljine srednjeg uha (*cavum tympani*), a u šupljini se nalaze smeštene slušne koščice: čekić (*malleus*), nakovanj (*incus*) i uzengija (*stapes*).

Čeona kost (*os frontale*) formira čeonu deo i sastoji se od čeonu ljuške (*squama frontalis*), nosnog dela (*pars nasalis*), orbitalnog dela (*pars orbitalis*) i slepoočne površine (*facies temporalis*). Čeone kosti su međusobno povezane medijalnim šavom, a graniče se i rostralno sa nosnim kostima, a kaudalno sa temenim kostima. Pored njih, graniče se i sa sitastom i klinastom kosti, kao i sa suznim, nepčanim, gornjoviličnim i slepoočnim kostima.

Čeona ljuška čini koštanu osnovu čela. Spoljašnja površina je ravna, a lateralno od nje prelazi u jagodični nastavak (*processus zygomaticus*) koji formira dorzalni rub očne orbite. Kod rogatih preživara na kaudalnom delu čeonu ljuške nalaze se koštani nastavci (*processus cornuales*) koji čine osnovu rogova. Nosni deo čeonu kosti, malim delom, učestvuje u

formiranju krova nosne duplje, vezan je za nosnu kost, a lateralno i sa suznim kostima. Orbitalni deo gradi medijalni zid očne orbite. Slepoočna površina se nalazi kaudalno od orbitalne površine i učestvuje u formiranju slepoočne jame (*fossa temporalis*).

Temena kost (*os parietale*) gradi dorzalni i lateralni zid lobanjske duplje. Rostralno se graniči sa čeonim kostima, a sa kaudalne strane sa potiljačnom kosti. Graniči se, takođe, i sa međutemenom i klinastom kosti, kao i sa slepoočnim kostima. Ima dve površine, spoljašnju (*facies externa*) i unutrašnju (*facies interna*). Na spoljašnjoj površini, kod konja i svinja, se nalazi medijalni greben (*crista sagittalis externa*) koji je nastavak istoimenog grebena međutemene i potiljačne kosti. Na unutrašnjoj površini se uočavaju brojni moždani otisci koji predstavljaju otiske moždanih vijuga i brazdi.

Međutemena kost (*os interparietale*) je parna kost, smeštena između potiljačne i temenih kostiju sa kojima je u određenom uzrastu potpuno srasla. Na unutrašnjoj strani se uočava jak koštani izdanak koji se spaja sa koštanim izdancima temenih i potiljačne kosti i formira koštanu granicu između malog i velikog mozga.

Sitasta kost (*os ethmoidale*) gradi pregradu između nosne i lobanjske duplje. Na njoj se razlikuju: krovna ploča (*lamina tectoria*), parne orbitalne ploče (*laminae orbitalis*), bazalna ploča (*lamina basalis*), sitasta ploča (*lamina cribrosa*) i medijalna ploča (*lamina perpendicularis*).

Sitasta ploča predstavlja granicu između nosne i lobanjske šupljine i izbušena je brojnim otvorima. Kroz ove otvore prolaze nastavci mirisnog nerva. Površina koja je okrenuta prema mozgu ima medijalni greben (*crista gali*), a lateralno do grebena, sa obe strane se nalaze sitaste jame (*fossae ethmoidales*).

Medijalna koštana ploča razdvaja sitastu kost u dva dela u kojima leži labirint (*labyrinthus ethmoidalis*). Svaki labirint se sastoji od spiralno uvijenih koštanih listića (*ethmoturbinalia*) koji ujedno čine i osnovu hodnika (*meatus ethmoidales*). *Ethmoturbinalia* se mogu podeliti na one koji se nalaze dublje unutar nosne duplje (*endoturbinalia*) i one koje su smeštene površinski (*ectoturbinalia*). *Endoturbinalia* čine koštanu osnovu nosnih školjki (*concha nasalis dorsalis, media et ventralis*).

KOSTI TRUPA (*OSSA TRUNCI*)

Kosti trupa obuhvataju kosti kičmenog stuba, rebra i grudnu kost. Po svom položaju ove kosti spadaju u osovinske kosti.

Kičmeni stub (*columna vertebralis*)

Kičmeni stub (*columna vertebralis*) je sastavljen od niza neparnih kostiju, pršljena (*vertebrae*). Pršljenovi su medijalno postavljeni i poređani od glave do repa. Makroskopski na preseku pršljena, najveći deo gradi sunderasta supstanca (*substantia spongiosa*) koja je obavijena kompaktnom supstancom (*substantia compacta*). Po topografskom položaju pršljenovi se, u zavisnosti od toga koji deo kičmenog stuba grade, mogu podeliti na vratne (*vertebrae cervicales*), grudne (*vertebrae thoracicae*), slabinske (*vertebrae lumbales*), krsne (*vertebrae sacrales*) i repne (*vertebrae caudales*). Svi pršljenovi kičmenog stuba imaju određene specifičnosti koje ih karakterišu, ali i pojedine zajedničke karakteristike, a to su telo, luk i nastavci.

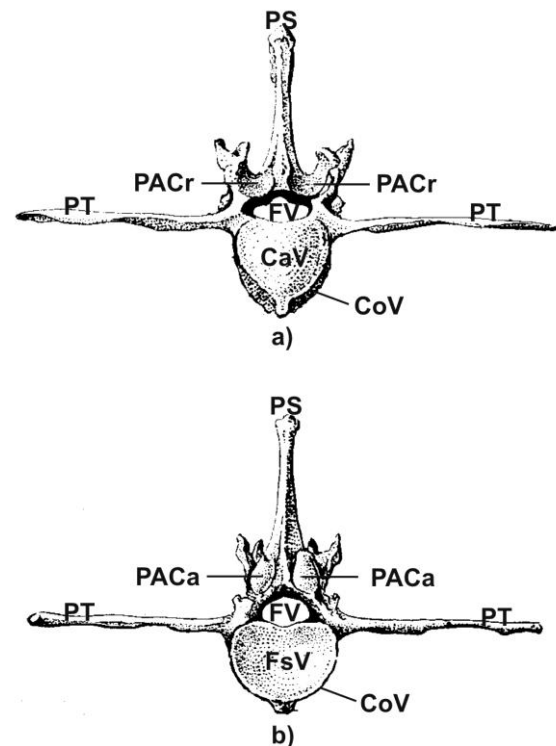
Telo pršljena (*corpus vertebrae*) je cilindričnog ili prizmatičnog oblika, sa dva kraja. Kranijalni kraj (*extremitas cranialis*) je ispupčen, konveksan i naziva se glava pršljena (*caput vertebrae*). Kaudalni kraj (*extremitas caudalis*) je ugnut, konkavan i naziva se udubina pršljena (*fossa vertebrae*). Oba kraja su presvučena hijalinom hrskavicom i veza između njih se formira od udubine jednog i glave sledećeg pršljena u nizu. Ove veze dodatno stabilizuju i međupršljenski diskovi (*disci intervertebrales*).

Luk pršljena (*arcus vertebrae*) se nalazi dorzalno u odnosu na telo i formira kružni otvor (*foramen vertebrae*). Pojedinačni otvori pršljenova u nizu formiraju kičmeni kanal (*canalis vertebralis*) kroz koji prolazi kičmena moždina (*medulla spinalis*). Osnova lukova je usečena sa kranijalne i kaudalne strane i ovi useci sa obe strane između susednih pršljenova formiraju međupršljenske otvore (*foramina intervertebralia*). Kroz ove otvore prolaze nervi kičmene moždine.

Nastavci pršljenova (*processus vertebrae*) služe za prihvatanje ligamenata i mišića, ali i za vezivanje susednih pršljenova. U nastavke pršljenova spadaju: trnasti, poprečni i zglojni nastavci.

Trnasti nastavak (*processus spinosus*) je neparni i nastavak postavljen medijalno i dorzalno na luk

pršljena. Dva bočna poprečno postavljena nastavka (*processus transversi*) se nalaze lateralno na bazu pršljenskog luka. Četiri zglojni nastavka (*processus articulares craniales et processus articulares caudales*) su postavljeni sa kranijalne i kaudalne strane na korenu trnastog nastavka i učestvuju u međusobnom zglobljavanju pršljenova (Slika 4.6).



Slika 4.6. Zajednički delovi pršljenova; a) kranijalna strana, b) kaudalna strana.

CoV – *corpus vertebrae*, CaV – *caput vertebrae*, FsV – *fossa vertebrae*, FV – *foramen vertebrae*, PS – *processus spinosus*, PT – *processus transversus*, PACr – *processus articularis cranialis*, PACa – *processus articularis caudalis*.

U Tabeli 4.1 dat je uporedni prikaz broja pršljenova kod domaćih životinja.

Tabela 4.1. Pregled broja pršljenova kod pojedinih vrsta domaćih životinja

	Vratni	Grudni	Slabinski	Krsni	Repni
Konj	7	18	5–7	5	15–21
Goveče	7	13	6	5	18–20
Ovca, koza	7	13	6	4-5	13–14
Svinja	7	13–16	5–7	4	20–23

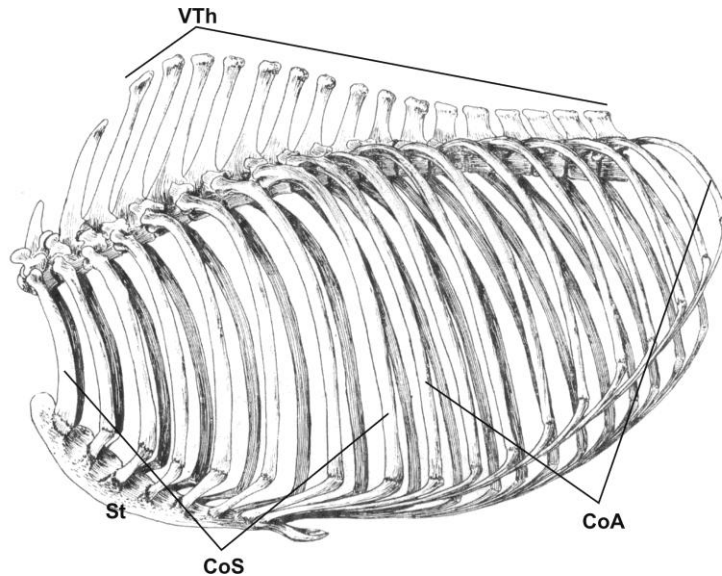
Vratni pršljenovi (*vertebrae cervicales*)

Ovih pršljenova kod svih vrsta domaćih životinja ima 7 i označavaju se oznakama od C1 do C7. Prvi vratni pršljen se naziva i nosač (*atlas*), dok drugi je obrtač (*axis*). Raniji naziv za drugi vratni pršljen je bio *epistropheus*. Pomenuta dva pršljena se morfološki razlikuju od ostalih vratnih pršljenova, spadaju u najpokretnije, a omogućavaju slobodne pokrete glave (Slika 4.7). *Atlas* nema telo, a ventralni i dorzalni luk formiraju veliki pršljenski otvor (*foramen vertebrae*). Bočni nastavci su u vidu širokih ploča i zbog svog oblika se nazivaju krila atlasa (*alae atlantis*). Krila atlasa su probušena i imaju otvore i to: *foramen transversarium*, *foramen alare* i *foramen vertebrale laterale*. Sa kranijalne strane, bočno od otvora, nalaze se udubljenja (*fovea articulares craniales*) koja sa zglobnim kvrgama potiljačne kosti formiraju zglobnu vezu. Sa kaudalne strane, u ventralnom delu, medijalno, nalazi se udubina (*fovea dentis*) koja služi za zglobno povezivanje sa drugim vratnim

pršljenom. Bočno od otvora, sa kaudalne strane, nalaze se zglobne udubine (*fovea articulares caudales*), koje formiraju zglobnu vezu sa zglobnim nastavcima drugog vratnog pršljena. Za razliku od prvog vratnog pršljena, drugi vratni pršljen ima telo, cilindričnog oblika. Na kranijalnom delu, nalazi se zub (*dens*) koji formira vezu sa prvim vratnim pršljenom. Za razliku od glave pršljena, zub predstavlja samo jedan deo. Ovakav izgled kranijalnog okrajka kraja drugog vratnog pršljena omogućava zglobno povezivanje, ali ostavlja i dovoljno prostora za prolazak kičmene moždine. Na drugom vratnom pršljenu se nalazi trnasti nastavak, dobro izražen i ima izgled grebena. Pored trnastog nastavka, kod drugog vratnog pršljena dobro su razvijeni i bočni (*processus transversi*) koji su u početnom delu probušeni sa poprečnim otvorom (*foramen transversarium*). Poprečni otvori postoje i kod ostalih vratnih pršljenova, od trećeg do sedmog. Ovi otvori u nizu formiraju kanal (*canalis transversarius*) kroz koji prolaze arterije, vene i nervi. Tela



Slika 4.7. Vratni pršljenovi govečeta



Slika 4.8. Grudni pršljenovi, grudna kost i rebra – Grudni koš (Thorax)

VTh – *vertebrae thoracicae*, **St** – *sternum*, **CoS** – *costae sternales*, **CoA** – *costae asternales*

trećeg do sedmog vratnog pršljena imaju kranijalni i kaudalni kraj, odnosno glavu i udubinu. Trnasti nastavci su kratki i kaudalno postaju duži. Zglobni nastavci (*processus articulares craniales et caudales*) su dobro razvijeni i imaju pljosnate zglobne površine.

Grudni pršljenovi (*vertebrae thoracicae*)

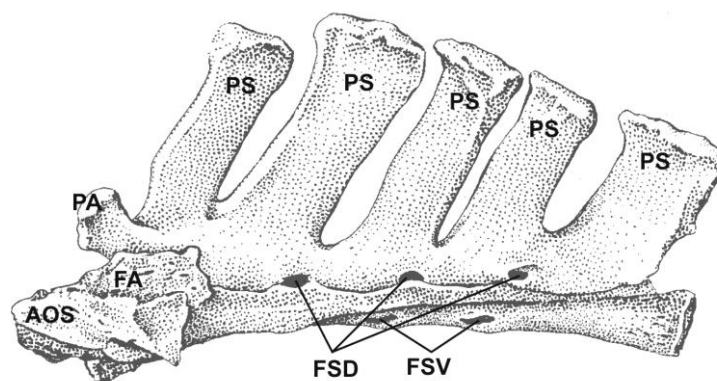
Grudni pršljenovi se označavaju oznakom Th i njihov broj zavisi od vrste životinja, a kod svinja i unutar vrste. Grudni pršljenovi imaju kraće telo od vratnih pršljenova. Kranijani i kaudalni krajevi su skoro potpuno ravni. Karakterišu ih visoki trnasti nastavci (*processus spinosus*) i kratki zglobni nastavci (*processus articulares craniales et caudales*). Bočni nastavci su kratki, snažni i na njima se nalaze zglobne udubine (*fovea costales processus transversi*) (Slika 4.8). Na kranijalnoj i kaudalnoj strani tela, sa obe strane, nalaze se udubine (*fovea costalis*). Ove zglobne udubine susednih pršljenova formiraju čašicu u kojoj se zglobljava glava rebra. Pored ove veze, grudni pršljenovi se sa rebrima vežu i pomoću bočnih nastavaka sa blagom udubinom (*fovea costalis processus transversalis*), koji formiraju vezu sa kvržicom rebra. Na lukovima, sa kranijalne i kaudalne strane nalaze se i usekline (*incisurae vertebrales craniales et caudales*) koje učestvuju u formiranju prostranih otvora (*foramen intervertebrales*) kroz koje prolaze nervi.

Slabinski pršljenovi (*vertebrae lumbales*)

Slabinski pršljenovi se označavaju oznakom L i njihov broj, u zavisnosti od vrste, varira od 5 do 7. Od grudnih se razlikuju po tome što imaju duža tela, nemaju zglobna udubljenja za rebra, trnasti nastavci su kraći, a poprečni dugi i pljosnati. Kranijalni i kaudalni krajevi na telima pršljenova su skoro ravne ploče. Zglobni nastavci su veoma dobro izraženi (Slika 4.6).

Krsni pršljenovi (*vertebrae sacrales*)

Krsni pršljenovi se označavaju oznakom S i njihov broj, u zavisnosti od vrste, može biti 4 ili 5. Ovi pršljenovi i njihovi međupršljenjski diskovi su srasli u jedinstvenu kost koja je naziva krsna kost (*os sacrum*) (Slika 4.9). Sraščivanje pršljenova se kod svinje završava u uzrastu od 1,5 godine, kod preživara između 3. i 4. godine, dok kod konja između 4. i 5. godine. Mesta gde su pršljenovi srasli se jasno uočavaju na ventralnoj površini (*facies pelvina*). Ova površina čini krov karlične duplje (*cavum pelvis*), a mesta gde su pršljenovi srasli su u obliku poprečnih linija (*lineae transversae*). Na dorzalnoj površini (*facies dorsalis*) nalaze se trnasti nastavci. Na ventralnoj i dorzalnoj površini se nalaze otvori koji predstavljaju srasle međupršljenjske otvore i koji se nazivaju *foramina sacralia ventralia* i *foramina sacralia dorsalia*. Ovi otvori vode do kičmenog kanala i kroz njih izlaze nervi.



Slika 4.9. Krsna kost – Os sacrum

PA – *processus articularis cranialis*, **PS** – *processus spinosus*, **FA** – *facies auricularis*, **AOS** – *ala ossis sacri*, **FSD** – *foramina sacralia dorsalia*, **FSV** – *foramina sacralia ventralia*

U ovom kanalu je i završetak kičmene moždine. Bočni deo (*pars lateralis*) ove kosti nastao je srašćivanjem bočnih nastavaka. Kranijalni deo je proširen i ima oblik krila (*ala ossis sacri*). Na ovim krilima se nalazi i površina (*facies auricularis*) koja učestvuje u vezivanju sa karličnom kosti.

Repni pršljenovi (*vertebrae caudales*)

Repni pršljenovi se označavaju sa Ca. Broj ovih pršljenova je najveći i kreće se od 13 do 23. Posmatrajući pršljenove u kičmenom stubu, od prvog do poslednjeg repnog pršljenja, primećuje se da pršljenovi gube svoje osnovne karakteristike (telo, nastavke, luk), od sedmog repnog pršljenja, tako da poslednji repni pršljenovi imaju valjkast oblik i međusobno su povezani samo hrskavicom.

Rebra (*costae*)

Rebra su duge, pljosnate, parne kosti koje grade koštanu osnovu grudnog koša. Rebra se nalaze u nizu, lateralno od grudnih pršljenova, a između njih se nalazi međurebarni prostor (*spatia intercostalia*). Svako rebro se sastoji iz dva dela, dorzalnog koštanog (*os costale*) i ventralnog hrskavičavog dela (*cartilago costalis*). Koštani deo se dorzalno vezuje sa dva susedna grudna pršljenja. Sa ventralne strane hrskavičavi delovi se vežu za grudnu kost (*sternum*). Rebra koja se direktno vezuju za grudnu kost nazivaju se prava ili sternalna rebra (*costae sternales*). Rebra koja se posredno vežu za grudnu kost, odnosno preko

rebarnog luka (*arcus costalis*), su lažna, odnosno asternalna rebra (*costae asternales*) (Slika 4.8).

Broj pari rebra je jednak broju grudnih pršljenova, odnosno svinja ima od 13 do 16, konj 18, a preživari 13.

Na dorzalnom kraju rebra se nalazi glava (*caput costae*) na kojoj se nalazi zglobna površina (*facies articularis capitis costae*). Ova zglobna površina se vezuje za udubine između dva grudna pršljenja, odnosno *fovea costalis cranialis et caudalis*. Glava rebra naleže na vrat (*collum costae*), na kome se nalazi rebarna kvržica (*tuberculum costae*). Na kvržici se nalazi zglobna površina (*facies articularis tuberculi costae*) koja se vezuje sa bočnim nastavkom grudnog pršljenja. Ventralno od kvržice rebra nastavlja se telo (*corpus costae*).

Na telu rebra razlikuju se lateralna, konveksna površina i medijalna, konkavna površina. Pored ove dve površine, na telu rebra se uočavaju i dva ruba, kranijalni i kaudalni. Duž tela rebra se pruža i žleb (*sulcus costae*) u kome se nalaze međurebarni krvni sudovi i nervi. Ventralni deo tela rebra se veže sa rebarnom hrskavicom (*cartilago costalis*). Rebarne hrskavice pravih rebra se vežu za grudnu kost. Hrskavice lažnih rebra spajaju se sa hrskavicama susednih i formiraju rebarni luk, a oba luka se vežu za grudnu kost. Ventralni krajevi rebarnih hrskavica, sa obe strane, se vežu između koštanih segmenata grudne kosti.

Grudna kost (*sternum*)

Grudna kost sa ventralne strane zatvara grudni koš. To je neparna kost koja se sastoji od koštanih segmenata (*stenebrae*) koji su međusobno povezani hrskavicom (*synchondroses sternales*). Broj koštanih segmenata se kreće od 6 (kod svinje i sitnih preživara) do 7 (kod konja i govečeta).

Kranijalni deo grudne kosti se naziva *manubrium sterni* i na njemu se nalaze ležišta za prvi par rebara. Telo grudne kosti (*corpus sterni*) je kod preživara i svinja dorzoventralno spljošteno, dok je kod konja bočno spljošteno. Kod konja se na ventralnom delu tela grudne kosti nalazi greben (*crista sterni*). Na dorzalnem delu tela, između koštanih segmenata, nalaze se usekline (*incisurae costales*) u koje naležu hrskavice rebara. Na kaudalnom delu grudne kosti nalazi se lopatičasti nastavak koji se naziva *processus xiphoideus* koji predstavlja poslednji koštani segment. Kaudalno, ovaj nastavak prelazi u hrskavicu (*cartilago xiphoidea*). Čini oslonac kranijalnom delu ventralnog dela trbušnog zida i mesto gde se završavaju tetive bele linije (*linea alba*).

VEZE KOSTIJU GLAVE I TRUPA

Veze kostiju glave

Kosti glave su povezane šavovima, hrskavičavim tkivom i pravim zglobom.

Najveći broj veza koje se formiraju između kostiju glave su šavovi (*suturae capitis*). Kod mladih životinja kosti glave su spojene hrskavičavim tkivom koje okoštava. Vrste šavova po izgledu i primeri između kojih kostiju se pojedini šavovi formiraju opisani su u poglavlju 4 – Veze kostiju.

Hrskavičavom vezom su povezani pojedini delovi jezične kosti, ali i jezična kost sa slepoočnom kosti. Ova veza se naziva *articulatio tempohyoidea*.

Pravi zglob kao veza kostiju glave se formira između donjovilične kosti i slepoočne kosti (*articulatio temporomandibularis*) odnosno grane donjovilične kosti (*ramus mandibulae*) i ljuskastog dela slepoočne kosti (*pars squamosa ossis temporalis*). Zglobne površine ove dve kosti se ne podudaraju, a ovu nepodudarnost

nadoknađuje hrskavičavi disk (*discus articularis*).

Veze kičmenog stuba

Veze kičmenog stuba se mogu podeliti na:

- spojeve lobanje sa kičmenim stubom,
- spojeve susednih pršljenova,
- spojeve rebara sa pršljenovima i
- spojeve grudnog koša.

U spojeve lobanje sa kičmenim stubom učestvuju dva zgloba i to zglob koji se formira između potiljačne kosti i prvog vratnog pršljena (*articulatio atlantooccipitalis*) i zglob koji se formira između prvog i drugog vratnog pršljena (*articulatio atlantoaxialis*). Ova dva zgloba imaju ulogu u pomeranju glave životinja. Pomenuti zglobovi su upotpunjeni prisustvom dobro razvijenih kapsula (*capsula articularis*). Pored kapsula, i nekoliko ligamenata učestvuje u formiranju ovih veza.

Spojevi između susednih pršljenova se sastoje iz veza između tela pršljenova i veza između zglobnih površina. Između susednih pršljenova se nalaze međupršljenski diskovi (*disci intervertebrales*) koji su građeni od fibroznog hrskavičavog vezivnog kiva. Druga veza susednih pršljenova se ostvaruje između kaudalnih zglobnih nastavaka jednog i kranijalnih zglobnih nastavaka sledećeg pršljena. Ove pomenute veze su dodatno učvršćene i prisustvom kratkih i dugih ligamenata. Kratki ligamenti povezuju susedne pršljenove (*ligamenta flava*, *ligamenta interspinalia*, *ligamenta intertransversaria*). Dugi ligamenti povezuju više pršljenova i to su *ligamentum nuchae* i *ligamentum supraspinale*.

Spojevi rebara sa pršljenovima se ostvaruju preko dva zgloba. Prvi zglob je zglob rebarnih glava (*articulatio capitis costae*) koji se formira između glave rebra i udubljenja na telima dva susedna grudna pršljena. Zglobno udubljenje u kome naleže prvo rebro nalazi se između poslednjeg vratnog i prvog grudnog pršljena. Pored zglobne čaure, svaki pojedinačni zglob je dodatno ojačan ligamentima (*lig. intercapitale*, *lig. longitudinale dorsal* ...). Drugi zglob je zglob rebarne kvrčice (*articulatio costotransversaria*) koji formiraju zglobna površina na kvrčici rebra (*tuberculum costae*) i zglobna površina na bočnom nastavku (*processus transversus*) odgovarajućeg grudnog pršljena. Ligamenti koji

ojačavaju ovaj zglob su *ligamentum tuberculi costae* i *lig. costotransversarium*.

Veze grudnog koša su spojevi između koštanog i hrskavičavog dela rebara (*articulationes costohondrales*), zatim rebara i grudne kosti (*articulationes sternocostales*) i hrskavičave veze (*synchondroses sternales*) između koštanih delova grudne kosti.

MIŠIĆI GLAVE I TRUPA (*MUSCULI CAPITIS ET TRUNCI*)

Fascije (*fasciae*)

Fascije, kao pomoćni delovi mišića se, u zavisnosti od položaja, mogu podeliti na površinske i duboke fascije glave i trupa. Površinske se nalaze neposredno ispod kože. Vezane su sa kožnim mišićima glave i trupa, koji na površinskim fascijama i počinju i završavaju se. U zavisnosti od područja u kome se nalaze, površinske fascije se mogu podeliti na površinsku fasciju glave, površinsku fasciju vrata i površinsku fasciju trupa. Površinska fascija glave u obliku maske, prekriva čitavu glavu i nastavlja se na vrat. Površinska fascija vrata ima dva sloja. Površinski sloj prekriva mišiće vrata, a duboki sloj se kaudalno nastavlja na fascije ramena i trupa. Površinska fascija trupa je rastegljiva i veže se sa kožnim mišićem trupa. Ispod ove fascije, kod dobro utovljenih životinja nalazi se sloj masnog tkiva.

Duboke fascije se dele na duboke fascije glave, duboke fascije vrata, duboke fascije trupa i duboke fascije repa. Duboka fascija trupa je

dobro razvijena i deo ove fascije koji pokriva leđno i slabinsko područje naziva se *fascia toracolumbalis* i od nje započinje *m. latissimus dorsi*. Kod velikih preživara, ventralno formira žutu trbušnu ploču (*tunica flava abdominis*).

Kožni mišići (*musculi cutanei*)

Kožni mišići glave (*mm. cutanei capitis*) polaze od površinske fascije glave i predstavljaju deo površinskih mišića lica. U kožne mišiće glave ubrajaju se: *m. sphincter colli superficialis*, *m. cutaneus faciei*, *m. sphincter colli profundus* i *m. frontalis*. Kožni mišići vrata (*mm. cutanei colli*) su ime dobili po položaju, a u ovu grupu se ubrajaju: *platysma*, *m. sphincter colli profundus* i *m. cutaneus colli*. *Platysma* je dobro razvijena mišićna ploča koja se nalazi kod svinja. Kožni mišići trupa (*mm. cutanei trunci*) su *m. cutaneus trunci*, *m. cutaneus omobranchialis* i *mm.*

Tabela 4.2. Mišići usana i obraza

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija	Napomena
<i>M. orbicularis oris</i> – Kružni mišić usta	Mišićni snopovi susednih mišića	Koža i sluzokoža usana	Zatvara usta	
<i>Mm. incisivi</i> – Sekutićni mišići	Sekutićna kost i donja vilica	<i>m. orbicularis oris</i>	Podiže gornju usnu	
<i>M. levator nasolabialis</i> – Nosnousni podizač	Fascije nosnog i čeonog dela	Zid usana i nozdrve	Podiže gornju usnu i širi nozdrve	
<i>M. levator labii superioris</i> – Podizač gornje usne	Gordnjovilićna kost	Gornja usna	Povlači gornju usnu i nosnousno ogledalo	
<i>M. caninus</i> – Očnjački mišić	Lična kvrga/greben	Zid nozdrva	Širi nozdrvu, povlači gornju usnu	
<i>M. depressor labii superioris</i> – Spuštač gornje usne	Lična kvrga	Gornja usna	Spušta gornju usnu	Nema kod konja
<i>M. depressor labii inferioris</i> – Spuštač donje usne	Lična kvrga/greben	Donja usna	Spušta donju usnu	
<i>M. mentalis</i> – Mišić brade	Sekutićni deo donjovilićne kosti	Brada	Pokreti brade	
<i>M. zygomaticus</i> – Jagodićni mišić	Jagodićni luk	<i>M. orbicularis oris</i>	Povlačenje ugla usana	
<i>M. buccinator</i> – Mišić obraza	Gornja i donja vilica	<i>M. orbicularis oris</i>	Sužavanje predvorja usne duplje	

Tabela 4.3. Ekstraorbitalni mišići očnih kapaka

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija	Napomena
<i>M. orbicularis oculi</i> – Kružni mišić oka	Kružni mišić		Pokretanje očnih kapaka	očnih
<i>M. levator anguli oculi medialis</i> – Podizač medijalnog očnog ugla	Čeona fascija	Medijalni deo gornjeg kapka	Podizanje ugla očnog kapka	medijalnog
<i>M. malaris</i> – Jagodično-lični mišić	Fascija lica	Donji očni kapak	Spušta kapak	donji očni Nema kod preživara

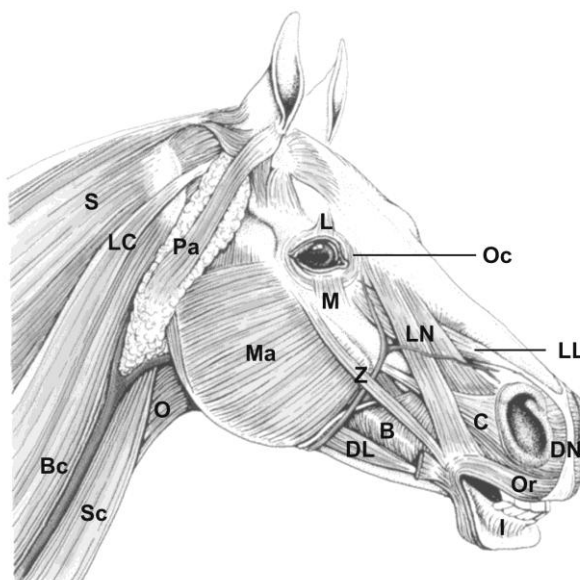
preputiales. Najrazvijeniji je *m. cutaneus trunci* koji pokriva dorzalni, lateralni i ventralni deo zida grudnog koša i trbuha.

Mišići glave (*mm. capitis*)

Mišići glave učestvuju u građi usana, nozdrva, očnih kapaka, spoljašnjeg uha, jezika, a grade i zidove usne, ždrelna i grkljanske šupljine. Njihovim kontrakcijama se pokreću usne, šire nozdrve, pokreću očni kapci, donja vilica, jezik. Prema položaju i nervima koji ih inervišu mogu se podeliti na:

1. Mišiće lica
 - a. Mišići usana i obraza,
 - b. Mišići nosa
 - c. Ekstraorbitalni mišići očnih kapaka,
 - d. Mišići ušne školjke,
2. Mišiće donje vilice
3. Mišiće jezika
4. Mišiće ždrelna
5. Mišiće grkljana
6. Infraorbitalne mišiće oka.

U nastavku ovog poglavlja biće prikazani mišići prve dve grupe, dok se ostali mišići izučavaju kod organa koje grade, odnosno kod pomoćnih organa oka.



Slika 4.10. Površinski mišići glave konja

S – *m. splenius*, **LC** – *m. longissimus capitis*, **Pa** – *m. parotidoauricularis*, **Bc** – *m. brachiocephalicus*, **Sc** – *m. sternocephalicus*, **O** – *m. omohyoideus*, **Ma** – *m. masseter*, **L** – *m. levator anguli oculi medialis*, **Oc** – *m. orbicularis oculi*, **M** – *m. malaris*, **LN** – *m. levator nasolabialis*, **LL** – *m. levator labii superioris*, **Z** – *m. zygomaticus*, **B** – *m. buccinator*, **DL** – *m. depressor labii inferioris*, **C** – *m. caninus*, **DN** – *m. dilatator naris apicalis*, **Or** – *m. orbicularis oris*, **I** – *m. incisivus faciei*

Tabela 4.4. Mišići donje vilice

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. masseter</i> – Spoljašnji mišić žvakanja	Lični greben i jagodični luk	Lateralna površina donjovilične kosti	Podizanje i povlačenje donje vilice u stranu
<i>M. pterygoideus medialis</i> – Krilasti medijalni mišić	Klinasta, krilasta i nepčana kost	Medijalna površina donje vilice	Podizanje i povlačenje donje vilice u stranu
<i>M. pterygoideus lateralis</i> – Krilasti lateralni mišić	Klinasta kost	Medijalna površina donje vilice	Podizanje i povlačenje donje vilice u stranu i napred
<i>M. temporalis</i> – Slepoočni mišić	Slepoočna jama	<i>Processus coronoideus</i> na donjoj vilici	Podizanje donje vilice pri zatvaranju usta
<i>M. digastricus</i> – Dvotrbušni mišić	<i>Processus paracondylaris</i> potiljačne kosti	Medijalna površina tela donjovilične kosti	Povlači donju vilicu i otvara usta
<i>M. mylohyoideus</i> – Milohioidni mišić	Medijana površina tela donjovilične kosti	Istoimeni mišić druge strane u medijalnoj ravni	Drži i podiže jezik

Mišići usana i obraza (*mm. labiorum et buccarum*) (Tabela 4.2) su grupa mišića koji svojim položajem čine najveći deo lica i obraza. U pitanju su tanki, pločasti i mali mišići. Ovi mišići ulaze u sastav usana, oblikuju usni otvor, a svojim pokretima podižu i spuštaju gornju, odnosno donju usnu. Pojedini mišići ove grupe grade i zid usne duplje, a njihovim pokretima se pomaže pokretanje hrane u usnoj duplji (Slika 4.10).

Mišići nosa (*mm. nasi*) su dobro razvijeni kod konja i preživara, a slabo kod svinja. Svi mišići ove grupe učestvuju u širenju, odnosno skupljanju nozdrva, a to su

- *m. dilatator naris apicis*,
- *m. lateralis nasi*,
- *m. dilatator naris medialis*.

Ekstraorbitalni mišići očnih kapaka (*mm. extraorbitales*) su mišići koji završavaju u očnim kaptima, a nalaze se izvan očne duplje.

Tabela 4.5. Mišići koji pokreću glavu

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. rectus capitis dorsalis major</i> – Veći dorzalni pravi mišić glave	Trnasti nastavak vratnog pršljena	drugog <i>Crista nuchae</i>	Ispružanje glave
<i>M. rectus capitis dorsalis minor</i> – Manji dorzalni pravi mišić glave	Dorzalna površina vratnog pršljena	prvog Dorzalno od velikog otvora na potiljačnoj kosti	Ispružanje glave
<i>M. rectus capitis lateralis</i> – Lateralni pravi mišić glave	Ventralna površina vratnog pršljena	prvog <i>Processus paracondylaris</i> potiljačne kosti	Savijanje glave
<i>M. rectus capitis ventralis</i> – Ventralni pravi mišić glave	Ventralna površina vratnog pršljena	prvog Baza lobanje	Savijanje glave
<i>M. obliquus capitis cranialis</i> – Prednji kosi mišić glave	Krila prvog vratnog pršljena	<i>Crista nuchae</i>	Ispružanje glave i okretanje u stranu
<i>M. obliquus capitis caudalis</i> – Zadnji kosi mišić glave	Trnasti nastavak vratnog pršljena	drugog Krila prvog vratnog pršljena	Okretanje glave i fiksiranje atlanto-aksijalnog zgloba
<i>M. longus capitis</i> – Dugi mišić glave	Bočni nastavci od 2. do 6. vratnog pršljena	Baza lobanje	Savijanje i okretanje glave i kranjalnog dela vrata

Tabela 4.6. Mišići vrata

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija	Napomena
<i>M. brachiocephalicus</i> – Nadlakatno-glaveni mišić	U zavisnosti od vrste – slepoočna kost, potiljačna kost i donjovilična kost	Greben ramene kosti	Spušta vrat i glavu, vuče fascije prednjeg ekstremiteta	Spada i u grupu mišića ramenog pojasa
<i>M. sternocephalicus</i> – Grudno-glaveni mišić	<i>Manubrium sterni</i>	U zavisnosti od vrste – na luku donjovilične kosti, slepoočna kost	Vuču glavu i vrat u stranu, fiksira glavu kod gutanja	Spada i u grupu mišića ramenog pojasa
<i>M. splenius</i> – Kaišasti mišić	Trnasti nastavci grudnih pršljenova i fascije istog dela	Trnasti nastavci vratnih pršljenova, potiljačna i slepoočna kost	Podizanje i okretanje glave i vrata u stranu	
<i>M. longus colli</i> – Dugi vratni mišić	5. i 6. grudni pršljen	1. vratni pršljen	Savijanje vrata	
<i>Mm. scaleni</i> – Stepeničasti mišići	Rebra	Bočni nastavci vratnih pršljenova	Spuštanje i okretanje vrata, pomaže pri udisaju	
<i>Mm. hyoidei</i> – Mišići jezika	<i>Manubrium sterni</i>	Jezična kost	Pokreću jezičnu kost	

Položaj i funkcija ove grupe mišića prikazani su u Tabeli 4.3.

Mišići ušne školjke (*mm. auriculares*) su grupa malih mišića koji završavaju na ušnoj školjci.

Njihovim kontrakcijama ušna školjka se pomera u svim pravcima, ali se i uspravlja i rotira. Ovi mišići mogu polaziti sa kostiju glave ili sa štitaste hrskavice ušne školjke (*scutulum*). Pojedini mišići snopovi ove grupe su u vezi sa

Tabela 4.7. Duboki mišići trupa, lateralni

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. iliocostalis</i> – bočno-rebarni mišić			
– <i>m. iliocostalis lumborum</i> (slabinski deo)	Karlična kost	Kaudalni rub poslednjeg rebra	Učvršćivanje slabina i rebra
– <i>m. iliocostalis thoracis</i> (grudni deo)	Bočni nastavci slabinskih pršljenova	Kaudalni kraj rebra	Povlačenje kičmenog stuba u stranu
– <i>m. iliocostalis cervicis</i> (vratni deo)	Bočni nastavci prvih grudnih pršljenova	Bočni nastavci 7. vratnog pršljena	Savijanje kičmenog stuba u stranu
<i>M. longissimus</i> – najduži mišić			
– <i>m. longissimus lumborum et thoracis</i> (slabinski i grudni deo)	Trnasti nastavci grudnih, slabinskih i krsnih pršljenova i karlična kost	Zglobni i bočni nastavci grudnih pršljenova i proksimalni deo rebra	Učvršćivanje i ekstenzija kičmenog stuba, podizanje kranijalnog dela tela
– <i>m. longissimus cervicis</i> (vratni deo)	Bočni nastavci prvih 5 do 8 grudnih pršljenova	Bočni nastavci od 3. do 7. vratnog pršljena	Podizanje i savijanje vrata u stranu
– <i>m. longissimus capitis et atlantis</i> (glaveni i atlasni deo)	Bočni nastavak poslednjeg vratnog i prvog grudnog pršljena	Slepoočna kost	Podizanje i savijanje glave u stranu, okretanje glave

Tabela 4.8. Duboki mišići trupa, medijalni

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
M. spinalis			
– trnasti mišić			
– <i>m. spinalis thoracis et cervicis</i> (grudni i vratni deo)	Trnasti nastavci prvih šest slabinskih i poslednjih šest grudnih pršljenova	Trnasti nastavci poslednjih šest grudnih i od sedmog do trećeg vratnog pršljena	Učvršćuje leđa i vrat
M. semispinalis capitis – polutrnasti mišić, glaveni deo	<i>Fascia spinocostotransversalis</i> , bočni nastavci prvih 5 do 8 grudnih pršljenova, zglobni nastavci 2. do 7. vratnog pršljena	Ljuska potiljačne kosti	Podiže glavu i povlači je u stranu
M. multifidus – mnogodelni mišić	Zglobni nastavci od krsne kosti do 3. vratnog pršljena	Trnasti nastavci prethodnog pršljena	Učvršćuje i rotira kičmeni stub, podiže vrat
Mm. rotatores – mišići okretači	Bočni nastavak	Trnasti nastavak	Učvršćuje i rotira kičmeni stub

hrskavicom uha i šire, odnosno sužavaju ulaz u ušni kanal.

Mišići donje vilice

Uloga ove grupe mišića je u pokretanju donje vilice prilikom žvakanja i gutanja hrane. Dele se na žvakaće mišiće i mišiće donjoviličnog prostora.

Položaj i funkcija ove grupe mišića prikazani su u Tabeli 4.4. Prva četiri spadaju u grupu mišića za žvakanje, a preostala dva u mišiće donjoviličnog prostora.

Mišići koji pokreću glavu

Mišići koji pokreću glavu su grupa mišića koja, po položaju pripada mišićima trupa, ali počinju na vratu i završavaju na glavi. Osnovna uloga im je u koordinisanim pokretima glave, odnosno pokreta u zglobovima između potiljačne kosti i prvog vratnog pršljena, kao i prvog i drugog vratnog pršljena. U Tabeli 4.5 je dat pregled mišića ove grupe.

Mišići trupa (*musculi trunci*)

Mišići trupa povezuju glavu i ekstremitete sa trupom. Igraju značajnu ulogu pri stajanju i kretanju životinja. Mišići trupa se prema položaju dele na:

1. mišići vrata (*mm. colli*),
2. mišići leđa (*mm. dorsi*),
3. mišići grudnog koša (*mm. thoracis*),
4. mišići trbušnog zida (*mm. abdominis*) i
5. mišići repa (*mm. caudae*).

Mišići vrata su smešteni uglavnom dorzalno i lateralno od vratnog dela kičmenog stuba. Neki od ovih mišića se završavaju na kostima glave, vratnim pršljenovima, ali i na jezičnoj kosti. Mišići vrata prikazani su u Tabeli 4.6.

Tabela 4.9. Kratki mišići vrata i leđa

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>Mm. interspinales</i> – međutrnasti mišići	Trnasti nastavci grudnih i nekoliko slabinskih pršljenova	Trnasti nastavci grudnih i nekoliko slabinskih pršljenova	Učvršćuje i savija grudni i slabinski deo kičmenog stuba
<i>Mm. intertransversii</i> – međupoprečni mišići	Bočni i zglobni nastavci pršljenova	Bočni i zglobni nastavci pršljenova	Učvršćuju i pokreću kičmeni stub

Mišići leđa (*mm. dorsi*) su svi mišići koji se nalaze uz vratni, grudni i slabinski deo kičmenog stuba. Polaze sa pršljenova (tela ili nastavaka) ili fascija leđa. Po topografskom položaju dele se na površinske i duboke mišiće. Površinski mišići leže sa lateralne strane trupa. Ovi mišići povezuju trup, rebra ili fascije sa kostima ramenog pojasa i čine grupu mišića koji povezuju prednji ekstremitet za trup. Karakteristike ovih mišića biće date u poglavlju o mišićima prednjeg ekstremiteta. Duboki mišići leđa su smešteni sa dorzalne strane bočnih nastavaka pršljenova. Funkcija ovih mišića je podizanje, rotiranje i savijanje kičmenog stuba dorzalno, ventralno i lateralno. Mišići na kranijalnom delu su nežniji i povećavaju pokretljivost glave i vrata, dok su u slabinskom

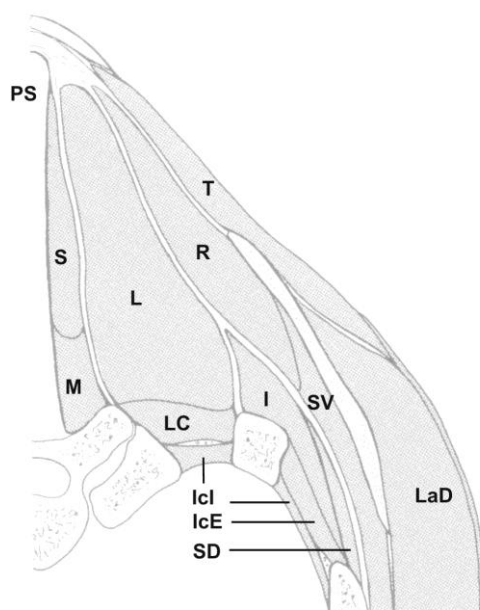
delu mišići nešto jači i obezbeđuju stabilnost ovog dela. Duboki mišići leđa se mogu podeliti na lateralne i medijalne. Lateralni duboki mišići leđa prikazani su u Tabeli 4.7, a medijalni duboki mišići leđa prikazani su u Tabeli 4.8. (Slika 4.11).

Pobrojani lateralni i medijalni duboki mišići takođe spadaju i u grupu dugih mišića. Međutim, pored njih postoje i kratki mišići koji su podeljeni u dve grupe: međutrnasti (*mm. interspinales*) i međupoprečni (*mm. intertransversarii*).

Osnovne karakteristike kratkih mišića vrata i leđa date se u Tabeli 4.9.

Tabela 4.10. Mišići grudnog koša

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>Mm. intercostales</i> - međurebarni mišići			
- <i>Mm. intercostales externi</i> (spoljašnji međurebarni mišići)	Kaudalni rub rebra	Kranijalni rub sledećeg rebra	Povlačenje rebara napred, povećanje zapremine grudnog koša
- <i>Mm. intercostales interni</i> (spoljašnji međurebarni mišići)	Kranijalni rub rebra	Kaudalni rub prethodnog rebra	Povlačenje rebara nazad, smanjenje zapremine grudnog koša
<i>Mm. levatores costorum</i> - podizači rebara	Bočni nastavci od 1. do poslednjeg grudnog pršljena	Kranijalni rub proksimalnog dela sledećeg rebra	Povlače rebra napred, šire grudni koš
<i>M. transversus thoracis</i> - poprečni mišić grudnog koša	Grudna kost	Spojevi koštanih i hrskavičavih delova rebara	Smanjuje zapreminu grudnog koša
<i>M. rectus thoracis</i> - pravi mišić grudnog koša	Prvo rebro	Od 2. do 4. rebarne hrskavice	Povlači rebra napred, širi grudni koš
<i>Diaphragma</i> - dijafragma	Tela slabinskih pršljenova, unutrašnja površina poslednjih rebara	<i>Centrum tendineum</i>	Povećanje zapremine grudnog koša



Slika 4.11. Poprečni presek kroz mišiće leđa u visini 8. grudnog pršljena

PS – *processus spinosus*, **S** – *m. spinalis*, **M** – *m. multifidus*, **L** – *m. longissimus*, **LC** – *m. levator costae*, **R** – *m. romboideus*, **I** – *m. iliocostalis*, **IcI** – *m. intercostalis internus*, **IcE** – *m. intercostalis externus*, **T** – *m. trapezius*, **SV** – *m. serratus ventralis*, **SD** – *m. serratus dorsalis*, **LaD** – *m. latissimus dorsi*

Mišići grudnog koša (*mm. thoracis*) su međurebarni mišići (*mm. intercostales*), mišići podizači rebara (*mm. levatores costorum*), poprečni mišić grudnog koša (*m. transversus thoracis*), pravi mišić grudnog koša (*m. rectus thoracis*) i dijafragma (*diaphragma*), a njihove osnovne karakteristike prikazane su u Tabeli 10.

Mišići trbušnog zida (*mm. abdominis*)

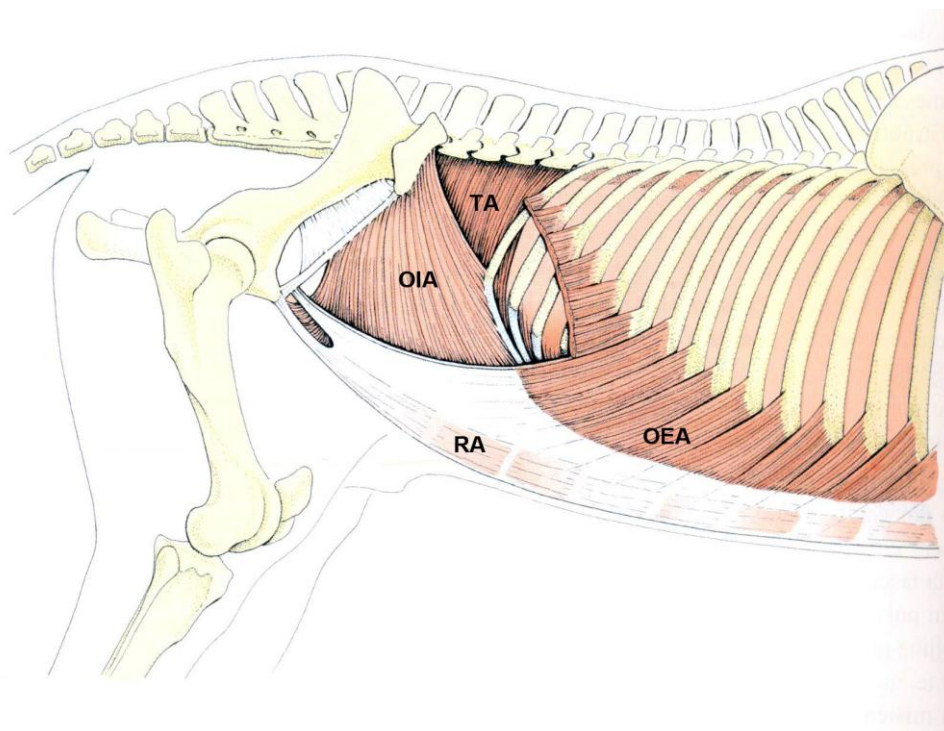
Mišići trbušnog zida su elastične, tanke mišićne ploče i razvrstane su u tri sloja sa suprotno usmerenim mišićnim vlaknima. Medijalno, sve

mišićne ploče se vezuju za tetivastu strukturu koja se naziva bela linija (*linea alba*). Postoje četiri mišića trbušnog zida koji su dobili nazive po položaju i obliku. To su: spoljašnji kosi trbušni mišić (*m. obliquus externus abdominis*), unutrašnji kosi trbušni mišić (*m. obliquus internus abdominis*), poprečni trbušni mišić (*m. transversus abdominis*) i pravi trbušni mišić (*m. rectus abdominis*).

Osnovni podaci o mišićima trbušnog zida dati su u Tabeli 4.11. na Slici 4.12.

Tabela 4.11. Mišići trbušnog zida

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. obliquus externus abdominis</i> – spoljašnji kosi trbušni mišić	Lateralne površine distalnih delova od 4. ili 5. do poslednjeg rebra	<i>Linea alba</i>	Pritiska organe trbušne duplje, nosi utrobu
<i>M. obliquus internus abdominis</i> – unutrašnji kosi trbušni mišić	Karlična kvrga, bočni nastavci slabinskih pršljenova, leđno-slabinska fascija	<i>Linea alba</i> , rebarni luk	Pritiska organe trbušne duplje, nosi utrobu
<i>M. transversus abdominis</i> – poprečni trbušni mišić	Bočni nastavci slabinskih pršljenova, unutrašnja površina asternalnih rebara	<i>Linea alba</i>	Pritiska organe trbušne duplje, nosi utrobu
<i>M. rectus abdominis</i> – pravi trbušni mišić	Hrskavica sternalnih rebara i grudna kost	<i>Linea alba</i>	Pritiska organe trbušne duplje, nosi utrobu



Slika 4.12. Mišići trbušnog zida

OEA – *m. obliquus externus abdominis*, **OIE** – *m. obliquus internus abdominis*, **TA** – *m. transversus abdominis*, **RA** – *m. rectus abdominis* (na osnovu König H.E., Liebich H.G.: *Veterinary Anatomy of Domestic Animals*, Stuttgart-New York, Schattauer, 2004, p. 122).

Mišići repa (*mm. caudae*)

Mišići repa su kružno raspoređeni oko repnog dela kičmenog stuba. Po položaju i funkciji mogu se podeliti na sledeće grupe i mišiće:

– mišići podizači repa

(*m. sacrococcygeus dorsalis medialis et lateralis*),

– mišići spuštači repa

(*m. sacrococcygeus ventralis medialis et lateralis*),

– bočni savijači repa

(*mm. intertransversarii caudae*),

– karlično-repni mišići

(*m. coccygeu, m. iliocaudalis, m. pubocaudalis*).

PREDNJI EKSTREMITET (*MEMBRUM THORACICUM*)

Kosti prednjeg ekstremiteta (*ossa membri thoracici*)

Kosti prednjeg ekstremiteta su: 1. lopatica, 2. ramena kost, 3. podlaktne kosti (žbica, lakatna kost), 4. karpalne kosti (kosti karpalnog zgloba) 5. metakarpalne kosti, 6. članci prstiju i 7. sezamoidne kosti.

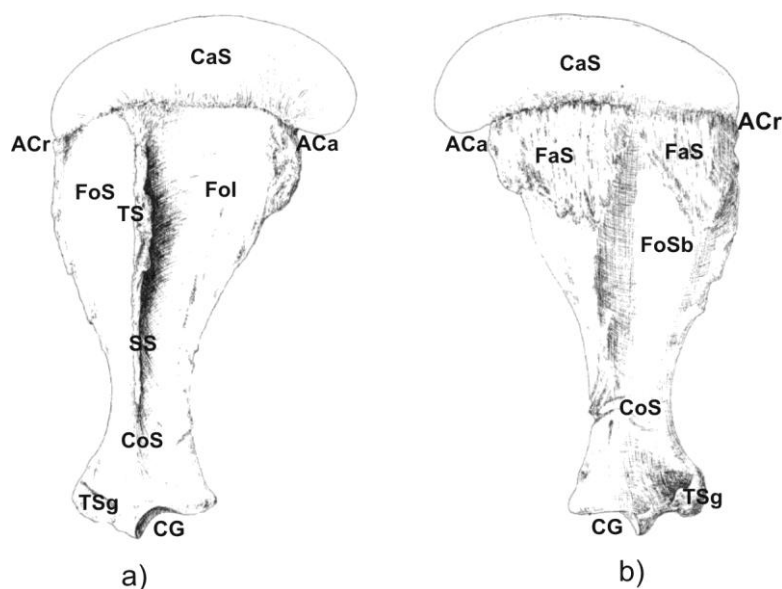
Lopatica (*scapula*)

Lopatica je trouglastog oblika, pljosnata kost, smeštena je na kranijalnom delu bočnog zida grudnog koša. Za trup je, kod domaćih životinja, vezana mišićima. Na lopatici se razlikuju dve površine: lateralna (*facies lateralis*) i medijalna (*facies costalis*). Pored ovih površina, na lopatici se uočava dorzalni rub (*margo dorsalis*) koji je okrenut prema kičmenom stubu i na koji naleže hrskavica (*cartilago scapulae*). Pored dorzalnog ruba, usled trouglastog oblika, uočavaju se i kranijalni rub (*margo cranialis*) i kaudalni rub (*margo caudalis*). Kranijalni i dorzalni rub formiraju kranijalni ugao lopatice (*angulus cranialis*), kaudalni i dorzalni rub formiraju kaudalni ugao lopatice (*angulus caudalis*), dok

kranijalni i kaudalni rub formiraju ventralni ugao lopatice (*angulus ventralis*). Ventralni ugao lopatice se nastavlja u vrat lopatice (*collum scapulae*), a završava sa plitkom lopatičnom čašicom (*cavitas glenoidalis*). Lopatična čašica se zglobljava sa ramenom kosti i formira rameni zglob (*articulatio humeri*). Kranijalno od lopatične čašice nalazi se lopatična krvga (*tuberculum supraglenoidale*), od koje počinje dvoglavi mišić (*m. biceps brachii*). Sa medijalne strane ove krvge nalazi se korakoidni nastavak (*processus coracoideus*), odnosno ostatak korakoidne kosti (Slika 4.13).

Na lateralnoj površini, od dorzalnog ruba prema distalnom delu, pruža se lopatični greben (*spina scapulae*). Kod domaćih životinja, na sredini lopatičnog grebena se nalazi krvga (*tuber spinae scapulae*). Kod preživara se završava kljunom (*acromion*). Lopatični greben deli lopaticu na dva dela, kranijalni i kaudalni. Na kranijalnom delu se nalazi udubina (*fossa supraspinata*), dok se na kaudalnom delu nalazi *fossa infraspinata*.

Na medijalnoj površini se nalazi podlopatična udubina (*fossa subscapularis*), radijalno i



Slika 4.13. Lopatica konja; a) lateralna strana, b) medijalna strana

CaS – *cartilago scapulae*, **ACr** – *angulus cranialis*, **ACa** – *angulus cranialis*, **FoS** – *fossa supraspinata*, **FoI** – *fossa infraspinata*, **TS** – *tuber spinae scapulae*, **SS** – *spina scapulae*, **CoS** – *collum scapulae*, **TSg** – *tuberculum supraglenoidale*, **CG** – *cavitas glenoidalis*, **FaS** – *facies serrata*, **FoSb** – *fossa subscapularis*.

kaudalno od nje i dve hrapave površine (*facies serrata*) (Slika 4.12).

Ramena kost (*humerus*)

Ramena kost predstavlja osnovu skeleta nadlaktice (*skeleton brachii*). Ramena kost ima oblik koji odgovara njenoj funkciji, a to je pripoj snažnih mišića i tetiva ramenog pojasa. I pored razlika između pojedinih vrsta životinja, na ramenoj kosti se uočavaju tri dela: proksimalni kraj (*epiphysis proximalis*), telo (*corpus*) i distalni kraj (*epiphysis distalis*) (Slike 4.14 i 4.15).

Proksimalni kraj se zglobno vezuje sa lopaticom i to kaudalno postavljenom glavom (*caput humeri*). Glava ramene kosti je od tela odvojena vratom (*collum humeri*). Kraniolateralno smeštena je velika kvržica (*tuberculum majus*), a kranio-medijalno manja kvržica (*tuberculum minus*). Kod konja, između ove dve postoji i središnja kvržica (*tuberculum intermedium*). Kod životinja koje imaju dve kvržice između njih se nalazi žleb (*sulcus intertubercularis*), dok kod su konja u pitanju dva žleba (*sulci intertuberculares*). One kvržice, velika i mala, su podeljene na po dva dela, kranijalni (*pars cranialis*) i kaudalni (*pars caudalis*).

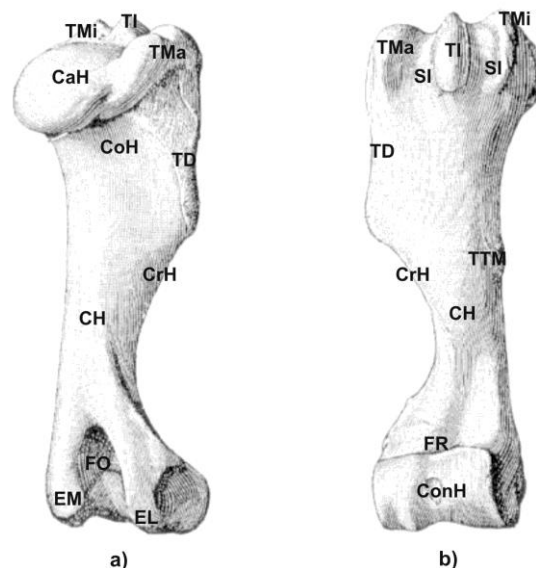
Telo ramene kosti (*corpus humeri*) je središnji

deo (*diaphysis*). Sa lateralne strane tela nalazi se kvruga (*tuberositas deltoidea*), za koju se veže *m. deltoideus*. Distalno od kvrge nastavlja se greben (*crista humeri*). Sa medijalne strane se nalazi kvržica (*tuberositas teres major*) za koju se veže *m. teres major*.

Na distalnom kraju se nalaze zglobne kvrge (*condyli humeri*) koje grade zglobni valjak (*trochlea humeri*) i veže se sa podlaktanim kostima. Lateralno i medijalno od zglobnih kvruga nalaze se dve jake kvrge (*epicondylus lateralis et epicondylus medialis*) za koje se vežu mišići prednjeg ekstremiteta i ligamenti lakatnog zgloba. Sa kaudalne strane, između ovih kvruga, nalazi se lakatna udubina (*fossa olecrani*) u koju ulazi nastavak lakatne kosti. Na kranijalnom delu, proksimalno od zglobnih kvruga (*condyli humeri*) nalazi se udubina (*fossa radialis*).

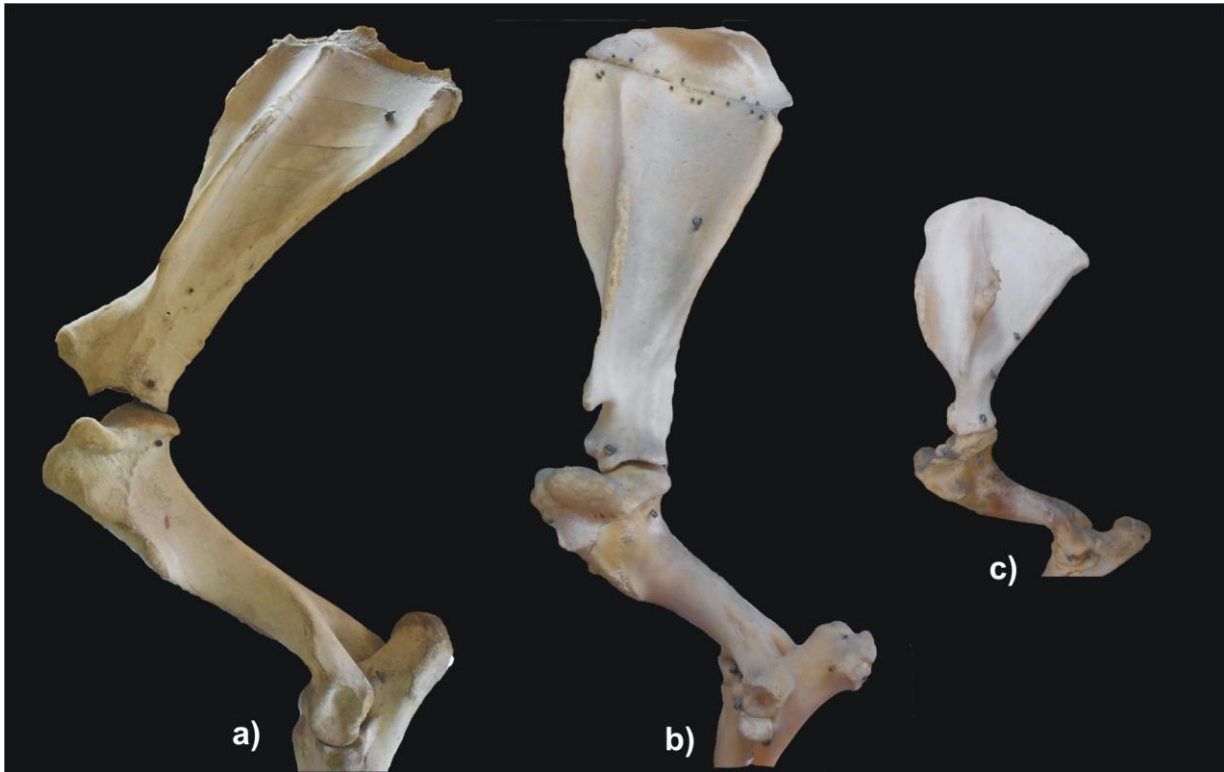
Podlaktne kosti (*ossa antebrachii*)

U podlaktne kosti spadaju dve kosti: žbica (*radius*) i lakatna kost (*ulna*). Žbica leži kranio-medijalno, a lakatna kost laterokaudalno. Ove kosti su vezane međusobno nepokretnim vezama. Između njih se nalazi međukoštani prostor (*spatium interosseum antebrachii*) (Slike 4.16 i 4.17).



Slika 4.14. Ramena kost konja; a) lateralna strana, b) kranijalna strana

CaH – *caput humeri*, **TMa** – *tuberculum majus*, **TMi** – *tuberculum minus*, **TI** – *tuberculum intermedium*, **SI** – *sulcus intertubercularis*, **CoH** – *collum humeri*, **TD** – *tuberositas deltoidea*, **CrH** – *crista humeri*, **TTM** – *tuberositas teres major*, **CH** – *corpus humeri*, **FO** – *fossa olecrani*, **FR** – *fossa radialis*, **ConH** – *condylus humeri*, **EM** – *epicondylus medialis*, **EL** – *epicondylus lateralis*



Slika 4.15. Lopatica i ramena a) konja; b) govečeta; c) svinje

Žbica (*radius*)

Žbica je duga, cevasta kost, na kojoj se mogu razlikovati tri dela i to: proksimalni kraj (*epiphysis proximalis*), telo (*corpus radii*) i distalni kraj (*epiphysis distalis*).

Na proksimalnom delu se nalazi glava žbice (*caput radii*), koja je proširena i formira zglobnu udubinu (*fovea capitis radii*), koja se zglobljava sa zglobnom kvrgom ramene kosti (*condylus humerii*). Sa obe strane glave žbice nalaze se velike kvрге za koje se prihvataju ligamenti lakatnog zgloba (*articulatio cubiti*).

Telo žbice je kranio-kaudalno spljošteno, a po dužini neznatno savijeno. Kranijalna površina (*facies cranialis*) je glatka, a kaudalna površina (*facies caudalis*) je spojena sa lakatnom kosti. Na telu se nalaze i dva ruba, medijalni (*margo medialis*) i lateralni (*margo lateralis*).

Na distalnom delu kosti nalazi se poprečno postavljen valjak (*trochlea radii*) koji formira zglobnu površinu koja se vezuje sa karpalnim kostima (*facies articularis carpea*).

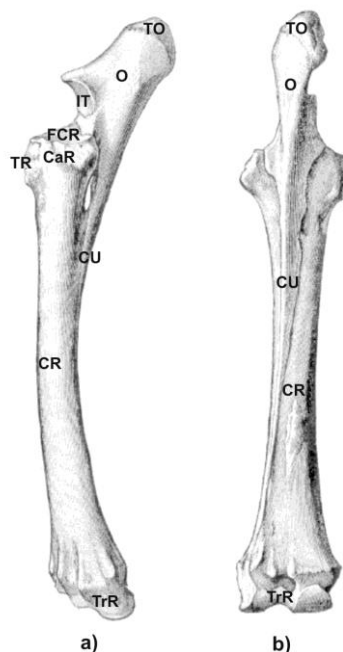
Lakatna kost (*ulna*)

Na lakatnoj kosti se razlikuju proksimalni kraj sa lakatnim nastavkom (*olecranon*), telo lakatne kosti (*corpus ulnae*) i distalni kraj, a kod svinja, sa glavom ulne (*caput ulnae*).

Lakatni nastavak i njegova kvrga (*tuber olecrani*) nadvisuju sa kaudalne strane distalni kraj ramene kosti. Na bazi lakatnog nastavka, sa kranijalne strane se nalazi useklina (*incisura trochlearis*) koja formira zglobnu vezu sa ramenom kosti. Distalni kraj ramene kosti, proksimalni kraj žbice i lakatni nastavak formiraju lakatni zglob (*articulatio cubiti*).

Telo lakatne kosti je slabije razvijeno od tela žbice. Kranijalna površina lakatne kosti naleže na kaudalnu površinu žbice. Najvećim delom ove dve kosti su srasle, ali postoje jedan ili dva prazna prostora između ovih kostiju (*spatia interossea antebrachii*).

Distalni kraj je dobro razvijen kod goveda i svinja, kod kojih se završava u ravni sa distalnim krajem žbice, dok se kod konja završava trnastim nastavkom koji je potpuno strastao sa telom žbice.



Slika 4.16. Podlaktatne kosti konja; a) lateralna strana, b) kadualna strana

O – olecranon, **TO** – tuber olecrani, **IT** – incisura trochlearis, **CaR** – caput radii, **FCR** – fovea capitis radii, **TR** – tuberositas radii, **CR** – corpus radii, **CU** – corpus ulnae, **TrR** – trochlea radii

Karpalne kosti (*ossa carpi*)

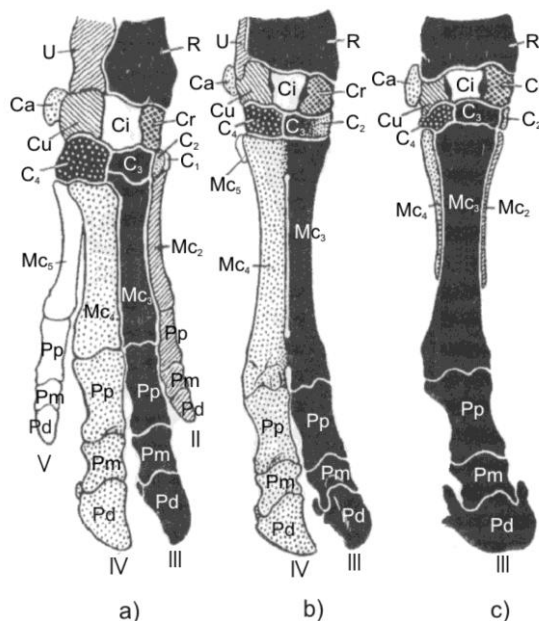
Karpalne kosti su postavljene u dva reda, proksimalni (antebrahijalni) i distalni (metakarpalni). Proksimalni red se zglobljava sa podlaktatnim kostima, dok se distalni red zglobljava sa metakarpalnim kostima. Ova dva zgloba, kao i veza između proksimalnog i distalnog reda, formiraju jedan složen zglob, zglob šake (*articulatio carpale*) (Slike 4.17 i 4.18).

U proksimalnom redu se nalaze četiri kosti i to su (od medijalnog ka lateralnom):

- *Os carpi radiale* (Cr),
- *Os carpi intermedium* (Ci),
- *Os carpi ulnare* (Cu) i
- *Os carpi accessorium* (Ca).



Slika 4.17. Distalni završetak desne prednje noge konja



Slika 4.18. Distalni kraj prednjeg ekstremiteta. a) svinja; b) goveče; c) konj; II – drugi prst; III – treći prst; IV – četvrti prst; V – peti prst

U – ulna, R – radius, Cr – os carpi radiale, Ci – os carpi intermedium, Cu – os carpi ulnare, Ca – os carpi accessorium, C₁ – os carpi primum, C₂ – os carpi secundum, C₃ – os carpi tertium, C₄ – os carpi quartum, Mc₂ – os metacarpi secundum, Mc₃ – os metacarpi tertium, Mc₄ – os metacarpi quartum, Mc₅ – os metacarpi quintum, Pp – phalanx proximalis, Pm – phalanx media, Pd – phalanx distalis.

U distalnom redu se, takođe, nalaze četiri kosti i to su (od medijalnog ka lateralnom):

- Os carpi primum (C₁),
- Os carpi secundum (C₂),
- Os carpi tertium (C₃),
- Os carpi quartum (C₄).

Kod konja svaki članak ima i posebno ime tako da se proksimalni članak (*phalanx proximalis*) naziva i kičična kost (*os compedale*). Srednji članak (*phalanx media*) naziva se i krunska kost (*os coronale*), dok se distalni članak (*phalanx distalis*) naziva i kopitna kost (*os ungulare*) (Slike 4.17 i 4.18).

Metakarpalne kosti (*ossa metacarpalia*)

Metakarpalne kosti spadaju u duge kosti. Proksimalno se zglobljavaju sa distalnim redom karpalnih kostiju, a distalno sa prvim člancima odgovarajućih prstiju. Označavaju se oznakama Mc₁ do Mc₅. Broj i razvijenost metakarpalnih kostiju se razlikuje kod pojedinih vrsta životinja. Konj i preživari imaju po tri metakarpalne kosti, a svinja ima četiri. Razvijenost i broj metakarpalnih kostiju kod domaćih životinja prikazani su na Slici 4.18.

Sezamoidne kosti (*ossa sesamoidea*)

Sezamoidne kosti se nalaze u mekim tkivima sa palmarne strane i predstavljaju sastavne delove prstiju.

Kod svih životinja, uz distalni deo razvijenih metakarpalnih kostiju, leže po dve sezamoidne koščiće (*ossa sesamoidea proximalia*), dok se između srednjih i distalnih članaka nalazi po jedna sezamoidna kost (*os sesamoideum distale*). Kod konja, koji ima samo jedan prst, distalna sezamoidna kost se naziva i žabična kost.

Kosti prstiju prednjeg ekstremiteta (*ossa digitorum manus*)

Konj ima jedan prst, goveče dva, a svinja četiri prsta. Svaki prst se sastoji iz tri članka – falange (*phalanges*). Članci prstiju se označavaju prema položaju i to: *phalanx proximalis*, *phalanx media*, *phalanx distalis* (Slika 4.18).

Zglobovi prednjeg ekstremiteta (*articulationes membri thoracici*)

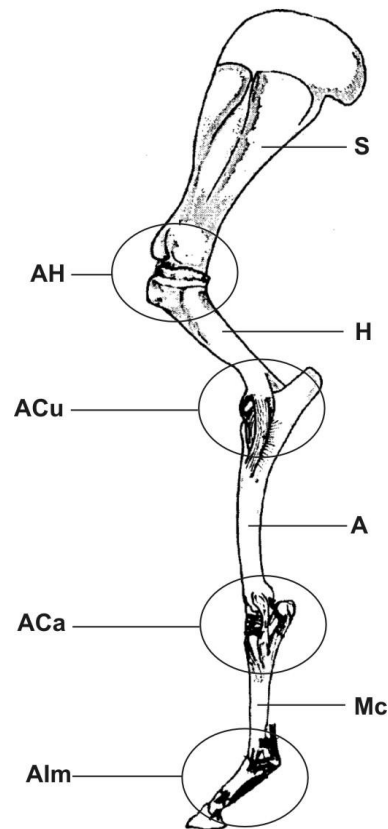
Prednji ekstremitet je za trup vezan mišićima, tetivama i fascijama (*syndesmosis*).

Rameni zglob (*articulatio humeri*) je prost zglob i predstavlja zglobnu vezu udubine lopatice (*cavitas glenoidalis*) sa glavom ramene kosti (*caput humeri*). Rameni zglob nema kolateralne ligamente, tako da mišići i tetive učvršćuju zglob. Ima dobro razvijenu i prostranu kapsulu (*capsula articularis*) i dobro povezanu sa tetivama mišića koji je okružuju. Ovaj zglob omogućava fleksiju i ekstenziju, a rotacija, abdukcija i adukcija su ograničeni, ali mogući (Slika 4.19).

Lakatni zglob (*articulatio cubiti*) je složen zglob i formiraju ga zglobna kvrga ramene kosti (*condylus humeri*), useklina lakatne kosti (*incisura trochlearis ulne*) i glava žbice (*caput radii*). Posедуje jake kolateralne ligamente koji se pružaju od lateralnog i medijalnog epikondila do kvrga na žbici i lakatnoj kosti. Ovaj zglob, također, ima dobro razvijenu kapsulu. Mogućnost kretanja u ovom zglobu je ograničena na fleksiju i ekstenziju (Slika 4.19).

Zglob šake (*articulatio carpi*) je složen zglob. U ovom zglobu vezuju se podlakatne kosti sa karpalnim i metakarpalnim kostima. Karpalni zglob se može podeliti na tri zgloba i to: podlakatno-karpalni zglob koji čine žbica i lakatna kost sa proksimalnim redom karpalnih kostiju, srednji karpalni zglobovi koji čine vezu između kostiju proksimalnog i distalnog reda i karpometakarpalni zglobovi koji se formiraju između distalnih karpalnih kostiju i metakarpalnih kostiju. Ligamenti koji učvršćuju ovaj zglob se mogu podeliti u dve grupe: a) dugi lateralni i medijalni kolateralni ligamenti i b) kratki ligamenti. Najviše pokreta omogućava proksimalni zglob, značajni pokreti su omogućeni i u središnjem zglobu, dok su pokreti u distalnom minimalni (Slika 4.19).

Veze prsta se mogu podeliti na metakarpofalangijski zglob (veza između metakarpalne kosti i proksimalnog članka prsta), proksimalni interfalangijski zglob (veza proksimalnog članka i srednjeg članka prsta) i distalni interfalangijski zglob (veza srednjeg i distalnog članka prsta).



Slika 4.19. Zglobovi prednjeg ekstremiteta konja

S – scapula, H – os humeri, A – ossa antebrachii, Mc – ossa metacarpi, AH – articulatio humeri, ACu – articulatio cubiti, ACa – articulatio carpi, Alm – articulationes interphalanges manus

Mišići prednjeg ekstremiteta (*musculi membri thoracici*)

Fascije prednjeg ekstremiteta

Kod prednjih ekstremiteta nalaze se duboke fascije koje se nastavljaju od dubokih fascija vrata i dubokih fascija trupa. Duboke fascije prednjeg ekstremiteta su:

- pazušna fascija (*fascia axillaris*) koja se nalazi sa medijalne strane plečke,
- ramena fascija (*fascia brachii*) koja se nastavlja od pazušne fascije i nalazi se na lateralnoj strani nadlaktice,
- podlaktatna fascija (*fascia antebrachii*),
- dorzalna fascija vrha ekstremiteta (*fascia dorsalis manus*),
- duboka palmarna fascija (*fascia palmaris manus*).

Mišići ramenog pojasa

Mišići ramenog pojasa počinju na vratu, leđima i grudnom delu i prihvataju se za lopaticu ili ramenu kost. Mišići ramenog pojasa učestvuju u vezivanju prednjeg ekstremiteta za trup i nazivaju se i mišići sinsarkozne veze. Mogu se podeliti na površinske i duboke.

Površinski mišići ramenog pojasa, kao i njihove osnovne karakteristike, date su u Tabeli 4.12 i na Slici 4.20.

U duboke mišiće ramenog pojasa ubrajaju se mišići prikazani u Tabeli 4.13.

Mišići ramenog zgloba

Mišići ramenog zgloba počinju na lopatici, a završavaju se na ramenoj kosti. S obzirom da rameni zglob nema ligamenata, mišići ramenog zgloba, pored fleksije i ekstenzije, imaju ulogu i u učvršćenju ovog zgloba. Prema mestu, mišići ramenog zgloba se dele na lateralne, koji su pozicionirani sa bočne strane lopatice i mišiće koji se nalaze sa medijalne strane lopatice.

Lateralni i medijalni mišići ramenog zgloba, kao i njihove osnovne karakteristike, prikazane su u Tabeli 4.14.

Mišići lakatnog zgloba

Mišići lakatnog zgloba polaze sa lopatice ili ramene kosti, a završavaju se na proksimalnim delovima žbice ili lakatne kosti. Mišići ove grupe

Tabela 4.12. Mišići ramenog pojasa, površinski

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija	Napomena
<i>M. trapezius</i> – trapezasti mišić	<i>Lig. nuchae, lig. supraspinale</i>	<i>Spina sculae</i>	Podiže, udaljava i vuče prednji ekstremitet	
<i>M. sternocephalicus</i> – grudno-glaveni mišić	<i>Manubrium sterni</i>	U zavisnosti od vrste – na luku donjovilične kosti, slepoočna kost	Vuče glavu i vrat u stranu, fiksira glavu kod gutanja	Spada i u grupu mišića vrata
<i>M. brachiocephalicus</i> – nadlaktatno-glaveni mišić	U zavisnosti od vrste – slepoočna kost, potiljačna kost i donjovilična kost	Greben ramene kosti	Spušta vrat i glavu, vuče fascije prednjeg ekstremiteta	Spada i u grupu mišića vrata
<i>M. omotraversarius</i> – rameno poprečni mišić	Krila prvog, bočni nastavak drugog vratnog pršljena	Distalni kraj grebena lopatice	Spušta vrat i vuče ga u stranu, vuče lopaticu napred	
<i>M. latissimus dorsi</i> – široki leđni mišić	Grudno-slabinska fascija	<i>Truberositas teres major</i> na ramenoj kosti	Povlači prednji ekstremitet nazad	
<i>Mm. pectorales superficiales</i> – površinski grudni mišići	Grudna kost	<i>Fascia antebrachii i crista humer</i>	Vuče prednji ekstremitet napred i pozadi, vuče trup u stranu	

Tabela 4.13. Mišići ramenog pojasa, duboki

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. pectoralis profundus</i> – duboki grudni mišić	Grudna kost	<i>Tuberculum minus humeri</i>	Vuče ekstremitet nazad, pokreće ga nazad, ekstenzija ramenog zgloba
<i>M. subclavius</i> – potključni mišić	Rebarne hrskavice	Aponeuroza <i>m. supraspinatus</i>	Fiksacija lopatice
<i>M. rhomboideus</i> – romboidni mišić	<i>Ligament nuchae</i>	Medijalna površina lopatice i lopatične hrskavice	Vuče ekstremitet napred, fiksira lopaticu, podiže vrat i glavu
<i>M. serratus ventralis</i> – ventralni nazubljeni mišić	od 1. do 7. rebra i bočnih nastavaka pršljenova	<i>Facies serrata scapulae</i>	Podupire trup, vuče lopaticu i trup napred i nazad

su odgovorni za fleksiju ili ekstenziju lakatnog zgloba, ali i daju stabilnost ekstremitetu pri oslanjanju na tlo.

Mišići lakatnog zgloba, sa osnovnim karakteristikama prikazani su u Tabeli 4.15.

Mišići karpalnog zgloba

Mišići karpalnog zgloba leže na podlaktici.

Počinju sa ramene kosti, a završavaju se na karpalnim, odnosno metakarpalnim kostima. Imaju duge vretenaste trbuhe, a po funkciji su ili ekstenzori ili fleksori. Ekstenzori su smešteni sa kranio-lateralne strane i to su *m. extensor carpi radialis* i *m. extensor carpi ulnaris*. Fleksori su smešteni sa kaudalne strane i to su *m. flexor carpi radialis* i *m. flexor carpi ulnaris*.

Tabela 4.14. Mišići ramenog zgloba

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>Lateralni</i>			
<i>M. supraspinatus</i> – nadgrebanski mišić	<i>Fossa supraspinata</i>	<i>Tuberculum majus et minus humeri</i>	Ekstenzor ramenog zgloba
<i>M. infraspinatus</i> – podgrebanski mišić	<i>Fossa infraspinata</i>	<i>Facies m. infraspinati</i>	Fleksor ramenog zgloba
<i>M. deltoideus</i> – deltoidni mišić	<i>Spina scapulae i margo caudalis scapulae</i>	<i>Tuberositas deltoidea</i>	Fleksor ramenog zgloba
<i>M. teres minor</i> – mali obli mišić	<i>Margo caudalis scapulae</i>	<i>Tuberositas teres minor</i>	Fleksor ramenog zgloba
<i>Medijalni</i>			
<i>M. teres major</i> – veliki obli mišić	<i>Margo caudalis scapulae</i>	<i>Tuberositas teres major</i>	Fleksor ramenog zgloba
<i>M. articularis humeri</i> – zglobni rameni mišić	Rub zgloba čašice	<i>Collum humeri</i>	Napinjač zglobene čaure
<i>M. subscapularis</i> – podlopatični mišić	<i>Fossa subscapularis</i>	<i>Tuberculum minus</i>	Ekstenzor ili fleksor ramenog zgloba
<i>M. coracobrachialis</i> – kljunasto-nadlaktatni mišić	<i>Processus coracoideus</i>	Medijalna površina ramene kosti	Vuče gornji deo ekstremiteta prema unutra i okreće ga prema spolja

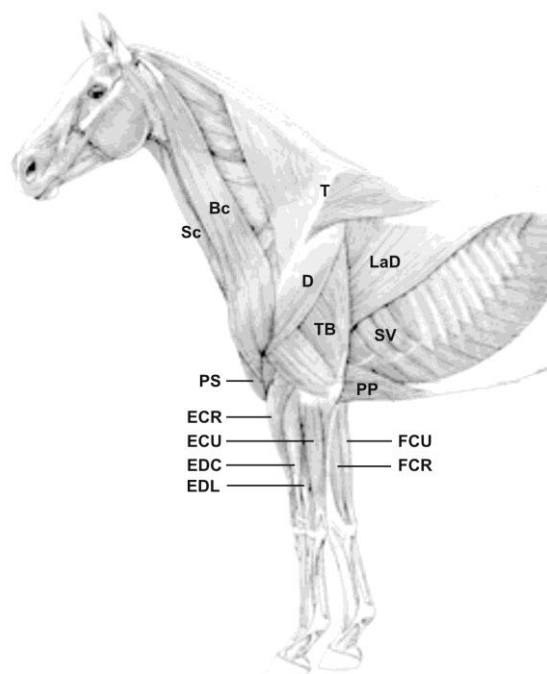
Tabela 4.15. Mišići lakatnog zgloba

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. brachialis</i> – nadlaktatni mišić	Kaudalno na vratu ramene kosti	Medijalno na žbici i lakatnoj kosti	Fleksor lakatnog zgloba
<i>M. biceps brachii</i> – dvoglavni nadlaktatni mišić	<i>Tuberculum supraglenoidale</i>	<i>Tuberositas radii</i>	Fleksor ramenog zgloba, ekstenzor ramenog zgloba
<i>M. triceps brachii</i> – troglavi nadlaktatni mišić			
– <i>Caput longum</i> (velika glava)	Kaudalni rub lopatice	Laktani nastavak	Ekstenzor lakatnog zgloba, fleksor ramenog zgloba
– <i>Caput laterale</i> (bočna glava)	Lateralno na ramenoj kosti	Lakatni nastavak	Ekstenzor lakatnog zgloba
– <i>Caput mediale</i> (središnja glava)	Medijalno na ramenoj kosti	Lakatni nastavak	Ekstenzor lakatnog zgloba
<i>M. anconeus</i> – lakatni mišić	Distalni deo ramene kosti i fossa olecrani	Lateralni deo lakatnog nastavka	Ekstenzor lakatnog zgloba
<i>M. tensor fasciae antebrachii</i> – zatezač podlaktatne fascije	Kaudalni rub lopatice	Podlaktatna fascija	Ekstenzor lakatnog zgloba, zatezač pomenute fascije

Mišići prstiju

Mišići prstiju su snažni tetivasti mišići i smešteni su u predelu podlaktice. Počinju sa distalnog dela ramene kosti ili sa podlaktatnih kostiju, tetivasto

prelaze preko karpalnog zgloba i metakarpalnih kostiju i završavaju se na različitim delovima prstiju. Funkcionalno podeljeni su na ekstenzore i fleksore. Ekstenzori se nalaze kranio-lateralno na podlaktici, dok su fleksori sa kaudalne strane.



Slika 4.20. Površinski mišići ramenog pojasa i prednjeg ekstremiteta konja

T – *m. trapezius*, **Bc** – *m. brachiocephalicus*, **Sc** – *m. sternocephalicus*, **D** – *m. deltoideus*, **LaD** – *m. latissimus dorsi*, **TB** – *m. triceps brachii*, **SV** – *m. serratus ventralis*, **PS** – *m. pectoralis superficialis*, **PP** – *m. pectoralis profundus*, **ECR** – *m. extensor carpi radialis*, **ECU** – *m. extensor carpi ulnaris*, **EDC** – *m. extensor digitorum communis*, **EDL** – *m. extensor digitorum lateralis*, **FCU** – *m. flexor carpi ulnaris*, **FCR** – *m. flexor carpi radialis*.

U ekstenzore spadaju *m. extensor digitorum communis*, *m. extensor digitorum lateralis*, *m. extensor digiti I et digiti II*, *m. abductor digiti I longus*. U fleksore spadaju *m. flexor digitorum superficialis*, *m. flexor digitorum profundus*, *mm. interflexorii*.

ZADNJI EKSTREMITET (*MEMBRUM PELVINUM*)

Kosti zadnjeg ekstremiteta (*ossa membri pelvini*)

Kosti zadnjeg ekstremiteta su: 1. kosti karličnog pojasa, 2. butna kost, 3. potkolene kosti: golenjača i lisnjača, 4. kolena čašica, 5. tarzalne kosti (kosti tarzalnog zgloba), 6. metatarzalne kosti, 7. članci prstiju i 8. sezamoidne kosti.

Kosti karličnog pojasa (*cingulum membri pelvini*)

Karlični pojas se sastoji od dve simetrične karlične kosti (*os coxae*) koje su ventralno povezane simfizom (*symphysis pelvina*), a dorzalno povezane sa krsnom kosti (*os sacrum*). Sa krsnom kosti i prvim repnim pršljenovima, karlične kosti čine koštanu osnovu karlice (*pelvis*) i okružuju karličnu duplju (*cavum pelvis*) (Slike 4.21 i 4.23).

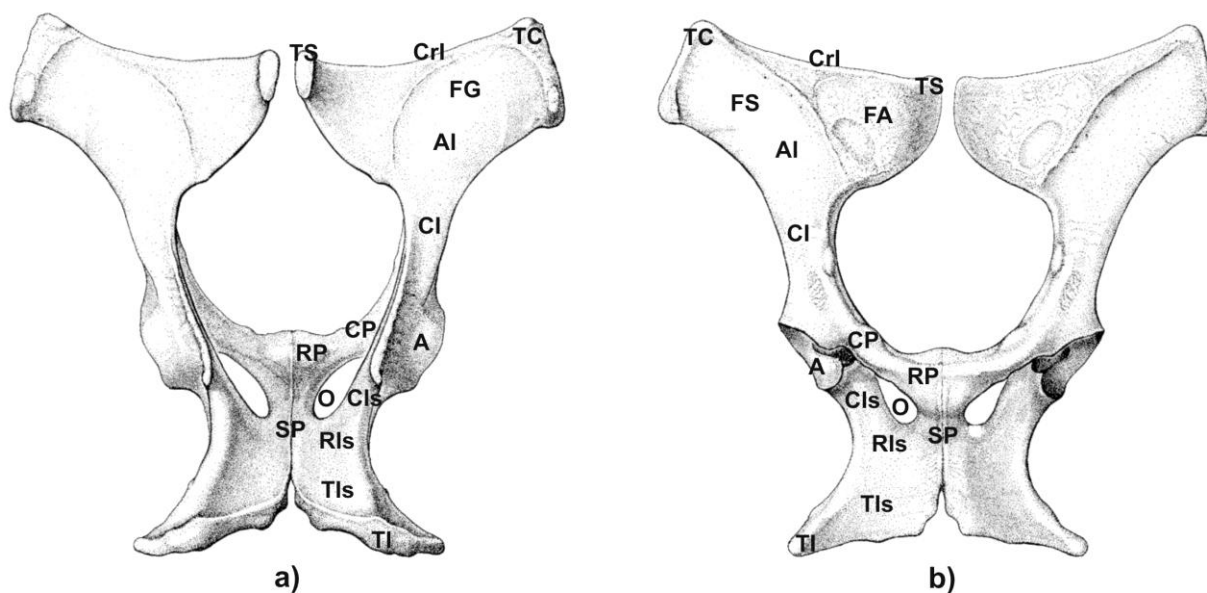
Karlični pojas ima ulogu zaštite organa u karličnoj šupljini, ali formira i porođajni put.

Ima značajnu ulogu u kretanju životinja, kao i određivanju položaja tela.

Karlična kost se sastoji od tri kosti koje su međusobno srasle u zglobnoj čašici (*acetabulum*). Kosti koje grade karličnu kost su crevna (bedrena ili *os ilium*), preponska (stidna ili *os pubis*) i sedna (*os ischii*). Preponska i sedna kost leve i desne karlične kosti formiraju već pomenutu hrskavičavu vezu (*symphysis pelvina*).

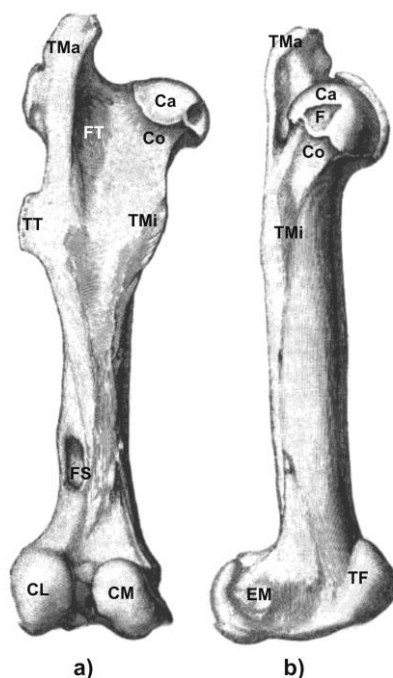
Crevna ili bedrena kost (*os ilium*)

Crevna kost gradi dorzokranijalni deo karlične kosti i pruža se koso do zglobne čašice. Na kosti se razlikuju pločasti deo koji se nalazi dorzokranijalno i predstavlja krilo crevne kosti (*ala ossis ilii*) i zaobljeno telo koje dolazi do zglobne čašice (*corpus ossis ilii*). Položaj krila crevne kosti zavisi od vrste životinje i značajno utiče na oblik karlice. Dorzalna površina krila



Slika 4.21. Karlična kost konja; a) dorzalna strana, b) ventralna strana

CI – *corpus ossis ilii*, **AI** – *ala ossis ilii*, **TS** – *tuber sacrale*, **TC** – *tuber coxae*, **CI** – *crista iliaca*, **FG** – *facies glutea*, **FS** – *facies sacropelvina*, **FA** – *facies auricularis*, **CP** – *corpus ossis pubis*, **RP** – *ramus ossis pubis*, **A** – *acetabulum*, **O** – *foramen obturatum*, **Clis** – *corpus ossis ischii*, **RIs** – *ramus ossis ischii*, **TIs** – *tabula ossis ischii*, **TI** – *tuber ischiadicum*, **SP** – *symphysis pelvina*.



Slika 4.22. Butna kost konja a) kaudalna strana, b) medijalna strana

Ca – *caput ossis femoris*, **Co** – *collum ossis femoris*, **TMa** – *trochanter major*, **TMi** – *trochanter minor*, **TT** – *trochanter tertius*, **FT** – *fossa trochanterica*, **FS** – *fossa supracondylaris*, **CL** – *condylus lateralis*, **CM** – *condylus medialis*, **EM** – *epicondylus medialis*, **TF** – *trochlea ossis*.

crevne kosti je skoro glatka i na nju naležu mišići (*facies glutea*). Ventralna površina krila crevne kosti, okrenuta prema karličnoj šupljini, formira vezu sa krsnom kosti i naziva se *facies sacropelvina*. Na krilu crevne kosti se nalazi dorzokranijalni greben (*crista iliaca*) na čijim krajevima se nalaze dve kvрге. Medijalna kvrga se naziva krsna kvrga (*tuber sacrale*), dok je lateralna kvrga bočna ili bedrena kvrga (*tuber coxae*).

Preponska ili stidna kost (*os pubis*)

Preponska kost gradi kranioventralni deo karlične kosti. Na preponskoj kosti se razlikuju telo (*corpus ossis pubis*) i grana (*ramus ossis pubis*). Grana se može podeliti na dva dela i to na poprečnu kranijalnu granu (*ramus cranialis ossis pubis*) i sagitalnu kaudalnu granu (*ramus caudalis ossis pubis*). Telo preponske kosti dolazi do zglobne čašice (*acetabulum*), kranijalna grana delimično formira veliki otvor (*foramen obturatum*), a kaudalna grana učestvuje u formiranju karlične simfize.

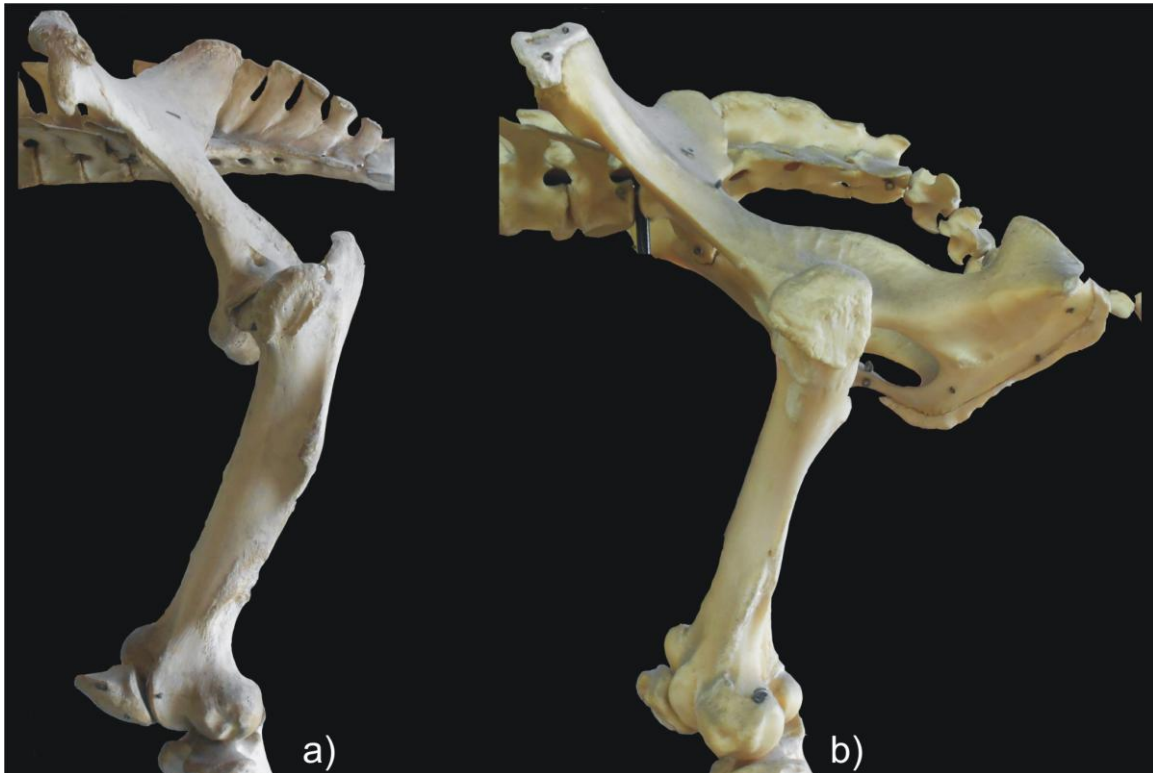
Sedna kost (*os ischii*)

Sedna kost gradi kaudoventralni deo karlične kosti. Sa istoimenom kosti druge strane karlične kosti formira karličnu simfizu. Na sednoj kosti se razlikuju telo (*corpus ossis ischii*), pločasti deo (*tabula ossis ischii*) i grana (*ramus ossis ischii*). Telo sedne kosti čini deo acetabulum, a dorzalni rub se spaja sa dorzalnim rubom tela crevne kosti. Na kaudolateralnom delu pločastog dela sedne kosti nalazi se sedna kvrga (*tuber ischiadicum*). Sva tri dela sedne kosti učestvuju u formiranju velikog otvora (*foramen obturatum*).

Butna kost (*Os femoris*)

Butna kost spada u grupu dugih kostiju i to je najjača i najduža kost. Na njoj se razlikuju proksimalni kraj (*extremitas proximalis*), središnji deo ili telo (*corpus ossis femoris*) i distalni kraj (*extremitas distalis*).

Na proksimalnom kraju butne kosti nalazi se glava (*caput ossis femoris*) koja je okrenuta medijalno. Glava predstavlja polukuglastu zglobnu površinu koja formira vezu sa zglobnom čašicom karlične kosti, odnosno acetabulumom. Na glavi se nalazi i udubina (*fovea capitis*) iz



Slika 4.23. Karlična i butna kost a) konj, b) goveče

koje polazi intrakapsularni ligament. Od tela butne kosti, glavu odvaja dobro izražen vrat (*collum ossis femoris*). Lateralno od glave izdiže se velika kvrga (*trochanter major*). Ova kvrga i vrat butne kosti formiraju jamu (*fossa trochanterica*) za koju se prihvataju mišići. Sa medijalne strane se nalazi manja kvrga (*trochanter minor*), dok kod konja postoji i treća kvrga (*trochanter tertius*) koja se nalazi sa lateralne strane na prelazu proksimalnog kraja i tela. Telo butne kosti je valjkastog oblika. Na kaudolateralnoj strani se nalazi udubina (*fossa supracondylaris*) iz koje počinju pojedini mišići prstiju. Na distalnom kraju, sa kranijalne strane nalazi se valjak (*trochlea ossis femoris*) i za njega se veže čašična kost (*patella*). Sa kaudalne strane se nalaze dve zglobne kvрге (*condylus medialis* i *condylus lateralis*) koje se vezuju za potkolene kosti. Između kvrga nalazi se udubina (*fossa intercondylaris*). Površine obe zglobne kvрге su hrapave i nazivaju se *epicondylus lateralis* i *epicondylus medialis*, a za njih se vezuju ligamenti kolenaog zgloba.

Čašična kost (*patella*)

Čašična kost je najveća sezamoidna kost koja klizi po zglobnom valjku butne kosti (*trochlea*

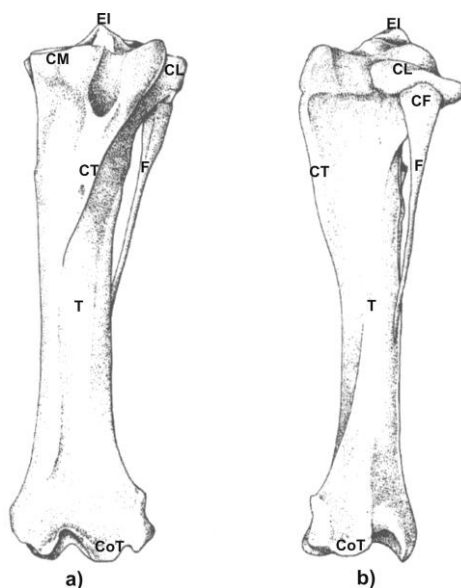
ossis femoris). Na čašičnoj kosti se razlikuju kaudalna strana (*facies articularis*), kranijalna slobodna površina (*facies cranialis*), proksimalni širi deo (*basis patellae*) i distalni vrh (*apex patellae*) (Slika 4.23).

Potkolene kosti (*ossa cruris*)

U potkolene kosti spadaju golenjača (*tibia*) i lisnjača (*fibula*). Golenjača je medijalno postavljena i jača je od lisnjače. Lisnjača naleže lateralno na golenjaču i proksimalno ne formira zglobnu vezu sa butnom kosti. Kod govečeta je lisnjača potpuno redukovana, a kod konja je proksimalni deo lisnjače odvojen od golenjače, dok je distalni deo lisnjače srastao sa njom (Slike 4.24 i 4.26). Lisnjača je najbolje razvijena kod svinja kod kojih dopire do distalnog dela golenjače.

Golenjača (*tibia*)

Golenjača je duga, cevasta kost na kojoj se razlikuju proksimalni kraj (*extremitas proximalis*), telo (*corpus tibiae*) i distalni kraj (*extremitas distalis*).



Slika 4.24. Potkolene kosti konja a) kranijalna strana, b) lateralna strana;

T – tibia, **F** – fibula, **CM** – condylus medialis, **CL** – condylus lateralis, **EI** – eminentia intercondylaris, **CT** – crista tibiae, **CoT** – cochlea tibiae, **CF** – corpus fibulae

Proksimalni kraj golenjače je proširen i na njemu dominiraju dve zglobne kvрге (*condylus lateralis* i *condylus medialis*) koje sa istoimenim kvrgama butne kosti učestvuju u formiranju kolennog zgloba. Između zglobovnih površina koje se nalaze na ovim kvrgama izdiže se uzvišenje (*eminencia intercondylaris*). Na kranijalnoj strani tela, počevši od proksimalnog kraja, pruža se greben (*crista tibiae*), koji u isto vreme predstavlja i kranijalni rub (*margo cranialis*). Na distalnom kraju golenjače nalazi se izdeljena zglobna površina (*cochlea tibiae*) na kojoj se mogu razlikovati dva polukružna žleba. Izdeljena zglobna površina golenjače se veže sa kostima skočnog zgloba.

Lisnjača (*fibula*)

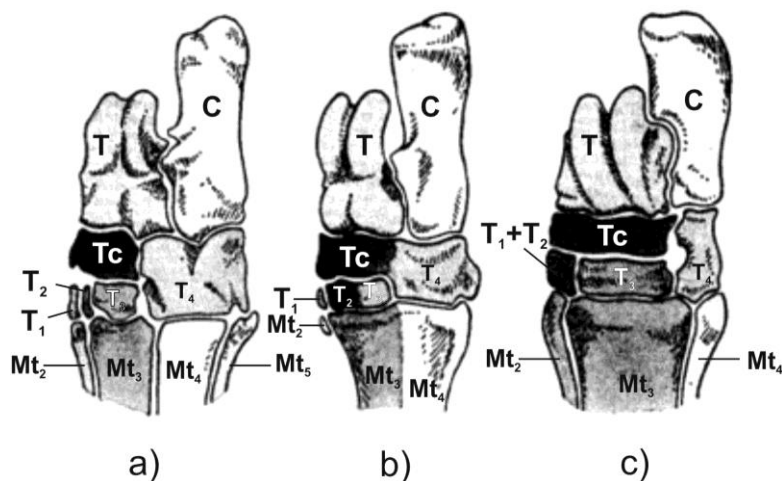
Lisnjača se može podeliti na sledeće delove: proksimalni deo na kome se nalazi glava (*caput fibulae*), vrat (*collum fibulae*), telo (*corpus fibulae*) i distalni deo koji okoštava sa golenjačom (*malleolus lateralis*).

Tarzalne kosti (*ossa tarsi*)

Tarzalne kosti, odnosno kosti tarzalnog (skočnog) zgloba, spadaju u grupu kratkih kostiju. Raspoređene su u tri reda. Ove kosti su međusobno povezane, a zajedno sa potkolennim kostima i metatarzalnim kostima grade, složeni,

skočni zglob. Broj ovih kostiju je različit kod različitih vrsta domaćih životinja.

U proksimalnom redu, medijalno, se nalazi skočna kost ili *talus* (*os tarsi tibiale*), a lateralno petna kost ili *calcaneus* (*os tarsi fibulare*). U srednjem redu se nalazi središnja tarzalna kost (*os tarsi centrale*). U distalnom redu se nalaze četiri kosti i to prva (*os tarsi primum*, T₁), druga (*os tarsi secundum*, T₂), treća (*os tarsi tertium*, T₃) i četvrta (*os tarsi quartum*, T₄). Raspored kostiju skočnog zgloba kod različitih vrsta životinja prikazan je na Slici 4.25.



Slika 4.25. Kostni levog tarzalnog zgloba a) svinja; b) goveče; c) konj;

T – os tarsti tibiale (*talus*), **C** – os tarsi fibulare (*calcaneus*), **Tc** – os tarsi centrale, **T₁** – os tarsi primum, **T₂** – os tarsi secundum, **T₃** – os tarsi tertium, **T₄** – os tarsi quartum, **Mt₂** – os metatarsi secundum, **Mt₃** – os metatarsi tertium, **Mt₄** – os metatarsi quartum, **Mt₅** – os metatarsi quintum.

Metatarzalne kosti (*ossa metatarsalia*)

Metatarzalne kosti spadaju u duge kosti. Proksimalno se zglobljavaju sa distalnim redom tarzalnih kostiju, a distalno sa prvim člancima odgovarajućih prstiju. Označavaju se oznakama Mt₁ do Mt₅. Broj i razvijenost metatarzalnih kostiju se razlikuje kod pojedinih vrsta životinja. Konj i preživari imaju po tri metatarzalne kosti, a svinja ima četiri. Razvijenost i broj metatarzalnih kostiju kod domaćih životinja prikazani su na Slici 4.25.

Kosti prstiju zadnjeg ekstremiteta (*ossa digitorum pedis*) i sezamoidne kosti (*ossa sesamoidea*)

Broj prstiju, kao i raspored članaka na pojedinim prstima zadnjeg ekstremiteta je jednak broju i rasporedu na prednjim ekstremitetima. Razlika je u dužini prvog i drugog članka koji su kod zadnjeg ekstremiteta duži u odnosu na prednji.

Broj sezamoidnih kostiju i njihov oblik na prstima zadnjeg ekstremiteta su identični prednjem ekstremitetu.



Slika 4.26. Distalni završetak leve zadnje noge govečeta

Zglobovi zadnjeg ekstremiteta (*articulationes membri pelvini*)

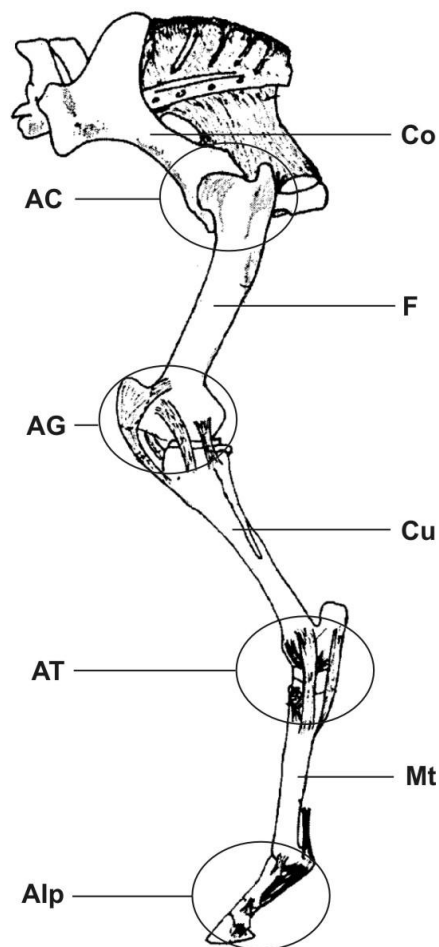
Zadnji ekstremitet je za trup vezan preko karličnog pojasa. Karlični pojas se sastoji iz dve karlične kosti (*os coxae*) koje su medijalno i ventralno spojene pomoću vezivne hrskavice i grade simfizu (*symphysis pelvina*). Veza karličnih kostiju sa trupom se ostvaruje sakroilijačnom vezom, odnosno vezom krsne kosti i crevne kosti (Slika 4.27).

Zglob kuka (*articulatio coxae*) je veza glave butne kosti i acetabuluma karlične kosti. Unutar ovog zgloba nalazi se ligament (*lig. capitis ossis femoris*), dok dodatnu vezu čini i prostrana zglobna čaura. Ovaj zglob omogućava fleksiju i ekstenziju, ali u manjoj meri i rotaciju, adukciju i abdukciju.

Koleni zglob (*articulatio genus*) je složen zglob koji se sastoji od femorotibijalnog zgloba (veza butne kosti i golenjače) i femoropatelnog zgloba (veza butne i čašične kosti). Femorotibijalni zglob se formira između zglobnih kvrga butne kosti i zglobnih ploča golenjače. Zbog nepodudarnosti ovih zglobnih površina u ovom zglobu su umetnute fibrozne hrskavičave ploče (*meniscus medialis et meniscus lateralis*). Ovaj zglob karakteriše i prostrana zglobna čaura, a ligamenti koji stabilizuju ovaj zglob se dele na ligamente meniskusa i femorotibijalne ligamente. Pokreti ovog zgloba su ograničeni na fleksiju i ekstenziju, a u manjoj meri i na rotaciju. Femoropatelni zglob je klizni zglob koji čine zglobna površina čašične kosti i valjak butne kosti. Ligamenti ovog zgloba se dele na ligamente koji učvršćuju patelu za butnu kost i ligamente koji čašičnu kost vezuju za golenjaču.

Tarzalni zglob (*articulatio tarsi*) je složen zglob, koji se sastoji od četiri zgloba, formiranih između golenjače i lisnjače, tarzalnih i metatarzalnih kostiju. Zglobna čaura se pruža od distalnog dela potkolenih kostiju do proksimalnog dela metatarzalnih kostiju i pokriva čitav tarzalni zglob. Ligamenti ovog zgloba su kolateralni ligamenti, kao i distalni i proksimalni tarzalni ligamenti. Kod preživara i svinja, ovaj zglob omogućava fleksiju i ekstenziju, dok je kod konja ovo slabo pokretan zglob.

Veze prstiju i metatarzalnih kostiju, kao i pojedinih članaka prstiju zadnjeg ekstremiteta, se ne razlikuju u odnosu na prednji ekstremitet.



Slika 4.27. Zglobovi zadnjeg ekstremiteta konja.

Co – ossa coxae, F – os femoris, Cu – ossa cruris, Mt – ossa metatarsi, AC – articulatio coxae, AG – articulatio genus, AT – articulatio tarsi, Alp – articulationes interphalanges

Tabela 4.16. Mišići karličnog pojasa

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. psoas minor</i> – mali slabinski mišić	Poslednja tri grudna pršljena i od 1. do 4. slabinskog pršljena	telo crevne kosti	Učvršćuje i pokreće slabinski deo kičmenog stuba
<i>M. iliopsoas</i> – bočno-slabinski mišić			
– <i>M. psoas major</i> (veliki slabinski mišić)	Poslednji grudni i svi slabinski pršljenovi	<i>Trochanter minor</i>	Fleksor zgloba kuka, vuče zadnji ekstremitet napred
– <i>M. iliacus</i> (bočni mišić)	Ilijačna fascija, krilo crevne kosti	<i>Trochanter minor</i>	Fleksor zgloba kuka, vuče zadnji ekstremitet napred
<i>M. quadratus lumborum</i> – četvorodelni slabinski mišić	Ventralna strana bočnih slabinskih pršljenova	Krilo crevne kosti i krilo krsne kosti	Učvršćuje slabinski deo kičmenog stuba

Mišići zadnjeg ekstremiteta (*musculi membri pelvini*)

Mišići zadnjeg ekstremiteta mogu se podeliti na mišiće koji povezuju zadnji ekstremitet za trup (mišići karličnog pojasa) i mišiće koji se nalaze na samom ekstremitetu.

Fascije zadnjeg ekstremiteta

Na zadnjem ekstremitetu se razlikuju fascija koja pokriva zidove karlične duplje i mišiće karličnog pojasa i fascije samog ekstremiteta. Fascija koja pokriva zidove karlične duplje i mišiće karličnog pojasa se nastavlja na poprečnu fasciju trupa (*fascia transversalis*) i prelazi na karlični deo i tada se naziva *fascia iliaca*. Od ilijačne fascije (*fascia iliaca*) kaudalno se nastavlja ingvinalni ligament i fascija karlične dijafragme (*fascia diaphragmatis pelvis*). Mišići sapi zadnjeg ekstremiteta su pokriveni širokom fascijom (*fascia glutea*) koja se spušta i sa medijalne strane prelazi u butnu fasciju (*fascia femoralis*), a sa lateralne strane u široku fasciju (*fascia lata*). Distalno se ove fascije nastavljaju ka kolenoj fasciji (*fascia cruris*).

Mišići karličnog pojasa

Mišići karličnog pojasa leže na ventralnoj površini slabinskog dela kičmenog stuba i završavaju se na karličnoj i butnoj kosti. Zbog slabe pokretljivosti sakroilijačne veze, mišići ove grupe su relativno slabi, a funkcija im je u fiksaciji kičmenog stuba i karlice, kao i pokreti

prilikom savijanja kičmenog stuba. U Tabeli 4.16 su prikazani ovi mišići i njihove osnovne karakteristike.

Mišići zgloba kuka

Osnovna uloga ovih mišića je ekstenzija zgloba kuka, ali neki od njih imaju funkciju i kao ekstenzori kolenog i tarzalnog zgloba. Mišići koji pripadaju ovoj grupi, prema položaju, mogu se podeliti na spoljašnje mišiće zgloba kuka i sapi, duboke mišiće zgloba kuka, mišiće zadnjeg dela i medijalne strane butne regije.

– **Spoljašnji mišići zgloba kuka i sapi** leže na lateralnoj i kaudalnoj strani karličnog zida. Prostiru se između krsne, crevne i butne kosti. Osnovne karakteristike ove grupe mišića prikazane su u Tabeli 4.17 i na Slici 4.28.

– **Duboki mišići zgloba kuka** su heterogena grupa mišića koji počinju na karlici:

- oko otvora na karlici (*foramen obturatum*) – na unutrašnjoj strani – *m. obturatorius internus*, na spoljašnjoj strani *m. obturatorius externus*,
- na sednoj kosti – *m. gemelli* i *m. quadratus femoris*.

Svi pobrojani mišići se završavaju na butnoj kosti u *fossa trochanterica*. Imaju veoma malu ulogu u pokretanju zadnjeg ekstremiteta.

– **Mišići zadnjeg dela butne regije** se pružaju od sedne kosti do golenjače, a njihovi tetivasti delovi završavaju u zajedničkoj petnoj tetivi. Kontrakcijom ovih mišića pokreću se zglob kuka, koleni i tarzalni zglob. U Tabeli 4.18.

Tabela 4.17. Spoljašnji mišići zgloba kuka i sapi

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. gluteus superficialis</i> – površinski mišić sapi	Fascija sapi i krsna kost	<i>Trochanter tertius</i>	Ekstenzor i fleksor zgloba kuka
<i>M. gluteofemoris</i> – sapno-butni mišić	2–4. repni pršljen	Široka fascija, čašična kost	Vuče ekstremitet prema spolja i pozadi
<i>M. gluteus medius</i> – srednji mišić sapi	Krilo crevne kosti, krsna kost i prvi slabinski pršljen	<i>Trochanter major</i>	Ekstenzor zgloba kuka, vuče ekstremitet prema spolja i nazad
<i>M. piriformis</i> – kruškoliki mišić	Poslednji krsni pršljen	<i>Trochanter major</i>	Ekstenzor zgloba kuka, vuče ekstremitet prema spolja i nazad
<i>M. gluteus profundus</i> – duboki mišić sapi	Greben crevne kosti	<i>Trochanter major</i>	Vuče ekstremitet prema spolja i nazad
<i>M. tensor fasciae late</i> – zatezač široke fascije	<i>Tuber coxae</i>	Široka fascija	Vuče ekstremitet napred i zateže široku fasciju

prikazani su mišići ove grupe i njihove osnovne karakteristike, a šematski su prikazani na Slici 4.28.

– **Mišići medijalne strane butne regije** su prvenstveno odgovorni za privlačenje ekstremiteta. Smešteni su sa medijalne strane butne regije, između karlice i butne kosti. Mišići ove grupe su pobrojani u Tabeli 4.19.

Mišići kolenog zgloba

Do sada je pobrojan veći broj mišića koji deluju na pokrete kolenog zgloba. Međutim, samo dva mišića imaju primarnu ulogu u pokretanju ovog zgloba. To su *m. quadriceps femoris* i *m. popliteus*. Njihove karakteristike prikazane su u Tabeli 4.20.

Mišići potkolenice

Mišići potkolenice imaju funkciju ekstenzora i fleksora skočnog zgloba, ali i ekstenzora i fleksora zglobova prstiju. Raspoređeni su kranio-lateralno i kaudalno. Mišići kranijalno-lateralne strane su fleksori tarzalnog zgloba, a ekstenzori zglobova prstiju, dok su mišići kaudalne strane ekstenzori tarzalnog zgloba, a fleksori zglobova prstiju (Slika 4.28).

Tabela 4.18. Mišići zadnjeg dela butne regije

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. biceps femoris</i> - dvoglavi butni mišić	Krsna kost i karlica	Čašična kost, kolena fascija, zajednička petna tetiva	Ekstenzor zgloba kuka, fleksor kolenog zgloba, ekstenzor tarzalnog zgloba
<i>M. abductor cruris caudalis</i> - zadnji odmicač potkolenice	<i>Lig. sacrotuberale</i>	Kolena fascija	Odmicanje ekstremiteta
<i>M. semitendinosus</i> - polutetivasti mišić	Krsna kost i karlica	Kranijalni rub golenjače, zajednička petna tetiva	Fleksija kolenog zgloba, ekstenzor zgloba kuka
<i>M. semimembranosus</i> - poluopnasti mišić	Repni pršljenovi i karlica	Medijalne zglobne kvрге butne kosti i golenjača	Ekstenzor kolenog zgloba, povlačenje ekstremiteta napred

Tabela 4.19. Mišiči medijalne strane butne regije

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. sartorius</i> – dugi butni mišić	Karlična kvrga, telo crevne kosti	Kolena fascija	Privlačenje ekstremiteta
<i>M. gracilis</i> – tanki mišić	Karlična simfiza	Kolena fascija	Privlačenje ekstremiteta
<i>M. pectineus</i> – grebenasti mišić	Preponska kost	Telo butne kosti	Privlačenje ekstremiteta
<i>Mm. adductores</i> – mišiči primicači	Ventralna površina karlice	Medijalna strana butne kosti	Privlačenje ekstremiteta

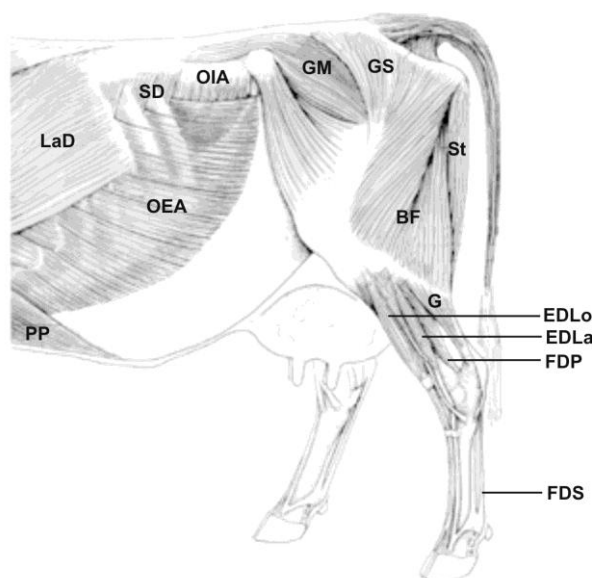
Kraniolateralno na potkolenici se nalaze sledeći mišiči:

- fleksori tarzalnog zgloba
 - *m. tibialis cranialis* (prednji potkoleni mišić),
 - *m. fibularis longus* (dugi mišić lisnjače),
 - *m. fibularis brevis* (kratki mišić lisnjače),
 - *m. fibularis tertius* (treći mišić lisnjače).
- ekstenzori zglobova prstiju
 - *m. extensor digitorum longus* (drugi ekstenzor prstiju),

- *m. extensor digitorum lateralis* (lateralni ekstenzor prstiju),
- *m. extensor hallucis longus* (dugi ekstenzor prvog prsta).

Kaudalno na potkolenici se nalaze sledeći mišiči:

- ekstenzori tarzalnog zgloba
 - *m. gastrocnemius* (trbušasto golenjačni mišić),
 - *m. soleus* (mišić lista).
- ekstenzori zgloba prstiju
 - *m. flexor digitorum superficialis* (površinski fleksor prstiju),
 - *m. flexor digitorum profundus* (dubinski fleksor prstiju).



Slika 4.28. Površinski mišiči trbušnog zida i zadnjih ekstremiteta govečeta

LaD – *m. latissimus dorsi*, **PP** – *m. pectoralis profundus*, **SD** – *m. serratus dorsalis*, **OIA** – *m. obliquus internus abdominis*, **OEA** – *m. obliquus externus abdominis*, **GM** – *m. gluteus medius*, **GS** – *m. gluteus superficialis*, **BF** – *m. biceps femoris*, **St** – *m. semitendinosus*, **G** – *m. gastrocnemius*, **EDLo** – *m. extensor digitorum longus*, **EDLa** – *m. extensor digitorum lateralis*, **FDP** – *m. flexor digitorum profundus*, **FDS** – *m. flexor digitorum superficialis*.

Tabela 4.20. Mišiči kolenog zgloba

Naziv mišića	Početak	Završetak	Funkcija
<i>M. quadriceps femoris</i> – četvoroglavi butni mišić			
– <i>m. vastus lateralis</i> (lateralni debeli mišić)	Lateralna površina butne kosti	Čašična kost, proksimalni deo golenjače	Ekstenzor kolenog zgloba
– <i>m. vastus medialis</i> (medijalni debeli mišić)	Medijalna površina butne kosti	Čašična kost, proksimalni deo golenjače	Ekstenzor kolenog zgloba
– <i>m. vastus intermedius</i> (srednji debeli mišić)	Kranijalna površina butne kosti	Čašična kost, proksimalni deo golenjače	Ekstenzor kolenog zgloba
– <i>m. rectus femoris</i> (pravi butni mišić)	Telo crevne kosti	Čašična kost, proksimalni deo golenjače	Ekstenzor kolenog zgloba i fleksor zgloba kuka
<i>M. popliteus</i> – potkoljeni mišić	Lateralna površina kvrga butne kosti	Medijalni rub golenjače	Fleksor kolenog zgloba

LOKOMOTORNI SISTEM ŽIVINE

U ovom poglavlju su date razlike u lokomotornom sistemu ptica u odnosu na sisare.

KOŠTANI SISTEM

OSSA CAPITIS – kosti glave

- Dve velike očne duplje razdvojene pregradom – *septum interorbitale* dele kosti lobanje od kostiju lica.
- Veći broj zglobova; sekutične, gornjovilične i nosne kosti su pokretne u odnosu na kosti lobanje.
- *Os quadratum* – kost viličnog zgloba, omogućava ekstremno otvaranje kljuna, a zglobljava se sa donjoviličnom, slepoočnom, krilastom i jagodičnom kosti.
- Oralni deo donjovilične kosti (*os dentale*) čini koštanu osnovu donjeg kljuna, a sekutična kost gornjeg dela kljuna.
- Nemaju zube (patka i guska imaju duž lateralnih rubova kljuna poprečno kratke gredice).
- U nosnoj duplji postoje četiri nosne školjke (*concha nasalis rostralis, media, caudalis et septalis*).
- Jezična kost ima velike drške (*ceratobrachiale*), telo (*basihyale*) i nastavke i to: oralno – *paraglossum*, aboralno – *urohyale*.
- Međutemena kost (*os interparietale*), nedostaje.
- Potiljačna kost (*os occipitale*), ima samo jedan *condylus occipitalis* koji omogućuje veću pokretljivost glave u svim pravcima.

OSSA TRUNCI – kosti trupa

Kosti trupa čine:

Kosti kičmenog stuba – *collumna vertebralis*,

Rebra – *costae*.

- Formula kičmenog stuba kokoške: C14; Th7; L-S14; Ca6;
- Atlas ima oblik prstena;
- Vratni pršljenovi imaju dorzalno i ventralno trnaste i poprečne nastavke usmerene kaudalno;
- Leđni pršljenovi od 2-6. su manje-više srasli i obrazuju kost koja se naziva *notarium*. Trnasti nastavci su srasli i obrazuju dorzalni (*crista spinosa notarii*) i ventralni greben (*crista ventralis notarii*).

- Slabinski i krsni pršljenovi su srasli u jednu kost – *synsacrum*, koja se sa lateralnih strana spaja sa karličnim kostima.
- Repni pršljenovi su pokretni, a poslednji repni pršljen ima oblik piramide i naziva se *pygostylus*.
- Broj **rebara** kod kokošaka i čuraka je 7, a plovaka i gusaka po 9 pari.
- Prva dva rebra se ne vežu sa grudnom kosti i to su *costae vertebralis*, a ostala su povezana sa grudnom kosti i nazivaju se *costae sternales*.
- Prva dva rebra imaju samo proksimalni deo, a i proksimalni i distalni delovi su koštani.
- Na kaudalnom rubu proksimalnog dela rebra, sem prvog i poslednjeg, nalazi se kukasti, kaudalni, nastavak – *processus uncinatus*.

OSSA CINGULI MEMBRI THORACICI –

Kosti prednjih ekstremiteta

- **Grudna kost** (*sternum*) je izuzetno masivna i ističe se u odnosu na ostali deo skeleta. Čini dno grudne i većim delom trbušne duplje. Za nju se prihvataju grudni mišići, koji pticima omogućavaju letenje. Dorzalna površina (*facies visceralis sterni*) je konkavna, a ventralno ima greben – *carina sterni*. Visina grebena je veća kod letačica nego kod plovuša. Kranijalno ima zglobne površine za korakoidne kosti (*sulcus articularis coracoideus sinister et dexter*), lateralno za usekline za rebra (*incisurae costales*). Kod živine kaudalno se pružaju nastavci *trabecula mediana*, a lateralno od nje po dve *trabeculae intermedi* i *trabeculae laterales*.
- **Lopatica** (*scapula*) – uska, tanka, sabljastog oblika. Učestvuje u formiranju lopatično-ramenog pojasa (*articulatio omalis* – *art. coraco-scapulo-humeralis*) i pruža se kaudalno do *os ilium*.
- **Ključna kost** (*clavicula*) – vitka, štapičasta kost. Obe kosti su međusobno srasle ventralnim krajevima i formiraju jadac (*furcula*).
- **Gavranova (korakoidna) kost** (*coracoideum*) – najjača kost ramenog pojasa ptica, proksimalno se zglobljava sa lopaticom, ključnjačom i ramenom kosti, a distalno sa grudnom kosti.
- **Ramena kost** (*humerus*) – proksimalnim delom se zglobljava sa gavranovom kosti i lopaticom. Ovim zglobovom počinje kostur krila (*ossa alae*). Na proksimalnom kraju u

blizini *tuberculum ventrale* nalazi se *foramen pneumaticum* kroz koji ulazi vazдушna cev koja pneumatizuje ovu kost.

- **Podlaktatne kosti** (*ossa antebrachii*), odnosno lakatna kost (*ulna*) i žbica (*radius*), proksimalno se vežu za ramenu kost, a distalno sa *ossa carpi*. *Ossa antebrachii* se međusobno zglobljavaju i na proksimalnom i na distalnom kraju.
- **Karpalne kosti** (*ossa carpi*) – od kostiju proksimalnog reda razvijene su manja *os carpi radiale* i nešto veća *os carpi ulnare*. Kostii distalnog reda srasle su sa proksimalnim delovima metakarpalnih kostiju i grade *carpometacarpus*.
- **Metakarpalne kosti** (*ossa metacarpi*) – razvijene su *MC primum, secundum, tertium, quartum*. *MC primum et secundum* su male i srasle na proksimalnom delu, a *MC tertium et quartum* su međusobno srasle na proksimalnim i distalnim krajevima.
- **Članci prstiju** (*ossa digitorum alare*) – postoje tri rudimentirana prsta, prvi i drugi sa dva, a treći sa jednim člankom.

OSSA CINGULI MEMBRI PELVICI – Kosti zadnjih ekstremiteta

- **Karlične kosti** (*os coxae*) – parne kosti koje međusobno nisu srasle i ne postoji symphysis pelvis; svaka polovina karlične kosti sastoji se iz *os ilium, os ischium* i *os pubis*. Karlica (*pelvis*) nastaje srašćivanjem *ossa coxae* sa *synsacrum*. *Os ilium* je najveća kost, sa dorzalne strane srasla sa *synsacrum*, a sa ventralne strane nalazi se površina na koju naležu bubrezi (*facies renalis ilii*). *Os ischium* je manja od *os ilium* sa kojom je potpuno srasla i sa kojom gradi *foramen ilioischadicum*. *Os pubis* je sabljastog oblika, duga i tanka. Najvećim delom je srasla sa *os ischium* i sa njom formira *foramen obturatum* i kaudalno *fenestra ischiopubica*.
- **Butna ili karabatačna** (*femur*) cevasta, okrugla kost koja se sa proksimalne strane zglobljava sa *foramen acetabuli*, a distalno sa *ossa cruris*. Sa distalne strane se nalazi i *patella* koja je veoma sitna.
- **Potkolene kosti** (*ossa cruris*) – su batačna kost (*tibiotarsus*) i lisnjača (*fibula*). *Tibiotarsus* je najduža cevasta kost i nastala je srastanjem *tibiae* i *ossa tarsi*. *Fibula* je zakržljala i prirasla je uz proksimalni deo *tibiotarsus* i pruža se do polovine ove kosti.

- **Pisak** (*tarsometatarsus*) grade distalni red *ossa tarsi* koje su srasle sa proksimalnim delovima *ossa metatarsi*. *Ossa metatarsi secundum, tertium et quartum* su srasle i na distalnom delu formiraju tri zglobova valjka (*trochlea metatarsi*) i čine osnovu proksimalnih članaka prstiju. Na distalnom delu nalazi se i četvrti valjak koji čini osnovu prvog prsta.
- **Kosti prstiju** (*ossa digitorum pedis*) – prsti se sastoje iz članaka (*phalanges*). Prvi prst ima dva članka, drugi prst tri članka, treći prst četiri članka, a četvrti prst ima pet članaka.

MIŠIĆI

- Mišići ptica se razlikuju od mišića sisara po rasporedu i ulozi koju u organizmu imaju.
- **Kožni mišići** su bolje razvijeni kod živine u odnosu na druge vrste domaćih životinja. Služe za pokretanje kože i perja, a izgrađeni su uglavnom od poprečno-prugastih mišićnih ćelija (*musculi pteryllarum*), ali i od glatkomišićnih ćelija (*musculi nonstriati dermatis*) i tada imaju ulogu u pokretanju pera.
- **Mišići glave** (*musculi capitis*) – kod ptica nedostaju: mišići usana, obraza, nozdrva, ušne školjke. Na glavi dominiraju *m. adductor mandibulae externus* (odnosno *m. masseter* kod sisara) i *m. pseudotemporalis superficialis* (koji odgovara *m. temporalis*-u kod sisara). U poređenju sa sisarima ovi mišići su znatno slabije razvijeni. Pored pomenutih mišića žvakača, mišići zaduženi za uzimanje hrane su i *musculi apparatus hyobranchialis*, odnosno *mm. hyolingualis*. Mišići koji stežu, odnosno šire grkljanski procep (*rima laryngis*) se svrstavaju u grupu *musculi laryngis*.
- **Mišići vrata** (*musculi vertebrales*) su podeljeni u podgrupe: *musculi craniocervicales* i *musculi cervicales* koji mogu biti *dorsales, laterales et ventrales*.
- **Mišići trupa** (*musculi trunci*) – u ovu grupu se ubrajaju mišići grudnog i trbušnog zida. Dijafragma je kod ptica zakržljala i ne predstavlja granicu između grudne i trbušne duplje. Kod ptica nedostaju i *m. psoas minor* i *m. psoas major*.
- **Mišići repa i kloaka** (*musculi caudae et cloacae*) su dobro razvijeni kod ptica, a

dominiraju *m. levator caudae* i *m. depressor caudae*.

- **Mišići krila** (*musculi alae*) – u ovu grupu se ubrajaju mišići koji vezuju krilo za trup i mišići samih krila. Najdominantniji mišić koji vezuje krilo za trup je grudni mišić – *m. pectoralis*. Ovaj mišić ima tri dela i to *pars thoracalis*, *pars abdominalis* et *pars propatagialis*. Najrazvijeniji je *pars thoracalis* koji se sastoji iz površinskog (*superficialis*) i dubokog (*profundus*) dela. Sa dorzalne strane, od mišića koji povezuju krilo i trup najjasnije se uočava *m. latissimus dorsi*. Na krilima su razvijeni i *m. triceps brachii* i *m. biceps brachii*, kao i *m. tensor propatagialis*, koji je sastavni deo *m. deltoideus*.
- **Mišići zadnjeg ekstremiteta** (*musculi membri pelvici*) – u karabatačnoj regiji najrazvijeniji su *m. iliotibialis cranialis*, *m. iliotibialis lateralis* (*pars preacetabularis* et *pars postacetabularis*). Pored njih, dobro su izraženi *m. iliofibularis* i *mm. flexor cruris lateralis* at *medialis*. U regiji bataka ističu se mišići *m. fibularis longus* i *m. gastrocnemius*, a ispod njih *m. tibialis cranialis*.

5. ANGIOLOGIJA – ANGIOLOGIA

KARDIOVASKULARNI SISTEM (SYSTEMA CARDIOVASCULARE)

Kardiovaskularni sistem se sastoji od srca i krvnih sudova (arterija, vena i kapilara) (Slika 5.1). Srce je mišićni organ čijim kontrakcijama se obezbeđuje transport krvi kroz krvne sudove. Krvnim sudovima krv kontinuirano cirkuliše kroz čitavo telo. Na ovaj način tkivima se obezbeđuju kiseonik i druge materije neophodne za metabolizam ćelija. Sa druge strane, putem krvi se transportuju proizvodi metabolizma iz ćelija. Pojedini proizvodi metabolizma se transportuju do ćelija jetre, bubrega i pluća, gde se dodatno metabolišu i bivaju izbačeni iz organizma. Kardiovaskularni sistem transportuje kiseonik iz pluća u tkiva i ugljen-dioksid od tkiva do pluća, hranljive materije od digestivnog trakta, hormone iz endokrinih žlezda itd.

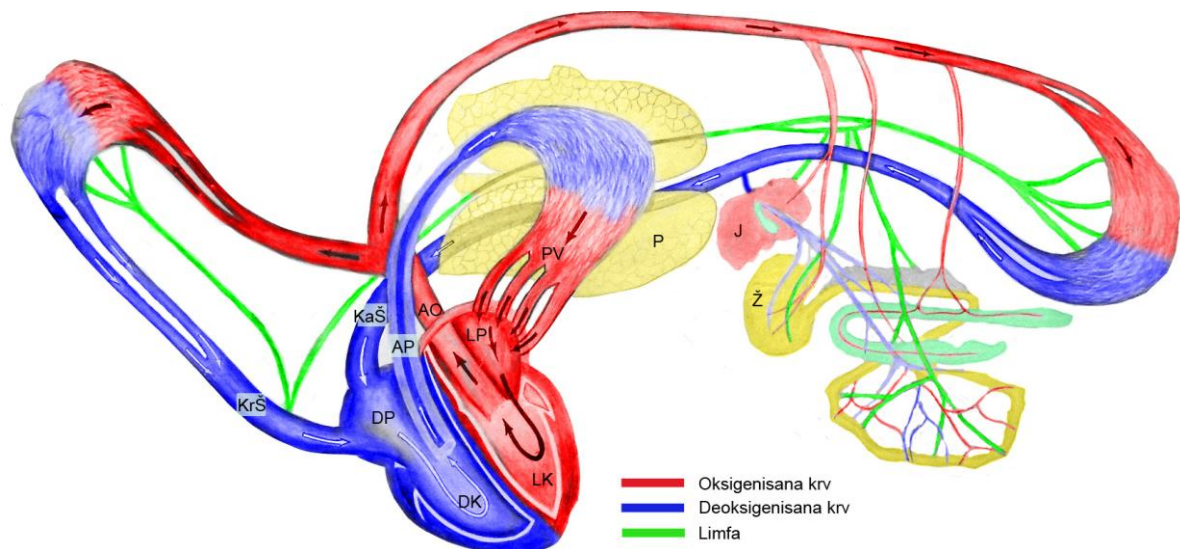
Krv kod domaćih životinja čini 6–8% mase tela, a vreme za koje jedna ćelija krvi prođe kroz čitav kardiovaskularni sistem (vreme cirkulacije) kod velikih životinja je 30 sekundi, a kod srednje velikih životinja 15 sekundi.

SRCE (COR)

Srce je centralni organ kardiovaskularnog sistema. To je mišićni organ koji se sastoji iz četiri šupljine koje su u vezi sa krvnim sudovima. Srce je smešteno u osrčju (*pericardium*), odnosno seroznoj kesi. Osrčje se sastoji od spoljašnjeg (fibroznog) i unutrašnjeg (seroznog) dela. Između ova dva dela nalazi se šupljina (*cavum pericardi*) u kojoj se nalazi mala količina serozne tečnosti (*liquor pericardi*).

Položaj, veličina i oblik srca

Srce je smešteno u grudnoj duplji, središnjem medijastinalnom prostoru i većim delom leži levo od medijalne ravni, između plućnih krila. Srce je oblika bočno-spljoštene kupe. Zauzima kos položaj, vrh mu je okrenut ventrokaudalno i desno, a baza dorzo-kranijalno i levo. Leži od trećeg do šestog rebra. Ventralno je za grudnu kost vezano preko osrčja, dorzalno za kičmeni stub preko aorte, a pomoću krvnih sudova koji u njega ulaze, odnosno izlaze, za pluća i dijafragmu.



Slika 5.1. Cirkulatorni sistem

LP – leva pretkomora; LK – leva komora; DP – desna pretkomora; DK – desna komora; AO – aorta; AP – plućna arterija; KrŠ – kranijalna šuplja vena; KaŠ – kaudalna šuplja vena; PV – plućne vene; P – pluća; J – jetra; Ž - želudac



Slika 5.2. Srce govečeta (desna strana)

Razlike u položaju i veličini srca su uslovljene vrstom, uzrastom i polom životinje, a kod iste vrste, kondicijom i zdravstvenim stanjem životinje. Srce ima približno 0,75% mase tela.

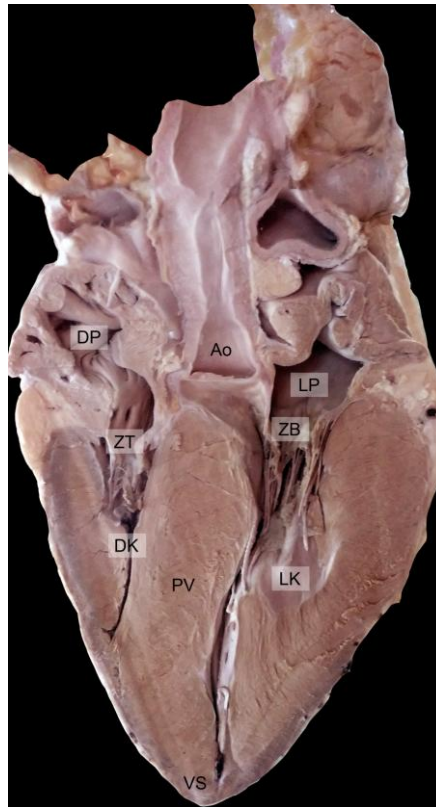
Na srcu se razlikuju dva kraja, baza srca (*basis cordis*) i vrh (*apex cordis*). Na bazi srca se razlikuju dve uške (*auriculae cordis*). Na srcu se, takođe, razlikuju i dva ruba (*margo cranialis* et *margo caudalis*, odnosno *margo ventricularis dexter* et *margo ventricularis sinister*) i leva i desna površina (*facies sinister* et *facies dexter*, odnosno *facies atrialis* et *facies auricularis*). Na bazi srca se uočava kružni žleb (*sulcus coronarius*). Na desnoj površini srca od ovog žleba do vrha srca pruža se desni uzdužni žleb (*sulcus interventricularis subsinosu*). Na levoj polovini srca, od kružnog žleba do distalne trećine prednjeg ruba leži levi uzdužni žleb (*sulcus interventricularis paraconalis*). Kružni žleb označava granicu između pretkomora i komora, a uzdužni žlebovi označavaju položaj srčane pregrade (*septum interventricularis*) (Slika 5.2).

Šupljine srca

Šupljina srca je uzdužnim pregradama (*septum interventricularis* et *septum interatriale*) podeljena na dve polovine, levu i desnu. Leva i desna šupljina srca su nepotpunim pregradama podeljene na pretkomore (*atrium cordis*) i komore (*ventriculus cordis*). Na taj način kod srca se razlikuju leva pretkomora (*atrium sinister*) i leva komora (*ventriculus sinister*) i desna pretkomora (*atrium dexter*) i desna komora (*ventriculus dexter*) (Slika 5.3). Kod jedinki nakon rođenja i tokom čitavog života, leva i desna polovina srca ne komuniciraju, odnosno krv prolazi kroz levu, odnosno desnu polovinu bez mogućnosti mešanja.

Leva pretkomora srca (*atrium sinister*) oblikuje levi dorzokranijalni deo baze srca. U levu pretkomoru se ulivaju plućne vene i iz pluća dovode u srce oksigenisanu krv. Sa levom komorom komunicira otvorom (*ostium atrioventriculare sinisterum*).

Desna pretkomora srca (*atrium dexter*) oblikuje desni dorzokranijalni deo baze srca. U desnu pretkomoru ulivaju se kranijalna i kaudalna šuplja vena kao i koronarni sinus. Sa desnom



Slika 5.3. Presek srca govečeta

DP – desna pretkomora, **DK** – desna komora, **ZT** – zalisci trikuspidalni, **PV** – pregrada između komora, **LP** – leva pretkomora, **LK** – leva komora, **ZB** – zalisci bikuspidalni, **VS** – vrh srca, **Ao** – arterija aorta.

komorom komunicira preko otvora (*ostium atrioventriculare dextrum*).

Leva komora srca (*ventriculus sinister*) oblikuje kaudalni rub i prelazi sa leve na desnu stranu srca. Dopire do vrha srca. Leva komora srca je u vezi sa levom pretkomorom srca, već pomenutim levim atrioventrikularnim otvorom. Kroz taj otvor oksigenisana krv iz leve pretkomore odlazi u levu komoru. Protok krvi između leve pretkomore i komore i sprečavanje povratka regulišu zalisci koji zatvaraju otvor, a nazivaju se atrioventrikularni zalisci (*valva atrioventricularis sinister*) (Slika 5.3). Ovih zalizaka je dva pa se nazivaju i *valva bicuspidales*. Jednim delom zalisci su srasli sa zidom atrioventrikularnog otvora. Slobodni krajevi zalizaka su vezani za tetivna vlakna (*chordae tendineae*). Tetivna vlakna se, sa druge strane, vezuju za mišićne tvorevine u obliku bradavica (*mm. papillares*) koje se nalaze u levoj komori. Na ovaj način omogućeno je da krv u toku kontrakcija pretkomore odlazi u komoru, a da se prilikom kontrakcije komore spreči povratak u pretkomoru. Krv iz leve komore odlazi u arteriju aortu i to kroz otvor (*ostium aortae*). Ovaj otvor

zatvaraju zalisci aorte (*valva aortae*) koji sprečavaju da se krv iz aorte vrati u levu komoru. Zid leve komore je deblji od zida desne komore.

Desna komora srca (*ventriculus dexter*) oblikuje kranijalni rub srca i prelazi sa desne na levu stranu i ne dopire do vrha srca. Komunicira otvorom (*ostium atrioventriculare dextrum*) sa desnom pretkomorom i omogućava da deoksigenisana krv iz desne pretkomore dođe u desnu komoru. Povratak krvi iz desne komore u desnu pretkomoru sprečavaju zalisci (*valva atrioventricularis dextra*). Ovih zalizaka je tri pa se nazivaju i *valva tricuspidales* (Slika 5.3). Kao i u levoj komori, slobodni krajevi zalizaka su vezani za tetivna vlakna, a ona sa bradavičastim mišićima (*mm. papillares*). Krv iz desne komore odlazi u plućnu arteriju, a na prelazu plućne arterije i desne komore nalaze se polumesečasti zalisci (*valvulae semilunares*).

Struktura zida srca

Zid srca je građen iz tri sloja i to unutrašnji – endokard (*endocardium*), središnji – miokard (*myocardium*) i spoljašnji – epikard (*epicardium*) (Slika 5.4).

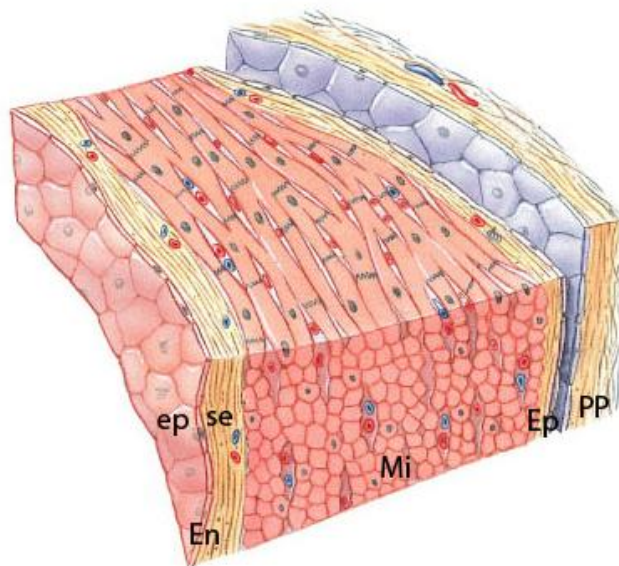
Endokard, unutrašnji sloj zida srca oblaže pretkomore i komore, a učestvuje i u formiranju zalizaka. Građen je od tri sloja i to endotela, subendotelnog sloja i subendokardijalnog sloja. Endotel je jednostavan pločasti epitel, oblaže lumen srca, a nastavlja se u endotel krvnih sudova. Subendotelni sloj je građen od fibroelastičnog vezivnog tkiva, dominiraju kolagena i elastična vlakna, a mogu se naći i pojedinačne glatke mišićne ćelije. Subendotelni sloj predstavlja vezu između endotela i subendokardijalnog sloja. Subendokardijalni sloj je građen od rastresitog vezivnog tkiva, glatkomišićnih ćelija, krvnih sudova, nervnih vlakana i masnog tkiva. U subendokardijalnom sloju se nalaze i Purkinjeova vlakna, odnosno modifikovane srčano-mišićne ćelije koje čine deo nadražajno-sprovodnog sistema srca.

Miokard je srednji i najveći deo srčanog zida. Ima kontraktilnu ulogu, a građen je od srčanog mišićnog tkiva i vezivnog tkiva sa brojnim krvnim sudovima. Srčano mišićne ćelije su

međusobno spojene tako da grade mrežastu strukturu sa spojnim zonama, odnosno interkalatnim diskovima (*disci intercalates*) između njih. Debljina miokarda varira i najtanja je u zidu pretkomora, a najdeblja u zidu leve komore.

Epikard je spoljašnji sloj zida srca. To je serozna membrana koja predstavlja visceralni list perikarda. Površinu epikarda oblaže pločast epitel (mezotel), koji leži na rastersitom vezivnom tkivu. U vezivu epikarda se nalaze elastična vlakna, krvni sudovi, nervi, ganglije i veća ili manja količina masnog tkiva.

Skelet srca je deo miokarda, građen od vezivnog tkiva, a na njemu započinju i završavaju se srčana mišićna vlakna. Skelet srca formira nekoliko struktura koje su povezane u strukturnu celinu. To su dva fibrozna prstena, koji formiraju otvore između pretkomora i komora, dva fibrozna prstena koji se nalaze na ulazu u aortu i plućnu arteriju. Zatim, vezivno tkivo koje se nalazi između zalizaka i fibrozni deo pregrade između komora. Uloga skeleta srca, pored potpore, u električnom smislu je i jasna granica između miokarda pretkomora i komora, što omogućava mišićnim ćelijama pretkomore da su u kontrakciji (sistoli) dok su mišićne ćelije komora u relaksaciji (dijastola) i obrnuto.



Slika 5.4. Građa zida srca

En – endokard, **ep** – epitel (endotel), **se** – subendotelni sloj, **Mi** – miokard, **Ep** – epikard (visceralni list perikarda), **PP** – parijetalni list perikarda (na osnovu Martini F.H., Nath J.L., Bartholomew E.F.: Fundamentals of Anatomy & Physiology, San Francisco, Pearson Education, Inc., 2011).

Nadražajno-sprovodni sistem srca se sastoji od modifikovanih srčanih mišićnih ćelija (Purkinjeova vlakna). Uloga ovih ćelija je u autonomnom stvaranju nadražaja za svaku kontrakciju (sistolu) srca, kao i sprovođenje do različitih delova miokarda. Ovaj sponatni električni nadražaj koji nastaje samostalno u srcu obezbeđuje takozvanu srčanu autonomiju koja je odgovorna za ritam rada srca, iako je srce pod uticajem autonomnog nervnog sistema. Delovi nadražajno-sprovodnog sistema srca su:

- Sinoatrijalni čvor (SA) – smešten ispod endokarda u zidu desne pretkomore, kod ulaska kranijalne šuplje vene. Primarni je pokretač srčane kontrakcije (pejsmejker) i koordinira srčanu aktivnost.
- Atrioventrikularni čvor (AV) – smešten u donjem delu pregrade između pretkomora, prima impulse od SA čvora
- Atrioventrikularni (Hisov) snop – nizovi ćelija koji počinju iz AV čvora, prolaze kroz srčani skelet između pretkomora i komora i granaju se. U početnom delu Hisovog snopa ćelije su slične ćelijama SA i AV čvora, dok u distalnom delu ćelije grade Purkinjeova vlakna.

Inervacija srca se vrši preko vlakana autonomnog nervnog sistema. Simpatička nervna vlakna *nn. cardiaci cervicales* i *thoracici* dolaze iz zvezdastog ganglionia (*ganglion stellatum*) i srednjeg vratnog ganglionia (*ganglion cervicale medium*). Parasimpatikusna nervna vlakna koja inervišu srce počinju iz *n. vagus*-a. Sva pomenuta autonomna nervna vlakna grade srčani čvor (*plexus cardiacus*). Simpatikus stimuliše intenzitet srčanih kontrakcija, dok parasimpatikus usporava kontrakcije.

KRVNI SUDOVI (VASA SANGUINEA)

Krvni sudovi su arterije, vene i kapilari. Kroz krvne sudove se transportuje krv u skladu sa kontrakcijama srca. Arterije su krvni sudovi koji odvođe krv iz srca. Vene su krvni sudovi koji dovode krv do srca. Kapilari su krvni sudovi najmanjeg promera i predstavljaju kraj arterija i početak vena, uz nekoliko izuzetaka. U arterijama je pritisak visok, a u venama nizak.

Arterije imaju deblje zidove i manji lumen u odnosu na vene. Vene, za razliku od arterija, u lumenu imaju zaliske – *valvulae venarum* koje sprečavaju povratak krvi.

Grada krvnih sudova

Ako se izuzme grada najsitnijih krvnih sudova, odnosno kapilara, krvni sudovi imaju više zajedničkih elemenata. Zid krvnih sudova je građen od tri omotača:

- *tunica intima (interna)* – unutrašnji omotač krvnog suda,
- *tunica media* – središnji, mišićni omotač,
- *tunica adventitia (externa)* – spoljašnji omotač, građen od vezivnog tkiva.

Pored podele na arterije, vene i kapilare, histološki, u zavisnosti od razvijenosti pojedinih omotača, najčešće središnjeg, mogu se razlikovati i pojedine podvrste.

Tunica intima je unutrašnji omotač i sastoji se od endotelnih ćelija koje su apikalnim delovima okrenute prema šupljini krvnog suda. Endotelne ćelije leže na bazalnoj lamini ispod koje se nalazi subendotelno vezivno tkivo. Endotelne ćelije su spljoštene, višougone i izdužene u pravcu uzdužne osovine krvnog suda. Uloga endotela je višestruka. Predstavlja barijeru između krvi i tkiva i reguliše razmenu materija. Endotel je uključen u procese koagulacije krvi, a sintetiše i veliki broj aktivnih supstanci (faktore rasta, prostaglandine, citokine, eritropetin itd.) (Slika 5.5).

Tunica media se sastoji od kružno orijentisanih glatkomišićnih ćelija i manje ili više prisutnih elastičnih i kolagenih vezivnih vlakana. Vezivna vlakna koja se u ovom sloju nalaze nastala su aktivnošću glatkomišićnih ćelija. Kod većih krvnih sudova elastična vlakna formiraju lamele i to *lamina elastica interna* (između unutrašnjeg i srednjeg omotača) i *lamina elastica externa* (između središnjeg i spoljašnjeg omotača).

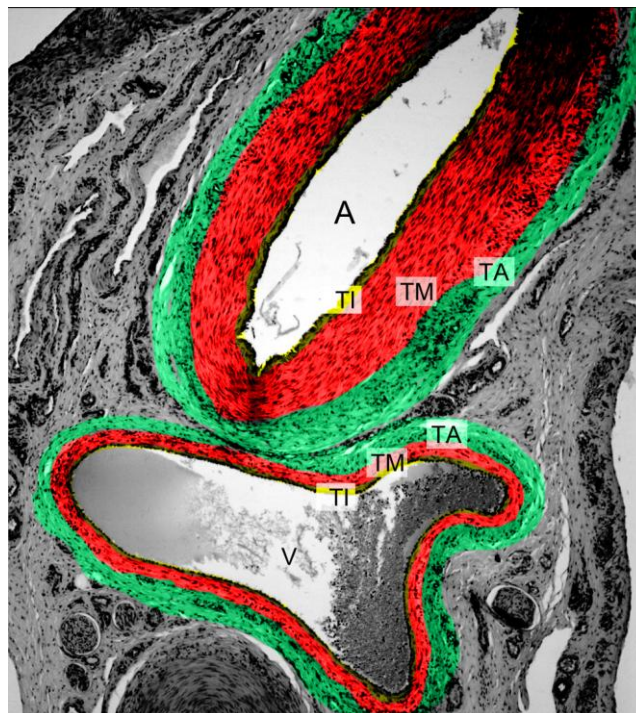
Tunica adventitia je građena od uzdužno orijentisanih kolagenih i elastičnih vezivnih vlakana. Ne postoji jasna granica između ovog omotača i rastersitog vezivnog tkiva organa kroz koji krvni sud prolazi. Veći arterijski i venski krvni sudovi imaju sopstvenu vaskularizaciju, odnosno krvne sudove koji kroz spoljašnji

omotač donose hranljive materije i kiseonik samom krvnom sudu. Takozvani krvni sudovi krvnih sudova nazivaju se *vasa vasorum*. Kroz spoljašnji omotač prolaze i limfni sudovi, ali i vegetativna nervna vlakna. Ova inervacija krvnih sudova dovodi do njihove vazokonstrikcije (kontrakcije i smanjenja dijametra) i vazodilatacije (relaksacije i povećanja dijametra).

U zavisnosti od građe pojedinih krvnih sudova možemo ih podeliti na:

- a) arterije (*arteriae*) – krvni sudovi koji odvođe krv iz srca,
 - a. arterije elastičnog tipa – najveći krvni sudovi (aorta, *a. pulmonalis* i njihove najveće grane),
 - b. arterije mišićnog tipa – prihvataju krv iz elastičnih arterija i razlikuju se po veličini i strukturnim delovima. Dele se na:
 - i. velike
 - ii. srednje
 - iii. male
 - iv. arteriole – od njih nastaju kapilari.
- b) vene (*venae*) – krvni sudovi koji vraćaju krv prema srcu. Dele se na:
 - a. velike – relativno dobro razvijena *tunica intima*, slabo razvijena *tunica media* i izražena *adventitia*,

- b. srednje i male – dobro razvijena sva tri sloja,
 - c. venule – najsitniji venski krvni sudovi, nastaju od kapilara.
- c) kapilare – najsitniji krvni sudovi, spajaju arteriole i venule. Građeni su od endotela i imaju ulogu u razmeni gasova i hranljivih materija između krvi i tkiva. Kapilari grade mrežu, a stepen razvijenosti mreže zavisi od metaboličke aktivnosti tkiva u kome se nalaze. U skladu sa stepenom kontinuiteta vaskularnog zida kapilari se dele na:
- a. kontinuirane (somatske) kapilare – neprekidan zid, odnosno endotelne ćelije nemaju nikakvih pora, a bazalna lamina je kompletna. Nalaze se u mišićnom tkivu, CNS-u, kostima, semenicama, jajnicima, egzokrinim žlezdama ...
 - b. fenestrirani (viscelarni) kapilari – endotelne ćelije sa brojnim fenestrama (porama) i kontinuiranom bazalnom laminom. Nalaze se u endokrinim žlezdama, želucu, crevima, bubregu ...
 - c. sinusoidni (diskontinuirani) kapilari – epitelne ćelije sa širokim porama i porama između ćelija, a bazalna lamina je diskontinuirana. Nalaze se u jetri, slezini, kostnoj srži, hipofizi ...



Slika 5.5. Građa arterije (A) i vene (V)

TI – *tunica intima*, **TM** – *tunica media*, **TA** – *tunica adventitia*

KRVOTOK

Kardiovaskularni sistem je zatvoren sistem. Kroz njega krv neprekidno teče, a kruženje se naziva krvotok. Centralno mesto krvotoka je srce jer krv polazi iz srca i završava svoj put u srcu. Ranije je rečeno da se srce sastoji iz dve polovine, i to leve i desne. S obzirom da leva i desna polovina srca ne komuniciraju, kroz levu polovinu srca teče oksigenisana krv, dok kroz desnu polovinu srca teče deoksigenisana krv. Srce se ritmički kontrahuje i svakom svojom kontrakcijom krv ubacuje u odgovarajuće arterije. Kontrakcija srca se naziva sistola, a relaksacija srca je diastola. Obe pretkomore se kontrahuju istovremeno, a u isto vreme komore su u relaksaciji. Suprotno tome, kada su komore u sistoli, pretkomore su u diastoli. U zavisnosti od funkcije, krvotok se može podeliti na mali i veliki krvotok.

Mali ili plućni krvotok ima ulogu da deoksigenisanu krv iz srca transportuje do pluća, gde će se izvršiti oksidacija i takvu krv vrati do srca. Mali krvotok počinje iz desne komore, iz koje deoksigenisana odlazi u *a. pulmonalis*, koja se grana i krv vodi do levog, odnosno desnog plućnog krila gde će se izvršiti razmena gasova. U plućnim kapilarima se ovom prilikom otpušta ugljen-dioksid i prima kiseonik. Iz pluća, oksigenisana krv se pomoću 5–8 plućnih vena (*v. pulmonales*) vraća u levu pretkomoru srca.

Veliki ili telesni krvotok počinje iz leve komore, a završava u desnoj pretkomori. Oksigenisana krv iz leve komore, putem arterije aorte izlazi iz srca, zatim odlazi u grane koje počinju od aorte i dalje kroz ostale arterije dolazi do svih kapilarnih mreža u organizmu. Na ovaj način se transportuju kiseonik i hranljive materije, koji se na nivou kapilara predaju tkivima, a iz njih uzimaju ugljen-dioksid i produkti metabolizma. Od kapilara se deoksigenisana krv vraća venskim krvnim sudovima. Venski krvni sudovi se usložnjavaju, a u desnu pretkomoru srca se ulivaju dve šuplje vene (*v. cava cranialis et v. cava caudalis*).

Portalni sistem jetre. Za razliku od rasporeda arterija–kapilar–vena, postoje pojedini delovi u organizmu gde se između dve kapilarne mreže nalazi arterija ili vena. Jedno od tih mesta je i krvotok *vene portae*. Naime, iz kapilarnih mreža želuca, slezine, gušterače i najvećeg dela creva,

krv ne odlazi direktno u *v. cavu caudalis*, već se od njih formira *v. portae* koja krv dovodi do jetre gde se ponovo grana i formira kapilarnu mrežu. Nakon prolaska krvi kroz ovu kapilarnu mrežu, ona odlazi do *vv. cetrales*, a nakon toga preko *vv. hepaticae* dolazi u *v. cavu caudalis*. Ovaj vid krvotoka ima za cilj da spreči da štetne materije iz digestivnog trakta dođu do srca i dalje se distribuiraju po organizmu.

Fetalni krvotok. Razmena gasova u toku embrionalnog period se vrši pomoću placente, tačnije pupčanih arterija (*aa. umbilicales*) i pupčane vene (*v. umbilicalis*). Pupčane arterije vode deoksigenisanu krv iz fetusa u placentu gde se vrši razmena gasova i u fetus se, putem pupčane vene, vraća oksigenisana krv. Od pupčane vene se odvaja grana koja se spaja sa kaudalnom šupljom venom, a naziva se *ductus venosus Arantii*. S obzirom da se u kaudalnoj šupljij veni nalazi deoksigenisana krv, a u pupčanoj veni oksigenisana, nakon njihovog spajanja dalje, prema srcu, putem kaudalne šuplje vene teče mešovita krv. Mešovita krv koja putem kaudalne šuplje vene dolazi u desnu pretkomoru srca, dodatno se meša sa deoksigenisanom krvlju koja dolazi iz pluća kroz plućne vene koje se ulivaju u levu pretkomoru srca. Do mešanja dolazi zbog postojanja otvora između pretkomora koji se naziva *foramen ovale*. Mešovita krv, jednim delom odlazi iz srca putem aorte (iz leve komore), a drugim delom ka plućima (putem *a. pulmonalis* iz desne komore srca). Međutim, *a. pulmonalis* se jednom granom veže za aortu i ta grana se naziva *ductus arteriosus Botalli*. Prilikom prvog udisaja, usled širenja pluća, sva krv iz *a. pulmonalis* odlazi u pluća, a zatim kroz *vv. pulmonales* u levu pretkomoru srca. Zbog pritisaka dolazi do zatvaranja otvora između pretkomora, ali i nestaju *ductus arteriosus* i *ductus venosus*, ali i *v. umbilicalis* i *aa. umbilicales*. Na taj način u organizmu novorođene jedinke nema mešovite krvi, već postoji jasna razlika između oksigenisane, koja prolazi kroz levu polovinu srca i deoksigenisane, koja prolazi kroz desnu polovinu srca.

LIMFNI SISTEM (SYSTEMA LYMPHATICUM)

Limfni sistem čine ćelije, tkiva i organi čija je uloga da reaguju na prisustvo antigena. Limfni organi su građeni od limfnog tkiva koje čini retikularno vezivno tkivo i limfociti. Pored ovih delova, limfni sistem grade i limfni sudovi (*vasa lymphaticum*).

Limfni sudovi su deo cirkulatornog sistema kroz koji protiče limfa. Limfa je bistri bezbojni filtrat koji nastaje u toku cirkulacije krvi i prelaska proteina iz krvi u međućelijske prostore ispunjene tečnošću. Ovu tečnost iz međućelijskih prostora prikupljaju limfni kapilari, sa ciljem da je vrata u opštu cirkulaciju (krv). Limfni kapilari grade mreže u tkivima i predstavljaju početak većih limfnih sudova. Limfni kapilari su građeni slično krvnim kapilarima, odnosno od endotelnih ćelija koje leže na nekontinuiranoj bazalnoj lamini. Veći limfni sudovi nastaju udruživanjem limfnih kapilara, a sva prikupljena limfa se putem dva glavna limfna suda, preko *angulus venosus sinister* i *angulus venosus dexter* uliva u kranijalnu šuplju venu (*v. cava cranialis*). Ta dva glavna limfna suda su *truncus trachealis* i *ductus thoracicus*. Građeni su slično venama, ali imaju tanje zidove, a u lumenu brojnije zaliske. Na svom putu, od periferije do uključenja u sistemsku cirkulaciju, limfa mora proći kroz bar jedan limfni čvor.

Limfno tkivo je organizovano u obliku limfnih čvorića (*nodulus lymphaticus*), limfnih čvorova (*nodus lymphaticus*), slezine (*lien*) i grudne žlezde (*thymus*).

Limfni čvorići su grupe limfocita raspoređene u sluzokoži respiratornog, digestivnog, urinarnog i reproduktivnog sistema. Veličine su od nekoliko mikrometara do nekoliko milimetara. Limfni čvorići nemaju vezivnu kapsulu, a sastoje se od germinativnog centra (u kome dominiraju limfoblasti) i zrelih limfocita koji ga okružuju.

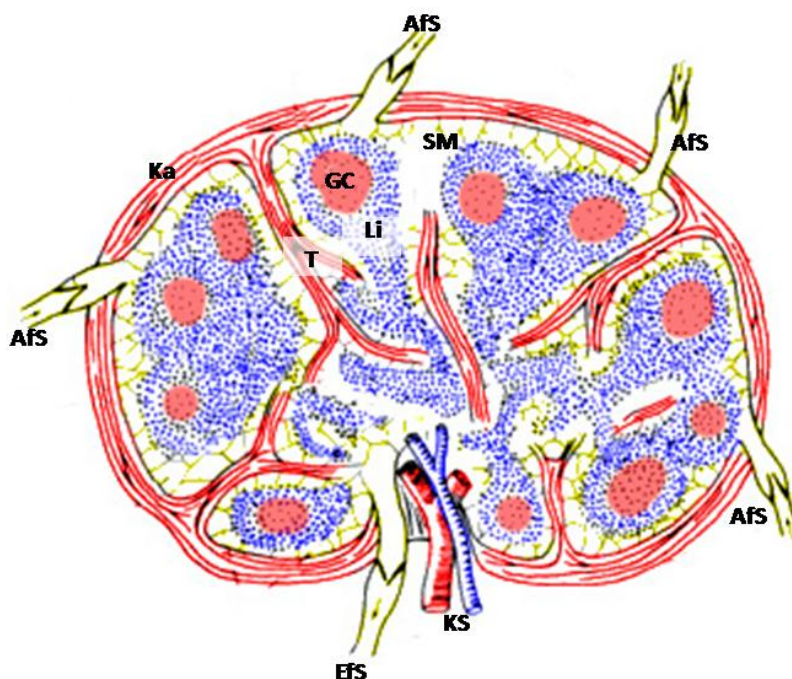
Limfni čvorići mogu biti pojedinačni i tada se nazivaju *lymphonoduli soliterii* ili u većim grupama (*noduli lymphatici aggregati*), kao što je slučaj u zidu vitog creva gde grade tzv. Payerove ploče. Drugi primer grupisanih limfnih čvorića su krajnici, odnosno tonzile.

Krajnici (*tonsillae*) su smešteni u početnom delu digestivnog trakta, odnosno usnoj šupljini i ždreću. Krajnici su specifični limfatični organi koji se javljaju u obliku limfnih čvorića i grupa limfnih čvorića. Nisu potpuno obavijeni vezivnotkivnom kapsulom, tako da nisu limfni organi ali se razlikuju po organizaciji i od običnih nakupina limfnih čvorića. Limfatično tkivo je raspoređeno u vidu prstena, a sa spoljašnje strane ga oblaže epitel. Epitel u predelu tonzila pravi uvratae (kripte) ili nabore koji povećavaju površinu za kontakt antigena i imunokompetentnih ćelija. Krajnici poseduju široki germinativni centar, kao i naglašeni periferni deo sa zrelim limfocitima koji se infiltriraju u okolno tkivo.

Limfni čvor (*nodus lymphaticus*)

Limfni čvor je inkapsulirani organ i predstavlja mesto imunološke reakcije između antigena limfe i ćelija limfnog sistema. Zbog svoje uloge, limfni čvorovi su sastavni deo limfotoka i nalaze se duž većih limfnih sudova. Tačnije, više limfnih sudova se uliva u jedan limfni čvor i na taj način dovode limfu (aferentni limfni sudovi). Limfa napušta limfni čvor najčešće preko jednog eferentnog limfnog suda i filtrirana i obogaćena limfocitima nastavlja svoj put ka sistemskoj cirkulaciji. Najčešće su nepravilnog ovalnog ili oblika bubrega, veličine od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara. Razlikuju se konveksna i konkavna strana na kojoj se nalazi *hilus*, odnosno mesto gde ulaze i izlaze krvni sudovi i izlazi eferentni limfni sud (Slika 5.6).

Limfni čvorovi su obavijeni gustim vezivnim tkivom koje gradi kapsulu. Od kapsule se, ka unutrašnjosti čvora, odvajaju septe (*trabecula*). Prostor između trabekula je ispunjen parenhimom, u čijoj osnovi je retikularno vezivno tkivo. Na preseku limfnog čvora jasno se razlikuju kora (*cortex*) i srž (*medulla*). Kora je deo limfnog čvora ispod kapsule i u njoj se nalaze limfni čvorići, difuzno rasuti limfociti i limfni sinusi. Limfni čvorići se sastoje od germinativnog centra i difuzno raspoređenih zrelih limfocita oko njega. U germinativnom centru se nalaze limfoblasti od kojih se razvijaju



Slika 5.6. Građa limfnog čvora

Afs – aferentni limfni sud, **Efs** – eferentni limfni sud, **KS** – krvni sudovi, **Ka** – kapsula, **T** – trabekule, **SM** – *sinus marginalis*, **GC** – germinativni centar, **Li** – limfociti

B limfociti. Difuzno raspoređeni limfociti su zreli B limfociti i T limfociti poreklom iz grudne žlezde. Prostor između kapsule i limfnih čvorića kore je ispunjen retikularnim vezivnim tkivom i naziva se *sinus marginalis*, a prostor između trabekula i limfnih čvorića naziva se *sinus trabecularis*. Srž (*medulla*) je smeštena u centralnom delu limfnog čvora. U srži se nalazi mali broj imunokompetentnih ćelija, najčešće plazmocita, B limfocita i makrofaga, a najveći deo zauzima *sinus medullaris* koji je u kontaktu sa marginalnim i trabekularnim sinusima.

Limfa koja ulazi u limfni čvor, prolazi kroz marginalni sinus, zatim preko trabekularnog do medularnog. Sve vreme je u kontaktu sa ćelijama limfnih čvorića. Iz medularnog sinusa, limfa odlazi u eferentni limfni sud.

Opisana građa limfnog čvora je ista kod svih domaćih životinja osim kod svinja. Kod svinja je raspored drugačiji, odnosno limfni čvorići se nalaze u središnjem delu dok su sinusi na periferiji. U skladu sa ovim je i promena kretanja limfe. Hilus kod svinja nije jasno uočljiv, jer krvni sudovi ulaze sa aferentnim limfnim sudovima.

Svaki limfni čvor ima područje sa kojeg sakuplja limfu. Pojedinačni limfni čvorovi se obeležavaju sa oznakom *ln.*, više limfnih čvorova pod istim imenom se označavaju sa *lnn.* Više limfnih čvorova koji su zaduženi za susedna područja

sakupljanja limfe ne leže daleko jedan od drugog i nazivaju se i limfni centri (*lymphocentrum* – *Lc.*).

Zbog stalnog kontakta sa antigenima (uzročnicima bolesti ili drugim stranim telima) kod uznapredovalih bolesti dolazi do povećanja limfnih čvorova, kao rezultat upalnih procesa. Upalni procesi se mogu otkriti opipavanjem (palpiranjem) limfnih čvorova. Palpiraju se limfni čvorovi koji se nalaze neposredno ispod kože, a najčešće sledeći limfni čvorovi: *lc. parotideum*, *lc. mandibulare*, *lnn. cervicales superficiales*, *lc. axillare*, *lnn. cubitales*, *lnn. subiliaci*, *lnn. poplitei*.

Slezina (*lien*)

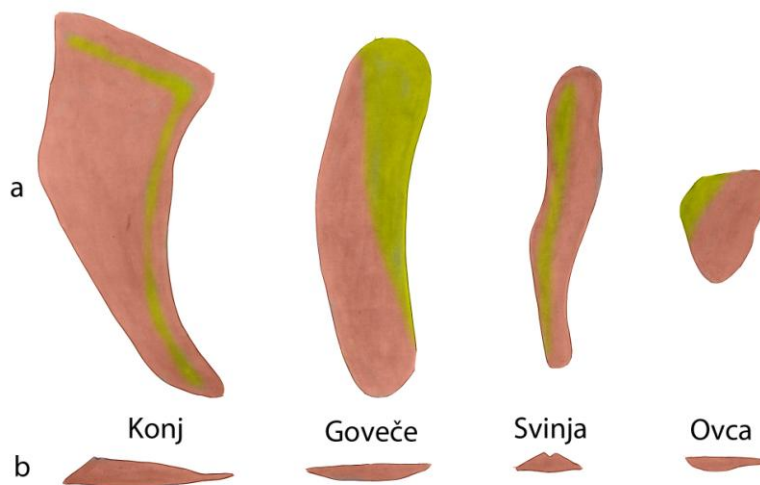
Slezina je inkapsulirani limfni organ, tamnocrvene boje. Leži u intratorakalnom delu trbušne duplje, u visini levog rebarnog luka. Osim kod preživara, leži slobodno u peritonealnoj šupljini. Kod preživara, polovina slezine je prekrivena peritoneumom, a druga polovina je vezana za burag. Oblik slezine je različit u zavisnosti od vrste životinje (Slika 5.7). Kod konja je trouglasto-srpastog oblika, kod govečeta produženoeliptičnog, kod ovaca srcastog oblika, dok je kod svinja duga i uska. Na slezini razlikujemo dve površine: *facies diaphragmatica*, koja je okrenuta prema

dijafragmi i *facies visceralis*, površina okrenuta prema želucu i crevima. *Hilus lienalis* je mesto gde u slezinu ulaze i izlaze krvni i limfni sudovi, nervna vlakna. Osim kod preživara, *hilus lienalis* se pruža duž cele visceralne površine slezine.

Slezinu obavija vezivnotkivna kapsula, građena od gusto zbijenih kolagenih vlakana i glatkomišićnih ćelija. Od nje se u parenhim slezine odvajaju pregrade (septe, *trabeculae*) i nepotpuno dele ovaj organ na režnjeve.

centrales. Od *aa. centrales*, nakon napuštanja bele pulpe, formiraju se manji ogranci, *aa. penicilatae* koje ulaze u sinusoidne kapilare crvene pulpe. Krv iz sinusoidnih kapilara odlazi u vene, i to *vv. pulpae*, a iz njih preko trabekularnih vena (*vv. trabeculares*) do *v. lienalis*. Limfni kapilari postoje samo u beloju pulpi i odvođe limfu u trabekularne limfne sudove.

Uloga slezine je hematopoezna, skladištenje krvi,



Slika 5.7. Šematski prikaz slezina domaćih životinja a) medijalna strana, b) poprečni presek

Trabekule zatvaraju prostor ispunjen crvenom i belom pulpom. Crvenu pulpu (*pulpa rubra*) grade venozni sinusi prekriveni endotelom i ispunjeni krvlju. Pored sinusa, u crvenoj pulpi se nalaze i ćelijske gredice u čijoj osnovi se nalazi retikularno vezivno tkivo i različite vrste ćelija (T i B limfociti, makrofage, plazmociti ...). Belu pulpu (*pulpa alba*) gradi difuzno i nodularno limfatično tkivo koje se nalazi oko centralnih arteriola. Difuzno limfatično tkivo, koje obavija male arterije i arteriole koje izlaze iz trabekula, formira periarterijski limfocitni omotač (PALS). U PALS-u se nalazi veliki broj T limfocita, a duž njega se formiraju brojni limfni čvorići, sa ili bez germinativnog centra.

Za razumevanje strukture i funkcije slezine neophodno je poznavanje krvnih sudova ovog organa. Vaskularizacija slezine se vrši preko ogranaka *a. lienalis*, koja nakon ulaska u predelu hilusa prati kapsulu i trabekule i grana se na *aa. trabeculares*. Iz trabekula, arterije u parenhim ulaze kao *aa. pulpae*. Zatim ulaze u belu pulpu, gde se oko njih nalaze limfociti i nazivaju se *aa.*

razgradnja krvnih elemenata, filtracija krvi, učešće u imunološkom odgovoru, fagocitoza. Osnovna funkcija vezana za crvenu pulpu je mehanička filtracija, odnosno uklanjanje nepoženjih materija ali i crvenih krvnih zrnaca koja su "iskorišćena". U crvenoj pulpi, makrofage vrše fagocitozu i razgradnju crvenih krvnih zrnaca. Bela pulpa učestvuje u imunološkom odgovoru i takođe učestvuje u fagocitozi. U beloju pulpi se nalaze sve odbrambene ćelije (T i B limfociti, antigen prezentujuće ćelije, ćelije sa fagocitnom sposobnošću).

Grudna žlezda (*Thymus*)

Timus je limfopoezni organ, aktivan kod mladih životinja. Uloga je u diferencijaciji nezrelih T limfocita poreklom iz kostne srži.

Makroskopski na timusu se razlikuju neparni grudni deo (*lobus thoracicus thymi*) i parni desni i levi deo (*lobus cervicalis thymi dexter et*

sinister). Oba dela su povezana srednjim delom (*lobus intermedius*) koji se nalazi na ulazu u grudnu šupljinu (Slika 5.8). Kod svinja i preživara timus ima i vratni i grudni deo, a kod konja samo grudni jer se vratni gubi pre rođenja.

Timus je svetlosive boje i izrazito režnjevite građe. Obavija ga vezivotkivna kapsula od koje polaze pregrade (septe) koje tkivo timusa dele na režnjiće, odnosno lobuluse. Lobulusi su neravilnog oblika i različitih dijametara.



Slika 5.8. Šematski prikaz timusa teleta (desna strana)

GR – grudni režanj (*lobus thoracicus thymi*),
DVR – desni vratni režanj (*lobus cervicalis thymi dexter*)

Na svakom režnjiću se uočava periferni deo ili kora (*cortex thymi*) i centralni deo ili srž (*medulla thymi*). U srži se uočavaju specifične strukture građene od izmenjenih epitelnih ćelija (Hasalova telašca). U kori, kao perifernom delu režnjića timusa, odvija se diferencijacija T limfocita. Tu se nalazi gusto zbijeno limfatično tkivo koje grade veliki i mali limfociti, ali i epitelne retikularne ćelije. Prekursori T limfocita se nazivaju timociti. Na histološkom preparatu kora je tamnije boje. Srž je unutar režnjića centralno smeštena. Od ćelija u srži se nalaze diferentovani T limfociti i epitelno-retikularne ćelije koje preovladavaju i jasnije se uočavaju u odnosu na koru. Pored nabrojanih ćelija, u srži se nalaze i Hasalova telašca, odnosno *corpusculum thymi*. Hasalova telašca su okrugle strukture slojevite građe. Slojevita građa potiče od retikulo-epitelnih ćelija vretenastog oblika. Na histološkim preparatima srž je svetlije obojena.

Pored uloge timusa u razvoju nediferenciranih limfocita iz kostne srži u T-limfocite, timus ima i drugih uloga. Grudna žlezda učestvuje u proliferaciji T-limfocita neophodnih za cirkulaciju i periferna tkiva. Ovde se, pre svega, misli na pomoćne T-limfocite i citotoksične T-limfocite. Timus, takođe, učestvuje i u sekreciji hormona i drugih faktora koji regulišu sazrevanje, proliferaciju i funkciju T-limfocita

unutar timusa i perifernih tkiva. U toku fetalnog perioda aktivno učestvuje u procesu hematopoeze, zajedno sa jetrom i kostnom srži.

KARDIOVASKULARNI SISTEM I LIMFNI SISTEM ŽIVINE

Kardiovaskularni sistem

Srce (*Cor*) smešteno je u središnjem delu grudne duplje, između oba kranio-ventralna dela režnja jetre. Obuhvaćeno je srčanim omotačem (*pericardium*) koji je u vezi sa srpastom duplikaturom peritoneuma (*ligamentum falciforme hepatis*). Srce ptica je konusnog oblika sa vrhom okrenutim kaudalno. Na srcu se razlikuju kranioventralna površina koja naleže na grudnu kost (*facies sternalis*) i dorzokaudalna površina ili jetrena površina (*facies hepatica*), baza srca (*basis cordis*) i vrh srca (*apex cordis*). Na srcu se uočavaju žleb između pretkomora i komora (*sulcus coronarius*) i žlebovi između komora (*sulci interventriculares*).

U desnu pretkomoru (*atrium dexter*) ulivaju se dve kranijalne šuplje vene (*v. cava cranialis sinistra et dextra*) i jedna kaudalna šuplja vena (*v. cava caudalis*). Desni *ostium atrioventriculare* kod ptica zatvara mišićni zalizak (*valva atrioventricularis dextra*) i povezan je sa međukomornom pregradom (*septum interventriculare*). Slobodna i tanka ivica ovog zaliska je okrenuta prema zidu desne komore (*ventriculus dexter*) i sprečava povratak krvi iz desne komore u desnu pretkomoru. Kod sisara ovu funkciju obavljaju trolisni zalisci (*valvula tricuspidales*). U desnoj komori srca ne postoje bradavičasti mišići (*mm. papillares*). Iz desne komore krv odlazi u plućno stablo (*truncus pulmonalis*), na čijem se početnom delu nalaze polumesečasti zalisci (*valve trunci pulmonalis*). U levu pretkomoru (*atrium sinister*) ulivaju se dve plućne vene (*v. pulmonales*). Levi *ostium atrioventriculare* srca ptica zatvaraju tri zaliska koji formiraju *valva atrioventricularis sinistra*, koji su u kontaktu sa tri bradavičasta mišića (*mm. papillares*). Kod sisara u levoj polovini srca nalaze se dva zaliska (*valvula bicuspidales*) i dva bradavičasta mišića u levoj komori. Iz leve komore (*ventriculus sinister*) izlazi aorta na čijem početku se nalaze polumesečasti zalisci

(*valva aortae*). Aorta se deli se na: kaudalnu trbušnu arteriju (*aorta abdominalis seu descendens*), levu ramenolobanjsku arteriju (*a. brachiocephalica sinistra*) i desnu ramenolobanjsku arteriju (*a. brachiocephalica dextra*).

Imunološki sistem

Imunološki sistem ptica se sastoji od imunoloških organa i limfnih sudova (*vasa lymphatica*). Od imunoloških organa kod živine su razvijeni primarni organi (grudna žlezda (*thymus*) i *Bursa Fabricii*) i sekundarni (slezina (*lien*) i limfni čvorovi (*lymphonoduli*)).

Grudna žlezda (*thymus*) sastoji se od 5 pari režnjeva lociranih sa obe strane vrata, površinski u odnosu na *vv. jugulares*.

Bursa fabricii ili timus kloake predstavlja dorzalni *diverticulum proctodeuma*. Najznačajniji je limfopoezni organ ptica, koji se nalazi iznad kloake i najrazvijeniji je kod pilića starih četiri meseca.

Slezina – *lien* je smeštena u neposrednoj blizini mišićnog želuca, prečnika oko 2 cm, mrke boje i nema hematopoeznu ulogu.

Limfni čvorići su mali i raspoređeni pojedinačno u predelu vrata i u zidovima digestivnog trakta, a od okolnog tkiva nisu jasno odvojeni kapsulom, koja nedostaje.

6. NERVENI SISTEM – *SYSTEMA NERVOSUM*

Neurologija je nauka koja se bavi izučavanjem nervnog sistema (*systema nervosum*). Nervni sistem je, zajedno sa čulima i endokrinim sistemom, zadužen za regulaciju i koordinaciju rada svih organskih sistema, kao i za interakciju sa okolinom. Promene u organizmu, kao i promene u okolini predstavljaju nadražaje koje odgovarajuće ćelije prepoznaju. Ti nadražaji se prenose do određenih delova nervnog sistema, gde se vrši njihova analiza i donosi odluka šta uraditi. Odgovor na nadražaje je reakcija organizma preko odgovarajućih ćelija, čiji rad kontroliše nervni sistem. Ćelije koje prepoznaju nadražaje nazivaju se receptori, a ćelije koje su zadužene za odgovor na nadražaje nazivaju se efektorne ćelije. Kod domaćih životinja receptorne i efektorne ćelije su odvojene, a povezane su nervnim ćelijama (neuronima). Nervni sistem je građen od nervnog tkiva, koje je ranije opisano. Ukratko, nervno tkivo je građeno od nervnih ćelija (neurona) i glija ćelija. Osnovni nosilac funkcije je nervna ćelija koja ima mogućnost da prima i prenosi nadražaje, odnosno na promene u okruženju reaguje menjanjem električnog potencijala između spoljašnjih i unutrašnjih površina plazmine membrane. Ova razlika električnog potencijala se prenosi duž plazmine membrane i naziva se impuls. Impuls se sa ćelije na ćeliju prenosi depolarizacijom membrana. Sa druge strane, za rad nervnih ćelija neophodne su pomoćne, odnosno glija ćelije. Zadužene su za ishranu neurona, daju im potporu, učestvuju u formiranju omotača oko nastavaka nervnih ćelija, izoluju neurone od okoline i na taj način sprečavaju da se impuls nekontrolisano prenosi na druge ćelije. Neuroni se sastoje od tela i nastavaka. Nastavci su kratki (dendriti) i dugi (akson, neurit). Aksoni sa omotačima grade nervna vlakna.

Delovi nervnog sistema

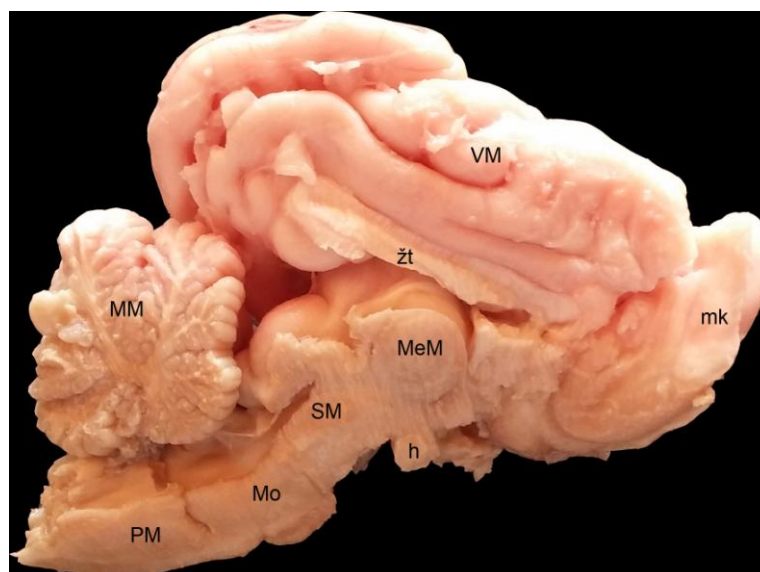
Na osnovu građe i funkcije, nervni sistem se deli na

- centralni i
- periferni.

Centralni nervni sistem (CNS) čine mozak i kičmena moždina. Nervno tkivo koje gradi organe centralnog nervnog sistema, a na osnovu položaja tela i mijelinom obloženih aksona, deli se na sivu masu (*substantia grisea*) i belu masu (*substantia alba*). Centralni nervni sistem je obavljen vezivno tkivnim opnama koje se nazivaju moždanice, a to su: tvrda moždanica (*dura mater*), paučinasta (*arachnoidea*) i meka moždanica (*pia mater*). Tvrda moždanica je spoljašnji omotač i naleže na kosti lobanjske duplje, odnosno pršljenove, ispod nje se nalazi paučinasta moždanica. Meka moždanica je najdublja i naleže na površine mozga i kičmene moždine. Između kosti i tvrde moždanice, na pojedinim mestima, se nalazi epiduralni prostor (*cavum epidurale*), između tvrde i paučinaste se nalazi *cavum subdurale*, a između paučinaste i meke moždanice je *cavum subarachnoideale*.

Mozak (encephalon) je organ zadužen za regulaciju, koordinaciju i integraciju ostalih delova nervnog sistema. Smešten je u lobanjskoj duplji, dobro zaštićen kostima. Prema anatomskom izgledu mozak se može podeliti na veliki mozak (*cerebrum*), mali mozak (*cerebellum*), međumozak (*diencephalon*) i moždano stablo (*truncus encephali*). Moždano stablo se deli na srednji mozak (*mesencephalon*), most (*pons*) i produženu moždinu (*medulla oblongata*) (Slika 6.1).

Veliki mozak (cerebrum) se sastoji od dve polovine (*hemisphaeria cerebri*) koje razdvaja uzdužna pukotina (*fissura longitudinalis cerebri*). Hemisfere su medijalno povezane žuljevitim telom (*corpus callosum*). Na površini hemisfera se uočavaju žlebovi (*sulci cerebri*) i vijuge (*gire cerebri*). Na preseku hemisfere uočava se siva masa (*substantia grisea*) koja se naziva i kora velikog mozga i raspoređena je na periferiji organa. Ispod kore se nalazi bela masa (*substantia alba*). Kora velikog mozga (*cortex cerebri*) je građena od nervnih ćelija, nervnih vlakana, glija ćelija i kapilara. Neuroni u kori velikog mozga se razlikuju po obliku i veličini tela, kao i po dužini, broju i orijentaciji nastavaka (dendrita i neurita).



Slika 6.1. Medijalni presek mozga svinje

VM – veliki mozak (*cerebrum*), **žt** – žljevitno telo (*corpus callosum*), **mk** – mirisna kvržica (*bulbus olfactorius*), **MM** – mali mozak (*cerebellum*), **MeM** – međumozak (*diencephalon*), **h** – hipofiza, **SM** – srednji mozak (*mesencephalon*), **Mo** – most (*pons*), **PM** – produžena moždina (*medulla oblongata*).

Usled te razlike, kora velikog mozga je podeljena na slojeve (Slika 6.2), a nazivi slojeva potiču od tipova neurona koji u njima dominiraju:

I *Lamina molecularis* – površinski sloj, sadrži uglavnom dendrite i aksone neurita iz dubljih slojeva, ali i malobrojne neurone vretenastog oblika.

II *Lamina granularis externa* – tanak sloj u kome dominiraju neuroni zvezdastog oblika i male piramidalne ćelije.

III *Lamina pyramidalis externa* – sloj sa umereno gustom populacijom neurona među kojima dominiraju piramidalne ćelije srednje veličine (10–40 μm), dok su neuroni sa zvezdastim, vretenastim i poligonalnim telima manje zastupljeni.

IV *Lamina granularis interna* – sloj sa gusto raspoređenim zvezdastim neuronima.

V *Lamina pyramidalis interna* – sadrži veliki broj krupnih piramidalnih neurona i manji broj neurona sa zvezdastim, vretenastim i poligonalnim telima.

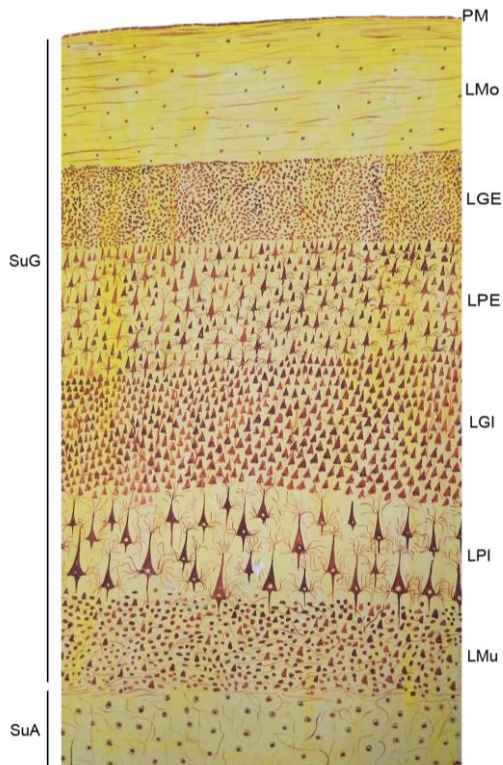
VI *Lamina multiformis* – najdublji sloj koji naleže na belu masu, sadrži tela neurona različitog oblika i veličine.

Ranije je opisano da siva masa sadrži tela neurona, dendrite i glija ćelije, dok bela masa

sadrži mijelizovane aksone. Delovi sive supstance, unutar bele, nazivaju se jedra (*nuclei*). U velikom mozgu delovi sive supstance unutar bele nazivaju se bazalna jedra, odnosno *nuclei basales*.

Mali mozak (*cerebellum*) je loptastog oblika, a sastoji se od dela koji se naziva crv (*vermis cerebelli*) i dve hemisfere (*hemispheria cerebelli*) sa lateralnih strana. Na površini malog mozga nalaze se pukotine (žlebovi) koje ga dele na režnjeve i manje pukotine koje režnjeve dele na manje celine. Na preseku malog mozga uočavaju se siva masa spolja i bela masa u unutrašnjem delu. Bela masa se iz središnjeg dela uzdiže i pruža kroz režnjeve sive mase, tako da gradi izgled stabla koji se naziva drvo života (*arbor vitae*). Siva masa gradi koru malog mozga (*cortex cerebelli*), a sastoji se od nervnih ćelija, glija ćelija i krvnih sudova. Nervne ćelije kore malog mozga su raspoređene u tri sloja: molekularni sloj (*stratum moleculare*), srednji (*stratum ganglionare*) i unutrašnji sloj (*stratum granulosum*). Molekularni sloj je najširi. Izgrađen je od malobrojnih zvezdastih i korpastih neurona. U ovom sloju dominiraju dendriti Purkinjeovih ćelija, kruškastih nervnih ćelija smeštenih u ganglijskom sloju. Purkinjeove ćelije su, u ganglijskom sloju, raspoređene u jednom redu. Od ovih ćelija polaze grupe dendrita ka molekularnom sloju. Aksoni ovih ćelija prolaze kroz granulozni sloj i dalje kroz

belu masu. Granulozni sloj se sastoji od zrnastih nervnih ćelija, mreže nervnih vlakana i glija ćelija. Zrnaste nervne ćelije malog



Slika 6.2. Građa velikog mozga

SuG – *substantia grisea*, **PM** – *pia mater*, **LMo** – *lamina molecularis*, **LGE** – *lamina granularis externa*, **LPE** – *lamina pyramidalis externa*, **LGI** – *lamina granularis interna*, **LPI** – *lamina pyramidalis interna*, **LMu** – *lamina multiformis*, **SuA** – *substantia alba*

mozga se dele na brojnije – male i malobrojnije – velike.

Međumozak (*diencephalon*) se vidi na ventralnoj strani mozga. U nekim udžbenicima se navodi kao deo moždanog stabla. Deli se na četiri dela od kojih ćemo pomenuti *epithalamus* i *hypothalamus*. *Epithalamus* je deo na kome se nalazi smeštena endokrina žlezda epifiza (*epiphysis cerebri seu glandula pinealis*). *Hypothalamus* gradi dno međumozga i na njemu se sa ventralne strane uočava ukrštanje očnih nerava (*chiasma opticum*). Od hipotalamusa se pruža i drška u obliku levka (*infundibulum*) koja endokrinu žlezdu hipofizu (*hypophysis, glandula pituitaria*) veže za međumozak.

Srednji mozak (*mesencephalon*) je deo moždanog stabla u kome su smešteni centri za sluh i vid. Ventralno na bazi mozga, kao deo srednjeg mozga, nalaze se moždani kraci

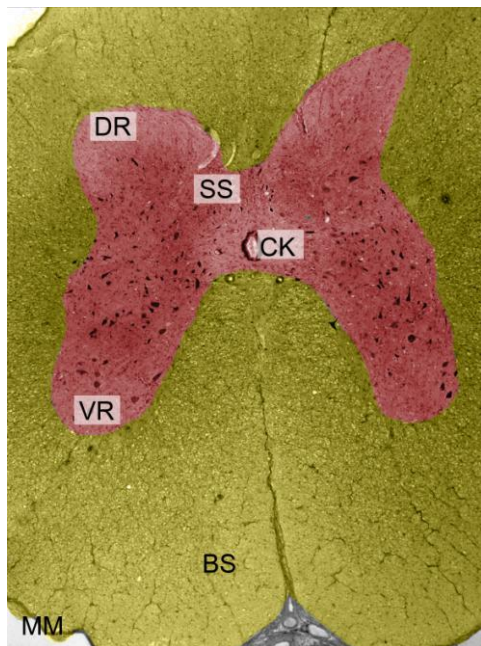
(*pedunculi cerebri*). Kroz moždane krake prolaze putevi nervnih vlakana iz hemisfera velikog mozga do jedara mosta, produžene i kičmene moždine.

Most (*pons*) je poprečno smešten, uzdignuti deo na bazi mozga. Leži na ventralnoj površini moždanog stabla i oštro je odvojen rostralno i kaudalno. U njemu se nalazi više puteva koji vode do malog mozga. **Produžena moždina (*medulla oblongata*)** je kaudalni deo moždanog stabla. U produženoj moždini se nalazi veći broj jedara pomoću kojih se koordinira disanje i cirkulacija, ali i refleksi gutanja, kivanja, lučenje suza.

Kičmena moždina (*medulla spinalis*) je deo CNS-a smešten u kičmenom kanalu. Nastavlja se na produženu moždinu, a pruža se od prvog vratnog pršljena do sredine krsne kosti. Beličaste je boje, izduženo valjkastog oblika, dorzoventralno blago spljoštena. U zavisnosti od dela kičmenog stuba gde prolazi deli se na *pars cervicalis*, *pars thoracalis*, *pars lumbalis* i *pars sacralis*. Kičmena moždina je podeljena na dve simetrične polovine dorzalnim žlebom (*sulcus medianus dorsalis*) i ventralnom pukotinom (*fissura mediana ventralis*). Na dorzolateralnom delu kičmene moždine, sa obe strane, u kičmenu moždinu ulaze nervna vlakna i grade dorzalni spinalni koren (*radix dorsalis*). Ventrolateralno, s obe strane kičmene moždine, izlaze nervna vlakna i grade ventralni spinalni koren (*radix ventralis*). Na poprečnom preseku kičmene moždine vidi se siva masa (*substantia grisea*) koja je smeštena u središnjem delu i oko nje raspoređena bela masa (*substantia alba*).

Na poprečnom preseku, siva masa ima izgled leptira (ili slova H), odnosno formira stubove. Ovi stubovi imaju izgled rogova, tako da se dorzalni stubovi nazivaju dorzalni rogovi (*cornu dorsale*), dok se ventralni stubovi nazivaju ventralni rogovi (*cornu ventrale*) (Slika 6.3). U torako-lumbalnom delu se nalaze i bočni, odnosno lateralni rogovi (*cornu laterale*). Dorzalni rogovi se nazivaju i senzitivni rogovi jer u njima završavaju aferentna nervna vlakna koja nose informaciju sa periferije do CNS-a. Ventralni rogovi su i motorni rogovi jer od njih polaze motorni (eferentni) neuroni koji nose informacije od CNS-a do periferije. Motorni neuroni su zvezdastog oblika i najkрупnije ćelije sive mase kičmene moždine. U lateralnim rogovima nalaze se neuroni autonomnog nervnog sistema. Bela masa okružuje sivu masu i

uglavnom se sastoji od dolaznih i odlaznih nervnih vlakana, od kojih će se formirati dorzalni i ventralni spinalni korenovi (*radix dorsalis et ventralis*).



Slika 6.3. Kičmena moždina

MM – meka moždanića, BS – bela supstanca (*substantia alba*), SS – siva supstanca (*substantia grisea*), DR – dorzalni rog, VR – ventralni rog, CK – centralni kanal

U mozgu postoje četiri šupljine: dve su parne, lateralne (*ventriculus lateralis*), po jedna u svakoj hemisferi, i dve neparne, treća (*ventriculus tertius*) i četvrta moždana komora (*ventriculus quartus*). U kičmenoj moždini se nalazi centralni kanal (*canalis centralis*). Sve ove šupljine međusobno komuniciraju, ispunjene su cerebrospinalnom tečnošću (*liquor cerebrospinalis*). Cerebrospinalna tečnost se nalazi i u prostoru između paučinaste i meke moždanice (*cavum subarachnoideale*). Cerebrospinalna tečnost je bistra i bezbojna, nastaje iz krvne plazme krvnih sudova mozga. Ova tečnost pruža mehaničku zaštitu nervnom sistemu, dovodi materije neophodne za ishranu, a odvodi produkte metabolizma i obavlja uloge limfe koje nema u centralnom nervnom sistemu.

Periferni nervni sistem (PNS) čine periferni nervi i odgovarajući ganglioni. Periferni nervi su cerebrospinalni nervi (moždani nervi i nervi kičmene moždine) i autonomni nervi. **Nervi kičmene moždine ili spinalni nervi** (*n. spinales*) su snopovi mijelizovanih ili nemijelizovanih

nervnih vlakana koje okružuje vezivno tkivo. Mešovitog su tipa, odnosno sadrže i senzitivna i motorna nervna vlakna, odnosno istim nervom se dovode informacije do CNS i vraćuju informacije od CNS-a do efektornih organa. Ovim nervima se u mnogim slučajevima pridružuju i nervna vlakna autonomnog nervnog sistema. Broj ovih nerava odgovara broju pršljenova u pojedinim delovima kičmenog stuba, osim u vratnom i repnom delu. U skladu sa građom kičmene moždine, svaki nerv kičmene moždine počinje dorzalnim i ventralnim krenom. Već je rečeno da dorzalni koren nosi aferentna (senzitivna) nervna vlakna, a ventralni eferentna (motorna) nervna vlakna. Još unutar kičmenog kanala, dorzalni i ventralni koren se spajaju u jedinstveni nerv (*n. spinalis*) koji iz kičmenog kanala izlazi kroz *foramen intervertebrale*, odnosno otvoru koji se nalazi između dva susedna pršljena. Svi spinalni nervi su parni, jer izlaze sa leve i desne strane kičmenog stuba. Nakon izlaska iz kičmenog kanala nerv se deli na dorzalnu i ventralnu granu (*ramus dorsalis et ramus ventralis*). Dorzalne grane inervišu mišiće u neposrednoj blizini kičmenog stuba. Ostale delove inerviše ventralna grana. Ventralne grane pojedinih spinalnih nerava se udružuju i grade spletove (*plexus*). Ventralne grane poslednja tri vratna nerva i prva dva grudna formiraju *plexus brachialis* od koga se nastavljaju nervi za prednji ekstremitet. Poslednja tri slabinska nerva i prva dva krsna nerva formiraju *plexus lumbosacrales* koji daje nerve koji inervišu zadnje ekstremitete.

Kranijalni ili moždani nervi izlaze iz moždanog stabla i mogu biti senzitivni, motorni ili mešoviti. Ima ih 12 pari i to su:

1. *n. olfactorius* – senzitivni,
2. *n. opticus* – senzitivni,
3. *n. oculomotorius* – mešoviti,
4. *n. trochlearis* – motorni,
5. *n. trigeminus* – mešoviti,
6. *n. abducens* – motorni,
7. *n. facialis* – mešoviti,
8. *n. vestibulocochlearis* – senzitivni,
9. *n. glossopharyngeus* – mešoviti,
10. *n. vagus* – mešoviti,
11. *n. accessorius* – motorni i
12. *n. hypoglossus* – motorni.

Senzitivni nervi prenose informacije od čulnih organa do ganglionu, a zatim od ganglionu do odgovarajućih moždanih centara. Motorni nervi polaze od motornih jedara u moždanom stablu i impulse sprovode do poprečno-prugastih mišićnih ćelija na periferiji. Mešoviti nervi sadrže i senzitivna i motorna nervna vlakna, a pojedini mešoviti nervi sadrže i nervna vlakna autonomnog nervnog sistema i služe za inervaciju glatkomišićnih ćelija i žlezda. Moždani nervi lobanjsku duplju napuštaju kroz otvore, kanale i pukotine.

Ganglioni su grupe nervnih ćelija i glija ćelija van centralnog nervnog sistema, koje grade strukture u obliku čvorova. Smešteni su na putu pružanja nerava, odnosno čine deo autonomnog nervnog sistema, nalaze se kod pojedinih moždanih nerava i kod svih nerava kičmene moždine. Razlikuju se senzitivno-spinalni i autonomno-vegetativni ganglioni.

Autonomni ili vegetativni nervni sistem je deo perifernog nervnog sistema, a sastoji se od nervnih vlakana, nervnih spletova i ganglionu koji utiču na funkcionisanje unutrašnjih organa. Vegetativni nervni sistem reguliše disanje, cirkulaciju, varenje, metabolizam, reprodukciju i druge životne funkcije. Reč autonomni potiče od njegove funkcije da deluje bez uticaja volje. Autonomni nervni sistem je povezan sa motornom inervacijom glatkih mišića u organima i krvnim sudovima i regulacijom funkcije endokrinih i egzokrinih žlezda. Anatomski i funkcionalno, autonomni nervni sistem se deli na simpatikusni (*pars sympathica*) i parasimpatikusni deo (*pars parasympathica*). Oba ova dela se sastoje od nervnih vlakana koja povezuju CNS sa organima koje inervišu. Deluju istovremeno, ali kao antagonisti. Centri parasimpatikusa se nalaze u moždanom stablu i lateralnim rogovima krsnog dela kičmene moždine. Centri simpatikusa se nalaze u lateralnim rogovima grudnog i slabinskog dela kičmene moždine.

NERVNI SISTEM ŽIVINE

Nervni sistem živine je podeljen na centralni nervni sistem (CNS) i periferni nervni sistem (PNS). CNS se deli na mozak (*encephalon*) i kičmenu moždinu (*medulla spinalis*). Delovi mozga su veliki mozak (*cerebrum*), mali mozak

(*cerebellum*), međumozak (*diencephalon*), srednji mozak (*mesencephalon*) i zadnji mozak (*rhombencephalon*).

Veliki mozak je podeljen dubokom pukotinom (*fissura interhemispherica*) na dve hemisfere koje su glatke bez vijuga i brazda. Na oralnoj strani veliki mozak se završava vretenasto mirisnim izdancima (*bulbus olfactorius*). Na dorzalnoj strani se nalaze dva sagitalna uzvišenja (*eminentia sagittalis*). Sa ventralne strane, bazi mozga, nalaze se moždani kraci, *pedunculi cerebri*. Sa ove strane leži i hipofiza (*hypophysis*) koja se nalazi u blizini raskrsnice vidnih nerava (*chiasma opticum*). Thalami optici se vide spolja, a *corpora quadrigemina* ima samo dva brežuljka. Na bazi mozga nedostaje: *corpus mammilare* i *pons cerebri*, a u unutrašnjosti velikog mozga nedostaje: *corpus calosum*, *hypocampus* i *septum pellucidum*. Poprečna useklina (*fissura cerebrocerebellaris*) odvaja veliki od malog mozga. Mali mozak se sastoji od dve hemisfere (*hemispherium cerebelli*) i dobro razvijenog crva (*vermis cerebelli*) u sredini. Na malom mozgu se uočavaju brazde i vijuge.

Kičmena moždina (*medulla spinalis*) se pruža kroz kičmeni kanal i završava se u krsnom delu kičmenog stuba. Građa kičmene moždine ptica odgovara građi kod sisara.

Periferni nervni sistem obuhvata moždane (*nervi craniales*) i spinalne nerve (*nervi spinales*). Ukupan broj moždanih nerava je 12 pari. Značajna komunikacija XI i XII moždanog nerva otežava interpretaciju porekla i inervaciju pojedinih ciljnih delova. Broj pari spinalnih nerava odgovara broju pršljenova, a podeljeni su po grupama (*nn. cervicales*, *nn. thoracici*, *nn. synsacrales et nn. caudales*).

7. ENDOKRINE ŽLEZDE – *GLANDULAE ENDOCRINAE*

Endokrinologija je nauka koja se bavi izučavanjem endokrinog sistema, odnosno endokrinih žlezda (*glandulae endocrinae*). Pod endokrinim sistemom podrazumevaju se sve endokrine žlezde, odnosno žlezde koje svoje produkte izlučuju u krv. Nazivaju se i žlezde sa unutrašnjim lučenjem. Proizvodi ovih ćelija su hormoni koji predstavljaju vrstu signalnih molekula koji su uključeni u međućelijsku komunikaciju. Hormoni putem krvi dospevaju do svih delova tela i utiču na sve ćelije koje poseduju receptore za njih, odnosno ciljne ćelije. Taj način komunikacije se zove endokrina regulacija. Postoji i mogućnost da hormoni deluju u neposrednoj blizini ćelija koje ih luče, putem međućelijske tečnosti i taj vid komunikacije je parakrina regulacija. Receptori su proteinske strukture koje se nalaze na ćeliji ili unutar nje, imaju mogućnost da se sa hormonom vežu, aktiviraju, promene svoju strukturu i izazovu niz promena unutar ćelije. Te promene predstavljaju odgovor ćelije. Hormoni donose informaciju do ćelije i nazivaju se primarni glasnici. Molekuli koji nastaju unutar ćelije nakon vezivanja sa receptorima i prenose informaciju dalje unutar ćelije se nazivaju sekundarni glasnici.

Po svojoj hemijskoj prirodi, hormoni mogu biti peptidi, proteini, steroidi ili biogeni amini. Uloga hormona je da regulišu životne funkcije organizma i da ih integrišu u harmoničnu celinu (održavanje homeostaze). Funkciju endokrinog sistema nadopunjuje funkcija nervnog sistema i zato se ova dva sistema opisuju zajedno, kao jedinstveni neuroendokrini sistem.

Endokrine žlezde su organizovane na više načina:

- zasebni endokrini organi (hipofiza, epifiza, štitasta, paraštitasta, nadbubrežna žlezda),
- grupe ćelija locirane u pojedinim organima kojima osnovna funkcija nije endokrina (Langerhansova ostrvca u gušterači, zatim u jajniku omotači folikula i žuto telo, Leydigove ćelije u semeniku),
- pojedinačne ćelije sa endokrinom funkcijom raspoređene između epitelnih ćelija različitih organskih sistema (digestivni, respiratorni, urinarni) ili

unutar parenhima pojedinih organa (srce, bubrež, jetra).

Hipofiza (*glandula pituitaria, hypophysis*)

Hipofiza ima važnu ulogu u regulaciji čitavog endokrinog sistema i smatra se glavnom endokrinom žlezdom u organizmu. Hipofiza je neparni organ, smešten ventralno od međumozga, u udubljenju klinaste kosti. Sastoji se iz dva dela, embriološki različitog porekla i funkcijski odvojenih. To su nervni deo, neurohipofiza (*neurohypophysis*) i žlezdani deo, adenohipofiza (*adenohypophysis*) (Slika 7.1).

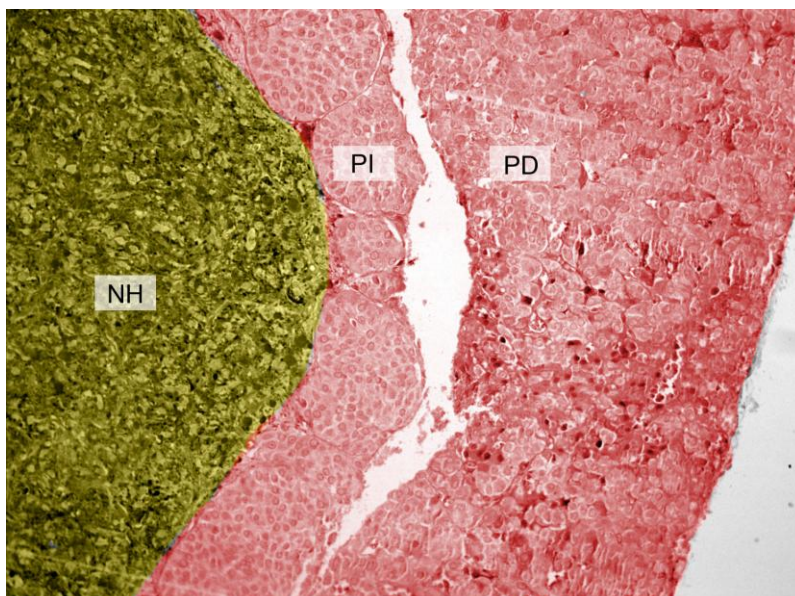
Neurohipofiza je kaudalno postavljena u odnosu na adenohipofizu i naziva se zadnji režanj. Neurohipofiza je nervni nastavak hipotalamusa i sastoji se od drške (*infundibulum*) koja ih povezuje i distalnog većeg dela (*lobus nervosus*). U distalnom delu neurohipofize se skladište i iz njega otpuštaju hormoni koji su nastali u neurosekretornim ćelijama smeštenim u jedrima hipotalamusa (*nucleus supraopticus* i *nucleus paraventricularis*). Ti hormoni su oksitocin i vazopresin, a do neurohipofize dolaze u obliku granula koje se spuštaju duž aksona neurosekretornih ćelija, u neurohipofizi se privremeno skladište i po potrebi otpuštaju u kapilarnu mrežu. U neurohipofizi postoje i specifične neuroglia ćelije – pituiciti. Ove ćelije su raspoređene između nervnih vlakana, različite veličine sa okruglim ili ovalnim jedrima.

Adenohipofiza je rostralno postavljena u odnosu na neurohipofizu i naziva se prednji režanj. Nastavlja se na dršku (*infundibulum*) i taj deo se naziva *pars infundibularis*. Deo adenohipofize koji se graniči sa neurohipofizom naziva se srednji režanj (*pars intermedia*), a najveći deo adenohipofize čini *pars distalis* (Slika 7.1). *Pars distalis* je, kao i cela hipofiza, obavijen vezivnotkivnim omotačem. U parenhimu ovog dela hipofize nalaze se sinusoidni kapilari i žlezdane ćelije raspoređene u grupama ili nizovima. Žlezdane ćelije adenohipofize su poligonalnog oblika. U zavisnosti od afiniteta prema bojama, ove ćelije mogu biti hromofobne – čija citoplazma nakon bojenja ostaje nebojena i hromofilne – koje se boje rutinskim histološkim

metodama. Hromofilne se, u zavisnosti od boja kojim se boje, dele na acidofilne – boje se kiselim bojama i bazofilne – boje se baznim

Epifiza (*Epiphysis cerebri*)

Epifiza je endokrina žlezda morfološki i



Slika 7.1. Građa hipofize

NH – neurohipofiza, **PI** – *pars intermedia* adenohipofize, **PD** – *pars distalis* adenohipofize

bojama. Uzimajući u obzir njihovu građu, prirodu hormona koje luče, kao i ciljne organe na koje njihovi produkti (hormoni) deluju, acidofilne ćelije se dele na somatotropne i mamotropne, bazofilne na tireotropne i gonadotropne, a hromofobne su kortikotropne. Somatotropne ćelije luče hormon rasta (STH). Mamotropne ćelije se nazivaju i prolaktinske i sintetišu laktotropni hormon koji se naziva i prolaktin. Tireotropne ćelije luče tireostimulirajući hormon (TSH) koji pospešuje aktivnost ćelija štitaste žlezde. Gonadotropne ćelije luče folikulo-stimulirajući hormon (FSH) i luteinizirajući hormon (LH) koji regulišu aktivnost polnih žlezda (semenika i jajnika). Kortikotropne ćelije sintetišu adenokortikotropni hormon (ACTH) koji utiče na aktivnost nadbubrežne žlezde.

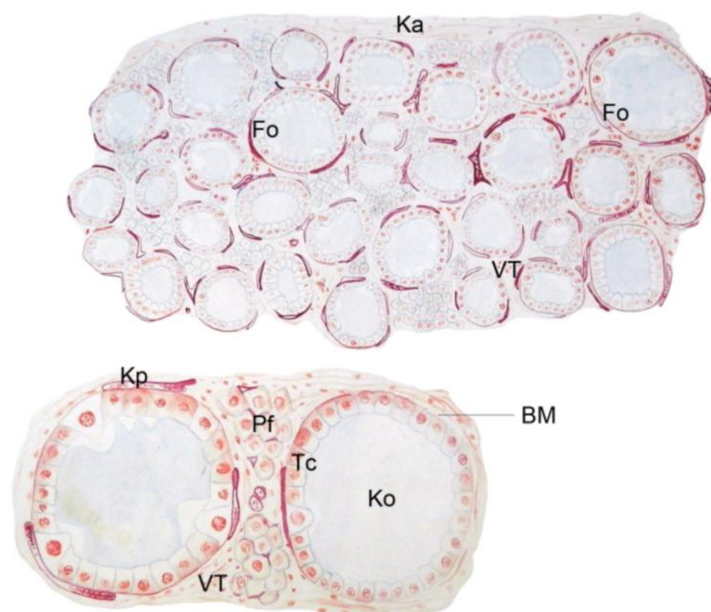
Aktivnost pomenutih ćelija je regulisana različitim hormonima hipotalamusa (oslobađajućim ili inhibirajućim). Ove hormone luče neurosekretorne ćelije hipotalamusa i transportuju ih aksonima do portalnog krvotoka hipofize. Putem portalnog krvotoka, oslobađajući i inhibišući hormoni, dolaze do ćelija adenohipofize. Kao odgovor na ove hormone, ćelije adenohipofize će lučiti ili prestati da luče svoje hormone, koje putem sinusoidnih kapilara ispuštaju u sistemsku cirkulaciju.

funkcionalno povezana sa centralnim nervnim sistemom. Nalazi se na krovu treće moždane komore, između malog mozga i hemisfera velikog mozga. To je neparni duguljasti organ, deo epitalamusa. Obavijena je tankom vezivnotkivnom kapsulom od koje polaze pregrade i dele žlezdu na nepotpune režnjiće. U režnjićima se nalaze žlezdane ćelije – pinealociti, glija ćelije, nervna vlakna i krvni sudovi. Pinealociti su najbrojnije ćelije i sekretuju melatonin, serotonin i neke neurotransmitere.

Štitasta žlezda (*glandula thyroidea*)

Štitasta žlezda se nalazi ventralno na dušniku sa obe strane i njen kranijalni deo ponekad prekriva grkljan. Kod domaćih životinja, sastoji se od levog i desnog režnja (*lobus sinister* i *lobus dexter*) koji su kaudalno povezani sa vezivnotkivnom trakom (*isthmus*) preko ventralne strane dušnika. Razlika je samo kod svinja kod kojih se neparni kompleks nalazi sa ventralne strane dušnika.

Štitastu žlezdu obavija vezivnotkivna kapsula od koje polaze pregrade koje žlezdu dele na režnjiće. U režnjićima se nalaze folikuli koji predstavljaju primarnu morfološku i funkcionalnu jedinicu štitaste žlezde (Slika 7.2). Svaki folikul je obavijen bazalnom membranom



Slika 7.2. Štitasta žlezda

Ka – kapsula, **Fo** – folikul, **VT** – vezivno tkivo, **BM** – bazalna membrana, **Tc** – tireociti, **Ko** – koloid, **Kp** – kapilar, **Pf** – parafolikularne (C) ćelije

na koju sa jedne strane naležu retikulinska vlakna i bogata mreža kapilara sinusoidnog tipa. Sa druge strane bazalne membrane naleže jedan sloj žlezdanih ćelija koje se nazivaju tireociti. Apikalnim delovima tireociti grade šupljinu folikula (*cavum folliculi*). Visina tireocita može biti različita, u skladu sa stepenom njihove aktivnosti. Šupljina folikula je ispunjena ređim ili gušćim sadržajem – koloidom. Koloid nastaje kao rezultat aktivnosti tireocita i sadrži glikoproteine i enzime. Sekretorni proces štitaste žlezde se odvija kroz nekoliko faza: sekrecija, deponovanje i oslobađanje hormona. Tireociti sintetišu tireoglobulin i kao proteinsku supstancu koja veže jod luči u šupljinu folikula u obliku koloida. Po potrebi, tireociti će uzimati delove koloida i od tireoglobulina, delovanjem proteolitičkih enzima, oslobađati hormone u sinusoidne kapilare. Hormoni su tiroksin – T_4 i trijodtironin – T_3 . U vezivnom tkivu, oko folikula se nalaze i parafolikularne ćelije koje se nazivaju i C ćelije. Ove ćelije luče hormon kalcitonin.

Hormoni štitaste žlezde kontrolišu tok metabolizma, regulišu telesnu temperaturu, utiču na metabolizam ugljenih hidrata i nivo kalcijuma u krvi. Sekretornu aktivnost štitaste žlezde regulišu tireotropni hormon (TSH) adenohipofize.

Paraštitasta žlezda (*glandula parathyroidea*)

Paraštitaste žlezde su bilateralne male epitelne tvorevine smeštene uz štitastu žlezdu. Grupe žlezdanih ćelija okružene su vezivnotkivnim omotačem koji gradi kapsulu. Od kapsule polaze pregrade tzv. septe koje prodiru u unutrašnjost žlezde deleći je na režnjice. Vezivno tkivo gradi intersticijum, dok se u parenhimu nalaze žlezdane ćelije ili paratireociti. Paratireociti se dele na glavne i oksifilne ćelije. Glavne ćelije su brojnije, dok oksifilne nisu prisutne kod svih životinja. Žlezdane ćelije paraštitaste žlezde luče parathormon, koji zajedno sa kalcitoninom C-ćelija štitaste žlezde, reguliše koncentraciju kalcijuma i fosfora u krvnom serumu, delujući na procese u kostima i apsorpciju kalcijuma u digestivnom traktu.

Nadbubrežna žlezda (*glandula adrenalis seu suprarenalis*)

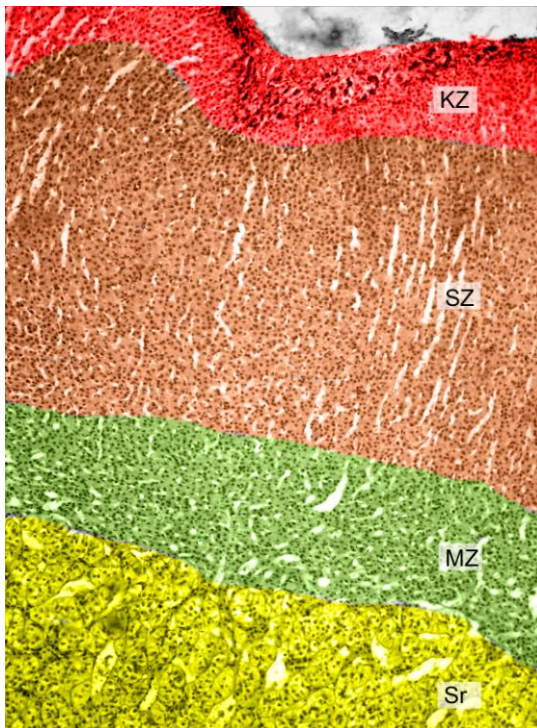
Nadbubrežne žlezde su parne žlezde. Smeštene su kranio-medijalno blizu prednjeg pola odgovarajućeg bubrega u retroparijetalnom prostoru na dorzalnom delu trbušnog zida. Oblik im je asimetričan i nepravilan, značajno varira u zavisnosti od vrste životinja. Nadbubrežna žlezda je složen endokrini organ, građen iz dva dela embrionalno različitog porekla, čije ćelije luče i

dve vrste funkcionalno i strukturno različitih hormona, i to steroidne hormone i kateholamine.

Nadbubrežnu žlezdu obavija vezivnotkivna kapsula od koje polaze vezivnotkivne gredice. Ove gredice ulaze u parenhim koji je građen od žlezdanih ćelija. Na preseku nadbubrežne žlezde uočavaju se dva dela – spoljašnji svetliji, kora (*cortex*) i unutrašnji tamniji, srž (*medulla*) (Slika 7.3). U zavisnosti od rasporeda žlezdanih ćelija kore (kortikocita) u kori se razlikuju tri zone:

- zona *glomerulosa* ili klupčasta zona,
- zona *fasciculata* ili snopovna zona i
- zona *retikularis* ili mrežasta zona.

Klupčasta zona se nalazi odmah ispod kapsule. Ćelije ove zone formiraju ovalne grupe, glomerule, po kojima je ova zona dobila ime.



Slika 7.3. Građa nadbubrežne žlezde

KZ – klupčasta zona (*zona glomerulosa*), **SZ** – snopovna zona (*zona fasciculata*), **MZ** – mrežasta zona (*zona reticularis*), **Sr** – srž (*medulla*)

Produkti lučenja ovih ćelija su mineralokortikosteroidi, najznačajniji je aldosteron. Ova grupa hormona reguliše promet natrijuma i kalijuma i balans vode.

Snopovna zona je najšira zona kore i grade je prizmatične vakuolizovane ćelije. Ćelije se pružaju radijalno, u snopovima od klupčaste zone prema srži. Raspored ovih ćelija u snopove je posledica dobro razvijene kapilarne mreže, oko

koje se ćelije raspoređuju. Zbog velike količine lipidnih kapi smeštenih u vakuole, ćelije snopovne zone se nazivaju i spongiociti. Ćelije snopovne zone luče glukokortikosteroide, najpoznatiji je kortizol i deluju na metabolizam ugljenih hidrata, masti i proteina.

Mrežasta zona je građena od nepravilnih nizova ćelija, koji su raspoređeni u obliku mreže. Između ćelija mrežaste zone se nalazi dobro razvijena kapilarna mreža. Glavna uloga ćelija ove zone je lučenje androgenih (muških polnih) hormona. Lučenje androgenih hormona iz ćelija mrežaste zone, kao i hormona ostalih zona kore je pod uticajem adrenokortikotropnog hormona (ACTH) iz prednjeg režnja hipofize.

Srž nadbubrežne žlezde je građena od žlezdanih ćelija (medulocita), ganglijskih ćelija i krvnih sudova. U srži se nalazi središnja vena (*v. centralis*) oko koje su raspoređeni medulociti. Medulociti se dele, u zavisnosti od proizvoda lučenja, na one koje luče adrenalin – adrenalocite i one koje luče noradrenalin – noradrenalocite. Ova dva jedinjenja spadaju u grupu biogenih amina, odnosno kateholamina. Odnos broja adrenalocita i noradrenalocita zavisi od vrste životinja, ali i od različitih fizioloških stanja. Adrenalin i noradrenalin imaju uticaj na aktivnost glatkomišićnog tkiva i metabolizam, a naročito su značajni tokom reakcije organizma na stresore.

ENDOKRINI SISTEM ŽIVINE

Endokrine žlezde kod živine su: hipofiza, epifiza, štitasta žlezda, paraštitasta žlezda, ultimobranhijalna žlezda i nadbubrežna žlezda.

Hipofiza (*hypophysis*) – locirana na bazi velikog mozga, sastoji se iz dva dela: prednji (*adenohypophysis*) i zadnji režanj (*neurohypophysis*). Prednji režanj hipofize luči stimulativne hormone i to: tireostimulirajući, adrenokortikotropni, melanostimulirajući, hormon rasta i gonadostimulirajuće hormone. Zadnji režanj hipofize sintetiše arginin vazopresin i skladišti i izlučuje oksitocin koji se sintetiše u hipotalamusu.

Pinealna žlezda (*gl. pinealis*) – veoma mala žlezda koja se nalazi na prelazu velikog u mali mozak, sa dorzalne strane. Sintetiše hormon melatonin.

Štitasta žlezda (*gl. thyroidea*) – sastoji se od dve crvenkasto-ljubičaste žlezde, veličine zrna graška koje leže u kranijalnom delu grudne duplje, u blizini dušnika, neposredno uz levu i desnu vratnu venu (vv. *jugulares*). Luče tiroksin i trijodtironin.

Paraštitasta žlezda (*gl. parathyroidea*) – parna žlezda, nalazi se neposredno pored štitastih žlezdi, žućkasto-bele boje. Luče parathormon, koji reguliše nivo kalcijuma u krvi.

Ultimobranhijalna žlezda (*gl. ultimobranchialis*) – veličine od 1 do 3 mm, locirana iza paraštitastih žlezda. Luči kalcitonin, koji zajedno sa parathormonom, učestvuje u regulaciji nivoa kalcijuma u cirkulaciji.

Nadbubrežna žlezda (*gl. adrenales*) – male parne žlezde, veličine oko 9 mm, locirane u blizini bubrega. Ne postoji jasna izdiferenciranost na koru i na srž, kao kod sisara. Čelije srži (medulociti) nalaze se difuzno rasute unutar kore nadbubrežne žlezde. Čelije kore (kortikociti) luče kortikosteron, aldosteron i 8-hidroksi-kortikosteron. Medulociti luče adrenalin i noradrenalin.

8. ČULA – *ORGANUM SENSUM*

Komunikacija organizma sa spoljašnjom sredinom se obavlja putem čula. Čula su organi u kojima postoje specijalizovane ćelije sposobne da prime nadražaj, da ga pretvore u električni impuls i aferentnim nervnim vlaknima prenesu do centralnog nervnog sistema. Ove ćelije se nazivaju receptori i mogu reagovati na hemijske, mehaničke, toplotne, svetlosne i zvučne nadražaje. Tokom evolucije pojedini receptori su se razvijali u specijalne senzitivne organe i to čulo mirisa – *organum olfactum*, čulo ukusa – *organum gustus*, čulo vida – *organum visus* i čulo sluha i ravnoteže – *organum vestibulocochlearis*. Čula se sastoje od receptora koji primaju nadražaje, aferentnih nervnih vlakana, koje nadražaj prenose do centralnog nervnog sistema i dela centralnog nervnog sistema koji obrađuje primljene nadražaje, odnosno formira čulni utisak.

Čulo mirisa (*Organum olfactum*)

Receptorne ćelije čula mirisa su smeštene u mirisnoj regiji sluzokože nosne duplje – olfaktivnoj sluzokoži. Ova regija se nalazi u aboralnom delu nosne duplje, a olfaktivna sluzokoža pokriva sitastu kost i deo nosne pregrade. U sluzokoži se nalaze specifične ćelije koje primaju hemijske nadražaje i pretvaraju ih u električni impuls. Ove ćelije su bipolarni neuroni čiji se dendriti nalaze na površini sluzokože, a aksoni formiraju *nn. olfactorius* koji nadražaj prenosi do velikog mozga, tačnije do dela koji se naziva *bulbus olfactorius*.

Histološki posmatrano, olfaktivna sluzokoža se sastoji od epitela – *lamina epithelialis* i krzna – *lamina propria*. *Lamina epithelialis* je pseudoslojevit trepljast epitel, a ćelije koje grade ovaj epitel su bazalne, potporne i senzitivne (receptorne). I bazalne i potporne ćelije naležu na bazalnu membranu, dok senzitivne ćelije svojim aksonima prolaze kroz nju. Bazalne ćelije se zovu i matične. Ovo su nediferencirane ćelije i njihovom deobom i diferencijacijom nastaju potporne i senzitivne ćelije. Okruglog ili trouglastog su oblika i ne dosežu do površine epitela. Potporne ćelije su najbrojnije ćelije u ovom epitelu, cilindričnog su oblika i na

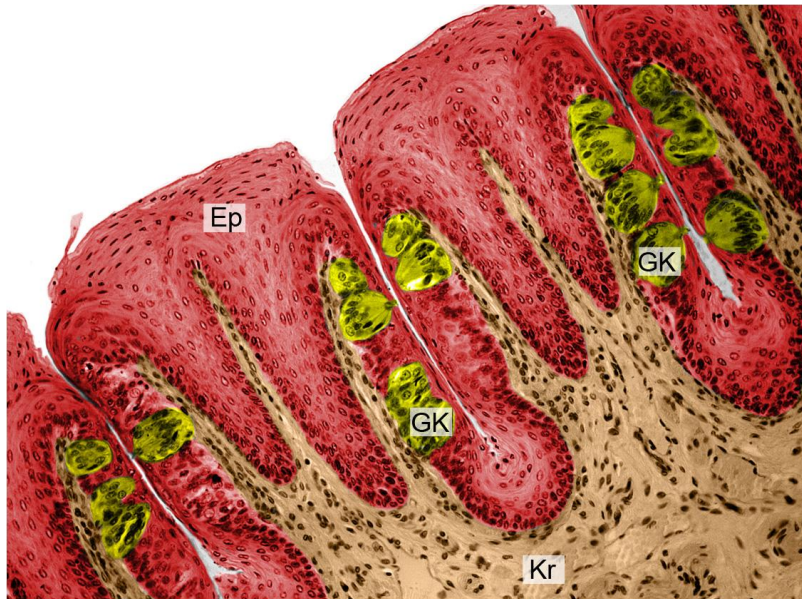
apikalnom delu imaju mikrovile. Ove ćelije imaju potpornu ulogu i metabolički pomažu senzitivnim ćelijama. Senzitivne, odnosno olfaktivne, ćelije su vretenasti bipolarni neuroni. Iz tela ovih ćelija, prema površini epitela pruža se dendritski produžetak koji se na površini širi i formira olfaktornu vezikulu. Od olfaktorne vezikule pružaju se olfaktivne treplje (cilije) koje su postavljene paralelno sa površinom epitela. Na ovim cilijama se nalaze receptori za miris. Za ove receptore se vezuju mirisne supstance koje izazivaju depolarizaciju membrane i stvaraju akcioni potencijal, odnosno impuls. Sa suprotnog dela tela bipolarnih neurona, pruža se aksonski produžetak koji se udružuje sa okolnim aksonima i formira aksonski snop. Aksonski snopovi se udružuju i formiraju mirisno vlakno (*filum olfactorium*). Mirisna vlakna prolaze kroz otvore na sitastoj kosti i formiraju mirisni nerv.

Krznno ili *lamina propria* se prostire od epitela do kosti. Građeno je od rastresitog vezivnog tkiva u kome se nalaze krvni i limfni sudovi. U krznu se nalaze i olfaktivne žlezde – Boumanove žlezde. Ove žlezde imaju izvodne kanale koji prolaze kroz epitel i završavaju na njegovoj površini. Sekret koji luče ove žlezde ima ulogu u rastvaranju i uklanjanju mirisnih supstanci sa površine olfaktivnog epitela.

Čulo ukusa (*Organum gustus*)

Čulo ukusa čine gustoreceptorne kvrčice koje se nalaze na jeziku, a u manjem broju i na nepcu i u ždreću. Na jeziku gustoreceptorne kvrčice su locirane na vrhu, zatim na rubovima i korenu. S obzirom da je površina jezika prekrivena pločastoslojevitim epitelom koji formira nabore – papile, lokalizacija gustoreceptorne kvrčice je vezana za pojedine vrste papila.

U zavisnosti od svog oblika, papile se dele na končaste papile (*papillae filiformes*), kupaste (*papillae conicae*), ivične (*papillae marginales*), pečurkaste (*papillae fungiformes*), listaste (*papillae foliate*) i opšančane (*papillae vallatae*). Pečurkaste, listaste i opšančane papile su i gustatorne papile, odnosno na njihovim bočnim



Slika 8.1. Listaste papile

Ep – pločastoslojevit epitel, **GK** – gustoreceptorne kvržice, **Kr** – krzno

stranama nalaze se raspoređene gustoreceptorne kvržice (Slika 8.1).

Gustoreceptorne kvržice su loptastog oblika sa medijalno raspoređenim ćelijama. Nalaze se ugrađene u pločastoslojevit epitel jezika. Na bazalnom polu ovih kvržica ćelije su u kontaktu sa nervnim vlaknima, a apikalni delovi su, preko otvora (pore), u komunikaciji sa usnom šupljinom. Kvržice se sastoje iz tri tipa ćelija: bazalne, potporne i neuroepitelne. Bazalne ili matične ćelije su nediferencirane ćelije i služe za obnavljanje druge dve vrste ćelija. Bazalne ćelije su trouglastog oblika, nalaze se u donjoj trećini kvržice i ne dolaze do pore. Potporne ćelije su visokoprizmatične, smeštene između neuroepitelnih. Pružaju mehaničku potporu neuroepitelnim ćelijama. Sintetišu supstancu koja ispunjava poru. Neuroepitelne ćelije su visoke, spljoštene ćelije i pružaju se do pore. Na apikalnim delovima ovih ćelija nalaze se dugi izdanci (mikrovile) i na njima hemijski receptori (hemoreceptori). Ovi receptori mogu da reaguju na hemijske supstance koje daju četiri vrste ukusa: slatko, slano, kiselo i gorko. Nakon vezivanja ovih supstanci sa receptorima, formira se impuls koji se preko neuroepitelnih ćelija prenosi na nervna vlakna koja su ogranci više moždanih nerava.

Čulo vida (*Organum visus*)

Čulo vida ima za cilj da iz okolne sredine prihvata svetlosne nadražaje, da ih pretvara u električni impuls i šalje do velikog mozga. Čulo vida se sastoji od očne jabučice (*bulbus oculi*), pomoćnih delova oka (*organa oculi accessoria*), očnih nerava (*nn. optici*) i vidnog centra (*area optica*) u jednoj, odnosno drugoj hemisferi mozga.

Očna jabučica (*bulbus oculi*)

Očna jabučica je loptastog oblika. Na njoj razlikujemo prednji deo (*polus anterior*) i zadnji deo (*polus posterior*). Prednji deo očne jabučice je manje zaobljen u odnosu na zadnji deo. Na prelazu između ova dva dela nalazi se žleb koji se naziva *sulcus sclerae*. Zid očne jabučice je građen iz tri sloja (omotača) koji ograničavaju unutrašnji prostor i njen sadržaj (Slika 8.2).

Omotači očne jabučice su:

- spoljašnji, vezivni omotač (*tunica fibrosa*) koji se sastoji od:
 - beonjače (*sclera*) i
 - rožnjače (*cornea*),
- središnji omotač (*tunica vasculosa*) koji se sastoji od:
 - sudovnjače (*choroidea*),
 - cilijarnog tela (*corpus ciliare*) i
 - dužice (*iris*),

- unutrašnji omotač, mrežnjača (*tunica interna, retina*) na kome se razlikuju:
 - vidni deo mrežnjače (*pars optica retinae*)
 - slepi deo mrežnjače (*pars ceca retinae*).

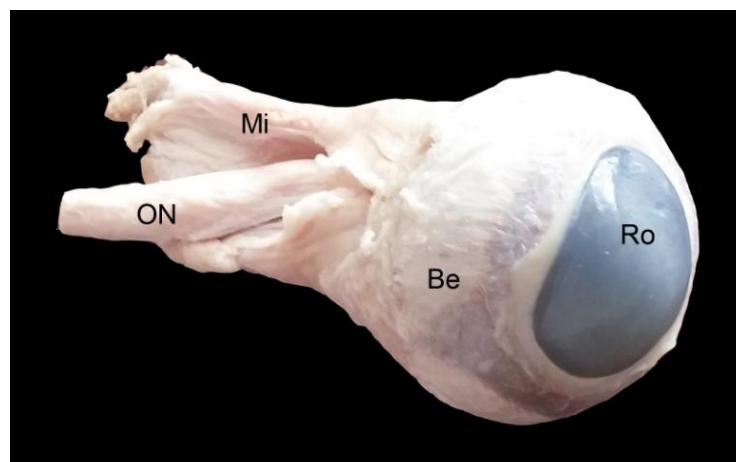
Spoljašnji omotač očne jabučice je kontinuiran, građen od gustog vezivnog tkiva. Sastoji se od dva dela: beličastog dela koji se naziva beonjača (*sclera*) koja čini 3/4 spoljašnjeg omotača i prozirnog dela, rožnjače (*cornea*) koja pokriva prednji deo.

Beonjača, pored kolagenih vezivnih vlakana, u svom sastavu ima i elastičnih vezivnih vlakana. Debljina beonjače varira, a najdeblja je na zadnjem delu, tačnije mestu gde beonjaču probijaju vlakna vidnog nerva (*n. opticus*). Debljina joj se smanjuje ka ekvatoru, a prema napred se zadebljava dok ne pređe u rožnjaču. Na tom prelazu sa unutrašnje strane se završava i cilijarni mišić (*m. ciliaris*). Rožnjača je prednji ispupčeni deo, proziran i nevaskularizovan. Njen osnovni deo (*substantia propria corneae*) se sastoji od paralelno raspoređenih kolagenih vlakana u obliku lamela. Ovaj raspored vlakana omogućuje prolaz svetlosti i njenu prozirnost.

Središnji omotač se nalazi između beonjače i mrežnjače. Nije kontinuiran omotač, na prednjem delu se nalazi otvor, zenica – *pupilla*. Srednji omotač je građen od rastresitog vezivnog tkiva koje sadrži pigmentne ćelije, elastična vlakna, nervna vlakna i gustu mrežu krvnih sudova. Sastoji se iz tri dela i to: sudovnjače (*choroidea*), cilijarnog tela (*corpus ciliare*) i dužice (*iris*). Najveći deo ovog omotača pripada sudovnjači koja je ime dobila po brojnim krvnim sudovima. Prekriva zadnji deo očne jabučice, dobro je

vaskularizovana i pigmentisana. Cilijarno telo je deo srednjeg omotača koji se nalazi između sudovnjače i dužice. U obliku prstena je, a sa njegove unutrašnje strane se nalaze cilijarni nastavci (*processus ciliares*) od kojih polaze vlaknaste strukture (*fimbriae zonulares*) koje završavaju na očnom sočivu. Epitelne ćelije cilijarnog tela stvaraju očnu vodicu (*humor aquosus*) koja isunjava prednju i zadnju očnu komoru. U vezivnotkivnoj stromi se nalazi *m. ciliaris*, glatki mišić čijim se kontrakcijama vrši akomodacija očnog sočiva, odnosno pomaže u fokusiranju posmatranih predmeta. Dužica (*iris*) je nastavak cilijarnog tela i gradi prednji deo srednjeg omotača. Dužica je tanki prsten koji naleže na prednju površinu očnog sočiva. Slobodni rub dužice ograničava zenicu (*pupilla*) kroz koju svetlost prolazi u zadnje delove oka. Na prednjoj površini dužice nalazi se epitel koji sadrži pigmentne ćelije. Ispod epitela je stroma u kojoj se nalaze kolagena vezivna vlakna, pigmentne ćelje, nervna vlakna, krvni sudovi. Pored njih, u stromi se nalaze i dva glatka mišića, sfinkter i dilatator zenice. Ova dva mišića učestvuju u širenju, odnosno skupljanju zenice i na taj način regulišu količinu svetlosti koja kroz zenicu prolazi.

Mrežnjača (*retina*) je unutrašnji omotač očne jabučice. Razvija se od međumozga (*diencephalon*) sa kojim ostaje u vezi preko vidnih nerava (*n. opticus*). Na mrežnjači se razlikuju prednji, slepi deo (*pars ceca retinae*) koji ne sadrži receptore osetljive na svetlost i na zadnji, optički deo (*pars optica retinae*) koji sadrži receptore. Slepi deo je jednostavnije građe u odnosu na optički deo i sastoji se iz spoljašnjeg i unutrašnjeg jednoslojnog epitela. Za razliku od



Slika 8.2. Oko govečeta

Ro – rožnjača, **Be** – beonjača, **Mi** – mišići očne jabučice, **ON** – očni nerv

njega, optički deo mrežnjače je složenije građe. Ovaj deo je zadužen za pretvaranje energije svetla u električne impulse i to kao proizvod hemijske reakcije. Optički deo mrežnjače se deli na spoljašnji pigmentisani sloj (*stratum pigmentosum retinae*) i unutrašnji nervni sloj (*stratum nervosum retinae*). Pigmentisani sloj je građen od jednoslojnog prizmatičnog epitela, a ćelije su pigmentisane i u kontaktu sa fotoreceptorima nervnog sloja. Nervni sloj mrežnjače je slojevit. Sastoji se iz najmanje 15 tipova neurona koji su podeljeni u tri funkcionalne grupe i to: konduktorni neuroni, fotoreceptori i asocijativni neuroni. Pored neurona, u optičkom delu mrežnjače nalaze se i glija ćelije. Unutrašnji nervni sloj se sastoji od 10 slojeva, a svaki sloj karakteriše prisustvo različitih neurona i njihovih delova. Za transformaciju energije svetlosti u električni impuls odgovorne su neuroepitelne ćelije. Dendriti neuroepitelnih ćelija su modifikovani i obrazuju štapiće i stubiće. Štapići i stubići čine prvi od 10 pomenutih slojeva i taj sloj se naziva fotoreceptorni sloj. Uloga štapića i stubića je fotoreceptorna, odnosno ovi delovi neuroepitelne ćelije uz pomoć pigmenta iz pigmentnih ćelija formiraju električni impuls. Električni impuls prolazi kroz ostale slojeve, prenosi se sinapsama na druge neurone, sve do poslednjeg sloja, sloja ganglijskih ćelija. Aksoni ganglijskih ćelija formiraju očni nerv (*n. opticus*) koji prolazi kroz sudovnjaču i beonjaču i pruža se prema bazi mozga, gde se ukrštaju oba očna nerva u predelu pod nazivom *chiasma optica*.

Opisana tri sloja koja čine zid očne jabučice ograničavaju njenu unutrašnjost i unutrašnji sadržaj. Unutrašnjost očne jabučice se deli na tri komore: prednju očnu komoru (*camera anterior bulbi*), zadnju očnu komoru (*camera posterior bulbi*) i komoru ispunjenu staklastim telom (*camera vitrea bulbi*). Prednja očna komora se prostire od rožnjače do prednje površine dužice, zadnja komora se prostire od zadnje površine dužice do očnog sočiva. Najveća je komora sa staklastim telom koja predstavlja prostor iza očnog sočiva, ograničen mrežnjačom. Prednja i zadnja očna komora su ispunjene tečnošću (*humor aquosus*), dok se u trećoj komori nalazi staklasto telo (*corpus vitreum*). Staklasto telo je meki, bistri gel koji obezbeđuje intraokularni pritisak neophodan za pozicioniranje mrežnjače. Pored toga, staklasto telo je neophodno za metabolizam i homeostazu u procesima koji se

odvijaju u mrežnjači. Na prelazu zadnje očne komore i komore ispunjene staklastim telom nalazi se očno sočivo (*lens*). To je bikonveksna prozirna, elastična struktura koja je nitima vezana za cilijarno telo (*corpus ciliare*). Uloga sočiva je u prelamanju svetlosti koja prođe kroz zenicu i usmeravanje na optički deo mrežnjače. U cilju prelamanja i usmeravanja svetlosti, sočivo može menjati ispučenost.

Pomoćni organi oka (*Organa oculi accessoria*)

Pomoćni delovi oka su:

- očni kapci (*palpebrae*),
- vežnjača (*conjunctiva*),
- očne orbite (*orbita*) i masno tkivo orbite (*corpus adiposum orbitae*),
- mišići očne jabučice (*musculi bulbi*),
- suzni aparat (*apparatus lacrimalis*).

Očni kapci su kožno-mišićni nabori koji mehanički štite očnu jabučicu i zajedno sa suzama čiste prednju površinu oka i sprečavaju njeno sušenje. Kod domaćih sisara postoje tri očna kapka i to: gornji očni kapak (*palpebra superior*), donji očni kapak (*palpebra inferior*) i treći kapak (*palpebra tertia*). Donji i gornji očni kapak leže na slobodnoj površini očne jabučice i slobodnim rubovima formiraju otvor (*rima palpebrarum*). Na gornjem i donjem očnom kapku se nalaze slobodni rubovi (*margo palpebrae superior et inferior*) i na njima se nalaze trepavice (*cilia*). Gornji i donji očni kapak se spajaju u medijalnom i lateralnom očnom uglu (*angulus oculi medialis et lateralis*). Pomenuta dva očna kapka su građena iz tri sloja: koža, srednji mišićno-vezivni sloj i unutrašnji sloj, vežnjača. Koža očnih kapaka je tanka, mekana, elastična i predstavlja nastavak kože lica. Prekrivena je gustim kratkim dlakama i sadrži žlezde. Ispod kože je kružno orijentisan poprečno-prugasti mišić (*m. orbicularis oculi*) koji ima ulogu zatvarača očnih kapaka. Pored pomenutog mišića, u ovom sloju se nalazi i struktura koja se sastoji od zgusnutih kolagenih vezivnih vlakana – tarzalna pločica (*tarsus*). Ova pločica, kako u gornjem tako i u donjem kapku daje čvrstinu slobodnim krajevima kapka. Unutar svakog tarsusa nalaze se tarzalne, odnosno Majbomove žlezde (*gll. tarsales*). U pitanju su modifikovane lojne žlezde. Njihov proizvod je sekret koji se meša sa suzama i štiti slobodnu

površinu očnih jabučica. Zadnju površinu očnih kapaka prekriva opna koja se naziva vežnjača (*conjunctiva*). Treći očni kapak je polumesečasti nabor vežnjače (*plica semilunaris conjunctivae*) koji se pruža iz medijalnog oćnog ugla. Nabor je ojaćan hrskavićavom ploćicom i sadrži brojne limfne ćvorove.

Vežnjaća je tanka, providna opna koja oblaće zadnju stranu očnih kapaka (*conjunctiva palpebrarum*), sa kojih prelazi na oćnu jabučicu (*conjunctiva bulbi*) gde prekriva slobodni deo beonjaće sve do obodne ivice rožnjaće. Na prelasku sa kapaka na beonjaću, vežnjaća gradi po jedan nabor – gornji i donji. Epitel vežnjaće moće biti ploćastoslojevit ili prizmatićnoslojevit sa peharastim ćelijama. Ispod epitela je bogato vaskularizovano rastresito vezivno tkivo sa brojnim limfnim ćvorovima.

Oćna orbita je šupljina na lateralnoj strani lobanje u kojoj se nalazi oćna jabučica i najveći deo pomoćnih delova oka. Koćtanu osnovu orbite ćini više koćtiju – *os frontale*, *os lacrimale*, *os zygomaticum*, *maxilla*, *os sphenoidale*, *os palatinum*, *os temporale*. Na njenom dnu nalazi se otvor – *foramen opticum* kroz koji prolazi vidni nerv. Koćtani deo orbite je presvućen vezivnotkivnim slojem (periorbita). Unutar i van periorbite nalazi se masno tkivo.

Mišići oćne jabučice imaju ulogu u pokretanju oćne jabučice unutar orbite. Ovi mišići se nalaze unutar periorbite i to su:

- ćetiri prava oćna mišića (*m. rectus dorsalis*, *m. rectus ventralis*, *m. rectus medialis*, *m. rectus lateralis*),
- dva kosa oćna mišića (*m. obliquus dorsalis*, *m. obliquus ventralis*),
- jedan koji povlaći oćnu jabučicu (*m. retractor bulbi*).

Ovi mišići, sem *m. obliquus ventralis*, poćinju oko otvora na orbiti (*foramen opticum*), a završavaju se na beonjaći. Svaki od mišića ima taćno odrećenu ulogu. *M. retractor* povlaći oćnu jabučicu, *m. obliquus dorsalis et ventralis* okreću je oko njene ose, *m. rectus dorsalis et ventralis* pokreću gore i dole, dok *m. rectus lateralis et medialis* pokreću levo i desno.

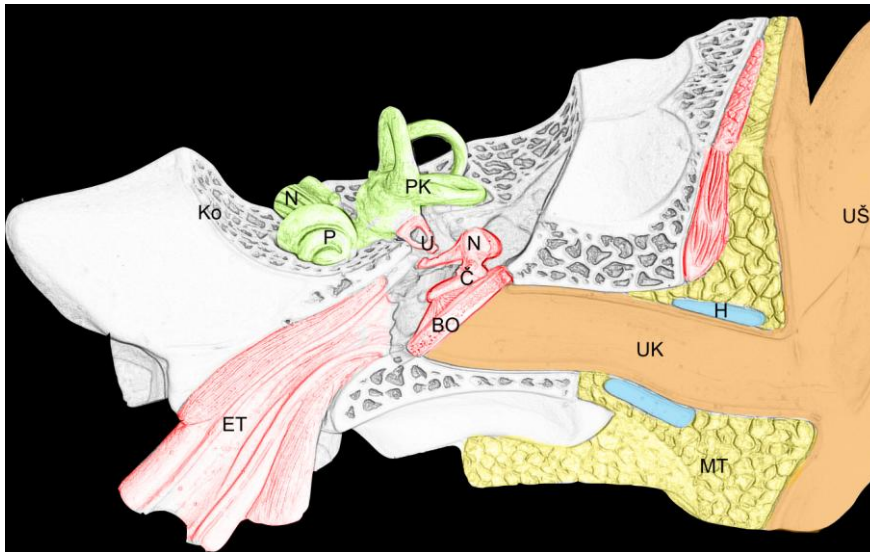
Suzni aparat ćine delovi odgovorni za proizvodnju, transport i distribuciju suza. To su suzna žlezda (*gl. lacrimalis*), suzni kanalić (*canaliculi lacrimales*), suzna vrećica (*saccus lacrimalis*) i nosno-suzni kanal (*ductus*

nasolacrimalis). Suzna žlezda je tubuloalveolarna žlezda koja leći u udubini (*fossa glandulae lacrimalis*), smećtenoj na dorzotemporalnom delu oćne orbite. Zid alveola ove žlezde ćine visokoprizmatićne ćelije, a izmeću njih i bazalne membrane su mioepitelne ćelije. Sekret ovih žlezda je serozna tećnost, odnosno suze. Nakon formiranja, sekret prolazi kroz male izvodne kanaliće i odlazi do oka. Treptanjem, suze se razmećtaju preko prednje povrćine oka. Prekomerno nakupljanje suza se sprećava njihovim odvodom. Odvod suza sa oka poćinje suznim taćkama koje se nalaze u medijalnom uglu oka. Svaka suzna taćka je u kontaktu sa suznim kanalićem koji suze odvode do suzne vreće. Od suzne vreće kreće nosno-suzni kanal. Ovaj kanal predstavlja vezivnotkivnu cev koja prolazi kroz koćtanu cev u suznoj i gornjovilićnoj koćti i zavrćava u nosnom predvorju, u blizini nozdrva.

Ćulo sluha i ravnoteće (*Organum vestibulocochleare*)

Ćulo sluha i ravnoteće slući za prijem zvukova iz okrućenja, kao i odrćavanje ravnoteće i orijentaciju poloćaja tela u postoru, posredstvom vestibulokohlearnog aparata. Ovaj aparat je smećen u unutrašnjosti uva. Delovi uva su spoljaćnje uvo (*auris externa*), srednje uvo (*auris media*) i unutraćnje uvo (*auris interna*) (Slika 8.3). Spoljaćnje i srednje uvo su zadućeni za prijem i prenos zvućnih signala, dok unutraćnje uvo ima ulogu u prijemu zvućnih signala i odrćavanje ravnoteće.

Spoljaćnje uvo ćine ućna školjka (*auricula*) i spoljaćnji ućni kanal (*meatus acusticus externus*). Izgled ućne školjke je vezan za vrstu ćivotinje, ali i za razlike izmeću rasa. Levkastog je oblika i na njoj se razlikuju spoljaćnja konvećsna povrćina (*dorsum auriculae*), unutraćnja konkavna povrćina (*scapha*), dva ruba (*margo rostralis et caudalis*), vrh (*apex auriculae*) i baza kojim je prićvrććena oko spoljaćnjeg ućnog kanala. Ućna školjka se sastoji iz ćetiri sloja: koće na povrćini, zatim mišićnog sloja, elastićne hrskavice (*cartilago auriculae*) i ponovo koće. Unutraćnju povrćinu ućne školjke prekrivaju fine retke dlake, a na ulazu u spoljaćnji ućni kanal postoje duće zaćtitne dlake (*tragi*). Spoljaćnji ućni kanal se nastavlja na ućnu školju. U poćetnom delu, ovaj kanal je izgraćen od elastićne hrskavice, a drugi



Slika 8.3. Građa uha

UŠ – ušna školjka, UK – spoljašnji ušni kanal, BO – bubna opna, Č – čekić, N – nakovanj, U – uzengija, ET – Eustahijeva tuba, PK – polukružni kanalići, P – puž, N – nerv, Ko – kost, H – hrskavica, MT – masno tkivo.

deo je koštani. Zid kanala oblaže tanka koža, odnosno pločastoslojevit epitel ispod koga se nalaze lojne i tubularne ceruminozne žlezde koje luče ušnu mast (*cerumen*). Spoljašnje od srednjeg uva deli bubna opna (*membrana tympani*). Bubna opna je tanka, poluprovodna opna. Stranu koja je okrenuta ka spoljnom uvu prekriva koža koja je tanka, bez dlaka i žlezda. Strana koja je okrenuta ka srednjem uvu je prekrivena sluzokožom koja se sastoji od jednorednog prizmatičnog epitela i vezivnog tkiva. Uloga bubne opne je da zvučne talase prenese na slušne koščice koje se nalaze u srednjem uvu.

Srednje uvo se sastoji iz bubne šupljine (*cavum tympani*) i Eustahijeve tube (*tuba auditiva*). Bubna šupljina je smeštena u unutrašnjosti slepoočne kosti. U njoj se nalaze slušne koščice (*ossicula auditus*) i to čekić (*malleus*), nakovanj (*incus*) i uzengija (*stapes*). Ove koščice su međusobno zglobljene, drška čelića je u kontaktu sa bubnom opnom, a stopalo uzengije u kontaktu sa unutrašnjim uvom. Na ovaj način, vibracije bubne opne se prenose do unutrašnjeg uva. Eustahijeva tuba je koštano-hrskavičavi kanal obložen sluzokožom, koji povezuje srednje uvo sa nosno-ždrelnom šupljinom. Sluzokoža se sastoji od višerednog prizmatičnog epitela i vezivnog tkiva. Preko ovog kanala izjednačava se pritisak unutar bubne šupljine sa pritiskom okoline.

Unutrašnje uvo je složen organ. Sastoji se od dva lavirinta: koštanog i membranskog. Koštani

lavirint je smešten u kamenj kosti (*os petrosum*), delu slepoočne kosti. To je složen sistem šupljina i kanala ispunjen bistrom tečnošću – perilimfom. Koštani lavirint grade tri međusobno povezane celine – predvorje (*vestibulum*), polukružni koštani kanali (*canales semicirculares ossei*) i koštani puž (*cochlea*).

Predvorje je jajasta šupljina, zauzima centralni položaj u unutrašnjem uvu. Komunicira sa srednjim uvom, polukružnim kanalima i koštanim pužom. Polukružnih kanala je tri. Počinju od predvorja i u njemu završavaju. Svaki od kanala je postavljen pod pravim uglom u odnosu na ostala dva. Na kraju svakog kanala, na ulazu u vestibulum postoji proširenje, *ampulla ossea*. Koštani puž predstavlja spiralno uvijeni koštani kanal, sličan puževoj kućici. Širina kanala se smanjuje od osnove ka vrhu.

Membranski lavirint grade membranske strukture, cevastog i vrečastog oblika, koje čine jedinstven, složen, zatvoren prostor. Smešten je unutar koštanog lavirinta i najčešće prati njegov oblik. U skladu sa tim, delovi membranskog lavirinta su dva proširenja u predvorju (*utricleus* i *sacculus*), tri polukružna kanala i membranski deo puža (*ductus cochlearis*). Prostor unutar membranskog lavirinta je ispunjen sa endolimfom. Organ ravnoteže smešten je u utrikulusu, sakulusu i polukružnim kanalima. Na pojedinim mestima unutar ovih membranskih struktura se nalaze specijalno diferencirani neuroepiteli i ti delovi se nazivaju neuroepitelna polja. Tih polja je pet i to

po jedno u utrikulusu i sakulusu i tri u polukružnim kanalima, tačnije u proširenim delovima koji su smešteni unutar ampula polukružnih kanala. Pomeranjem glave, dolazi do pokretanja endolimfe unutar membranskog lavirinta i ovi pokreti se prenose do neuroepitelnih ćelija. Neuroepitelne ćelije su u kontaktu sa aferentnim nervnim vlaknima i svaki pokret glave dovodi do depolarizacije njihovih membrana, stvaranje akcionog potencijala i njegovo slanje do centralnog nervnog sistema. Na osnovu toga, životinjama je omogućeno pravolinijsko kretanje, kontrola ravnoteže i položaja tela.

Organ sluha se naziva Kortijev organ i smešten je u membranskom kohlearnom kanalu, koji je smešten u koštanom lavirintu puža. Kortijev organ je građen od potpornih i senzitivnih ćelija koje imaju ulogu receptora za zvuk. Zvučni talasi koje prihvata ušna školjka i koji spoljašnjim ušnim kanalom dolaze do bubne opne izazivaju njeno vibriranje. Vibracije bubne opne se preko slušnih košćica prenose do vestibuluma. U vestibulumu se nalazi perilimfa koja vibracije prenosi na endolimfu. Endolimfa je u kontaktu sa senzornim ćelijama koje vibracije pretvaraju u električni impuls i putem nerava dolaze do centara u centralni nervni sistem.

ČULA ŽIVINE

Čulo mirisa (*organum olfactorium*) započinje olfaktivnom sluzokožom koja oblaže kaudalnu nosnu školjku (*concha nasalis caudalis*), nastavlja se mirisnim nervima koji dolaze do mirisnih brežuljaka na mozgu.

Čulo ukusa (*organum gustus*) – receptorne ćelije ovog čula, u obliku kvržica (*caliculus gustatorius*) nalaze se u osnovi jezika i u sluzokoži krova usne duplje. Od ovih ćelija počinju nervna vlakna (*neurofibra gustatoria*) koja su sastavni deo IX moždanog nerva (*n. glossopharingeus*)

Čulo vida (*organum visus*) – sastoji se iz pomoćnih organa oka (organa oculi accessoria) i očne jabučice (*bulbus oculi*). Od pomoćnih organa oka, za razliku od sisara, posebno je dobro razvijen treći očni kapak (*membrana nictitans*), koji predstavlja duplikaturu konjunktive, a tanak je i providan. Može potpuno da prekrije celu rožnjaču oka, a pokreću ga *m. quadratus* i *m. pyramidalis*. U beonjači oka ptica

nalaze se koštane ploče (*ossiculum sclerae*). Sledeća razlika je u postojanju posebnog šiljastog prdužetka (*pecten oculi*) koji se nalazi na mestu gde očni nerv ulazi u unutrašnjost oka. Dobro inervisan, vaskularizovan i pigmentisan, služi za akomodaciju očnog sočiva (*lens*). Očno sočivo je različito od očnog sočiva sisara jer sadrži komoru (*vesicula lentis*) ispunjenu tečnošću.

Čulo sluha i ravnoteže (*organum vestibulocochlearis*) – kao i kod sisara sastoji se iz tri dela: spoljašnjeg uha (*auris externa*), srednjeg uha (*auris media*) i unutrašnjeg uha (*auris interna*). Na spoljašnjem uhu ptica nedostaje ušna školjka Tu se nalazi kožni nabor (*operculum auris*) na kome se nalaze specifično modifikovano perje koje štiti ušni otvor (*apertura auris externae*). Otvor se nastavlja kratkim i širokim spoljašnjim ušnim kanalom (*meatus acusticus externus*). Na prelazu spoljašnjeg i unutrašnjeg uha nalazi se bubna opna (*membrana tympanica*). U srednjem uhu, umesto tri slušne košćice, nalazi se hrskavičasti štapić (*cartilago extracolumellaris*) koji je jednim krajem okrenut prema bubnoj opni, a drugim krajem ka vestibularnom otvoru (*fenestra vestibuli*) unutrašnjeg uha. Unutrašnje uho, shodno sisarima, sastoji se iz puža (*cochlea*) i tri polukružna kanala (*canalis semicirculares*).

9. KOŽA – *INTEGUMENTUM COMMUNE*

Koža je najveći organ i predstavlja granicu i barijeru organizma prema spoljašnjoj sredini. To je poseban tip epitelne membrane koja obavija površinu tela životinja. Koža ima veliki broj funkcija:

- zaštitna – štiti organizam od mehaničkih, hemijskih, bioloških, toplotnih i drugih uticaja,
- receptorna – u koži se nalaze receptori za toplotu i hladnoću, bol i pritisak,
- metabolička – sinteza raličitih materija (vitamin D), metabolizam kalcijuma,
- depo – vode, mineralnih materija, masti, vitamina,
- termoregulaciona – učestvuje u procesima održavanja stalne temperature organizma,
- ekskretorna – koža je i najveći organ za izlučivanje.

Uloga kože je veoma važna, jer oštećenje kože na više od 25% površine dovodi do smrti životinje. Koža, takođe, može ukazati i na zdravstveno stanje životinje, jer su promene na koži manifestacija nekih drugih problema. Sa privrednog stanovišta, koža je važna sirovina za preradu, kako nje same tako i njenih produkata.

Koža je građena od:

- Pokožice – *epidermis*, koji predstavlja granično tkivo prema spoljašnjoj sredini,
- Krzna – *dermis*, vezivno tkivo koje čini najveću masu kože,
 - Nervna vlakna i nervni završeci
 - Mišićne ćelije koje se nalaze uz dlake i u zidovima krvnih sudova (Slika 9.1).

Ispod ovih delova nalazi se potkožno vezivno tkivo (*subcutis*, *hypodermis*) koje nije deo kože, sa ulogom da kožu veže sa fascijama, skeletnim mišićima i kostima. Potkožno vezivno tkivo omogućava pokretljivost kože. Pokretljivost ovog sloja potiče od prisustva rastresitog vezivnog tkiva. Pored vezivnog tkiva u ovom delu se može naći i manja ili veća količina masnog tkiva (*panniculus adiposus*).

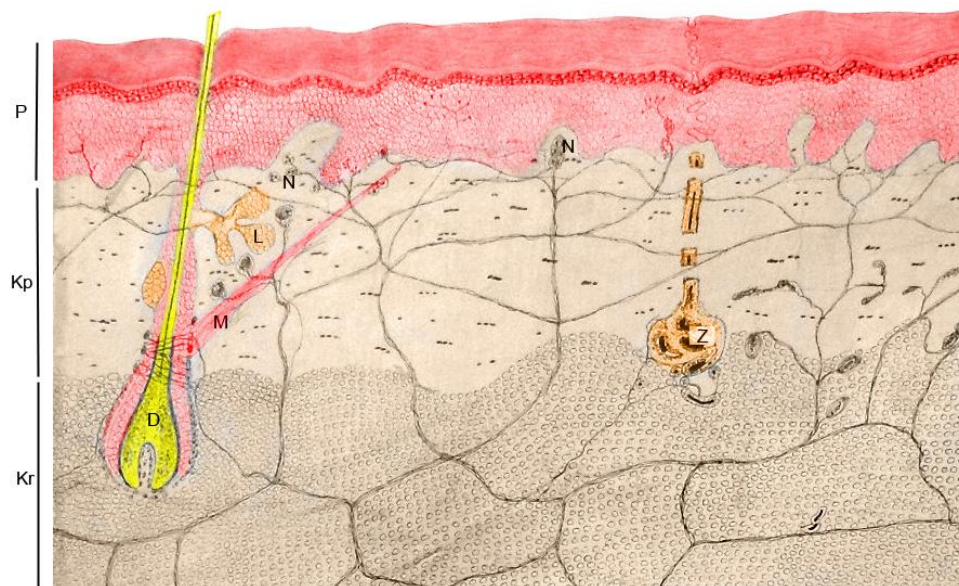
Pokožica, epidermis je pločastoslojevit epitel sa orožavanjem. Ona pokriva čitav organizam životinje i prelazi u epitel koji oblaže unutrašnjost digestivnog, respiratornog, urinarnog i reproduktivnog trakta. Prelazak pokožice u druge epitele se vrši na spojevima koji se nalaze na telesnim otvorima. Od sluzokoža koje se na nju nastavljaju razlikuje se po prisustvu produkata (dlake, lojne i znojne žlezde). Debljina pokožice varira, u zavisnosti od mesta gde se na telu nalazi. Na mestima pokrivenim dlakom, pokožica je tanja, a deblja je na mestima gde se dlake ne nalaze. Pokožica je najdeblja na rožnatim produktima kože (kopito, papci, rogovi) gde je ona i modifikovana. Pokožica se sastoji od šest slojeva i to:

- sloj matičnih ćelija – *stratum basale*,
- sloj trnastih ćelija – *stratum spinosum*,
- sloj granuliranih ćelija – *stratum granulosum*,
- sloj svetlih ćelija – *stratum lucidum*,
- sloj orožalih ćelija – *stratum corneum*,
- otpadni sloj – *stratum disjunctum*.

Sloj matičnih ćelija – *stratum basale* se naziva i *stratum germinativum*, leži na bazalnoj membrani. Ćelije ovog sloja mogu biti u jednom ili više nivoa. Ove ćelije su matične, dele se i njihovom deobom se nadoknađuju ćelije koje su orožale i odbačene sa površine kože.

Sloj trnastih ćelija – *stratum spinosum* je najširi sloj pokožice. Sastoji se od ćelija koje su najčešće višeučelične, raspoređene u više nivoa. Ćelije ovog sloja su nastale deobom ćelija matičnog sloja, mada i pojedine ćelije ovog sloja zadržavaju mogućnost dalje deobe.

Sloj granuliranih ćelija – *stratum granulosum* grade žive ćelije koje nisu orožale. Sastoji se od više nivoa ćelija kockastog ili romboidnog oblika. U citoplazmi ovih ćelija se uočavaju granule koje sadrže keratohijelin. Pored granula keratohijelina, postoje i lipidne granule čiji se sadržaj egzocitozom izbacuje iz ovih ćelija u međućelijsku supstancu i veže ćelije ovog sa ćelijama susednog sloja.



Slika 9.1. Građa kože

P – pokožica (epidermis), **Kp** – krzno (*stratum papillare*), **Kr** – krzno (*stratum reticulare*), **D** – dlaka, **M** – mišić dlake, **L** – lojna žlezda, **Z** – znojna žlezda, **N** – nervni završeci

Svetli sloj ćelija – *stratum lucidum* se ne nalazi u svim delovima kože. Uočava se kod debelih pokožica. Ovaj sloj predstavlja prelazni deo između orožalih i neorožalih slojeva ćelija. U ovim ćelijama se ne uočavaju jedro i organele, kao i granule. Zbog toga su na histološkom preparatu ove ćelije providne, po čemu je sloj i dobio ime.

Sloj orožalih ćelija – *stratum corneum* grade pločaste ćelije bez jedra, čije su citoplazme ispunjene keratinom. U zavisnosti od predela kože, ovaj sloj je različite debljine.

Otpadni sloj – *stratum disjunctum* je površinski sloj kože koji formiraju istrošene orožale ćelije koje otpadaju.

Ciklus zamene ćelija pokožice započinje deobom ćelija bazalnog sloja. Ove ćelije se razmnožavaju mitozom i nastale ćelije migriraju prema površini. Na tom putu, od matičnog sloja do površine, postupno se menjaju i prolaze kroz procese keratinizacije i kornifikacije. Čitav ciklus zamene ćelija, od deobe matične ćelije do deskvamacije nastalih ćelija je 20 do 30 dana u zavisnosti vrste, ali i fizioloških faktora.

U pokožici su najzastupljenije ćelije keratinociti kojih ima 85%. U skladu sa ranije iznetim, keratinociti se mogu podeliti na matične, keratinocite koji orožavaju i orožale. Ostale

ćelije pokožice imaju udeo od 15% i to su melanociti, Langerhansove i Merkelove ćelije.

Melanociti su pigmentne ćelije, koje u citoplazmi sadrže granule u kojima se nalazi melanin. Melanociti su zvezdaste ćelije sa brojnim produžecima koji se pružaju prema keratinocitima. Keratinociti fagocitozom uzimaju melanin i prave zaštitnu barijeru, koja keratinocite, ali i ostale delove kože i organizma, štiti od UV zračenja.

Langerhansove ćelije su imunokompetentne ćelije. Potiču od prekursorskih ćelija iz kostne srži i predstavljaju specijalizovane makrofage. Kod domaćih životinja pronađene su samo kod svinja.

Merkelove ćelije se nalaze u bazalnom sloju i pločastog su oblika. U kontaktu su sa nervnim završecima koji ulaze u pokožicu. Imaju ulogu receptora za dodir, odnosno mehanoreceptora.

Krzno – *dermis* je najdeblji sloj kože. Debljina zavisi od dela tela na kome se nalazi, ali je karakteristična i za vrste životinja. Kod domaćih životinja, najdeblje krzno imaju goveda, a najtanje ovce. Od epidermisa je jasno odvojen bazalnom membranom, ali granica sa potkožnim vezivnim tkivom nije jasna. Krzno je građeno od fibroelastičnog vezivnog tkiva, koje daje čvrstinu i elastičnost čitavoj koži. Na preseku, u krznu se razlikuju dva sloja –

površinski (*stratum papillare*) i unutrašnji, duboki (*stratum reticulare*).

Stratum papillare leži neposredno ispod pokožice, bogat je krvnim sudovima i vezivnim ćelijama. Granica između pokožice i ovog sloja nije ravna, već se krzno utiskuje u pokožicu naborima (papilama) po kojima je ovaj sloj i dobio ime. Na ovaj način se povećava ukupna dodirna površina pokožice i krzna, što ovu vezu dodatno ojačava. *Stratum reticulare* leži na potkožnom vezivnom tkivu. Ovaj sloj je građen od vezivnog tkiva bogatog vlaknima, sa malo vezivnih ćelija.

Produkti kože

Produkti kože se mogu podeliti na rožne tvorevine (dlaka, rog, kopito, papak) i kožne žlezde (lojne, znojne i mlečna žlezda). Nastaju uglavnom iz epidermisa sa kojim su i fizički i funkcionalno u vezi.

Dlaka - pilum. Koža svih domaćih sisara je prekrivena dlakama koje obavljaju različite funkcije – zaštita, termoregulacija, prijem nadražaja. Dlaka je orožala struktura, končastog oblika nastala invaginacijom ćelija pokožice u krzno. Od ćelija pokožice, u krznu, se razvija folikul dlake, u čijoj osnovi se nalaze matične ćelije iz kojih raste dlaka (Slika 9.2). Na dlakama se razlikuju sledeći delovi:

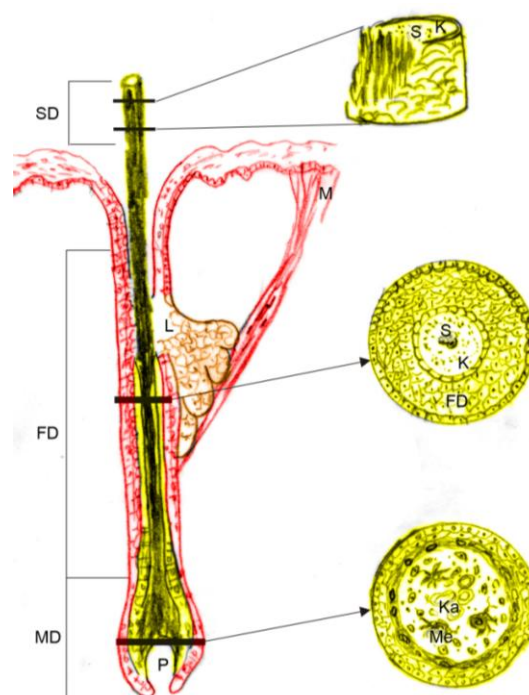
- stabljika dlake (*scapus pili*), deo koji se izdiže iznad površine kože,
- koren dlake (*radix pili*), deo koji se nalazi unutar kože i koji dlaku pričvršćuje za krzno.
 - mešak dlake (*bulbus pili*), prošireni deo korena dlake u koji je utisnut deo krzna (dermalna papila).

Koren dlake je okružen epitelno-vezivnim slojem koji se naziva folikul dlake (*folliculus pili*). Sem u predelu bulbusa, folikul dlake ima skoro isti prečnik.

Na preseku stabljike i korena dlake uočavaju se tri sloja: kutikula (*cuticula pili*), kora (*cortex*) i srž (*medulla*) (Slika 9.2). Kutikula je spoljašnji omotač dlake. Građen je od jednog sloja pločastih, orožalih ćelija. Ćelije su raspoređene u obliku crepa na kući, pri čemu su slobodni krajevi okrenuti prema gore. Kora se sastoji od ćelija koncentrično raspoređenih oko srži. U mladim ćelijama se nalazi pigment melanin koji određuje boju dlaka, dok su starije ćelije

ispunjene keratinom. Srž je centralni deo dlake, građen od ćelija koje nisu gusto raspoređene, poređane u nizovima. Ukoliko je srž više redukovana, dlaka je finija. Nakupljanjem vazduha u međućelijskim prostorima, dlaka poprima beličastu boju i postaje seda.

Folikul ili omotač je cilindrična epitelna struktura smeštena u krznu. Obavija i koren dlake i bulbus dlake, formira se od uvrata epitela pokožice i interakcije sa vezivnim ćelijama krzna. Na preseku folikula uočavaju se spoljašnji i unutrašnji omotač. Unutrašnji



Slika 9.2. Građa dlake

SD – stabljika dlake, **FD** – folikul dlake, **MD** – mešak dlake, **P** – papila, **L** – lojna žlezda, **K** – kora, **S** – srž, **Me** – melanociti, **Ka** – kapilari

omotač je deo folikula bliži dlaci. Ovaj sloj, kao deo najbliži dlaci, ima takođe kutikulu koja u predelu bulbusa prelazi u kutikulu dlake. Spoljašnji omotač folikula postavljen je periferno u odnosu na unutrašnji omotač i ima dva dela – epitelni i vezivni. Epitelni deo nastaje od epitela pokožice, a vezivni deo čini okolno tkivo krzna. Između epitelnog i vezivnog dela se nalazi staklasta membrana koja je nastavak bazalne membrane pokožice.

Mišići dlake su glatkomišićne ćelije poznate pod nazivom *mm. arrectores pilorum*. Uloga ovih mišića je da kontrolišu nakostrešenost dlake.

Vrste dlaka

Kod domaćih sisara se može razlikovati više vrsta dlaka. Razlike između njih se ogledaju u dužini, boji, dijametru. Osnovna podjela je na primarne i sekundarne dlake. Primarne dlake su ravne i čvrste, a nazivaju se i pokrovne dlake (*capilli*), grade pokrivač kod svih domaćih životinja, osim kod ovaca. Kod ovaca su razvijene sekundarne dlake, vunaste (*pili lanei*), koje grade runo.

Prema osobinama, dlake se dele na: čekinjaste, duge, pokrovne, vunaste i senzitivne. Čekinjaste dlake (*setae*) imaju dobro razvijenu srž, čvrste su i oštre. Nalaze se na prirodnim telesnim otvorima (*vibrissae* u nozdrvama, *tragi* u ušima, trepavice na očnim kopcima). Takođe, čekinjaste dlake su najdominantnije dlake kod svinja i prekrivaju im čitavo telo. Duge dlake grade grivu (*juba*), čuperak na čelu (*cirrus capitis*), rep (*cirrus caudae*), kičicu (*cirrus metacarpeus, metatarseus*) kod konja, bradu (*barba*) kod koza i repni čuperak (*cirrus caudae*) kod goveda i svinja. Pokrovne dlake, samo ime kaže, pokrivaju najveći deo tela domaćih sisara. Vunaste dlake su fine dlake, bez srži. Manja debljina ovih dlaka je pokazatelj većeg kvaliteta. Senzitivne ili taktilne dlake služe za prijem spoljašnjih nadražaja, određivanje udaljenosti od predmeta i orijentaciju u prostoru. Od običnih dlaka se razlikuju vezom sa nervnim završecima. Zbog šupljine koja se nalazi između spoljnog epitelnog i spoljnog vezivnog tkiva nazivaju se i sinusne dlake.

Rog (*cornu*) je rožnata tvorevina koja se sastoji od koštane osnove koja je presvučena modifikovanom kožom. Rožni nastavak (*processus cornualis*) je koštani deo koji se nastavlja na čeonu kost (*os frontale*). Ovaj nastavak prekriva jako modifikovana koža sa potpuno orožalom pokožicom, koja predstavlja navlaku roga. Na rogu se razlikuju sledeći delovi:

- osnova (*basis cornus*),
- telo (*corpus cornus*) i
- vrh (*apex cornus*).

Papak (*unguicula*) i kopito (*ungula*) su završni organi prsta. Papci se, kao distalni delovi prstiju goveda, ovaca i svinja, sastoje od koštane osnove (srednji, distalni članak i distalna sezamoidna kost), tetiva, krvnih sudova i nerava i orožale, modifikovane kože. Potkožno

vezivno tkivo je dosta redukovano, krzno bogato krvnim sudovima. Rožina papka se obrazuje od pokožice. Rožina ima zaštitnu ulogu, štiti tkiva od jakih mehaničkih opterećenja.

Na osnovu građe i organizacije slojeva modifikovane kože kod papaka i kopita razlikuje se pet segmenata: rubni segment (*limbus*), krunski segment (*corona*), zidni segment (*paries*), tabanski segment (*solea*) i jastučni segment (*torus*).

Kožne žlezde (*glandulae cutis*)

Kožne žlezde se razvijaju od pokožice i dele se na:

- lojne žlezde (*gll. sebaceae*),
- znojne žlezde (*gll. sudorifera*),
- mlečnu žlezdu (*gl. lactifera*).

Lojne žlezde su raspoređene u koži i u vezi su sa folikulima dlaka. Ove žlezde nemaju svoje izvodne kanale do površine kože, već svoj produkt loj (*sebum*) luče u folikul dlake i uz dlake dolazi do površine. Građene su u obliku mešaka (acinusa). Manje žlezde se sastoje od jednog acinusa, dok većina ima više acinusa raspoređenih oko jedne dlake. U citoplazmi ovih ćelija se nakupljaju masne materije, a sama ćelija luči po holokrinom tipu, što znači da i sama postaje proizvod svoje aktivnosti. Acinusi lojnih žlezda su građeni od pločastoslojevitog epitela koji leži na bazalnoj membrani. Poslednji sloj ćelija gradi lumen acinusa. Bazalne ćelije su matične i njihovom deobom se obnavljaju ostale ćelije koje će nakon nakupljanja sekreta biti oslobođene u lumen meška i kasnije na površinu kože. Sekret lojnih žlezda podmazuje kožu i dlake, čini ih mekšim i daje dlakama sjaj. Kod svinja su lojne žlezde retke i rudimentirane.

Znojne žlezde su najčešće jednostavne, cevaste, često izuvijane žlezde. Na osnovu načina lučenja, mogu se podeliti na apokrine i ekrine. Apokrine znojne žlezde su najčešći tip kod domaćih sisara. To su cevaste žlezde koje, kao i lojne žlezde, nemaju izvodne kanale do površine kože, već svoj produkt izlivaju u folikul dlake. Sekret ovih žlezda je alkalni i daje specifičan miris odgovarajućoj životinjskoj vrsti. Najbolje su razvijene kod konja, a najmanje su aktivne kod koza. Ekrine (merokrine) znojne žlezde su jednostavne



Slika 9.3. Mlečna žlezda

T – telo mlečne žlezde (*corpus mammae*), **S** – sisa (*papilla mammae*), **ŽP** – žlezdani parenhim, **CŽ** – mlečna cisterna – *pars glandularis*, **CS** – mlečna cisterna – *pars papillaris*, **SK** – sisni kanal (*ductus papillaris*), **ML** – medijalna lamina

cevaste izuvijane žlezde koje poseduju svoje izvodne kanale i luče nezavisno od dlaka. Za razliku od primata, kod domaćih životinja ove žlezde nemaju ulogu glavnih znojnih žlezda.

Mlečna žlezda (*gl. lactifera, gl. mammae*)

Postojanje mlečnih žlezda i proces laktacije je jedinstven za sisare. Mlečna žlezda je modifikovana znojna žlezda, tubulo-alveolarnog tipa. Sastoji se kod pojedinih vrsta životinja od određenog broja mamarnih kompleksa koji su bilateralno simetrično raspoređeni sa obe strane medijalne linije na ventralnom zidu trupa. Kod svinja mamarni kompleksi se nazivaju sise i protežu se od grudnog do preponskog dela, dok se kod preživara i kobile nalaze u preponskom delu i zajednički naziv im je vime. Broj mamarnih kompleksa je paran i kobile, ovce i koze imaju po 2, krave 4, a krmače od 14 do 18. Svaki

mamarni kompleks se sastoji od tela (*corpus mammae*) i sise (*papilla mammae*) (Slika 9.3). Veličina i dužina tela i sise zavise od vrste životinje, ali i od funkcionalnog stanja. Mamarne komplekse (telo i sise) prekriva modifikovana koža. Koža koja pokriva sise je bez dlaka, dok koža na telu može imati dlake, ali to je karakteristika vrste domaćih životinja. Ispod kože se nalazi *fascia trunci externa* koja sa svoja dva sloja (površinski i duboki) pričvršćuje mlečnu žlezdu za ventralni zid trupa. Ova fascija i svi ostali listovi koji polaze od nje (lateralni i medijalni listovi, kao i nežne gredice – lamele) čine suspenzorni aparat mlečne žlezde (*apparatus suspensorius mammarius*). Medijalna lamina (*lamina medialis*) je uglavnom sastavljena od elastičnih vlakana, a lateralna lamina (*lamina lateralis*) od kolagenih vlakana. Levi i desni mamarni kompleksi su razdvojeni žlebom (*sulcus intermammarius*). Pored toga, vezivno tkivo razdvaja i mamarne komplekse u istom redu

(kod krava i krmača), tako da mamarni kompleksi međusobno ne komuniciraju.

Telo mlečne žlezde (*corpus mammae*) sastoji se od parenhima i strome. Parenhim gradi žlezdani epitel i epitel izvodnih kanala mlečne žlezde. Stromu čini fibrozno i masno tkivo. Parenhim i stroma mamarnih kompleksa su organizovani u režnjeve (*lobi glandulae mammariae*) i režnjiće (*lobuli glandulae mammariae*). U osnovi režnjića nalazi se veliki broj žlezdanih acinusa, mesta gde se vrši sinteza i sekrecija mleka. Acinusi su obloženi jednoslojnim prizmatičnim epitelom, ćelije ovog epitela se nazivaju laktociti, a uloga im je sinteza i sekrecija mleka. Između bazalne membrane i laktocita nalaze se mioepitelne ćelije koje, svojim kontrakcijama, pomažu istiskivanje mleka iz acinusa. Acinusi su međusobno odvojeni vezivnotkivnim pregradama, a u njima se nalaze krvni sudovi.

Nekoliko acinusa se udružuje i ulivaju se u intralobularne sabirne kanaliće koji se spajaju u veće – interlobularne. Interlobularni kanalići se ulivaju u mlečne kanale (*ductus lactiferi*). Mlečni kanali mleko vode do velike sabirne šupljine – mlečne cisterne (*sinus lactiferi*). Mlečna cisterna se prostire i u žlezdanom delu (*pars glanularis sinus lactiferi*) i u sisi (*pars papillaris sinus lactiferi*). Na prelazu žlezdanog dela sinusa u sisni deo nalazi se kružni nabor sluzokože (*plica anularis mucosae*). Sinus sise se nastavlja u sisni kanal (*ductus papillare*), a kanal se završava sisnim (papilarnim) otvorom – *ostium papillare*. Kanal i otvor su pokriveni pločastoslojevitim epitelom sa orožavanjem, njih zatvara glatkomišićni sfinkter (*m. sphincter papillae*). Vime krave karakteriše prisustvo četiri mamarna kompleksa, po jedna mlečna cisterna u svakom kompleksu, iz svake cisterne polazi po jedan sisni kanal koji se završava sisnim otvorom. Kod kobilica se nalaze dva mamarna kompleksa, u svakom mamarnom kompleksu se nalaze po dve mlečne cisterne i od svake od njih po jedan sisni kanal i sisni otvor. Kod krmača broj mamarnih kompleksa je od 14 do 18. Svaki mamarni kompleks sadrži dve ili tri mlečne jedinice (sa slabo razvijenim mlečnim cisternama), a svaka jedinica se završava sa po jednim sisnim otvorom na vrhu sise.

KOŽA PTICA

Koža ptica je građena od pokožice, krzna i potkožnog vezivnog tkiva. Relativno je tanka i ne sadrži zojne i lojne žlezde. Izuzetak je trtična žlezda – *gl. uropygii* koja je dobro razvijena kod plovuša. Pokožicu grade tri sloja: *stratum basale*, *stratum intermedium* i *stratum corneum*. Pokožica formira rožnate tvorevine na kljunu i prstima. Potkožno masno tkivo je dobro razvijeno. U njemu se nalaze i glatkomišićne ćelije koje kontrolišu položaj perja. Analogni su mišićima koji se javljaju kod sisara i nazivaju se *mm. pennarum*.

Koža ptica je obrasla perjem (*pennae*). Na peru se razlikuju: drška – *scapus* i zastavica – *vexillum*. Na dršci se razlikuju koren (*calamus*) i koplje (*rhachis*).

Pera se dele na pokrovna pera – *p. tectrices*, pera na krilima – *p. remiges*, pera na repu – *p. rectrices*. Kod ptica postoji i paperje (*plumae*) koje je smešteno ispod pokrovnih pera.

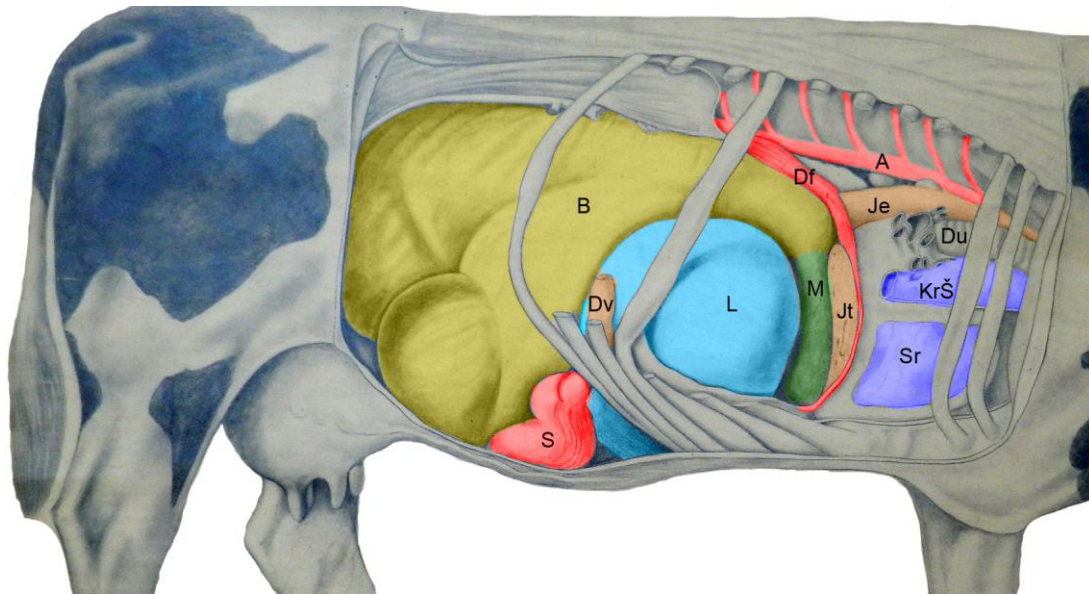
10. TELESNE ŠUPLJINE I UTROBA

Pod telesnim šupljinama (dupljama) podrazumevamo grudnu šupljinu – *cavum pectoris*, trbušnu šupljinu – *cavum abdominis* i karličnu šupljinu – *cavum pelvis*. U ovim šupljinama se nalaze organi za disanje, varenje, zatim mokraćni i polni organi. Ovi organi se zajedno nazivaju utroba, drob ili *viscera*. Nauka koja se bavi izučavanjem utrobe naziva se splahnologija. Organi za disanje, varenje, mokraćni i polni organi su u osnovi sistemi kanala koji su funkcionalno povezani tako da grade sisteme, odnosno traktove (lat. *tractus* – vučenje, potez). Disajni organi grade disajni sistem ili respiratorni trakt, organi za varenje – digestivni trakt, a mokraćni i polni organi – urogenitalni trakt. Ovi organski sistemi počinju i/ili se završavaju otvorima na površini tela. Organi se međusobno razlikuju po položaju, građi i funkciji, ali i pored toga imaju neke zajedničke anatomske karakteristike i mogu se podeliti na cevaste i parenhimatozne organe.

Cevasti organi se sastoje od sluzokože (*tunica mucosa*), vezivnog tkiva koje gradi podsluzokožu (*tunica submucosa*), mišićnog omotača (*tunica muscularis*) i seroznog omotača (*tunica serosa*). Sluzokoža (*tunica mucosa*) (lat. *tunica* – omotač, opna, i *mucus* – sluz) cevastih organa je u kontaktu sa lumenom i sastoji se od epitelnog sloja (*lamina epithelialis mucosae*) i sloja rastresitog vezivnog tkiva, krzna (*lamina propria mucosae*). U pojedinim organima, ispod krzna se nalazi i tanak sloj glatkomišićnih ćelija – *lamina muscularis mucosae*. Uloga epitelnog sloja je zaštita sluzokože, ali i apsorpcija i sekrecija. U zavisnosti od vrste organa i njegove funkcije, epitelno tkivo se razlikuje (pločastoslojevit epitel, žlezdani epitel, epitel prelaznog tipa itd.). Epitelni sloj naleže na krzno koje ima ulogu u transportu materija, mehaničkoj i imunološkoj zaštiti. Uloga trećeg, odnosno mišićnog sloja, je u pokretljivosti sluzokože. Podsluzokoža se nalazi posebno kod organa koji imaju *lamina muscularis mucosae*, dok kod organa koji ovaj

mišićni sloj nemaju, krzno i podsluzokoža su jedinstven omotač. Mišićni omotač – *tunica muscularis* predstavlja specifično raspoređene glatkomišićne ćelije, koje imaju ulogu u kontrakciji samih organa. Ove kontrakcije utiču na količinu sadržaja unutar organa, veličinu lumena i kretanje sadržaja unutar njega (npr. peristaltički pokreti creva). Kontrakcije ovih mišićnih ćelija, takođe, dovode i do zatvaranja otvora na kojima se nalaze sfinkteri. Glatkomišićne ćelije, u odnosu na pravac pružanja organa, mogu biti kružno orijentisane i tada grade *stratum circulare* ili uzdužno orijentisane – *stratum longitudinale*. Glatkomišićne ćelije inervišu nervi simpatikusa i parasimpatikusa. Cevaste organe sa spoljašnje strane obavija serozni omotač – *tunica serosa*. *Tunica serosa* obavija i parenhimatozne organe. **Parenhimatozni organi** su organi meke konzistencije koji se sastoje od vezivnog tkiva, koje se naziva stroma ili intersticijum i specifičnog tkiva, koje se naziva parenhim, a koje je i zaduženo za funkciju samog organa (jetra, gušterača, bubreg, pluća, semenik, jajnik ...). Stroma, odnosno intersticijum, okružuje parenhim organa i gradi kapsulu od koje polaze pregrade koje obavijaju pojedinačne ili grupe ćelija, deleći organ na režnjeve (*lobus*), odnosno režnjice (*lobulus*). Stroma sadrži i krvne sudove i nerve koji vrše vaskularizaciju i inervaciju organa.

Sve organe utrobe, osim pojedinih koji se nalaze u kaudalnom delu karlične duplje, obavija ovojnica koja se naziva seroza (*tunica serosa*). Seroza je tanka, glatka, vlažna i prozirna ovojnica koja, pored organa, presvlači i zidove telesnih duplji. Serozu grade jednoređan pločast epitel (*lamina epithelialis serosae* – *mesotelium*, mezotel) i vezivnotkivni sloj (*lamina propria serosae*) u kome se nalaze krvni i limfni sudovi i nervna vlakna. Seroza ima sposobnost stvaranja i apsorpcije tečnosti. Serozna tečnost sadrži pufere, epitelne ćelije i imunokompetentne ćelije.



Slika 10.1. Položaj organa u grudnoj i trbušnoj duplji govečeta (bočno, sa desne strane)

Sr – srce; **KrŠ** – kranijalna šuplja vena; **A** – aorta; **Du** – dušnik; **Je** – jednjak; **Df** – dijafragma; **Jt** – jetra; **B** – burag; **M** – mrežavac; **L** – listavac; **S** – sirište; **Dv** – dvanaestopalačno crevo.

U toku embrionalnog razvoja, svi visceralni organi leže u dorzalnom delu, između zida i seroze. U toku razvoja, organi se odvajaju od zida i spuštaju u telesne duplje. Spuštanjem u telesnu duplju organ potiskuje i serozu i formira duplikaturu na kojoj visi i koja ostaje u vezi sa zidom duplje. Na taj način, razlikuju se dva tipa seroze, seroza koja obavija i naleže na sam organ – *serosa visceralis* (visceralni list seroze) i seroza koja naleže na zidove duplje – *serosa parietalis* (parijetalni list seroze). U duplikaturi seroze unutar koje se nalazi organ, smešteni su krvni i limfni sudovi, kao i nervna vlakna. Seroza u grudnoj duplji se naziva *pleura*, a u trbušnoj i karličnoj duplji *peritoneum*.

Grudna duplja – *Cavum pectoris*

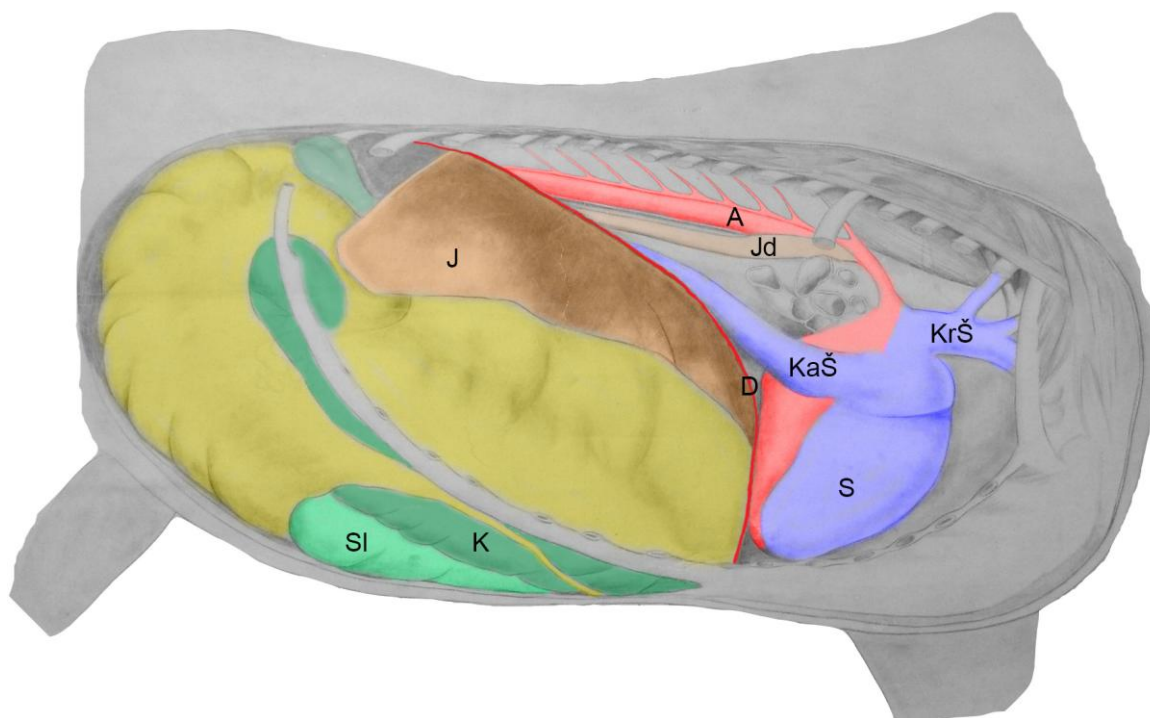
Grudna duplja je smeštena u kranijalnom delu grudnog koša, od ulaska (*apertura thoracis cranialis*) do dijafragme. Koštane delove zida grudne duplje čine: grudni pršljenovi sa dorzalne strane, rebra sa bočnih stana i grudna kost sa ventralne strane. Za koštane delove prikačeni su mišići, a sa unutrašnje strane se nalazi *fascia endothoracica*. Ovu fasciju, od šupljine deli parijetalna seroza, odnosno *pleura parietalis*.

Pleura formira dve zatvorene šupljine (*cava pleurae*) u obliku vreća, leva prevlači levi deo zida, a desna desni deo zida grudne duplje.

Medijalno ove vreće se dodiruju i formiraju mediastinum (*pleura mediastinum*). Između leve i desne pleure mediastinum se nalazi prostor – *spatium mediastinale* u kome su smešteni organi grudne duplje: pluća, srce, dušnik, krvni i limfni sudovi, nervi, jednjak i dr. Pored organa, u medijastinalni prostor se nalazi rastresito vezivno tkivo i *fascia endothoracica*.

Prema mestu pružanja, odnosno položaju u grudnoj duplji pleura se deli na *pleura costalis* (parijetalna, naleže na rebra), *pleura diaphragmatica* (parijetalna, naleže na dijafragmu), *pleura mediastinalis* (parijetalna, gradi mediastinum), *pleura pericardiaca* (parijetalna, deo osrčja) i *pleura pulmonalis* (visceralna, naleže na pluća).

U svakoj od dve vreće nalazi se po jedna pleuralna šupljina – *cavum pleurae*. S obzirom da su organi utisnuti u vreće, *cavum pleure*, odnosno prostor između pleure parietalis i pleure visceralis je veoma uzan, ispunjem malom količinom tečnosti. Uloga tečnosti je u smanjenju trenja između pleura.



Slika 10.2. Položaj organa u grudnoj i trbušnoj duplji konja (bočno, sa desne strane)

S – srce; **KaŠ** – kaudalna šuplja vena; **KrŠ** – kranijalna šuplja vena; **A** – aorta; **Jd** – jednjak; **D** – dijafragma; **J** – jetra; **SI** – slepo crevo; **K** – kolon

Trbušna duplja – *cavum abdominis*

Trbušna duplja je najveća telesna šupljina koja se prostire od dijafragme do ulaza u karličnu duplju. Granicu između grudne duplje i trbušne čini dijafragma, dok se karlična duplja smatra kaudalnim nastavkom trbušne duplje. Komunikacija grudne i trbušne duplje se ostvaruje pomoću tri otvora i to otvorom za aortu (*hiatus aorticus*), otvorom za jednjak (*hiatus oesophagicus*) i otvorom za kaudalnu šuplju venu (*foramen v. cavae caudalis*). Komunikacija trbušne i karlične duplje se ostvaruje širokim ulazom (*apertura pelvis cranialis*).

Trbušna duplja se deli na dva dela i to kranijalni deo – *cavum abdominis intrathoracalis* i kaudalni deo – *cavum abdominis proprium*. *Cavum abdominis intrathoracalis*, odnosno intratorakalni deo trbušne duplje, kao što naziv sugeriše, nalazi se unutar grudnog koša (*torax*), odnosno predstavlja šupljinu koju sa kranijalne strane ograničava dijafragma, a sa bočnih strana rebarni lukovi. *Cavum abdominis proprium* ili prava trbušna duplja se prostire od zadnjih rebara do ulaza u karličnu duplju, sa dorzalne strane je ograničavaju slabinski pršljenovi, a sa bočne i ventralne strane mišići trbušnog zida.

Seroza koja se nalazi u trbušnoj duplji se naziva *peritoneum*. Peritoneum, kao i pleura u grudnoj duplji, ima svoja dva dela i to *peritoneum parietalis* i *peritoneum visceralis*. *Peritoneum parietalis* presvlači zidove trbušne duplje sa unutrašnje strane, dok *peritoneum visceralis* je u direktnom kontaktu sa organima. Između ova dva lista peritoneuma se nalazi prostor – *cavum peritonei*. Organi koji se nalaze u trbušnoj duplji su organi za varenje, mokraćni i delimično polni organi. Organi trbušne duplje su vezani za zid trbušne duplje pomoću seroznih duplikatura koje se nazivaju *mezentarium*, odnosno crevni visak. *Mezentarium* počinje iz parietalnog peritoneuma u slabinskoj regiji, pruža se ventralno i prelazi preko organa kao visceralni peritoneum. Kroz *mezentarium* prolaze krvni i limfni sudovi, koji vrše vaskularizaciju organa i nervi koji vrše inervaciju. U *mezentariumu* se nalazi i vezivno tkivo (rastresito i masno). S obzirom da su u toku embrionalnog razvoja organi vezani uz dorzalni zid trbušne duplje i da njihovim rastom migriraju ventralno u trbušnu duplju, prema položaju organe možemo podeliti na intraparietalne i retroparietalne organe. Intraparietalni organi su organi koji vise unutar trbušne duplje i povezani su *mezentariumom* (creva, želudac, jetra, gušterača, slezina), dok se retroperitonealni

organi nalaze između dorzalnog trbušnog zida i peritoneuma (bubrezi, nadbubrežna žlezda ...).

U trbušnoj duplji postoji i međusobna veza pojedinih organa, nastala spajanjem visceralnog peritoneuma. Naime, nakon što je visceralna seroza obavila neki organ, nastavlja se ventralno, ponovo formira duplikaturu koja obavija drugi organ i veže se za ventralni zid trbušne duplje. Duplikatura peritoneuma koja vezuje želudac sa jetrom, dvanaestopalačnim crevom i kolonom naziva se trbušna maramica – *omentum*. Deo te duplikature koji povezuje želudac i kolon naziva se veliki omentum (*omentum majus*), dok se deo koji veže želudac za jetru i jetru za dvanaestopalačno crevo naziva mali omentum (*omentum minus*).

Karlična duplja – *cavum pelvis*

Karlična duplja je najmanja od tri telesne šupljine. Nastavlja se kaudalno na trbušnu duplju, sa kojom komunicira širokim otvorom (*apertura pelvis cranialis*). Koštanu osnovu karlične duplje čine krsna kost, nekoliko prvih rečnih pršljenova i karlične kosti koje su ventralno povezane. Pored koštanog dela, osnovu karlične duplje čine mišići karličnog pojasa, fascije i ligamenti. Izlaz karlične duplje zatvara karlična dijafragma – *diaphragma pelvis* u kojoj se nalazi čmar, a kod ženskih jedinki i stidnica. Prostor između čmara i stidnice naziva se *perineum*.

U karličnoj duplji su smešteni pravo crevo i deo mokraćne bešike. Kod muških jedinki, u karličnoj duplji, su smešteni i deo mokraćovoda, semevod i akcesorne polne žlezde, dok se kod ženskih jedinki nalaze telo i grlić materice, usmina i deo mokraćnog izvodnika. U kranijalnom delu, karlična duplja je presvučena peritoneumom, koji predstavlja nastavak peritoneuma trbušne duplje, dok je u kaudalnom delu *fascia pelvis*. Završni deo creva visi na duplikaturi seroze koja se naziva *mesorectum*, polni organi na duplikaturi koja se naziva *plica urogenitalis*, dok je mokraćna bešika vezana za karličnu duplju pomoću ligamenta (parni – *ligamenta vesicae lateralia* i neparni – *lig. vesicae medianum*).

Telesne duplje živine

Kod živine ne postoji granica između grudne i trbušne duplje. Dijafragma je zakržljala, tako da grudna i trbušna šupljina čine jednu duplju.

Seroze koje se nalaze unutar duplje formiraju nekoliko šupljina: *cavum pericardii*, *cavum pleurae* i *cavum peritonei*. Međutim, zbog postojanja vazdušnih kesa, koje dodatno ulaze unutar već postojećih šupljina, kod živine, *cavum pleurae* se deli na levu i desnu, dok se *cavum peritonei* deli na *cavum hepaticum dorsale sinister et dexter*, *cavum hepaticum ventrale sinister et dexter* i *cavum intestinale peritonei*.

11. SISTEM ORGANA ZA VARENJE – *ORGANA DIGESTORIUM*

Zadatak organa za varenje, odnosno digestivnog trakta je uzimanje i iskorišćavanje hrane u organizmu. U procesu koji se naziva varenje, hrana se mehanički i hemijski razgrađuje do osnovnih sastojaka pogodnih za apsorpciju, odnosno usvajanje od strane organizma. Uloga digestivnog trakta je u samoj apsorpciji, ali i odstranjivanju neapsorbovanih delova hrane. Sistem organa za varenje predstavlja jedan dug kanal, koji se pruža od usnog otvora do čmara, a pripadaju mu i žlezde: pljuvačne, jetra i gušterača. Izvodni kanali ovih žlezda završavaju se u pojedinim delovima digestivnog trakta. Delovi digestivnog trakta su: usta, ždrelo, jednjak, želudac, creva i čmar. Pojedini delovi ovog kanala su prošireni, pojedini su različite dužine, a ove razlike su uslovljene ulogom, ali i načinom ishrane pojedine vrste.

Usna šupljina (*cavum oris*)

Usna šupljina je početni deo digestivnog trakta i sastavni deo usta. Osnovna uloga usta je uzimanje i žvakanje hrane. U ustima se hrana meša sa pljuvačkom i počinje hemijsko razlaganje hrane. Pored usne šupljine i njenih zidova, usta se sastoje od usana, dodatnih organa smeštenih u ustima (jezik i zubi) i pljuvačnih žlezda.

Usna duplja počinje usnim otvorom (*rima oris*) i završava se usno-ždrelnim otvorom (*aditus pharyngis*). Usna duplja se deli na usno predvorje (*vestibulum oris*) i pravu usnu duplju (*cavum oris proprium*). Usno predvorje je prostor između zubnih lukova sa unutrašnje strane i usana i obraza sa spoljašnje strane. Prava usna duplja je prostor unutar zubnih lukova. Pravu usnu duplju ograničava: dorzalno – nepce, sa ventralne strane – jezik i usno dno, a lateralno i rostralno – zubi, zubni lukovi i desni. Usno predvorje i prava usna duplja komuniciraju preko međuzubnih prostora, a najveći prostor je bezubi rub (*margo interalveolaris*) koji se nalazi između sekutića i predkutnjaka. Usna duplja je sa unutrašnje strane obložena kutanom sluzokožom, odnosno sluzokožom koja se sastoji od pločastoslojevitog epitela sa orožavanjem i rastresitog vezivnog tkiva. U pojedinim delovima usne duplje u

vezivnom tkivu se nalaze žlezde koje su ime dobile po lokaciji: usne žlezde (*gll. labiales*), obrazne žlezde (*gll. buccales*), nepčane žlezde (*gll. palatinae*) i jezične žlezde (*gll. linguales*).

Usne (*labia oris*) služe za hvatanje i uzimanje hrane. Kod životinja postoje gornja (*labium superius*) i donja (*labium inferius*). Gornja usna je vezana za sekutićnu, dok je donja vezana za donjoviličnu kost. Usne ograničavaju otvor koji vodi u usnu šupljinu, a naziva se usna pukotina – *rima oris*. Oblik usana kod različitih životinja je uslovljen načinom ishrane i vrstom hrane. Na primer, kod konja usne služe za sakupljanje hrane i unošenje u usta i zato su usne izuzetno pokretljive i osetljive. Usne su građene od kože, središnjeg mišićnog sloja (*m. orbicularis oris*) i sluzokože sa žlezdama. Žlezde (*gll. labiales*) su seroznog i mukoznog tipa, brojnije u gornjoj nego u donjoj usni. Otvori se završavaju na površini sluzokože. Sluzokoža usana je kutana i sa spoljašnje strane prelazi u kožu, dok sa unutrašnje strane prelazi u desni – *gingive*.

Obrazi (*buccae*) sa bočnih strana ograničavaju usnu šupljinu i prihvataju se za donjoviličnu i gornjoviličnu kost. Građa im je slična građi usana, a to znači da se sastoje od kože sa spoljašnje strane, mišićnog sloja i sluzokože sa žlezdama. Mišićni sloj prvenstveno gradi *m. buccinator*. Žlezde koje se nalaze u obrazima se nazivaju *gll. buccales* i sadrže brojne sitne otvore na sluzokoži kroz koje se izliva njihov sekret.

Nepce (*palatum*) predstavlja krov usne duplje i granicu između usne i nosne duplje. Sastoji se iz dva dela. Prvi, rostralni deo se naziva tvrdo nepce (*palatum durum*) i kaudalni deo koji se naziva meko nepce (*palatum molle*). Tvrdo nepce predstavlja čvrstu kutanu sluzokožu usne duplje koja pokriva koštani deo. Koštanu osnovu tvrdog nepca grade delovi sekutićne kosti, gornje vilice i nepčane kosti. Sluzokoža tvrdog nepca pruža se od sekutića, aboralno prelazi u sluzokožu mekog nepca, a bočno prelazi u desni. Medijano, na sluzokoži se uočava nepčana brazda koja se naziva *raphe palati*, koja nepce deli na dve polovine. Na svakoj polovini se nalazi od 16 do 18 poprečnih nabora – *rugae palatinae*.

Meko nepce (*palatum molle* ili *velum palatinum*) nastavlja se kaudalno na tvrdo nepce i pruža se do ždrelnog otvora. Kaudalni rub mekog nepca se naziva *arcus veli palatini* i čini rostralnu granicu pomenutog ždrelnog otvora. Meko nepce predstavlja duplikaturu sluzokože, koja sadrži mišiće, vezivno tkivo i žlezde (*gll. palatinae*). Na mekom nepcu se razlikuju dve površine – ventralna i dorzalna. Ventralna površina je okrenuta prema usnoj duplji i prekrivena je kutanom sluzokožom. Dorzalna površina je okrenuta prema ždrelu i obložena je sluzokožom koja se nalazi u nosnoj duplji – respiratornom sluzokožom. Dužina mekog nepca kod konja je 15 cm, dok je kod goveda oko 12 cm.

Jezik (*lingua*)

Jezik je pokretan, mišićni organ koji zauzima najveći deo prave usne duplje (*cavum oris proprium*). Na jeziku se razlikuju tri dela: vrh (*apex linguae*), telo (*corpus linguae*) i koren (*radix linguae*). Vrh jezika je oralni, slobodni kraj koji iznosi oko jedne trećine ukupne dužine jezika. Telo jezika je najveći deo i sa ventralne strane je pričvršćeno za dno usne duplje, odnosno telo je slobodno sa dorzalne i lateralnih strana. Koren jezika je aboralni deo koji se pruža od zadnjeg kutnjaka do grkljana. Slobodan je dorzalno, dok je bočno i ventralno vezan za donju vilicu i jezičnu kost. Slobodna, dorzalna površina jezika se naziva *dorsum linguae*. Kod goveda, *dosum linguae* se uzdiže i stvara izbočinu koja se naziva *torus linguae*. Kod konja se u jeziku nalazi i hrskavica (*cartilago dorsi linguae*).

Jezik se sastoji od sluzokože, mišića, krvnih sudova, nerava i vezivnog tkiva. Sluzokoža je tvrda, orožala i čvrsto povezana sa mišićima dorzalne i lateralne strane jezika. Sa ventralne strane sluzokoža je mekša, manje orožala i prelazi, u vidu duplikature (*frenulum linguae*), u sluzokožu podjezičnog dna. Sluzokoža sa dorzalne strane, delimično i lateralnih, obrazuje nabore koji se nazivaju *papillae linguales*. Raspored, veličina, broj i oblik papila zavisi od vrste životinja. Sa funkcionalnog aspekta papile se dele na mehaničke (*papillae mechanicae*) i gustatorne (*papillae gustatoriae*). Mehaničke papile su orožale, pomažu pri lizanju i štite dublje strukture od povreda. Gustatorne papile sadrže gustoreceptorne kvržice, odnosno strukture koje sadrže receptorne ćelije čula ukusa. Mehaničke papile su brojnije od gustatornih.

U mehaničke papile se ubrajaju:

- končaste papile (*papillae filiformes*) – najmanje i najbrojnije. Oblika su zašiljenog valjka, veoma orožale,
- ivične papile (*papillae marginales*) – duge spljoštene papile koje se nalaze na ivicama jezika,
- čunaste, kupaste (*papillae conicae*) – nalaze se na osnovi jezika kod preživala.

U gustatorne papile se ubrajaju:

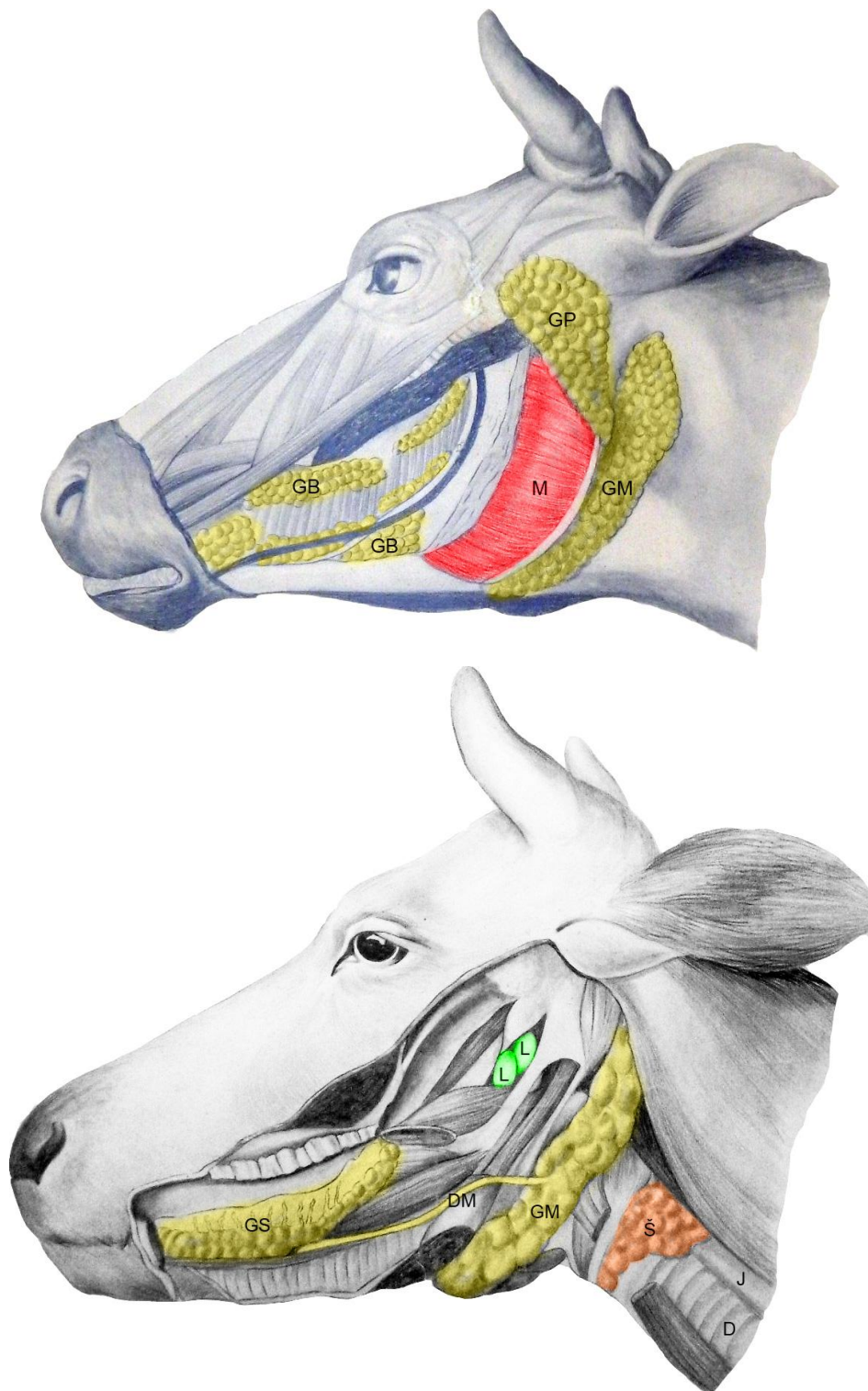
- pečurkaste papile (*papillae fungiformes*) – štrče iznad površine jezika, a gustoreceptorne kvržice se nalaze na dorzalnoj strani,
- opšančane papile (*papillae vallatae*) – slične pečurkastim, ali nisu izdignute već usađene u tkivo jezika, tako da se oko njih nalazi udubljenje u obliku rova. Gustoreceptorne kvržice se nalaze sa bočnih strana ovih papila,
- listaste papile (*papillae foliatae*) – više paralelnih nabora sluzokože, gustoreceptorne kvržice se nalaze sa bočnih strana.

Mišići jezika (*mm. linguales*) omogućavaju njegovu pokretljivost i građeni su od poprečno-prugastog mišićnog tkiva. Dele se na spoljašnje i unutrašnje. Spoljašnji mišići jezika počinju od pojedinih delova jezične kosti, a ime su dobili po delu jezične kosti sa koga polaze (*m. styloglossus*, *m. hyoglossus* i *m. genioglossus*). Unutrašnji mišići se sastoje od brojnih mišićnih snopova koji su raspoređeni uzdužno, poprečno i koso i ne počinju od jezične kosti.

U jeziku se nalaze i pljuvačne žlezde (*gll. linguales*), a prema položaju unutar jezika mogu biti: apikalne, duboke i žlezde korena jezika.

Pljuvačne žlezde (*glandulae salivariae*)

Pljuvačne žlezde su parni organi koji luče pljuvačku koja pomoću izvodnih kanala dospeva u usnu duplju. Pljuvačka održava sluzokožu usne duplje vlažnom, meša se i omekšava hranu u toku žvakanja, podmazuje put za prolazak hrane tokom akta gutanja i započinje hemijsko varenje hrane.



Slika 11.1. Pljuvačne žlezde (površinske i duboke)

GP – *gl. parotis*, **GM** – *gl. mandibularis*, **GS** – *gl. sublingualis*, **GB** – *gll. buccales*, **DM** – ductus mandibularis, **M** – *m. masseter*, **L** – limfni čvor, **Š** – štitasta žlezda, **D** – dušnik, **J** – jednjak

Pljuvačne žlezde, prema veličini, se mogu podeliti na male (*gll. salivariae minores*) i velike (*gll. salivariae majores*).

Male pljuvačne žlezde se nalaze u sluzokožama usana (*gll. labiales*), obraza (*gll. buccales*), jezika (*gll. linguales*) i nepca (*gll. palatinae*). Pljuvačne žlezde u obrazima (*gll. buccales minores*) formiraju dorzalne i ventralne nakupine (*gll. buccales dorsales et ventrales*) (Slika 11.1).

Velike pljuvačne žlezde su zaušna žlezda (*gl. parotis*), donjovilična (*gl. mandibularis*) i podjezične (*gll. sublinguales*) (Slika 11.1).

Zaušna žlezda je parna žlezda, smeštena na spoju glave i vrata, ventralno od ušne hrskavice. Ona je mešovita tubuloalveolarna serozna žlezda. Obavijena je vezivnotkivnom kapsulom od koje se u parenhim pružaju trabekule koje žlezdu dele na reznijeve i reznjiće. Pljuvačku iz ove žlezde odvodi kanal (*ductus parotideus*) koji se pruža rostralno. Kod konja, goveda i svinja prolazi uz ventralni rub donje vilice i završava se otvorom na sluzokoži obraza, što znači da svoj sekret izlučuje u predvorje usne duplje.

Donjovilična žlezda leži na uglu donjovilične kosti. Delom je prekriva zaušna žlezda. Sekret ove žlezde je mešovit, seromukozan, ali može lučiti samo mukozni ili samo serozni. Iz ove žlezde, pljuvačku odvodi jedan veliki pljuvačni kanal (*ductus mandibularis*) koji se pruža ispod sluzokože usnog dna i završava se otvorom u subjezičnom prostoru.

Podjezične žlezde se kod svih domaćih životinja nalaze sa svake strane po dva para, osim kod konja gde se sa jedne strane nalazi samo jedna žlezda. Kod životinja koje imaju po dva para, te žlezde se nazivaju *gl. sublingualis monostomatica* ili velika podjezična žlezda i leži kaudalno, i *gl. sublinguales polystomatica* ili mala podjezična žlezda koja leži kranijalno. Konj ima samo malu podjezičnu žlezdu (*gl. sublingualis polystomatica*). Pljuvačku iz podjezične žlezde odvodi *ductus sublingualis major*, koji se zajedno sa izvodnim kanalom donjovilične žlezde (*ductus mandibularis*) završava u podjezičnom prostoru.

Organi za žvakanje (*apparatus masticatorium*)

U organe za žvakanje spadaju: desni i zubi, donjovilični zglobovi i mišići za žvakanje.

Desni (*gingiva*)

Desni, odnosno zubno meso, su deo kutane sluzokože usne duplje koji prekrivaju delove donje i gornje vilice, kao i sekutične kosti na mestima gde naležu zubi. Dobro su srasle sa periostom. Sastoje se od kutane sluzokože, ali i brojnih kolagenih vezivnih vlakana ispod sluzokože. Uloga desni je da fiksiraju zube i prekrivaju vrat zuba. Deo desni koji razdvaja susedne zube naziva se interdentalna papila.

Zubi (*dentes*)

Zubi služe za uzimanje i sitnjenje hrane u toku procesa žvakanja, odnosno pripremaju hranu za varenje. Broj i izgled zuba su karakteristični za svaku životinjsku vrstu. Svi zubi zajedno se nazivaju zubalo. U zavisnosti od mesta gde se razvijaju i nameni, mogu se podeliti na: sekutiće, očnjake, pretkutnjake i kutnjake. Zubi leže u zubnim udubinama kosti koje se nazivaju alveole, i to sekutičnoj, gornjoviličnoj i donjoviličnoj kosti.

Kod domaćih životinja rast zuba je difiodontan (*diphyodontus*), što znači da prvi zubi koji se javljaju bivaju zamenjeni drugim zubima. Prvi zubi se nazivaju mlečni zubi (*dentes decidue*) i oni su prisutni već od rođenja ili se javljaju neposredno nakon rođenja. Ove zube zamenjuje druga generacija zuba, takozvani trajni zubi (*dentes permanentes*). Vreme zamene zuba je vremenski definisano za svaku vrstu životinja.

Pored činjenice da se zubi razlikuju, u skladu sa njihovom ulogom, kao i vrstom životinje kod koje se nalaze, zubi imaju zajedničku osnovnu građu. Delovi zuba su :

- kruna zuba (*corona dentis*),
- vrat zuba (*collum dentis*) i
- koren zuba (*radix dentis*).

Kruna zuba je slobodni deo koji se izdiže iznad desni (*gingiva*), a prekriven je gleđu. Vrat je suženje zuba koje pokriva *gingiva* i deo gde prestaje prisustvo gleđi. Koren zuba je deo koji se nalazi utisnut u udubinama za zube, alveolama. Na zubima se razlikuju nekoliko površina koje imaju i svoja imena. Površina zuba okrenuta prema predvorju usne duplje se naziva *facies vestibularis*, površina prema obrazima naziva se *facies buccalis*, a prema usnama *facies labialis*. Površina koja se nalazi prema jeziku naziva se

facies lingualis. Dodirna površina između susednih zuba se naziva *facies contactus*.

Na poprečnom preseku zuba uočava se šupljina (*cavum dentis*). Ova šupljina je ispunjena zubnom pulpom (*pulpa dentis*). Zubna pulpa je građena od rastresitog vezivnog tkiva u kome se nalaze krvni sudovi i nervi. Krvni sudovi i nervi u pulpu ulaze kroz otvor koji se nalazi na vrhu korena i naziva se *foramen apicis dentis*. Šupljinu zuba formiraju tri mineralizovana tkiva i to:

- gleđ (*enamelum, substantia adamantina*),
- zubna kost ili dentin (*dentinum, substantia eburnea*) i
- cement (*cementum*).

Hemijski sastav ovih tkiva je sličan kostima, a sastavljeni su uglavnom od hidroksiapatita.

Gleđ je najčvršća supstanca u organizmu i građena je isključivo od hidroksiapatita (98%). Hidroksiapatit gradi izdužene gleđne prizme, koje su međusobno takođe povezane sa hidroksiapatitom i malom količinom organske materije. Gleđ formiraju adamantoblasi (ameloblasi), tako što jedna ćelija formira jednu prizmu. Adamantoblasi su prizmatične ćelije koje učestvuju u sekreciji i mineralizaciji gleđi. S obzirom da se u gleđi ne nalaze ćelije, ne poseduje mogućnost regeneracije, odnosno oštećenja gleđi se ne mogu popraviti. Gleđ se nalazi na površini krune. Prema izgledu gleđi, mogu se razlikovati sledeće vrste zuba: jednostavni kupasti, mnogokvržičasti i naborani zubi. Jednostavne kupaste i mnogokvržičaste karakteriše prisustvo jedne ili više krvrčica koje formira gleđ. Primer za jednostavne kupaste zube su očnjaci svih vrsta domaćih životinja i sekutići kod preživara. Primer za mnogokvržičaste zube su kutnjaci kod svinja. Nabrani zubi imaju gleđ koja formira široke nabore na zubnoj kruni i primer za ove zube su kutnjaci konja i preživara.

Dentin je osnovna supstanca zuba, gradi najveći deo i zatvara zubnu šupljinu. Nalazi se ispod gleđi u predelu krune, odnosno ispod cementa u predelu korena. Dentin je građen od kristala hidroksiapatita (oko 70%), kolagenih vlakana i glikoproteina. Ćelije koje formiraju dentin se nazivaju odontoblasi i to su visokoprizmatične ćelije koje se nalaze na granici pulpe i dentina. Odontoblasi zadržavaju sposobnost proizvodnje dentina čitavog života. Lagano stvaranje sekundarnog dentina, koji ispunjava zubnu šupljinu se nastavlja i u starijem uzrastu. Sekundarni dentin se razlikuje od primarnog po tamnijoj boji.

Cement je po građi najbliži kostima. Predstavlja površinski sloj i nalazi se u predelu korena zuba. Stepenn mineralizacije je 45–50%. Cement luče cementoblasi koji leže na periferiji cementa prema opni koja se naziva peridontni ligament ili *peridontium*. Peridontium sadrži kolagena vlakna koja formiraju vezu između kosti i cementa i pričvršćuje zub za kost.

Broj zuba i završetak rasta može se opisati zubnom formulom za svaku vrstu. Skraćenice za pojedine vrste zuba su u skladu sa njihovim latinskim nazivima i to:

- sekutići (*dentes incisivi – I*),
- očnjaci (*dentes canini – C*),
- pretkutnjaci (*dentes premoleres – P*) i
- kutnjaci (*dentes molares – M*).

Broj i raspored zuba u obe polovine donje vilice sa jedne strane i sekutične i gornjovilične kosti sa druge strane je jednak. Zubnom formulom možemo prikazati broj i raspored zuba sa jedne strane, a iz toga se mogu jasno videti i njihov ukupan broj i raspored. Zubne formule za stalne zube domaćih životinja date su u sledećoj tabeli

$$\text{Konj} \quad \left(I \frac{3}{3} + C \frac{1}{1} + P \frac{3}{3} + M \frac{3}{3} \right) \times 2 = 40$$

$$\text{Preživari} \quad \left(I \frac{0}{4} + C \frac{0}{0} + P \frac{3}{3} + M \frac{3}{3} \right) \times 2 = 32$$

$$\text{Svinja} \quad \left(I \frac{3}{3} + C \frac{1}{1} + P \frac{4}{4} + M \frac{3}{3} \right) \times 2 = 44$$

Vilični zglobovi (*articulatio temporomandibularis*)

Vilični zglobovi je sinovijalna veza između *processus condylaris* donjovilične kosti i *fossa mandibularis* slepoočne kosti. Između glave donjovilične kosti, kao dela *processus condylaris* i *fossa mandibularis* slepoočne kosti nalazi se fibrozna hrskavica (*discus articularis*). Pored zglobne čaure ovaj zglobovi je obezbeđen i jakim bočnim ligamentom (*ligamentum laterale*) i kaudalnim ligamentom (*ligamentum caudale*).

Mišići za žvakanje

U ovu grupu mišića spadaju mišići *m. masseter*, *m. pterygoideus medialis*, *m. pterygoideus lateralis* i *m. temporalis*. Ovi mišići spadaju u grupu mišića donje vilice i sa ostalim mišićima glave opisani u poglavlju – Lokomotorni sistem.

Ždrelna šupljina (*cavum pharyngis*)

Ždrelno je šupljina u kojoj se ukrštaju putevi za hranu i vazduh. Povezuje usnu duplju sa jednjakom i nosnu duplju sa grkljanom. Ždrelno se nalazi sa ventralne strane baze lobanje i prva dva vratna pršljena, sa ventralne strane se nastavlja u grkljan, a lateralno se nalazi između donjoviličnih kostiju, *mm. pterygoidei* i u kontaktu sa jezičnom kosti. Ždrelna šupljina sa oralne strane komunicira sa nosnom šupljinom preko dva velika ždrelno-nosna otvora – *choanae* i sa usnom šupljinom preko ždrelno-usnog otvora – *aditus pharyngis* ili *isthmus faucium*. Sa aboralne strane, ždrelno komunicira sa jednjakom preko otvora koji se naziva *aditus esophagus*. Ventralno od ovog otvora nalazi se otvor za grkljan – *aditus laryngis*. Ovaj otvor zatvara grkljanski poklopac – *epiglottis*. Sa lateralnih strana, ždrelno komunicira i sa srednjim uhom, pomoću otvora – *ostium pharyngeum tubae auditivae* koji vodi u Eustahijevu cev.

Oralni deo ždrelne šupljine se deli na dorzalni i ventralni deo. Granica između dorzalnog i ventralnog dela je meko nepce (*palatum molle*). Dorzalni deo je u nastavku nosne šupljine i naziva se *pars nasalis pharyngis*. Ventralni deo se nastavlja na usnu šupljinu i naziva se *pars digestoria pharyngis*. Zid ždrela se sastoji od sluzokože, mišićnog sloja i fascija. U ždrelu se nalaze dva tipa sluzokože. Deo koji je u kontaktu sa nosnom šupljinom, oblaže pseudoslojevit trepljasti epitel, dok se u krznu nalaze mešovite žlezde i difuzno limfatično tkivo. Deo ždrelne šupljine u nastavku usne šupljine obložen je kutanom sluzokožom, odnosno pločastoslojevitim epitelom, sa mukoznim žlezdama i limfatičnim tkivom u krznu.

Mišićni sloj ždrela grade poprečno-prugasti mišići (*mm. pharyngis*) i mogu se podeliti u tri grupe: mišići koji sužavaju ždrelno, mišići koji šire ždrelno i mišići koji skraćuju ždrelno. Najznačajnija uloga ovih mišića je gutanje. Gutanje je fiziološki akt kod kojeg zaloga hrane iz usne duplje, kroz ždrelno, odlazi u jednjak.

Prilikom gutanja, meko nepce se podiže ka nosnom delu ždrela, zatvara put za vazduh i otvara put za prolazak hrane. Istovremeno *epiglottis* zatvara ulazak u grkljan i sprečava da hrana ode u disajne puteve.

U zidovima ždrela se nalaze velike količine limfatičnog tkiva koje gradi *lymphonoduli aggregati* (krajnike ili tonzile). Krajnici predstavljaju veliki broj limfnih čvorića obavijenih vezivnotkivnom kapsulom. S obzirom na njihovu poziciju unutar ždrela, dele se na: nepčane, ždrelne, jezične, hoanske i tubarne.

Jednjak (*esophagus*)

Jednjak je cevasti organ koji povezuje ždrelno sa želucem. Sa ždrelom komunicira putem otvora – *aditus esophagus*, a sa želucem otvorom koji se nalazi na spoju jednjaka i želuca, a taj spoj se naziva kardija (*cardia*). Na putu od ždrela do želuca, u početnom delu, se pruža dorzalno u odnosu na dušnik, zatim prelazi na njegovu levu stranu, a na ulasku u grudni koš ponovo leži dorzalno u odnosu na dušnik. U grudnoj šupljini leži dorzalno na dušniku, a nakon račvanja dušnika nastavlja se dorzalno u odnosu na bazu srca. U grudnoj duplji se nalazi ventralno u odnosu na *aortu descendens* i u trbušnu duplju ulazi kroz otvor – *hiatus esophageus* koji se nalazi na dijafragmi. Zatim se pruža preko dorzalnog ruba jetre i uliva u želudac. Shodno tome da prolazi kroz nekoliko delova u organizmu, jednjak se može podeliti na *pars cervicalis* (deo koji prolazi kroz vrat), *pars thoracalis* (deo koji prolazi kroz grudnu duplju) i *pars abdominalis* (deo koji se nalazi u trbušnoj duplji).

Građa jednjaka odgovara opštem obrascu građe cevastih organa digestivnog trakta. Zid jednjaka se sastoji od četiri omotača i to su:

- *tunica mucosa* – sluzokoža,
 - *lamina epithelialis mucosae* (epitel),
 - *lamina propria mucosae* (krzno),
 - *lamina muscularis mucosae* (mišićni sloj),
- *tunica submucosa* – podsluzokoža,
- *tunica muscularis* – mišićni omotač,
 - *stratum circulare* (kružni sloj),
 - *stratum longitudinale* (uzdužni sloj),

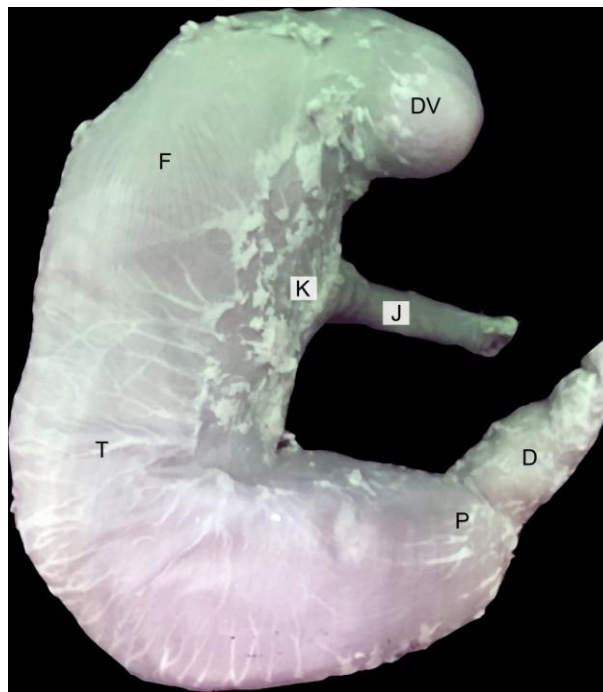
- *tunica adventitia/serosa* – (adventicija u vratnom delu; seroza u grudnom i trbušnom delu).

Unutrašnjost jednjaka oblaže sluzokoža koja pravi velike nabore koji zatvaraju lumen. Prilikom prolaska zalogaja hrane, sluzokoža se pomera i omogućuje prolazak hrane. Epitel je pločastoslojevit sa delimičnim ili potpunim orožavanjem ili bez orožavanja (što zavisi od vrste životinja), a ispod njega se nalazi rastresito vezivno tkivo – krzno. Na prelazu između krzna (*lamina propria mucosae*) i podsluzokože nalazi se sloj glatkomišićnih ćelija, čijom kontrakcijom se pokreću nabori sluzokože. Podsluzokoža povezuje sluzokožu sa mišićnim omotačem. Sastoji se od rastresitog vezivnog tkiva u kome se, u pojedinim delovima, nalaze mukozne žlezde – *gll. esophagicae*. Mišićni omotač jednjaka se sastoji iz dva sloja, spoljašnji uzdužni i unutrašnji kružni. Ovi slojevi su građeni od snopova poprečno-prugastih i glatkih mišićnih ćelija, a njihov udeo i raspored zavisi od vrste životinje. Kod preživara, celom dužinom su raspoređene poprečno-prugaste mišićne ćelije i omogućavaju podrigivanje i povraćaj hrane za preživljanje. Kod svinja, najvećim delom se nalaze poprečno-prugaste mišićne ćelije, osim kardijačnog dela

gde su glatkomišićne ćelije. Kod kopitara, poprečno-prugaste mišićne ćelije se nalaze u 2/3 jednjaka, a ostalo su glatkomišićne ćelije. Spolja, jednjak u vratnom delu obavija adventicija koja ga pričvršćuje za okolna tkiva. U grudnoj i trbušnoj duplji jednjak obavija seroza.

Želudac (*ventriculus, gaster*)

Želudac je naširi deo digestivnog trakta i nalazi se između jednjaka i tankog creva. Kod domaćih životinja želudac se razlikuje po obliku, građi i položaju. Prema obliku, želuci se mogu podeliti na jednokomorne i višekomorne. Višekomorni se, kao što im naziv sugeriše, sastoje iz više celina i karakteristični su za preživare. Jednokomorni želuci se nalaze kod svih ostalih vrsta domaćih životinja. Po građi, želuci se razlikuju u pogledu vrste sluzokože koja se u njima nalazi. Kod višekomornog želuca, u većem delu se nalazi kutana, dok se samo u jednom delu nalazi žlezdana sluzokoža. Jednokomorni želuci se, na osnovu građe, mogu se podeliti na proste (*ventriculus simplex*) i složene (*ventriculus compositus*). Kod prostih želudaca, sluzokoža je



Slika 11.2. Želudac svinje

J – jednjak; **K** – kardijalni deo; **F** – želudačno dno; **T** – telo; **P** – pilorusni deo; **D** – duodenum; **DV** – diverticulum ventriculi.

isključivo žlezdana, odnosno smena kutane u žlezdanu sluzokožu vrši se na samom ulazu u želudac (*cardia*). Kod složenih želudaca, smena sluzokože se vrši unutar njih, tako da se u želucu nalaze i kutana i žlezdana sluzokoža. Kod domaćih životinja jednokomorani, složeni želudac se nalazi kod svinja i kopitara. Položaj želuca unutar organizma je u zavisnosti od vrste želuca. Kod preživara želudac zauzima čitavu levu polovinu trbušne duplje, dok se kod životinja koje imaju jednokomorani želudac on nalazi u *regio epigastrica*, u intratorakalnom delu trbušne duplje, većim delom levo od medijalne ravni.

Jednokomorani želudac

Jednokomorani želudac je kesasto proširenje koje se sastoji iz samo jedne šupljine. Glavni delovi želuca su:

- *pars cardiaca* (kardijalni deo),
- *pars fundica* (želudačno dno, fundus),
- *corpus ventriculi* (telo) i
- *pars pylorica* (pilorusni deo).

Kardija (*cardia*) je mesto na želucu gde se spaja sa jednjakom i predstavlja ulaz, dok je pilorus (*pylorus*) mesto gde se na želudac nastavlja tanko crevo i to je izlaz. I na ulazu i na izlazu nalaze se kružni mišići (sfinkteri) koji sprečavaju da se hrana iz želuca vrati u jednjak, odnosno iz tankog creva u želudac. Fundus želuca je slepi, kesasti, deo koji se izdiže iznad tela i kardije. Telo želuca (*corpus ventriculi*) je srednji deo želuca i pruža se od fundusa do pilorusa.

Na želucu se razlikuju parijetalna površina (*facies parietalis*) i visceralna površina (*facies visceralis*). Parijetalna površina je okrenuta prema dijafragmi i jetri, dok je visceralna u kontaktu sa ostalim ogranima trbušne duplje koji se nalaze kaudalno od želuca (Slika 11.2).

Na želucu se nalaze velika i mala krivina (*curvatura ventriculi major et minor*). Velika krivina je konveksni ventralni rub želuca i pruža se od kardije do pilorusa. Za ovu krivinu se prihvata velika trbušna maramica (*omentum majus*). Mala krivina je konkavni dorzalni rub želuca i za nju se veže mala trbušna maramica (*omentum minus*).

Građa zida jednokomornog želuca

Zid želuca je, slično ostalim cevastim organima digestivnog trakta, građen od četiri omotača:

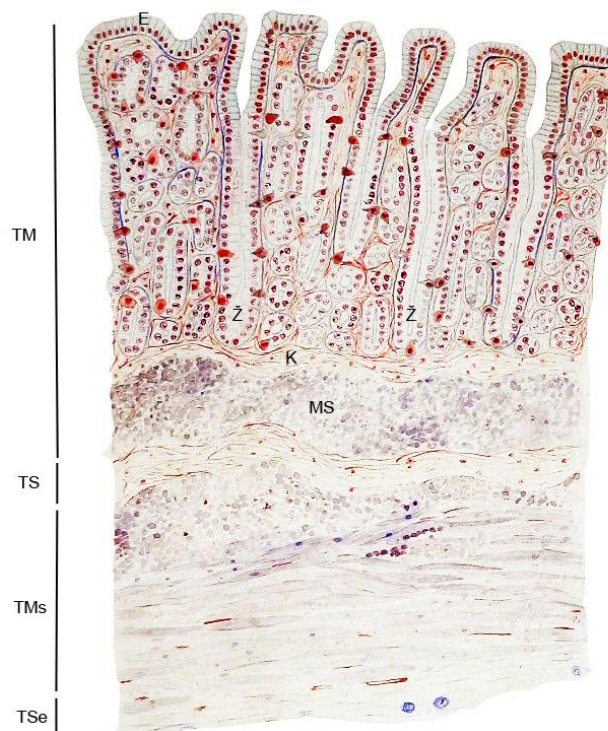
- *tunica mucosa* (sluzokoža),
- *tunica submucosa* (podsluzokoža),
- *tunica muscularis* (mišićni omotač) i
- *tunica serosa* (serozni omotač – *peritoneum*).

Kod jednokomornih želudaca kopitara i svinja razlikuju se dva dela i to: nežlezdani i žlezdani deo želuca. Nežlezdani deo obavlja sluzokoža koja se nastavlja iz jednjaka i nalazi se u početnom delu želuca (deo oko kardije). U nežlezdanom delu želuca epitel je pločastoslojevit (kutana sluzokoža) koji se nastavlja u jednoslojani prizmatičan koji se nalazi u ostalom, žlezdanom delu želuca. Usled različite građe i uloge žlezdana sluzokoža se može podeliti u tri predela.

Epitel početnog dela žlezdane sluzokože formira jednoredani prizmatičan epitel koji se sastoji od mukoznih ćelija. U krznu ovog dela, nalaze se izvijane cevaste žlezde *glandulae cardiales* čiji sekret se luči na površinu i ima ulogu u zaštiti sluzokože.

Sledeći predeo je predeo u kome jednoslojani prizmatičan epitel, u krznu, formira razgranate cevaste žlezde (*glandulae gastricae propriae* ili *glandulae fundicae*). Ove žlezde se pružaju do mišićnog lista sluzokože (*lamina muscularis mucosae*) i gusto su zbijene tako da se između njih nalazi mala količina vezivnog tkiva (Slika 11.3). Na ovim žlezdama mogu se razlikovati tri dela i to vrat, telo i dno žlezde. Ove žlezde se sastoje iz pet tipova ćelija i to:

- nediferencirane matične ćelije, smeštene u vratu i čijom se intenzivnom proliferacijom obnavljaju ostali tipovi ćelija,
- mukozne ćelije, smeštene u predelu vrata, luče sluz na površinu sluzokože,
- glavne (pepsinogene) ćelije, smeštene u distalnom delu tela žlezde, luče sekret seroznog tipa koji sadrži pepsinogen i lipazu,
- ivične (acidogene) ćelije, smeštene u telu žlezde. To su krupne ćelije koje luče jone vodonika i hlora u lumen želuca gde se formira hlorovodonična kiselina,



Slika 11.3. Histološka građa želuca – *fundus ventriculi*

TM – *tunica mucosa* (sluzokoža), **TS** – *tunica submucosa* (podsluzokoža), **TMs** – *tunica muscularis* (mišićni omotač), **TSe** – *tunica serosa*, **E** – epitel, **K** – krzno, **MS** – mišićni sloj, **Ž** – želudačne žlezde (*gll. gastricae*)

- enteroendokrine ćelije, smeštene u bazalnom delu (dno žlezde) i luče preko 20 vrsta hormona ili hormonu sličnih supstanci koji uglavnom deluju parakrino. Najznačajniji hormoni su gastrin, sekretin i holecistokinin.

Treći predeo se nalazi u pilorusnom delu želuca. Jednoslojan prizmatičan epitel ovog predela gradi razgranate cevaste žlezde u krznu sluzokože i sastoji se od mukoznih ćelija. Ove žlezde se nazivaju *glandulae pyloricae*, a njihov mukozni sekret se takođe izlučuje na površinu sluzokože.

U sastav sluzokože, osim epitela i vezivnog tkiva, ulazi i mišićni list koji je građen od 2–3 sloja glatkomišićnih ćelija.

Podsluzokoža (*tunica submucosa*) se sastoji od rastresitog ili gustog vezivnog tkiva u kome se nalaze krvni i limfni sudovi, nervi i masno tkivo. Elastična vlakna pomažu mišićnim ćelijama sluzokože u formiranju nabora koji su karakteristični za prazan organ.

Mišićni omotač želuca (*tunica muscularis*) je značajan za mešanje hrane sa želudačnim sokom, kao i za kretanje hrane iz želuca u tanka creva. Sastoji se od glatkomišićnih ćelija. U zavisnosti od rasporeda mišićnih ćelija, mišićni omotač gradi tri sloja i to: uzdužni (*stratum longitudinale*), kružni (*stratum circulare*) i kosi sloj (*stratum obliquum*). Ćelije kružnog sloja grade kardijalni i pilorusni sfinkter.

Serozni omotač (*tunica serosa*) pokriva želudac sa spoljašnje strane, prelazi u dorzalni i ventralni *mesogastrium* (duplikaturu seroze) kojim se želudac povezuje sa parijetalnim peritoneumom na dorzalnoj i ventralnoj strani trbušne duplje.

Specifičnosti jednokomornih želudaca kod konja i svinja

Karakteristika želuca svinje je postojanje velike izbočine – *diverticulum ventriculi*. Ova izbočina je trouglastog oblika i na njoj se ističe šiljasti deo koji se pruža kaudalno i udesno. Ova izbočina

nadvisuje fundusni deo želuca. Kutana sluzokoža oblaže samo mali deo unutrašnje površine divertikuluma. Veći deo ove izbočine sa unutrašnje strane oblaže žlezdana sluzokoža. Kutana sluzokoža je gruba i čvrsta, beličaste boje. Deo sluzokože u kome se nalaze fundusne žlezde je mrkocrvene boje, dok je pilorusni deo žućkaste boje. Na pilorusnom otvoru uočava se izbočina koja se naziva *torus pyloricus*.

Želudac konja je relativno mali u odnosu na druge životinjske vrste, kapaciteta između 5 i 15 litara. Kutana sluzokoža u kardijalnom delu je beličaste boje. U unutrašnjem delu želuca se nalazi jedan rub (*margo plicatus*) koji predstavlja granicu između kutane i žlezdane sluzokože. Kutana sluzokoža oblaže fundusni deo želuca, kao i jedan deo tela. Fundusni deo je proširen i formira slepu vreću (*saccus cecus ventriculi*).

Višekomorni želudac

Višekomorni želudac se nalazi kod domaćih preživala i sastoji se od četiri komore:

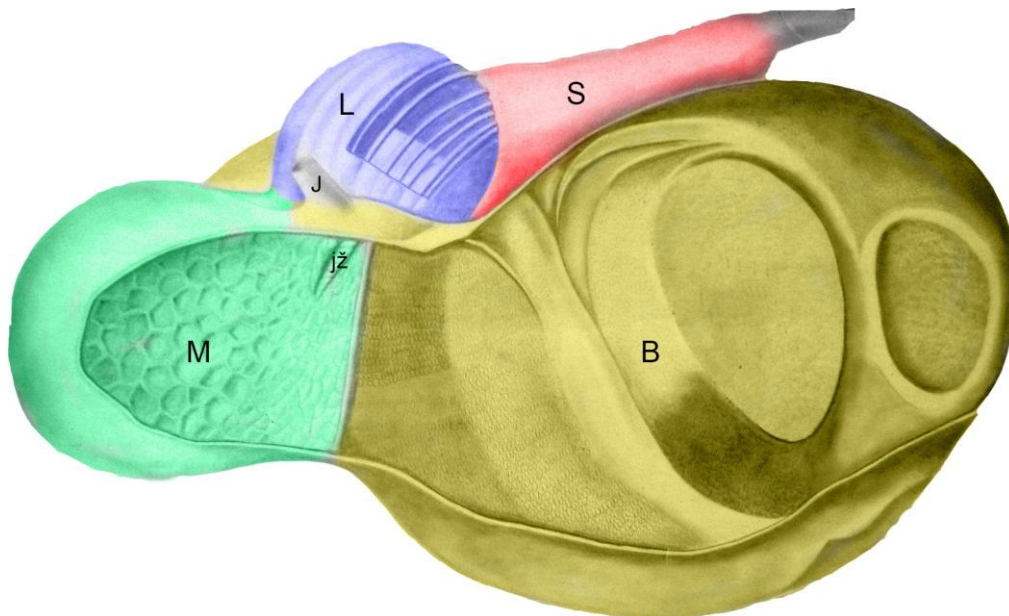
- *rumen* (burag),
- *reticulum* (mrežavac),
- *omasum* (listavac),
- *abomasum* (sirište).

Rumen, *reticulum* i *omasum* su predželuci (*proventriculi*). Ove tri komore imaju kutanu sluzokožu i zadužene su za razgradnju ugljenih hidrata, naročito celuloze. U razlaganju hrane u predželucima, od posebnog značaja su mikroorganizmi koji su vezani za sluzokožu. *Abomasum* ili sirište ima žlezdanu sluzokožu i odgovara građi jednokomornih prostih želudaca (Slika 11.4).

Višekomorni želudac dominira u trbušnoj duplji preživala i zauzima čitavu levu polovinu, a jednim delom se nalazi i u desnoj polovini trbušne duplje. Burag je smešten sa leve strane, mrežavac je u kranijalnom delu, a listavac i sirište se nalaze i sa desne strane trbušne duplje. Kapacitet želuca odraslih goveda može biti i do 200 litara, a od toga 80% u buragu. Sledeća komora po veličini je sirište, pa listavac, a najmanji deo je mrežavac.

Burag

Burag je najveći organ trbušne duplje preživala. Ima oblik velike, bočnospljoštene vreće koja ispunjava čitavu levu polovinu trbušne duplje. Pruža se od dijafragme do ulaska u karličnu duplju. Na buragu se razlikuju dve površine – parietalna (*facies parietalis*) i visceralna (*facies visceralis*). Parietalna površina naleže na



Slika 11.4. Presek predželudaca

J – jednjak, B – burag, M – mrežavac, L – listavac, S – sirište, jž – jednjački žleb



Burag

Mrežavac

Listavac

Slika 11.5. Izgled sluzokoža predželudaca

dijafragmu, levi i ventralni deo trbušnog zida, a visceralna je okrenuta prema jetri, crevima, listavcu i sirištu. Ove dve površine se spajaju u zaobljeni dorzalni rub (*curvatura dorsalis*) koji je okrenut prema dorzalnom trbušnom zidu i ventralni rub (*curvatura ventralis*) koji je u kontaktu sa ventralnim delom trbušnog zida. Na levoj i desnoj površini buraga nalaze se žlebovi (*sulci ruminis*), a na tim mestima u unutrašnjem delu su nabori (*pilae ruminis*). Levi uzdužni žleb (*sulcus longitudinalis sinister*) i desni uzdužni žleb (*sulcus longitudinalis dexter*) sa odgovarajućim naborima sa unutrašnje strane (*pila longitudinalis sinistra et dextra*) dele burag na dve vreće: jednu dorzalnu vreću (*saccus ruminis dorsalis*) i jednu ventralnu (*saccus ruminis ventralis*). Kranijalni deo dorzalne buragove vreće formira prednju vreću (*saccus ruminis cranialis*), koja se naziva i predvorje buraga (*atrium ruminis*). Kaudalno, i dorzalna i ventralna buragova vreća formira po jednu slepu vreću i to *saccus cecus caudo-dorsalis* i *saccus cecus caudo-ventralis*. Zid buraga se sastoji iz tri omotača: *tunica mucosa* (sluzokoža), *tunica muscularis* (mišićni omotač) i *tunica serosa* (serozni omotač). Sluzokoža je po tipu kutana, odnosno sastoji se iz pločastoslojevitog epitela sa orožavanjem i rastrestim vezivnim tkivom u krznu (*lamina propria*). Sluzokoža formira bradavičaste resice (*papillae ruminis*) (Slika 11.5). Ove resice daju karakterističan izgled buragu, a ukupnu unutrašnju površinu buraga povećavaju sedam puta. Uloga resica je u procesu resorpcije isparljivih masnih kiselina koje nastaju u toku fermentacije koju vrše mikroorganizmi, kao i resorpciji vode, vitamina B i K.

Mrežavac

Mrežavac je smešten kranijalno od buraga i naleže na kaudalnu površinu dijafragme. Nalazi se u neposrednoj blizini spoja jednjaka sa buragom. Sa spoljašnje strane je loptastog oblika. Sa unutrašnje strane granicu između buraga i mrežavca gradi široki rumino-retikularni nabor (*plica ruminoreticularis*) koji gradi veliki otvor – *ostium ruminoreticularis*. Komunikacija mrežavca sa listavcem se ostvaruje pomoću manjeg otvora – *ostium reticuloomasicum*. U unutrašnjosti mrežavca se nalazi žleb – *sulcus reticuli* koji se pruža od jednjačkog otvora do *ostium reticuloomasicum*. Uloga ovog žleba je ishrana mladih životinja u toku sisanja, kada se refleksno, ovaj žleb pretvara u kanal koji mleko vodi direktno u siriše.

Zid mrežavca se sastoji iz tri omotača: sluzokože, mišićnog omotača i seroze. Sluzokoža je kutana, odnosno građena od pločastoslojevitog epitela sa orožavanjem i rastresitog vezivnog tkiva. Sluzokoža gradi male grebene (*cristae reticuli*) koji se međusobno spajaju i unutrašnjoj površini mrežavca daju specifičan izgled pčelinjeg saća – *cellulae reticuli*. Usled ovakvog izgleda unutrašnje površine, mrežavac je i dobio ime (Slika 11.5). Mišićni omotač je građen od snopova glatkomišićnih ćelija. Mrežavac ima važnu ulogu u regurgitaciji, odnosno vraćanju hrane kod preživanja.

Listavac

Listavac se nalazi unutar intratorakalnog dela trbušne duplje desno od buraga i mrežavca. Loptastog je oblika, bilateralno spljošten kod goveda. Najtvrdi je deo predželuca preživara.

Povezan je sa mrežavcem preko otvora – *ostium reticuloomasicum*, a sa sirištem pomoću otvora koji se naziva *ostium omasoabomasicum*. Na ovom otvoru između listavca i sirišta se nalaze dva nabora koji ga zatvaraju i na taj način sprečavaju povratak hrane iz sirišta u listavac.

U unutrašnjosti listavca nalaze se brojni paralelno raspoređeni listovi (*laminae omasi*) (Slika 11.5). Ovi listovi predstavljaju nabore koji počinju sa dorzalne i lateralnih strana, pružaju se prema ventralnom delu gde se nalazi žleb – *sulcus omasi*. Ovi listovi se razlikuju po dužini (veliki, srednji, mali i sitni) i dele šupljinu listavca na uske delove – *recessus abomasi*. Listove gradi sluzokoža, podsluzokoža i ćelije mišićnog omotača. Epitel koji oblaže listove je pločastoslojevit sa orožavanjem, ispod koga se nalazi vezivno tkivo, koje gradi krzno, a ispod krzna se nalazi i sloj glatkomišićnih ćelija – *lamina muscularis mucosae*.

Sirište

Sirište, odnosno pravi deo višekomornog želuca, se nastavlja na listavac. Položaj sirišta zavisi od ispunjenosti predželudaca, kao i uzrasta životinje i bremenitosti kod ženskih jedinki. Sirište odgovara gradi jednostavnog želuca drugih domaćih sisara. U skladu sa tim može se podeliti na *fundus*, *corpus* i *pylorus*. Sluzokoža je žlezdana i formira *glandulae gastricae propiriae* i *glandulae pyloricae*. Za više detalja videti građu jednokomornog želuca.

Crevo (*Intestinum*)

Crevo je kaudalni deo organa za varenje. Nastavlja se na želudac, tačnije *pylorus* i pruža se do analnog otvora. Crevo se deli na tanko crevo (*intestinum tenue*) i debelo crevo (*intestinum crassum*). Tanko crevo se pruža od pilorusa do slepog creva, a debelo crevo od slepog creva do analnog otvora.

Delovi tankog creva su:

- *duodenum* (dvanaestopalačno crevo),
- *jejunum* (prazno crevo) i
- *ileum* (vito crevo).

Delovi debelog creva su:

- *cecum* (slepo crevo),
- *colon* (kolon) i
- *rectum* (pravo crevo).

Dužina creva se razlikuje između vrsta, rasa i jedinki. Dužina creva je usko povezana i sa načinom ishrane i vrstama hraniva koja se koriste. Biljojedi imaju duža creva u odnosu na mesojede i smatra se da je kod konja dužina creva deset puta veća od dužine životinje, kod svinja 15 puta, dok je kod preživara to 20 do 25 puta.

Tanko crevo (*intestinum tenue*)

Osnovna uloga tankog creva je varenje i resorpcija. Varenje je rezultat delovanja enzima na hranu koja se nalazi u crevu i priprema za resorpciju od strane ćelija koje su u kontaktu sa njom. Pored enzima koje luče ćelije creva (crevni sok), u varenju hrane učestvuju i enzimi koje sintetišu i u tanko crevo izlučuju jetra i gušterača. Tanko crevo visi na dugom mezenterijumu i može se lako pomerati. Tanko crevo vrši dve vrste pokreta: pendularne (u cilju mešanja crevnog sadržaja) i peristaltičke (koji hranu potiskuju kaudalno).

Dvanaestopalačno crevo (*duodenum*) je početni deo tankog creva koji se pruža od pilorusa do praznog creva. Kod govečeta i konja je dužine oko jednog metra. Za dorzalni deo trbušnog zida pričvršćeno je mezoduodenumom. Dvanaestopalačno crevo je vezano za jetru pomoću *lig. hepatoduodenale*. U ovom ligamentu se nalazi žučni izvodnik (*ductus choledochus*) koji dovodi žuč iz jetre u dvanaestopalačno crevo. U dvanaestopalačno crevo završavaju i izvodni kanali gušterače (*ductus pancreaticus major* i *ductus pancreaticus minor*). Početni deo duodenuma (*pars cranialis*) se nastavlja na pilorus, pruža se prema trbušnom zidu, povija kaudalno (*flexura duodeni cranialis*), zatim se pruža prema karličnoj duplji (*pars descendens duodeni*). Iza desnog bubrega se povija medijalno (*flexura duodeni caudalis*) i nastavlja kranijalno (*pars ascendens duodeni*). Završava ventralnim povijanjem (*flexura duodenojejunalis*) nakon čega se nastavlja prazno crevo.

Prazno crevo (*jejunum*) je najduži i najpokretniji deo čitavog digestivnog trakta. Visi na dugoj duplikaturi peritoneuma (mezojejunum) koji omogućava ovom delu tankog creva da se slobodno pomera. Prazno crevo formira veliki broj zavoja (*ansae jejunales*). Kod svinja *jejunum* zauzima kaudoventralni deo trbušne duplje. Kod preživara, s obzirom da burag zauzima levu

polovinu trbušne duplje, položaj praznog creva zavisi od ispunjenosti buraga i obavlja spiralne zavoje kolona. Kod konja, jejunum se nalazi u levom dorzalnom delu trbušne duplje.

Vito crevo (ileum) je kratak, završni deo tankog creva. S obzirom da makroskopski ne postoji značajna razlika između praznog i vitog creva, granica između njih je mesto početka ileocealnog nabora (*plica ileocecalis*). Vito crevo se uliva u slepo crevo kod konja, a kod ostalih vrsta domaćih životinja na granici između slepog creva i kolona. Vito crevo ima jači mišićni omotač i tvrđe je od jejunuma.

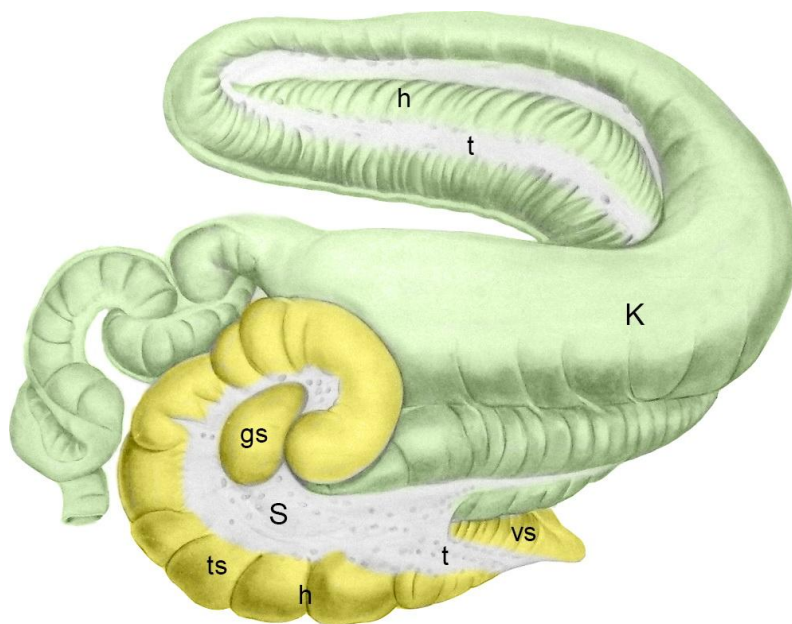
Debelo crevo (*intestinum crassum*)

Debelo crevo je nastavak tankog creva i u njemu se nastavlja varenje hrane. Ne luči enzime, najznačajniji sekret je sluz. Međutim, u debelom crevu se nalazi saprofitna mikroflora, koja značajno utiče na procese varenja hrane. Debelo crevo ima veći lumen u odnosu na tanko crevo. Kod konja i svinja na debelom crevu se uočavaju nabori zida creva i izbočenja (*haustreae*) i uzdužne pruge (*teniae*). Kod preživara, spoljna površina debelih creva je ravna. Debelo crevo je kraće od tankog creva i pravi zavoje

karakteristične za svaku vrstu domaćih životinja. Delovi debelog creva su: početni deo, odnosno slepo crevo – *cecum*, srednji deo, odnosno kolon (*colon*) i završni deo, odnosno pravo crevo (*rectum*) (Slika 11.6).

Slepo crevo (ceacum) je početni deo debelog creva. Sa jedne strane se završava slepo, a sa druge se nastavlja u kolon. Granica između slepog creva i kolona, kod svih životinja osim kod konja je ušće ileuma. Komunikacija slepog creva i kolona preko cekokoličnog otvora (*ostium cecocolicum*). Na slepom crevu se razlikuju: telo – *corpus ceci*, vrh – *apex ceci*, a kod konja i osnova – *basis ceci*. Ujedno konj ima i najveću zapreminu slepog creva, dužine oko 1 m i zapremine do 30 litara. Kod preživara i konja, slepo crevo leži u desnoj polovini trbušne duplje, a kod svinja u levoj. Slepo crevo i ileum međusobno povezuje nabor – *plica ileocecalis*. Kod konja se na spoljašnjoj strani slepog creva uočavaju četiri uzdužne pruge (*teniae ceci*), kao i četiri reda vrećastih izbočina (*haustreae ceci*). Kod svinja postoje tri tenije i tri reda haustri.

Kolon (colon) predstavlja srednji i najduži deo debelog creva. Kod domaćih životinja dug je nekoliko metara i pravi specifične zavoje za svaku vrstu. Anatomski kolon se može podeliti



Slika 11.6. Debela creva

K – kolon, **S** – slepo crevo, **gs** – glava slepog creva, **ts** – telo slepog creva, **vs** – vrh slepog creva, **t** – tenije, **h** – haustre

na tri dela i to: *colon ascendens* (uzlazni kolon), *colon transversus* (poprečni kolon) i *colon descendens* (silazni kolon). Kolon konja se sastoji od velikog uzlaznog kolona, kratkog poprečnog i dugog silaznog kolona. Uzlazni kolon ima oblik duple potkovice. Uzlazni i poprečni kolon se kod konja još naziva i veliki kolon (*colon crassum*), a silazni kolon se naziva i mali kolon (*colon tenue*). Veliki kolon se nastavlja na slepo crevo i ima veličinu lumena sličnu slepom crevu. Kao i kod slepog creva, kod konja se na velikom kolonu nalaze četiri uzdužne pruge (*teniae coli*) i četiri reda haustri (*haustreae coli*). Na prelazu između uzlaznog i poprečnog kolona, kod konja se nalazi proširenje koje se naziva *ampulla coli*. I kod kolona svinje se razlikuju tri anatomske celine, uzlazni, poprečni i silazni kolon. Uzlazni kolon je najduži deo i obrazuje kružne zavoje, spiralno uvijene. Idući od slepog creva, kolon prvo obrazuje centripetalne zavoje (*gyri centripetales*) koji idu do središnjeg zavoja (*flexura centralis*), a nakon toga se vraća (odvija) i formira centrifugalne zavoje (*gyri centrifugales*). Čitav kolon svinje ima izgled kupe koja naleže na levi trbušni zid. Na centripetalnim zavojima se, kod svinja uočavaju dve tenije i dva reda haustri, dok su centrifugalni zavoji glatki. Kolon preživara se takođe sastoji od tri dela, kao i kod ostalih životinja, a uzlazni kolon je najduži. Ujedno, uzlazni kolon ima karakterističan spiralni raspored u jednoj ravni i formira crevnu ploču. Zavoji kolona koji se pružaju ka centralnom delu ploče nazivaju se *gyri centripetales*, a zavoji koji idu od centra ka periferiji *gyri centrifugales*. Na kolonu preživara se ne uočavaju tenije i haustre.

Pravo crevo (*rectum*) je nastavak kolona, nema tenija i haustri. Nalazi se u medijalnoj ravni, pruža se kaudalno, pravo, prema čmaru. Dužine je oko 30 cm kod goveda i konja. Pri kraju pravog creva se nalazi proširenje (*ampulla recti*) od koje se nastavlja kratak analni kanal.

Grada zida creva

Crevo, kao i ostali cevasti delovi digestivnog trakta, se sastoji iz više omotača (Slika 11.7) i to su:

- *tunica mucosa* (sluzokoža),
- *tunica submucosa* (podsluzokoža),
- *tunica muscularis* (mišićni omotač) i

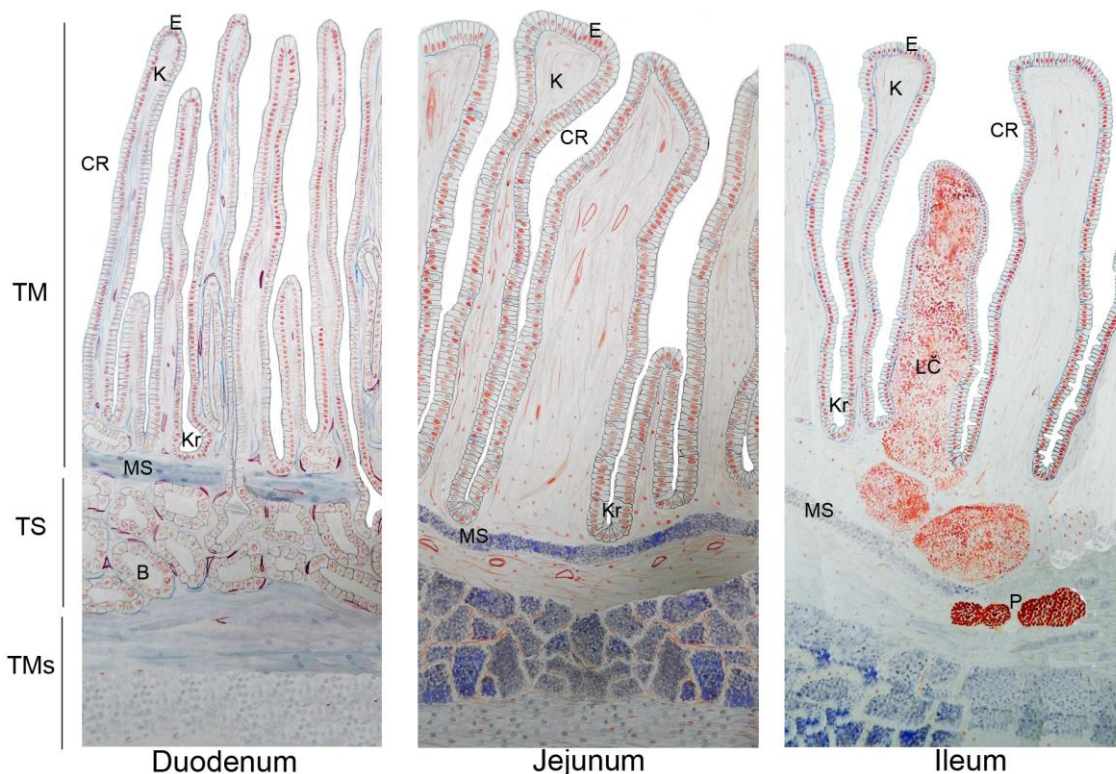
- *tunica serosa* (serozni omotač, peritoneum).

Sluzokoža je građena od tri lista (*lamine*) i to *lamina epithelialis* (epitel), *lamina propria mucosae* (krzno) i *lamina muscularis mucosae* (mišićni list). Sluzokoža u crevima stvara prstolike nabore, odnosno crevne resice (*villi intestinales*) koje se pružaju u lumen i najbrojnije su u dvanaestopalačnom crevu, a njihov broj se smanjuje u jejunumu i ileumu, a ne postoje u debelim crevima. Epitel je jednoslojan prizmatičan, građen od apsorpcionih (enterocita) i peharastih ćelija. Enterociti su najbrojniji u duodenumu, a njihov broj se smanjuje ka analnom otvoru, dok je broj peharastih ćelija najmanji u duodenumu i povećava se ka analnom otvoru. **Epitel** formira i brojne uvrate, Liberkinijeve kripte, koje se nalaze u osnovi resica. Epitel ovih uvrata se nastavlja u epitel crevnih resica. U kriptama se nalaze matične ćelije, apsorpcione ćelije, peharaste ćelije, endokrine ćelije, M-ćelije i Panetove ćelije.

Enterociti su visokoprizmatične ćelije, u apikalnom delu vezane spojnim zonama. Na apikalnom delu ovih ćelija membrana formira brojne nabore, mikrovile. Na mikrovilama se nalazi glikokaliks, čije komponente pomažu u apsorpciji hranljivih materija. Peharaste ćelije su jednoćelijske žlezde koje luče mucin. Uloga mucina je zaštita epitela creva. Endokrine ćelije se nalaze i u kriptama i resicama. Luče hormone i regulatorne peptide koji deluju u neposrednoj blizini (parakrino delovanje) ili preko krzna dospevaju u krv. Učestvuju u finoj regulaciji funkcije digestivnog trakta. M-ćelije su pločaste ćelije koje se u većem broju nalaze iznad nakupina limfatičnih folikula koji se nalaze u krznu. Uloga im je u pokretanju imunološkog odgovora na antigene prisutne u lumenu creva.

Panetove ćelije su piramidalnog oblika i nalaze se u dnu kripti preživara i konja. Uloga im je u formiranju i razviću kripti, obezbeđuju proliferaciju, učestvuju u procesima fagocitoze, digestije i detoksikacije.

Matične ćelije se nalaze u dnu kripti. Od ovih ćelija nastaju intermedijerne ćelije od kojih kasnije nastaju enterociti i peharaste ćelije. Uloga im je u zameni ove dve vrste ćelija, ali i endokrinih i Panetovih ćelija. Zamena enterocita i peharastih ćelija se vrši na taj način što proliferacijom matičnih ćelija u kriptama nastaju



Slika 11.7. Histološka građa tankih creva

TM – tunica mucosa (sluzokoža), **TS** – tunica submucosa (podsluzokoža), **TMs** – tunica muscularis (mišićni omotač), **E** – epitel, **K** – krzno, **MS** – mišićni sloj, **CR** – crevne resice, **Kr** – kripte (*gll. intestinales*), **B** – Brunerove žlezde, **LČ** – limfni čvor, **P** – Payerove ploče

enterociti i peharaste ćelije koje migriraju duž crevnih resica i potiskuju postojeće ćelije koje bivaju odbačene na vrhu resice. **Krzno** je građeno od rastresitog vezivnog tkiva. Zavisno od segmenta creva prisutno je manje ili više difuzno limfatično tkivo ili pojedinačni limfatični noduli. Najmanje limfatičnog tkiva se nalazi u duodenumu i jejunumu, a značajnije prisustvo je u ileumu i svim segmentima debelog creva. U krznu crevnih resica se nalazi dobro razvijena kapilarna mreža i jedan centralni limfni kapilar. **Mišićni list** se sastoji od dva sloja glatkomišićnih ćelija.

Podsluzokoža je građena od rastresitog i gustog vezivnog tkiva. U podsluzokoži duodenuma, ali ne i ostalim delovima creva, se nalaze Brunerove žlezde (*gll. duodenales*). Ove žlezde mogu biti mukozne (preživari) ili serozne (konji, svinje). U podsluzokoži ileuma, kao i debelom crevu, se nalazi limfatično tkivo, koje je u kontaktu sa limfnim folikulima iz krzna i formira nakupine koje se nazivaju Payerove ploče. Payerove ploče su posebno dobro izražene u ileumu, a nalaze se

u debelom crevu konja i preživara. Kod svinja Payerove ploče su nađene u jejunumu i ileumu.

Mišićni omotač je građen od debljeg unutrašnjeg kružnog sloja (*stratum circulare*) i tankog spoljašnjeg uzdužnog sloja (*stratum longitudinale*). Kod debelog creva konja i svinje, spoljašnji mišićni sloj stvara tenije čijim skraćanjem nastaju haustre.

Serozni omotač je visceralni list peritoneuma. Peritoneum se širi sa dorzalne strane zida trbušne duplje kao dvostruki serozni omotač i gradi mezenterijum koji spolja obavija creva. Kroz mezenterijum prolaze krvni i limfni sudovi nervi, a sadrži i limfne čvorove.

Čmar (*anus*)

Digestivni sistem se završava kratkim kanalom, na čijem kaudalnom kraju se nalazi analni otvor (čmar, *anus*). Čmar se otvara za vreme izbacivanja crevnog sadržaja – *defecatio*.

Otvaranje i zatvaranje čmara regulišu dva kružna mišića, sfinktera (*m. sphincter ani internus et m. sphincter ani externus*). Unutrašnji sfinkter je građen od glatkog mišićnog tkiva i predstavlja nastavak mišićnog omotača pravog creva, dok je spoljašnji sfinkter građen od poprečno-prugastog mišićnog tkiva.

Zid čmara se sastoji od sluzokože, mišićnog sloja i kože. Čmar predstavlja mesto smena sluzokože, prvo sluzokoža pravog creva prelazi u sluzokožu čmara (anorektalna smena), a zatim sluzokoža čmara prelazi u spoljašnju kožu (anokutana smena). Odnosno, prizmatičan epitel pravog creva prelazi u pločastoslojevit epitel bez orožavanja čmara, a zatim ovaj epitel prelazi u pločastoslojevit epitel sa orožavanjem (epidermis) kože.

Jetra (*hepar*)

Jetra je najveća žlezda u organizmu domaćih životinja. Smeštena je u intratorakalnom delu trbušne duplje, većim delom desno od medijalne ravni, dok se kod preživara, zbog razvijenosti buraga, nalazi potpuno u desnoj polovini trbušne duplje. Boja jetre je različita, a najčešće je tamnocrvena do smeđocrvena i zavisi od količine krvi koja se u njoj zadržava. Na jetri razlikujemo dve površine i to *facies diaphragmatica* (konveksna površina okrenuta prema dijafragmi) i *facies visceralis* (konkavna površina okrenuta prema utrobi). Obe površine se spajaju ventrolateralno u oštrm rubu (*margo acutus*) i dorzalno u tupom uglu (*margo obtusus*). Na visceralnoj površini se nalazi *porta hepatis* kroz koju ulaze ili izlaze *v. portae*, žučni kanal, *a. hepatica*, nervi i limfni sudovi. Žučna kesica (*vesica fellea*), takođe, naleže na visceralnu površinu.

Jetra domaćih životinja je režnjevite građe i u osnovi, sastoji se iz četiri glavna režnja koje formiraju usekline sa ventralne strane. Režnjevi su:

- *lobus hepatis sinister* (levi režanj),
- *lobus hepatis dexter* (desni režanj),
- *lobus caudatus* (repasti režanj),
- *lobus quadratus* (kvadratni režanj).

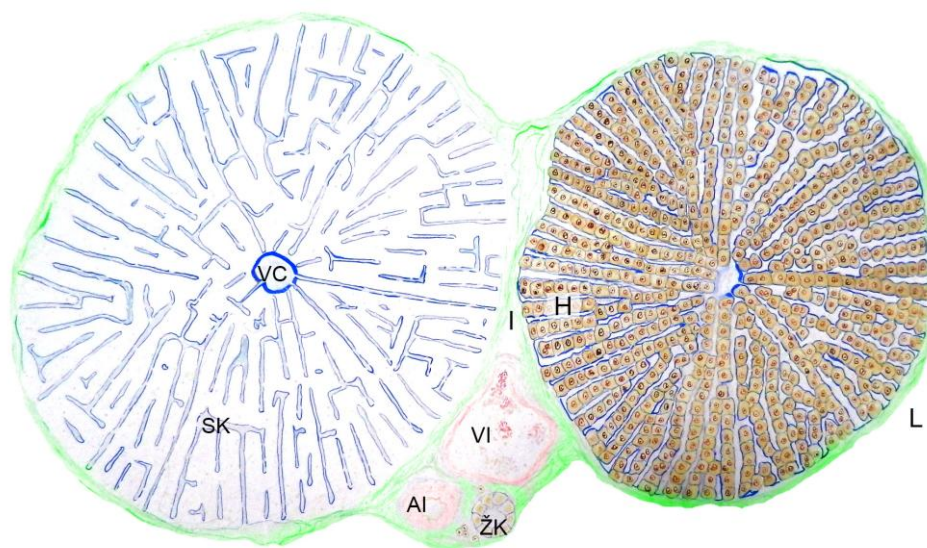
U zavisnosti od vrste životinje glavni režnjevi su i dodatno podeljeni. Kod svinje, pored četiri režnja postoje i četiri podrežnja, a postoji i jedan

nastavak. Naime, levi i desni režanj su podeljeni na medijalne i lateralne režnjeve, tako da postoje *lobus hepatis sinister medialis et lateralis*, kao i *lobus hepatis dexter medialis et lateralis*. Postoji i *lobus quadratus*, dok je *lobus caudatus* izdužen u obliku repastog nastavka (*processus caudatus*). Kod konja je samo levi režanj podeljen na medijalni i lateralni, tako da postoje *lobus hepatis sinister medialis et lateralis*, zatim *lobus hepatis dexter*, *lobus quadratus*, dok je *lobus caudatus* u obliku nastavka i naziva se *processus caudatus*. Jetra preživara nema podrežnjeve, tako da se sastoji samo iz četiri glavna režnja i to *lobus hepatis sinister*, *lobus hepatis dexter*, *lobus quadratus* i *lobus caudatus* koji nisu jasno odeljeni useklinama.

Na visceralnoj površini jetre se uočava i više otisaka pojedinih organa i to želuca, dvanaestopalačnog creva, desnog bubrega (osim kod svinja gde je desni bubrež kaudalnije postavljen) i različitih delova creva, što zavisi od vrste životinje. Na desnom dorzalnom delu, medijalno od otiska desnog bubrega prolazi *vena cava caudalis* i to kroz žleb koji se naziva *sulcus venae cavae*.

Građa jetre

Jetra je parenhimatozan organ. Slobodna površina jetre je skoro u potpunosti pokrivena serozom (*tunica serosa hepatis*), ispod koje je fibrozna kapsula (*capsula fibrosa hepatis*). Od fibrozne kapsule se formiraju nastavci koji prolaze kroz parenhim jetre i obrazuju pregrade koje dele jetru na režnjiće – *lobuli hepatis* (Slika 11.8). Ove vezivnotkivne pregrade predstavljaju intersticijum jetre, a u njemu su smešteni krvni sudovi, odvodni žučni kanali i nervi. *Lobuli hepatis*, odnosno režnjići, se sastoje od intersticijuma i parenhima, a na preseku imaju oblik šestougla. Parenhim je građen od jetrinih ćelija – hepatocita, koji su radijalno poređani u obliku gredica oko centralne vene – *vena centralis*. *Vena centralis* odvodi krv u veće vene (*venae hepaticae*) koje odvede krv u kaudalnu šuplju venu. Jetra prima krv od dva krvna suda i to *a. hepaticae* koja dovodi oksidovanu krv i od *v. portae* koja redukovanu krv dovodi iz želuca, creva i slezine. *A. hepatica*, ulazi zajedno sa *v. portae* na *porta hepatis* i granaju se duž fibroznih pregrada (intersticijum). Kapilari koji nastaju od ovih krvnih sudova odvede krv u sinusoidne



Slika 11.8. Građa jetre

L – lobulus, **H** – hepatociti, **SK** – sinusoidni kapilari, **VC** – vena centralis, **I** – intersticijum, **AI** – arteria interlobares, **VI** – vena interlobares, **ŽK** – žučni kanal

kapilare koji povezuju krvne sudove u intersticijumu sa centralnim venama unutar režnjića. U kontaktu sa ovim sinusoidnim kapilarima su hepatociti, koji grade parenhim jetre. Sinusoidni kapilari imaju nepravilan i širok lumen. Endotelne ćelije su fenestrirane, a imaju i manje pore. Deo zida kapilara su i specijalizovane, zvezdaste Kupferove ćelije. Kupferove ćelije su makrofagi i uloga im je u fagocitozi malih čestica, bakterija, ali i eritrocita koji nisu fagocitovani u slezini. Prostor između hepatocita i sinusoidnih kapilara se naziva perisinusoidni prostor. U ovom prostoru se nalaze i specifične zvezdaste ćelije (Ito ćelije). Ove ćelije imaju sposobnost da akumuliraju masne materije, ali i da stvaraju prekursore za retikulinska vezivna vlakna.

Hepatociti su ćelije poligonalnog oblika sa velikim jedrom centralno postavljenim. Često se mogu uočiti i dva jedra. Citoplazma je acidofilna i sadrži brojne i dobro razvijene organele i inkluzije. Hepatociti imaju više funkcija. Sintetišu proteine krvne plazme (albumin, fibrinogen, neke globuline, protrombin ...) koji se izlučuju u perisinusoidni prostor i ova aktivnost se smatra endokrinom funkcijom. Zatim, u hepatocitima se vrši sinteza i skladištenje ugljenih hidrata i lipida. U lizozomima se

skladišti i gvožđe. Detoksikacija i inaktivacija različitih liposolubilnih supstanci (bilirubin, steroidi, lekovi, alkohol) su takođe uloge hepatocita. Između ostalih funkcija, hepatociti stvaraju žuč koje je neophodna za varenje masti. Žuč iz jetre odvođe žučni kanalići (*canaliculi biliferi*), koji počinju u međućelijskim prostorima između susednih hepatocita. Ovi prostori se spajaju između režnjića i formiraju interlobularne kanaliće (*ductuli interlobulares*). Ovi interlobularni kanalići se spajaju u žučne cevčice (*ductuli biliferi*). *Ductuli biliferi* se udružuju i obrazuju levi i desni žučni kanal koji se spajaju u zajednički izvodni kanal – *ductus hepaticus*. *Ductus hepaticus* i izvodni žučni kanal (*ductus cysticus*) obrazuju žučovod – *ductus choledochus*, koji se uliva u dvanaestopalačno crevo.

Žučna kesica (*vesica fellea*)

Žučna kesica leži na visceralnoj površini jetre u blizini *porte hepatis*. Žučnu kesicu imaju sve vrste domaćih životinja, osim konja. Uloga žučne kesice je sakupljanje i skladištenje žuči koja nastaje kao rezultat aktivnosti hepatocita. Zid

žučne kesice je građen od sluzokože, mišićnog omotača i seroze ili vezivnog omotača. Sluzokoža se sastoji od epitela i krzna. Epitel je jednoredan prizmatičan. U krznu se, pored rastresitog vezivnog tkiva, nalazi difuzno i nodularno limfatično tkivo, a kod preživara i mukozne ili mešovite žlezde. Sluzokoža pravi nabore koji formiraju kripte u čijim se osnovama nalaze matične ćelije koje služe za obnavljanje epitela. Mišićni omotač se sastoji od snopova glatkomišićnih ćelija između kojih se nalaze kolagena i elastična vezivna vlakna. Deo zida žučne kesice koji je okrenut prema trbušnoj duplji obavija seroza, dok deo koji je pričvršćen za jetru ima spolja vezivnotkivni omotač.

Gušterača (*pancreas*)

Gušterača je žlezda koja učestvuje u varenju hrane, crvenkasto-žute boje. Ima egzokrinu i endokrinu funkciju. Njen egzokrini deo luči pankreasni sekret koji se uliva u dvanaestopalačno crevo i sadrži enzime za varenje proteina, zatim enzime za varenje ugljenih hidrata i enzime za varenje masti. Endokrini deo pankreasa luči insulin, glukagon i somatostatin. Gušterača je smeštena u dorzalnom delu trbušne duplje i u bliskom je kontaktu sa dvanaestopalačnim crevom. Nalazi se između želuca, jetre, bubrega, *v. cava caudalis* i *v. portae*. Može se podeliti na tri dela:

- *corpus pancreatis* (telo gušterače),
- *lobus pancreatis dexter* (desni režanj ili duodenalni deo) i
- *lobus pancreatis sinister* (levi režanj ili slezinski deo).

Gušterača ima oblik slova “V” kaudalno otvorenog. U kontaktu je sa portalnom venom i to kod preživara kod kojih formira useklinu (*incisura pancreatis*) kroz koju prolazi *v. portae*, dok kod konja i svinje *v. portae* prolazi kroz otvor (*anulus pancreatis*).

Egzokrini deo gušterače

Gušterača je tubuloalveolarna žlezda, režnjevite građe. Režnjići su spojeni sa interlobularnim vezivnim tkivom, koje gradi pregrade i kroz koje prolaze krvni sudovi i izvodni kanali. Osnovna

gradivna jedinica egzokrinog dela gušterače je acinus. Acinusi se sastoje od ćelija piramidalnog oblika, čiji je vrh okrenut prema lumenu, a osnova leži na bazalnoj membrani. Jedro ovih ćelija je bazalno postavljeno, a iznad njega se nalaze granule. Sekret iz acinusa odlazi u interkalatne kanale koji se ulivaju u intralobularne kanale, a oni u interlobularne. Izvodni sistem se dalje usložnjava i formira dva pankreasna izvodnika: *ductus pancreaticus* koji se uliva u dvanaestopalačno crevo sa ili blizu *ductus choledochus* i *ductus pancreaticus accessorius* koji se u dvanaestopalačno crevo uliva nasuprot *ductus pancreaticus*.

Endokrini deo gušterače

Endokrini deo gušterače čine grupe endokrinih ćelija koje su grupisane u obliku ostrvaca, uklopljene u egzokrini deo. Ove nakupine endokrinih ćelija se nazivaju Langerhansova ostrvca. Različito su razvijene kod pojedinih vrsta životinja, ali čine oko 2–3% ukupne mase gušterače. Klasičnim histološkim metodama razlikuju se dva tipa ćelija, označenih kao A i B ćelije. Međutim, imunocitohemijskim metodama identifikovan je veći broj ćelija, u zavisnosti od vrste hormona koji luče. To su:

- A ćelije – čine 5–30% svih ćelija ostrvaca, sintetišu i luče glucagon,
- B ćelije – najbrojnije i čine oko 60% od ukupnog broja ćelija, luče insulin,
- C ćelije – ćelije od kojih sazrevanjem nastaju ostali tipovi ćelija ostrvaca,
- D ćelije – najmanje zastupljene ćelije, luče somatostatin, hormon koji ima inhibitoran uticaj na A i B ćelije.

Pokazano je da endokrini deo gušterače luči i druge hormone kao što su holecistokinin, gastrični inhibitorni protein, endorfin itd.

ORGANI ZA VARENJE ŽIVINE

Organi za varenje živine počinju sa kljunom (*rostrum maxillare et mandibulare*) koji predstavlja sekutičnu i donjoviličnu kost presvučene modifikovanom kožom – voskovnicom (*ceroma*). Granicu između nosne i usne duplje predstavlja nepce (*palatum*) koje se deli na *pars rostralis* i *pars caudalis*, tako da slobodno meko nepce kod živine ne postoji. Granica između usne i ždrelna duplje nije oštro ograničena već sa dorzalne strane granicu čini nabor na nepcu (*papillae palatinae*), dok je sa ventralne strane, u blizini korena jezika, to nabor koji se naziva *papillae lingualis*. Medijalno na nepcu se nalazi uzdužna nepčana pukotina (*choanae*) preko koje komunicira nosna sa usnom i ždrelnom dupljom, a aboralnije se nalazi pukotina (*infundibulum*) preko koje komunicira ždrelna duplja sa srednjim uhom. Usna duplja je obložena kutanom sluzokožom. U usnoj duplji su razvijene pljuvačne žlezde (*gll. oris*), i to: gornjovilična (*gl. maxillaris*), donjovilične (*gll. mandibulares*), nepčane (*gll. palatinae*), jezične (*gll. linguales*).

Jezik (*lingua*) je uzak, na vrhu šiljast. Počinje sa krilima (*allae linguae*) koje predstavljaju koren jezika. U blizini korena jezika nalaze se nabori *papillae linguales*. Jezik je presvučen hrapavom i orožalom sluzokožom koja formira veliki broj končastih papila.

Jednjak (*esophagus*) se pruža od ždrelo (*pharynx*) do žlezdanog želuca (*proventriculus*). Jednjak se nastavlja na ždrelo, a počinje naborima – *papillae pharyngis* sa dorzalne strane i *papillae laryngis* sa ventralne strane. U početnom delu jednjak se nalazi dorzalno od dušnika, a pred ulazak u grudnu duplju prelazi sa desne strane. Deo jednjaka koji prolazi kroz grudnu duplju (*pars thoracica*) pruža se sa ventralne strane pluća, a bez vidljive granice prelazi u žlezdani deo želuca. Pre ulaska u grudnu duplju, kod domaće živine, jednjak se kesasto širi i formira voljku (*ingluvies*).

Želudac se sastoji od dva dela: žlezdani – *pars glandularis* (*proventriculus gastris*) i mišićni – *pars muscularis* (*ventriculus gastris*). Žlezdani želudac se nalazi između jednjaka i mišićnog želuca. Žlezdana sluzokoža ovog dela želuca gradi *plicae* i *papillae proventriculi*, u čijim osnovama se nalaze *gll. proventriculares* i ove

žlezde odgovaraju fundusnim žlezdama u želucu sisara. Mišićni želudac, bubac ili mlin se nastavlja na žlezdani želudac i u njemu se nalazi hrana i progutan pesak ili sitni kamenčići koji pomažu sitnjenju hrane. Znatno je veći od žlezdanog dela sa kojim komunicira otvorom. Makroskopski prelaz žlezdanog u mišićni želudac je sužen i predstavlja *isthmus gastris*. Mišićni želudac je smešten u sredini trbušne duplje. Na njemu se razlikuju dve površine – *facies tendinea* koje se nazivaju i *facies parietalis* i *facies visceralis*. Na ovim površinama, u obliku ogledala jasno se uočavaju jake srebrnaste tetive. *Facies anularis* su dve površine, u obliku rubova, koje se nalaze između *facies tendinea*. Zid želuca je dobro razvijen, a gradi ga sluzokoža koja je presvučena rožinom (*cuticula gastris*). Orožali, keratinozni sloj, gradi nabore *plicae ventriculi* i *rugae ventriculi*. Ispod sluzokože nalazi se dobro razvijen mišićni omotač, koji daje čvrstu konzistenciju ovog dela želuca, a građen je od jakih glatkomišićnih ćelija. Mišićni želudac se završava otvorom (*ostium ventriculopyloricum*) i prelazi u početni deo tankih creva.

Tanka creva (*intestinum tenue*) počinju od želuca i dele se na dvanaestopalačno (*duodenum*), prazno crevo (*jejunum*) i vito crevo (*ileum*). Dvanaestopalačno crevo je najkraći deo tankih creva i karakteriše ga krivina (*flexura duodeni*) koja jasno razdvaja *pars descendens* od *pars ascendens*. Ova dva dela su paralelno postavljena, a između njih je postavljena gušterača (*pancreas*). Mesto gde se ulivaju izvodni kanali gušterače i jetre naziva se *papilla duodeni* i predstavlja mesto od koga počinje prazno crevo koje formira mnogobrojne zavoje i petlje (*ansa jejuni*). Prazno crevo se završava petljom (*ansa axialis*) na čijem se središnjem delu nalazi ostatak žumančane kesice – Meckel-ov divertikulum (*diverticulum vitellinum*). Od ovog divertikuluma nastavlja se vito crevo. Vito crevo pravi jednu petlju (*ansa ilei*), a završava se ileo-rektalno-cekalnim spojem.

Debela creva (*intestinum crasum*) su slepa creva (*cecum*) i pravo crevo (*rectum*). Kod živine postoje dva dobro razvijena slepa creva koja se pružaju bočno uz zid vitog creva. Na slepim crevima se uočavaju osnova (*basi ceci*), telo (*corpus ceci*) i vrh (*apex ceci*). Sa pravim crevom, slepa creva komuniciraju otvorima (*ostium ceci*). Na otvoru se nalazi prstenasti nabor (*m. sphincter ceci*). Pravo crevo (*rectum*) se prostire od vitog creva do jазve (*cloaca*).

Jetra (*hepar*) živine ima dva režnja – *lobus hepatis sinister* i *lobus hepatis dexter*. Na levom režnju nalazi se *incisura lobaris* koja ga deli na *pars lateralis* i *pars medialis*, a sa visceralne strane postoji i *pars interlobaris*. Na visceralnoj strani desnog režnja je dosta velika žučna kesica (*vesica biliaris*). Iz desnog režnja se žuč uliva u žučnu kesu pomoću *ductus hepatocysticus*, a iz žučne kese do dvanaestopalačnog creva žuč vodi *ductus cystoentericus*. Iz levog režnja žuč se

uliva direktno u duodenum pomoću *ductus hepatoentericus communis*.

Gušterača (*pancreas*) povezuje proksimalni i distalni deo duodenuma, duga je i uzana. Sastoji se iz četiri režnja (*lobus pancreatis dorsalis*, *lobus pancreatis ventralis*, *lobus pancreatis tertius*, *lobus pancreatis splenalis*). Pankreasni sok se u dvanaestopalačno crevo dovodi pomoću *ductus pancreaticus dorsalis, ventralis et tertius*.

12. SISTEM ORGANA ZA DISANJE – *APPARATUS RESPIRATORIUS*

Osnovna uloga organa za disanje je transport gasova i razmena gasova između vazduha i krvi. Sistem organa za disanje se deli na delove koji vrše transport vazduha i delove koji vrše razmenu gasova.

Delovi koji vrše transport vazduha su:

- *nasus externus* – spoljašnji deo nosa,
- *cavum nasi* – nosna šupljina,
- *sinus paranasales* – paranazalne šupljine,
- *pars nasalis pharyngis* – nosni deo ždrebla,
- *larynx* – grkljan,
- *trachea* – dušnik,
- *bronchi* – bronhusi,
- *pulmo sinister et dexter* – levo i desno plućno krilo.

Delovi koji učestvuju u razmeni gasova su delovi koji se nalaze u plućima:

- *bronchioli respiratorii* – respiratorni bronhioli,
- *ductus alveolares* – alveolarni hodnici,
- *sacculi alveolares* – alveolarne vrećice,
- *alveoli pulmonis* – alveole.

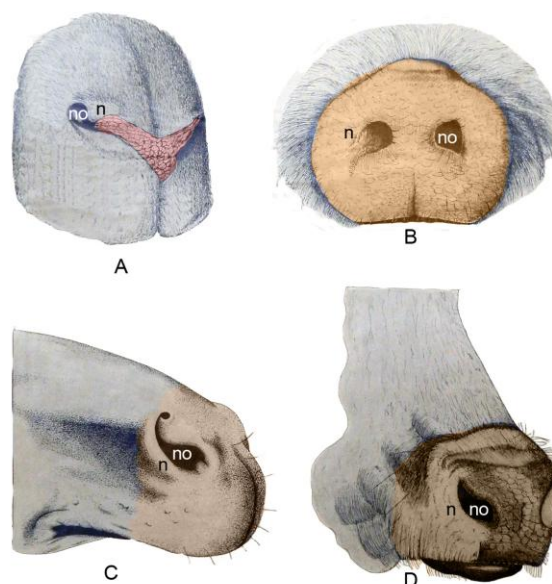
Organi za disanje se, po položaju, mogu grupisati na gornje disajne puteve (nos, paranazalni sinus i nosni deo ždrebla) i donje disajne puteve (grljan, dušnik i pluća).

Nos (*nasus*)

Kod domaćih životinja je stopljen sa licem i predstavlja njegov najveći deo. Počinje od gornje usne, sa kojom je kod nekih životinja manje ili više srastao (Slika 12.1). Kod goveda, nos je potpuno stopljen sa gornjom usnom i formira nosno-usno ogledalo (*planum nasolabiale*). Kod sitnih preživara nos sa gornjom usnom formira nosno ogledalo (*planum nasale*), a kod svinja rilno ogledalo (*planum rostrale*). Koža nosa je kod svih životinja, osim kod konja, bez dlaka. Na površini nosne ploče uočavaju se brazde, čiji je raspored specifičan za svaku jedinku i može se upotrebiti za identifikaciju životinja.

Nos se sastoji od sledećih delova:

- nozdrva i nosnih hrskavica,
- nosne šupljine sa nosnim hodnicima i školjkama i



Slika 12.1. Vrh nosa

A – nosno ogledalo ovce, B – rilno ogledalo svinje, C – nosno ogledalo konja, D – nosno-usno ogledalo govečeta, n – nozdrva, no – nosni otvor

- paranazalnih šupljina – sinusa.

Nozdrve (*nares*) su početni delovi nosa i učestvuju u formiranju nosnih ulaza koji se nastavljaju u nosno predvorje (*vestibulum nasi*). U nosnom predvorju završava se nosno-suzni kanal (*ductus nasolacrimalis*). Nozdrve su građene od kože, mišića nosa i sluzokože. Nosni ulazi (*aperturae nasi externae*) su različiti kod različitih vrsta životinja, a njihov oblik određuju nosne hrskavice (*cartilaginee nasi externi*). Oralno, nosne hrskavice započinju od nosne pregrade (*septum nasi*). Sa dorzalnog i ventralnog ruba hrskavice nosne pregrade savijaju se dorzalno i ventralno dve hrskavice (*cartilago nasi lateralis dorsalis* i *cartilago nasi lateralis ventralis*) i grade dorzo-lateralni deo zida vrha nosa. Ove dve bočne hrskavice su kod svih životinja, osim kod konja, povezane. U zavisnosti od vrste životinje, sa lateralnim nosnim hrskavicama mogu biti povezane i dodatne hrskavice.

Nosna šupljina (*cavum nasi*) se proteže od nozdrva do sitaste kosti (*os ethmoidale*). Nosna duplja oralno komunicira sa spoljašnjom sredinom pomoću nozdrva, a aboralno sa ždrelom preko *choana*. Nosnom pregradom (*septum nasi*) podeljena je na levu i desnu šupljinu. Nosna pregrada aboralno predstavlja deo sitaste kosti, a oralno prelazi u hrskavicu. Nosna pregrada leži ventralno na ralu (*vomer*), a dorzalno se veže za čeonu i nosnu kost. Unutar nosnih šupljina, leve i desne, nalaze se nosne školjke (*conchae nasales*). Nosne školjke su hrskavičavi ili koštani uvoji prekriveni sluzokožom. U svakoj polovini nosne duplje nalaze se po tri nosne školjke, osim kod konja koji ima po dve nosne školjke u svakoj polovini nosne duplje. Nosne školjke su:

- dorzalna – *concha nasalis dorsalis*,
- ventralna – *concha nasalis ventralis*,
- srednja – *concha nasalis media*.

Dorzalna i ventralna nosna školjka dele unutrašnjost svake polovine nosne duplje na tri nosna hodnika (*meatus nasi*):

- dorzalni nosni hodnik (*meatus nasi dorsalis*) – prostor između krova nosa i dorzalne nosne školjke, naziva se i mirisni hodnik;
- srednji nosni hodnik (*meatus nasi medius*) – prostor između nosnih školjki. Zbog komunikacije sa sinusima naziva se i sinusni;

- ventralni nosni hodnik (*meatus nasi ventralis*) – prostor između ventralne nosne školjke i dna nosne duplje, služi za prolazak vazduha i naziva se respiratorni.

Međutim, pored ova tri jasno odeljena hodnika, postoji i prostor koji je smešten duž nosne pregrade, sa jedne i druge strane. Ovaj prostor komunicira sa sva tri nosna hodnika i naziva se zajednički nosni hodnik, odnosno *meatus nasi communis*.

Nosna duplja je obložena sluzokožom. U zavisnosti od vrste sluzokože, nosna duplja se može podeliti na tri dela: vestibularni, respiratorni i olfaktivni deo. Vestibularni deo je početni deo nosne duplje i mesto prelaska kože u sluzokožu. Epitel u početnom delu vestibularnog dela je pločastoslojevit sa orožavanjem. U središnjem delu epitel je bez orožavanja, a u završnom delu prelazi u pseudoslojevit epitel. U krznu vestibuluma, pored rastresitog vezivnog tkiva, nalaze se i serozne žlezde. Ove žlezde se ne nalaze kod velikih preživara.

Respiratorni deo nosne šupljine je obložen pseudoslojevitim trepljastim epitelom. Ovaj epitel je građen od više vrsta ćelija i to: prizmatične trepljaste ćelije, sekretorne prizmatične ćelije, peharaste ćelije, četkaste ćelije i bazalne ćelije.

Olfaktivni deo predstavlja aboralni deo nosne šupljine i prekriven je sluzokožom koja se naziva olfaktivna sluzokoža. Epitel ove sluzokože je građen od tri tipa ćelija i to: potpornih, senzitivnih i bazalnih (kao što je opisano u poglavlju o čulima).

Nosna šupljina komunicira sa paranazalnim šupljinama (*sinus paranasales*), koje predstavljaju prostore u pljosnatim kostima ispunjene vazduhom. Paranazalne šupljine se nalaze kod svih domaćih životinja, ali su najrazvijenije kod goveda i konja. Kod domaćih životinja su razvijene sledeće paranazalne šupljine:

- gornjovilični sinus (*sinus maxillaris*),
- čeonni sinus (*sinus frontalis*),
- nepčani sinus (*sinus palatinus*),
- sinus klinaste kosti (*sinus sphenoidalis*),
- sinus dorzalne nosne školjke (*sinus conchae dorsalis*),

- sinus ventralne nosne školjke (*sinus conchae ventralis*),
- sinus suzne kosti (*sinus lacrimalis*) – kod svinja i preživara.

Unutrašnjost paranazalnih šupljina oblaže tanka sluzokoža. Na površini ove sluzokože se nalazi pseudoslojevit epitel, a ispod krzno građeno od rastresitog vezivnog tkiva. Žlezde u ovoj sluzokoži su retke, a nakupine sluzi su rezultat aktivnosti mukoznih žlezda iz nosne šupljine.

Vazduh iz nosne duplje preko dva velika ždrelno-nosna otvora komunicira sa ždrelom (*pharyngis*). Kroz ždrelnu šupljinu vazduh dolazi do grkljana.

Grkljan (*larynx*)

Grkljan je mišićno-hrskavičavi organ koji povezuje ždrelo i dušnik, odnosno predstavlja put kojim vazduh iz ždrela odlazi u dušnik. Sa rostralne strane, grkljan je ligamentima povezan za jezični aparat. Zid grkljana zatvara grkljansku šupljinu (*cavum laryngis*) koja sa ždrelom komunicira preko otvora (*aditus laryngis*). Ovaj otvor zatvara grkljanski poklopac (*epiglottis*) čijim pokretanjem se reguliše prolaz vazduha, odnosno hrane. Iza ulaza u grkljansku šupljinu nalazi se početni deo, odnosno predvorje (*vestibulum laryngis*). U sredini se nalazi suženje koje se naziva *rima glottidis*. Ovo suženje formiraju nabori, u obliku slova “V”, koji se nazivaju glasne žice (*plicae vocales*). Prolaskom vazduha preko ovih nabora formira se glas. Šupljina grkljana se kaudalno nastavlja u dušnik bez vidljivog suženja.

Zid grkljana je građen od sluzokože, hrskavica, mišića i ligamenata. Građa epitela sluzokože zavisi od dela grkljana u kome se nalazi. Epitel grkljanskog poklopca i glasnih žica je pločastoslojevit epitel. U ostalom delu grkljana epitel je pseudoslojevit, a na prelazu između ove dve vrste epitela može se naći i prizmatičnoslojevit. U krznu se mogu naći pojedinačni limfni čorovi i mešovite žlezde, ali i njihovo prisustvo zavisi od dela grkljana. Ispod sluzokože se nalazi hrskavica, koja čini potporu grkljana, daje mu oblik i omogućava nesmetan prolazak vazduha. Hrskavice grkljana su:

- hrskavica grkljanskog poklopca (*cartilago epiglottica*) – građena od elastičnog hrskavičavog vezivnog tkiva,

- štitasta hrskavica (*cartilago thyroidea*) – građena od hijalinog hrskavičavog vezivnog tkiva,
- prstenasta hrskavica (*cartilago cricoidea*) – građena od hijalinog hrskavičavog vezivnog tkiva,
- piramidalne hrskavice (*cartilagine arytenoideae*) – građene od hijalinog hrskavičavog vezivnog tkiva.

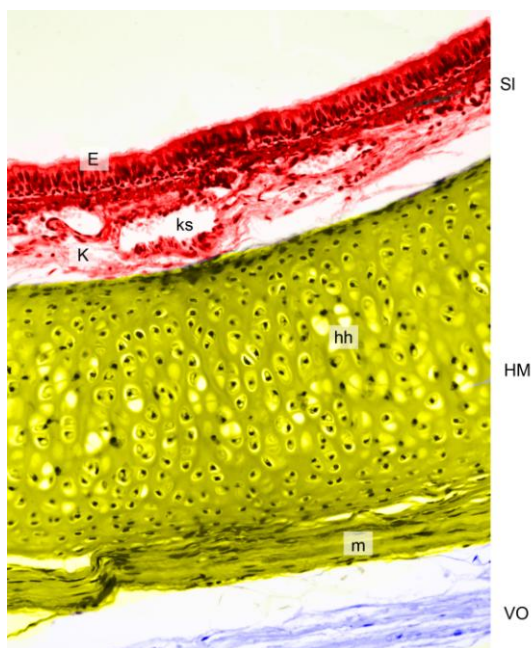
Prve tri su neparne, a četvrta je parna hrskavica. Hrkavica grljanskog poklopca je građena od elastičnog hrskavičavog vezivnog tkiva i čini osnovu grkljanskog poklopca. Ova hrskavica ima oblik lista koji je jednim delom vezan za štitastu hrskavicu, a drugi je slobodan. Štitasta hrskavica gradi dno i bočne strane grkljana. Pomenuta hrskavica je najveća i obuhvata ostale hrskavice grkljana. Piramidalne hrskavice su parne, građene od hijalnog hrskavičavog vezivnog tkiva i sa dorzalne strane zatvaraju grkljansku šupljinu. Prstenasta hrskavica gradi kaudalni deo zida grkljana i ima oblik prstena. Veže se štitastom hrskavicom, lateralno i sa piramidalnim hrskavicama, a kaudalno sa prvom hrskavicom prstena dušnika. Između pojedinih hrskavica grkljana formiraju se veze i to: sinovijalne veze, veze pomoću ligamenata i veze pomoću elastičnih membrana. Mišići grkljana su poprečno-prugasti i mogu se podeliti na tri grupe: mišići koji se vežu za grkljan i pokreću ga kao celinu; mišići samog grkljana koji povezuju hrskavice međusobno; mišići koji vezuju grkljan za ždrelo. Mišići samog grkljana, šire i skupljaju *rima glottidis*, ali i zatežu i opuštaju glasne žice i na taj način utiču na formiranje glasa.

Dušnik (*trachea*)

Dušnik je cevasti organ koji se pruža od prstenaste hrskavice grkljana do pluća, tačnije mesta njegovog granja (*bifurcatio trachea*). Dušnik se sastoji od niza hrskavičavih prstenova (*cartilagine tracheales*) koji su građeni od hijalinog hrskavičavog vezivnog tkiva. Ovi prstenovi nisu potpuno srasli već su otvoreni sa dorzalne strane. Krajevi svakog prstena na dorzalnoj strani povezani su glatkim mišićem – *m. trachealis*. Prstenovi su međusobno povezani ligamentima (*ligamenta anularia*). Broj hrskavičavih prstenova varira kod domaćih životinja, kod konja i preživara je od 48–60, dok kod svinja broj prstenova je

29–36. Oblik prstenova se razlikuje u zavisnosti od vrste domaće životinje.

Dušnik se nalazi na ventralnoj strani vrata. Sa dorzalne strane dušnika pruža se jednjak, a nalaze se i *m. longus coli* i tela pršljenova. Sa bočnih strana dušnika, u vratnom delu, nalaze se veliki krvni sudovi (*a. carotis communis* i *v. jugularis*). U zavisnosti od mesta gde se nalazi, dušnik se deli na vratni deo (*pars cervicalis*) i grudni deo (*pars thorachalis*). Iz vratnog dela, dušnik u grudnu duplju ulazi kroz otvor (*apertura thoracis cranialis*). Nakon ulaska u grudnu duplju, u visini 5. međurebarnog prostora, dušnik se grana na dva glavna bronhusa (*bronchus principalis dexter et bronchus principalis sinister*). Međutim, kod svinja i preživara, pre ovog grananja, nalazi se manje grananje gde se sa desne strane odvaja jedan manji bronhus (*bronchus trachealis*).



Slika 12.2. Građa zida dušnika

SI – sluzokoža, E – epitel, K – krzno, ks – krvni sud, HM – hrskavičavo-mišićni omotač, hh – hijalina hrskavica, m – glatkomišićno tkivo, V – vezivni omotač

Zid dušnika je građen od sluzokože, fibrozno-mišićno-hrskavičavog dela i vezivnog omotača (Slika 12.2). Sluzokoža se sastoji od epitela i krzna. Epitel je pseudoslojevit trepljast i građen je od sledećih ćelija: prizmatične trepljaste ćelije, peharaste ćelije, bazalne ćelije, četkaste ćelije i neuroendokrine ćelije. Prizmatične trepljaste ćelije su najbrojnije i formiraju površinu epitela. Na površini se nalazi sluz koja

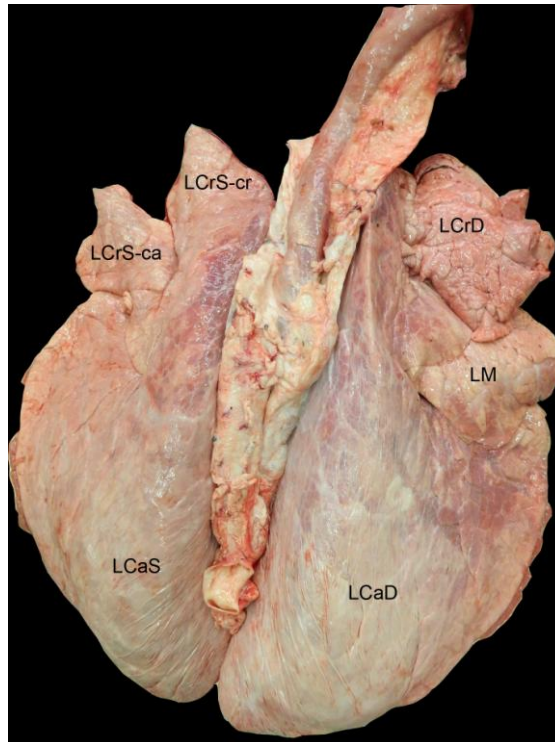
je nastala kao produkt sekrecije peharastih ćelija. Bazalne ćelije ne dopiru do površine epitela i uloga im je u obnavljanju ostalih vrsta ćelija.

Četkaste ćelije su prizmatične ćelije koje na apikalnoj površini imaju brojne mikrovile. Imaju produžetak sličan aksonu i smatra se da imaju receptornu ulogu. Neuroendokrine ćelije se nalaze u bazalnom delu epitela i luče kateholamine koji utiču na aktivnost trepljastih i peharastih ćelija. U krznu se nalazi rastresito vezivno tkivo sa dosta elastičnih vlakana. U krznu se nalaze i mešovite žlezde (*glandulae tracheales*), pojedinačni limfni čvorovi, difuzno rasuti limfociti itd. Hrskavičavi prstenovi dušnika, kao što je ranije rečeno, su građeni od hijalinog hrskavičavog vezivnog tkiva i međusobno povezani sa vezivnim tkivom. Vezivni omotač je rastresito vezivno tkivo (*adventitia*) koje dušnik povezuje sa okolnim strukturama.

Pluća (*pulmo*)

Pluća su sunderast organ, elastičan i ispunjen vazduhom. Boje je žućkasto-ružičaste. Tamnija boja pluća ukazuje na veću količinu krvi u njima. Pluća najvećim delom ispunjavaju grudnu duplju – *cavum pectoris*. Na plućima se razlikuju levo i desno plućno krilo (*pulmo sinister* i *pulmo dexter*) koja su povezana bronhusima koji se spajaju na račvanju dušnika (*bifurcatio trachea*). Desno plućno krilo je veće od levog. Plućna krila su smeštena na odgovarajućim stranama grudne duplje, utisnuta u odgovarajuće serozne vreće (*pleura*). Deo (list) serozne vreće koji direktno naleže na pluća naziva se *pleura visceralis*, odnosno *pleura pulmonalis*. Deo (list) serozne vreće koji naleže na zid grudne duplje naziva se *pleura parietalis*, odnosno porebrica. Između ova dva lista nalazi se šupljina ispunjena seroznom tečnošću.

Na plućima se razlikuju površina koja naleže na zid grudne duplje (*facies costalis*), površina okrenuta ka središnjem delu (*facies medialis*) i površina koja naleže na dijafragmu (*facies diaphragmatica*). Na plućima se uočavaju i dva velika ruba i to *margo dorsalis* i *margo acutus*. I jedan i drugi rub formiraju medijalna i rebarna površina, s tim da je *margo dorsalis* zaobljen i naziva se i *margo obtusus*, dok je *margo acutus* ventralno postavljen i kao što samo ime kaže



Slika 12.3. Pluća svinje – dorzalna strana

LCaS – lobus caudalis sinister; **LCrS-cr** – lobus cranialis sinister – pars cranialis; **LCrS-ca** - lobus cranialis sinister – pars caudalis; **LCaD** – lobus caudalis dexter; **LCrD** – lobus cranialis dexter; **LM** – lobus medius

oštar. Površina koja naleže na dijafragmu (*facies diaphragmatica*) i rebarna površina pluća grade bazalni rub (*margo basalis*), dok sa medijalnom površinom gradi medijastinalni rub (*margo mediastinalis*). Na medijalnoj strani plućnog krila nalazi se mesto gde ulaze bronhus, krvni i limfni sudovi, nervi. Ovo mesto se naziva *hilus pulmonis*.

Pluća domaćih životinja su režnjevite građe. Grananje bronhusa unutar pluća čini osnovu plućnih režnjeva. Na svakom plućnom krilu se razlikuju dva režnja – kranijalni režanj (*lobus cranialis*) i kaudalni (*lobus caudalis*). Na ventromedijalnoj strani desnog plućnog krila nalazi se i pomoćni režanj – *lobus accessorius* (Slika 12.3 i tabela 12.1). Dalja podela na režnjeve zavisi od vrste životinje. U sledećoj tabeli je prikazano prisustvo režnjeva po vrstama domaćih životinja.

Grananjem bronhusa u plućnom krilu formira se bronhijalno stablo (*arbor bronchialis*). Glavni bronhusi se po ulasku u plućno krilo granaju na bronhuse režnjeva, a od njih deljenjem nastaju bronhusi segmenata, da bi nakon 6 do 11 deljenja od bronhusa nastale bronhiole. Daljim deljenjem bronhiola (3 do 4) nastaju terminalne

bronhiole, a od njih nastaju respiratorne bronhiole. Respiratorne bronhiole se nastavljaju u alveolarne kanale od kojih dalje nastaju alveolarne kese čije zidove grade alveole. U skladu sa funkcijom, bronhijalno stablo se može podeliti na provodni i respiratorni deo.

Tabela 12.1. Pregled broja pršljenova kod pojedinih vrsta domaćih životinja

	Levo plućno krilo	Desno plućno krilo
Konj	<i>Lobus cranialis</i> <i>Lobus caudalis</i>	<i>Lobus cranialis</i> <i>Lobus accessorius</i> <i>Lobus caudalis</i>
Preživari	<i>Lobus cranialis</i> - <i>pars cranialis</i> - <i>pars caudalis</i> <i>Lobus caudalis</i>	<i>Lobus cranialis</i> - <i>pars cranialis</i> - <i>pars caudalis</i> <i>Lobus medius</i> <i>Lobus accessorius</i> <i>Lobus caudalis</i>
Svinja	<i>Lobus cranialis</i> - <i>pars cranialis</i> - <i>pars caudalis</i> <i>Lobus caudalis</i>	<i>Lobus cranialis</i> <i>Lobus medius</i> <i>Lobus accessorius</i> <i>Lobus caudalis</i>

Provodni deo čine:

- glavni bronhusi (*bronchi principales*),
- bronhusi režnjeva (*bronchi lobares*),
- bronhusi pojedinih segmenata (*bronchi segmentales*),

- bronhusi podsegmentata (*bronchi subsegmentales*),
- pravi bronhioli (*bronchioli veri*) i
- završni bronhioli (*bronchioli terminales*).

Respiratorni deo čine:

- respiratorni bronhioli (*bronchi respiratorii*),
- alveolarni hodnici (*ductus alveolares*),
- alveolarne vreće (*sacculi alveolares*) i
- plućne alveole (*alveoli pulmonis*).

Građa pluća

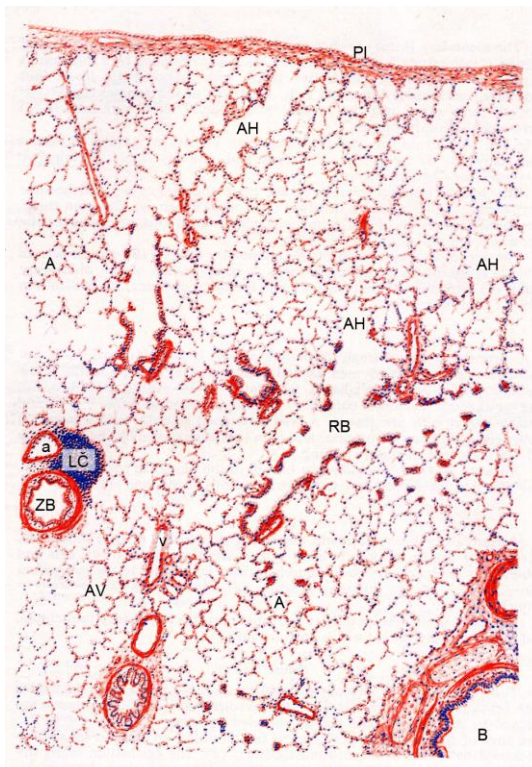
Građa zida bronhusa, kao delova provodnog dela plućnog stabla, se ne razlikuje od građe zida dušnika, osim što su dijametar lumena i debljina zida manji.

Epitel u bronhusima je pseudoslojevit trepljast. Sa grananjem se smanjuje visina epitela, a menja se i udeo pojedinih vrsta ćelija. Grananjem se smanjuje broj peharastih ćelija, količina vezivnog tkiva u krznu, ali i broj

žlezda koji se u njemu nalazi. Sve grane bronhusa, u zidu sadrže hrskavičavo vezivno tkivo, samo što od prstenova postepenim grananjem nastaju hrskavične ploče. Takođe, sa smanjenjem količine hrskavičavog vezivnog tkiva, raste broj snopova glatkomišićnog tkiva koji su potpuno kružno postavljeni. Pravi i završni bronhioli, za razliku od prethodnih segmentata provodnog dela, imaju jednostavan prizmatičan epitel građen od trepljastih ćelija, a samo u početnom delu i peharastih. U zidu ovih bronhiola se ne nalaze ni hrskavica ni žlezde, a potporu čine kružno postavljeni snopovi glatkomišićnog tkiva. Daljim grananjem nastaju respiratorne bronhiole, koje pored provođenja vazduha, imaju ulogu i u razmeni gasova. Zid respiratornih bronhiola je građen od niskoprizmatičnog epitela. Ispod epitela je mala količina vezivnih vlakana i kružno orijentisani snopovi glatkomišićnih ćelija. Daljim grananjem preko alveolarnih kanala i alveolarnih vreća nastaju alveole. Alveole su ovalni, slepi završeci u koje dospeva vazduh i predstavljaju funkcionalne jedinice za razmenu gasova. Lumen alveole oblaže jednoslojan pločast epitel u kome se razlikuju dva tipa ćelija – pneumociti tipa I i pneumociti tipa II.

Pneumociti tipa I su brojniji i specijalizovani za razmenu gasova, dok je uloga pneumocita tipa II sekretorna i ove ćelije luče pulmonalni surfaktant. Na površini epitela alveola se nalaze alveolarni makrofagi. Između dve susedne alveole nalazi se interalveolarna pregrada. Interalveolarnu pregradu grade bazalne membrane susednih alveola i vezivno tkivo bogato kapilarnom mrežom. Na tim mestima je razmak između lumena alveola i lumena krvnih sudova najmanji i predstavlja mesto gde se vrši razmena gasova.

Grananje bronhijalnog stabla prati i grananje krvnih sudova. U pluća redukovana krv koja se treba obogatiti kiseonikom dovodi *arteria pulmonalis* putem *truncus pulmonalis*. Nakon ulaska u odgovarajuće plućno krilo, krvni sudovi se dele i sva grananja prate grananje bronhijalnog stabla sve do alveola, gde se formira kapilarna mreža koja obavlja same alveole (Slika 12.4). Od kapilarne mreže nastaju *vene pulmonales* koje u levu pretkomoru nose oksidovanu krv. Ovi krvni sudovi ne prate grananje bronhijalnog stabla. Pomenuti krvni sudovi pripadaju malom krvotoku. Međutim, pluća imaju i nutritivni krvotok koji plućima



Slika 12.4. Građa pluća

PI – pleura, **B** – bronhus, **ZB** – završni bronhiol, **RB** – respiratorni bronhiol, **AH** – alveolarni hodnik, **AV** – alveolarna vreća, **A** – alveola, **a** – arteriola, **v** – vena (na osnovu Di Fiore M., Mancini R., De Robertis E.: *New atlas of histology*, Philadelphia, Lea & Febiger, 1977, p. 215).

obezbeđuje materije neophodne za metabolizam.

ORGANI ZA DISANJE ŽIVINE

Organi za disanje živine započinju nosnom dupljom (*cavum nasi*) koja je podeljena pregradom (*septum nasi*). U nosnoj duplji postoji četiri *conche* (*rostralis, media, caudalis, septalis*). *Conche* sa zidom nosne duplje formiraju jedinstven kanal (*meatus nasalis*) i ne postoji podela na tri kanala kao što je slučaj kod sisara. Na kaudodorzalnom delu nosne duplje se nalazi nosna žlezda (*gl. nasalis*). Nosna duplja aboralno prelazi u ždrelnu duplju (*cavum pharyngis*) preko uzdužne nepčane pukotine (*choana*). Ždrelna duplja sa grkljanom (*larynx*) komunicira takođe pomoću pukotine (*mons laryngealis*). Na prelazu se nalazi grleni poklopac (*glottis*) koji predstavlja nabor sluzokože koji ne sadrži hrskavicu. Osnovu grkljana čine hrskavice (*cartilago cricoidea, cartilago procricoidea i cartilago arytenoidea*). Pored ovog grkljana, postoji i kaudalni (*syrinx*). *Syrinx* se nalazi u grudnoj duplji na završetku dušnika (*trachea*) i predstavlja mesto gde se formira glas.

Dušnik (*trachea*) je izgrađen od zatvorenih prstenova sa minimalnim razmakom između njih. Nakon *syrinx*a dušnik se račva na dva bronhusa (levi i desni) koji ulaze u odgovarajuća plućna krila. Bronhusi se ne granaju na bronhiole i ne završavaju slepo u plućima, već izlaze iz pluća i prelaze u aerostatički sistem vazdušnih kesaka.

Pluća (*pulmo*) leže u kranio-dorzalnom delu grudne šupljine. Pošto u grudnoj duplji ne postoji seroza, pluća su vezivnim tkivom povezana sa rebrima i rudimentiranom dijafragmom. Bronhusi ulaze na ventrokranijalnoj strani i ne razgranavaju se na način koji je poznat kod sisara, već se granaju na kratke sprovodne cevi (*bronchus secundari*) koji su *bronchi mediodorsales, medioventrales, laterodorsales et lateroventrales*. Od sekundarnih dorzalnih bronhusa granaju se parabronhusi. Parabronhusi anastomoziraju i formiraju poligonalne komore (*atrium*) koje su okružene mrežom krvnih kapilara. Anastomozirani parabronhusi su povezani, sa jedne strane sa dorzalnim sekundarnim bronhusima, a sa druge strane sa ventralnim sekundarnim bronhusima.

Primarni i sekundarni bronhusi su u kontaktu sa vazdušnim kesama (*sacci pneumatici*). Razvijeno je devet vazdušnih kesaka i to jedna klavikularna (*saccus clavicularis*) i četiri parne (*saccus cervicalis, saccus thoracicus cranialis, saccus thoracicus caudalis, saccus abdominalis*). Delovi vazdušnih kesaka dolaze i do pojedinih kostiju u koje ulaze i vrše njihovu pneumatizaciju (npr. *humerus*).

13. MOKRAĆNI ORGANI – *ORGANA URINARIA*

Mokraćni organi imaju ekskretornu ulogu odnosno da filtracijom krvne plazme iz organizma izbacuju sve nepotrebne materije. Mokraćni organi sisara se sastoje od:

- bubrega (*renes*),
- mokraćovoda (*ureteres*),
- mokraćne bešike (*vesica urinaria*) i
- mokraćnog izvodnika (*urethra*) (Slika 13.1).

Mokraćni izvodnik predstavlja vezu između mokraćnih i polnih organa i ova dva sistema organa se zajedno nazivaju urogenitalni aparat (*apparatus urogenitalis*).

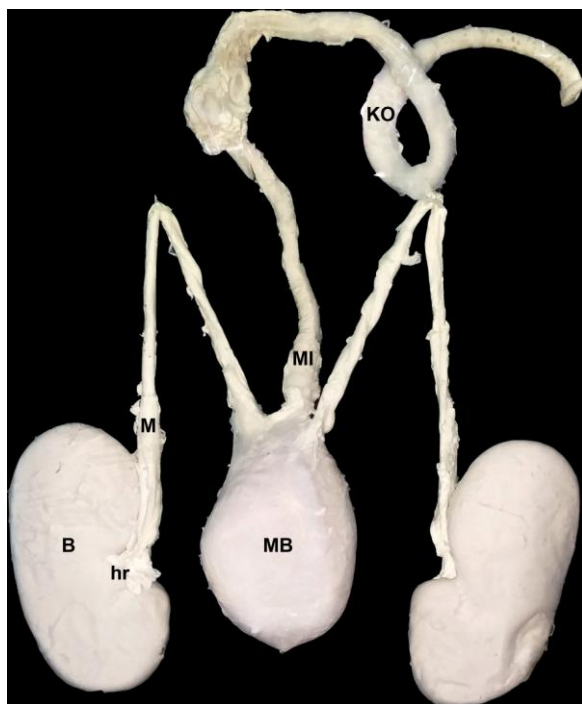
Bubreg (*ren*)

Bubreg (lat. *ren*, grč. *nephros*) je organ koji ima važnu ulogu u održavanju ravnoteže između različitih materija u telesnim tečnostima. Funkcionisanjem bubrega iz organizma se izlučuju različiti proizvodi metabolizma, eliminiše se višak vode, obezbeđuje se stalnost količine i sastava ekstracelularne tečnosti,

kontrolise i održava acido-bazna ravnoteža. Bubreg ima i endokrinu ulogu i u skladu sa tim uključen je u regulaciju krvnog pritiska, regulaciju eritropoeze, sintezu vitamina D.

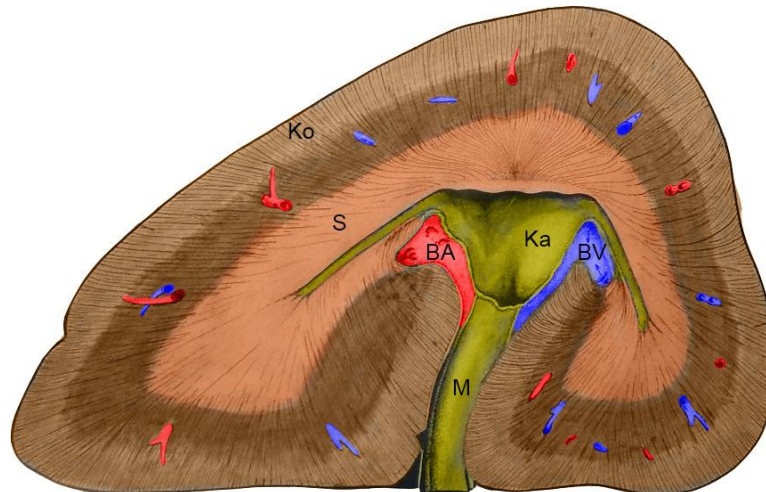
Bubrezi su parni organi smešteni uz dorzalni zid trbušne duplje, u slabinskom predelu. Bubrezi leže retroparietalno, odnosno peritoneum ih pokriva samo sa ventralne strane. Desni bubreg je manje pokretan, naleže na jetru na kojoj formira otisak – *impressio renalis*. Levi bubreg je pokretljiviji, ne naslanja se na jetru, ali kod preživara, zbog veličine buraga, može biti potisnut u desni deo trbušne duplje.

Bubrezi su režnjevite građe, piramidalnog oblika sa vrhovima okrenutim ka središnjem delu bubrega. U zavisnosti od toga da li su ovi režnjevi srasli ili ne, makroskopski se bubrezi dele na jednostavne i sastavljene. Jednostavni bubrezi se sastoje od režnjeva koji su manje ili više srasli, a po izgledu površine se mogu podeliti na izbrzdane (goveda) i glatke. Glatki bubrezi se mogu podeliti na jednobradavičaste glatke, odnosno bubrege kod kojih su režnjevi potpuno srasli (konj i sitni preživari) i mnogobradavičaste



Slika 13.1. Mokraćni organi nerasta

B – bubreg, **hr** – *hilus renalis*, **M** – mokraćovod, **MB** – mokraćna bešika, **MI** – mokraćni izvodnik, **KO** – kopolacioni organ



Slika 13.2. Presek bubrega konja

Ko – kora bubrega, **S** – srž bubrega, **Ka** – bubrežna karlica, **M** – mokraćovod, **BA** – bubrežna arterija, **BV** – bubrežna vena

glatke, kod kojih se na preseku bubrega jasno uočava prisustvo režnjeva (svinja). Sastavljeni bubrezi se sastoje od više režnjeva koji međusobno nisu srasli, a nalaze se u toku embrionalnog razvića sisara, ali i pojedinih životinjskih vrsta.

Bubrezi domaćih sisara su crveno-smeđe boje, a oblik zavisi od vrste životinje. Sitni preživari imaju pasuljast oblik bubrega, svinja pasuljast ali pljosnat, goveda nepravilno ovalan, dok je kod konja desni bubrež srčastog oblika, a levi piramidalni ili pasuljast.

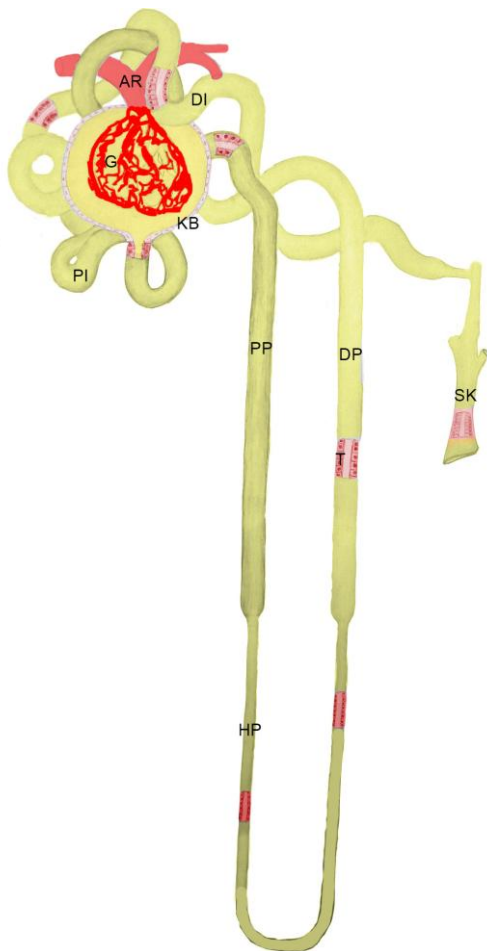
Makroskopski na bubrezima se razlikuju dve površine: dorzalna – *facies dorsalis* i ventralna – *facies ventralis*, kao i dva završetka: kranijalni – *extremitas cranialis* i kaudalni – *extremitas caudalis*. Na mestima gde se spajaju pomenute površine nalaze se i dva ruba: lateralni konveksni – *margo lateralis* i medijalni konkavni – *margo medialis*. Na medijalnom rubu se nalazi uvučeni deo koji se naziva *hilus renalis* i predstavlja mesto gde ulaze i/ili izlaze krvni i limfni sudovi, nervi, ali i mesto na kome izlazi mokraćovod (Slika 13.2). *Hilus renalis* vodi u šupljinu bubrega (*sinus renalis*) u kojoj se nalazi, u obliku velikog proširenja, početni deo mokraćovoda koji se naziva bubrežna karlica (*pevis renalis*).

Bubreg obavijaju dve kapsule i to: masna (*capsula adiposa*) i fibrozna (*capsula fibrosa*). Masna kapsula se sastoji od masnog tkiva koje bubrež štiti od pritiska susednih organa. *Capsula fibrosa* je građena od gustog vezivnog tkiva iregularnog tipa i direktno naleže na parenhim bubrega. Parenhim bubrega se sastoji od velikog

broja nefrona, sabirnih kanalića i od slabo razvijenog intersticijuma. Nefron je osnovna strukturna i funkcionalna jedinica bubrega. Sastoji se od bubrežnog telašca i bubrežnog kanalića (Slika 13.3). Bubrežno telašce se naziva i Malpigijevo telašce i predstavlja početni deo nefrona. Sastoji se od dvoslojne epitelne kapsule (Boumanova kapsula) unutar koje je smeštena kapilarna mreža (*glomerulus*). Na bubrežnom telašcu se razlikuju dva pola, vaskularni i urinarni. Boumanova kapsula je građena od spoljašnjeg i unutrašnjeg sloja, a prostor između ova sloja se naziva urinarni prostor. Urinarni prostor komunicira sa ostatkom nefrona koji se naziva bubrežni kanalić. Bubrežni kanalić se sastoji iz više segmenata i to su proksimalni izuvijani deo, proksimalni pravi deo, Henlejeva petlja, distalni pravi deo i distalni izuvijani deo. Distalni izuvijani delovi više nefrona dolaze do sabirnog kanalića koji mokraću transportuje ka proširenju bubrega (*sinus renalis*).

Kapsula bubrežnog telašca, kao što je već napisano, sastoji se od spoljašnjeg i unutrašnjeg sloja. Spoljašnji ili parijetalni sloj je građen od pločastog epitela koji leži na bazalnoj lamini i na urinarnom polu bubrežnog telašca nastavlja se u prizmatičan epitel bubrežnog kanalića. Unutrašnji ili visceralni sloj je građen od specijalizovanih epitelnih ćelija koje se nazivaju podociti i u direktnom je kontaktu sa glomerulusom. Prostor između ova dva sloja naziva se urinarni prostor i u njemu se sakuplja ultrafiltrat krvi, odnosno primarna mokraća.

Glomerulus je mreža kapilara koja nastaje od arteriola koje dovode krv u bubrežno telašće. Arteriole u bubrežno telašće ulaze na vaskularnom polu. Između kapilara koji grade glomerulus nalazi se mezangijum, odnosno mezangijalne ćelije i ekstracelularni matriks. Mezangijalne ćelije su slične podocitima, daju potporu zidu kapilara, a imaju i fagocitnu ulogu. Mezangijalne ćelije se nalaze i van glomerulusa, oko krvnih sudova na vaskularnom polu, gde grade deo jukstaglomerularnog kompleksa. Ćelije jukstaglomerularnog kompleksa luče hormon renin.



Slika 13.3. Shema nefrona

AR – arteriola renalis; **G** – glomerulus; **KB** – kapsula bubrežnog telašća; **PI** – proksimalni izvijani kanalić; **PP** – proksimalni pravi kanalić; **HP** – Henlejeva petlja; **DP** – distalni pravi kanalić; **DI** – distalni izvijani kanalić; **SK** – sabirni kanalić

Proksimalni kanalić počinje od urinarnog pola bubrežnog telašća i predstavlja nastavak

Boumanove kapsule. Proksimalni kanalić počinje izvijanim delom na koji se nastavlja pravi deo. Oba dela imaju značajnu ulogu u procesu resorpcije i sekrecije i učestvuju u procesu formiranja konačne mokraće od primarne koja nastaje u bubrežnom telašću. Zid proksimalnog kanalića formira jednoslojan prizmatičan epitel. Kod izvijanog proksimalnog dela ove ćelije na apikalnom delu sadrže brojne i visoke mikrovile. Ćelije pravog dela su niže sa malobrojnijim i kraćim mikrovilama.

Henlejeva petlja je tanki deo bubrežnog kanalića. Ima dva dela i to nishodni deo koji se nastavlja na pravi deo proksimalnog kanalića i pruža se ka centralnom delu bubrega i ushodni, koji se vraća ka perifernom delu bubrega i na njega se nastavlja distalni kanalić. Ćelije Henlejeve petlje su pločaste, obezbeđuju selektivnu polupropustljivost i time učestvuju u procesu resorpcije.

Distalni kanalić se takođe sastoji od pravog i izvijanog dela. Nastavlja se na ushodni deo Henlejeve petlje i pruža se od središnjeg dela bubrega ka perifernom. Distalni pravi deo se pruža do vaskularnog pola bubrežnog telašća i na njega se nastavlja izvijani deo. Ćelije zida distalnog bubrežnog kanalića su prizmatične, niže i sa manje mikrovila u odnosu na proksimalni kanalić. Na prelazu pravog i izvijanog dela ove ćelije su modifikovane, a taj deo se naziva gusta mrlja (*macula densa*). Ćelije guste mrlje, sa mezangijalnim ćelijama i arteriolama, učestvuju u formiranju jukstaglomerularnog kompleksa.

Sabirni kanalić bubrega objedinjava bubrežne kanaliće više nefrona. Uloga sabirnih kanalića je da mokraću vode do proširenja bubrega (*sinus renalis*). Sabirni kanalići se završavaju papilarnim kanalom (*ductus papillaris*).

Parenhim bubrega se deli na koru bubrega (*cortex renis*) koja se nalazi spolja (ispod kapsule) i srž bubrega (*medulla renis*) koja se nalazi u unutrašnjem delu. U kori bubrega uočavaju se bubrežna telašća, izvijani delovi i segmenti pravih delova proksimalnog i distalnog kanalića, dok se u srži nalaze segmenti pravih delova proksimalnog i distalnog kanalića i Henlejeve petlje. Sabirni kanalići počinju u kori, a nastavljaju se u srži. Na preseku bubrega, ispod parenhima, u središnjem delu se nalazi šupljina bubrega (*sinus renis*) u kojoj se kod svih domaćih sisara, osim goveda, nalazi bubrežna karlica (*pelvis renalis*). Bubrežna karlica je mesto gde se

sliva mokraća iz sabirnih kanalića i papilarnih kanala. Predstavlja i prošireni, početni deo mokraćovoda (*ureter*). Goveda nemaju bubrežnu karlicu, već mokraćovod nastaje spajanjem kranijalne i kaudalne grane (*ramus cranialis* i *ramus caudalis*). Ove grane nastaju od velikog broja cevi koje se nalaze na krajevima režnjeva, tako da nastala mokraća iz pojedinih režnjeva dolazi u mokraćovod.

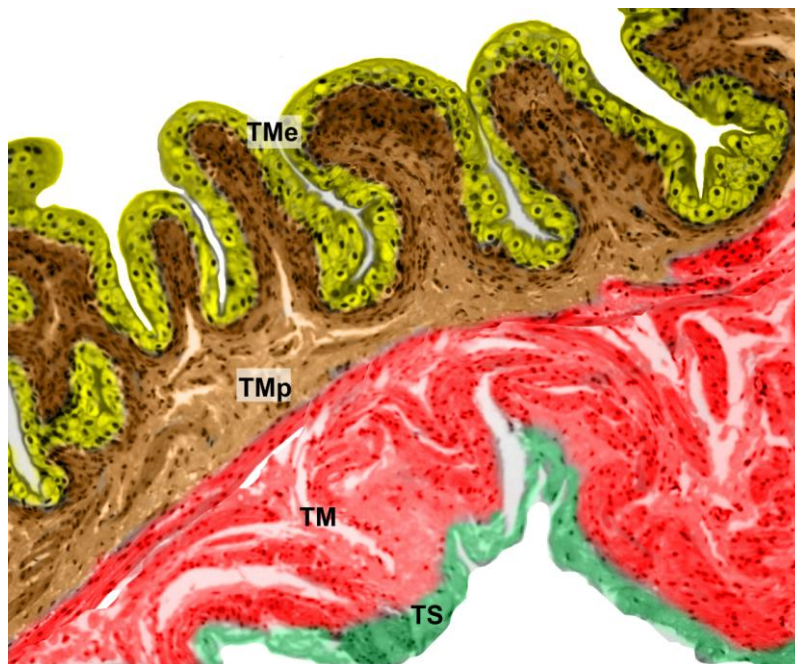
Mokraćovod (*ureter*)

Mokraćovodi (*ureteres*) su parni organi koji iz bubrega izlaze na *hilus renalis*. U pitanju su cevasti ograni koji mokraću transportuju do mokraćne bešike (*vesica urinaria*). Cevaste su građe, pružaju se kaudalno od bubrega, početnim delom retroperitonealno uz dorzalni zid trbušne duplje, a završnim delom ulaze u karličnu duplju. U zavisnosti od mesta pružanja, mokraćovod se može podeliti na *pars abdominalis* i *pars pelvina*. U karličnoj duplji, mokraćovodi ulaze u duplikature seroze na kojima vise urinarni i genitalni organi muških, odnosno ženskih jedinki (*mesoductus deferens* i *lig. latum uteri*). U karličnoj duplji, mokraćovod se uliva u mokraćnu bešiku. U mokraćnu bešiku mokraćovod ulazi koso sa dorzalne strane. Koso postavljen ulaz u mokraćnu bešiku sprečava povratak mokraće u mokraćovod.

Zid mokraćovoda građen je iz sledećih omotača:

- *tunica mucosa* – sluzokoža
 - *lamina epithelialis mucosae* (epitel),
 - *lamina propria mucosae* (krzno),
- *tunica muscularis* – mišićni omotač,
 - *stratum longitudinale internum* (unutrašnji uzdužni sloj),
 - *stratum circulare* (kružni sloj),
 - *stratum longitudinale externum* (spoljašnji uzdužni sloj)
- *tunica adventitia* (vezivnotkivni omotač).

Sluzokoža mokraćovoda se sastoji od epitela i krzna. Epitel u mokraćovodu je epitel prelaznog tipa, odnosno urotel. Ispod epitela se nalazi krzno koje se sastoji od rastresitog vezivnog tkiva. U sluzokoži se ne nalaze žlezde, osim kod kopitara (konj i magarac). Kod ovih životinja, u krznu početnog dela mokraćovoda, kao i u bubrežnoj karlici, nalaze se mukozne žlezde (*gl. uretericae*). Mukozni sekret ovih žlezda daje zamućen izgled mokraće kod ovih životinja. Mišićni omotač se sastoji od glatkomišićnih ćelija raspoređenih u tri sloja. Unutrašnji uzdužni sloj građe uzdužno orijentisane ćelije, odnosno postavljene u pravcu pružanja mokraćovoda, srednji sloj su kružno orijentisane mišićne ćelije i treći sloj su spoljašnje uzdužno orijentisane mišićne ćelije. Između ovih slojeva nalazi se rastresito vezivno



Slika 13.4. Mokraćna bešika

TMe - *tunica musoca* – *lamina epithelialis*; **TMp** – *tunica mucosa* – *lamina propria*; **TM** – *tunica muscularis*; **TS** – *tunica serosa*

tkivo sa krvnim sudovima. Vezivnotkivni omotač ili *tunica adventitia* sastoji se od rastresitog vezivnog tkiva, a sadrži krvne sudove i nerve.

Mokraćna bešika (*vesica urinaria*)

Mokraćna bešika je neparan ogran koji većim delom leži u karličnoj duplji oslonjen na stidne kosti. Oblik joj se menja u zavisnosti od ispunjenosti mokraćom. Makroskopski na mokraćnoj bešici se razlikuju tri dela: kranijalni, slepi deo odnosno vrh (*apex*, odnosno *vertex vesicae*), srednji deo, telo (*corpus vesicae*) i kaudalni, vrat (*cervix vesicae*). Vrat se nastavlja u mokraćni izvodnik (*urethra*). Mokročavodi sa mokraćnom bešikom komuniciraju preko otvora (*ostium ureteris*) koji se nalaze sa dorzalne strane bešike. Dorzalno od mokraćne bešike se nalazi *plica urogenitalis* u kojoj se, pored mokraćovoda kod muških jedinki, nalaze semevodi, a kod ženskih jedinki materica i vagina. U odgovarajućem položaju, mokraćnu bešiku drže duplikature peritoneuma, i to dva bočna ligamenta (*ligamentum vesicae laterale*) i jedan središnji (*ligamentum vesicae medium*) koji je ventralno postavljen.

Građa zida mokraćne bešike odgovara građi mokraćovoda i sastoji se od sluzokože, mišićnog sloja i seroze (Slika 13.4). Epitel je prelaznog tipa i njegova visina zavisi od ispunjenosti mokraćom. Ispod epitela je krzno koje se sastoji od rastresitog vezivnog tkiva koje je bogato elastičnim vlaknima. U sluzokoži se ne nalaze žlezde. Mišićni omotač je dobro razvijen, građen od glatkomišićnih ćelija, a sastoji se od unutrašnjeg uzdužnog sloja, kružnog sloja i spoljašnjeg uzdužnog sloja. Seroza se sastoji od vezivnog tkiva koje je sa spoljašnje strane presvučeno pločastim epitelom.

Mokraćna bešika sa mokraćnim izvodnikom komunicira preko otvora koji se naziva *ostium urethrae internum*. Za zadržavanje mokraće unutar mokraćne bešike zadužena su elastična vezivna vlakna iz krzna u predelu tela i vrata bešike, kao i poprečno-prugasti mišić *m. urethralis*.

Mokraćni izvodnik (*urethra*)

Mokraćni izvodnik je cevast organ koji kod ženskih jedinki služi za transport mokraće, dok kod muških jedinki, pored transporta mokraće, transportuje i sperm. Mokraćni izvodnik počinje

na vratu mokraćne bešike i kod ženskih jedinki (*urethra feminina*) završava se otvorom u vagini, dok kod muških jedinki mokraćni izvodnik (*urethra masculina*) ulazi u sastav kopulacionog organa.

Mokraćni izvodnik ženskih jedinki je kratka cev koja se pruža sa ventralne strane vagine i uliva se na prelazu predvorja vagine i pravog dela vagine. Otvor koji se nalazi između vagine i mokraćnog izvodnika se naziva *ostium urethrae externum*.

Kod muških jedinki mokraćni izvodnik počinje na vratu mokraćne bešike otvorom (*ostium urethrae internum*), a završava se spoljašnjim otvorom na kraju penisa (*ostium urethrae externum*). Sa dorzalne strane mokraćnog izvodnika mužjaka nalazi se uzvišenje – *colliculus seminalis* i na njemu dva otvora u koje se ulivaju semovodi, ali i otvori u koje se ulivaju izvodnici semenih kesica. Pored semenih kesica, u mokraćni izvodnik se ulivaju i produkti ostalih pomoćnih polnih žlezda (prostata i bulbouretralne žlezde). Shodno mestu gde se mokraćni izvodnik mužjaka pruža može se podeliti na sledeće delove:

- deo kroz kraličnu duplju (*pars pelvina*),
 - *pars preprostatica* (od *ostium urethrae internum* do *colliculus seminalis*),
 - *pars prostatica* (od *colliculus seminalis* do izlaza iz karlične šupljine),
- deo kroz penis (*pars penina*) – od *arcus ischiadicus* do *ostium urethrae externum*.

Zid mokraćog izvodnika se sastoji od sluzokože, mišićnog omotača i vezivnotkivnog omotača (*tunica adventitia*). Epitel sluzokože početnog dela je epitel prelaznog tipa, u središnjem delu prizmatičnoslojevit, a u završnom delu pločastoslojevit. Krzno, kao sastavni deo sluzokože, je građeno od rastresitog vezivnog tkiva. U krznu se kod konja nalaze i mukozne žlezde (*gl. urethralis*). Mišićni omotač mokraćnog izvodnika je građen od tri sloja glatkih mišićnih ćelija, koji se kasnije zamenjuju kružno postavljenim poprečno-prugastim mišićnim ćelijama koje formiraju *m. urethralis*.

MOKRAĆNI ORGANI ŽIVINE

Mokraćni organi živine sastoje se od parnih bubrega (*renes*) i mokraćovoda (*ureteres*). Bubrezi su dugi, režnjeviti, mrkocrveni, leže sa obe strane kičmenog stuba u lagunama koje se nalaze sa ventralne strane bedrene kosti (*facies*

renalis ilii). Peritoneumom su obavijeni samo sa ventralne strane. Na bubrezima se razlikuju po tri dela – *divisio renalis cranialis, media et caudalis*. Na preseku bubrega razlikuju se kora (*cortex*) i srž (*medulla*). Osnovna gradivna i funkcionalna jedinica je nefron. Mokraćovodi počinju na kranijalnom polu bubrega i ulivaju se u kloaku. Sastoje se iz dela koji prolazi kroz bubreg (*pars renalis*) i dela koji napušta bubreg i dolazi do urodeuma, a naziva se *pars pelvina*. Ptice nemaju bubrežnu karlicu, mokraćnu bešiku i mokraćni izvodnik.

14. POLNI ORGANI – *ORGANA GENITALIA*

MUŠKI POLNI ORGANI (*ORGANA GENITALIA MASCULINA*)

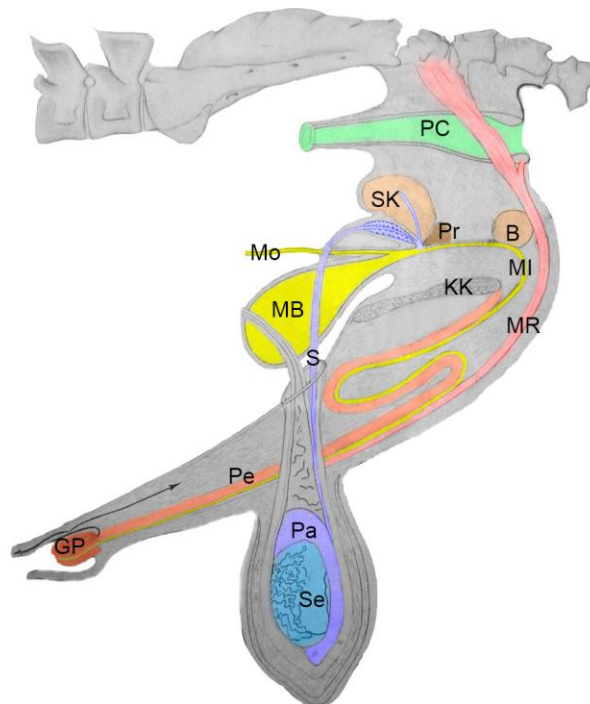
Muški polni organi imaju funkciju u nastanku, sazrijevanju i transportu muških polnih ćelija, odnosno spermatozoida. Pored toga, imaju ulogu u sekreciji i transportu semene tečnosti (koja se meša sa spermatozoidima i nastaje sperma), ali i u unošenju u ženske polne organe. U muške polne organe ubrajaju se:

- semenik (*testis*),
- pasemenik (*epididymis*),
- semevod (*ductus deferens*),
- pomoćne polne žlezde (*glandulae genitales accessoriae*) i
- koplacioni organ (*penis*) (Slika 14.1).

Ukratko, semenici su parni organi u kojima nastaju spermatozoidi. U pasemeniku se vrši sazrijevanje spermatozoida. Iz pasemenika, spermatozoidi odlaze u semevod koji se uliva u mokraćni izvodnik. Pored spermatozoida koji u mokraćni izvodnik dolaze putem semevoda, u mokraćni izvodnik, putem kanalića pomoćnih polnih žlezda dolazi i semena tečnost i tako

nastaje sperma, odnosno ejakulat. Mokraćni izvodnik prolazi kroz muški koplacioni organ koji spermu unosi u ženske polne organe.

Semenik (lat. *testis*; grčki *orchis*) je paran organ koji ima ulogu u stvaranju muških polnih gameta. Ima, takođe, i endokrinu ulogu. Semenici su smešteni u izbočini kože koja se naziva mošnice – *scrotum*. Na kranijalnoj i kaudalnoj površini mošnica, odnosno na kaudalnoj površini kod nerasta, nalazi se plitka udubina (*raphe scroti*). Ova udubina pokazuje mesto pružanja pregrade (*septum scroti*) koja se nalazi unutar mošnica. Ova pregrada deli prostor unutar mošnica na dva dela u kojima je smešten po jedan semenik. U fetalnom periodu, semenici se razvijaju u trbušnoj duplji, izvan peritoneuma – retroperitonealno. Na kraju fetalnog razvića, semenici domaćih sisara migriraju u šupljinu mošnica, potiskujući omotače koji se na tom putu nalaze. Razlog za spuštanje semenika iz trbušne



Slika 14.1. Polni organi bika

Se – semenik, **Pa** – pasemenik, **S** – semevod, **Pe** – penis, **GP** – glavić penisa, **Mo** – mokraćovod, **MB** – mokraćna bešika, **MI** – mokraćni izvodnik, **SK** – semene kesice, **Pr** – prostata, **B** – bulbouretralne žlezde,

duplje u mošnice je vezan za nižu temperaturu koja je značajan faktor za odvijanje spermatogeneze.

Zid mošnica se sastoji od sledećih delova:

- koža,
- *tunica dartos* – mišićno-elastično potkožno tkivo,
- *fascia spermatica externa* – nastavak spoljašnje fascije trupa,
- *m. cremaster* – nastavak kosog mišića trbušne duplje,
- *fascia spermatica interna* – nastavak unutrašnje fascije trupa,
- *tunica vaginalis* – invaginacija peritoneuma kroz ingvinalni kanal, kod koje se razlikuju
 - *lamina parietalis* – parijetalni list koji je u kontaktu sa *fascia spermatica interna*,
 - *lamina visceralis* – visceralni list koji nalaze na semenik,
 - *cavum vaginale* – šupljina između parijetalnog i visceralnog lista i u kontaktu je sa peritonelanom šupljinom.

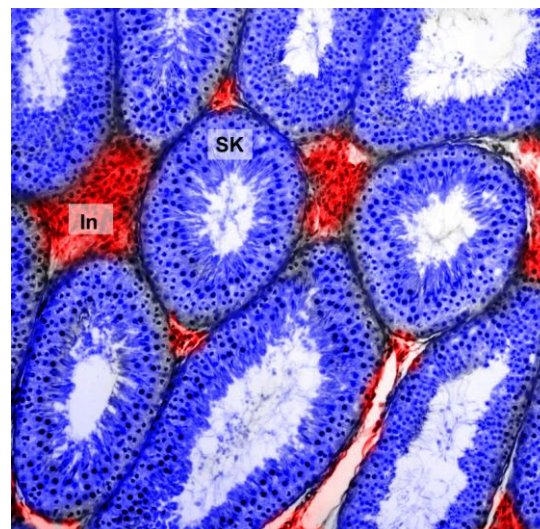
Fascia spermatica interna i *lamina parietalis* tunike vaginalis zajedno grade nastavak koji se naziva *processus vaginalis*. *Processus vaginalis* ima kruškast oblik, prolazi kroz ingvinalni kanal, a njegov najuži deo je mesto gde ovaj nastavak prelazi iz trbušne duplje u mošnice. U tom najužem delu prolazi i semevođ (funiculus spermaticus) koje se sastoji od krvnih i limfnih sudova i nerava, a kroz uže prolazi i semevod. Sa spoljašnje strane semevođ obavlja *lamina visceralis* tunike vaginalis. Krvni sudovi i nervi koji ulaze i izlaze iz semenika se nalaze u posebnom seroznom naboru koji se naziva *mesorchium*. Krvni sudovi koji prolaze kroz *mesorchium* su *a. testicularis* i istoimena vena. Zbog održavanja odgovarajuće temperature neophodne za proces spermatogeneze, a koja je niža od telesne temperature, *v. testicularis*, koja vodi krv iz semenika, pravi veliki broj uvrata oko *a. testicularis* i na ovaj način delimično snižava temperaturu arterijske krvi koja treba da uđe u semenik. Ovi uvrati krvnih sudova nazivaju se *plexus pampiniformes*. Položaj semenika kod domaćih životinje je različit. Mošnice konja, goveda i sitnih preživara, a samim tim i semenici, se nalaze sa ventralne strane trbušnog zida, u ingvinalnom delu. Za razliku od njih, kod nerasta se mošnice i semenici nalaze perinealno, odnosno bliže analnom otvoru. Orijehtacija semenika

unutar mošnica je takođe različita kod pojedinih vrsta. Kod preživara semenici se nalaze vertikalno postavljeni, kod konja potpuno horizontalno, a kod nerasta koso.

Semenici su jajastog oblika, glatke površine. Makroskopski na semenicama se razlikuju dva kraja: *extremitas capitata* i *extremitas caudata*. *Extremitas capitata* je kraj na koji naleže glava pasemenika, dok je *extremitas caudata* kraj na kome se nalazi rep pasemenika. Na semeniku se razlikuju i dve površine: bočna – *facies lateralis* i središnja – *facies medialis*. Na semeniku se, takođe, nalaze i dva ruba: *margo liber* i *margo epididymalis*, odnosno slobodni rub i rub na koji naleže pasemenik.

Grada semenika

Semenik je parenhimatozni organ. Obavlja ga vezivnotkivna kapsula koja se naziva *tunica albuginea*. Bele je boje, sa brojnim krvnim i limfnim sudovima vijugavo postavljenim. Debljine je od 1–2 mm. Od ovog omotača, u parenhim se pružaju pregrade koje se nazivaju *septule testis*. Pregrade se pružaju do središnjeg dela testisa gde grade vezivnotkivno telo (*mediastinum testis*). Pregrade parenhim semenika dele na režnjeve (*lobuli testis*), koji su piramidalnog oblika. U režnjevima semenika se nalaze semevi kanalići i intersticijum (Slika 14.2). Semevi kanalići (*tubuli seminiferi*) se pružaju od periferije ka središnjem delu semenika. U početku su vijugavi (*tubuli seminiferi contorti*), zatim su pravi (*tubuli seminiferi recti*) i završavaju isprepletani u



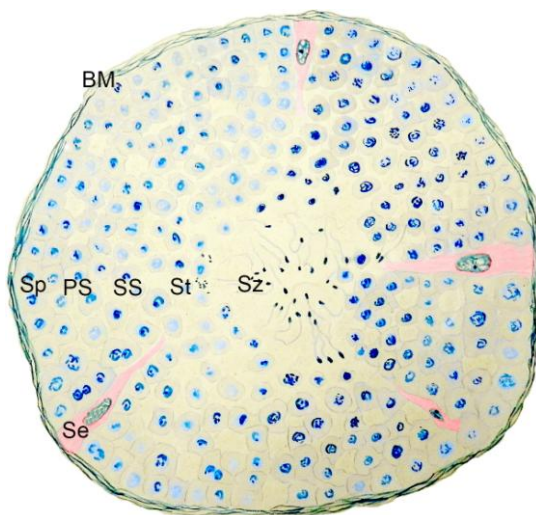
Slika 14.2. Grada semenika

SK – semevi kanalić, In - intersticijum

središnjem delu (medijastinumu) u obliku mreže – *rete testis*. U svakom režnju semenika nalazi se od dva do pet vijugavih semenih kanalića.

Semeni kanalići su cevaste strukture u kojima se vrši spermatogeneza. Semeni kanalići su obavijeni opnom, bazalnom membranom. Na ovoj membrane se sa unutrašnje strane nalazi semeni (klicin) epitel (Slika 14.3). Ovaj epitel je građen od dve vrste ćelija: vegetativnih i klicinih. U središnjem delu semenog kanalića se nalazi lumen. **Vegetativne ćelije** semenih kanalića se nazivaju Sertolijeve ćelije. U pitanju su krupne ćelije koje se pružaju od bazalne membrane do lumena semenog kanalića. Sertolijeve ćelije imaju nekoliko važnih uloga:

- potporna – veze između Sertolijevih ćelija, kao i veze između Sertolijevih i svih tipova klicinih ćelija obezbeđuju potporu i pomeranje ćelija od bazalnog dela ka lumenu;
- nutritivna – Sertolijeve ćelije obezbeđuju neophodne materije za metabolizam klicinim ćelijama;
- sekretorna – pod uticajem FSH luče androgen vezujući protein (ABP), estrogen i inhibin;
- fagocitna – tokom spermatogeneze nastaju rezidualna telašca koje Sertolijeve ćelije fagocituju, a takođe uklanjaju i ćelije klicinog epitela koje propadaju apoptozom.



Slika 14.3. Građa semenog kanalića

BM – bazalna membrana, **Sp** – spermogonija, **PS** – primarna spermocita, **SS** – sekundarna spermocita, **St** – spermata, **Sz** – spermatozoid, **Se** – Sertolijeva ćelija

Klicine ćelije su grupa ćelija koje se nalaze između Sertolijevih ćelija. U ovu grupu spadaju sledeće ćelije:

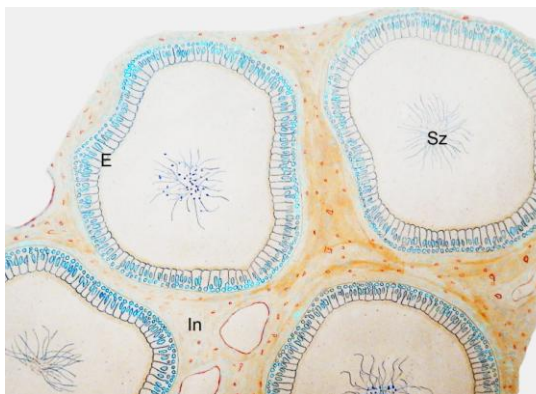
- matične ćelije (spermatogonije) – diploidne ćelije smeštene uz bazalnu membranu, dele se mitozom. Deobom nastaju delom nove matične ćelije, a delom nastaju primarne spermocite.
- primarne spermocite – ćelije koje ulaze u redukcionu deobu (mejozu). Nakon prve mejotičke deobe nastaju sekundarne spermocite.
- sekundarne spermocite – ćelije koje ulaze u drugu mejotičku deobu i od kojih nastaju spermate.
- spermate – haploidne ćelije, nastale mejotičkom deobom. Od jedne primarne spermocite nastaju četiri spermate. Transformacijom (spermiogenezom) od spermata nastaju spermatozoidi.
- spermatozoidi – muške polne gamete, nastale procesom spermatogeneze, nalaze se na površini klicinog epitela i nakon gubitka kontakta sa Sertolijevim ćelijama, kroz lumen kanalića dolaze do *rete testis* i dalje u pasemenik.

Građa spermatozoida. Spermatozoidi su visoko diferencirane ćelije, jedinstvene po svojoj građi. U pitanju su haploidne ćelije koje, nakon spajanja sa jajnom ćelijom, stvaraju zigot. Spermatozoid se sastoji od: glave i repa. Glava spermatozoida je prošireni deo u kome dominira krupno jedro. Sa prednje strane jedra se nalazi akrozom, organela u kojoj se nalaze enzimi koji su neophodni za prolazak spermatozoida kroz zid jajne ćelije. Rep počinje sa delom koji se naziva povezujući i u kome se nalazi proksimalni centriol, organela od koje se pružaju mikrotubuli koji prolaze kroz ostale delove repa. Sledeći deo spermatozoida je proširen i naziva se srednji deo, odnosno telo. U ovom delu se nalazi formacija od 9+2 mikrotubula okružena spiralnim omotačem koji formiraju mitohondrije. Mitohondrije obezbeđuju energiju neophodnu za pokretanje repa. U ostalim delovima repa nalaze se mikrotubuli i periferni fibrozni omotač koji ka završnom delu repa nestaje.

Intersticijum koji se nalazi između semenih kanalića se sastoji od rastresitog vezivnog tkiva u kome se nalaze krvni i limfni sudovi i nervi. U intersticijumu se, takođe, nalaze i Lajdigove

(Leydig) ćelije koje luče muške polne hormone, posebno testosteron. Ove ćelije su manje ili više grupisane što zavisi od vrste životinje. U intersticijumu, oko bazalnih membrana semenih kanalića nalaze se i miofibroblasne ćelije, koje svojim kontrakcijama potiskuju spermatozoide iz semenih kanalića u *rete testis*.

Pasemenik (*epididymis*) je paran ogran koji je čvrsto pripojen za semenik i to za rub – *margo epididymalis*. Sastoji se od izuvijanih kanalića koje objedinjuje vezivno tkivo. Kanalići pasemenika su nastavak odvodnih kanalića semenika (*ductuli efferentes testis*) koji se nastavljaju na *rete testis* i napuštaju semenik. U zavisnosti od vrste životinje broj odvodnih kanalića koji izlaze iz semenika se kreće od 6–20. Odvodni kanalići se u pasemeniku spajaju u jedan kanal koji se naziva *ductus epididymidis* i on čini najveći deo pasemenika. Ovaj kanal je jako izuvijan i njegova dužina kod pojedinih životinja dostiže i do 80 m (pastuv). Makroskopski posmatrano na pasemeniku se razlikuju tri dela: glava (*caput epididymidis*), telo (*corpus epididymidis*) i rep (*cauda epididymidis*). Glava pasemenika je čvrsto spojena sa kapsulom semenika i sastoji se od odvodnih kanalića semenika i vezivnog tkiva. Nakon spajanja odvodnih kanalića semenika u jedinstveni kanal nastaje telo, kaudalno od tela nastavlja se rep. Rep prelazi u semevod (*ductus deferens*). Pasemenik obavlja duplikatura seroze (*mesepididymis*). Rep je za kaudalni kraj semenika vezan ligamentom (*lig. testis proprium*), a za *procesus vaginalis* pomoću *lig. caudae epididymidis*.



Slika 14.4. Pasemenik

E – dvoredan prizmatičan epitel, **In** – intersticijum, **Sz** – spermatozoidi

Na preseku glave pasemenika uočavaju se odvodni kanalići semenika, koje karakteriše prizmatičan epitel (Slika 14.4). Prizmatične ćelije ovog epitela se razlikuju po prisustvu treplji i mikrovila. Ćelije sa trepljama pomažu kretanje spermatozoida. Oko kanalića se nalazi rastresito vezivno tkivo. Kanal pasemenika je građen od pseudoslojevitog epitela. Epitel se sastoji od dva tipa ćelija: bazalnih i prizmatičnih. Bazalne ćelije naležu na bazalnu membranu i imaju ulogu matičnih ćelija, odnosno od njih nastaju prizmatične ćelije. Prizmatične ćelije takođe naležu na bazalnu membranu, a njihovi apikalni delovi formiraju lumen kanalića. Na apikalnoj membrani ovih ćelija se nalaze mikrovile, koje su označene kao stereocilije. Oko kanala se nalaze glatkomišićne ćelije kružno postavljene. Njihovom kontrakcijom se transportuju spermatozoidi. Pored glatkomišićnih ćelija, oko kanala se nalazi i rastresito vezivno tkivo.

Semevod (*ductus deferens*) je nastavak kanala pasemenika. Nastavlja se na rep pasemenika i prolazi kroz semeno uže (*funiculus spermaticus*) do najužeg dela na *processus vaginalis* gde ulazi u trbušnu duplju. Uloga semevoda je da spermatozoide transportuje od pasemenika do mokraćnog izvodnika. Kroz trbušnu duplju, pruža se ventralno od mokraćovoda, zatim dolazi sa dorzalne strane mokraćne bešike i u mokraćni izvodnik se uliva u njegovom početnom delu. Mesto ulivanja semevoda u mokraćni izvodnik se naziva *colliculus seminalis*. Završni deo semevoda kod pastuva i bika je zadebljao i naziva se *ampulla ductus deferens*. Ovo proširenje ne postoji kod nerasta.

Semevod je cevasti organ koji se sastoji od sluzokože, mišićnog omotača i seroze. Sluzokoža se sastoji od epitela i krzna. Epitel je pseudoslojevit i to je nastavak epitela pasemenika. Krzno je građeno od rastresitog vezivnog tkiva, a u završnom delu kod životinja koje imaju ampulu nalaze se i žlezde. Mišićni omotač se sastoji od glatkomišićnih ćelija koje grade kružni i uzdužni sloj. Spolja semevod obavlja seroza.

Pomoćne polne žlezde (*glandulae genitales accessoriae*)

Pomoćne polne žlezde su smeštene oko karličnog dela mokraćnog izvodnika i imaju ulogu u sekreciji semene tečnosti. Svoje produkte ove

žlezde ubacuju u mokraćni izvodnik. Pomoćne polne žlezde su:

- vezikularna žlezda (*glandula vesicularis*),
- prostata (*prostata*),
- bulbouretralna žlezda (*glandula bulbourethralis*).

Vezikularna žlezda je parna žlezda, koja leži dorzolateralno u odnosu na vrat mokraćne bešike. Kod preživara i konja odvodni kanal ovih žlezda (*ductus excretorius*) se spaja sa semevodom i formira zajednički kanal (*ductus ejaculatorius*) koji završava u mokraćnom izvodniku. Vezikularne žlezde pastuva su relativno velike, imaju oblik vrećice, glatku površinu i nazivaju *vesicula seminalis*. Zid ove žlezde kod pastuva je građen od prizmatičnog epitela, krzna, glatkomišićnog omotača i seroze ili vezivnog tkiva. Kod nerasta i mužjaka preživara, vezikularne žlezde su neravne, a po građi su složene tubularne ili tubuloalveolarne žlezde. Sekret ovih žlezda je bela želatinozna tečnost.

Prostata je neparna žlezda. Nalazi se između semenih kesica, dorzalno na vratu mokraćne bešike i početnom delu mokraćnog izvodnika. Anatomski se sastoji iz dva dela: tela (*corpus prostatae*) i difuznog dela koji se nalazi u zidu mokraćnog izvodnika (*pars disseminata*). Posедуje veliki broj izvodnih kanala koji završavaju u mokraćnom izvodniku. Veličina prostate je različita u zavisnosti od vrste životinje, ali se razlikuje i u zavisnosti od uzrasta životinje. Prostata je tubuloalveolarna žlezda, režnjevite građe. Spolja je obavija vezivnotkivna kapsula od koje se pružaju pregrade koje ovu žlezdu dele na režnjeve. Žlezdani epitel je pseudoslojevit, nizak ili visokoprizmatičan. Sekret kod bika je seromukozan dok je kod pastuva i nerasta serozan.

Bulbouretralna žlezda je parna žlezda, leži blizu izlaska mokraćnog izvodnika iz karlične duplje. Na mokraćni izvodnik naleže dorzalno i bočno. Oblik i veličina zavise od vrste životinje, a kod domaćih životinja najveća je kod nerasta, kod pastuva je veličine oraha, a kod bika veličine lešnika. Bulbouretralna žlezda je tubuloalveolarna žlezda, režnjevite građe. Vezivne pregrade, koje ovu žlezdu dele na režnjeve, polaze od dobro razvijene vezivnotkivne kapsule. Žlezdani epitel acinusa je

pseudoslojevit prizmatičan, a ćelije su prizmatične ili piramidalne. Sekret ovih žlezda kod svih vrste domaćih sisara je mukozan.

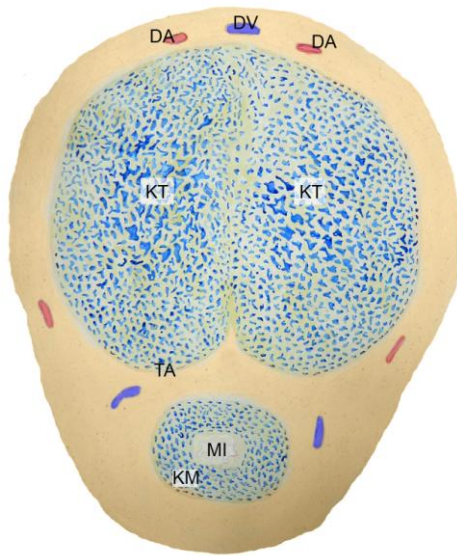
Muški kopulacioni organ – polni ud (penis)

Penis je dug, valjkasti organ koji se nalazi između zadnjih ekstremiteta. Pruža se od luka sedne kosti do pupka. Za trbušni zid je pričvršćen sa ventralne strane kožom i duplikaturom duboke fascije trupa. Makroskopski se na penisu uočavaju sledeći delovi:

- koren penisa (*radix penis*),
- telo penisa (*corpus penis*) i
- glavić penisa (*glans penis*).

Najzastupljenija struktura, u sva tri pomenuta dela, je kavernožno telo (*corpus cavernosum penis*) (Slika 14.5). Kavernožno telo se još naziva i erekтивно ili šupljikavo telo – tkivo. Ime je dobilo po šupljinama, takozvanim kavernama. Ove šupljine su krvni sinusi, proširenja obložena endotelom i odvojene vezivnim pregradama. Kaverne imaju dovodne i odvodne krvne sudove koje omogućavaju njihovo punjenje i pražnjenje.

Koren penisa se sastoji od dva kraka (*crura penis*) koji počinju na luku sedne kosti. Krakovi penisa su građeni od dva stuba kavernoznog tkiva. Krakovi su okruženi dobro razvijanim fibroznom vezivnim tkivom (*tunica albuginea*) koje gradi kapsulu penisa. Krakovi su kratki i kranijalno se približavaju i nastavljaju se u telo penisa (*corpus penis*). Kavernožno tkivo svakog kraka ostaje posebno, u telu penisa se ne spaja u potpunosti. Između ova dva kavernožna tela (*corpora cavernosa penis*) se nalazi pregrada (*septum penis*) koja nastaje od vezivnotkivnog omotača (*tunica albuginea*). Ova pregrada odvaja kavernožna tela tako da postoje levo (*corpus cavernosum sinister*) i desno (*corpus cavernosum dexter*) kavernožno telo. Na dorzalnoj površini penisa (*dorsum penis*) nalazi se plitak žleb (*sulcus dorsalis penis*) kroz koji prolaze krvni sudovi. Na ventralnoj površini penisa, koja se naziva *facies urethralis*, nalazi se duboki žleb (*sulcus urethralis*) i u njemu je smešten mokraćni izvodnik. Oko mokraćnog izvodnika se nalazi i treće kavernožno telo koje se naziva sunderasto – *corpus spongiosum urethrae*.



Slika 14.5. Presek kroz muški kopulacioni organ

KT – kavernožno telo, **TA** – *tunica albuginea*, **MI** – mokraćni izvodnik, **KM** – kavernožno telo mokraćnog izvodnika, **DA** – dorzalna arterija, **DV** – dorzalna vena

Razvijenost kavernoznog tela varira kod različitih vrsta životinja i formira dve vrste penisa: fibroelastični tip i mišićnokavernožni tip. Fibroelastični tip se nalazi kod preživara i nerasta. Kod ovog tipa penisa šupljikava tela su građena od malih krvnih prostora (kaverni) između kojih se nalazi dobro razvijeno čvrsto fibroelastično tkivo. Kavernožna tela obavija i debela *tunica albuginea*. Kod ovih životinja, telo penisa pravi zavoj u obliku slova “S” koji se naziva *flexura sigmoidea penis*. Za ovaj tip penisa, dovoljna je mala količina krvi da bi došlo do erekcije, a produženje penisa se postiže ispravljanjem pomenutog zavoja. Mišićnokavernožni tip penisa se nalazi kod pastuva. Kod ovog tipa penisa kavernožna tela se isunjavaju većom količinom krvi. *Tunica albuginea* i pregrade između šupljina su nežniji i imaju veću količinu mišićnog tkiva, u odnosu na fibroelastični tip. Za erekciju ovog tipa penisa neophodna je veća količina krvi, na ovaj način se povećava debljina penisa, ali i njegova dužina.

Završetak penisa (*apex penis*) se naziva glavić, odnosno *glans penis*. Oblik ovog dela penisa zavisi od vrste domaće životinje i uslovljen je građom ženskih polnih organa. Kod pastuva *glans penis* je u obliku pečurke sa najširim delom koji je u obliku krune (*corona glandis*). Na završetku penisa kod bika se nalazi relativno mali

glans penis, asimetričan i blago spiralan. Iz glavića izlazi kratak nastavak *processus urethralis* koji predstavlja završetak mokraćnog izvodnika. Kod ovna i jarca, *glans penis* je zadebljao, takođe asimetričan, ali sa jako izduženim mokraćnim izvodnikom koji napušta penis (*processus urethralis*). Ovaj nastavak sadrži i erekтивно tkivo, kod ovna je dužine 4 cm, a kod jarca 2,5 cm. Penis nerasta se završava na specifičan način, spiralno uvijen oko svoje ose. U obliku je burgije, sa malim glavićem na vrhu.

Mišići penisa su *m. ischiocavernosus*, *m. bulbospongiosus* i *m. retractor penis*. *M. ischiocavernosus* je snažan mišić, koji počinje na luk sedne kosti, okružuje krake penisa i završava se na prelasku korena u telo penisa. *M. bulbospongiosus* je nastavak mišića koji obavija mokraćni izvodnik u karličnoj duplji (*m. urethralis*). Obavija deo mokraćnog izvodnika koji prolazi kroz penis (*pars penina*). Dužina pružanja ovog mišića zavisi od tipa penisa. Kod fibroelastičnog tipa završava nakon 1/3 tela penisa, dok kod mišićnokavernoznog tipa dolazi do vrha penisa. *M. retractor penis* započinje na repnim pršljenovima. Kod životinja koje imaju zavoj u obliku slova “S” (bik i nerast) ovaj mišić se završava vezom za kaudalni luk tog zavoja. Relaksacijom ovog mišića dolazi do ispravljanja “S” zavoja i produženja polnog uda. Kod pastuva ovaj mišić se pruža zajedno sa *m. bulbospongiosus* do vrha penisa.

Puzdra, prepucijum (*preputium*)

Prepucijum je kožna tvorevina koja prekriva penis u stanju mirovanja. Sastoji se od dva dela: spoljašnji (*lamina externa*) i unutrašnji (*lamina interna*). Ova dva dela prelaze jedan u drugi na otvoru prepucijuma (*ostium preputiale*). Spoljašnji deo je tipična koža. Unutrašnji sloj je građen od sluzokože koja na otvoru nastaje od kože. Epitel sluzokože je pločastoslojevit. U krznu ovog epitela nalaze se modifikovane lojne žlezde. Sluzokoža unutrašnjeg dela prepucijuma prelazi na penis i označava se kao visceralni deo lista prepucijuma. U prepucijumu pastuva nakupljaju se otpale epitelne ćelije, mešaju se sa produktom lojnih žlezda i fomira se masa neprijatnog mirisa (smegma). Kod nerasta u dorzalnom delu prepucijuma se nalazi proširenje koje se naziva *diverticulum preputiale*. U ovoj šupljini se mogu nakupljati otpali delovi epitela i mokraća od kojih nastaje neprijatan i karakterističan miris.

MUŠKI POLNI ORGANI ŽIVINE

U muške polne organe živine ubrajaju se semenici (*testes*), pasemenici (*epididymides*), semovodi (*ductus deferentia*) i kopulacioni aparat (*apparatus copulationis*).

Semenici se nalaze se u blizini kranijalnih reznjeva bubrega i vise na duplikaturi seroze (*mesorchium*). Jajastog su oblika, belo-sive boje, oblaže ih *tunica albuginea*. Na medijalnom rubu (*margo epididymalis*) nalazi se slabo razvijen pasemenik. Na pasemenik se nastavlja semevod. Semevodi su dugi i prave uvrte (*ansea ductus deferentis*). Prolaze sa ventralne strane bubrega i svaki se semevod otvorom (*papilla ductus*

deferentis) završava u delu kloake koji se naziva *urodeum*. Akcesorne polne žlezde nisu razvijene. Kopulacioni aparat živine se razlikuje u odnosu na sisare. Kod petlova kopulacioni organ je *phallus nonprotrudens* i sastoji se iz dva dela: belo telo (*corpus phallicum medianum*) i nabori (*corpus phallicum laterale sinister et dexter*). U toku erekcije ovi delovi se uvećavaju, spajaju u središnjem delu i obrazuju žleb (*sulcus ejaculatorius*). *Sulcus ejaculatorius* je deo kloake koji se naziva *proctodeum*, a u neposrednoj blizini nabora koji predstavlja granicu između urodeuma i proktodeuma (*plica uroproctodealis*).

ŽENSKI POLNI ORGANI (*ORGANA GENITALIA FEMININA*)

Ženki polni organi se mogu podeliti na organe za stvaranje jajne ćelije, organe za transport i prihvatanje jajne ćelije i kopulacione organe. U ženke polne organe ubrajaju se:

- jajnik (*ovarium*),
- jajovod (*tuba uterina*),
- materica (*uterus*),
- usmina (*vagina*) i
- stidnica (*vulva*).

Ukratko, u jajnicima se stvaraju jajne ćelije. Jajna ćelija napušta jajnik i odlazi u jajovod gde se treba izvršiti njena oplodnja. Oplodena jajna ćelija se putem jajovoda transportuje do materice, gde se pričvršćuje za zid materice. Sledeći deo, usmina zajedno sa stidnicom služi kao kopulacioni organ i formira porođajni kanal. Pored toga, usmina i stidnica služe i za odstranjivanje mokraćne. Jajnici, jajovodi i materica predstavljaju unutrašnje – generacione polne organe, a usmina i stidnica su spoljašnji – kopulacioni polni organi (Slika 14.6).

Jajnik (*ovarium*)

Jajnici su parni organi, koji se nalaze kaudalno od bubrega, unutar trbušne duplje. Kod preživara se nalaze bliže ventralnom trbušnom zidu, kod svinja u središnjem delu, dok su kod kobilja bliži dorzalnom zidu trbušne duplje. Kod preživara i svinja jajnici su elipsoidnog oblika, a površina neravna. Kod kobilja jajnici su bubrežastog oblika i njihova površina je glatka.

Jajnici u trbušnoj duplji vise na duplikaturi peritoneuma – *mesovarium*, koja predstavlja samo jedan deo širokog materičnog ligamenta (*ligamentum latum uteri*). Makroskopski na jajniku se razlikuju dva kraja: kranijalni – *extremitas tubaria* i kaudalni – *extremitas uterina*, kao i dve površine: bočna – *facies lateralis* i središnja – *facies medialis*. Dve pomenute površine formiraju i dva ruba: dorzalni – *margo mesovaricus* i ventralni – *margo liber*. Svi krvni i limfni sudovi, kao i nervi, u jajnik ulaze i izlaze na dorzalnom rubu – *hilus ovarii*.

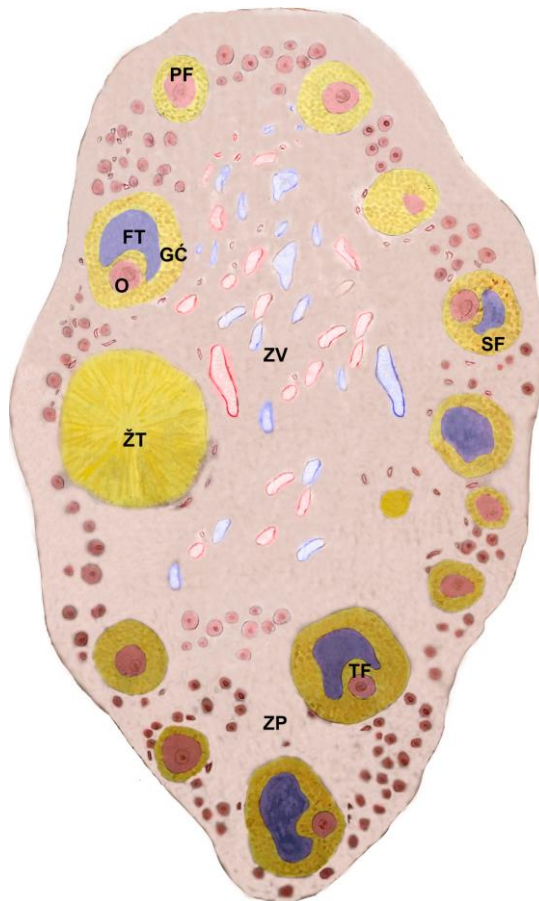


Slika 14.6. Polni organi krave (sa presekom levog roga materice i usmine sa dorzalne strane)

J – jajnik, **Ja** – jajovod, **M** – materica, **RM** – rog materice, **GM** – grlić materice, **PV** – *portio vaginalis*, **U** – usmina, **Ms** – *mesosalpinx*

Na preseku jajnika odrasle jedinke razlikuju se dva sloja:

- sloj koji sadrži krvne i limfne sudove, nerve i malu količinu rastresitog vezivnog tkiva – *zona vasculosa*,
- sloj u kome se nalaze folikuli u različitim stadijumima razvića i vezivno tkivo između njih – *zona parenchymatosa*.



Slika 14.7. Građa jajnika

ZP – *zona parenchymatosa*, **ZV** – *zona vasculosa*, **PF** – primarni folikul, **SF** – sekundarni folikul, **TF** – tercijarni folikul, **ŽT** – žuto telo, **O** – ovocita, **GC** – granuloza ćelije, **FT** – folikularna tečnost

Kod ženki svih domaćih sisara, osim kod kobile, *zona parenchymatosa* se nalazi spolja i naziva se kora – *cortex*, a *zona vasculosa* je u središnjem delu i naziva se srž – *medulla* (Slika 14.7). Kora jajnika je obavijena vezivnotkivnom kapsulom – *tunica albuginea* koju prekriva jednoređan epitel. Ovaj epitel može biti pločast ili prizmatičan i naziva se klicin epitel. Samo ime sugeriše da se od ovog epitela stvaraju jajne ćelije, mada je pokazano da on nema ulogu u formiranju matičnih klicinih ćelija koje se nazivaju

ovogonije. Kod kobile, za razliku od ostalih domaćih životinja, *zona parenchymatosa* se nalazi u unutrašnjem delu, a obavija je *zona vasculosa*.

Zona parenchymatosa sadrži rastresito vezivno tkivo koje se naziva stoma i koje okružuje, kod polno zrelih jedinki, folikule u različitim stadijumima razvića i žuta tela. Najdominantnije strukture u ovoj zoni su jajni folikuli. U svakom jajnom folikulu nalazi se oocita koja nastaje u procesu ovogeneze. Ovogeneza je proces dobijanja jajnih ćelija, a počinje u ranom periodu embriogeneze. U periodu rane embriogeneze aktiviraju se primordijalne klicine ćelije koje dospevaju do stuktura od kojih će se razviti jajnici. Mitozom ovih ćelija nastaje veliki broj ćelija koje se nazivaju ovogonije. Svaka ženska jedinka se rađa sa konačnim brojem ovogonija. Ovogonije su diploidne ćelije koje se u stromi jajnika okružuju sa vezivnim ćelijama i formiraju primarne ovocite. Primarne ovocite se aktiviraju i ulaze u redukcionu deobu – mejozu. Međutim, prva mejotička deoba se zaustavlja pri kraju profaze. Mejoza se zaustavlja sve do polne zrelosti jedinke, odnosno do momenta početka ciklične aktivnosti jajnika. U svakom ciklusu polno zrelih jedinki aktivira se određen broj primarnih ovocita koje nastavljaju mejozu i završavaju prvu mejotičku deobu neposredno pre same ovulacije, odnosno napuštanja jajnika. Rezultat završene prve mejotičke deobe je jedna sekundarna ovocita i jedno polarno telašće. Sekundarna ovocita ulazi u drugu mejotičku deobu i zaustavlja se u metafazi, a nastavak mejoze će se desiti samo ako dođe do oplodnje. Kada dođe do spajanja spermatozoida sa sekundarnom ovocitom nastaviće se druga mejotička deoba i nastaće jajna ćelija i jedno polarno telašće. Jajna ćelija ima haploidan broj hromozoma i sa hromozomima spermatozoida obrazuje diploidnu ćeliju koja se naziva zigot.

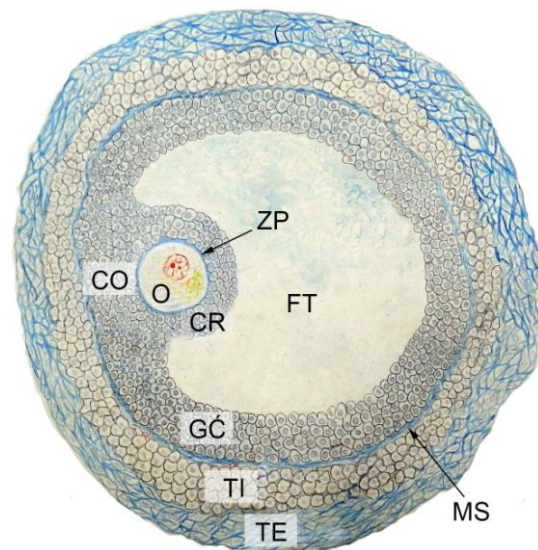
Jajni folikuli, odnosno strukture u zoni parenhimatozi koje sadrže primarne ovocite, na osnovu veličine ovocite i stepena razvoja samih folikula, se mogu podeliti na sledeće vrste:

- primordijalni folikul
- primarni folikul,
- sekundarni folikul,
- tercijarni folikul i
- de Grafov folikul.

Primordijalni (mirujuć) folikuli se formiraju tokom intrauterinog perioda razvića i sastoje se

od jedne primarne ovocite okružene jednim slojem folikularnih ćelija koje se nazivaju granulosa ćelije. Ženske jedinke se rađaju sa određenim brojem primordijalnih folikula i taj broj je od nekoliko hiljada do nekoliko desetina hiljada. Aktivacijom primordijalnih folikula nastaju primarni folikuli. Ovaj proces je vezan za postizanje polne zrelosti. U toku nastanka primarnih folikula između primarne ovocite i folikularnih ćelija koje je okružuju formira se specifičan omotač koji se naziva *zona pellucida*. Oko granulosa ćelija specifično se raspoređuju ćelije strome i formiraju zonu koja se naziva *theca folliculi*. Između granulosa ćelija i ćelija teke folikula formira se bazalna membrana. Nakon toga, dolazi do deobe granulosa ćelija koje sada u nekoliko slojeva obavijaju primarnu oocitu. Granulosa ćelije počinju sa sekrecijom viskozne tečnosti (folikularna tečnost – *liquor folliculi*) koja se nakuplja u prostorima između njih i stvara šupljinu koja se naziva *antrum*. Folikul je tada u stadijumu sekundarnog folikula. Od sekundarnog folikula, daljim razvojem primarne ovocite i ćelija koje je okružuju nastaje tercijarni folikul. Kod tercijarnog folikula se jasno uočava prostrana šupljina (*antrum*) u kojoj se nalazi ovocita sa grupom folikularnih ćelija koje je okružuju i ta struktura se naziva *cumulus oophorus*. Folikularne ćelije koje su u neposrednom kontaktu sa primarnom oocitom se nazivaju *corona radiata*. Ostale folikularne (granulosa) ćelije koje grade zid šupljine formiraju slojevit epitel koji se naziva *stratum granulosum*. Ćelije teke koje okružuju tercijarni folikul su jasno diferencirane na dve zone: *theca interna* – fibroblasti vretenastog oblika i epiteloidne ćelije koje luče hormone od kojih granulosa ćelije stvaraju estrogen i *theca externa* – fibroelastični sloj. Između *stratum granulosum* i ćelija *theca interna* nalazi se membrana Slavjanski. Zadnji stadijum u razvoju folikula je preovulatorni ili de Grafov folikul (Slika 14.8). To je folikul najvećeg dijametra, sa oocitom koja je završila prvu mejotičku deobu. Ovaj folikul je spreman za ovulaciju, odnosno pucanje zida folikula i oslobađanje ovocite okružene ćelijama u njenom neposrednom okruženju. Ovaj folikul je, kod svih životinja osim kod kobile, smešten u površinskom delu kore jajnika i štrči van površine. Kod kobile se ovaj folikul nalazi u neposrednoj blizini mesta gde će se ovulacija izvršiti, udubini koja se naziva *fossa ovarii*. Neposredno pre ovulacije, ali i u ranijim fazama razvića, može doći do propadanja folikula. Ovaj

proces se naziva atrezija i predstavlja degeneraciju i regresiju folikula.



Slika 14.8. Građa de Grafovog folikula

O – ovocita, **ZP** – zona pellucida, **CR** – corona radiata, **CO** – cumulus oophorus, **GĆ** – granulosa ćelije, **TI** – theca interna, **TE** – theca externa, **MS** – membrana Slavjanski, **FT** – folikularna tečnost

Do ovulacije dolazi nakon naglog skoka koncentracije LH u krvi i njegovog uticaja na ćelije zida folikula. Nakon ovulacije, zid folikula počinje da se menja. Pod uticajem LH od granulosa ćelija koje su lučile estrogen u toku rasta folikula, sada postaju granulosa luteinske ćelije i počinju da luče progesteron. Na ovaj način se na mestu ovulacije stvara žuto telo (*corpus luteum*). Ukoliko ne dođe do oplodnje, nakon nekog vremena dolazi do regresije žutog tela i na tom mestu se stvara ožiljak koji se naziva *corpus albicans*. U slučaju graviditeta, žuto telo prelazi u *corpus luteum graviditatis* i nastavlja svoju endokrinu ulogu. Kontrola regresije žutog tela kod ne gravidnih jedinki je pod uticajem prostaglandina. Kod jedinki koje nisu gravidne stvara se prostaglandin F2 alfa koji vrši regresiju žutog tela.

Nakon ovulacije, sekundarna ovocita odlazi u jajovod (*tuba uterina*).

Jajovod (*tuba uterina, salpinx, oviductus*)

Jajovodi su parni organi koji povezuju jajnike sa matericom. To su dugi, izuvijani kanali, smešteni u trbušnoj duplji koji vise na duplikaturi seroze koja se naziva *mesosalpinx*, deo širokog matičnog ligamenta (*ligamentum latum uteri*). Uloga jajovoda je da primi i prenese jajnu ćeliju od jajnika do materice, transportuje spermatozoide do mesta oplodnje jajne ćelije i da obezbedi neophodne uslove za oplodnju. Početni, kranijalni deo jajovoda je okrenut prema jajniku. Počinje levkastim proširenjem koje se naziva *infundibulum tubae uterinae*. Na površini ovog levkastog proširenja nalaze se brojne resice – *fimbriae tubae*. Neke od ovih resica se vežu za površinu jajnika (*fimbriae ovaricae*), a druge ne (*fimbriae libere*). Na dnu levka se nalazi mali otvor (*ostium abdominale tubae uterinae*) koji vodi u kanal jajovoda. Početni deo kanala jajovoda je proširen i naziva se *ampulla tubae uterinae*. U ovom proširenom delu se najčešće vrši oplodnja jajne ćelije. Ovocite u ampuli ostaju nekoliko dana, a zatim kroz suženi deo kanala (*isthmus tubae uterinae*) dospevaju do materice. Jajovod sa matericom komunicira preko otvora koji se naziva *ostium uterinum tubae*.

Zid jajovoda je građen od tri omotača:

- sluzokoža – *tunica mucosa*,
- mišićni omotač – *tunica muscularis*,
- serozni omotač – *tunica serosa*.

Sluzokoža u jajovodu formira brojne nabore (*plicae tubariae*) koji se mogu podeliti na primarne, sekundarne i tercijarne. Epitel (*lamina epithelialis*) je pseudoslojevit, a sastoji se od prizmatičnih, trepljastih i žlezdanih ćelija. Trepljaste ćelije imaju ulogu u pokretanju sluzi i ovocita kroz kanal jajovoda. Žlezdane ćelije luče hranljive i druge materije. Krzno (*lamina propria mucosae*) je građeno od rastresitog vezivnog tkiva u kome se ne nalaze žlezde. Mišićni omotač je građen od glatkomišićnog tkiva koje je raspoređeno u dva sloja: unutrašnjeg kružnog i spoljašnjeg uzdužnog. Debljina mišićnog zida varira, najmanja je u početnom delu, a najveća na prelazu u matericu. Serozni omotač je dobro vaskularizovan, građen od rastresitog vezivnog tkiva i mezotela na površini.

Materica (*uterus*)

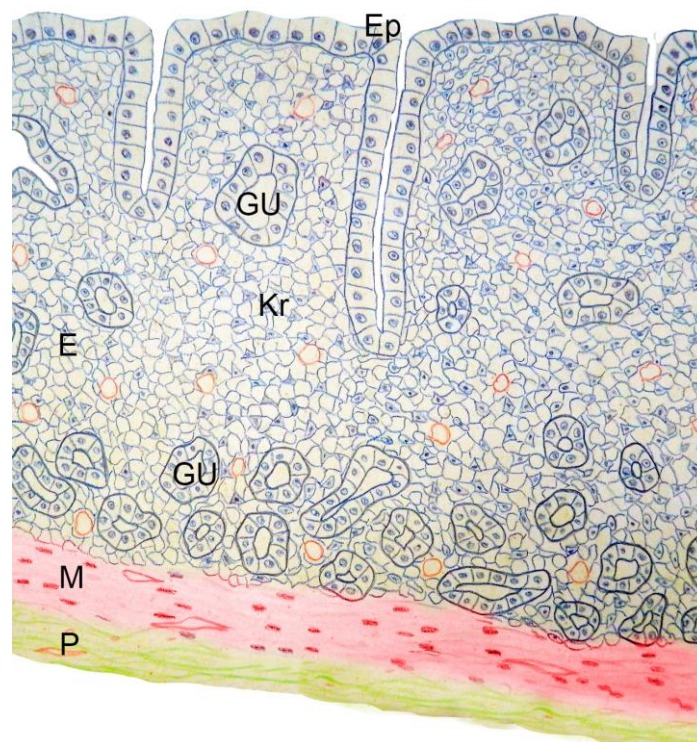
Materica je neparan organ koji leži u karličnoj duplji i kaudalnom delu trbušne duplje. Međutim, na položaj materice utiče da li je životinja gravidna ili ne. Materica domaćih sisara spada u grupu dvorogih materica (*uterus bicornis*). Na materici se razlikuju:

- dva roga (*cornua uteri*),
- telo materice (*corpus uteri*) i
- vrat materice (*cervix uteri*).

Sam izgled materice je različit kod različitih vrsta životinja. Rogovi materice su duži od tela materice i na specifičan način uvijeni. Rogovi materice krmača su dugi i formiraju uvrata koji liče na uvrata tankih creva, a kod preživara rogovi su polukružno savijeni. Kod kobilica rogovi materice su skoro ravni i malo ventralno povijeni. Šupljina rogova materice prelazi u šupljinu tela materice (*cavum uteri*). Kod krava i krmača, tokom graviditeta, plod se nalazi u šupljini rogova, dok kod kobilica u šupljini tela materice. Telo materice je neparni deo koji nastaje spajanjem rogova. Kaudalno, na telo materice se nastavlja vrat (*cervix uteri*), koji se još naziva i grlić materice. Kanal šupljine vrata (*canalis cervicis*) sa šupljinom materice komunicira otvorom koji se naziva *ostium uteri internum*, a sa šupljinom usmine otvorom koji se naziva *ostium uteri externum*. Sluzokoža u vratu materice formira brojne nabore koji dobrim delom zatvaraju kanal. Kod kobilica ovi nabori su uzdužni (*plicae longitudinales*), kod krava kružno raspoređeni (*plicae circulares*), a kod krmača ovi nabori formiraju nizove (*pulvini cervicales*). Kaudalni deo vrata materice, odnosno prelaz u usminu, se naziva *portio vaginalis*. Kod kobilica i krava *portio vaginalis* prominira u usminu i okružuje ga prstenasto udubljenje. Kod krmača prelaz između usmine i grlića materice je levkastog oblika.

Zid materice je građen iz tri omotača:

- sluzokoža, endometrijum (*tunica mucosa, endometrium*),
- mišićni omotač, miometrijum (*tunica muscularis, myometrium*),
- seroza, perimetrijum (*tunica serosa, perimetrium*).



Slika 14.9. Građa materice

E – endometrijum, **Ep** – epitel, **Kr** – krzno, **GU** – *gl. uterinae*, **M** – miometrijum, **P** – perimetrijum

Endometrijum je građen od epitela i krzna. Epitel je jednoredan prizmatičan kod kobilica, a kod preživara i krmača varira od jednorednog prizmatičnog do pseudoslojevitog prizmatičnog epitela. Krzno je građeno od vezivnog tkiva koje je raspoređeno u dva sloja: sloj bliži epitelu koji se naziva *stratum cellularis* i dublji sloj – *stratum reticularis*. Nazivi ovih slojeva potiču od njihove građe – u *stratum cellularis* su brojnije vezivne ćelije, dok u *stratum reticularis* dominiraju vezivna vlakna koja formiraju mrežu. U krznu endometrijuma se nalaze materične žlezde – *glandulae uterinae* (Slika 14.9). Specifično kod preživara, na sluzokoži postoje lokalna zadebljanja endometrijuma – karunkuli (*carunculae*). Karunkuli su delovi endometrijuma u kojima se ne nalaze žlezde, pečurkastog su oblika i raspoređeni u četiri reda. Uloga karunkula je u prihvatanju placente u toku graviditeta.

Miometrijum je građen od dva sloja glatkomišićnih ćelija. Unutrašnji, deblji sloj građe kružno orijentisane ćelije (*stratum circulare*), a u spoljašnjem, tanjem, uzdužno orijentisane (*stratum longitudinale*). Između ova dva sloja je i sloj u kome se nalaze krvni sudovi koji vrše vaskularizaciju endometrijuma.

Perimetrijum se sastoji od rastresitog vezivnog tkiva bogatog krvnim sudovima i mezotelom koji ga pokriva.

Ciklične promene u endometrijumu

U toku estrusnog ciklusa, pod uticajem polnih hormona, dolazi do cikličnih promena u endometrijumu. Ćelije endometrijuma imaju receptore za polne hormone i na osnovu njihove koncentracije na različite načine reaguju. Endometrijum domaćih sisara prolazi kroz dve faze i to proliferativnu (estrogenu) fazu i sekrecionu (progesteronsku) fazu. Proliferativnu fazu karakterišu brojne deobe epitelnih ćelija (kako samog epitela tako i u epitelima žlezda) i ćelija vezivnog tkiva. Proliferacija ovih ćelija je pod uticajem estrogena i vezana je za rast sekundarnog folikula. Ćelije epitela endometrijuma u ovoj fazi akumulacijom glikogena i drugih supstanci postaju visokoprizmatične. Sa druge strane, rastu i žlezde koje postaju izuvijane. Na ovaj način dolazi do zadebljanja endometrijuma u celini.

U sekretornoj fazi se nastavlja povećanje debljine endometrijuma, ali ne kao posledica proliferacije već posledica sekrecije. Žlezdane ćelije luče

mukoidnu tečnost bogatu hranljivim materijama – materično mleko. Ova faza je vezana za postojanje žutog tela i nivo koncentracije progesterona. U slučaju da se ne uspostavi graviditet, dolazi do regresije žutog tela, pada koncentracija progesterona u krvi, što je praćeno i involucijom endometrijuma. Žlezde se skraćuju i prestaju sa lučenjem, a visina epitelnih ćelija endometrijuma opada.

Usmina (vagina)

Usmina je ženski kopulacioni organ koji se kaudalno nastavlja na matericu, tačnije vrat materice. Usmina je cevastog oblika, tankog zida, smeštena između pravog creva koje se nalazi dorzalno i mokraćne bešike koja se nalazi ventralno. Na usmini se razlikuju dva dela: predvorje usmine (*vestibulum vaginae*) i prava usmina (*vagina propria*). Predvorje od ostalog dela usmine odvaja nabor sluzokože koji se naziva *hymen*, različito razvijen kod pojedinih vrsta životinja. Na granici između prave usmine i predvorja je spoljašnji otvor mokraćnog izvodnika koji se uliva sa ventralne strane. Zid usmine je građen od tri omotača: sluzokože, mišićnog omotača i seroze, odnosno adventicije. U pravom delu usmine sluzokoža pravi uzdužne i kružne nabore, dok je broj nabora u predvorju manji. Epitel sluzokože u pravom delu usmine je pločastoslojevit, ali u nekim delovima može biti jednoslojan prizmatičan sa mukoznim i peharastim ćelijama. U predvorju usmine epitel je pločastoslojevit sa orožavanjem. Krzno je građeno od rastresitog vezivnog tkiva u kome se nalaze limfni čvorovi čiji se broj ka kaudalnom delu usmine povećava. U sluzokoži predvorja usmine se nalaze žlezde (*glandulae vestibulares*) čija je uloga vlaženje sluzokože i olakšavanje koitusa i porođaja. Mišićni omotač je građen od dva sloja glatkomišićnih ćelija. U kranijalnom delu usminu obavija seroza, a u kaudalnom adventicija.

Stidnica (vulva)

Stidnica je kaudalni deo ženskih polnih organa i jedini deo koji se vidi spolja. Nalazi se ventralno od čmara, a prostor između čmara i stidnice naziva se međica – *perineum*. Stidnica se sastoji od dve stidne usne (*labium vulvae*) koje se sastaju u dorzalnom i ventralnom spoju (*commissura labiorum dorsalis* i *commissura labiorum ventralis*). Usne formiraju otvor koji se

naziva *rima vulvae*. U ventralnom uglu stidnih usana nalazi se dražica – *clitoris*. Ovaj organ je sličan muškom kopulacionom organu, ima dva kraka (*crura clitoridis*), telo (*corpus clitoridis*) i glavić (*glans clitoridis*). Dužine je nekoliko centimetara, a leži u udubini koja se naziva *fossa clitoridis*. Usne stidnice se sastoje sluzokože, mišićnog omotača i kože. Epitel sluzokože je pločastoslojevit i prelazi u pločastoslojevit epitel kože.

ŽENSKI POLNI ORGANI ŽIVINE

Ženski polni organi živine su levi jajnik (*ovarium sinister*) i levi jajovod (*oviductus sinister*). Desni jajnik i desni jajovod su zakržljali ili potpuno nedostaju. Jajnik se nalazi u neposrednoj blizini kranijalnog režnja bubrega, sa dorzalnim zidom je u vezi pomoću duplikature seroze (*mesovarium*). Sa dorzalne strane se nalazi *hilus ovarii*, predeo u kome ulaze krvni i limfni sudovi i nervi. Povećanje jajnika u polnoj zrelosti predstavlja povećanje belo-žučkastih folikula (*folliculus ovaricus*). Jajovod predstavlja cev koja povezuje jajnik i kloaku. Sastoji se iz pet delova: početno proširenje (*infundibulum*), deo gde se formira albumin – *magnum*, suženje u kome se stvaraju membrane ljuške (*isthmus*), deo u kome se stvara ljuška – materica (*uterus*) i *vagina*. Jajovod završava otvorom u kloaki (*ostium cloacale*).

15. OSNOVI EMBRIOLOGIJE

Embriologija je nauka koja izučava period razvića životinja od začetka novog organizma do rođenja. Ovaj period se naziva embriogeneza i predstavlja deo ontogeneze, koja obuhvata čitav život životinja, od oplodjenja do smrti.

U toku embriogeneze odvija se niz složenih biohemijskih, morfoloških i funkcionalnih procesa, po određenom i tačno determinisanom redosledu. Radi lakšeg izučavanja embrionalni period razvića podeljen je u sledeće faze: **preembrionalni, embrionalni i fetalni** period razvića.

Preembrionalni period je najraniji period embriogeneze koji počinje po oplodjenju jajne ćelije i u toku ovog perioda odvijaju se sledeći procesi: brazdanje – blastomerizacija, blastulacija; stvaranje klicinih listića – gastrulacija, celomacija, neurulacija i uobličavanje tela embriona. U toku ovog perioda razvića snabdevanje svih delova zametka hranljivim materijama omogućeno je putem difuzije i osmoze. Ovi procesi su različiti kod različitih vrsta životinja, a završavaju se kod svih obrazovanjem kardiovaskularnog sistema. Period razvića zametka kod ljudi traje 21 dan, kod krava i ovaca 11 dana, kod ptica 2 dana.

Embrionalni period razvića karakteriše početak diferencijacije ćelija, razviće organa – organogeneza i brzi rast embriona. Ovaj period razvića je omogućen uspostavljanjem cirkulacije krvi i otpočinjanjem snabdevanja hranljivim materijama preko krvotoka. U ovom periodu razvijaju se organi sa specifičnom građom i funkcijom i uspostavlja se međusobna povezanost pojedinih organa, sistema organa u organizmu kao jedinstvena celina. Ovaj period razvića, kao i preembrionalni period, je veoma osetljiv na delovanje različitih fizičkih i hemijskih faktora spoljašnje i unutrašnje sredine.

Fetalni period razvića se karakteriše bržim rastom organa, a samim tim dužina tela se uvećava, tako da većina delova tela dobija definitivni oblik i položaj. U ovom periodu dolazi do pojavljivanja dlaka kod sisara, kod ptica do pojave perja, a razvijaju se i rožne tvorevine u distalnim delovima ekstremiteta.

Veoma je teško odrediti granicu između embrionalnog i fetalnog perioda razvića, ali

smatra se da fetalni period počinje kada organi određenog zametka dostignu stepen razvića u kome se na osnovu izgleda može odrediti kojoj vrsti pripadaju. Ovaj period počinje: kod ovaca 34. dana, krava 45. dana, a kod žena početkom trećeg meseca graviditeta.

Neposredno po rođenju životinja nastavlja se postnatalni ili neonatalni period, zatim nastupa period mladunca (juvenilni), sledi doba polnog sazrevanja (pubertetni), doba polne zrelosti (adultni) i na kraju period starosti (gerontološki).

GAMETOGENEZA

Organizam životinja izgrađuju brojne ćelije koje definišemo kao somatske ćelije (soma – telo), ali se u organizmu životinja nalaze i polne ćelije ili gamete. Kod životinja je jasno izražena polna razlika (polni dimorfizam) i postoje muške i ženske polne ćelije ili gamete. Muška polna ćelija ili spermatozoid i zrela jajna ćelija se formiraju procesom gametogeneze u polnim žlezdama muških jedinki (semenik – *testis*) i ženskim polnim žlezdama (jajnik – *ovarium*), kako je opisano u poglavlju 14 ove knjige.

Spermatozoidi

Proces stvaranja muških polnih ćelija naziva se spermatogeneza, a odvija se u semenim kanalčićima. Polne praćelije (ćelije klicinog epitela), prolaze kroz niz mitotskih deoba tokom razvića muških polnih žlezdi – semenika i nastaju matične polne ćelije – spermatogonije koje su neaktivne. U pubertetu se neaktivne matične spermatogonije aktiviraju i prolaze kroz niz mitotskih deoba i stvaraju klonove ćelija nazvane spermatogonije tipa A. Neke od ovih spermatogonija tipa A nastavljaju i dalje da se dele i nastanu spermatogonije tipa B, od kojih se mitotskom deobom, razvijaju primarne spermatocite, koje imaju diploidan ili $2n$ broj hromozoma (Slika 15.1). Primarna spermatocita ulazi u prvu mejočku deobu i u toku profaze homologni hromozomi se postavljaju jedan uz drugog praveći tetradu (duple parove hromozoma). U toku anafaze I tetradu se podele u dve dijade koje se u paru pomiču prema suprotnim polovima i za razliku od anafaze u

mitozi, u anafazi I se ne dešava razdvajanje centromera. Kao rezultat deobe primarne spermatocite u toku prve mejotičke deobe nastaje haploidna sekundarna spermatocita (nasumična raspodela roditeljskih homologih hromozoma), ali svaki hromozom predstavlja dijadu. Novonastala sekundarna spermatocita odmah kreće u drugu mejotsku deobu (nema interfaze), od njih se razvijaju haploidne spermatide, jer se dijade u toku anafaze II razdvajaju u pojedinačne hromatide pomoću kinetohornih mikrotubula, povlačeći ih prema suprotnim polovima ćelije u deobi. Nastale spermatide ulaze u završnu fazu spermatogeneze koja nosi naziv spermiogeneza i predstavlja proces preobražaja spermatida u spermatozoide (Slika 15.1).

Zavisno od vrste, za nastanak spermatozoida od spermatogonije tipa A potrebno je 40–60 dana. Novonastali spermatozoidi iz semenih kanalića pasivno putuju kroz semene kanaliće semenika (*rete testis, ductuli efferentes*), do pasemenika u kome potpuno sazrevaju i tek tada postaju sposobni za oplodnju. Do momenta ejakulacije se zadržavaju u repu epididimisa.

Jajna ćelija

Proces nastanka ženske polne ćelije naziva se ovogeneza, a predstavlja proces kroz koji prolazi ženski polni gamet od primarne klicine ćelije – ovogonije do zrele jajne ćelije.

Ovogonije nastaju od polnih praćelija u fetalnom jajniku, višestrukim mitotskim deobama, a ovaj period se razlikuje kod različitih vrsta životinja. Mitotska faza ovogeneze se zaustavlja neposredno nakon rođenja i određen broj ovogonija se diferencira u mnogo veće ćelije – primarne ovocite. Primarne ovocite se zaustavljaju u profazi prve od dve mejotičke deobe. Ove diploidne ćelije (2n) sadrže kompletan broj hromozoma i sve primarne ovocite nastaju pre puberteta, odnosno pre postizanja polne zrelosti. Primarana ovocita, okružena je jednim slojem pločastih epitelnih ćelija i naziva se primordijalni folikul. Ulazi u produženu fazu mirovanja do momenta aktiviranja od strane gonadotropnih hormona koji uvode folikul u fazu proliferacije. Dalji proces mejotičke deobe i nastanka razvoja folikula opisan je u poglavlju 14 ove knjige kao i na Slici 15.1. Ovulacija koja predstavlja oslobađanje jajne ćelije iz folikula se u principu dešava pred kraj estrusa, ali tačno vreme zavisi od životinjske

vrste. Sam proces završetka ovogeneze se dešava tek nakon oplodnje (ako do nje dođe).

Jajna ćelija kod sisara je najkrupnija ćelija u organizmu jedinke, i ima dijametar preko 100 mikrometara.

Jajna ćelija ptica je žumance jajeta i spada u red najkrupnijih ćelija čiji dijametar može dostići i do 10 cm, kao što je slučaj jajne ćelije noja. Razlog ove veličine je sinteza velike količine žumančane materije (vitelus).

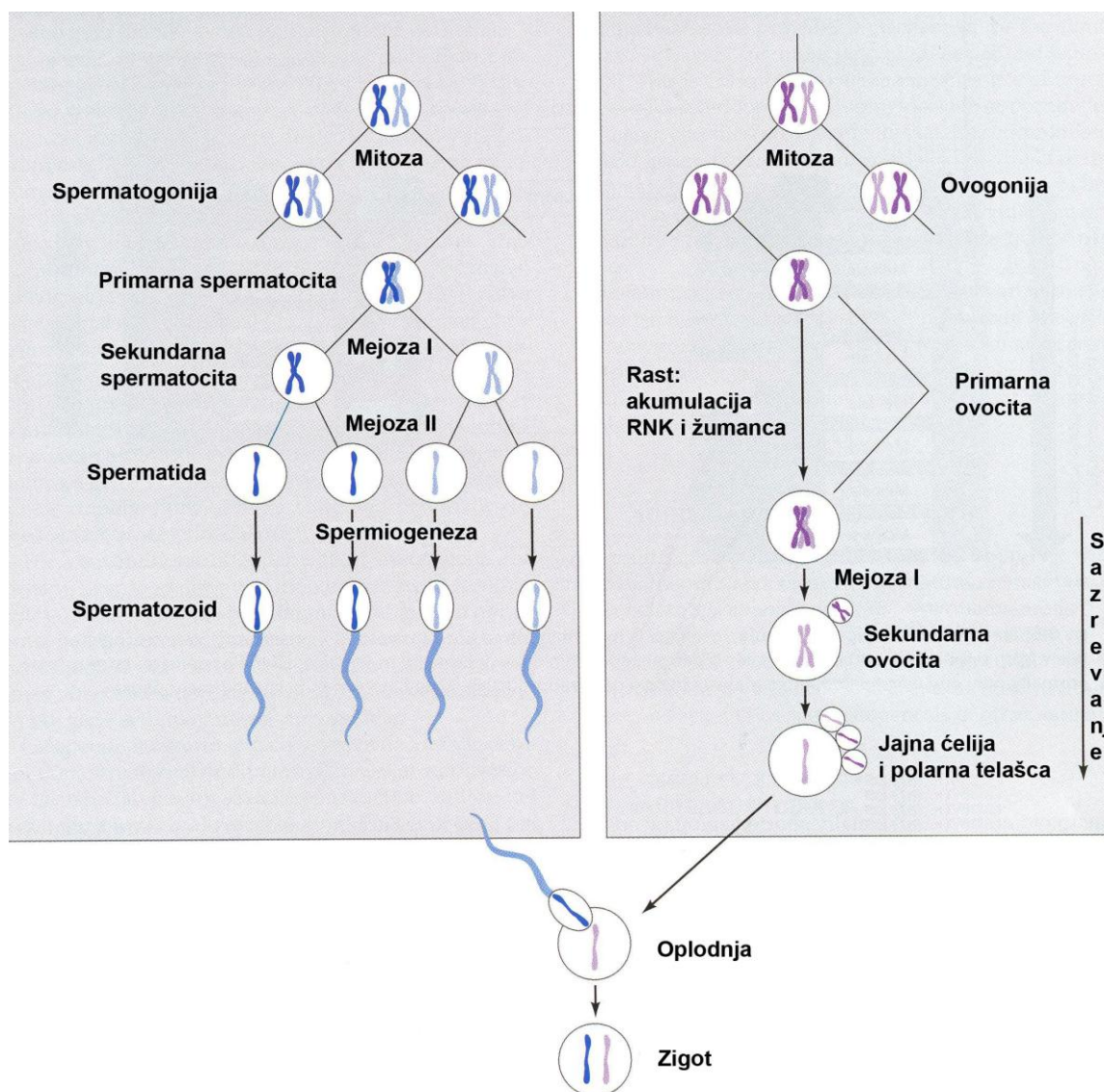
U zavisnosti od količine vitelusa, jajne ćelije se dele na megalecitne – sa puno vitelusa (ptice, gmizavci, ribe), mezolecitne – sa srednjom količinom vitelusa (vodozemci, ribe) i oligolecitne – sa malom količinom vitelusa (sisari). Sisari, sa oligolecitnim jajnim ćelijama, su viviparne životinje i ishrana ploda je obezbeđena preko majčinog krvotoka i posteljice. Ptice imaju megalecitne jajne ćelije, kod kojih je oplodjenje u ženskim polnim organima, ali se zametak posle oplodjenja izbacuje u spoljašnu sredinu u kojoj se odigrava proces embriogeneze.

POLNI CIKLUS

Polna aktivnost životinja i pojava gameta vezana je za pojavu prve gametogeneze koja se javlja pojavom puberteta. Sposobnost polno zrelih životinja za oplodjenje nije neprekidna. Ovo se odnosi pre svega na ženski pol, ali postoje i životinje kod kojih i mužjaci imaju cikličnu sposobnost za to jedanput u toku godine. Ove vrste životinja se nazivaju monoestrične (ribe, vodozemci, ptice i neki sisari – jeleni, srndaći, itd.). Kod pasa i mačaka ženke su dva puta godišnje sposobne za oplodnju i one spadaju u diestrične životinje. Kod domesticiranih sisara i ptica (živine) izražena je poliestričnost. Ove životinje u toku godine imaju veći broj perioda kada se nalaze u estrusu (polnom žaru), odnosno stanju kada je ženka sposobna da se oplodi.

OPLOĐENJE

Oplodjenje je proces u toku koga se odvija spajanje muške i ženske gamete (spermatozoida i jajne ćelije), u jednu ćeliju koja se od tog momenta zove zigot. Oplodjenje jajnih ćelija se odvija u jajovodu i to posle polnog akta, ili po veštačkom ubacivanju sperme u ženske polne organe.

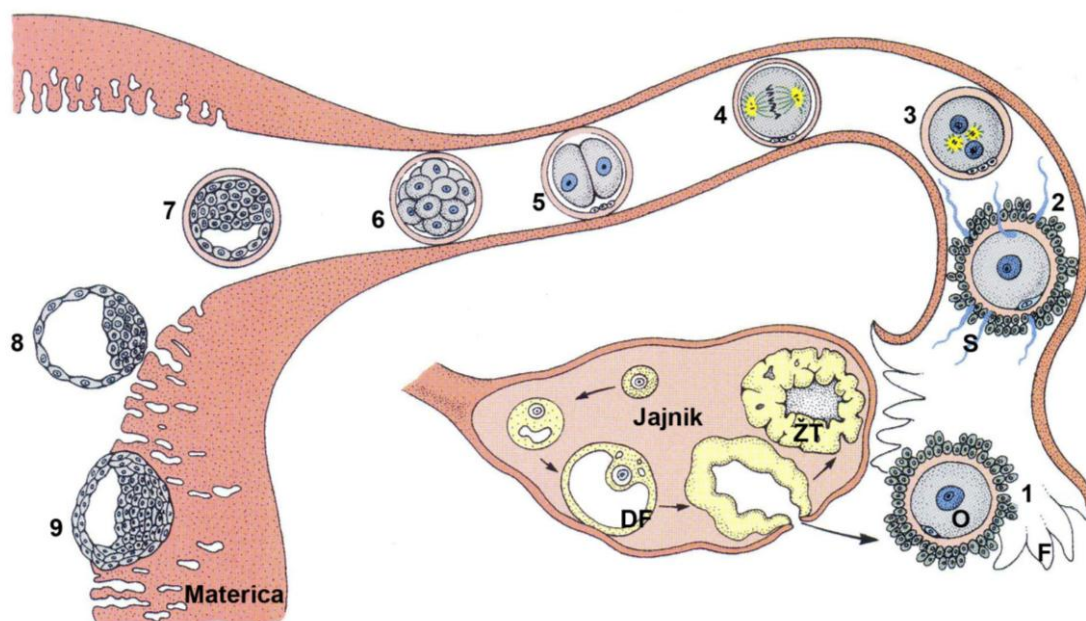


Slika 15.1. Poređenje spermatogeneze i oogeneze (na osnovu Kalthoff K: *Analysis of biological development*, International Edition, McGraw Hill, 2001, p. 53).

Kod sisara se tokom kopulacije milioni spermatozoida ubacuju u ženski polni trakt i spermatozoidi odlažu u vaginu ili matericu (zavisno od vrste životinja), a zatim putuju duž jajovoda do jajnika i lageruju u proširenju jajovoda – istmusu. Tokom ovulacije određen broj spermatozoida postaje izrazito pokretan i prelazi u ampulu jajovoda. Prvi spermatozoid koji prodre kroz membranu jajne ćelije, aktivira je i uvodi u završnu fazu mejoze. Hromozomi haploidnog pronukleusa spermatozoida spajaju se sa odgovarajućim hromozomima ženskog pronukleusa, tako da se ponovo uspostavi diploidni broj hromozoma specifičan za vrstu životinje čije su se gamete spojile (Slika 15.2).

Oplodjenje je moguće samo ako postoji sposobnost polnih gameta za prepoznavanje i

uspostavljanje kontakta, a odvija se u pet jasno definisanih faza (prolaz kroz omotač ovocita; prolaz kroz zonu pelucidu; akrozomalna reakcija; kortikalna reakcija; reakcija zone pelucide). Ovi procesi su mogući zahvaljujući postojanju specifičnih hemijskih supstanci koje luči jajna ćelija i koje obezbeđuju usmeravanje kretanja spermatozoida i kontakt sa jajnom ćelijom. Spajanje gameta koji se nalaze u neposrednom kontaktu omogućeno je adhezijom koju omogućavaju specifični proteini koji se nalaze na površini plazmine membrane muškog i ženskog polnog gameta.



Slika 15.2. Početak razvoja nove jedinke.

DF – de Grafov folikul, **ŽT** – žuto telo, **O** – ovocita, **F** – fimbrije, **S** – spermatozoid, **1.** ovocita neposredno nakon ovulacije, **2.** oplođnja, **3.** faza zigota, **4.** faza prve deobe, **5.** faza dve ćelije, **6.** faza morule sa 12–16 blastomera, **7.** faza morule sa 58 blastomera, **8.** faza ranog blastocista, **9.** faza implantacije – nidacije. (Na osnovu Sadler TW: *Langmanova medicinska embriologija*, Zagreb, Školska knjiga, 1996, str. 36. i Kalthoff K.: *Analysis of biological development*, International Edition, McGraw Hill, 2001, p. 104).

EMBRIOGENEZA

Posle oplodjenja započinje proces embriogeneze, koji se završava rađanjem mladunaca. Trajanje embriogeneze varira u zavisnosti od opštih dimenzija životinja i od stadijuma u kome se rađaju mladi (Tabela 15.1).

BRAZDANJE

Oplodena jajna ćelija (zigot), ulazi u fazu niza mitotskih deoba i taj proces nosi naziv brazdanje. Jedina razlika u odnosu na običnu mitozu jeste činjenica da ćelije ćerke brazdanjem postaju

progresivno manje pa se otuda ovaj proces naziva i segmentacija. Novonastale ćelije nose naziv blastomere i prve dve se dele na četiri, zatim osam, šesnaest, pa trideset dve. Konačno nakon niza ovakvih uzastopnih deoba nastaje grupa ćelija ovalnog oblika koja se naziva morula. Morula putuje kroz jajovod i dospeva u matericu, naleže na sluzokožu materice, povećava se broj blastomera, ali se ove ćelije povlače ka periferiji ove tvorevine, a u središnjem delu nastaje šupljina – blastocel. Novonastala tvorevina nosi naziv blastula (Slika 15.2).

Tabela 15.1. Dužina embriogeneze u danima kod različitih vrsta životinja i čoveka

golub 16–18	guska 28–33	lav 110	čovek 280
prepelica 20	miš 20	svinja 116–125	jelen 300
kokoš 21	pacov 21	koza 147	srna 300
fazan 24–26	zec 31	ovca 150	konj 310–380
ćurka 28	mačka 59–63	tigar 154	kamila 390
patka 28	pas 59–63	medved 190–200	žirafa 420
biserka 28	zamorac 62	krava 269–280	slon 600–650

GASTRULACIJA

Gastrulacija je stadijum embrionalnog razvoja tokom kojeg se jednoslojna blastula pretvara u troslojnu tvorevinu koju čine tri sloja i to spolja ektoderm, u sredini mezoderm i unutra endoderm, koji obrazuju primitivne organe i ekstraembrionalne omotače. Šupljina gastrule predstavlja primarnu žumančanu kesu ili primitivno crevo. Od ćelija embrionalnog čvorića razvijaju se embrion i ekstraembrionalni omotač, o kojima će biti reči u daljem tekstu. Ovim procesom se završava preembrionalni period embrionalnog razvića i počinje embrionalni period.

USPOSTAVLJANJE OSNOVNE TELESNE GRAĐE

Završetkom gastrulacije embrion je kruškolikog oblika, a izgrađen je od spoljašnjeg ektodermalnog, srednjeg mezodermalnog i unutrašnjeg endodermalnog sloja. Dalji proces embriogeneze se zasniva na uspostavljanju komunikacija ćelija sa mikrookolinom, odnosno kontaktom između ćelija i uspostavljanju procesa indukcije, determinacije i diferencijacije.

Indukcija je proces u toku kojeg jedna vrsta ćelija ili hemijske supstance (induktori), utiče na procese biosinteze drugih grupa ćelija sa kojima su u kontaktu.

Determinacija je proces u toku kojeg je omogućeno prenošenje informacija sa induktora na susedne ćelije usmeravanjem procesa diferencijacije.

Diferencijacija je proces u toku kojeg jedna ćelija prima nova specifična svojstva, odnosno u toku kojeg se ćelija, odnosno delovi embriona specijalizuju za specifične funkcionalne aktivnosti.

U determinaciji, diferencijaciji i utvrđivanju svojstva adultne ćelije odlučujuću ulogu imaju geni. Geneza pojedinih ćelija, tkiva i organa data je na Slici 15.3.

FETALNE OVOJNICE

Fetalni ili ekstraembrionalni omotači se razvijaju iz zigota, nisu deo embriona i funkcionišu isključivo u embrionalnom i fetalnom periodu života, a rađanjem se odbacuju. Postoje četiri

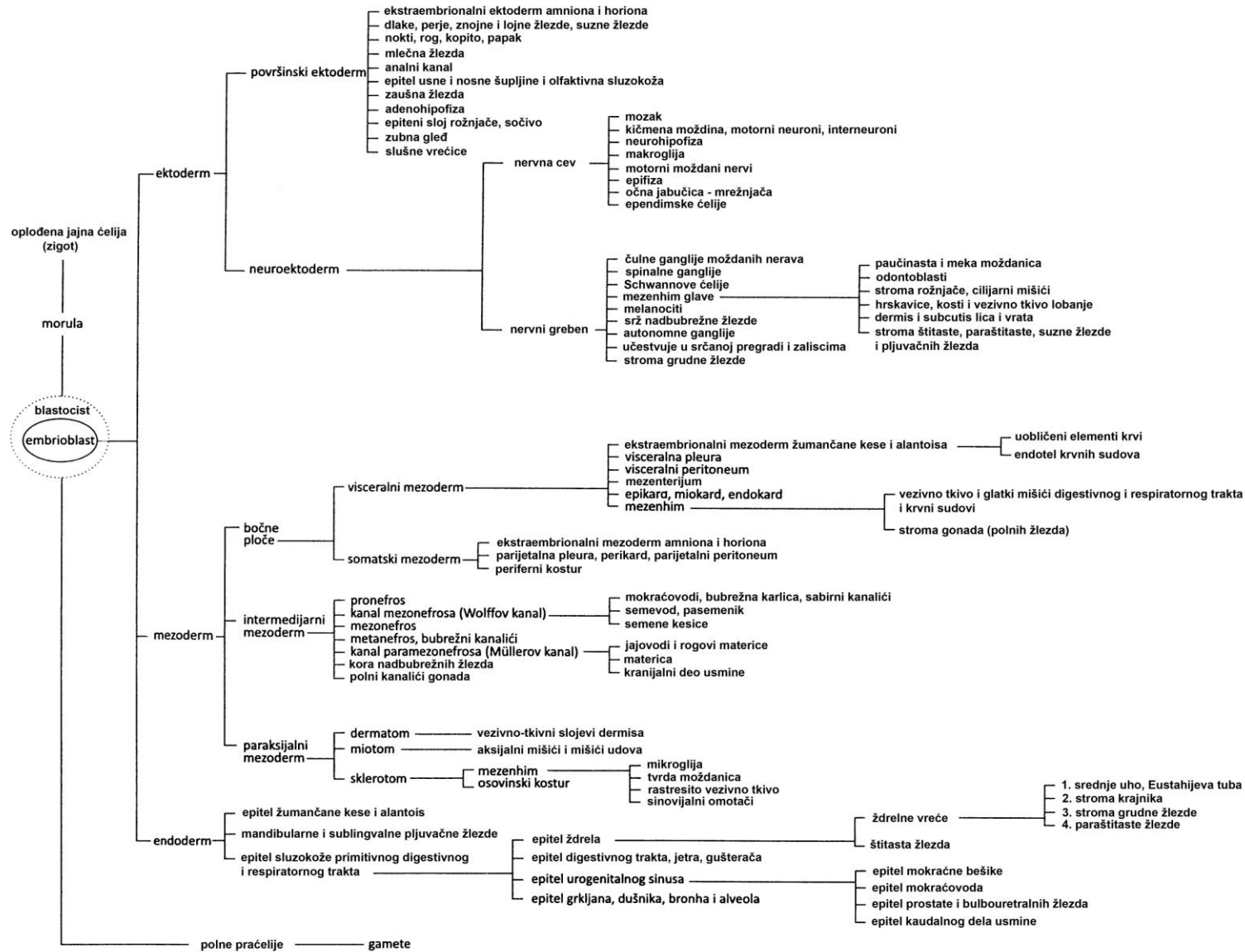
ekstraembrionalna omotača: žumančana kesa, amnion, alantois i horion. Uloga im je u snabdevanju ili čuvanju hranljivih materija, razmeni gasova, ekskreciji i mehaničkoj zaštiti ploda. Pored toga, učestvuju i u prenosu imunoglobulina od majke u embrion, koji na taj način stiče pasivni imunitet. Kod sisara fetalne ovojnice izlučuju hormone i formiraju placentu (posteljicu).

POVEZIVANJE PLODA SA MATERICOM

Nakon oplodjenja, zigot se brazda, prolazi kroz jajovod i ulazi u matericu (Slika 15.2). Embrion se u početku razvija u tečnom medijumu jajovoda i kreće prema materici. U većini sisara ovaj put traje do 3 dana. Kada dođe u matericu, kratko vreme embrion je slobodan i hrani se sekretom materičnih žlezdi, a zatim se ugnezdi u sluzokožu materice (endometrium). Ovaj proces se označava kao **implantacija**. Taj proces se kod domaćih životinja odvija postepeno u tri faze.

Posle implantacije endometrijum se naziva desidua i ovakav kontakt omogućava ishranu zametka. Uspostavljanjem direktne veze zametka i zida materice stvara se placenta i uspostavlja veza između majčinog i embrionalnog krvotoka. Posteljica je zona razmene materije između majke i ploda, a grade je: ekstraembrionalni omotači – *placenta fetalis* i endometrijum – *placenta materina*. Uspostavljanjem krvotoka embriona i povezivanjem ploda preko placentne embrion prelazi u fazu fetusa.

Prema histološkoj građi tkiva materice koje je u dodiru sa horionom postoji više vrsta posteljica: epitelo-horijalna (konj, magarac, svinja), sinepitelo-horijalna (preživari) i endotelohorijalna (pas, mačka, slon).



Slika 15.3. Diferencijacija ćelija iz blastociste i tri klicina lista

OSNOVNA LITERATURA

- Adić, R., Čutahija, V., Tandir, F., Bjedić, P., Hadžiomerović, N.: *Anatomija domaće kokoši*, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 2014.
- Bergman R., Afifi A., Heidger Jr P.: *Histology*, WB Saunders, Philadelphia 1996.
- Di Fiore M., Mancini R., De Robertis E.: *New atlas of histology*, Lea & Febiger, Philadelphia, 1977.
- Ellenberger W., Baum H.: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. 18. Aufl. Springer, Berlin, 1943.
- Gledić, D.: *Veterinarska histologija*, Veterinarska komora Srbije, Beograd, 2012.
- György F.: *A Háziállatok Funkcionális Anatómiája*, Mezőgazasági Kiadó, Budapest, 1980.
- Junceira L.C., Carniero J., Kelley R.O.: *Basic Histology*, 7th ed., CT, Appleton & Lange, Norwalk 1996.
- Kalthoff K.: *Analysis of biological development*, International Edition, McGraw Hill, 2001.
- König H.E., Liebich H.G.: *Veterinary Anatomy of Domestic Animals*, Schattauer, Stuttgart-New York, 2004.
- Martini F.H., Nath J.L., Bartholomew E.F.: *Fundamentals of Anatomy & Physiology*, Pearson Education, Inc., San Francisco, 2011.
- McGeady T.A., Quinn P.J., FitzPatrick E.S., Ryan M.T.: *Vetrinarska embriologija*, Naklada Slap, Jastrebarsko, 2013.
- Sadler T.W.: *Langmanova medicinska embriologija*, Zagreb, Školska knjiga, 1996.
- Samuelson A.D.: *Textbook of veterinary histology*, Saunders Elsevier, St. Louis, 2007.
- Šijački, N., Jablan-Pantić, O., Pantić, V.: *Morfologija domaćih životinja*, Nauka, Beograd, 1997.

