



VELEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA



ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA

DOMAĆIH ŽIVOTINJA

TATJANA TUŠEK & SNJEŽANA ČURKOVIĆ

KREŠIMIR BABIĆ/2003/ & MELITA HERAK/2003/

Križevci, 2023.



VELEUČILIŠTE U KRIŽEVcima

ANATOMIJA DOMAĆIH ŽIVOTINJA

TATJANA TUŠEK

KREŠIMIR BABIĆ /2003./

Križevci, 2023.



Nakladnik

VELEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Za nakladnika

dr. sc. Marcela Andreato-Koren

Glavni urednik

dr. sc. Tatjana Tušek

Tehnički urednik

mr. sc. Miomir Stojnović

Recenzenti

prof. dr. sc. Damir Mihelić

prof. dr. sc. Miljenko Šimpraga

Autori

dr. sc. Tatjana Tušek & dr. sc. Snježana Ćurković

prof. dr. sc. Krešimir Babić /2003./ & prof. dr. sc. Melita Herak/2003./

Lektor

Marina Vidović Krušić, prof.

©Copyright

Autori i Veleučilište u Križevcima

Križevci, 2023.

ISBN 978-953-6205-50-9

(On line 15. 12. 2023.)

Vijeće Veleučilišta u Križevcima

Odlukom Urbroj: 2137-78-23/14-3 (Klasa: 007-02/23-02/01) od 21. 11. 2023.

odobrilo je recenziranom nastavnom materijalu

Anatomija i fiziologija domaćih životinja korištenje naziva udžbenik.

Elektronička publikacija /dopunjeno i izmijenjeno tiskano izdanje iz 2003./

Sadržaj

1. UVOD U ANATOMIJU	11
1.1. Područja tijela	12
1.1.1. <i>Područja glave</i>	12
1.1.2. <i>Područja vrata</i>	13
1.1.3. <i>Područja prsiju</i>	14
1.1.4. <i>Područja trbuha</i>	14
1.1.5. <i>Područja leđa</i>	15
1.1.6. <i>Područja zdjelice</i>	15
1.1.7. <i>Područja prsnog uda</i>	15
1.1.8. <i>Područja zdjeličnog uda</i>	15
1.2. Anatomske nazivlje	18
1.2.1. <i>Topografske nazivlje</i>	18
1.3. Sustav organa za kretanje	20
1.3.1. <i>Nauka o kostima</i>	20
2.3.2. <i>Nauka o spojevima kostiju</i>	54
2.3.3. <i>Nauka o mišićima</i>	63
2. PROBAVNI SUSTAV	71
2.1. Usna šupljina	71
2.1.2. Jezik	74
2.1.2. Zubi	76
2.1.3. <i>Slinne žlijezde</i>	78
2.2. Ždrijelo	79
2.3. Jednjak	81
3. JEDNOKOMORIČASTI I VIŠEKOMORIČASTI ŽELUDAC	81
3.1. Želudac	81
4. TANKO I DEBELO CRIJEVO	86
4.1. Tanko crijevo	86
4.2. Debelo crijevo	88
4.2.1. <i>Slijepo crijevo</i>	88
4.2.2. <i>Obodno crijevo</i>	89
4.2.3. <i>Ravno crijevo</i>	90
4.2.4. <i>Trbušna šupljina</i>	90
4.2.5. <i>Trbušna maramica</i>	90
4.2.6. <i>Jetra</i>	92
4.2.7. <i>Gušterača – trbušna slinovnica</i>	93
4.2.8. <i>Slezena</i>	93
5. DIŠNI SUSTAV	94
5.1. Nosna šupljina	94
5.2. Nuzšupljine nosne šupljine	95
5.3. Ždrijelo	95
5.4. Grkljan	95

5.5. Dušnik	96
5.6. Pluća	96
6. MOKRAĆNI SUSTAV	98
6.1. Bubrezi	98
6.2. Bubrežna zdjelica, nakapnica	98
6.3. Mokraćovodi	98
6.4. Mokraćni mjehur	98
6.5. Mokraćnica	98
7. SPOLNI SUSTAV	100
7.1. Muški spolni organi	100
7.1.1. Mošnja	100
7.1.2. Sjemenik	101
7.1.3. Nuzsjemenik	101
7.1.4. Sjemensko uže	101
7.1.5. Dodatne spolne žlijezde	101
7.1.6. Spolni ud	102
7.2. Ženski spolni organi	103
7.2.1. Jajnik	103
7.2.2. Jajovod	104
7.2.3. Maternica	104
7.2.4. Rodnica	105
7.2.4.1. Predvorje rodnice	105
7.2.5. Stidnica	105
7.2.6. Dražica	105
8. SUSTAV KRVNOG I LIMFNOG OPTOKA	111
8.1. Srce	111
8.2. Osrčje	115
8.3. Građa arterija	115
8.4. Građa vena	115
8.5. Građa kapilara	115
8.6. Fetalni krvotok	115
8.7. Specifičnost krvotoka jetre	115
8.8. Limfni sustav	116
8.9. Vena jugularis	119
9. ŽIVČANI SUSTAV	119
9.1. Središnji živčani sustav	119
9.2. Periferni živčani sustav	119
9.3. Autonomni živčani sustav	120
10. TJELESNI POKRIVAČ	122
10.1. Koža	122
10.2. Potkožje	122
10.3. Mliječna žlijezda	122

10.4.	Kopito.....	123
10.5.	Papak.....	124
10.6.	Rog.....	124
11.	OSJETILA	127
11.1.	Oko	127
11.2.	Mirisni organ	128
11.3.	Okusni aparat.....	128
11.4.	Organ sluha i ravnoteže.....	128
11.5.	Osjetni aparat kožne podražljivosti.....	129
11.6.	Žlijezde s unutarnjim izlučivanjem	129
11.6.1.	<i>Hipofiza</i>	129
11.6.2.	<i>Epifiza</i>	129
11.6.3.	<i>Štitasta žlijezda</i>	130
11.6.4.	<i>Nuzbubrežna žlijezda</i>	130
11.6.5.	<i>Otoci gušterače</i>	130
11.6.6.	<i>Prsna žlijezda</i>	130
11.6.7.	<i>Nuzštitasta žlijezda</i>	130
11.6.8.	<i>Sjemenik i jajnik</i>	130
12.	ANATOMIJA PERADI.....	132
12.1.	Kostur	132
12.2.	Osovinski kostur.....	132
12.3.	Privjesni kostur	134
12.4.	Mišićni sustav	137
12.5.	Tjelesni pokrivač.....	138
12.6.	Tjelesna šupljina	140
12.7.	Probavni sustav	140
12.7.1.	<i>Probavni sustav glave</i>	140
12.8.	Dišni sustav	143
12.9.	Mokraćno-spolni sustav.....	145
12.10.	Krvožilni sustav.....	150
12.11.	Živčani sustav	152
12.12.	Endokrine žlijezde.....	152
12.13.	Osjetni organi.....	153
12.14.	Imunokompetentni sustav	154
13.	UVOD U FIZIOLOGIJU.....	156
13.1.	Stanica.....	157
13.1.1.	<i>Organizacija stanice</i>	158
13.1.2.	<i>Izvanstanična tekućina – unutrašnja sredina</i>	159
13.1.3.	<i>Fizička struktura stanice</i>	160
13.2.	Membranske strukture stanice	160
13.2.1.	<i>Stanična membrana</i>	160
13.2.2.	<i>Jezgrina ovojnica</i>	161

13.2.3.	<i>Endoplazmatska mrežica (EM)</i>	161
13.2.4.	<i>Golgijev aparat (GA)</i>	162
13.2.5.	<i>Lizosomi – „samoubilačke vrećice“</i>	162
13.2.6.	<i>Mitohondriji</i>	162
13.2.7.	<i>Centrioli</i>	162
13.2.8.	<i>Cilije</i>	162
13.2.9.	<i>Mikrofilamenti</i>	162
13.2.10.	<i>Jezgra stanice</i>	163
13.3.	Selektivnost i specifičnosti membrane	163
13.4.	Stanični ciklus – život stanice	164
13.5.	Fiziologija stanice	166
13.5.1.	<i>Stanice koje upijaju (apsorptivne stanice)</i>	166
13.5.2.	<i>Stanice za izlučivanje (ekskretorne stanice)</i>	166
13.5.3.	<i>Živčane stanice</i>	166
13.5.4.	<i>Mišićne stanice</i>	169
13.5.5.	<i>Gamete (spolne stanice)</i>	169
13.6.	Gametogeneza	169
13.6.1.	<i>Spermatogeneza</i>	169
13.6.2.	<i>Oogeneza</i>	170
13.6.2.1.	<i>Mejotička dioba I</i>	170
13.6.2.2.	<i>Mejotička dioba II</i>	171
13.6.3.	<i>Diferenciranje spermija</i>	172
13.6.4.	<i>Jajna stanica</i>	172
13.7.	Smrt stanica	172
14.	PROBAVA	173
14.1.	Probava hrane u ustima	173
14.1.1.	<i>Glad</i>	173
14.1.2.	<i>Žeđ</i>	173
14.1.3.	<i>Uzimanje, žvakanje i natapanje hrane</i>	173
14.1.4.	<i>Slina</i>	174
14.1.5.	<i>Gutanje</i>	176
14.2.	Probava u jednokomoričastom želucu	176
14.2.1.	<i>Mehanička probava</i>	178
14.2.2.	<i>Refleks povraćanja</i>	178
15.	PROBAVA U VIŠEKOMORIČASTOM ŽELUCU	179
15.1.	Probava u predželucima	179
15.1.1.	<i>Funkcionalni razvoj predželudaca</i>	179
15.1.2.	<i>Mehanički čimbenik probave</i>	180
15.1.2.1.	<i>Motorika buraga</i>	180
15.1.2.2.	<i>Motorika kapure</i>	181
15.1.2.2.	<i>Funkcija jednjačkog žlijeba</i>	181

15.1.2.3.	<i>Motorika listavca</i>	182
15.1.2.4.	<i>Motorika sirišta</i>	182
15.1.2.5.	<i>Preživljanje</i>	182
15.1.2.6.	<i>Podrigivanje</i>	184
15.1.3.	<i>Mikrobiološki čimbenik probave</i>	184
15.1.3.1.	<i>Mikroflora buraga</i>	186
15.1.3.2.	<i>Podrijetlo mikroflora u predželucima</i>	186
15.1.3.3.	<i>Podrijetlo mikrofaune u predželucima</i>	187
15.1.4.	<i>Uloga mikroflora u probavi i metabolizmu ugljikohidrata</i>	187
15.1.4.1.	<i>Podrijetlo plinova u buragu</i>	189
15.1.5.	<i>Uloga mikroflora u probavi i metabolizmu bjelančevina</i>	189
15.1.6.	<i>Uloga mikroflora u probavi i metabolizmu masti</i>	191
15.1.7.	<i>Uloga mikroflora u sintezi vitamina</i>	192
15.1.8.	<i>Uloga mikrofaune u probavi i metabolizmu</i>	192
15.2.	<i>Probava u sirištu</i>	192
16.	PROBAVA U TANKOM I DEBELOM CRIJEVU	192
16.1.	Probava u tankom crijevu	192
16.1.1.	<i>Probavni sok gušterače</i>	192
16.1.2.	<i>Žuč jetre</i>	193
16.1.3.	<i>Crijevni sok</i>	194
16.1.4.	<i>Pokreti tankog crijeva</i>	195
16.2.	Probava u debelom crijevu	195
16.2.1.	<i>Pokreti debelog crijeva</i>	196
16.2.2.	<i>Izmet i pražnjenje rektuma</i>	196
17.	PROBAVA U PERADI	197
17.1.	Probava u usnoj šupljini	197
17.2.	Uloga voljke u probavi	197
17.3.	Uloga žljezdanog dijela želuca u probavi	197
17.4.	Uloga mišićnog želuca (mlina) u probavi	197
17.5.	Probava u tankim crijevima	197
17.6.	Žuč	198
17.7.	Probavni sok gušterače	198
17.8.	Probava u debelom crijevu	198
18.	RESORPCIJA	198
18.1.	Resorpcijska površina gastro-intestinalnog trakta	198
18.2.	Temeljni resorpcijski mehanizmi	199
18.3.	Resorpcija vode i anorganskih soli	200
18.4.	Resorpcija hranjivih sastojaka	200
18.4.1.	<i>Resorpcija ugljikohidrata</i>	200
18.4.2.	<i>Resorpcija bjelančevina</i>	200
18.4.3.	<i>Resorpcija masti</i>	201
18.5.	Resorpcija u debelom crijevu	201

19.	ISKORIŠTAVANJE UGLJIKOHIDRATA, MASTI I BJELANČEVINA U ORGANIZMU	201
19.1.	Ugljikohidrati	201
19.1.1.	<i>Monosaharidi</i>	201
19.1.2.	<i>Disaharidi</i>	202
19.1.3.	<i>Polisaharidi</i>	202
19.1.4.	<i>Lipidi</i>	202
19.1.5.	<i>Bjelančevine i neproteinske dušikove tvari</i>	203
19.1.6.	<i>Uvod u metabolizam</i>	203
19.2.	Putevi iskorištavanja glukoze	205
19.3.	Putevi iskorištavanja aminokiselina	209
19.4.	Putevi iskorištavanja masnih kiselina i glicerola	210
19.4.1.	<i>Lipoliza</i>	210
19.4.2.	<i>Ketonska tijela</i>	211
19.5.	Posebnosti preživača	212
20.	METABOLIZAM I POTREBE ORGANIZMA ZA VODOM, MINERALIMA I VITAMINIMA	212
20.1.	Metabolizam vode	212
20.2.	Metabolizam minerala	212
20.2.1.	<i>Metabolizam natrija</i>	213
20.2.2.	<i>Metabolizam kalija</i>	213
20.2.3.	<i>Metabolizam kalcija</i>	213
20.2.4.	<i>Metabolizam fosfora</i>	213
20.2.5.	<i>Metabolizam magnezija</i>	214
20.2.6.	<i>Metabolizam željeza</i>	214
20.2.7.	<i>Metabolizam bakra</i>	214
20.2.8.	<i>Metabolizam mangana</i>	214
20.2.9.	<i>Metabolizam kobalta</i>	214
20.2.10.	<i>Metabolizam cinka</i>	214
20.2.11.	<i>Metabolizam joda</i>	215
20.2.12.	<i>Metabolizam selena</i>	215
20.2.13.	<i>Metabolizam fluora</i>	215
20.3.	Metabolizam vitamina	215
20.3.1.	<i>Vitamini topivi u mastima</i>	216
20.3.2.	<i>Vitamini topivi u vodi</i>	217
20.3.3.	<i>Antivitamini (antagonisti vitamina)</i>	218
20.3.4.	<i>Fiziološka uloga jetre</i>	219
21.	BIOENERGETIKA	219
21.1.	Kvantitativni metabolizam	219
21.2.	Osnovni energetske promet ili bazalni metabolizam	220
21.3.	Promet tvari za vrijeme gladovanja	220

21.5.	Termoregulacija	221
21.5.1.	Tjelesna temperatura	221
21.5.2.	Termogeneza	222
21.5.3.	Termoliza	222
22.	KRV I CIRKULACIJA	224
22.1.	Fiziologija krvi	224
22.1.1.	Svojstva krvi	224
22.1.2.	Stanični elementi krvi i njihova fiziologija	227
22.1.3.	Zgrušavanje krvi	231
22.1.4.	Antikoagulansi	232
22.1.5.	Krvne grupe i transfuzija krvi	232
22.2.	Fiziologija srca i krvnih žila	233
22.2.1.	Fiziologija srca	233
22.3.	Fiziologija krvnih žila i kapilara	238
22.4.	Fiziologija limfnih žila i limfnih čvorova	239
23.	TJELESNE TEKUĆINE I EKSKRECIJA	240
23.1.	Fiziologija bubrega	240
23.2.	Sastav mokraće	241
23.3.	Izlučivanje mokraće	241
23.4.	Fiziologija mokraćnog sustava peradi	242
24.	FIZIOLOGIJA DISANJA	242
24.1.	Mehanika disanja	243
24.2.	Tipovi disanja	244
24.3.	Frekvencija disanja	244
24.4.	Plućni volumeni zraka	244
24.5.	Izmjena plinova	245
24.6.	Regulacija disanja	246
24.7.	Fiziologija disanja peradi	246
25.	REGULACIJA PROCESA U ORGANIZMU NERNVIM I HORMONALNIM PUTEM (OSOVINA HIPOTALAMUS-HIPOFIZA)	247
25.1.	Hormoni prednjeg režnja hipofize	248
25.2.	Hormon srednjeg režnja hipofize MSH	249
25.3.	Hormoni stražnjeg režnja hipofize	249
25.4.	Hormon epifize	250
25.5.	Hormoni štitaste žlijezde	250
25.6.	Hormon nuzštitaste žlijezde	251
25.7.	Hormoni otočića u gušterači	251
25.8.	Hormoni kore nuzbubrežne žlijezde	251
25.9.	Hormoni srži nuzbubrežne žlijezde	252
25.10.	Hormoni jajnika	252
25.11.	Hormoni sjemenika	252
25.12.	Hormoni placente	253

25.13. Hormoni prsne žlijezde	253
26. ENDOKRINOLOGIJA I REPRODUKCIJA	253
26.1. Pubertet	253
26.2. Hormonalna regulacija spolnog ciklusa u ženki	253
26.2.1. Sezonalni spolni ciklus ženki i mužjaka	257
26.3. Hormonalna regulacija spolnog ciklusa u mužjaka	258
26.4. Spermatogeneza	259
26.4.1. Hormoni koji stimuliraju spermatogenezu	260
26.5. Dozrijevanje spermija u nuzsjemeniku	261
26.6. Funkcija zrelog spermija	261
26.7. Funkcija dodatnih spolnih žlijezda	261
26.8. Sperma	261
26.9. Kapacitacija spermija	262
26.10. Parenje	263
26.11. Fiziologija reprodukcije peradi	263
26.11.1. Spolni ciklus mužjaka	263
26.11.2. Spolni ciklus ženke	263
26.11.3. Oplodnja i formiranje jajeta	264
26.11.4. Razdoblje inkubacije	264
27. FIZIOLOGIJA GRAVIDITETA	266
27.1. Plodnost	266
27.2. Oplodnja	266
27.3. Razvoj embrija	268
27.3.1. Ugnjezdavanje zigote u maternici	268
27.3.2. Posteljica	268
27.3.3. Pupkovina	269
27.3.4. Razvoj ploda	269
27.4. Porod	270
28. FIZIOLOGIJA LAKTACIJE	270
28.1. Mlijeko	271
28.2. Mljezivo	272
29. HORMONALNA REGULACIJA GRAVIDITETA I LAKTACIJE	274
29.1. Hormonalna regulacija graviditeta	274
29.2. Hormonalna regulacija laktacije	274
30. PRIKAZ ODABRANIH METODA MOLEKULARNE BIOLOGIJE	275
30.1. Povijesni razvoj molekularne biologije	275
30.2. Osnovna terminologija u molekularnoj biologiji	275
30.3. Primjena analize DNA u veterinarskoj medicini	278
30.4. Analiza DNA	279
30.4.1. Izdvajanje DNA	279
30.4.2. Metode izdvajanja DNA	279
30.4.3. Uzorci za analizu DNA	281

30.4.3.1. Izdvajanje DNA iz krvi	281
30.4.3.2. Izdvajanje DNA iz tkiva	282
30.4.3.3. Izdvajanje DNA iz kosti, zuba i roga	283
30.4.3.4. Izdvajanje DNA iz dlake	283
30.4.3.5. Izdvajanje DNA iz tkiva uklopljenog u parafin ili obojenih parafinskih rezova	284
30.4.3.6. Izdvajanje DNA iz perja ptica	284
30.4.3.7. Izdvajanje DNA iz izmeta	285
30.5. Oprema potrebna za rad	285
30.6. Provjera kvalitete izdvojene DNA	286
30.7. Umnažanje DNA	288
30.8. Analiza i interpretacija rezultata	291
30.8.1. Elektroforeza	291
30.8.2. Elektroforeza u agaroznom gelu	291
30.9. Sekvenciranje	293
30.9.1. Sangerova dideoksi metoda sekvenciranja DNA	294
31. EPIGENETIKA	297
31.1. Glavni epigenetski mehanizmi	297
32. LITERATURA	304
32.1. Indeks riječi	309
32.2 Tehničko-urednički podaci udžbenika „Anatomija i fiziologija domaćih životinja“	315
33. Biografije autora	316

AUTORI:

dr. sc. Tatjana Tušek, dr. med. vet.

Veleučilište u Križevcima

- Anatomija i fiziologija domaćih životinja
- Poglavlja i potpoglavlja: 1 – 29.2.; 32 – 32.2.; 33.

dr. sc. Snježana Ćurković, dr. med. vet.

Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

- Fiziologija domaćih životinja
- Poglavlje i potpoglavlje: 30 – 30.9.1.; 31 – 31.1.; 33.

p. prof. dr. sc. **Krešimir Babić**, dr. med. vet.

Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

- Anatomija domaćih životinja
- Poglavlja i potpoglavlja: 1 – 12.14. /2003./

p. prof. dr. sc. **Melita Herak**, dr. med. vet.

Zavod za fiziologiju i radiobiologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

- Fiziologija domaćih životinja
- Poglavlja i potpoglavlja: 13 – 29.2. /2003./



**REPETITIO EST MATER
STUDIORUM.
(PONAVLJANJE JE MAJKA
UČENJA.)**

1. UVOD U ANATOMIJU

Biologija je skup prirodnih znanosti koje proučavaju živa bića u svim njihovim manifestacijama. Jednu od znanstvenih disciplina biologije čini i anatomija koja proučava građu, sastav, oblik i odnos organa živih bića. Anatomija je u uskoj vezi s fiziologijom koja proučava djelovanje ili funkciju organa. Osnovni postupak anatomije je rastavljanje organizma u organe sekcijom ili rezanjem (grč. *Anatemnein* – rezati, sjeći).

Anatomija se dijeli na nekoliko grana koje se nazivaju prema objektu proučavanja:

1. *antropotomija* – anatomija čovjeka
2. *zootomija* – anatomija životinja
- 2.a veterinarska anatomija – anatomija domaćih životinja
3. *fitotomija* - anatomija bilja.

Anatomiju nadalje možemo podijeliti na:

- a. *makroskopsku anatomiju* – u proučavanju građe služi se prostim okom
- b. *mikroskopsku anatomiju* – u proučavanju građe služi se optičkim pomagalima: lupom, mikroskopom i elektronskim mikroskopom
- c. *komparativnu ili poredbenu anatomiju* – uz opisivanje oblika, uspoređuje građu pojedinih životinjskih vrsta i utvrđuje osnovu za njihovu klasifikaciju
- d. *specijalnu anatomiju* – opisuje građu pojedinih predstavnika neke vrste, npr. *antropotomija* je anatomija čovjeka, *hipotomija* je anatomija konja, *kinotomija* je anatomija psa
- e. *kliničku ili primijenjenu anatomiju* – upotrebljava znanje stečeno kod studiranja anatomije pri susretu sa živom životinjom, naziva se još „anatomija na živom organizmu“
- f. *umjetničku ili plastičnu anatomiju* – proučava uglavnom vanjski izgled i kretanje životinje; služi za što vjernije prikazivanje tijela, a za potrebe slikara i skulptora
- g. *topografsku anatomiju* – podijelila je tijelo na područja – *regiones corporis* ili područja tijela i studira svako pojedino područje za sebe, ali i sve sustave organa u tom području
- h. *rendgensku anatomiju* – služi se rendgenskim aparatom, ultrazvukom, CT-om i snimkama
- i. *sustavnu anatomiju* – podijelila je tijelo na sustave organa i studira svaki sustav zasebno.

Tako se razlikuju sljedeći sustavi organa:

1. Sustav organa za kretanje ili *lokomotorni sustav*. Dijeli se na:
 - a) *osteologia* – nauka o kostima, opisuje koštani sustav
 - b) *arthrologia* – nauka o spojevima kostiju
 - b)1. *chondrologia* – nauka o hrskavicama
 - c) *myologia* – nauka o mišićima.
2. *Splanchnologia* – nauka o utrobi uključuje:
 - a. *apparatus digestorius* – probavni sustav
 - b. *apparatus respiratorius* – dišni sustav
 - c. *apparatus urogenitalis* – mokraćno-spolni sustav:
 - c)1. *organa uropoetica* – mokraćni organi
 - c)2. *organa genitalia* – spolni organi:
 - *organa genitalia masculina* (muški)
 - *organa genitalia feminina* (ženski).
3. *Angiologia* – opisuje organe krvnog i limfnog optoka (srce, krvne i limfne žile, limfne čvorove).
4. *Neurologia* – studira živčani sustav.
5. *Esthesiologia* – nauka o osjetnim organima i koži.
6. *Endocrinologia* – nauka o žlijezdama s unutaršnjim izlučivanjem.

1.1. Područja tijela

Topografska anatomija (grč. *topos* = mjesto; *graphein* = pisati, crtati) u pristupu proučavanja građe podijelila je tijelo na područja ili *regiones corporis* (lat. *regio, -onis, f.* = područje).

Tijelo (*CORPUS, -oris, n.*) dijeli se na:

1. glavu – *CAPUT*
2. vrat – *COLLUM*
3. trup – *TRUNCUS* obuhvaća:
 - a) leđa – *DORSUM*
 - b) prsni koš – *THORAX*
 - c) trbuh – *ABDOMEN*
 - d) zdjelicu – *PELVIS*
4. rep – *CAUDA*
5. udove – *MEMBRA*.

1.1.1. Područja glave

[*Regiones capitis*] (Sl. 1)

Dijele se u dvije skupine:

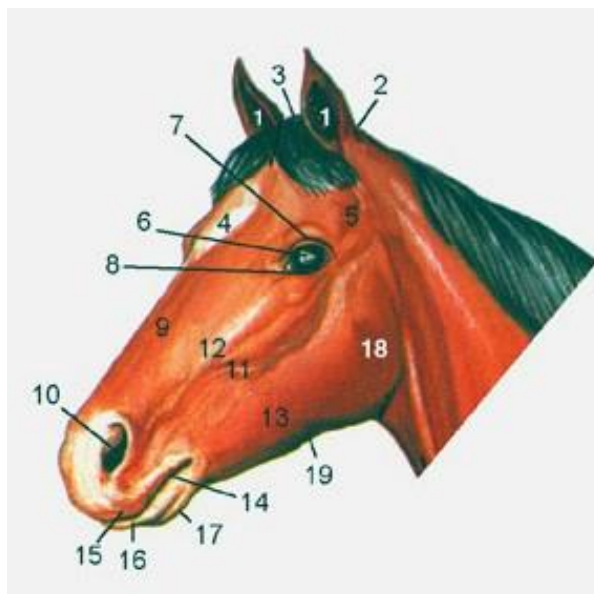
- A. područja lubanje – *REGIONES CRANII* i
- B. područja lica – *REGIONES FACIEI*. Vanjsku granicu među njima čine nadočni lukovi, jagodični lukovi i stražnji rubovi donje čeljusti.

A. Područja lubanje:

1. područje uške – *REGIO AURICULARIS*
2. zatiljno područje – *REGIO OCCIPITALIS*
3. tjemeno područje – *REGIO PARIETALIS*
4. čeono područje – *REGIO FRONTALIS*
5. sljepoočno područje – *REGIO TEMPORALIS*
6. područje roga – *REGIO CORNUALIS*.

B. Područja lica:

1. područje očnice – *REGIO ORBITALIS*
2. područje gornje vjeđe – *REGIO PALPEBRALIS SUPERIOR*
3. područje donje vjeđe – *REGIO PALPEBRALIS INFERIOR*
4. područje nosa – *REGIO NASALIS*
5. područje nozdrva – *REGIO NARIS*
6. područje obraza – *REGIO BUCCALIS*
7. područje gornje čeljusti – *REGIO MAXILLARIS*
8. područje donje čeljusti – *REGIO MANDIBULARIS*
9. područje usta – *REGIO ORALIS* obuhvaća usne:
 - a) područje gornje usne – *REGIO LABIALIS SUPERIOR*
 - b) područje donje usne – *REGIO LABIALIS INFERIOR*
10. područja brade – *REGIO MENTALIS*
11. područje žvačnog mišića – *REGIO MASSETERICA*
12. međučeljusno područje – *REGIO INTERMANDIBULARIS*.



Slika 1: Područja glave:

1. *regio auricularis*; 2. *regio occipitalis*; 3. *regio parietalis*; 4. *regio frontalis*; 5. *regio temporalis*; 6. *regio orbitalis*; 7. *regio palpebralis superior*; 8. *regio palpebralis inferior*; 9. *regio nasalis*; 10. *regio naris*; 11. *regio buccalis*; 12. *regio maxillaris*; 13. *regio mandibularis*; 14. *regio oralis*; 15. *regio labialis superior*; 16. *regio labialis inferior*; 17. *regio mentalis*; 18. *regio masseterica*; 19. *regio intermandibularis*.

1.1.2. Područja vrata [*Regiones colli*] (Sl. 2)

Dijele se na:

1. gornje vratno područje – *REGIO COLLI DORSALIS* – obuhvaća dio vrata omeđen linijom od krila atlasa do prednjeg kuta lopatice, a čini ga:
 - a) gornji vratni rub – *MARGO COLLI DORSALIS*

2. postrano vratno područje – *REGIO COLLI LATERALIS* – smješteno između gornjeg vratnog područja i *jugularnog* žlijeba, a obuhvaća:
 - a) područje zaušne žlijezde – *REGIO PAROTIDEA*
 - b) područje *brachiocefaličnog* mišića – *REGIO BRAHIOCEPHALICA*
 - c) predlopatično područje – *REGIO PRESCAPULARIS*
 - d) područje ždrijela – *REGIO PHARYNGEA*

3. donje vratno područje – *REGIO COLLI VENTRALIS*, obuhvaća:
 - a) žlijeb vene *jugularis* – *SULCUS JUGULARIS*
 - b) udubina vene *jugularis* – *FOSSA JUGULARIS*
 - c) područje grkljana – *REGIO LARYNGEA*
 - d) područje dušnika – *REGIO TRACHEALIS*.

1.1.3. Područja prsiju
[Regiones pectoris] (Sl. 2)

Dijele se na:

1. područje prsišta – *REGIO PRESTERNALIS*
2. područje prsne kosti – *REGIO STERNALIS*
3. područje prsnih mliječnih žlijezda – *REGIO MAMMARIA THORACICA*
4. područje lopatice – *REGIO SCAPULARIS*
5. područje rebara – *REGIO COSTALIS*
6. područje srca – *REGIO CARDIACA*
7. rebreni luk – *ARCUS COSTALIS*.

1.1.4. Područja trbuha
[Regiones abdominis] (Sl. 2)

Dijele se na:

1. Prednje trbušno područje – *REGIO ABDOMINIS CRANIALIS*, smješteno je između ošita i poprečne ravnine položene uz stražnji rub posljednjeg para rebara, a čine ga:
 - a) desno i lijevo podrebreno područje – *REGIO HYPOCHONDRIACA DEXTRA* i *REGIO HYPOCHONDRIACA SINISTRA*
 - b) s *ventralne* strane *medijano* nalazi se područje mačaste hrskavice – *REGIO XIPHOIDEA*.
2. Srednje trbušno područje – *REGIO ABDOMINIS MEDIA* leži između poprečne ravnine položene uz posljednji par rebara i poprečne ravnine položene uz prednji rub bočne kvrge – *TUBER COXAE*, a obuhvaća:
 - a) lijevo postrano trbušno područje – *REGIO ABDOMINIS LATERALIS SINISTRA*
 - b) desno postrano trbušno područje – *REGIO ABDOMINIS LATERALIS DEXTRA*
 - c) gladna jama – *FOSSA PARALUMBALIS*, smještena je *ventralno* od poprečnih izdanaka slabinskih kralježaka te kaudalno od posljednjeg rebra
 - d) *ventralno* i *medijano* smješteno je područje pupka – *REGIO UMBILICALIS*
 - e) područje koljenog nabora – *REGIO PLICAE LATERIS*.
3. Stražnje trbušno područje – *REGIO ABDOMINIS CAUDALIS* smješteno je između poprečne ravnine položene uz *TUBER COXAE* i poprečne ravnine položene uz prag sramne kosti – *PECTEN OSSIS PUBIS* obuhvaća:
 - a) desno i lijevo preponsko područje – *REGIO INGUINALIS DEXTRA* i *REGIO INGUINALIS SINISTRA*
 - b) sramno područje – *REGIO PUBICA*, nalazi se *ventro-medijano*.

1.1.5. Područja leđa
[Regiones dorsii] (Sl. 2)

Predstavljaju *dorzalni* dio trupa čiju osnovu tvore prsni i slabinski kralješci, a obuhvaćaju područja:

1. međulopatično područje – *REGIO INTERSCAPULARIS*
2. područje prsnih kralježaka – *REGIO VERTEBRALIS THORACIS*
3. područje slabina – *REGIO LUMBALIS*.

1.1.6. Područja zdjelice
[Regiones pelvis] (Sl. 2)

1. *Dorzo-medijano* nalazi se područje križa – *REGIO SACRALIS*.
2. Područje repa – *REGIO CAUDALIS*.
3. Područje sapsi – *REGIO GLUTEA*.
4. Područje bočne kvrge – *REGIO TUBERIS COXAE*.
5. Područje sjedne kvrge – *REGIO TUBERIS ISCHIADICI*.
6. Područje međice – *REGIO PERINEALIS*.
7. Područje završnog crijevnog otvora – *REGIO ANALIS*.
8. Područje vanjskog spolnog otvora – *REGIO URO-GENITALIS*.
9. Područje mošnjice – *REGIO SCROTALIS*.
10. Područje vimena – *REGIO UBERIS*.

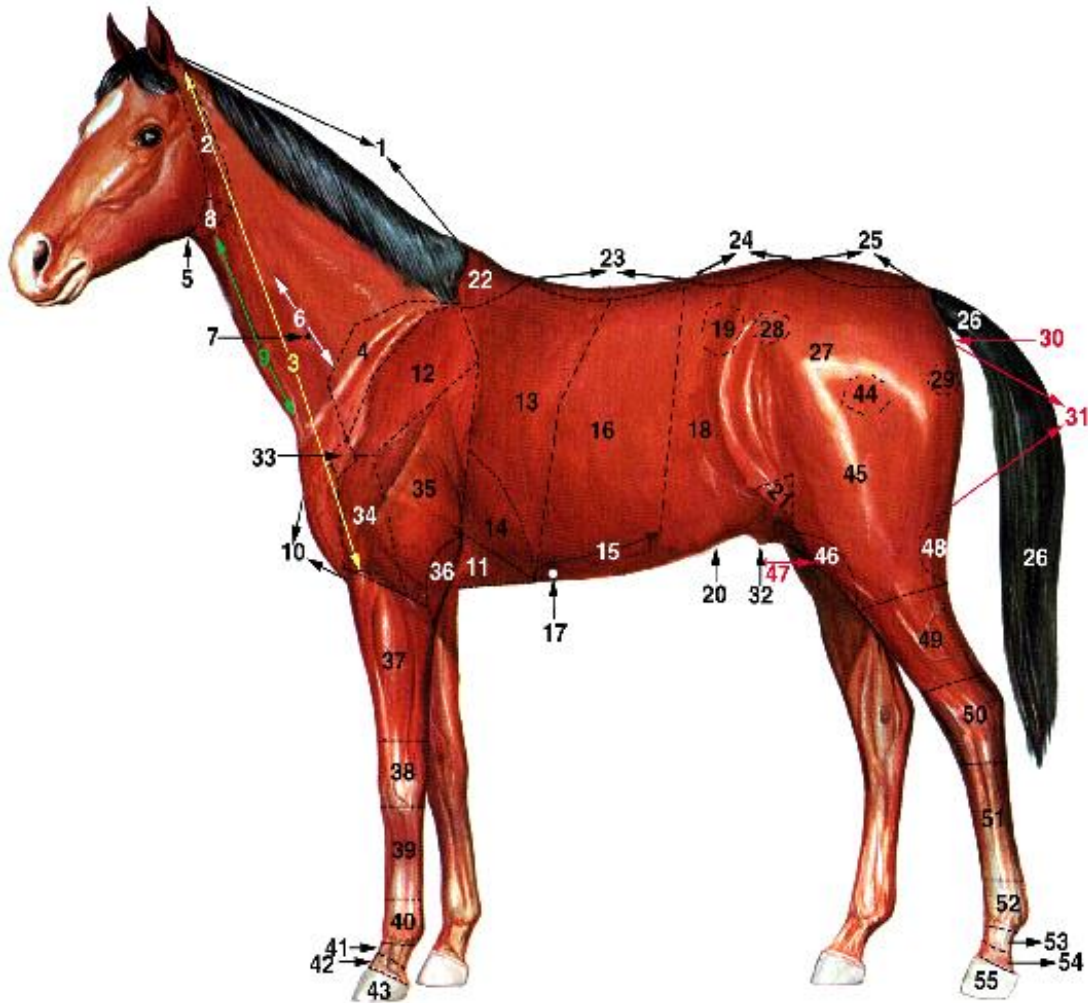
1.1.7. Područja prsnog uda
[Regiones membri thoracici] (Sl. 2)

1. Područje ramenog zgloba – *REGIO ARTICULATIONIS HUMERI*.
2. Područje nadlaktice – *REGIO BRACHII*.
3. Područje troglavog mišića – *REGIO TRICIPITALIS*.
4. Područje lakta – *REGIO CUBITI*.
5. Područje podlaktice – *REGIO ANTEBRACHII*.
6. Područje zapešća – *REGIO CARPI*.
7. Područje pesti – *REGIO METACARPI*.
8. Područja prstiju prsnog uda – *REGIONES DIGITORUM MANUS*:
 - a) područje putičnog zgloba – *REGIO METACARPOPHALANGEA*
 - b) područje prvog članka prsta – *REGIO PHALANGIS PROXIMALIS*
 - c) područje drugog članka prsta – *REGIO PHALANGIS MEDIA*
 - d) područje trećeg članka prsta – *REGIO PHALANGIS DISTALIS*.

1.1.8. Područja zdjelice
[Regiones membri pelvini] (Sl. 2)

1. Područje bočnog zgloba – *REGIO ARTICULATIONIS COXAE*.
2. Područje bedra – *REGIO FEMORIS*.
3. Potkoljenski područje – *REGIO CRURIS*.
4. Područje koljena – *REGIO GENUS*:
 - a) područje ivera – *REGIO PATELLARIS*
 - b) zakoljeno područje – *REGIO POPLITEA*.
5. Zastopalno područje – *REGIO TARSIS*.

6. Područje stopala – *REGIO METATARSI*.
7. Područje putičnog zgloba na zdjeličnom udu – *REGIO METATARSOPHALANGEA*.
8. Područja prstiju zdjeličnog uda – *REGIONES DIGITORUM PEDIS*.



Slika 2: Područja trupa i udova konja

1 *Margo colli dorsalis*; 2 *regio parotidea*; 3 *regio brachiocephalica*; 4 *regio prescapularis*; 5 *regio pharyngea*; 6 *sulcus jugularis*; 7 *fossa jugularis*; 8 *regio laryngea*; 9 *regio trachealis*; 10 *regio presternalis*; 11 *regio sternalis*; 12 *regio scapularis*; 13 *regio costalis*; 14 *regio cardiaca*; 15 *arcus costalis*; 16 *regio abdominis cranialis*; 17 *regio xiphoidea*; 18 *regio abdominis lateralis*; 19 *fossa paralumbalis*; 20 *regio umbilicalis*; 21 *plica lateris*; 22 *regio interscapularis*; 23 *regio vertebralis thoracis*; 24 *regio lumbalis*; 25 *regio sacralis*; 26 *regio caudalis*; 27 *regio glutea*; 28 *regio tuberis coxae*; 29 *regio tuberis ischiadici*; 30 *regio analis*; 31 *regio perinealis*; 32 *regio urogenitalis*; 33 *regio articulationis humeri*; 34 *regio brachii*; 35 *regio tricipitalis*; 36 *regio cubiti*; 37 *regio antebrachii*; 38 *regio carpi*; 39 *regio metacarpi*; 40 *regio metacarpophalangea*; 41 *regio phalangis proximalis*; 42 *regio phalangis media*; 43 *regio phalangis distalis*; 44 *regio articulationis coxae*; 45 *regio femoris*; 46 *regio genus*; 47 *regio patellaris*; 48 *regio poplitea*; 49 *regio cruris*; 50 *regio tarsi*; 51 *regio metatarsi*; 52 *regio metatarsophalangea*; 53 *regio phalangis proximalis*; 54 *regio phalangis media*; 55 *regio phalangis distalis*.

1.2. Anatomsko nazivlje

[*Nomenclator anatomicus*]

U tijeku svoje duge povijesti anatomske nazivlje upotpunjavalo se i usavršavalo. Osnova mu je latinska terminologija, ali su ipak mnogi nazivi latinizirane grčke riječi ili pak potječu iz hebrejskog, egipatskog, perzijskog, arapskog i drugih jezika. Tek u Baselu 1895. god. utvrđena je jedinstvena nomenklatura za anatomiju čovjeka, a za veterinarsku anatomiju 1899. u Baden-Badenu. U ovom udžbeniku korišteno je važeće anatomske nazivlje iz 1994. godine (*Nomina Anatomica Veterinaria*, 4. izdanje).

1.2.1. Topografsko nazivlje

(Sl. 3)

Kod opisa položaja nekog organa koristi se posebno nazivlje. Na trupu se koriste sljedeći nazivi:

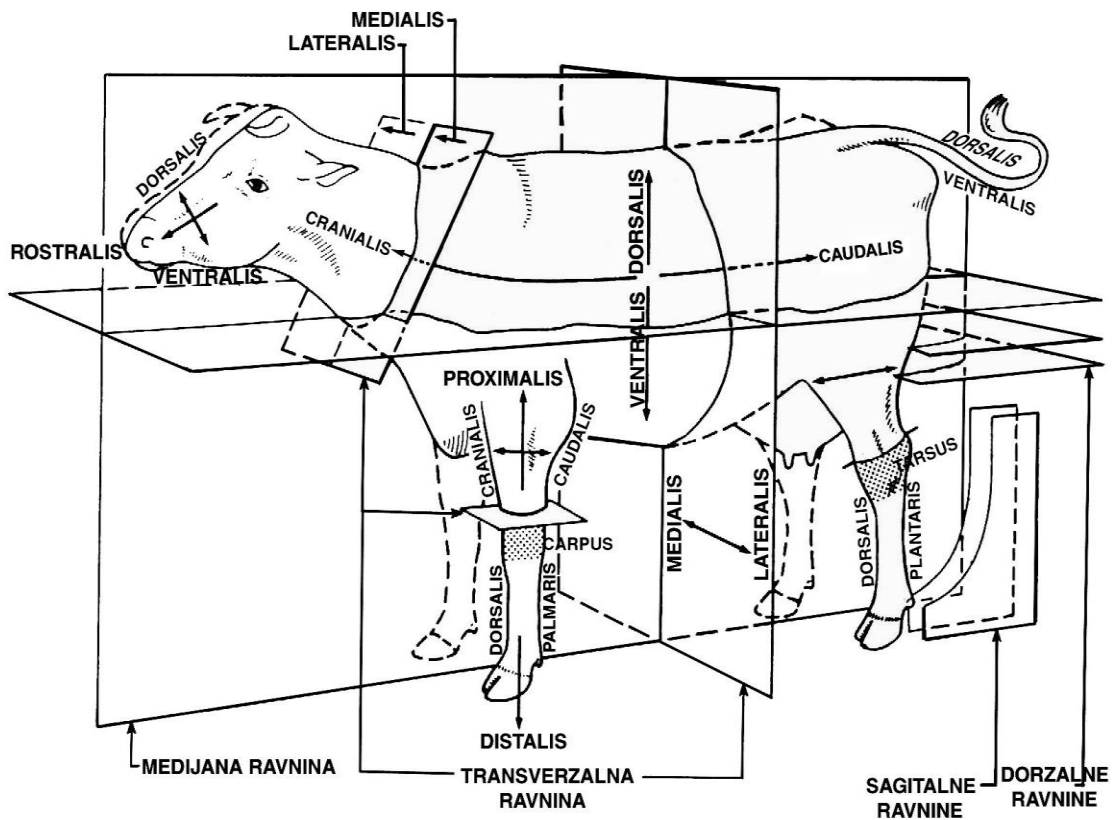
1. *DORSALIS* – prema leđima, gore – lat. *DORSUM*, -i, n. = leđa, hrbat
2. *VENTRALIS* – prema trbuhu, dolje – lat. *VENTER*, *VENTERIS*, m. = trbuh
3. *CRANIALIS* – prema naprijed, glavi – lat. *CRANIUM*, -ii, n. = glava
4. *CAUDALIS* – prema repu, natrag – lat. *CAUDA*, -ae, f. = rep
5. *MEDIJANA RAVNINA*, lat. *MEDIANUS*, -a, um = u sredini – podužna središnja okomita ravnina, središnja tjelesna ravnina
 - a) *SAGITALNE RAVNINE* su podužne okomite ravnine paralelne s *medijanom* ravninom, ima ih bezbroj s lijeve i desne strane
 - b) *TRANSVERZALNE ILI POPREČNE RAVNINE* su okomite na *medijanu* ravninu i dijele tijelo na poprečne segmente, a na udovima su položene vodoravno
 - c) *DORZALNE RAVNINE* – sijeku tijelo u vodoravnim podužnim ravninama
6. *LATERALIS* – sa strane, lat. *LATUS*, -ERIS, n. = sa strane
7. *MEDIALIS* – prema sredini, prema unutra
8. *SUPERFICIALIS-PROFUNDUS* – površinski-dubok, odnos prema površini tj. nutrini tijela.

Na glavi se koriste nazivi:

1. *ROSTRALIS* prema njušci, lat. *ROSTRUM*, -i, n. – njuška, gubica, kljun
2. *CAUDALIS* – od usta.

Na udovima se koriste sljedeći nazivi:

1. *PROXIMALIS* – prema korijenu, izlazištu uda, prema gore
2. *DISTALIS* – prema dolje, prema vrhu uda, prema prstima
3. *CRANIALIS-CAUDALIS* – sprijeda-straga, *distalno* do *karpusa* i *tarzusa*
4. *DORSALIS* – hrbat ili prednja površina uda, *distalno* od *karpusa* i *tarzusa*
5. *PALMARIS* – prema dlanu, stražnja površina prsnog uda *distalno* od *karpusa*
6. *PLANTARIS* – prema stopalu, stražnja površina zdjeličnog uda *distalno* od *tarzusa*
7. *LATERALIS* – vanjska strana uda
8. *MEDIALIS* – unutarnja strana uda.



Slika 3: Topografsko nazivlje i ravnine tijela

1.3. Sustav organa za kretanje

1.3.1. Nauka o kostima

[*Osteologia*] (Sl. 4)

Specifična građa kostima omogućuje oblikovanje tijela, podupiranje i zaštitu mekih tkiva te ulogu mišićne poluge. Sve kosti zajedno tvore kostur ili *SKELETON*. Kostur naših domaćih životinja uronjen je u mekano tkivo te se stoga naziva *endoskelet* i *mezodermalnog* je podrijetla, a dijelimo ga na:

1. *OSOVINSKI ILI AKSIJALNI*: kralježnica, rebra, prsna kost, kosti glave
2. *PRIVJESNI ILI APENDIKULARNI*: kosti prsnog i zdjeličnog uda
3. *UTROBNI, VISCERALNI ILI SPLANHNIČNI*:
 - a) kost u penisu mesoždera – *os penis*
 - b) dvije kosti u srcu goveda – *ossa cordis*
 - c) rilna kost u svinje i starijih goveda – *os rostrale*.

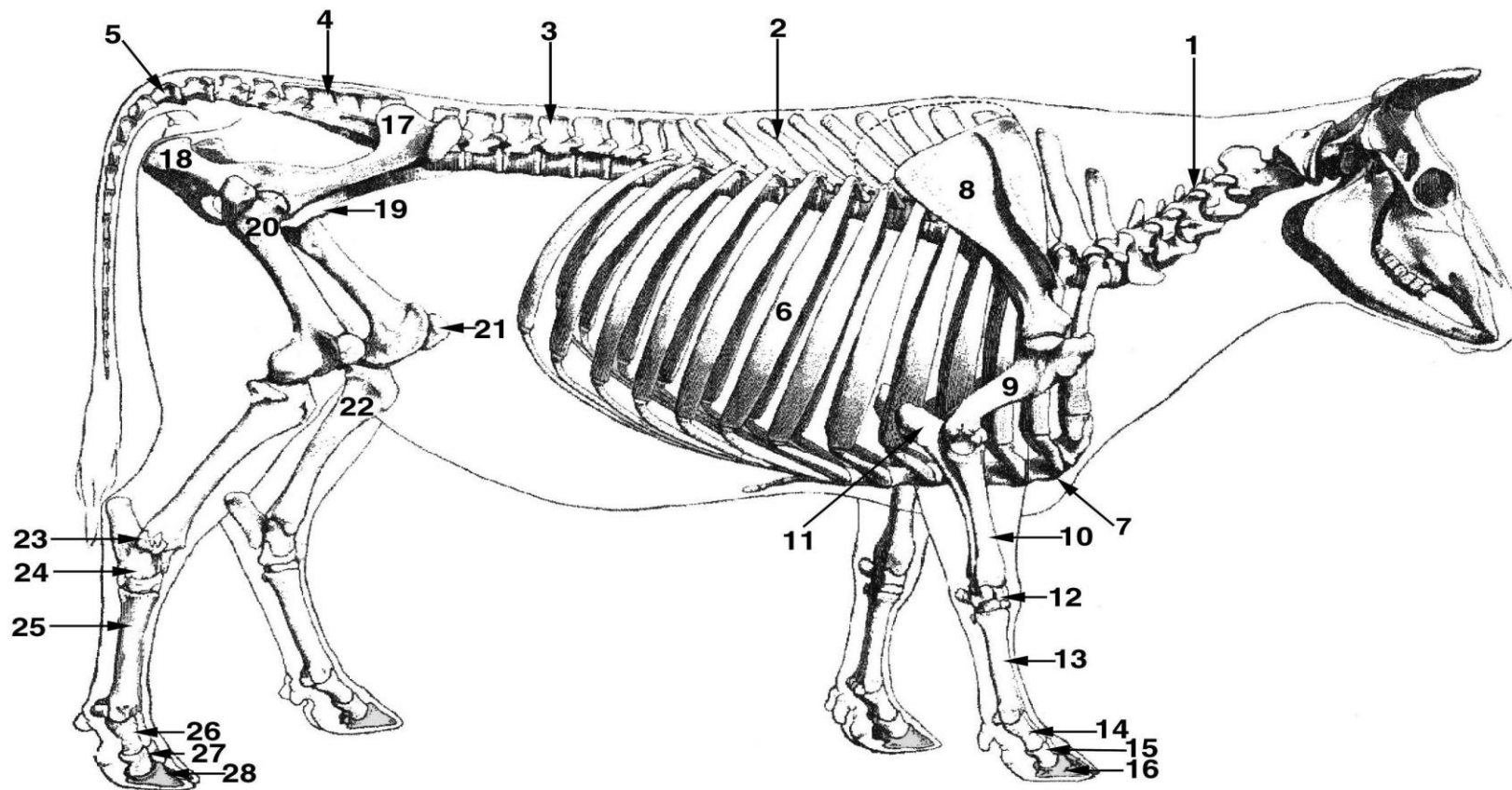
Prema obliku kosti se dijele na:

1. *DUGE KOSTI* ili *OSSA LONGA* – cilindričnog izduženog oblika, sastoje se od središnjeg dijela – *tijela* ili *dijafize* te *proksimalnog* i *distalnog okrajka* ili *epifize*, a nalaze se na udovima (*os, ossis, n.* – kost; *longus,-a,- um* – dug); između središnje *dijafize* i obje *epifize* nalaze se *metaphysis proximallis* i *metaphysis distalis*
2. *KRATKE KOSTI* ili *OSSA BREVIA* – to su zapeščajne i zastopalne kosti (lat. *brevis,-e* – kratak)
3. *PLOSNATE KOSTI* ili *OSSA PLANA* su većina kostiju glave, lopatica i crijevna kost (lat. *planus,-a,-um* = ravan, gladak); građene su od vanjske ploče – *tabula externa* i unutarnje ploče – *tabula interna*, zbite tvari, između kojih je jače ili manje razvijena spužvasta tvar, koja se ovdje naziva *diploe*
4. *NEPRAVILNE KOSTI* ili *OSSA IRREGULARIA* - kralješci i kosti baze lubanje (lat. *irregularis,-e* = nepravilan).

Rebra se ne mogu uključiti ni u jednu od navedenih skupina, već pripadaju *aberantnim* dugim kostima.

Sezamoidne kosti se razvijaju u tetivama te im olakšavaju klizanje i poboljšavaju djelovanje mišića. Okrugle su poput ploda sezama (*SESAMUM ORIENTALIS*) To su:

- 1) *IVER*
- 2) *SEZAMOIDNE KOSTI* 1. i 3. *ČLANKA PRSTIJU*.



Slika 4: Kostur goveda

1 Vertebrae cervicales; 2 vertebrae thoracicae; 3 vertebrae lumbales; 4 os sacrum; 5 vertebrae caudales; 6 costae; 7 sternim; 8 scapula; 9 humerus; 10 radius; 11 ulna; 12 ossa carpi; 13 ossa metacarpalia; 14-16 ossa digitorum manus; 17 os ilium; 18 os ischii; 19 os pubis; 20 femur; 21 patella; 22 tibia; 23 os malleolare; 24 ossa tarsi; 25 ossa metatarsalia; 26-28 ossa digitorum pedis.

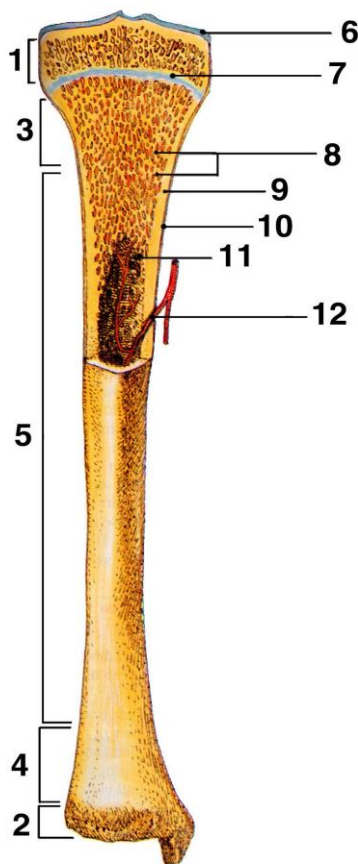
Građa kostiju (Sl. 5)

Kost je građena od:

1. površinske zbite tvari ili *substantia compacta* (lat. *substantia*, -ae f. = bitak, tvar; *compactus*, -a, -um = čvrst, zbijen)
2. unutarnje spužvaste tvari ili *substantia spongiosa* (lat. *spongia*, -ae f. = spužva).

Zastupljenost zbite koštane tvari ovisi o djelovanju funkcionalnih sila tlaka i vlaka te je na *dijafizama* dugih kostiju izrazito debela, dok se prema okrajcima stanjuje, a na zglobnim je površinama vrlo tanka. Spužvasta koštana tvar sastoji se od pločica i gredica međusobno isprepletenih prema biomehaničkim zahtjevima, a u dugim kostima razvijena je samo u *epifizama*. U šupljinama između pločica i gredica smještena je koštana srž. *Dijafiza* dugih kostiju je šuplja i to je sržna šupljina – *cavum medullare* – koju u mlađih životinja ispunjava crvena koštana srž (*medulla rubrum*), zbog intenzivnog stvaranja krvnih elemenata, a u starijih postaje žuta (*medulla flava*), jer prevladavaju masne stanice. U kosturu ptica i nekim kostima glave sisavaca umjesto spužvaste tvari i koštane srži stvaraju se zračni prostori i to su *pneumatične* kosti.

Pokosnica – *periosteum* pokriva izvana cijelu kost osim njezinih zglobnih površina. Sastoji se od vanjskog vezivnog sloja bogatog žilama i živcima, unutarnjeg *osteogenetičkog* sloja značajnog za rast, pregradnju i zaraščivanje kostiju. *Endost* (*endosteum*) je tanka vezivna opna koja prevlači sržnu šupljinu.



Slika 5: Građa duge kosti

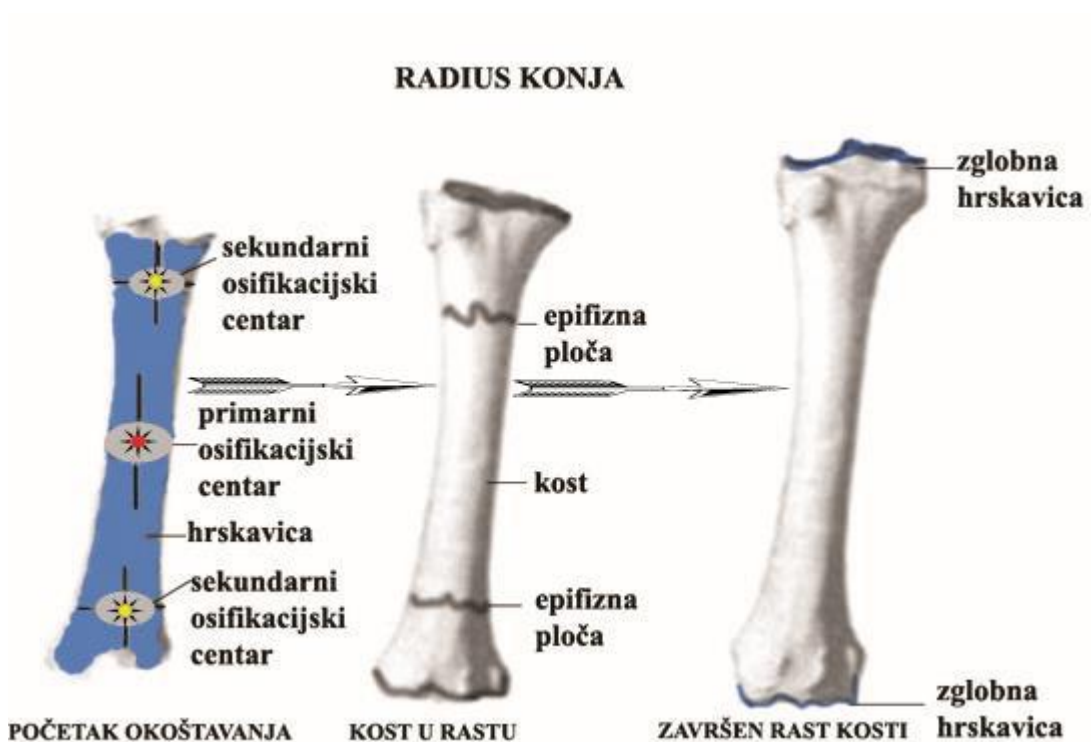
1 *Epiphysis proximalis*; 2 *epiphysis distalis*; 3 *metaphysis proximalis*; 4 *metaphysis distalis*; 5 *diaphysis*; 6 *cartilago articularis*; 7 *cartilago epiphysialis*; 8 *substantia spongiosa*; 9 *substantia compacta*; 10 *periosteum*; 11 *cavum medullare*; 12 *krvna žila*.

Kemijski sastav kostiju

Kost se sastoji od anorganskog i organskog dijela u omjeru 2:1.

Anorganski dio daje kostima tvrdoću, a organski, kojeg tvori bjelančevina nazvana koštani kolagen ili *ossein*, elastičnost i čvrstoću (slika 6).

Organski dio ili <i>ossein</i>	33,30 %
Anorganski dio: kalcij fosfat	57,35 %
Kalcij karbonat	3,85 %
Magnezij fosfat	2,05 %
Natrij karbonat i Natrij klorid	3,45 %
<hr/>	
	100,00 %



Slika 6: Tvorba kosti:

Taloženje mineralnih soli u kolagenu osnovu kosti pri primarnoj osifikaciji (embrionalni rast kosti).

Osovinski kostur

[*Skeleton axiale*]

Kralježnica ili *columna vertebralis* (lat. *columna*, ae f.-stup; *vertebralis*, e – kralježni) glavna je os cijelog kostura, a sastavljena je od nepravilnih kostiju, neparnih i *medijano* smještenih kralježaka u nizu od glave do kraja repa.

Prema položaju, kralješci se dijele u pet skupina (tablica 1):

1. vratni kralješci ili *vertebrae cervicales* (V)
2. prsni kralješci ili *vertebrae thoracicae* (P)
3. slabinski kralješci ili *vertebrae lumbales* (S)
4. križni kralješci ili *vertebrae sacrales* (K)
5. repni kralješci ili *vertebrae caudales* (R).

Vrsne specifičnosti:

Broj kralježaka se razlikuje u kralježnici po navedenim skupinama između domaćih sisavaca te domaćih sisavaca i peradi, istaknuto u tablici 1.

Tablica 1: Broj kralježaka u domaćih životinja

VRSTA ŽIVOTINJE	V	P	S	K	R
KONJ	7	18	6	5	17-20
GOVEDO	7	13	6	5	18-21
OVCA	7	13	6	4	3-22
KOZA	7	13	6	5	18-22
SVINJA	7	14-15	6-7	4	20-23
MESOJEDI	7	13	7	3	20-22
PERAD	12-18	7-9	16		5-7

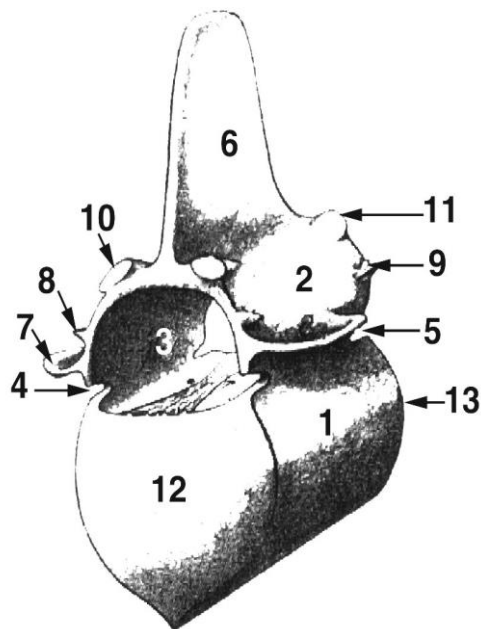
Grada kralješka (Sl. 7)

Na tipičnom kralješku razlikuju se sljedeći dijelovi:

1. Tijelo ili *corpus vertebrae* je *ventralna* cilindrično-prizmatična tvorba s ispupčenim prednjim okrajkom i udubljenim stražnjim okrajkom.
2. Luk kralješka ili *arcus vertebrae* – nadsvođuje tijelo kralješka te zajedno s njim tvori kralježni otvor – *foramen vertebrale*. Niz kralježnih otvora, zajedno s ligamentima koji ih vežu, zatvara kralježni kanal ili *canalis vertebralis* (lat. *canalis*, -is m. – cijev, kanal) u kojem je kralježni moždina sa svojim opnama. *Lateralno* na kralježnom luku su otvori ili usjeci za prolaz živaca: *incisura vertebralis cranialis* i *incisura vertebralis caudalis* koje zatvaraju međukralježni otvor – *foramen intervertebrale*. *Ventralni* luk kralješka pojavljuje se na *atlasu*, a kao *arcus hemalis* izražen je samo na repnim kralješcima goveda, mesojeda i kunića.
3. Iz luka izlaze izdanci, *processus* i dijele se na:
 - a) *Procc. musculares* za koje se hvataju mišići:
 - 1) *proc. spinosus* – trnasti
 - 2) *proc. transversus* – poprečni
 - 3) *proc. mamillaris* – sisasti
 - 4) *proc. accessorius* – dodatni.

b) *Procc. articulares* – zglobni izdanci:

- 1) *procc. articulares craniales* – prednji
- 2) *procc. articulares caudales* – stražnji.



Slika 7: Građa tipičnog kralješka

1 *Corpus vertebrae*; 2 *arcus vertebrae*; 3 *foramen vertebrale*; 4 *incisura vertebralis cranialis*; 5 *incisura vertebralis caudalis*; 6 *processus spinosus*; 7 *processus transversus*; 8 *processus mamillaris*; 9 *processus accessorius*; 10 *processus articularis cranialis*; 11 *processus articularis caudalis*; 12 kranijalni okrajak tijela kralješka; 13 kaudalni okrajak tijela kralješka.

Vratni kralješci

[*Vertebrae cervicales*]

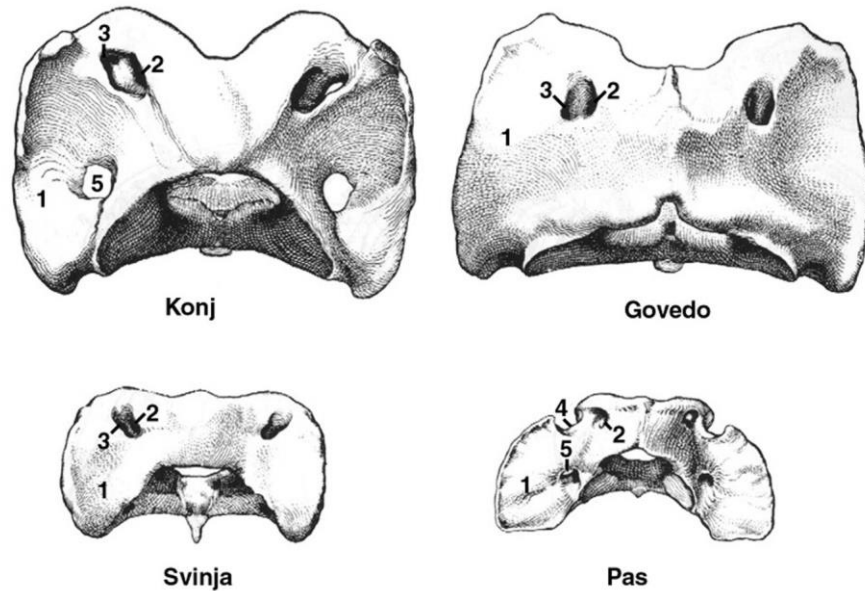
Prva dva vratna kralješka su atipična.

I. vratni kralježak – *atlas ili nosač* (Sl. 8) nema tijelo ni trnasti izdanak, ali ima *dorzalni* i *ventralni* luk koji zatvaraju iznimno postrani kralježni otvor – *foramen vertebrale*. Poprečni izdanci razvili su se u *massa lateralis* koja su probušena s tri para otvora:

1. postrani – *foramen vertebrale laterale*
2. krilni – *foramen alare*,
3. poprečni – *foramen transversarium*.

Vrsne specifičnosti:

Konj posjeduje sva tri otvora, a govedo nema *foramen transversarium*. U svinja *dorzalni luk* ima rudimentaran trnasti izdanak, a u mesoždera umjesto krilnog otvora nalazi usjek – *incisura alaris*.



Slika 8: Atlas konja, goveda, svinje i psa

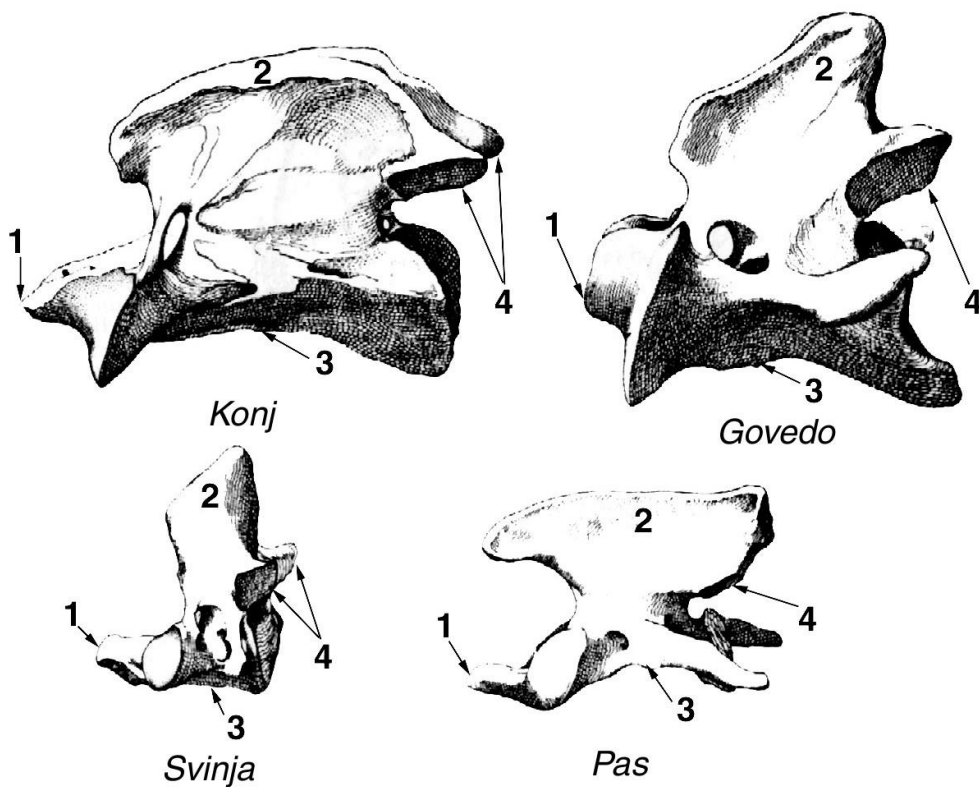
1 *Massa lateralis*; 2 *foramen vertebrale laterale*; 3 *foramen alare*; 4 *incisura alaris*; 5 *foramen transversarium*.

II. vratni kralježak – axis ili obrtač (Sl. 9)

Ima izuzetno dugo tijelo jer mu je pridodano i tijelo *atlasa* tijekom embrionalnog razvitka. Karakterističan je po *odontoidnom* izdanku (*dens* ili zub) koji strši sprijeda na njegovu tijelu.

Vrsne specifičnosti:

U konja trnasti izdanak *kaudalno* se račva, a u goveda je jedinstven. U svinja je trnasti izdanak izvanredno visok, a u mesoždera se nadvisuje iznad atlasa.



Slika 9: Axis konja, goveda, svinje i psa

1 Dens; 2 proc. spinosus; 3 corpus vertebrae; 4 proc. articularis caudalis.

III., IV. i V. vratni kralježak (Sl. 4) nemaju trnasti izdanak, no imaju dobro izražene prednje i stražnje zglobne izdanke, što govori o pokretljivosti tog dijela kralježnice. Nakon repa, ovo je najpokretljiviji dio kralježnice. Poprečni izdanci su se podvojili u *kranijalni* i *kaudalni* dio.

VI. vratni kralježak (Sl. 4) ima poprečni izdanak podijeljen na tri dijela s time da se *ventralni* dio oblikovao u *sagitalnu* ploču.

VII. vratni kralježak (Sl. 4) ima ove značajke: *processus spinosus* je izražen, nema *foramen transversarium* i ima zglobne površine za prvi par rebara – *foveae costales caudales*.

Prsni kralješci

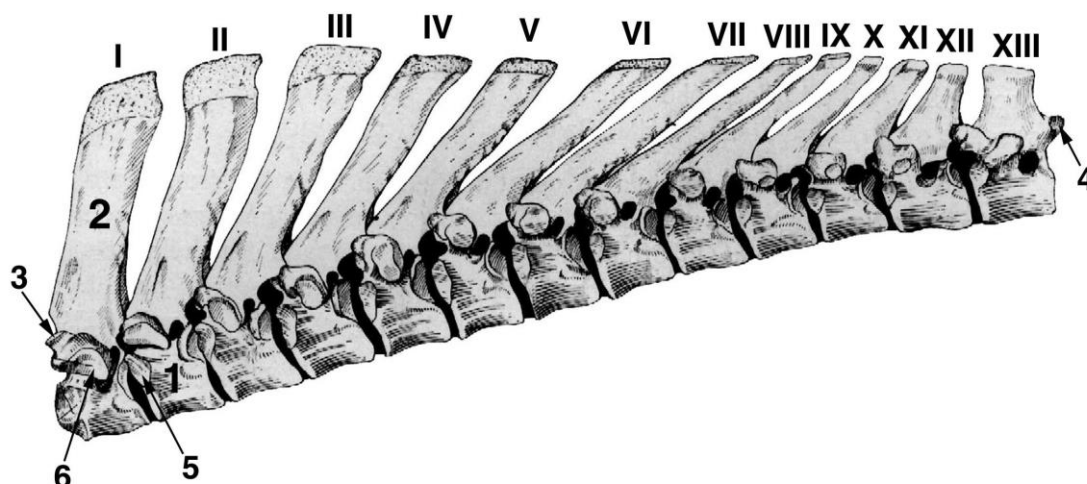
[*Vertebrae thoracicae*] (Sl. 10)

Tijelo prsnih kralježaka je kratko, izdanci su slabo razvijeni, osim trnastog koji je izrazito visok. Posjeduju zglobne udubine za rebra i to tri sa svake strane: *fovea costalis cranialis*, *fovea costalis caudalis* i *fovea costalis processus transversi*.

Vrsne specifičnosti:

Visina trnastih izdanaka u konja uzdiže se od 1. do 4. prsnog kralješka i čini osnovu grebena, od 4. do 8. se spušta naglo, od 8. do 12. nešto blaže opada, a od 12. do 18. su gotovo jednake visine. Trnasti izdanci do 16. prsnog kralješka nagnuti su *kaudalno* (*inclinatio*), dok je *processus spinosus* 16. kralješka okomit, tzv. *dijafragmatički* ili *antiklinalni*, a 17. i 18. su se nagnuli *kranijalno*.

Antiklinalni kralježak u goveda je 13., u psa 10., a u svinje 9.



Slika 10: Prsni kralješci goveda

1 *Corpus vertebrae*; 2 *proc. spinosus*; 3 *proc. articularis cranialis* prvog prsnog kralješka; 4 *proc. articularis caudalis*; 5 *fovea costalis cranialis*; 6 *fovea costalis proc. transversi*.

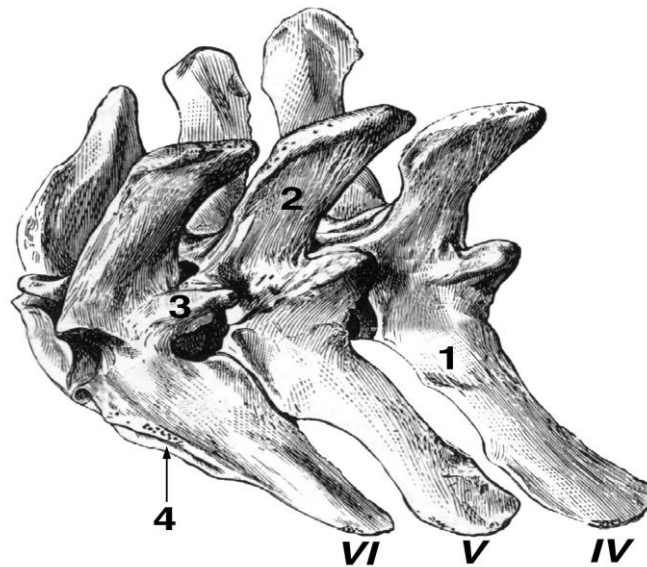
Slabinski kralješci

[*Vertebrae lumbales*] (Sl. 11)

Glavna značajka je da su izvanredno izraženi poprečni izdanci. Trnasti izdanci su podjednake visine i usmjereni su blago *kranijalno*. Izraženi su i sisasti izdanci koji su se stopili s prednjim zglobnim u *processus mamilloarticularis*.

Vrsne specifičnosti:

U konja je na stražnjem bridu poprečnog izdanka zadnjeg slabinskog kralješka zglobna površina za krila križne kosti. U goveda su se *processus mamilloarticularis* zavili *medijalno* poput kuka te je oblikovan čvrsti spoj među kralješcima radi velike težine probavnog trakta. U mesoždera poprečni izdanci nisu horizontalno položeni već usmjereni *ventro-kranio-lateralno*.



Slika 11: Posljednja tri slabinska kralješka konja

1 Proc. transversus; 2 proc. spinosus; 3 proc. mamilloarticularis; 4 zglobna površina za krila križne kosti.

Križni kralješci

[*Vertebrae sacrales*] (Sl. 12)

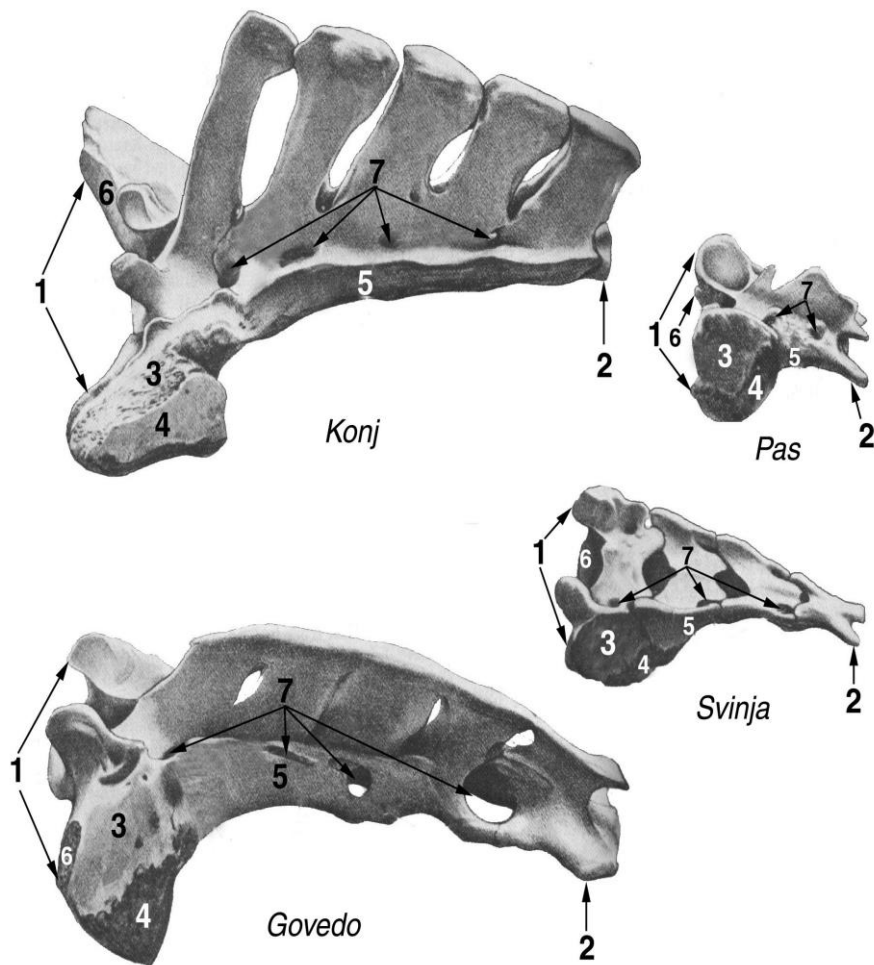
Križni kralješci međusobno su srasli u križnu kost – *os sacrum*. *Basis ossis sacri* nalazi se *kranijalno* i relativno je široka. *Lateralni* dio baze čine krila (*ala sacralis*) koja su prizmatičnog oblika sa zašiljenim vrhovima. *Dorzo-lateralno* svako krilo ima uškastu površinu (*facies auricularis*) koja se uzgobljuje s krilima crijevne kosti. Vrh – *apex ossis sacri kaudalni* je kraj križne kosti. Postrani dijelovi – *partes laterales* – predstavljaju dijelove postrano od međukralježnih otvora, nastale srašćivanjem poprečnih izdanaka svih križnih kralježaka.

Gornja površina (*facies dorsalis*) *medijano* nosi trnaste izdanke. Obostrano uz izdanke nalaze se maleni otvori – *foramina sacralia dorsalia* kroz koje izlaze živci za gornja područja sapi.

Donja površina, koja čini krov zdjelične šupljine, naziva se *facies pelvina*, a na njoj se nalaze obostrani prostraniji otvori – *foramina sacralia ventralia* – kroz koje izlaze živci za dijelove zdjeličnog uda.

Vrsne specifičnosti:

U konja trnasti izdanci međusobno su razdvojeni, a u goveda su stopljeni. U svinja trnastih izdanaka nema, a u mesoždera su veoma maleni.



Slika 12: Križna kost konja, goveda, psa i svinje

1 Basis ossis sacri; 2 apex ossis sacri; 3 ala sacralis; 4 facies auricularis; 5 pars lateralis; 6 zglobna površina za proc. transversus zadnjeg slabinskog kralješka; 7 foramina sacralia dorsalia.

Repni kralješci [*Vertebrae caudales*] (Sl. 4 i 13)

Pojedine značajke kralješka se postupno gube i preostaje samo valjkasto tijelo.



Slika 13: Križna kost i repni kralješci psa te utrobna kost (*os penis*)

Rebra

[*Costae*] (Sl. 14)

Na rebru razlikujemo:

- koštani dio – *os costale*
- hrskavični dio – *cartilago costalis*.

Koštani dio rebra tvore tijelo rebra – *corpus costae*, dorzalni kralježni okrajak – *extremitas vertebralis* i ventralni prsni okrajak – *extremitas sternalis*.

Prema mjestu spajanja rebrene hrskavice, rebra se dijele na (tablica 2):

- prava, nosilna rebra – *costae verae* – koja se svojim hrskavicama neposredno vežu na prsnu kost
- lažna, dišna rebra – *costae spuriae* – čije se hrskavice ne vežu za prsnu kost, već se spajaju međusobno i tvore rebreni luk – *arcus costalis*

- c) *najkaudalnija* rebra, kojima *distalni* okrajci slobodno završavaju u trbušnoj stijenci, nazivaju se slobodna rebra – *costae fluctuantes*.

Prsna kost

[*Sternum*] (Sl. 15)

Građena je od koštanih segmenata tzv. *sternebrae*, a međusobno su povezani hrskavičnim tkivom koje u starosti okošta.

Na prsnoj kosti razlikujemo:

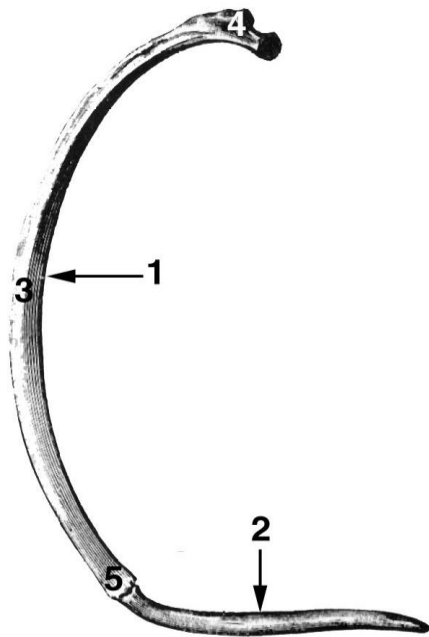
- kranijalni dio* – *manubrium sterni* (lat. *manubrium-ii*, n. – držak)
- srednji dio ili trup-*corpus sterni* i
- kaudalni dio* tzv. mačasti izdanak – *processus xiphoideus* s hrskavicom – *cartilago xiphoidea*.

Vrsne specifičnosti

U konja prsna kost je *latero-lateralno* spljoštena i s *ventralne* strane ima *medijano* smješten hrskavični greben – *crista sterni*, poput kobilice broda. U preživača i svinja *sternum* je spljošten *dorzo-ventralno*, a u mesoždera i kunića *sternebrae* su valjkastog oblika.

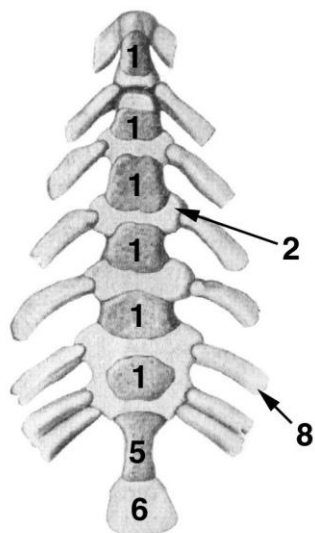
Tablica 2: Razlike u građi prsnog koša u domaćih sisavaca

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Broj pari rebara</i>	<i>C. verae + C. spuriae</i>	<i>Sternebre</i>
<i>Konj</i>	18	8+10	7
<i>Preživači</i>	13	8+5	7
<i>Svinja</i>	14	7+7	6
<i>Mesojedi</i>	13	9+4	8

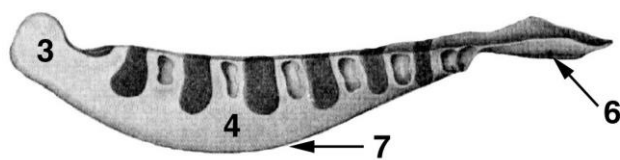


Slika 14: Lijevo rebro konja

1 Os costale; 2 cartilago costalis; 3 corpus costae; 4 extremitas vertebralis; 5 extremitas sternalis.



*Prsna kost
fetusa goveda - ventralni prikaz*



*Prsna kost odraslog konja
postrani prikaz*

Slika 15: Prsna kost fetusa goveda i odraslog konja

1 Sternebrae; 2 hrskavično spojno tkivo između susjednih sternebri; 3 manubrium sterni; 4 corpus sterni; 5 processus xiphoidea; 6 cartilago xiphoidea; 7 crista sterni; 8 costae.

Privjesni kostur

[Skeleton apendiculare]:

Privjesni kostur čine kosti prsnog i zdjeličnog uda.

Kosti prsnog uda [Ossa membri thoracici] (Sl. 4)

Podijelili smo ih na četiri zone od *proksimalnog* prema *distalnom* dijelu uda na:

- 1) Zonopodium:
 - a) gavranova kost ili *os coracoidea* (grč. *koraks* = gavran)
 - b) ključna kost ili *clavicula* (lat. *clavis, is, f.* = ključ)
 - c) lopatica ili *scapula*.

U vodozemaca, gmazova, ptica i nižih sisavaca u ramenom pojasu razvijene su sve tri kosti, u čovjeka i mačke ključna kost i lopatica, a u domaćih sisavaca samo lopatica.

- 2) *Stylopodium*: nadlaktična kost ili *humerus*.
- 3) *Zeugopodium*: podlaktične kosti ili *ossa antebrachii*.
- 4) *Autopodium*:
 - a) *basipodium* – zapeščajne kosti ili *ossa carpi*
 - b) *metapodium* – kosti pesti ili *ossa metacarpalia*
 - c) *acropodium* – kosti prstiju ili *ossa digitorum manus*.

Lopatica

[Scapula] (Sl. 16)

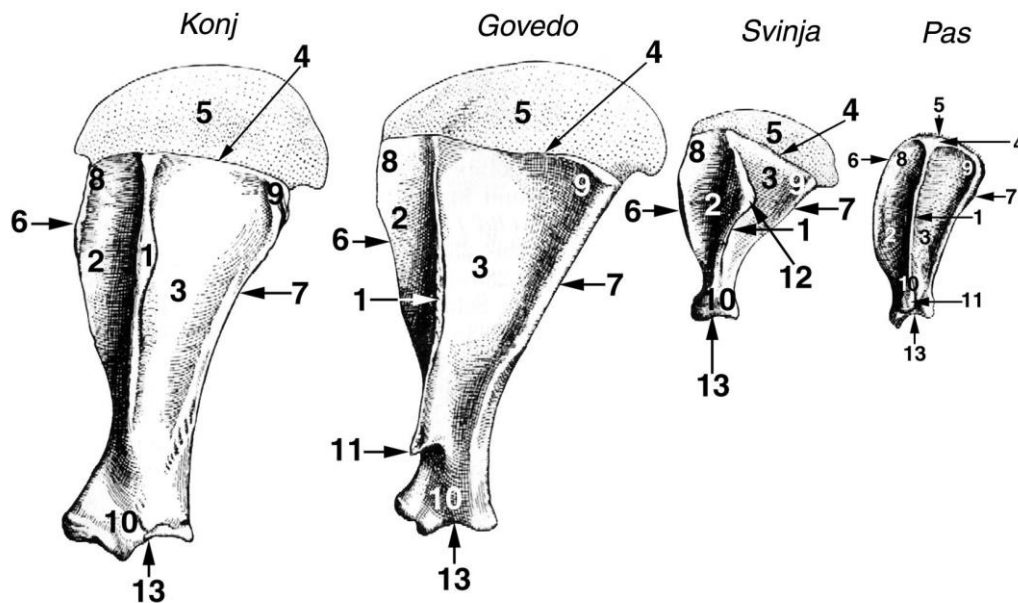
Plosnata, trokutasta kost, snažnim je mišićima vezana za kralježnicu, rebra i prsnu kost, a *distalno* se uzglobljuje s nadlaktičnom kosti. Na njoj se razlikuju dvije površine, tri brida i tri kuta. Vanjska površina – *facies lateralis* podijeljena je lopatičnim grebenom (*spina scapulae*) na užu nadgrebensku udubinu (*fossa supraspinata*) i podgrebensku, nešto širu udubinu (*fossa infraspinata*). Unutarnja površina – *facies costalis* – ima središnji dio blago udubljen u *fossa subscapularis*. Gornji brid lopatice – *margo dorsalis* nosi lopatičnu hrskavicu (*cartilago scapulae*), a prednji brid – *margo cranialis* u *distalnom* dijelu usječen je i završava lopatičnom kvrgom. Stražnji brid lopatice je *margo caudalis*.

Bridovi zatvaraju tri kuta. Prednji kut lopatice je *angulus cranialis*, a stražnji je *angulus caudalis*. Donji kut lopatice – *angulus ventralis* – nosi zglobnu površinu za nadlaktičnu kost.

Vrsne specifičnosti:

U konja greben lopatice *distalno* postaje sve niži i nestaje, u goveda je cijela lopatica šira, a greben u *distalnom* dijelu tvori šiljak ili *acromion* (grč. *akros* = krajnji, *omos* = rame). U svinja je lopatica veoma široka, a greben se u srednjem dijelu trokutasto proširuje i nadvija nad

podgrebensku jamu. U pasa je lopatica nešto uža, greben se dijeli u dvije podjednake udubine, a *acromion* je kratak i zaobljen.



Slika 16: Lopatica konja, goveda, svinje i psa – facies lateralis

1 *Spina scapulae*; 2 *fossa supraspinata*; 3 *fossa infraspinata*; 4 *margo dorsalis*; 5 *cartilago scapulae*; 6 *margo cranialis*; 7 *margo caudalis*; 8 *angulus cranialis*; 9 *angulus caudalis*; 10 *angulus ventralis*; 11 *acromion*; 12 *trokutasto proširenje lopatičnog grebena*; 13 *zglobna površina*.

Nadlaktična kost [*Humerus*] (Sl. 17)

Tipična je duga kost koju mišići vežu za glavu, vratne kralješke, prsnu kost, prsne kralješke i lopaticu.

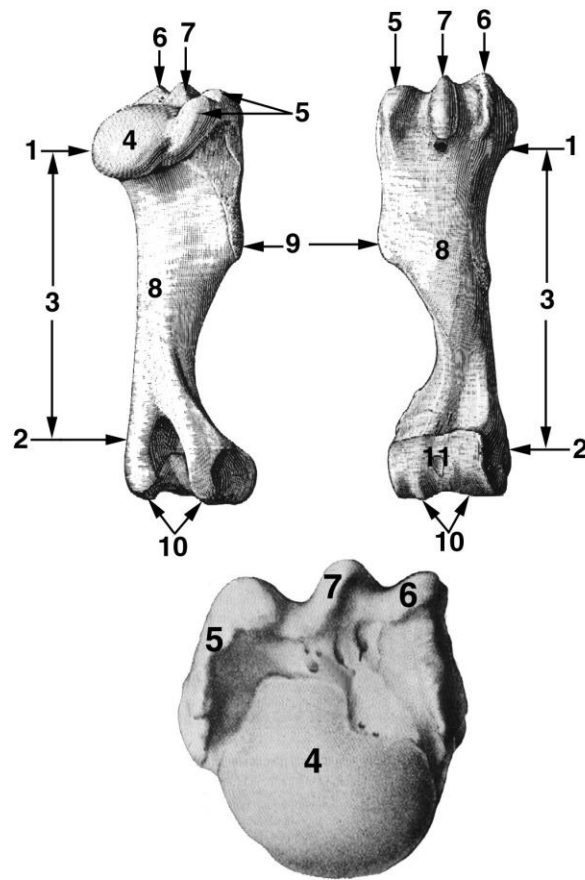
Proksimalni okrajak ili *epiphysis proximalis* je s izraženom glavom ili *caput humeri*.

Sa strana glave smještene su dvije kvrge i to *lateralno* veća *tuberculum majus*, a *medijalno* manja *tuberculum minus*. *Distalni* okrajak ili *epiphysis distalis* je oblikovan u *kondil – condylus humeri* (grč. *kondilos* = zglob prsta), a na njemu je valjkasta zglobna površina ili *trochlea humeri* (lat. *trochlea, -ae, f.* = valjak). Trup ili *corpus humeri* je srednji dio. On je spiralno oblikovan, a na njegovoj *lateralnoj* površini izražena je koštana izbočina – *tuberositas deltoidea*.

Vrsne specifičnosti:

U konja su obje snažne kvrge *proksimalnog* okrajka podijeljene na *kranijalni* i *kaudalni* dio, a između njih je *tuberculum intermedium*. U goveda *tuberculum majus* znatno je snažniji i viši nego *tuberculum minus*. U svinja je nadlaktična kost sa strana spljoštena, a *tuberculum majus*

je snažniji i viši. Cijela kost odaje dojam zbijenosti i nezgrapnosti. U pasa je nadlaktična kost izdužena i vitka, a na njezinom *distalnom* okraju je otvor – *foramen supratrochleare*.



Slika 17: Nadlaktična kost konja

1 Epiphysis proximalis; 2 epiphysis distalis; 3 diaphysis; 4 caput humeri; 5 tuberculum majus; 6 tuberculum minus; 7 tuberculum intermedium; 8 corpus humeri; 9 tuberositas deltoidea; 10 condylus humeri; 11 trochlea humeri.

Podlaktične kosti [*Ossa antebrachii*] (Sl. 18)

Podlaktične kosti su dvije: *medijalno* je palčana kost ili *radius*, a *lateralno* je lakatna kost ili *ulna*. Prostor između njih naziva se *spatium interosseum antebrachii*. Palčana kost tipična je duga kost, a njezina *proksimalna* epifiza proširena je u glavu ili *caput radii*. Središnji dio je *corpus radii* koji je izvinut prema naprijed, a *distalna* epifiza je proširena i nosi zglobnu površinu za uzglobljenje sa zapeščajnim kostima – *facies articularis carpea*. *Proksimalni* okrajak *ulne* izrazito nadvisuje *radius* tzv. *olecranon* s lakatnom kvrgom ili *tuber olecrani*.



Slika 18: Kostii prsnog uda konja

1 *Scapula*; 2 *humerus*; 3 *radius*; 4 *ulna*; 5 *ossa carpi*; 6 *ossa metacarpalia*; 7 *ossa sesamoidea proximalia*; 8 *ossa digitorum manus*; 9 *spatium interosseum antebrachii*; 10 *caput radii*; 11 *corpus radii*; 12 *facies articularis carpea*; 13 *olecranon*; 14 *tuber olecrani*; 15 *os carpi accessorium*.

Vrsne specifičnosti:

U konja *ulna* dopire do polovice *radiusa*, a u goveda i svinja je u potpunosti razvijena, stopila se s *radiusom* te postoje dva uska prostora između *ulne* i *radiusa*. U mesoždera nalaze se između te dvije kosti dva zgloba te su moguće specijalne kretnje – *supinacija* i *pronacija*.

Zapeščajne kosti

[*Ossa carpi*] (Sl. 18, 19 i 20)

U domaćih sisavaca zapeščajnih kostiju je osam i to četiri u *proksimalnom* redu te četiri u *distalnom* redu.

<i>PROKSIMALNI RED</i>			
<i>MEDIJALNO</i>		<i>LATERALNO</i>	
<i>os carpi radiale</i>	<i>os carpi intermedium</i>	<i>os carpi ulnare</i>	<i>os carpi accessorium</i>

<i>DISTALNI RED</i>			
<i>MEDIJALNO</i>		<i>LATERALNO</i>	
<i>os carpale primum</i>	<i>os carpale secundum</i>	<i>os carpale tertium</i>	<i>os carpale quartum</i>

Vrsne specifičnosti:

U konja je izraženo 7 *karpalnih* kostiju, jer nema prve. U goveda je 6 *karpalnih* kostiju: prve nema, a druga i treća su se stopile. U mesoždera je 7 *karpalnih* kostiju, jer su srasle *os carpi radiale* i *os carpi intermedium*. U svinja je osam *karpalnih* kostiju.

Kosti pesti

[*Ossa metacarpalia*]

Poprečni prerez *dijafize metakarpalnih* kostiju je eliptičan. Razvijen je različit broj *metakarpalnih* kostiju u domaćih sisavaca.

Vrsne specifičnosti:

U konja su razvijene: *os metacarpale secundum, tertium i quartum*. U konja je u funkciji samo treća *metakarpalna* kost s jedinstvenom *distalnom* zglobnom površinom za *proksimalni* članak trećeg prsta. S njezine *medijalne* strane, uz *proksimalnu epifizu*, nalazi se druga, *metakarpalna*, a s *lateralne* strane četvrta *metakarpalna*, kost. Druga i četvrta su kraće od treće, a nazivamo ih štunci.

U goveda su razvijene dvije *metakarpalne* kosti: velika, nastala stapanjem *os metacarpale tertium i quartum*, distalno podijeljena u dvije zglobne površine za treći i četvrti prst i mala *metakarpalna* kost, peta – *os metacarpale quintum*, veličine 3 – 4 cm. Proksimalni je rudimentarni ostatak, smješten s *lateralne* strane.

U svinja su razvijene četiri *metakarpalne* kosti – *os metacarpale secundum, tertium, quartum i quintum*. III. i IV. su duže i snažnije te se na njih nastavljaju glavni III. i IV. prst, a II. i V. su slabije i kraće i na njih se nastavljaju sporedni prsti.

U pasa je razvijeno svih 5 *metakarpalnih* kostiju i svih 5 prstiju.

Kosti prstiju prsnog uda

[*Ossa digitorum manus*]

Svaki prst ili *digitus* sastoji se od tri koštana članka: putična kost ili *phalanx proximalis*, krunska kost ili *phalanx media*, kopitna kost, papčana kost, pandžasta kost ili *phalanx distalis*. Uza svaki prst s *palmarne* strane razvijene su po tri *sezamoidne* kosti, dvije *proksimalne* i jedna *distalna*.

Vrsne specifičnosti:

U konja je razvijen i u funkciji samo treći prst, a *distalna sezamoidna* kost naziva se žabična kost.

U goveda su u potpunosti razvijeni treći i četvrti prst.

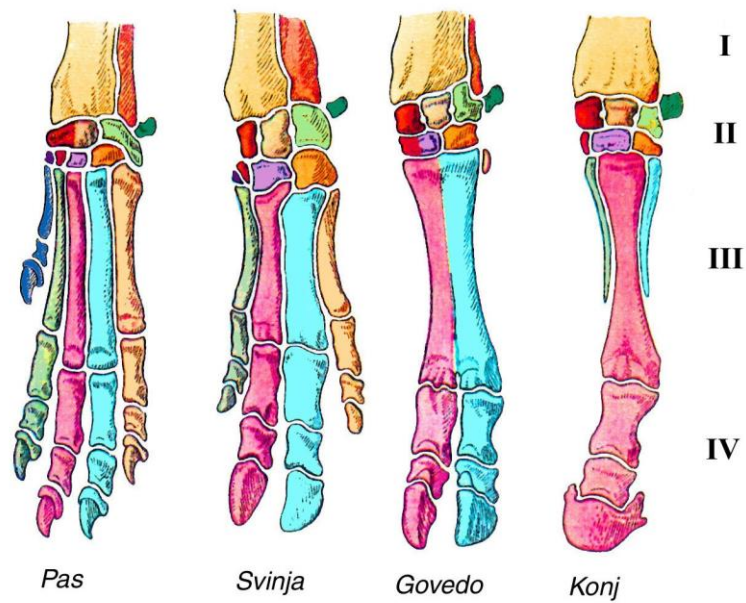
U svinja su razvijena četiri prsta, no članci trećeg i četvrtog prsta su duži i snažniji, a drugog i petog kraći i slabiji.

U pasa je razvijeno svih pet prstiju, ali prvi prst ima samo dva članka te je znatno kraći i ne dodiruje tlo.

Kopitna kost ima tri površine i dva ruba:

- zglobna površina ili *facies articularis*
- dorzalna površina ili *facies parietalis*
- tabanska površina ili *facies solearis*
- *proksimalni*, krunski rub ili *margo coronalis* i
- *distalni*, potplatni rub ili *margo solearis*.

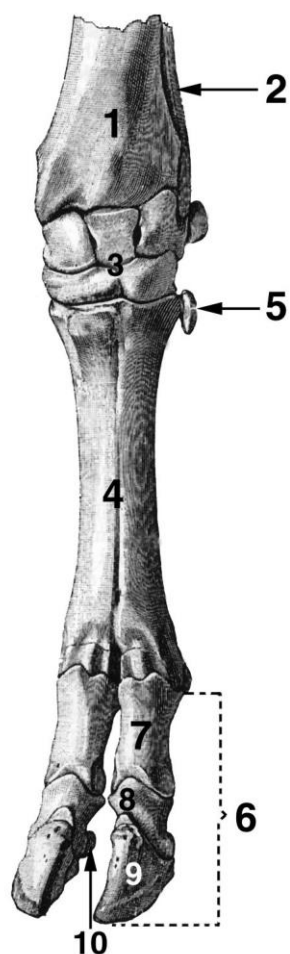
Strmija stijenka kopitne kosti je s *medijalne*, a položenija s *lateralne* strane. *Margo solearis* je pravilno polukružno zaobljen na kopitnoj kosti prsnog uda, a ako je šiljat i izdužen prema naprijed, tada se radi o kopitnoj kosti zdjeličnog uda.



<table border="1"> <tr><td style="background-color: #f9e79f;"></td><td>Radius</td></tr> <tr><td style="background-color: #f4a460;"></td><td>Ulna</td></tr> <tr><td style="background-color: #e31a1c;"></td><td>Os carpi radiale</td></tr> <tr><td style="background-color: #f4b084;"></td><td>Os carpi intermedium</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;"></td><td>Os carpi ulnare</td></tr> </table>		Radius		Ulna		Os carpi radiale		Os carpi intermedium		Os carpi ulnare	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #008000;"></td><td>Os carpi accessorium</td></tr> <tr><td style="background-color: #4b0082;"></td><td>Os carpale primum</td></tr> <tr><td style="background-color: #e31a1c;"></td><td>Os carpale secundum</td></tr> <tr><td style="background-color: #c080f0;"></td><td>Os carpale tertium</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff8c00;"></td><td>Os carpale quartum</td></tr> </table>		Os carpi accessorium		Os carpale primum		Os carpale secundum		Os carpale tertium		Os carpale quartum	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #0000ff;"></td><td>Os metacarpale primum et ossa digiti I</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;"></td><td>Os metacarpale secundum et ossa digiti II</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff69b4;"></td><td>Os metacarpale tertium et ossa digiti III</td></tr> <tr><td style="background-color: #00bfff;"></td><td>Os metacarpale quartum et ossa digiti IV</td></tr> <tr><td style="background-color: #f4a460;"></td><td>Os metacarpale quintum et ossa digiti V</td></tr> </table>		Os metacarpale primum et ossa digiti I		Os metacarpale secundum et ossa digiti II		Os metacarpale tertium et ossa digiti III		Os metacarpale quartum et ossa digiti IV		Os metacarpale quintum et ossa digiti V
	Radius																															
	Ulna																															
	Os carpi radiale																															
	Os carpi intermedium																															
	Os carpi ulnare																															
	Os carpi accessorium																															
	Os carpale primum																															
	Os carpale secundum																															
	Os carpale tertium																															
	Os carpale quartum																															
	Os metacarpale primum et ossa digiti I																															
	Os metacarpale secundum et ossa digiti II																															
	Os metacarpale tertium et ossa digiti III																															
	Os metacarpale quartum et ossa digiti IV																															
	Os metacarpale quintum et ossa digiti V																															

Slika 19: Kosti zapešća, pesti i prstiju psa, svinje, goveda i konja

I Ossa antebrachii; II ossa carpi; III ossa metacarpalia; IV ossa digitorum manus.



Slika 20: Podlaktične kosti, zapeščajne kosti, kosti pesti i kosti prstiju goveda

1 Radius; 2 ulna; 3 ossa carpi; 4 os metacarpale III+IV; 5, os metacarpale V; 6 ossa digitorum manus; 7 phalanx proximalis; 8 phalanx media; 9 phalanx distalis; 10 os sesamoideum distale.

Kosti zdjeličnog uda

[Ossa membri pelvini] (Sl. 4)

1. *Zonopodium*: kosti zdjeličnog pojasa – *os coxae* ili bočna kost.
2. *Stylopodium*: bedrena kost i iver – *os femoris* i *patella*.
3. *Zeugopodium*: potkoljениčne kosti – *ossa cruris*.
4. *Autopodium*:
 - a) *basipodium* – zastopalne kosti ili *ossa tarsi*
 - b) *metapodium* – stopalne kosti ili *ossa metatarsalia*
 - c) *acropodium* – kosti prstiju zdjeličnog uda ili *ossa digitorum pedis*.

Zdjelica

[*Pelvis*] (Sl. 21 i 22)

Zdjelicu čine lijeva i desna *os coxae* koje se spajaju *ventralno* i *medijano* u *symphysis pelvina*, a u čijem oblikovanju ne sudjeluje *os ilium*. Lijevu ili desnu *os coxae* čine po tri kosti koje su se međusobno stopile u zglobnoj čašici ili *acetabulum*. Te tri kosti su:

- a. crijevna kost ili *os ilium*
 - b. sjedna kost ili *os ischii*
 - c. sramna kost ili *os pubis*.
- a. *Os ilium* sastoji se iz tijela i krila.
 - 1) Tijelo crijevne kosti ili *corpus ossis* ili, s *kranijalne* strane nosi kvržicu ili *tuberculum musculus psoas minoris*.
 - 2) Krilo crijevne kosti ili *ala ossis ilii* – ima dvije površine:
 - a) sapna površina ili *facies glutea*
 - b) zdjelična površina ili *facies sacropelvina* i na njoj uškasta površina ili *facies auricularis* kojom se uzgobljuje s uškastom površinom na krilima križne kosti; krila s *lateralne* strane imaju bočnu kvrgu ili *tuber coxae*, a s *medijalne* križnu kvrgu ili *tuber sacrale*.
 - b. *Os ischii* smještena je *kaudalno* i *ventralno*. Završava snažnom sjednom kvrgom ili *tuber ischiadicum*, a lijevu i desnu kvrgu spaja udubljeni sjedni luk ili *arcus ischiadicus*. S njezine *kranijalne* strane nalazi se ovalni otvor ili *foramen obturatum*.
 - c. *Os pubis* smještena je *kranijalno* na dnu zdjelice. Sastoji se od: tijela ili *corpus ossis pubis* te *kranijalne* i *kaudalne* grane. *Kranijalni* rub ili *pecten ossis pubis* ima izbočinu ili *eminentia iliopubica*. *Medijano* s *dorsalne* i *ventralne* strane nalaze se uzvišenja ili *tuberculum pubicum dorsale* i *tuberculum pubicum ventrale*.

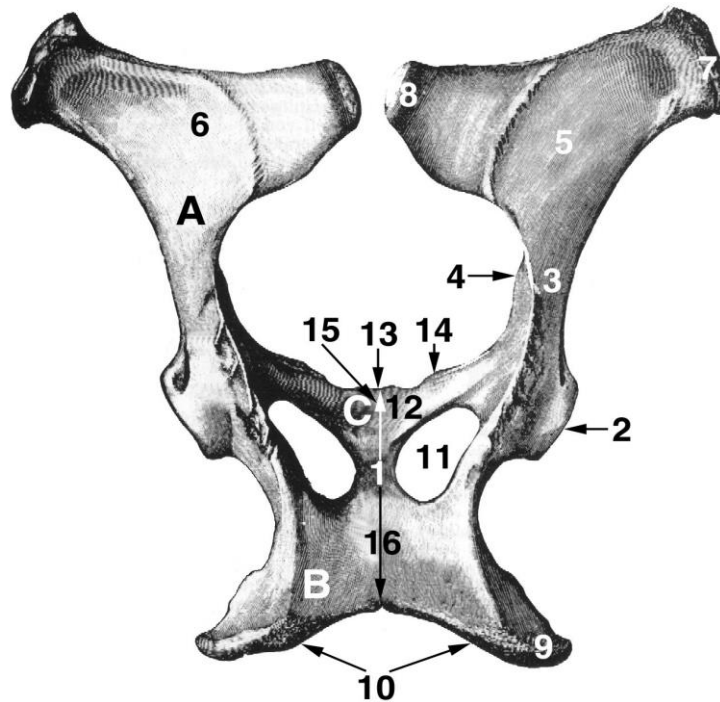
Koštano dno zdjelice, koje oblikuju lijeva i desna sramna i sjedna kost, naziva se *solum pelvis osseum*. *Kranijalno* je ulaz u zdjelicu ili *apertura pelvis cranialis*, a *kaudalno* je izlaz iz zdjelice ili *apertura pelvis caudalis*.

Spolni dimorfizam u zdjeličnom pojasu ima sljedeće pokazatelje:

- a. Ženke:
 - 1) *Kranijalna* polovica dna zdjelice je konkavna.
 - 2) Zdjelični ulaz i izlaz su široki i zaobljeni.
 - 3) *Tuberculum pubicum dorsale* nije izražen.
- b. Mužjaci:
 - 1) Sramna kost *medijano* ima izražen *tuberculum pubicum dorsale*.
 - 2) *Kranijalna* polovica dna zdjelice je konveksna.
 - 3) Zdjelični ulaz i izlaz su suženi i sroliki.

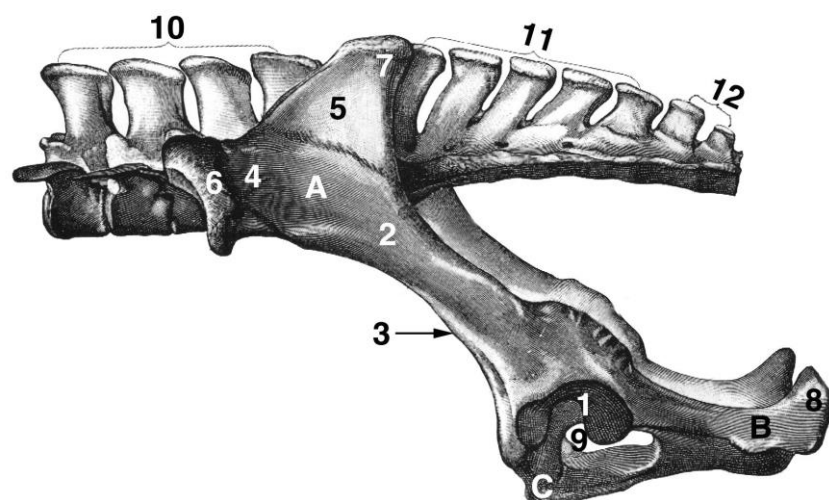
Vrsne specifičnosti:

U goveda sjedna kvrge je razvijena u tri manje kvрге. *Acetabulum* nije cjelovit jer je izražena *incisura acetabuli* ili usjek zglobne čašice koju za života presvođuje *ligamentum transversum acetabuli*.



Slika 21: Zdjelica konja – dorzo-kaudalna strana

A Os ilium; B os ischii; C os pubis; 1 symphysis pelvina; 2 acetabulum; 3 corpus ossis ilii; 4 tuberculum musculus psoas minoris; 5 facies glutea; 6 ala ossis ilii; 7 tuber coxae; 8 tuber sacrale; 9 tuber ischiadicum; 10 arcus ischiadicus; 11 foramen obturatum; 12 corpus ossis pubis; 13 pecten ossis pubis; 14 eminentia iliopubica; 15 tuberculum pubicum dorsale; 16 solum pelvis osseum.



Slika 22: Zdjelica, 4 posljednja slabinska kralješka, križna kost i prva dva repna kralješka konja

A Os ilium; B os ischii; C os pubis; 1 acetabulum; 2 corpus ossis ilii; 3 tuberculum musculus psoas minoris; 4 facies glutea; 5 ala ossis ilii; 6 tuber coxae; 7 tuber sacrale; 8 tuber ischiadicum; 9 foramen obturatum; 10 četiri posljednja slabinska kralješka; 11 križna kost; 12 prva dva repna kralješka.

Bedrena kost

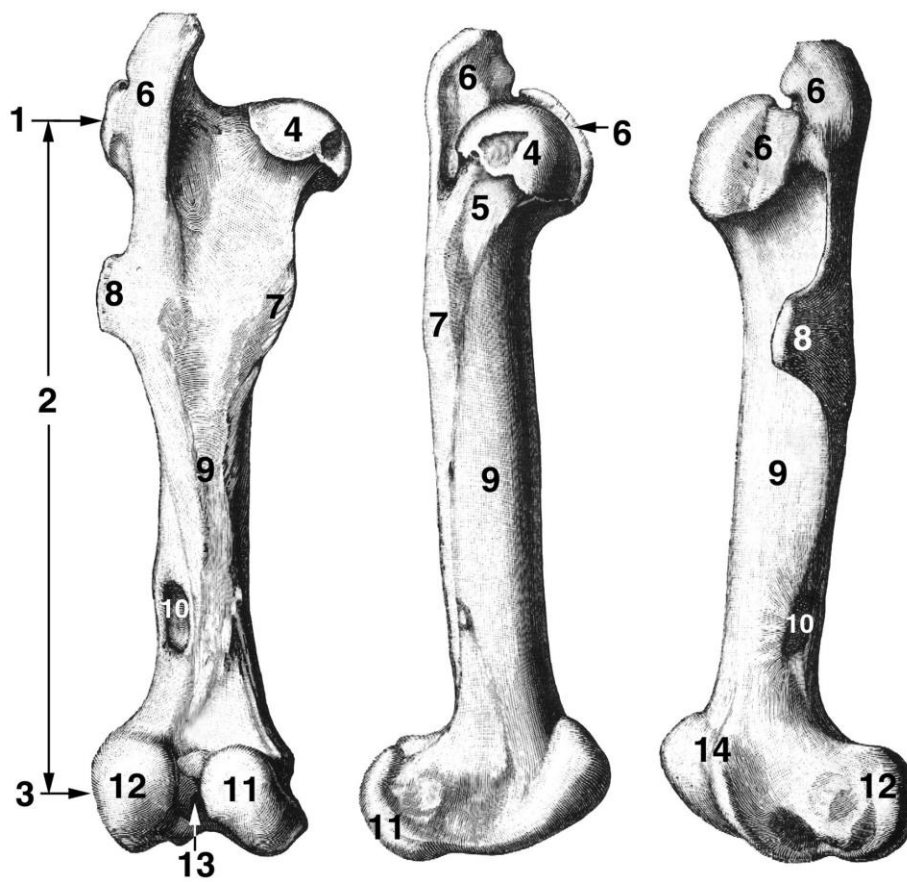
[Os femoris] (Sl. 23)

Najsnažnija kost tijela, tipična duga kost, za života obložena masivnim mišićima te nije opipom dostupna. Na *epiphysis proximalis* s *medijalne* strane nalazi se kuglasta glava ili *caput ossis femoris* koja se uzglobljuje s *acetabulumom*. Podno glave je vrat ili *collum ossis femoris*, s *lateralne* strane je snažna kvrga ili *trochanter major*, a s *medijalne* strane je nešto manja ili *trochanter minor*.

Vrsna specifičnost:

U konja s *lateralne* strane izražena je još i treća kvrga ili *trochanter tertius*.

Diaphysis ili *corpus ossis femoris* ima udubljenje s *kaudalne* strane, a naziva se *fossa supracondylaris*. Na *epiphysis distalis* izražene su i snažne vezivne kvрге ili *condylus lateralis* i *condylus medialis*, a između njih je duboka jama ili *fossa intercondylaris*. S *kranijalne* strane nalazi se valjkasta ploha ili *trochlea ossis femoris* po kojoj klizi *patella*.



Slika 23: Bedrena kost konja

1 *Epiphysis proximalis*; 2 *diaphysis*; 3 *epiphysis distalis*; 4 *caput ossis femoris*; 5 *collum ossis femoris*; 6 *trochanter major*; 7 *trochanter minor*; 8 *trochanter tertius*; 9 *corpus ossis femoris*; 10 *fossa supracondylaris*; 11 *condylus medialis*; 12 *condylus lateralis*; 13 *fossa intercondylaris*; 14 *trochlea ossis femoris*.

Iver

[*Patella*] (Sl. 24)

To je velika *sezamoidna* kost uklopljena u završnu tetivu m. *quadriceps femoris*. Proksimalni dio naziva se *basis patellae*, a šiljak okrenut *distalno* – *apex patellae*. Zglobna površina kojom klizi po *femuru* naziva se *facies articularis*. Kranijalna ploha ili *facies cranialis* za života priliježe uz kožu i zato se naziva još i *planum cutaneum patellae*.

Potkoljениčne kosti

[Ossa cruris] (Sl. 24)

To su dvije duge kosti od kojih je snažnija i *medijalno* smještena goljениčna kost ili *tibia*, a slabija i *lateralno* smještena je lisna kost ili *fibula*.

Između njih je međukoštani potkoljениčni prostor ili *spatium interosseum cruris*.

Goljениčna kost

[Tibia] (Sl. 24)

Tipična duga kost, a *epiphysis proximalis* nosi *condylus lateralis* i *condylus medialis* koji s *proksimalne* strane imaju ravnu zgloбnu plohu ili *facies articularis proximalis*. Između kondila nalazi se uzvišenje ili *eminentia intercondylaris* za koju se drže ligamenti koljenog zgloба. S *kranijalne* strane nalazi se kvrgasto izbočenje ili *tuberositas tibiae* koje se *distalno* nastavlja u greben ili *margo cranialis*.

Corpus tibiae na poprečnom prerezu je trokutast.

Epiphysis distalis nosi sa strana gležnjeve ili *malleolus lateralis* i *malleolus medialis*. *Distalna* je zgloбna ploha oblikovana poput pužnice ili *cochlea tibiae*.

Vrsne specifičnosti:

Kod konja su usporedne udubine na pužnici položene koso, a kod svih drugih *sagitalno*.

Lisna kost

[Fibula] (Sl. 24)

Različito je razvijena u domaćih sisavaca.

Vrsne specifičnosti:

U konja je razvijena u *proksimalnoj* polovici *tibije*, a između njih je međukoštani potkoljениčni prostor.

U goveda *fibula* je ostala razvijena samo u svom *proksimalnom* i *distalnom* okrajku. *Proksimalni* ostatak se stopio s *lateralnim kondilom tibije*, a *distalni* ostatak je zasebna mala kost četvrtastog oblika ili *os malleolare*.

U svinja i mesojeda u potpunosti je razvijena te nosi *lateralni* gležanj ili *malleolus lateralis*.

Zastopalne kosti
[Ossa tarsi] (Sl. 25)

Složene su u tri reda. *Proksimalni* red uzglobljuje se s potkoljениčnim kostima.

<i>Proksimalni red</i>	
<i>MEDIJALNO</i> <i>Talus</i> ili gležanjska kost	<i>LATERALNO</i> <i>Calcaneus</i> ili petna kost
<i>Srednji red</i>	
<i>os tarsi centrale</i> ili središnja zastopalna kost	
<i>Distalni red</i>	
<i>MEDIJALNO</i> <i>os tarsale primum</i> <i>os tarsale secundum</i>	<i>LATERALNO</i> <i>os tarsale tertium</i> <i>os tarsale quartum</i>

Vrsne specifičnosti:

U pasa i svinja razvijene su sve zastopalne kosti.

U konja su se *os tarsale primum* i *os tarsale secundum* stopile te ima 6 zastopalnih kostiju.

U goveda su se stopile *os tarsale secundum* i *os tarsale tertium* te *os tarsi centrale* i *os tarsale quartum*, tako da ukupno ima 5 zastopalnih kostiju.

Stopalne kosti

[Ossa metatarsalia] (Sl. 24 i 25)

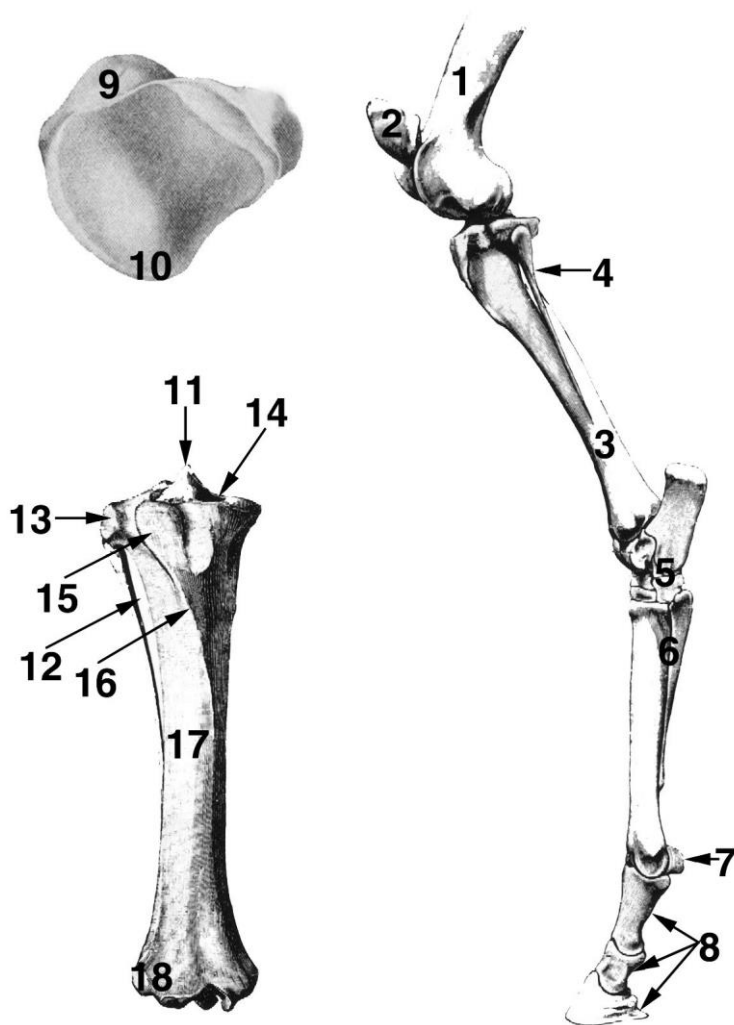
Vrsne specifičnosti:

U konja su razvijene tri stopalne kosti, a u funkciji je samo treća *metatarzalna* kost. S *plantarne* strane su znatno kraće druga i četvrta *metatarzalna* kost – štunci.

U goveda su razvijene dvije *metatarzalne* kosti, velika i mala. Veliku čine stopljene treća i četvrta, koje su *distalno* razdvojene, a mala je druga, smještena s *medijalne* strane uz *proksimalnu* epifizu velike *metatarzalne* kosti.

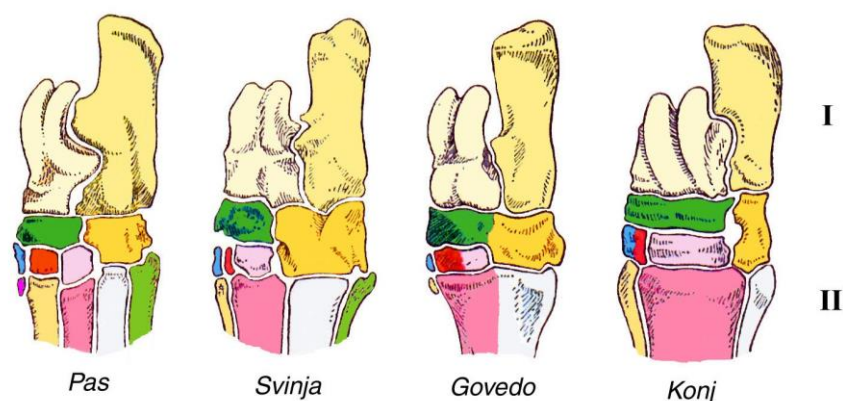
U svinja su razvijene četiri *metatarzalne* kosti (II.–V.) s tim da su treća i četvrta duže i snažnije, a druga i peta kraće i slabije.













U mesoždera je razvijeno svih pet *metatarzalnih* kostiju.



Slika 24: Iver, bedrena, potkoljenične, zastopalne i stopalne kosti te kosti prstiju konja

1 Femur; 2 patella; 3 tibia; 4 fibula; 5 ossa tarsi; 6 ossa metatarsalia; 7 ossa sesamoidea proximalia; 8 ossa digitorum pedis; 9 basis patellae; 10 apex patellae; 11 eminentia intercondylaris; 12 spatium interosseum cruris; 13 condylus lateralis tibiae; 14 facies articularis proximalis; 15 tuberositas tibiae; 16 margo cranialis; 17 corpus tibiae; 18 malleolus lateralis.



	Talus		Os tarsale secundum		Os metatarsale secundum
	Calcaneus		Os tarsale tertium		Os metatarsale tertium
	Os tarsi centrale		Os tarsale quartum		Os metatarsale quartum
	Os tarsale primum		Os metatarsale primum		Os metatarsale quintum

Slika 25: Zastopalne i stopalne kosti psa, svinje, goveda i konja

I Ossa tarsi; II ossa metatarsalia.

Kosti prsta zdjeličnog uda

[Ossa digitorum pedis] (Sl. 26)

Svaki prst ili *digitus* sastoji se od tri koštana članka: putična kost ili *phalanx proximalis*, krunska kost ili *phalanx media*, kopitna kost, papčana kost, pandžasta kost ili *phalanx distalis*. Uz svaki prst s *plantarne* strane razvijene su po tri *sezamoidne* kosti, dvije *proksimalne* i jedna *distalna*.

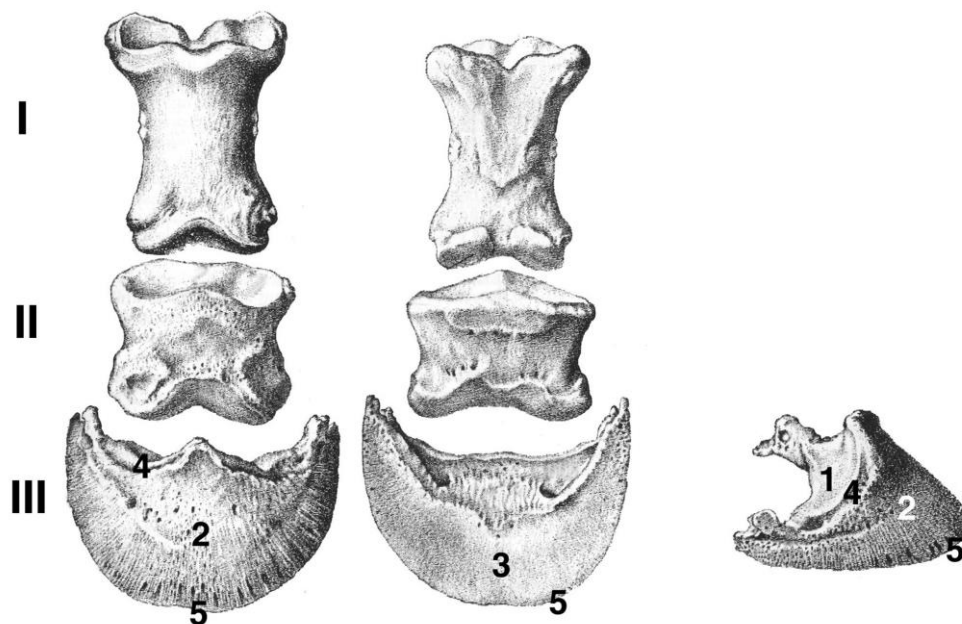
Vrsne specifičnosti:

U konja je razvijen i u funkciji samo treći prst, a *distalna sezamoidna* kost naziva se žabična kost.

U goveda je u potpunosti razvijen treći i četvrti prst.

U svinja su razvijena četiri prsta, no članci trećeg i četvrtog prsta su duži i snažniji, a drugog i petog kraći i slabiji.

U pasa je razvijeno svih pet prstiju, ali prvi prst ima samo dva članka te je znatno kraći i ne dodiruje tlo.



Slika 26: Kostri prsta konja

I Phalanx proximalis; II phalanx media; III phalanx distalis; 1 facies articularis; 2 facies parietalis; 3 facies solearis; 4 margo coronalis; 5 margo solearis.

Kosti glave (Sl. 27)

To je najsloženiji dio osovinskog kostura u kojem su koncentrirani najvažniji osjetni organi i mozak, a predstavlja čvrstu podlogu za mišiće te oblikuje usnu, lubanjsku i nosnu šupljinu.

Kosti glave dijelimo na:

- a) lubanjske kosti ili *ossa cranii* - uokviruju lubanjsku šupljinu i osjetne organe.
 - b) kosti lica ili *ossa faciei* - uokviruju nosnu i usnu šupljinu, a podupiru ždrijelo, grkljan i korijen jezika.
- a. Kosti lubanje (*ossa cranii*)
Podijeljene su na:
 1. Neparne:
 - 1) zatiljna kost ili *os occipitale*
 - 2) sitasta kost ili *os ethmoidale*
 - 3) klinasta kost ili *os sphenoidale*
 - 4) međutjemena kost ili *os interparietale*.

2. Parne:

- 1) tjemena kost ili *os parietale*
- 2) sljepoočna kost ili *os temporale*
- 3) čeona kost ili *os frontale*.

b. Kosti lica (*ossa faciei*)

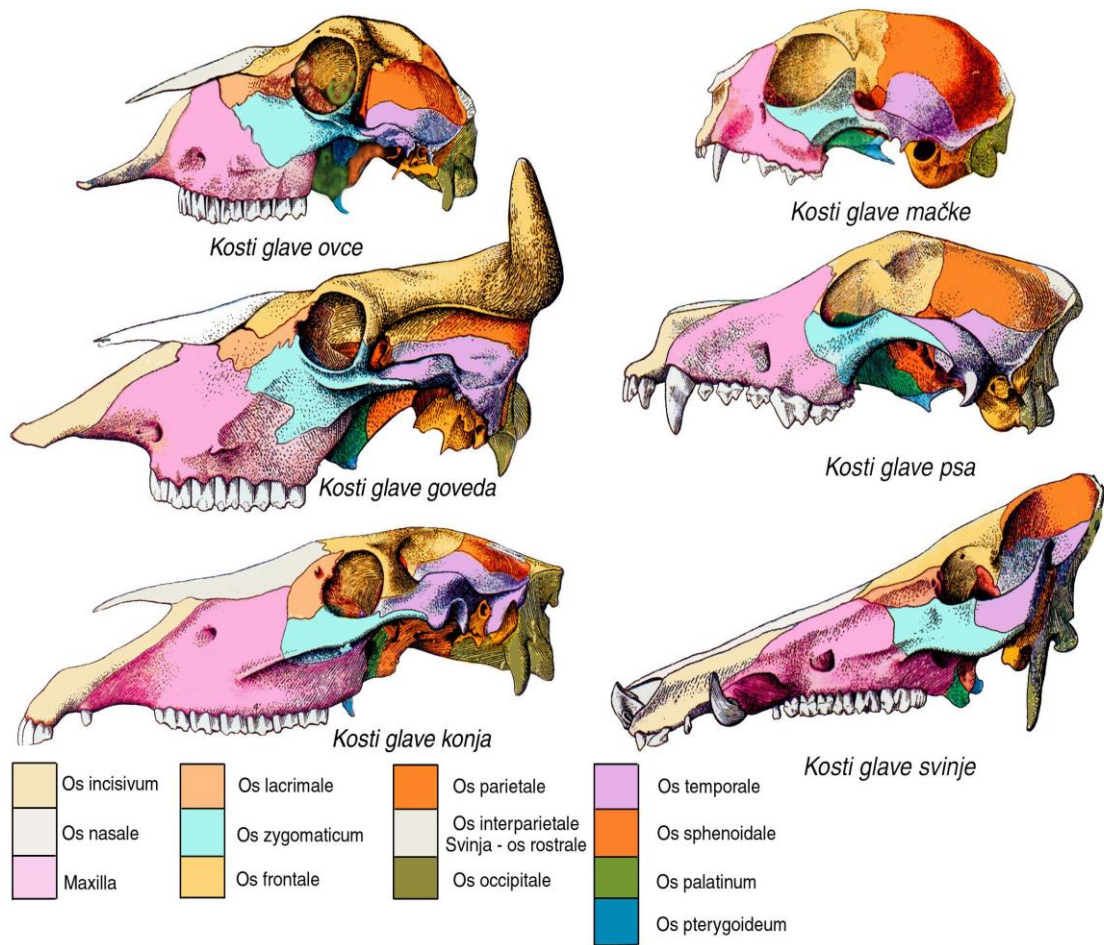
Kosti lica u domaćih sisavaca znatno su bolje izražene od lubanjskih kostiju, a također su podijeljene na:

1. Neparne:

- 1) donja čeljust ili *mandibula*
- 2) ralo ili *vomer*
- 3) jezična kost ili *apparatus hyoideus*.

2. Parne:

- 1) gornja čeljust ili *maxilla*
- 2) sjekutična kost ili *os incisivum*
- 3) nepčana kost ili *os palatinum*
- 4) nosna kost ili *os nasale*
- 5) suzna kost ili *os lacrimale*
- 6) jagodična kost ili *os zygomaticum*
- 7) krilasta kost ili *os pterygoideum*
- 8) *ventralna* nosna školjka ili *os conhae nasalis ventralis*.



Slika 27: Kosti glave ovce, goveda, konja, mačke, psa i svinje
Bez jezične kosti i donje čeljusti.

2.3.2. *Nauka o spojevima kostiju* [*Arthrologia*]

Kosti, kao pasivni elementi lokomotornog sustava, međusobno su povezane pomoću spojeva – *articulationes*, koje dijelimo na:

1. Spojeve kostiju pomoću vezivnog tkiva ili *articulationes fibrosae*.

To su nepokretni spojevi, a razlikuju se:

- a) *SYNDESMOSIS* – spojno tkivo je vezivno tkivo.
- b) *SUTURA* – šav, a razlikuju se zubasti, ljuskasti, lističasti i ravni šav.
- c) *GOMPHOSIS* – vezivni spoj zuba i zubnice.

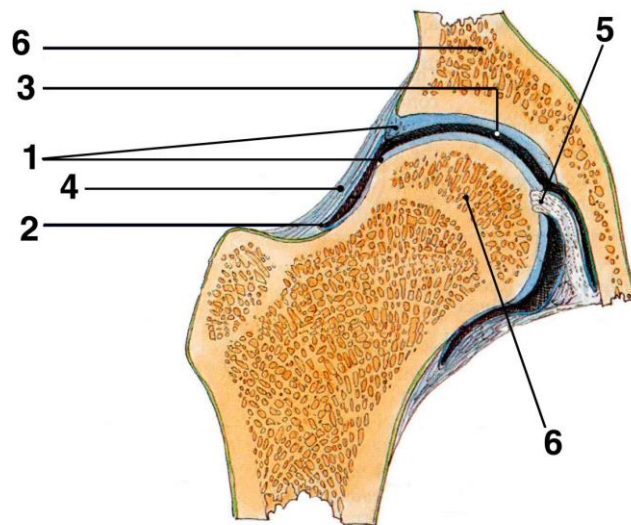
2. Spojeve kostiju pomoću hrskavičnog tkiva ili *articulationes cartilagineae*:

- a) *SYNCHONDROSIS* – spojno tkivo je hijalina hrskavica.
- b) *SYMPHYSIS* – spojno tkivo je vlaknasta hrskavica.

3. Pokretne spojeve ili zglobove, *articulationes synoviales*, kod kojih se razvila šupljina u spoju između dvije ili više kostiju.

Elementi zgloba su (Sl. 28):

- a) *cartilago articularis* – hrskavica koja u potpunosti prekriva zglobne površine na kostima
- b) *capsula articularis* – zglobna čahura zatvara zglobnu šupljinu – *cavum articulare*, a građena je od vanjskog vezivnog i unutarnjeg *sinovijalnog* sloja; ovaj potonji luči u šupljinu zglobni podmaz – *synovia*
- c) *discus et meniscus articularis* – hrskavični su umetci između zglobnih površina u nesukladnim, nepodudarajućim zglobovima, a to su samo dva:
 - c) 1 *articulatio temporomandibularis* i
 - c) 2 *articulatio femorotibialis*.
- d) *ligamenti* – vezivni, slabo rastezljivi (samo do 4 %) vezovi koji povezuju kosti zgloba; mogu biti unutar ili izvan zglobne čahure.



Slika 28: Elementi zgloba

1 *Cartilago articularis*; 2 *capsula articularis*; 3 *cavum articulare sa synovijom*; 4 *ligament izvan zglobne čahure*; 5 *ligament unutar zglobne čahure*; 6 *kosti koje grade zglob*.

Podioba zglobova:

A. nesukladni ili *inkongruentni zglobovi*, imaju hrskavične umetke: *discus et meniscus articularis*

B. sukladni ili *kongruentni zglobovi*.

1. Prema sastavu:

- a) jednostavni zglob ili *articulatio simplex* – tvore ga dvije kosti
- i
- b) sastavljeni zglob ili *articulatio compositus* – uzgobljuju se tri ili više kostiju.

2. Prema obliku zglobnih površina:

- a) valjkasti zglob – *articulatio trochlearis*
- b) kuglasti zglob – *articulatio spherioidea*
- c) klinasti zglob – *articulatio trochoidea*
- d) ravni zglob – *articulatio plana*
- e) sedlasti zglob – *articulatio sellaris* i
- f) spiralni zglob – *articulatio spiralis*.

3. Prema funkciji ili mogućnosti gibanja:
 - a) jednoosne, dvoosne i mnogoosne
 - b) klizni ili *articulatio delabens* (lat. *delabens, -entis* = klizni) npr. zglob između bedrene kosti i ivera, a izraženo je gibanje oko jedne podužne osi
 - c) povezani zglobovi, npr. lijevi i desni čeljusni zglob te zglobovi istobrojnih lijevih i desnih rebara, gdje je funkcija jednog vezana za funkciju drugog zgloba te uvijek djeluju istodobno oba zgloba.

Zglobovi

Čeljusni zglob

[*Articulatio temporomandibularis*]

Jednostavan je zglob između donje čeljusti i sljepoočne kosti. Kretnje su dvoosne, naročito izražene u preživača, a nesukladnost zglobnih površina ispravlja umetnuti hrskavični bikonkavni *discus articularis*. Lijevi i desni čeljusni zglob povezani su zglobovi u svom djelovanju.

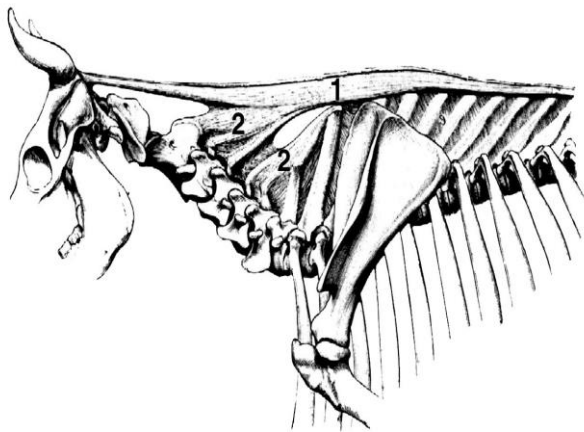
Spojevi kralježnice

Između tijela susjednih kralježaka utisnut je vezivno-hrskavični umetak – *diskus*, građen od perifernog vezivnog prstena i središnje smještene hrskavične kuglice (Sl. 30). Susjedni kralješci uzglobljeni su pomoću prednjih i stražnjih zglobnih izdanaka.

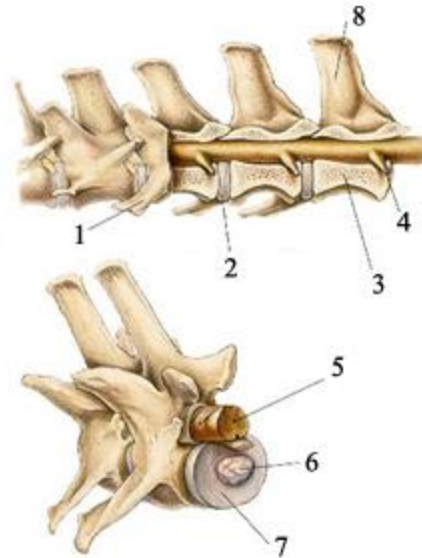
- a. *Ventralni* dužinski ligament proteže se po *ventralnoj* strani trupova prsnih i slabinskih kralježaka. Započinje kao tanak i slab ligament, a u području slabinske kralježnice najjače je razvijen.
- b. *Dorzalni* dužinski ligament nalazi se na dnu kralježničkog kanala od zuba drugog vratnog kralješka do križne kosti.
- c. Šijin vez ili *ligamentum nuchae* (Sl. 29) povezuje glavu i vratne kralješke s trnastim izdancima prva 3 – 4 prsna kralješka. Najjači je ligament tijela, a sastoji se od gornjeg konopastog i donjeg pločastog dijela.

Vrsne specifičnosti:

Svinja nema razvijen ovaj ligament, a pas samo konopasti dio koji započinje na drugom vratnom kralješku.



Slika 29: Šijin vez goveda
1 Konopasti dio; 2 pločasti dio.



Slika 30: Pozicija i građa međukralježnog diska

1 *Processus transversus*; 2 *discus intervertebralis*; 3 *corpus vertebrae*; 4 *medulla spinosus*; 5 *chorda spinae*; 6 *nucleus pulposus*; 7 *discus intervertebralis*.

Spojevi prsnog koša

Razlikujemo:

- a. rebrankralježne zglobove ili *articulationes costovertebrales* i
- b. prsničnorebrane zglobove ili *articulationes sternocostales*.

a. Svako rebro povezano je s kralježnicom pomoću dva zgloba:

- 1) zgloba rebrene glave ili *articulatio capitis costae* i
- 2) zgloba rebrene kvržice ili *articulatio tuberculi costae*.

Glavno je kretanje *rotacija* oko okomite osovine navedenih zglobova. U *kranijalnim* zglobovima kretanje su veoma ograničene, a *kaudalno* su izdašno izražene.

b. Prsničnorebrani su zglobovi između hrskavica pravih rebara i prsne kosti. Kretanje je također oko osovine.

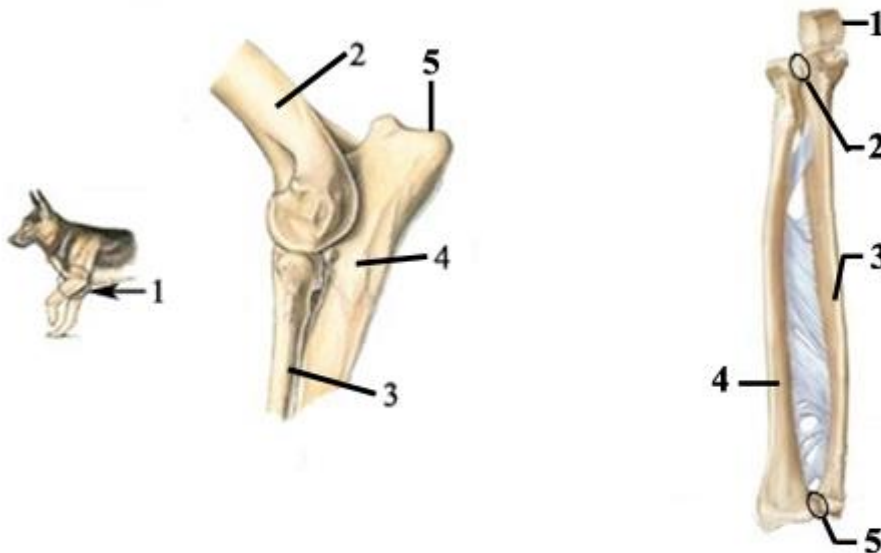
Zglobovi i sveze prsnog uda [*Articulationes membri thoracici*]

Rameni zglob [*Articulatio humeri*]

Jednostavan je zglob između lopatice i nadlaktične kosti, nema ligamenata, a u položaju ga učvršćuju snažni postrani mišići. Izraženo je kretanje oko jedne poprečne osi.

Lakatni zglob (Sl. 31) [*Articulatio cubiti*]

Složen je zglob između nadlaktične, palčane i lakatne kosti. Kretnje se ostvaruju oko jedne poprečne osi, a zglobnu čahuru u položaju učvršćuju snažni postrani ligamenti. Zglobovi između palčane i lakatne kosti ili *articulationes radioulnares* razvijeni su samo u mesoždera i to *proksimalni* i *distalni* zglob koji omogućuju uvrtnje i izvrtnje šape.



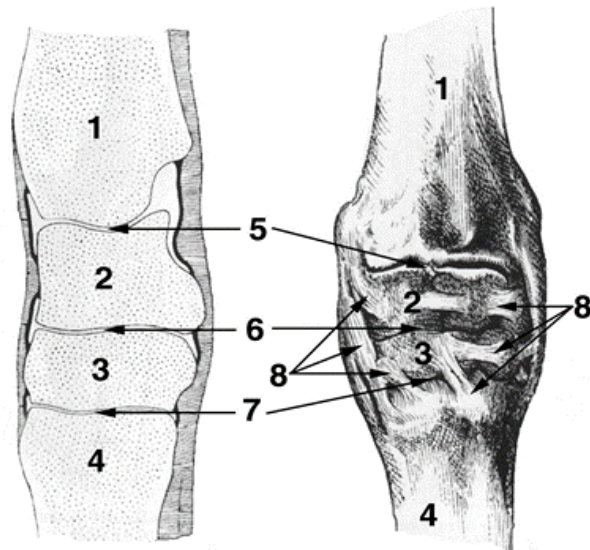
Slika 31: Lakatni zglob psa
1 *Articulatio cubiti*; 2 *humerus*; 3 *radius*;
4 *ulna*; 5 *olecranon cubiti*.

Slika 32: Zglobovi radiusa i ulne psa
1 *Olecranon cubiti*; 2 *articulatio radioulnaris proximalis*; 3 *ulna*; 4 *radius*; 5 *articulatio radioulnaris distalis*.

Zapešćajni zglob [*Articulatio carpi*] (Sl. 33)

Složen je zglob kojeg čine tri zgloba:

- 1) zglob između podlaktičnih kostiju i *proksimalnog* reda zapešćajnih kostiju
- 2) zglob između *proksimalnog* i *distalnog* reda zapešćajnih kostiju i
- 3) zglob između *distalnog* reda zapešćajnih kostiju i kostiju pesti.



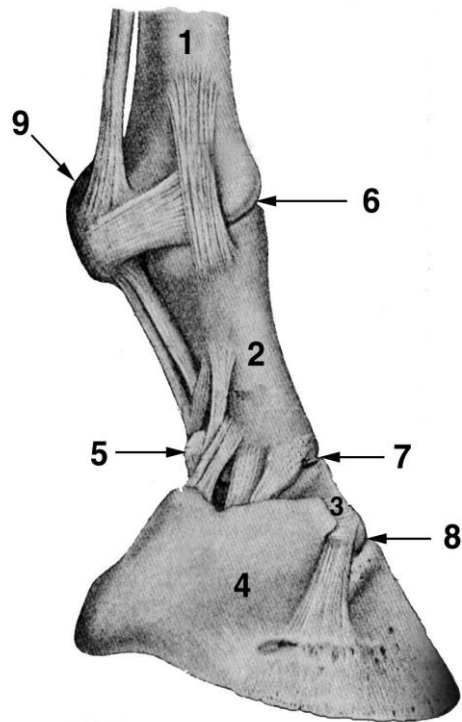
Slika 33: Zapeščajni zglob

1 Podlaktične kosti; 2 proksimalni red zapeščajnih kostiju; 3 distalni red zapeščajnih kostiju; 4 kosti pesti; 5 zglob između podlaktičnih kostiju i proksimalnog reda zapeščajnih kostiju; 6 zglob između proksimalnog i distalnog reda zapeščajnih kostiju; 7 zglob između distalnog reda zapeščajnih kostiju i kostiju pesti; 8 ligamenti zapeščajnog zgloba.

Kretnje su izvedive samo u zglobu između podlaktičnih kostiju i *proksimalnog* reda zapeščajnih kostiju oko poprečne osi. Pored zglobne čahure, kosti zapeščajnog zgloba povezane su pomoću većeg broja ligamenata.

Zglobovi i veze članaka prstiju (Sl. 34)

Razlikujemo putični, krunski i kopitni zglob. Jednoosni su, a kretnje su moguće oko poprečne osi. Svaki od pobrojanih zglobova ima zglobnu čahuru i dva postrana ligamenta.



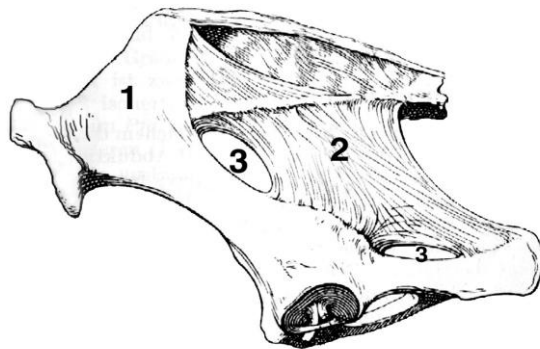
Slika 34: Zglobovi prsta konja

1 Os metacarpale tertium; 2 phalanx proximalis; 3 phalanx media; 4 phalanx distalis; 5 os sesamoideum distale; 6 putični zglob; 7 krunski zglob; 8 kopitni zglob; 9 ossa sesamoidea proximalia.

Zglobovi i sveze kostiju zdjeličnog uda
[Articulationes membri pelvini]

Križno-zdjelični zglob
[Articulatio sacroiliaca] (Sl. 35)

Jednostavan je zglob između uškastih ploha na krilima križne kosti i krilima crijevne kosti. Zglobne plohe su ravne te kretnje predstavljaju samo neznatno pomicanje, a tome pridonosi i učvršćivanje zgloba širokim, snažnim ligamentima. Kod starijih životinja dolazi do povezivanja koštanim tkivom tj. okoštavanja. Postrano između križne kosti i bočne kosti razvijen je širok i snažan ligament koji gradi postranu stijenku zdjelične šupljine s dva prostrana otvora za prolaz živaca.



Slika 35: Križno-zdjelični zglob konja

1 Ala ossis ilii; 2 široki zdjelični ligament; 3 otvori za prolaz živaca.

Bočni zglob

[Articulatio coxae]

Jednostavan je zglob kuglastog oblika kojeg čine glava bedrene kosti i *acetabulum*. Kretnje su svedene na dvije osi zbog ograničavajućeg djelovanja snažnih sapsnih mišića. Kretnje *abdukcije* (odmicanja), *adukcije* (primicanja) i *rotacije* (kružno oko osovine noge) ograničene su mogućnosti (osim u goveda) zbog dodatnog ligamenta, a izdašne su kretnje u smislu *fleksije* (sagibanja) i *ekstenzije* (ispružanja) zgloba. Razvijeni su kratki ligamenti.

Koljeni zglob

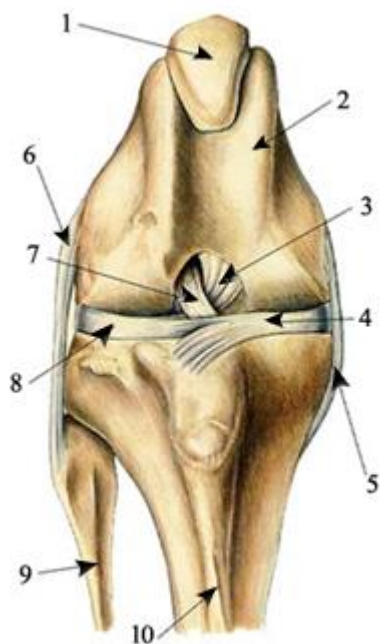
[Articulatio genus] (Sl. 36)

Složen je zglob kojeg čine bedrena kost, goljениčna kost i iver.

Tvore ga dva zgloba:

- 1) bedreno-goljениčni ili *articulatio femorotibialis* i
- 2) bedreno-iverni ili *articulatio femoropatellaris*.

- 1) Nesukladan je zglob te su zbog nepodudarnosti zglobnih ploha razvijeni hrskavični umetci tzv. *meniskusi*. Zglob je valjkastog oblika, a kretnje su moguće oko poprečne osi. Razvijeni su postrani ligamenti i križni ligamenti, a *meniskus* učvršćuju zasebni ligamenti.
- 2) Zglob je valjkastog oblika sa izrazito dobro razvijenom zglobnom čahurom. Kretnje ivera su klizne koje se prilikom *ekstenzije* bedreno-goljениčnog zgloba očituje kao klizanje ivera *proksimalno*, a prilikom *fleksije* istog, kretanjem ivera *distalno*. Zglob učvršćuju postrani ligamenti te tri ravna ligamenta u konja i goveda, a u ostalih domaćih sisavaca samo jedan ravni ligament.



Slika 36: Koljeni zglob psa

Prikaz građe složenog zgloba koljena: articulatio femoropatellaris i articulatio femorotibialis: 1 patella; 2 femur; 3 ligamentum cruciatum caudale; 4 meniscus medialis; 5 ligamentum collaterale mediale; 6 ligamentum collaterale laterale; 7 ligamentum cruciatum craniale; 8 meniscus lateralis; 9 fibula; 10 tibia.

Sveze goljениčne i lisne kosti

[*Articulatio tibiofibularis*]

Razlikuju se *proksimalni* i *distalni* zglob.

Proksimalni zglob u konja, svinje i psa čine postrani *kondil* goljениčne kosti i glava lisne kosti, u goveda se *proksimalni* ostatak lisne kosti stopio s goljениčnom kosti, a *distalni* je ostatak (*os malleolare*) uzglobljen s postranim gležnjem goljениčne kosti. U svinje i psa *distalni* okrajci goljениčne kosti i lisne kosti također su uzglobljeni.

Skočni zglob

[*Articulatio tarsi*]

Složen je zglob i čine ga četiri zgloba:

- 1) zglob između *proksimalnog* reda zastopalnih kostiju i *distalnog* okrajka potkoljениčnih kostiju
- 2) zglob između *proksimalnog* i srednjeg reda zastopalnih kostiju
- 3) zglob između srednjeg i *distalnog* reda zastopalnih kostiju i
- 4) zglob između *distalnog* reda zastopalnih kostiju i *proksimalnog* okrajka kostiju stopala.

Prvi od navedenih zglobova po obliku zglobnih ploha je spiralan te su moguće kretnje *fleksije* i *ekstenzije*, a ostala tri su ravnih zglobnih ploha i neznatno izraženih kretnji. Zglob u položaju učvršćuju uglavnom postrani ligamenti.

Putični, krunski i kopitni zglob ne razlikuju se od istovjetnih zglobova opisanih kod prsnog uda.

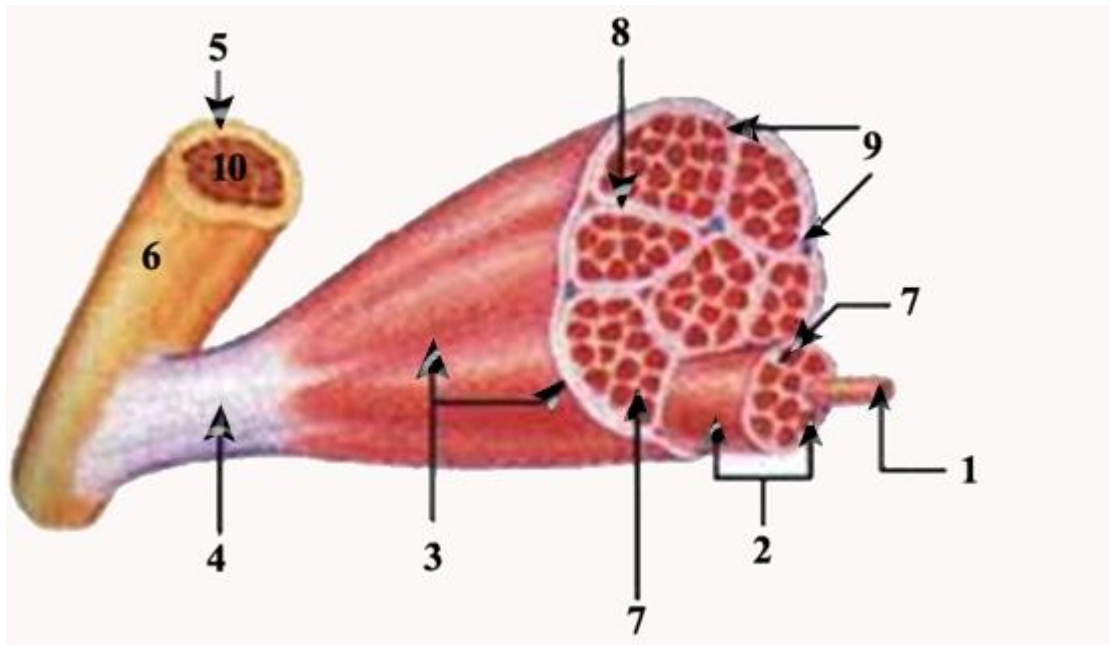
2.3.3. Nauka o mišićima [Myologia]

Mišići su specifični organi koji se pri živčanom podražaju stežu (*kontrahiraju*) te predstavljaju aktivne organe kretanja. Građeni su od mišićnog tkiva, vezivnog tkiva, žila i živaca. Prema tipu metabolizma i načinu kontrakcije dijelimo ih na:

1. „crvene mišiće“ – sporo i dugo se *kontrahiraju* i imaju aerobni metabolizam
2. „bijele mišiće“ – brzo i kratko se *kontrahiraju*, imaju anaerobni metabolizam.

Mišićno tkivo dijeli se na:

1. glatko mišićno tkivo – nalazi se u stijenci unutarnjih organa, oku, krvnim žilama i koži
2. poprečno prugasto srčano mišićno tkivo koje je specijalne građe
3. poprečno-prugasto kosturno mišićno tkivo – mikroskopski je izražena poprečna prugavost mišićnih vlaknaca (Sl. 37).



Slika 37: Strukturna građa kosturnog mišića

1 Mišićno vlakno obavijeno ovojnicom vezivnog tkiva; 2 snopovi mišićnih vlakana obavijenih ovojnicom vezivnog tkiva; 3 mišić obavijen ovojnicom vezivnog tkiva; 4 tetiva; 5 periost; 6 kost; 7 endomysium; 8 perimysium; 9 sanguinus vasorum; 10 medulla rubrum.

Mišić ima tri dijela:

1. *caput musculi* ili glava mišića, njegov početak
2. *venter musculi* ili trbuh mišića, srednji dio
3. *cauda musculi* ili rep mišića, njegov završetak.

Mišići koji zajednički djeluju u određenoj funkciji nazivaju se *sinergisti*, a ako su suprotne funkcije, *antagonisti*.

Mišići dobivaju nazive prema: obliku, tijeku mišićnih vlakana, funkciji, položaju i veličini. Prema veličini i obliku mišića dijelimo na: duge, kratke, jednostavne (vretenasti, plosnati, perasti, kružni) i složene (dvo, tro i četveroglavi mišići, mišići sa dva trbuha te sa dva i više repova).

Prema djelovanju na zglob, odnosno na krakove poluge, mišiće dijelimo na: *flexore* (sagibače), *extenzore* (ispruživače), *adduktore* (primicače), *abduktore* (odmicače) i *rotatore* (mišiće kružnih kretnji).

Skeletne mišiće dijelimo, prema položaju i dijelu tijela na kojem se nalaze, na:

1. *musculi cutanei* – kožni mišići koji potresaju kožu i tjeraju insekte
2. *musculi capitis* – mišići glave
3. *musculi colli* – mišići vrata
4. *musculi trunci* – mišići trupa
 - a) *musculi dorsi et lumborum* – mišići leđa i slabina
 - b) *musculi pectoris* – mišići prsa
 - c) *musculi abdominis* – mišići trbuha
 - d) *musculi caudae* – mišići repa
5. *musculi membri thoracici* – mišići prsnog uda
6. *musculi membri pelvini* – mišići zdjeličnog uda.

Uloga mišića u tijelu je višestruka. Oni su spremnik krvi, glikogena i toplinske energije, održavaju stalne kutove na udovima, sudjeluju u kretanju, produžetak su živčanog sustava. S ekonomskog stajališta, skeletni mišići nekih domaćih sisavaca predstavljaju konzumno meso.

Uz mišiće razvile su se pomoćne tvorbe koje pridonose njihovom što djelotvornijem funkcioniranju, a to su:

1. vezivni omotači mišića ili *fascije* (lat. *fascia, -ae f.* – povezak)
2. podmetači ispod tetiva i mišića ili *burze* (lat. *bursa, -ae f.* – vreća)
3. ovojnice tetiva ili *vaginae tendinis* (lat. *vagina, -ae f.* – tobolac).

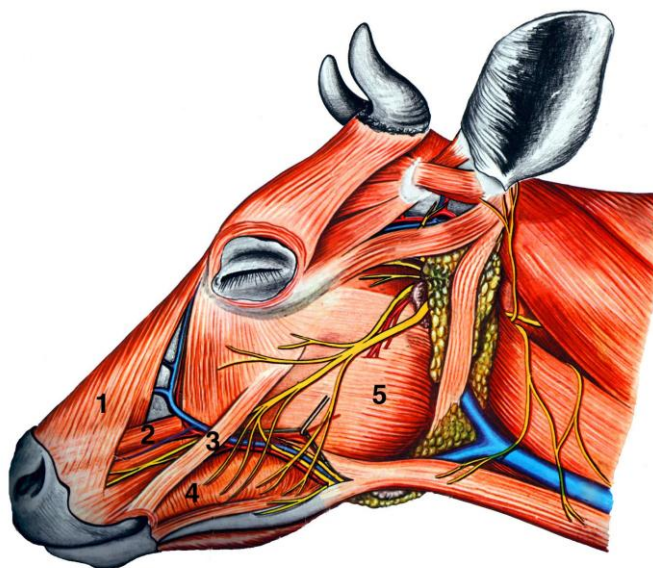
Mišići glave

[*Musculi capitis*] (Sl. 38)

Prema funkciji koju obavljaju dijele se u nekoliko skupina, no spomenut ćemo samo mišiće lica i žvačno mišićje.

Mišići lica su plosnati i tanki, pokreću usne i nozdrve, a čine i stijenku obraza. To su: *musculus orbicularis oris* (lat. *orbicularis* = kružan), *m. levator nasolabialis* (lat. *levare* = dizati), *m. levator labii maxillaris*, *m. zygomaticus* i *m. buccinatorius*.

Žvačni mišići su masivniji i snažniji, kontrakcijom djeluju na čeljusni zglob i pokreću donju čeljust. To su: *m. masseter*, *m. temporalis* i *m. pterygoideus*.



Slika 38: Mišići glave goveda

1 *Musculus levator nasolabialis*; 2 *musculus levator labii maxillaris*; 3 *musculus zygomaticus*; 4 *musculus buccinatorius*; 5 *musculus masseter*.

Mišići vrata

[*Musculi colli*] (Sl. 40 i 41)

To je brojna skupina mišića smještenih na vratu u nekoliko slojeva. Površinski položaj u dorzalnom dijelu vrata ima *m. splenius*, lateralno je *m. brachiocephalicus*, a s ventralne strane je *m. sternocephalicus*. Jednostranom kontrakcijom ti snažni mišići pokreću glavu i vrat u stranu, a obostranim djelovanjem podižu, odnosno spuštaju glavu i vrat.

Mišići leđa

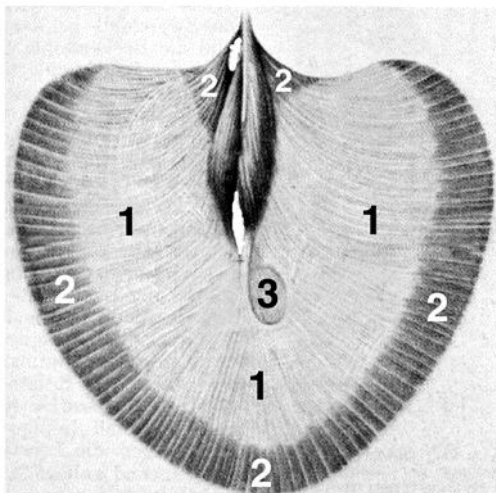
[*Musculi dorsi*] (Sl. 40 i 41)

Snažni mišići smješteni iznad kralježnice, a protežu se duž vratnog, prsnog i slabinskog dijela kralježnice te završavaju na kostima glave, prsnog uda, rebrima i zdjelici. To su *m. trapezius*, *m. rhomboideus*, *m. latissimus dorsi*, vratni dio *m. serratus ventralis*, *m. spinalis*, *m. longissimus dorsi* i *m. iliocostalis*.

Mišići prsa

[*Musculi pectoris*] (Sl. 39-41)

Smješteni su s *lateroventralne* strane prsne kosti i prelaze na kosti prsnog uda te tako predstavljaju dio mišićnog spoja uda s trupom. To su: *m. pectoralis superficialis* i *m. pectoralis profundus*. Između susjednih rebara su međurebreni mišići: *musculi intercostales externi* i *musculi intercostales interni*. Trbušnu šupljinu od prsne šupljine odvaja široki i plosnati mišić zvan ošit ili *diaphragma* (grč. *diaphragma* = pregrada). Položen je *kranioventralno*, a izbočeni središnji dio je tetivasta ploča. Mišićni se dio ošita postrano pričvršćuje za rebra i rebrene hrskavice, *dorzalno* za slabinske kralješke, a *ventralno* za prsnu kost. Kroz otvore na ošitu prolaze jednjak, aorta, *vena cava caudalis*, limfovod i živci. Ošit sudjeluje kod disanja i *regurgitacije* (preživljanja).



Slika 39: Ošit konja

1 Tetivasta ploča; 2 mišićni dio; 3 otvor vene cave caudalis.

Mišići trbuha

[*Musculi abdominis*] (Sl. 40 i 41)

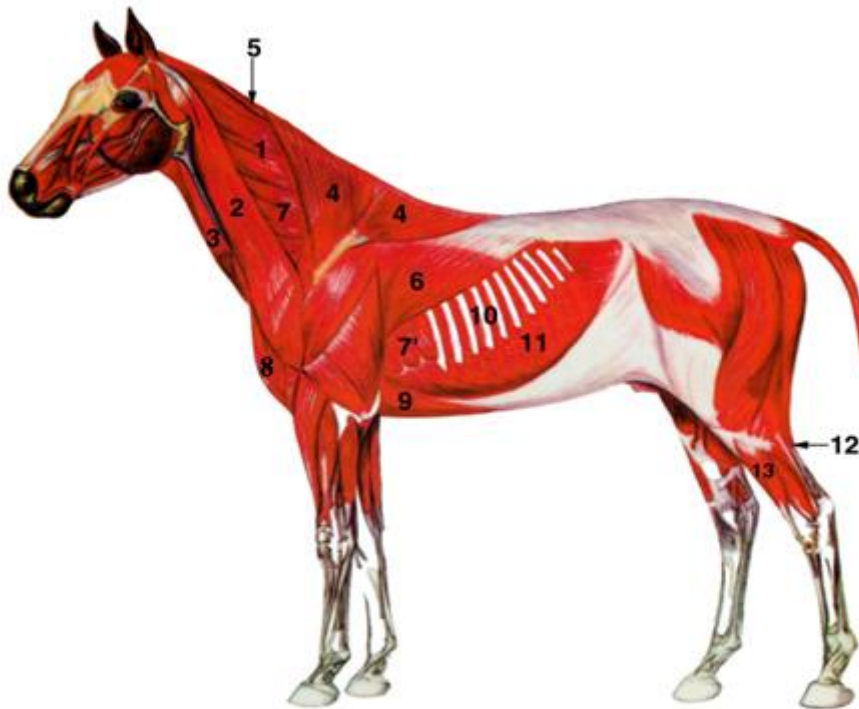
Trbušna stijenka građena je od četiri plosnata i široka mišića koji su razapeti između rebara s jedne strane te zdjelčnih kostiju i *medijanog ventralnog* šava ili *linea alba* s druge strane.

To su:

- *m. obliquus abdominis externus*

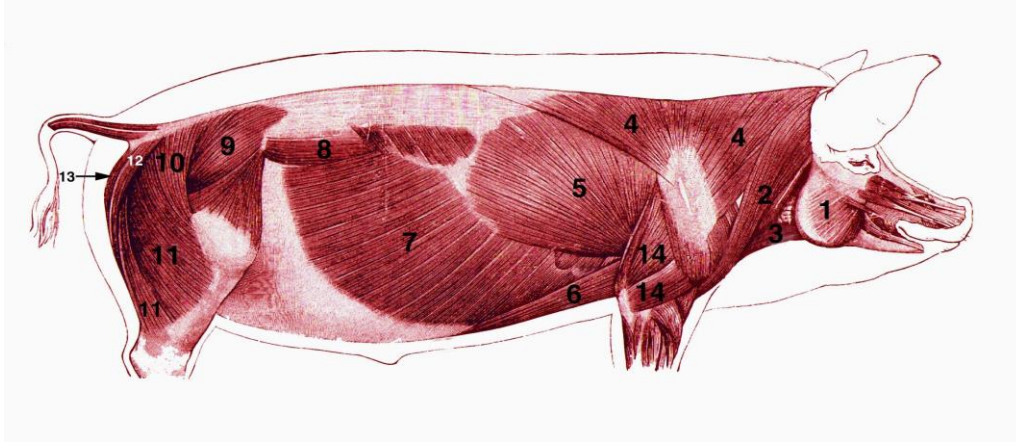
- *m. obliquus abdominis internus*
- *m. rectus abdominis*
- *m. transversus abdominis.*

Trbušni mišići nose trbušne organe, a svojim kontrakcijama pritišću na utrobne organe te sudjeluju pri pražnjenju trbušnih i zdjeličnih šupljih organa (tzv. „trbušna preša“): defekaciji, uriniranju, rađanju (trudovi – *dolores* – su kontrakcije glatke muskulature maternice), ali sudjeluju i pri izdisajima. U oba kosa trbušna mišića nalaze se preponski ili *ingvinalni* prstenovi, a između prstenova je *ingvinalni* prostor.



Slika 40: Mišići vrata, leđa, prsiju i trbuha konja

1 Musculus splenius; 2 musculus brachiocephalicus; 3 musculus sternocephalicus; 4 musculus trapezius; 5 musculus rhomboideus; 6, musculus latissimus dorsi; 7 i 7' musculus serratus ventralis; 8 musculus pectoralis superficialis; 9 musculus pectoralis profundus; 10 musculi intercostales externi; 11 musculus obliquus abdominis externus; 12 musculus gastrocnemius; 13 musculus extensor digitorum longus.



Slika 41: Površinski mišići svinje

1 *Musculus masseter*; 2 *musculus brachiocephalicus*; 3 *musculus sternocephalicus*; 4 *musculus trapezius*; 5 *musculus latissimus dorsi*; 6 *musculus pectoralis profundus*; 7 *musculus obliquus abdominis externus*; 8 *musculus iliocostalis*; 9 *musculus gluteus medius*; 10 *musculus gluteus superficialis*; 11 *musculus biceps femoris*; 12 *musculus semitendinosus*; 13 *musculus semimembranosus*; 14 *musculus triceps brachii*.

Mišići prsnog uda

[*Musculi membri thoracici*] (Sl. 42)

Dijele se u skupine prema djelovanju na određeni zglob.

Mišići ramenog zgloba su: *m. deltoideus*, *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. subscapularis* i *m. brachiocephalicus*.

Mišići lakatnog zgloba: *m. biceps brachii*, *m. brachialis* i *m. triceps brachii*.

Mišići zapeščajnog zgloba i zglobova prstiju – ovdje se prema položaju i funkciji razlikuju dvije skupine mišića:

- prva smještena s *kranio-lateralne* strane, a druga s *kaudo-medijalne* strane podlaktičnih kostiju.

Prva skupina:

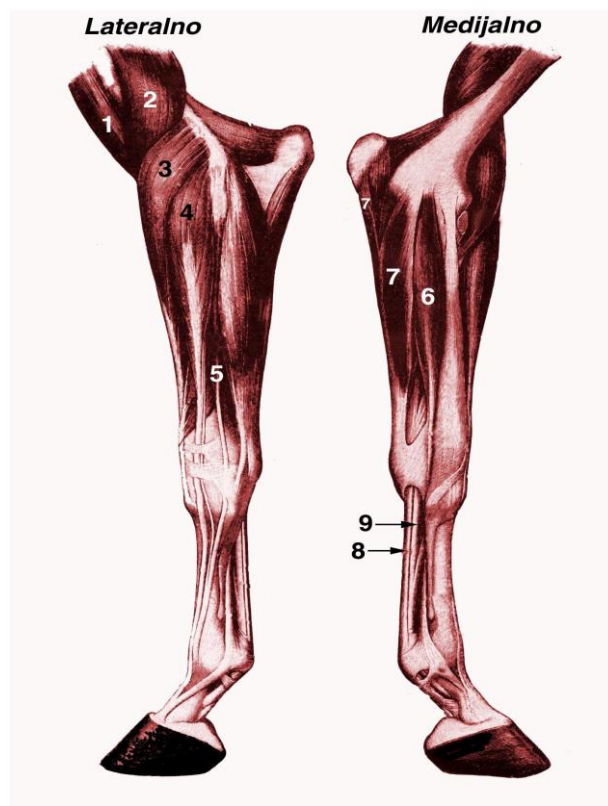
-*m. extensor carpi radialis*

- m. extensor digitorum communis*
- m. extensor digitorum lateralis*.

Druga skupina:

- m. flexor carpi radialis*
- m. flexor carpi ulnaris*
- m. flexor digitorum superficialis*
- m. flexor digitorum profundus*.

Prsni ud vezan je za trup i glavu mišićno-vezivno tkivnom vezom, a mišići koji pri tome sudjeluju su: *m. serratus ventralis*, *m. trapezius*, *m. latissimus dorsi*, *m. rhomboideus*, *m. pectoralis superficialis*, *m. omotransversarius*, *m. pectoralis profundus* i *m. brachiocephalicus* (Sl. 40 i 41).



Slika 42: Mišići lakatnog, zapeščajnog zgloba te zglobova prstiju konja

1 *Musculus biceps brachii*; 2 *musculus brachialis*; 3 *musculus extensor carpi radialis*; 4 *musculus extensor digitorum communis*; 5 *musculus extensor digitorum lateralis*; 6 *musculus flexor carpi radialis*; 7 *musculus flexor carpi ulnaris*; 8 tetiva od *musculus flexor digitorum superficialis*; 9 tetiva od *musculus flexor digitorum profundus*.

Mišići zdjeličnog uda
[Musculi membri pelvini] (Sl. 40, 41 i 43)

Također se dijele u skupine prema djelovanju na određeni zglob.

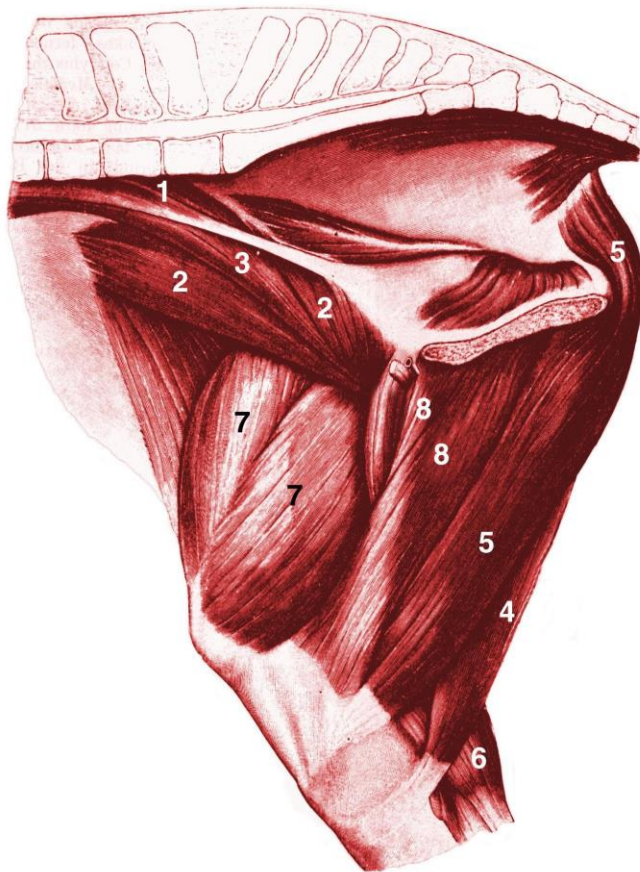
Mišići bočnog zgloba: *m. psoas major*, *m. psoas minor*, *m. iliacus*, *m. gluteus superficialis*, *m. gluteus medius* i *m. gluteus profundus*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus*, *m. semimembranosus*, *m. gracilis* i *m. adductor*.

Mišići koljenog zgloba: *m. quadriceps femoris*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus* i *m. semimembranosus*.

Mišići skočnog zgloba i zglobova prstiju: prva skupina smještena je s *kranio-lateralne* strane potkoljenice, a druga s njezine *kaudo-medijalne strane*.

Prva skupina: *m. tibialis cranialis*, *m. extensor digitorum longus*, *m. extensor digitorum lateralis*.

Druga skupina: *m. gastrocnemius*, *m. soleus* i *m. flexor digitorum profundus*.



Slika 43: Mišići bočnog i koljenog zgloba konja

1 *Musculus psoas minor*; 2 *musculus iliacus*; 3 *musculus psoas major*; 4 *musculus semitendinosus*; 5 *musculus semimembranosus*; 6 *musculus gastrocnemius*; 7 *musculus quadriceps femoris*; 8 *musculus adductor*.

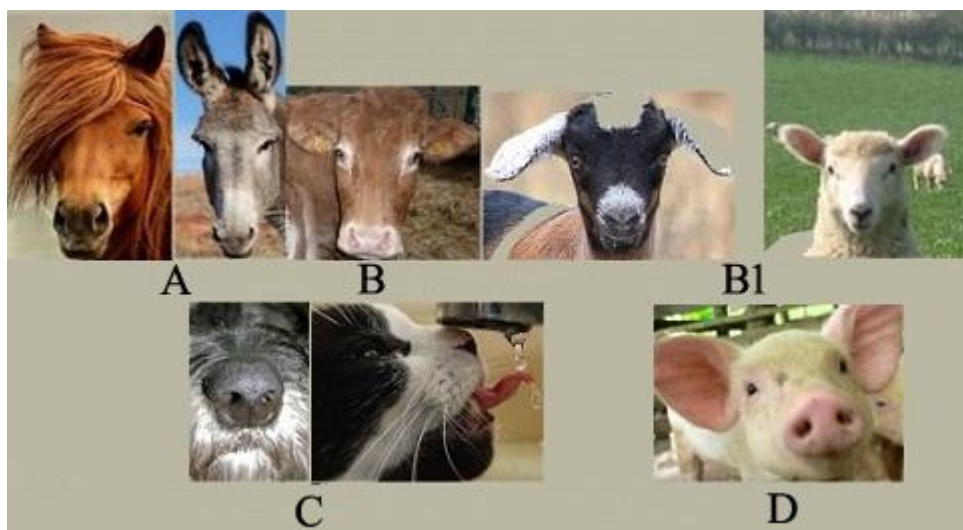
2. PROBAVNI SUSTAV [APPARATUS DIGESTORIUS]

Probavni sustav služi za uzimanje hrane i tekućine, usitnjavanje i natapanje hrane slinom, gutanje, fizikalnu i kemijsku razgradnju hrane, upijanje hranjivih tvari te konačno izbacivanje otpadnih i štetnih tvari iz organizma. Probavni sustav sastoji se od: usne šupljine, ždrijela, jednjaka, želuca, crijeva te završnog crijevnog otvora. Navedeni organi tvore probavnu cijev na koju su pridodate slinske žlijezde, jetra i gušterača.

2.1. Usna šupljina

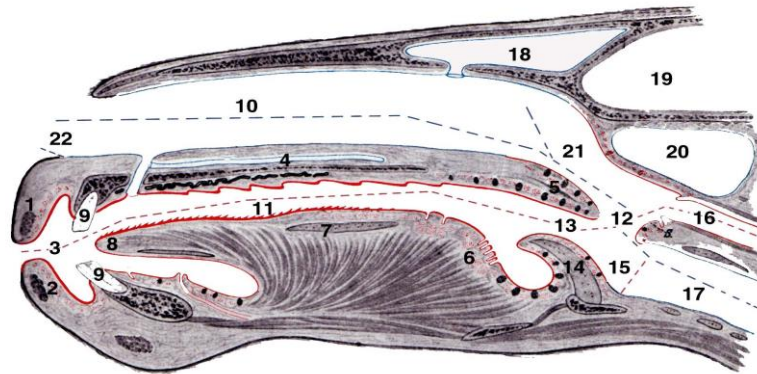
[*Cavum oris, lat. ili stoma, grč.*] (Sl. 44-47)

Usna šupljina je početni dio probavnog sustava. Ulaz u usnu šupljinu ograničavaju gornja usna ili *labium maxillare* i donja usna ili *labium mandibulare*. Gornja usna u svih domaćih sisavaca, osim u konja, spojena je s nozdrvama. U goveda ovaj bezdlačni spoj gornje usne i nozdrva naziva se nosno zrcalo ili *planum nasolabiale*, u svinja *planum rostrale*, a u mesoždera i malih preživača *planum nasale*. Usne se spajaju u postranim kutovima.



Slika 44: Građa gornje usne i nozdrva u domaćih sisavaca

A Gornja usna i nozdrve u kopitara; B planum nasolabiale u goveda i B1 planum nasale u malih preživača; C planum nasale u mesojeda; D planum rostrale u svinje.

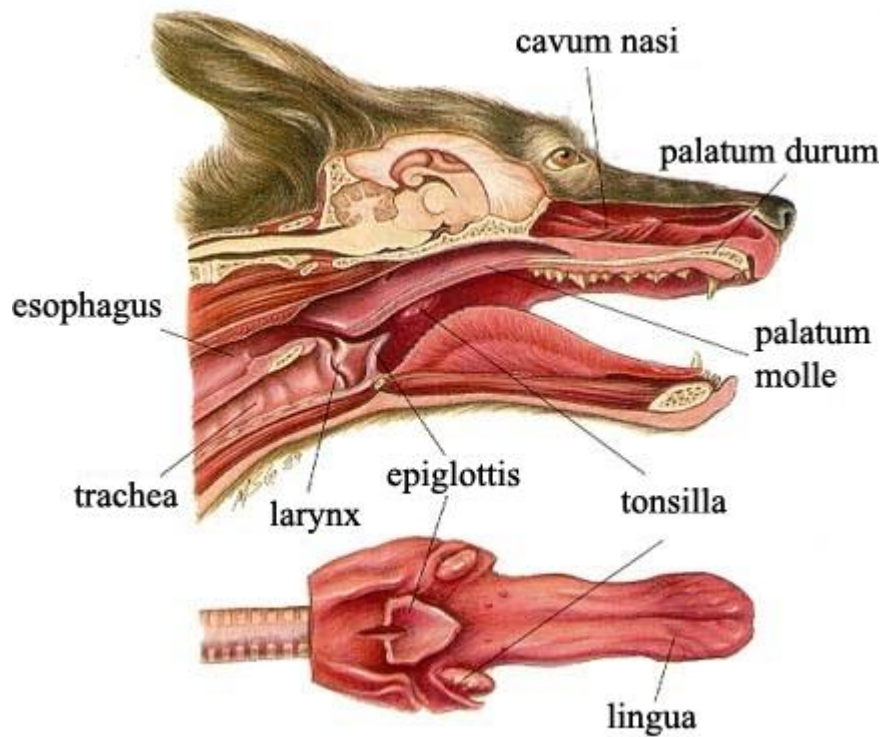


Slika 45: Usna, nosna i ždrijelna šupljina konja

1 *Labium maxillare*; 2 *labium mandibulare*; 3 *vestibulum oris*; 4 *palatum durum*; 5 *palatum molle*; 6 *radix linguae*; 7 *corpus linguae*; 8 *apex linguae*; 9 *dens incisivum*; 10 *cavum nasi*; 11 *cavum oris*; 12 *cavum pharyngis*; 13 *isthmus faucium*; 14 *epiglottis*; 15 *larynx*; 16 *esophagus*; 17 *trachea*; 18 *sinus frontalis*; 19 *cavum cranii*; 20 *zračni mjehur*; 21 *choana*; 22 *naris*.

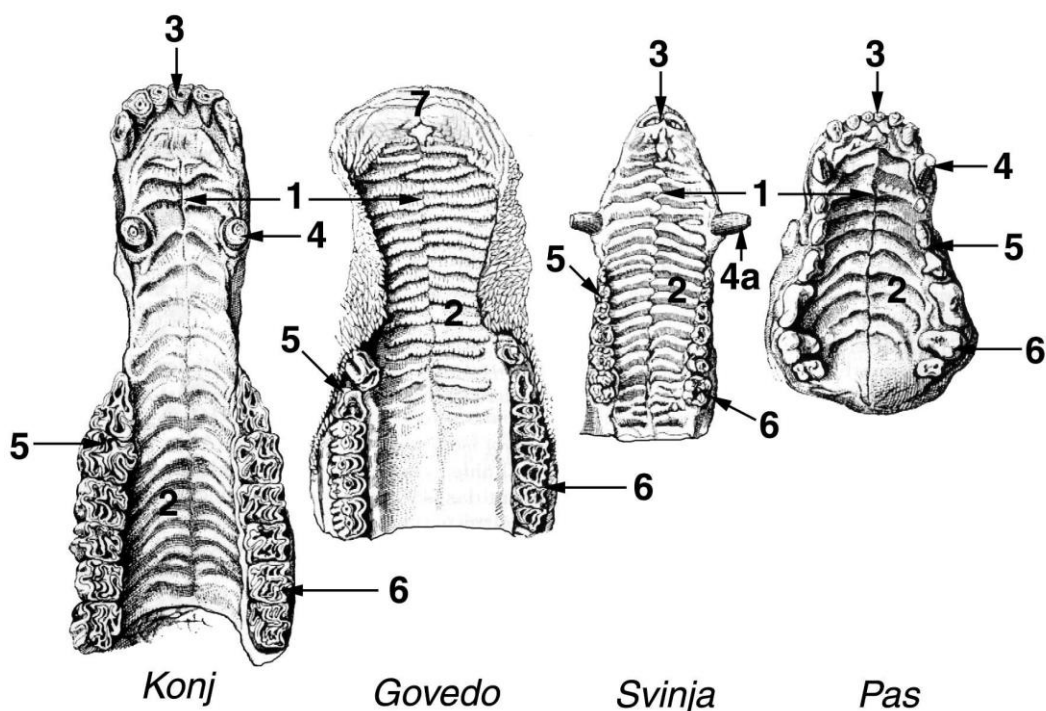
Usna šupljina zubima je podijeljena u dva dijela:

1. predvorje ili *vestibulum oris* nalazi se ispred zuba, a dijeli se na usneni i obrazni dio; u predvorje se ulijevaju odvodni kanalići slinskih žlijezda
2. prava usna šupljina ili *cavum oris proprium* nalazi se iza zuba i u njoj se nalazi jezik.



Slika 46: Usna, nosna i ždrijelna šupljina psa

Krov prave usne šupljine čini tvrdo nepce ili *palatum durum* koje ima koštanu podlogu. Tvrdo nepce *medijanim* šavom ili *raphe palati* podijeljeno je u dvije jednake polovice. U svakoj se polovici poprečno na tvrdom nepcu nalazi nekoliko izbočenja poput poprečnih grebena ili *rugae palatinae*. *Kaudalno* od tvrdog nepca nastavlja se meko nepce ili *palatum molle* koje je mišićne građe i pokretljivo. Uz meko nepce nalaze se krajnici ili *tonsilla palatina*, zaštitni i obrambeni organ. *Lateralne* stijenke usne šupljine čine obrazi ili *buccae*.



Slika 47: Tvrdo nepce konja, goveda, svinje i psa

1 Raphe palati; 2 rugae palatinae; 3 dentes incisivi; 4 dens caninus; 4a. dens sectorius; 5 dentes premolares; 6 dentes molares; 7 pulvinus dentalis.

2.1.2. Jezik

[*Lingua, lat., glossa, grč.*] (Sl. 48)

Jezik je mišićni pokretni organ. Služi za uzimanje hrane, lizanje, pijenje, guranje hrane pod zube i guranje hrane u ždrijelo. Jezik ima tri dijela:

- a) korijen ili *radix linguae*, kaudalni dio
- b) tijelo ili *corpus linguae* i
- c) vrh ili *apex linguae*, slobodni, rostralni okrajak.

Dorsum linguae je gornja površina jezika koja u goveda ima jedno blago uzvišenje na tijelu jezika, tzv. *torus linguae*. Na sluznici jezika nalaze se bradavice ili *papillae* koje po funkciji mogu biti mehaničke ili osjetne. Osjetne bradavice primaju podražaje iz hrane i tekućine te ih prenose do mozga (osjet okusa: slan, sladak, kiseo ili gorak) te tako tvore *apparatus gustatorius* ili osjetilo okusa.

Mehaničke bradavice su:

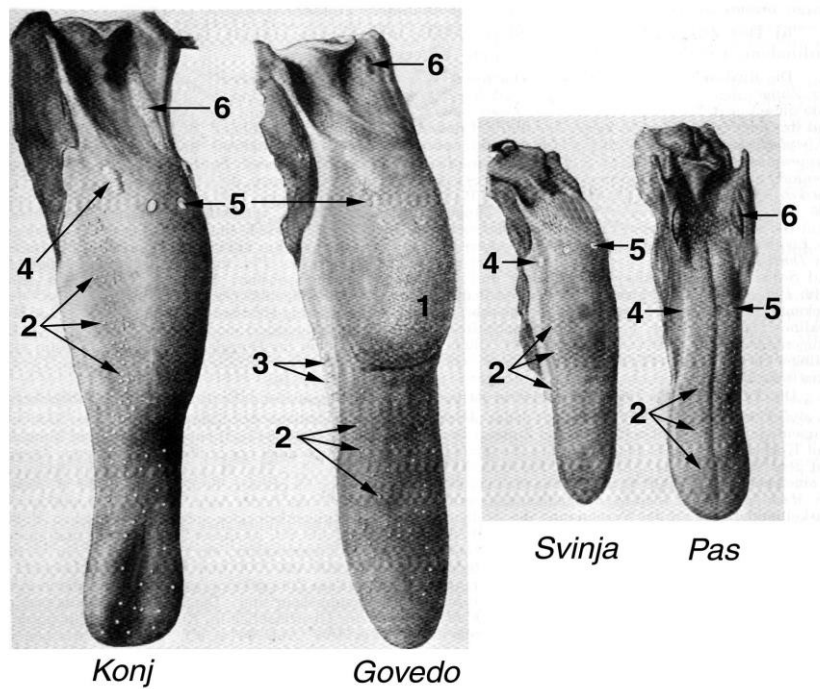
- a) *papillae fungiformes* ili gljivičaste bradavice
- b) *papillae filiformes* ili končaste bradavice i
- c) *papillae conicae* ili stožaste bradavice koje dolaze samo u preživača na *lateralnim* stranama jezika i na obrazima, a vrhovi su im orožnjali i usmjereni *kaudalno* (slika 49).

Osjetne bradavice su:

- a) *papillae foliatae* ili lističaste bradavice i
- b) *papillae vallatae* ili optočne bradavice.

Mišići jezika dijele se na:

- a. unutarnje koji su položeni podužno, poprečno i okomito, a međusobno su njihova vlakna isprepletena te tako čine masu jezika
- b. vanjske koji povlače jezik u svim pravcima.



Slika 48: Jezik konja, goveda, svinje i psa, dorzalna površina

1 *Torus linguae*; 2 *papillae fungiformes*; 3 *papillae conicae*; 4 *papillae foliatae*; 5 *papillae vallatae*; 6 *tonsilla*.



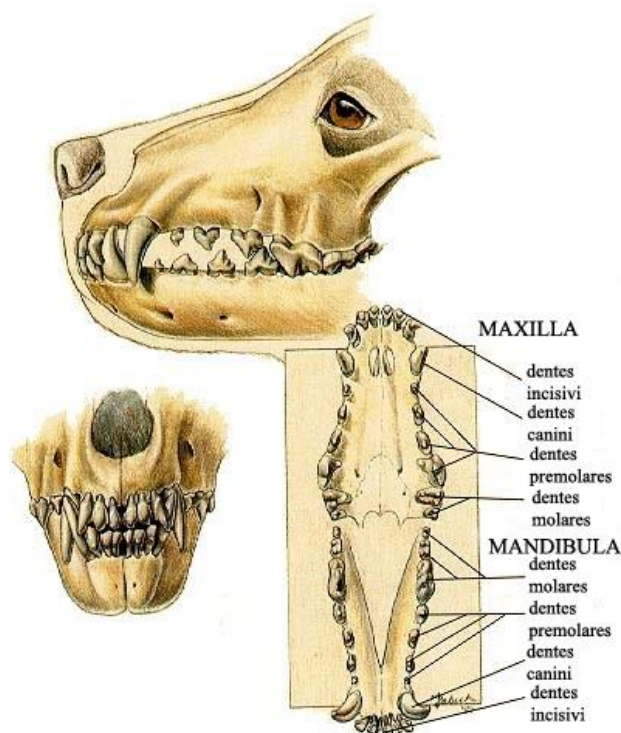
Slika 49: Građa usne šupljine goveda

Papillae conicae ili stožaste bradavice.

2.1.2. Zubi [Dentes/dens – zub] (Sl. 50 – 54)

Zubi su posebne tvorbe smještene u koštanim udubljenjima koje nazivamo zubnice ili *alveole*. Zubi se prema smještaju u zubalu dijele na:

1. dentes incisivi ili sjekutići
2. dentes canini ili očnjaci
3. dentes premolares ili predkutnjaci i
4. dentes molares ili kutnjaci.



Slika 50: Razmještaj zuba u usnoj šupljini psa

U sisavaca se razlikuju dvije generacije zuba:

1. mliječni zubi ili *dentes decidui* i
2. stalni zubi ili *dentes permanentes*.

Spoj zuba u zubnici učvršćuje zubno meso, desni ili *gingiva*.

Zub ima tri dijela:

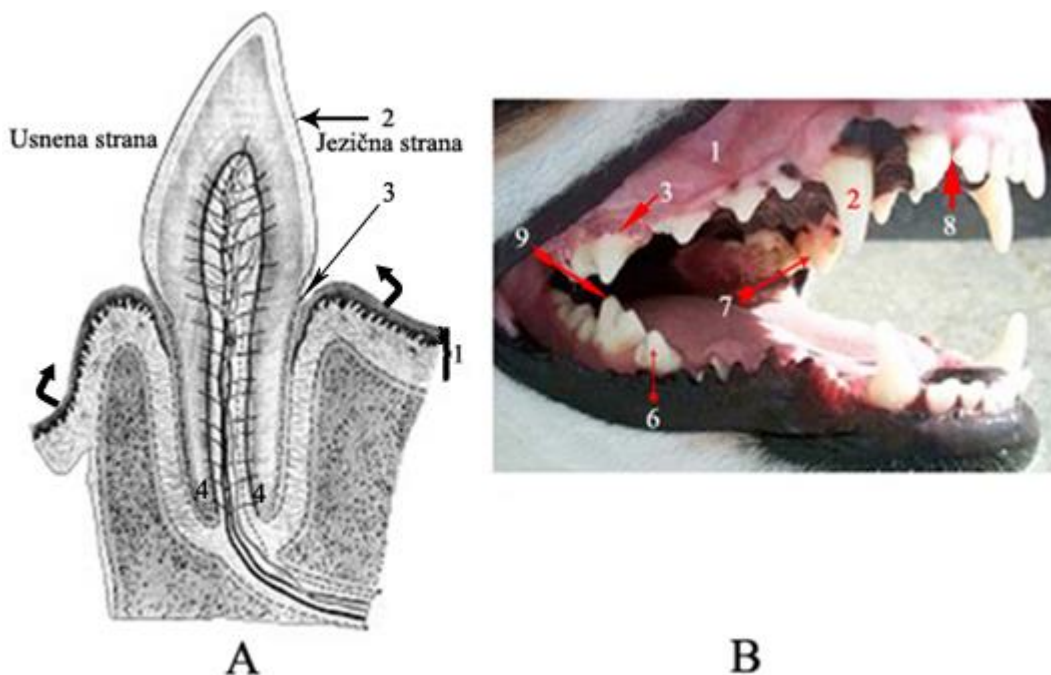
1. korijen zuba ili *radix dentis*,
2. vrat zuba ili *collum dentis* i
3. kruna zuba ili *corona dentis*.

Na kruni zuba razlikuju se:

- a. površina okrenuta prema predvorju ili *facies vestibularis*
- b. jezična površina ili *facies lingualis*
- c. dodirna površina sa susjednim zubom ili *facies contactus* i
- d. žvačna površina ili *facies occlusalis*.

Vrsne specifičnosti:

U konja se na žvačnoj površini sjekutića nalazi udubljenje, kaličak ili *infundibulum dentis*, koje starenjem životinje postaje sve pliće i u točno određenoj dobi konja nestaje. Služi za određivanje dobi konja. Kobila ne posjeduje očnjake tako da ima četiri zuba manje od pastuha (spolni dimorfizam). U preživača se umjesto gornjih sjekutića razvila „dentalna ploča“ – *pulvinus dentalis*. Očnjaci u nerasta i vepra (u krmača slabije) razvijeni su tako dobro da izlaze iz usne šupljine, zavijeni su i nazivamo ih kljove, sjekači (*dentes sectorii*).



Slika 51: Građa zuba (A) i zubne površine krune zuba (B)

1 Gingiva; 2 corona dentis; 3 collum dentis; 4 radix dentis; 5 žile i živci zuba; 6 facies vestibularis; 7 facies lingualis; 8 facies contactus; 9 facies occlusalis.



Slika 52: Dentalna ploča u preživača



Slika 53: Kaličak konja

Slika 54: Sjekači ili kljove divlje svinje

1 *Facies occlusalis dentes incisivi*; Sjekači ili *dentes sectorii*.
2 *infundibulum dentis*.

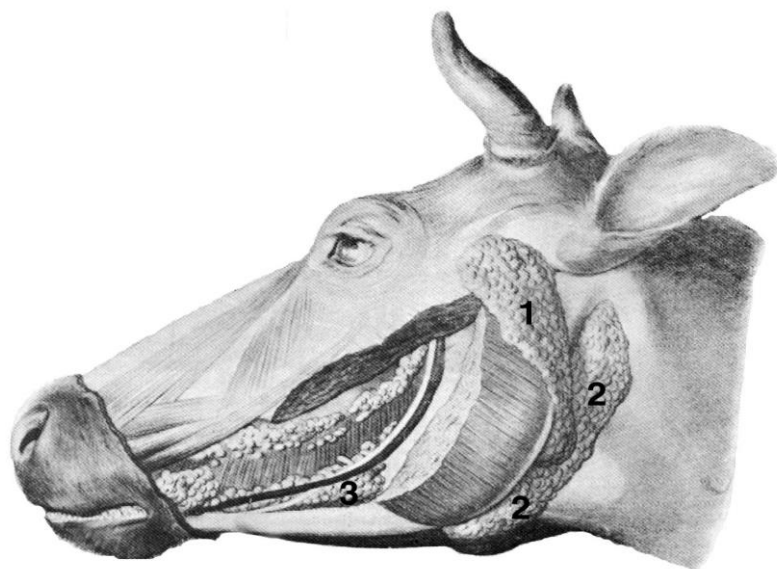
2.1.3 Slinne žlijezde

[*Glandulae salivales*] (Sl. 38, 55 i 56)

Slinne žlijezde stvaraju slinu (*saliva*) koja se odvodnim kanalčićima odvodi u usnu šupljinu. Razlikujemo tri para velikih slinovnica i veliki broj malih žlijezda smještenih u sluznici usta (usnena, obrazna, jezična itd.) domaćih sisavaca, osim u psa koji posjeduje četiri para velikih slinovnica.

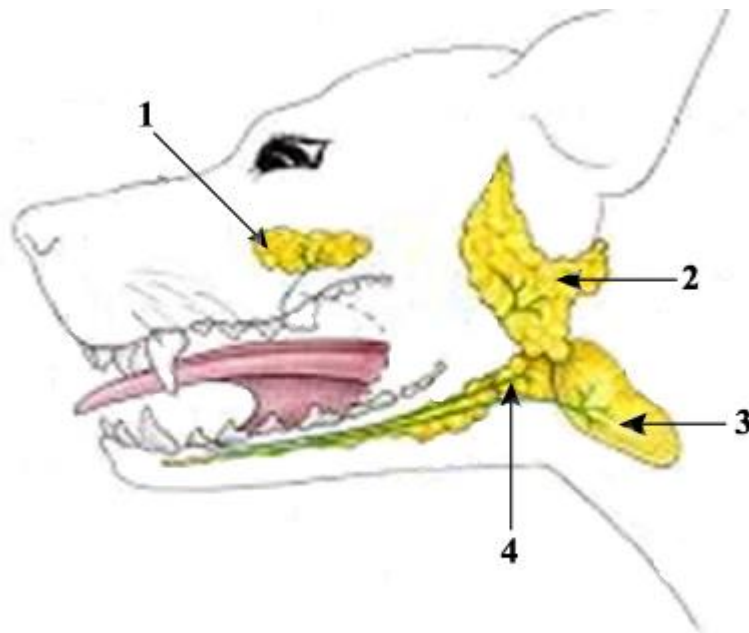
Velike slinovnice su:

1. *glandula parotis* ili zaušna slinovnica
2. *glandula mandibularis* ili čeljusna slinovnica i
3. *glandula sublingualis* ili podjezična slinovnica.
4. *Vrsna specifičnost: pas posjeduje i veliku jagodičnu žlijezdu (glandula zygomatica).*



Slika 55: Slinne žlijezde goveda

1 *Glandula parotis*; 2 *glandula mandibularis*; 3 *glandula sublingualis*.



Slika 56: Slinske žlijezde psa

1 *Glandula zygomatica*; 2 *glandula parotis*; 3 *glandula mandibularis*; 4 *glandula sublingualis*.

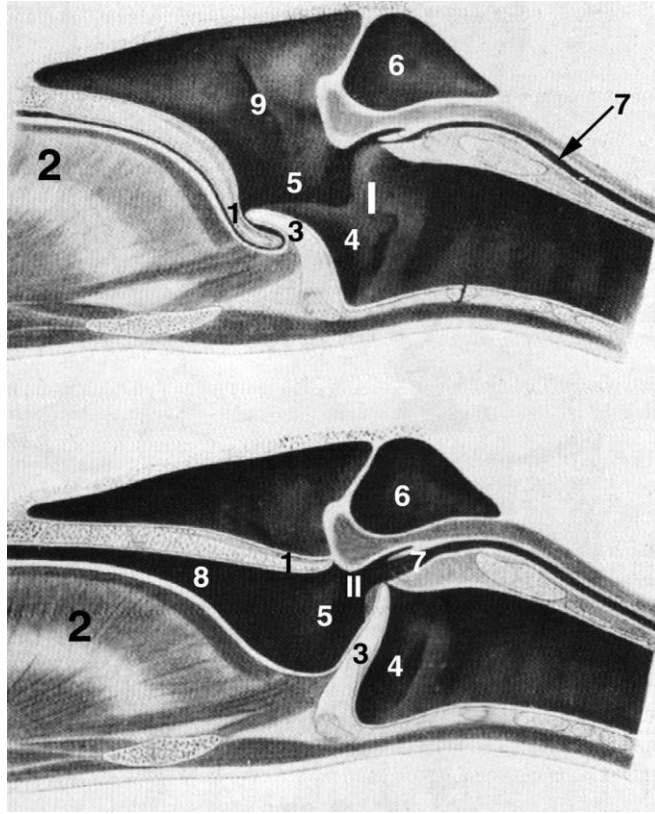
2.2. Ždrijelo [PHARYNX] (Sl. 45, 46 i 57)

Ždrijelo je četvrtasta mišićna cijev u kojoj se ukrižavaju putevi hrane i zraka. Nalazi se *kaudalno* od usne i nosne šupljine, a *rostralno* od grkljana i početka jednjaka. Osim toga, šupljina ždrijela *cavum pharyngis* spojena je sa šupljinom srednjeg uha *cavum tympani*. Na sluznici ždrijela nalaze se *tonzile* (obrambena uloga) te je tako ždrijelo kompleksan organ.

Ždrijelo ima sedam otvora:

1. *isthmus faucium* ili grleni tjesnac, otvor između usne i ždrijelne šupljine
2. *aditus laryngis*, otvor između ždrijela i grkljana
3. *aditus esophagicus*, otvor između ždrijela i jednjaka
4. i 5. *choanae* su dva otvora između nosne i ždrijelne šupljine
6. i 7. otvori slušnih cijevi – *tuba auditiva* na *lateralnoj* stijenci ždrijela, a spaja šupljinu ždrijela sa šupljinom srednjeg uha; kod *ekvida* nalazimo zračni mjehur, slijepo proširenje slušnih cijevi volumena oko 250 ml, nepoznate uloge.

U ždrijelu se ukrižavaju putevi zraka i hrane. Hrana prolazi iz usne šupljine kroz *isthmus faucium* u šupljinu ždrijela gdje se događa akt gutanja. To je stiskanje mišića ždrijela oko hrane i tekućine te potiskivanje u jednjak. Podizanje mekog nepca zatvara *choanae* i sprečava da hrana i tekućina iz ždrijela ne odu u nosnu šupljinu. Istodobno će se podići i elastična hrskavica, dišni poklopac grkljana ili *epiglottis*, koji će zatvoriti ulaz u grkljan i usmjeriti hranu u jednjak. Zrak iz nosne šupljine prolazi kroz *choanae*, ulazi u ždrijelo i nastavlja kroz grkljan i dušnik u pluća.



Slika 57: Ždrijelo

I Otvoren dišni put; II otvoren probavni put; 1 palatum molle; 2 lingua; 3 epiglottis; 4 larynx; 5 pharynx; 6 sinus frontalis; 7 esophagus; 8 isthmus faucium; 9 choana.

2.3. Jednjak [ESOPHAGUS] (Sl. 45, 46 i 57)

Jednjak je sluznično-mišićna cijev koja se proteže od ždrijela do želuca.

Ima tri dijela:

1. vratni dio
2. prsni dio i
3. trbušni dio.

Vratni dio smješten je iznad grkljana i dušnika, a pred ulazom u prsnu šupljinu ili *cavum pectoris* spušta se na lijevu stranu dušnika. U prsnoj šupljini jednjak prolazi središnjim prostorom, tzv. *mediastinumom*. To je prostor duž prsne šupljine kojeg *lateralno* ograničavaju lijeva i desna porebrica (*pleura costalis sinistra et dextra*). Jednjak prolazi kroz ošit, a trbušni dio jednjaka je kratak i ulijeva se u želudac.

3. JEDNOKOMORIČASTI I VIŠEKOMORIČASTI ŽELUDAC

3.1. Želudac [Ventriculus, lat., gaster, grč.] (58 – 63)

Želudac je proširenje probavne cijevi u trbušnoj šupljini. Ulaz jednjaka u želudac naziva se *cardia*, a izlaz iz želuca i prijelaz u tanko crijevo naziva se *pylorus*.

Vrsne specifičnosti:

Razlikuju se dvije podjele želuca:

1. podjela prema broju komora:
 - a) jednokomoričasti želudac, dolazi u svih, osim u preživača i peradi
 - b) višekomoričasti želudac u preživača i peradi.
2. podjela prema građi sluznice:
 - a) u želucu se nalazi samo žljezdana sluznica, a nalazimo je u pasa i mačaka
 - b) u želucu se nalaze dvije vrste sluznice – kutana i žljezdana, a nalazimo ih u konja, svinja i preživača.

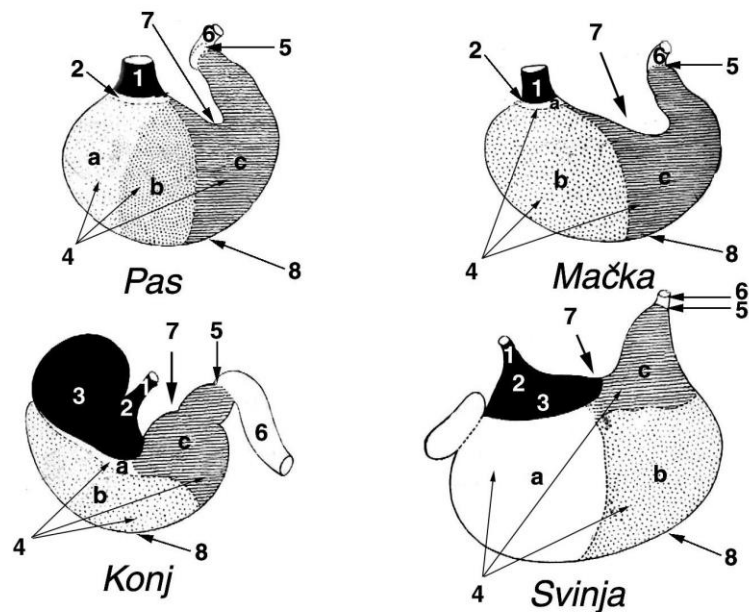
Dio želuca koji je obložen kutanom sluznicom naziva se predželudac ili *pars proventricularis*, a dio želuca koji je obložen žljezdanom sluznicom naziva se pravi želudac ili *pars ventricularis*.

Na svakom jednokomoričastom želucu razlikujemo izvana dvije površine:

1. kranijalna površina – *facies parietalis* kojom se želudac prislanja uz ošit i jetru
2. kaudalna površina – *facies visceralis* na koju se prislanjaju susjedni utrobni organi.

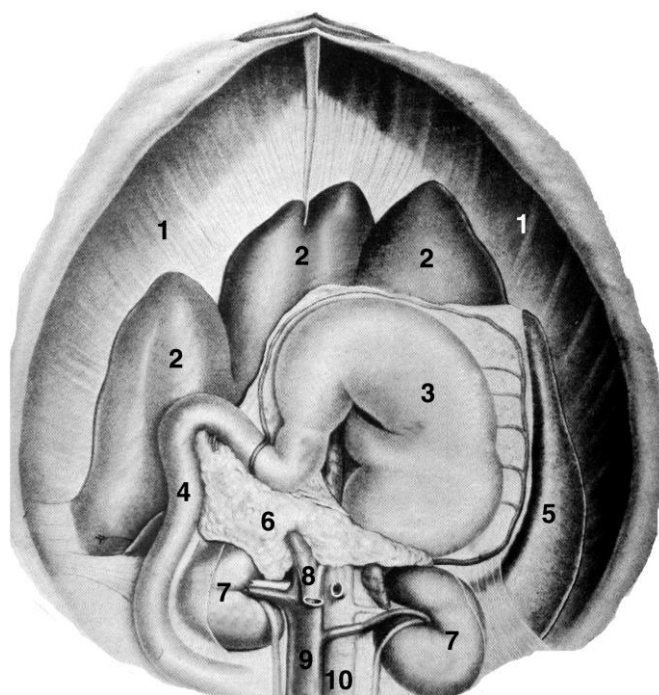
Dorzalni rub želuca je konkavan i naziva se malo želučano zaobljenje ili *curvatura ventriculi minor*, a *ventralni* rub želuca je polukružno izbočen i označava se kao *curvatura ventriculi major* ili veliko želučano zaobljenje.

Jednokomoričasti želudac smješten je u *kranijalnom* trbušnom području, nešto lijevo od *medijane* ravnine, a samo kod pasa puni želudac dolazi do *ventralne* trbušne stijenke. Lijevo od želuca nalazi se slezena, a desno jetra.



Slika 58: Shematski prikaz građe sluznice želuca u konja, svinje, psa i mačke

1 Esophagus; 2 cardia; 3 pars proventricularis; 4 pars ventricularis (a pars cardiaca, b fundus ventriculi, c pars pylorica); 5 pylorus; 6 duodenum; 7 curvatura ventriculi minor; 8 curvatura ventriculi major.



Slika 59: Topografski smještaj želuca, jetre, slezene, dvanastnika, gušterače i bubrega konja

1 Diaphragma; 2 jecur; 3 gaster; 4 duodenum; 5 lien; 6 pancreas; 7 renes; 8 v. portae; 9 v. cava caudalis; 10 aorta.

Višekomoričasti želudac u domaćih sisavaca dolazi samo kod preživača – *ruminantia*. Prve tri komore su predželuci jer su presvučene kutanom sluznicom, a posljednja komora je pravi želudac jer je presvučena žljezdanom sluznicom.

Predželuci su:

1. *rumen* ili burag
2. *reticulum* ili kapura
3. *omasum* ili listavac.

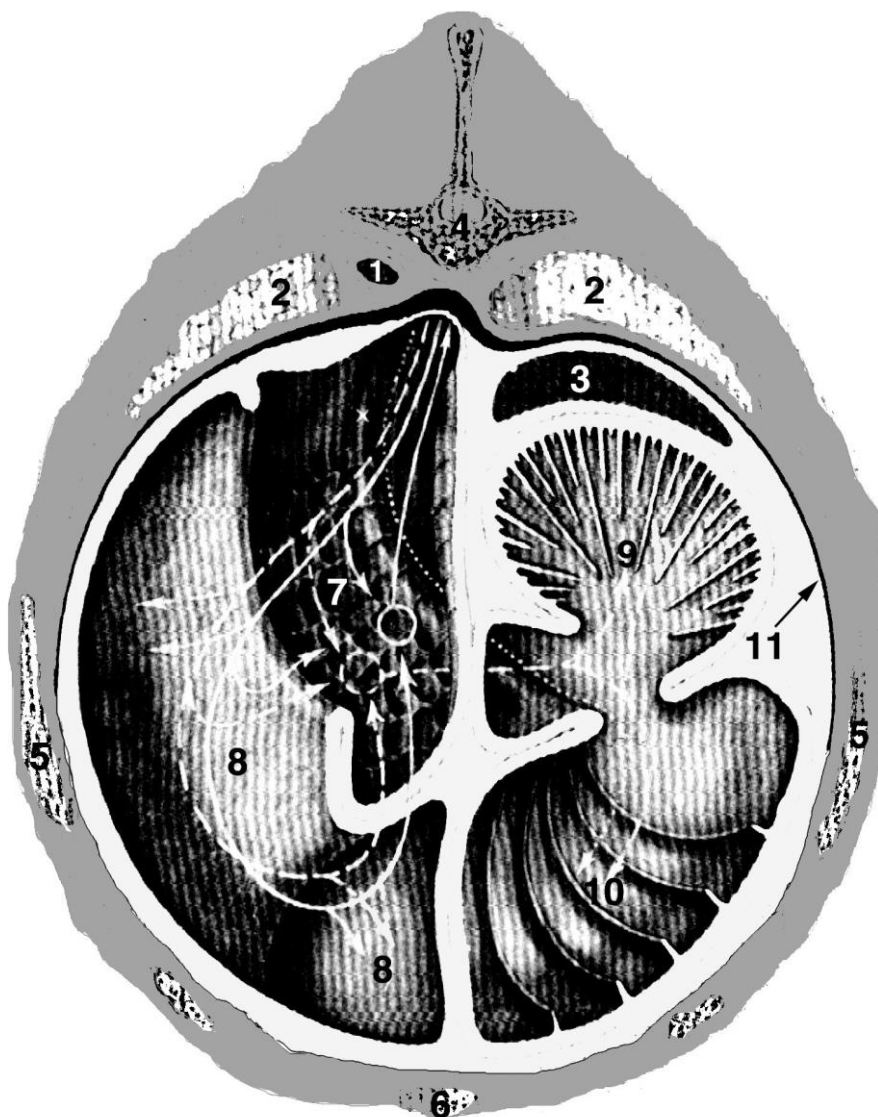
Pravi želudac naziva se *abomasum* ili sirište.

Rumen je prvi i najveći predželudac. Smješten je u lijevoj polovici trbušne šupljine i uz njega se u lijevom podrebrenom području nalazi još samo slezena. Burag se *kranijalno* prislanja uz ošit, *kaudalno* se proteže sve do ulaza u zdjeličnu šupljinu, *dorzalno* priliježe uz kralježnicu, a *lateralno* uz rebra i lijevu trbušnu stijenku. Izvana na buragu se vide duboki žljebovi. Oni u unutrašnjosti buraga čine mišićne gredice koje sudjeluju u motorici, gibanju stijenke buraga. Ove gredice dijele unutrašnjost buraga na *dorzalnu* i *ventralnu* vreću. Kutana sluznica buraga je karakteristična jer ima grube resice dužine do 5 mm.

Reticulum je smješten na *ventralnoj* trbušnoj stijenci u *regio xiphoidea*, između buraga i ošita. Veličine je nogometne lopte, a kutana sluznica čini pravilna izbočenja u obliku saća. U ovom predželucu veoma često se mogu naći strana tijela (čavli, komadići žice). Ona mogu izazvati kronično oboljenje *traumatski reticulo-pericarditis*.

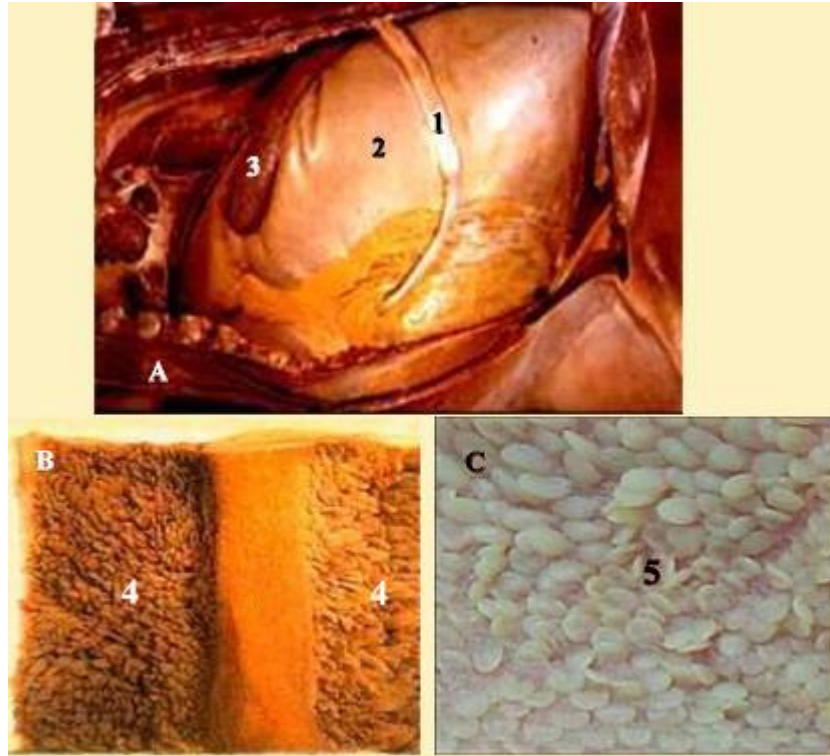
Omasum je smješten nešto desno od *medijane* ravnine, kuglastog je oblika, a njegova kutana sluznica gradi manje i veće listove – *laminae omasi*. Mogu se razlikovati četiri veličine listova. Raspored i veličina listova su izvanredne pravilnosti, a površina listova posuta je sitnim bradavicama. Kod kontrakcije svi listovi se stisnu, zgrče, zgužvaju, a kod širenja izravnavaju.

Abomasum je četvrta komora želuca u preživača, a obložena je žljezdanom sluznicom. Zato je sirište pravi želudac. Smješteno je uz *ventralnu* trbušnu stijenku, a ima oblik izdužene kruške. Sluznica sirišta tvori podužne nabore i preko *pilorusa* se nastavlja u tanko crijevo.



Slika 60: Topografski prikaz višekomoričastog želuca goveda – poprečni presjek

1 Aorta; 2 pulmo; 3 jecur; 4 vertebra thoracica; 5 costae; 6 sternum; 7 reticulum; 8 rumen; 9 omasum; 10 abomasum; 11 diaphragma.



Slika 61: Anatomski smještaj buraga i građa kutane sluznice buraga

A Burag in situ u lijevoj trbušnoj polovici: 1 rebro; 2 burag; 3 slezena,

B makroskopski prikaz kutane sluznice buraga: 4 resice kutane sluznice buraga

C mikroskopski prikaz kutane sluznice buraga: 5 bradavice kutane sluznice buraga.



Slika 62: Građa kapure

A Kapura goveda

B kutana sluznica kapure goveda

C kutana sluznica kapure ovce.

Slika 63: Građa kutane sluznice listavca

1 Listovi kutane sluznice listavca

2 bradavice na površini listova listavca.

4. TANKO I DEBELO CRIJEVO

4.1. Tanko crijevo

[*Intestinum tenue*] (Sl. 64 – 68)

Tanko crijevo nastavlja se iz želuca preko *pylorusa*, a ime je dobilo po tome što ima uzak promjer. Dijeli se na tri dijela:

1. *duodenum* ili dvanaesnik
2. *jejunum* ili živo crijevo i
3. *ileum* ili prazno crijevo.

Tanko crijevo visi na *duplikaturi* potrbušnice – *mezenterij*, a kroz tu *duplikaturu* prolaze do crijeva krvne i limfne žile te živci.

Duodenum ima veoma kratak *mezenterij* i zato mu je položaj uvijek isti, stalan. Ostala dva dijela tankog crijeva vise na dugom *mezenteriju* i zato su veoma pokretna te se zavlače tamo gdje im prirodno nije mjesto (nastaje *hernia* ili kila).

Duodenum ima tri dijela:

- a. *pars descendens* ili spuštajući dio
- b. *pars transversa* ili poprečni dio i
- c. *pars ascendens* ili uspinjući dio.

Vrsne specifičnosti:

Duodenum je kod konja i goveda dugačak 1 m. Oblika je slova U s *kaudalnim konveksitetom*, a u početni dio ulijevaju se odvodni kanalići jetre i gušterače.

Jejunum je oblikovan u mnoštvo zavoja ili *ansae jejunales*. Dužina kod konja je 22 m, goveda 35 m, a u ovce i do 45 m.

Ileum je završni i najkraći dio tankog crijeva, a ulijeva se u debelo crijevo. Ima veoma snažnu mišićnicu koja svojom kontrakcijom uštrcava kašasti sadržaj tankog crijeva u debelo crijevo.



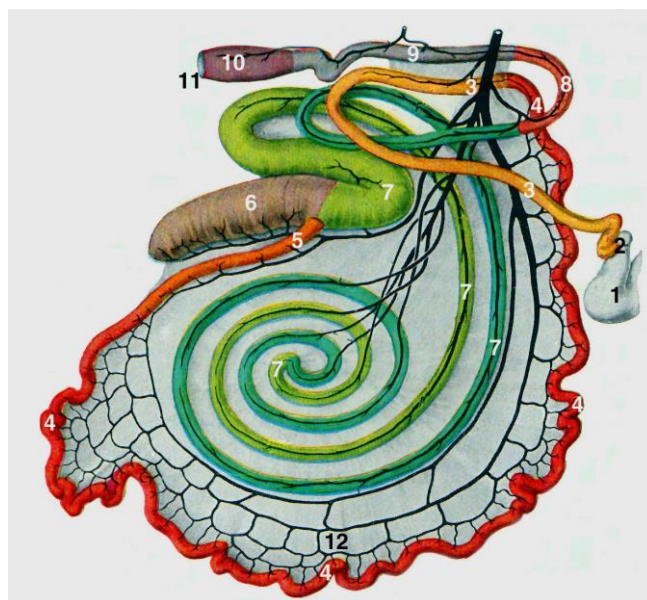
Slika 64: Tanko i debelo crijevo psa

1 *Ventriculus*; 2 *pylorus*; 3 *duodenum*; 4 *jejunum*; 5 *ileum*; 6 *cecum*; 7 *colon ascendens*; 8 *colon transversum*; 9 *colon descendens*; 10 *ampulla recti*; 11 *anus*; 12 *mesenterij sa žilama*.



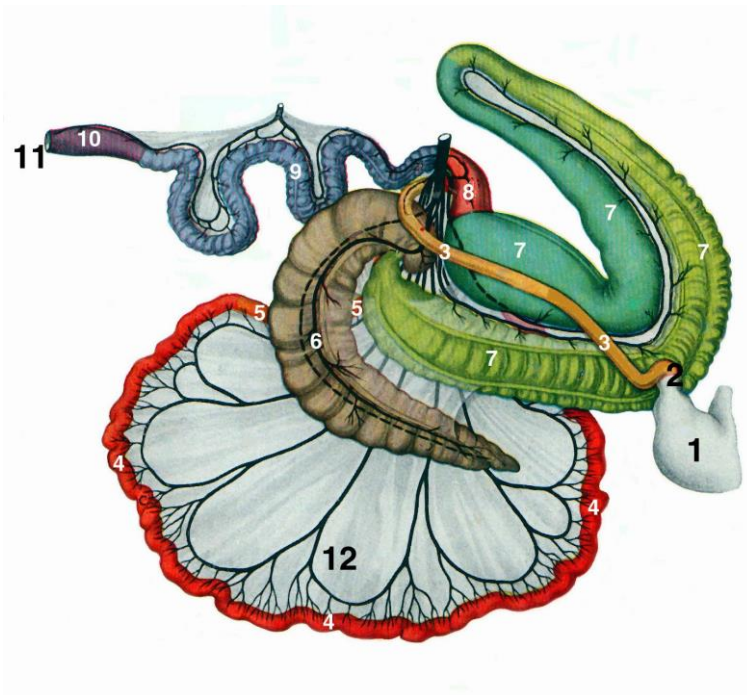
Slika 65: Tanko i debelo crijevo svinje

1 Ventriculus; 2 pylorus; 3 duodenum; 4 jejunum; 5 ileum; 6 cecum; 7 colon ascendens – „crijevni stožac”; 8 colon transversum; 9 colon descendens; 10 ampulla recti; 11 anus; 12 mesenterij sa žilama.



Slika 66: Tanko i debelo crijevo goveda

1 Ventriculus; 2 pylorus; 3 duodenum; 4 jejunum; 5 ileum; 6 cecum; 7 colon ascendens – „crijevna ploča”; 8 colon transversum; 9 colon descendens; 10 ampulla recti; 11 anus; 12 mesenterij sa žilama.



Slika 67: Tanko i debelo crijevo konja

1 Ventriculus; 2 pylorus; 3 duodenum; 4 jejunum; 5 ileum; 6 cecum; 7 colon ascendens s. crassum; 8 colon transversum; 9 colon descendens s. tenue; 10 ampulla recti; 11 anus; 12 mesenterij sa žilama.

4.2. Debelo crijevo [*Intestinum crassum*]

Nastavlja se na tanka crijeva, ima znatno veći promjer i ima tri dijela:

1. *cecum* ili slijepo crijevo
2. *colon* ili obodno crijevo i
3. *rectum* ili ravno, završno crijevo.

4.2.1. Slijepo crijevo [*Cecum*]

Vrsne specifičnosti:

U konja dužina slijepog crijeva iznosi 1m, a promjer 25 cm. Ima tri dijela:

- a. *basis ceci*
- b. *corpus ceci* i
- c. *apex ceci*.

Svi dijelovi zajedno imaju zapreminu oko 40 l. Slijepo crijevo proteže se od desne gladne jame (*fossa paralumbalis dextra*) i usmjerava *ventro-kranio-medijalno*, tako da *apex ceci* dolazi na *ventralnu* trbušnu stijenku u *regio xiphoidea*. Na površini slijepog crijeva vide se četiri *tenije* i četiri niza *haustra*. Tenije su podužne vrpce, trake glatke muskulature, a *haustre* su izbočenja stijenke crijeva između dvije susjedne *tenije*. Slijepo crijevo ima dva slijepa kraja i dva otvora.

U goveda je slijepo crijevo dugo 50 cm, površina mu je glatka, a nalazi se u *dorzalnom* dijelu desne polovice trbušne šupljine.

U svinje je slijepo crijevo dugo do 30 cm i promjera 12 – 15 cm. Na površini ima tri *tenije* i tri niza *haustra*.

U psa je *cecum* u obliku puževe kućice, a kada je razvučen, dugačak je i do 15 cm. Glatke je površine, a na slijepom okrajku ponekad se može naći crvuljak.

4.2.2. *Obodno crijevo* [*Colon*]

Obodno crijevo je najveći dio debelog crijeva.

Vrsne specifičnosti:

U konja se kolon dijeli na:

1. *colon crassum* ili debeli kolon i
2. *colon tenue* ili tanki kolon.

Debeli je kolon, kada je razvučen, dugačak 3,5 m i različitog je promjera. Sastoji se od *dorzalnog* i *ventralnog* položaja koji se nalaze jedan na drugome, poput dvije potkove ili slova „U“. To je voluminozno crijevo jer promjer „*ventralne* potkove“ iznosi 25 cm, na prijelazu *ventralne* u *dorzalnu* potkovu je suženje promjera 6 cm, a *dorzalni* položaj se postupno proširuje i završava promjerom od 40 cm. Zatim slijedi naglo suženje i prijelaz u tanki kolon. Na površini debelog kolona vide se *tenije* i *haustre* i to: *ventralni* položaj koji dolazi na *ventralnu* trbušnu stijenkku ima četiri *tenije* i četiri niza *haustra*, suženi prijelaz iz *ventralnog* u *dorzalni* položaj ima samo jednu *teniju*, a *dorzalni* položaj debelog kolona ima tri *tenije* i tri niza *haustra*.

Tanki kolon dugačak je 3,5 m, promjera je do 12 cm, a na površini se vide dvije *tenije* i dva niza *haustra*.

U goveda kolon ima tri dijela:

1. *ansa proximalis*
2. *ansa spiralis* i
3. *ansa distalis*.

Ansa proximalis ima oblik slova „S“. *Ansa spiralis* sastoji se od zavoja kolona koji se zamataju prema sredini ploče, a zatim od zavoja koji se odmataju od sredine prema periferiji. Svi ovi zavoji smješteni su u jednoj okomitoj i podužnoj ravnini koja se nalazi u desnoj polovici trbušne šupljine – „crijevna ploča“.

Ansa distalis je završni dio kolona i prelazi u rektum.

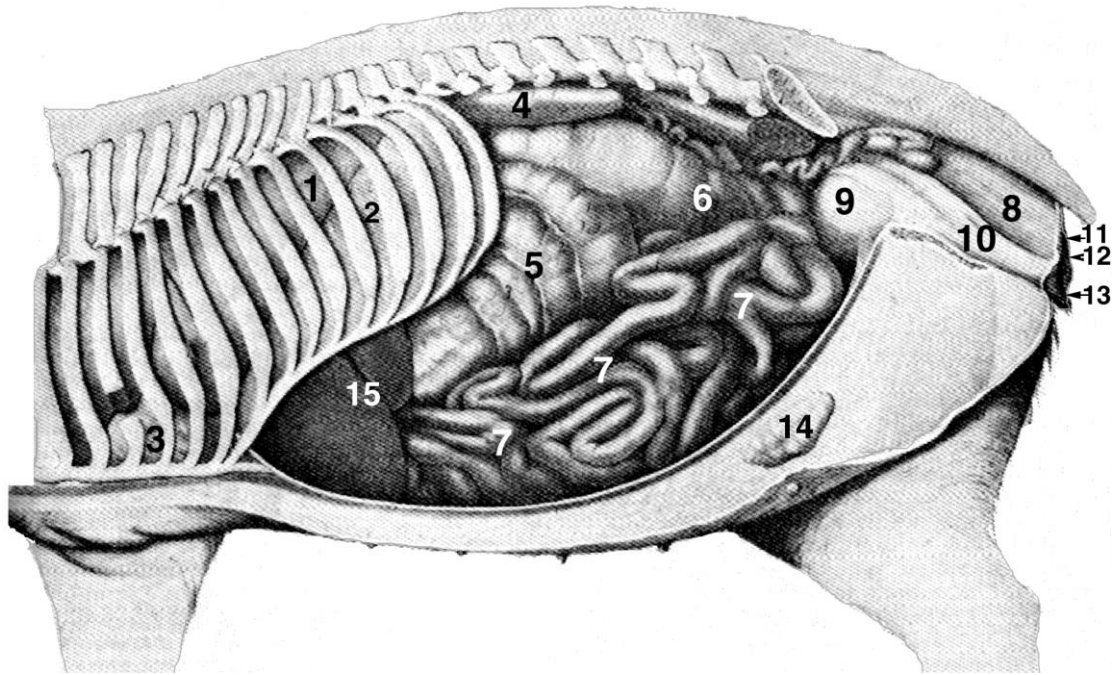
U svinje je kolon oblikovan poput stošca, s tim da je baza stošca okrenuta *dorzo-kaudalno*, a vrh stošca *ventro-kranijalno*. Kolon je smješten u lijevoj polovici trbušne šupljine. „Crijevni stožac“ svinje sastoji se od dva dijela:

1. izvana na stošcu nalaze se zavoji koji se zamataju u smjeru kazaljke na satu i spuštaju prema vrhu stošca, većeg su promjera (8 – 10 cm) i na površini imaju dvije *tenije* i dva niza *haustra*
2. zavoji kolona koji se nalaze unutar stošca odmataju se i uspinju prema bazi stošca, uži su i glatke površine.

U mesoždera kolon je u obliku slova U s *kranijalnim konveksitetom* i ima tri dijela:

1. *colon ascendens* ili uspinjući kolon
2. *colon transversum* ili poprečni kolon i
3. *colon descendens* ili spuštajući kolon.

Nema *tenija* ni *haustra*, a istog je promjera kao i tanko crijevo.



Slika 68: Topografski smještaj organa trbušne i zdjelične šupljine u krmače s lijeve strane

1 Pulmo sinister; 2 diaphragma; 3 pericardium; 4 ren sinister; 5 colon ascedens – „crijevni stožac”; 6 cecum; 7 jejunum; 8 rectum; 9 vesica urinaria; 10 vagina; 11 anus; 12 perineum; 13 pudendum femininum; 14 lymphonodus; 15 jecur.

4.2.3. Ravno crijevo [Rectum]

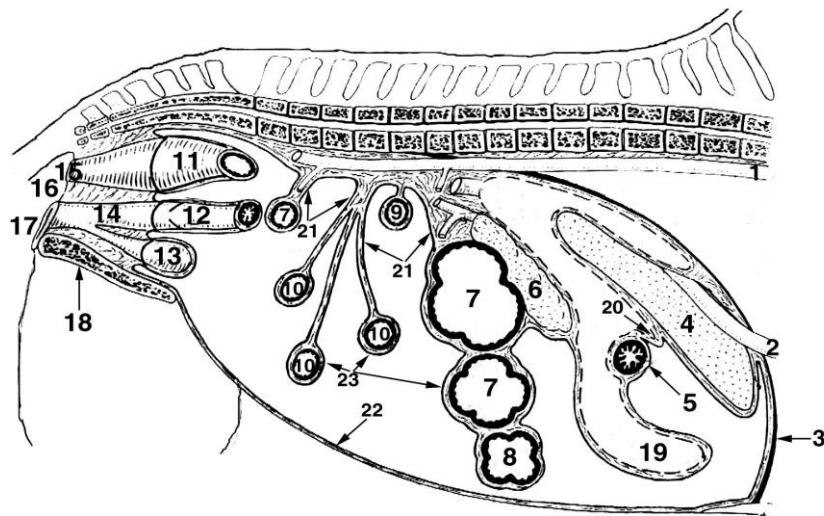
Nalazi se u *dorzalnom* dijelu zdjelične šupljine, a u svom *kaudalnom* dijelu vretenasto je proširen u *ampulla recti*. Završava crijevnim otvorom ili *anusom*.

4.2.4. Trbušna šupljina [Cavum abdominis] (Sl. 64 – 69)

Trbušna šupljina ograničena je *lateralno* rebrima, *lateralno* i *ventralno* trbušnim mišićima, a *dorzalno* prsnim i slabinskim kralješcima. *Medijano* i *ventralno* je bijela linija ili *linea alba*, *kranijalno* je ošit, a *kaudalno* trbušna šupljina prelazi u zdjeličnu šupljinu ili *cavum pelvis*. U trbušnoj šupljini nalazi se serozna opna – potrbušnica – *peritoneum* koja oblaže sve organe pojedinačno, osim bubrega, i to je *visceralni* list *peritoneuma*. Drugi dio *peritoneuma* oblaže cijelu trbušnu šupljinu i to je *parijetalni* list *peritoneuma* koji je srastao s trbušnom stijenkom. Prijelaz *visceralnog* u *parijetalni* list čini *omentum*, *mezenterij*, *ligamente* i *plike*. *Mezenterij* je dvolisni *peritoneum* na kojem vise crijeva.

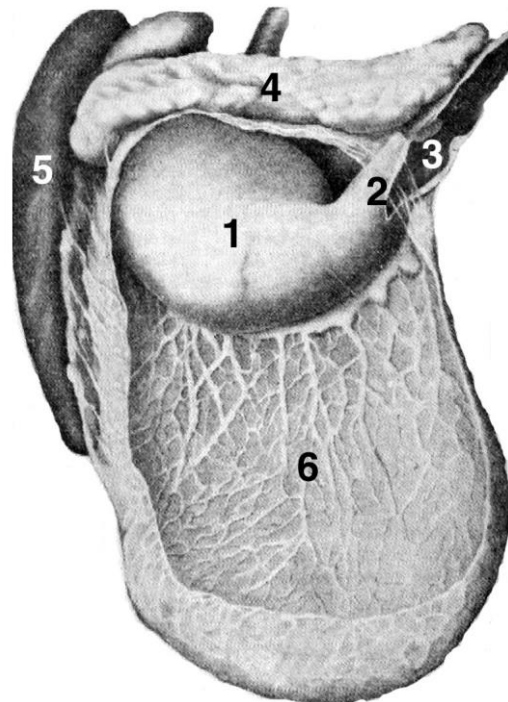
4.2.5. Trbušna maramica [Omentum] (Sl. 69 i 70)

Trbušna maramica je nježna tvorba građena iz dva lista potrbušnice između kojih su smješteni jastučići masnog tkiva. Razlikuju se veliki – *omentum majus* i mali – *omentum minus*. Trbušna maramica omogućuje pravilno gibanje crijeva (*peristaltiku*), a ima i *bakteriostatično* djelovanje.



Slika 69: Tvorbe potrbušnice u trbušnoj i zdjeličnoj šupljini kobile

1 Aorta, 2 vena caudalis, 3 diaphragma; 4 jecur; 5 pylorus; 6 pancreas; 7 colon ascendens s. crassum; 8 cecum; 9 duodenum; 10 jejunum; 11 rectum; 12 uterus; 13 vesica urinaria; 14 vagina; 15 anus; 16 perineum; 17 pudendum femininum; 18 symphysis pelvina; 19 omentum majus; 20 omentum minus; 21 mesenterium; 22 peritoneum parietale; 23 peritoneum viscerale.



Slika 70: Želudac, gušterača, slezena i trbušna maramica u svinje

1 Ventriculus; 2 pylorus; 3 duodenum; 4 pancreas; 5 lien; 6 omentum majus.

4.2.6. Jetra

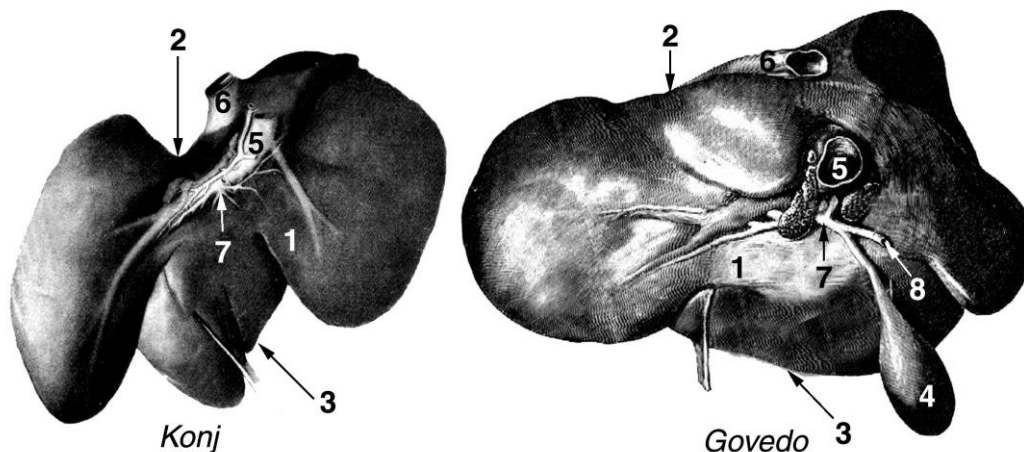
[*Jecur, lat., hepar, grč*] (Sl. 71)

Jetra je žlijezda funkcionalno vezana uz probavni sustav, a smještena je u trbušnoj šupljini neposredno iza ošita. Ima kupolast izgled koji odgovara položaju ošita. Na jetri razlikujemo dvije površine i dva brida:

1. *facies diaphragmatica* prilježe kranijalno uz ošit
2. *facies visceralis* ili *kaudalna* površina na koju se prislanjaju utrobni organi te na toj površini jetre ostavljaju svoje otiske
3. *margo dorsalis* je gornji zaobljeni brid i
4. *margo ventralis* je donji, oštri brid.

Vrsne specifičnosti:

Kod svih domaćih sisavaca, osim u konja, magarca, mazge, mule i goluba, na *visceralnoj* površini jetre vidi se žučna vrećica (*vesica fellea*). U sredini *visceralne* površine nalazi se mjesto gdje u jetru ulaze i iz nje izlaze krvne žile, živci i žučovod, a to mjesto naziva se *porta hepatis*. U konja iz *porte hepatis* izlazi žučovod – *ductus hepaticus* koji odvodi žuč u *duodenum*. Svi ostali domaći sisavci posjeduju žučnu vrećicu. Kod njih se *ductus hepaticus* spaja s odvodnim kanalićem žučne vrećice i nastaje *ductus choledochus* koji se ulijeva u *duodenum*.



Slika 71: Jetra konja i goveda

1 *Facies visceralis*; 2 *margo dorsalis*; 3 *margo ventralis*; 4 *vesica fellea*; 5 *vena portae*; 6 *vena cava caudalis*; 7 *ductus hepaticus*; 8 *ductus choledocus*.

4.2.7. Gušterača – trbušna slinovnica [Pancreas] (Sl. 59 i 70)

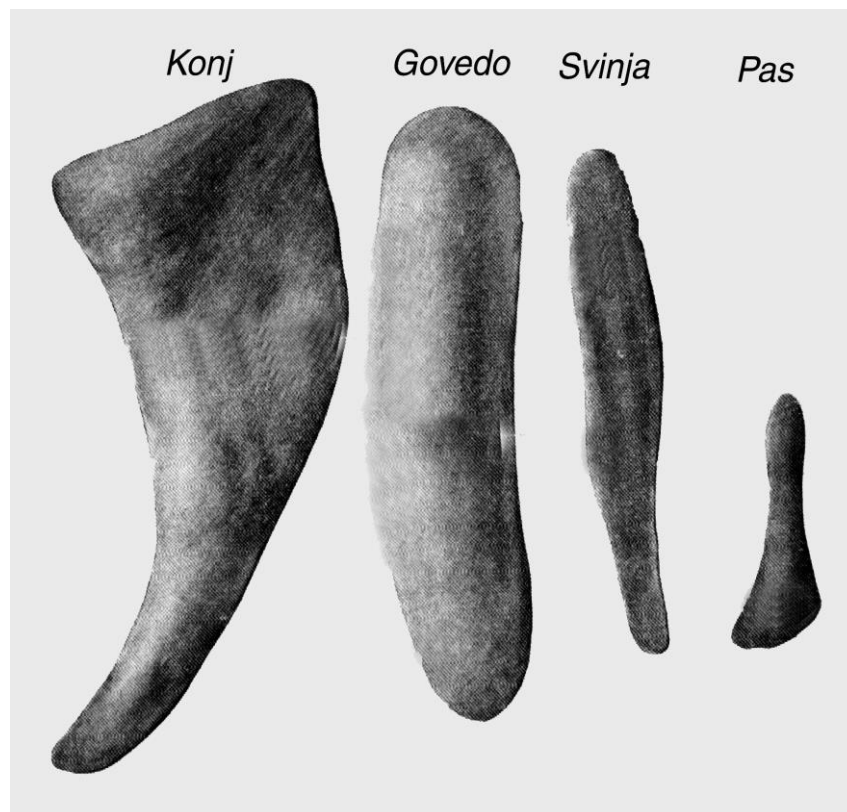
Smještena je uz *duodenum* i ima tri dijela:

1. lijevi režanj
2. desni režanj i
3. tijelo smješteno između reznjeva.

To je žlijezda s unutarnjom i vanjskom sekrecijom. Vanjska sekrecija je stvaranje tvari koje se preko *ductus pancreaticus* odvođe u *duodenum*. Unutarnja sekrecija gušterače (tzv. njezinih otočića) je stvaranje hormona *inzulina* i *glukagona* koji odlaze u krv i reguliraju razinu šećera u krvi.

4.2.8. Slezena [Lien, lat., splen, grč.] (Sl. 72)

Smještena je u lijevom podrebnom području, uz veliko zaobljenje želuca, a u goveda uz burag.



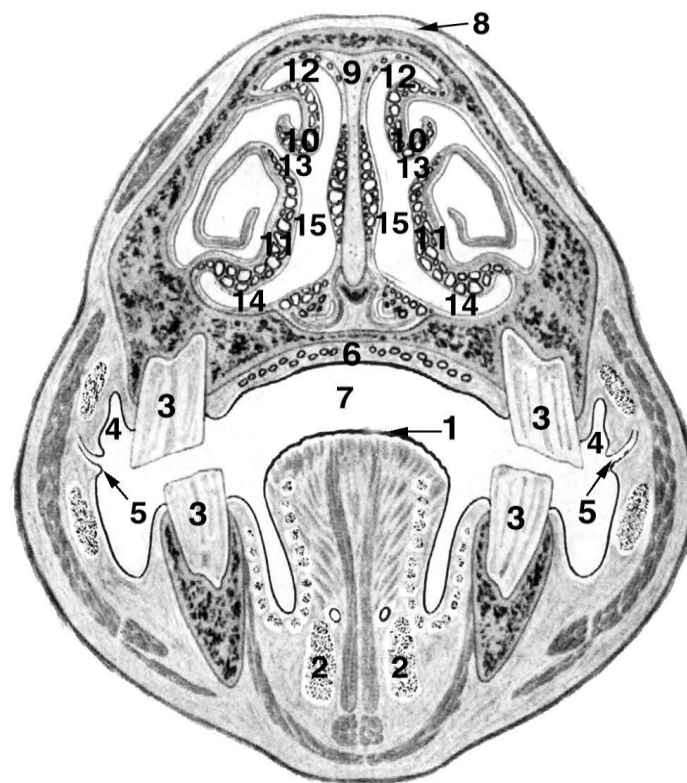
Slika 72: Slezena konja, goveda, svinje i psa

5. DIŠNI SUSTAV [ORGANA RESPIRATORIA]

5.1. Nosna šupljina [Cavum nasi] (Sl. 45, 46 i 73)

Nosna šupljina je glavni dio dišnog sustava. *Medijano* je podijeljena hrskavičnom pregradom – *septum nasi cartilagineum*. *Rostralni* otvori nosne šupljine su nozdrve – *nares* koje imaju hrskavičnu podlogu. *Kaudalno* je izlaz iz nosne šupljine – *choana* i prijelaz u ždrijelo. U obje polovice nosne šupljine nalaze se po dvije nježne koštane nosne školjke tzv. *conchae*. Između nosnih školjki i susjednih kostiju oblikovani su nosni hodnici:

1. gornji – *meatus nasi dorsalis* – odvodi zrak u labirint sitaste kosti, naziva se još mirisni ili njušni prohod
2. srednji – *meatus nasi medius* – ima pristup u sve sinuse pa se naziva i sinusni prohod
3. donji – *meatus nasi ventralis* – najprostraniji je prohod koji odvodi zrak u ždrijelo i dalje u grkljan, naziva se još i dišni prohod, a kroz njega se sondira životinju
4. zajednički – *meatus nasi communis*, smješten je uz nosnu pregradu te komunicira sa sva tri gore spomenuta prohoda.



Slika 73: Poprečni prerez usne i nosne šupljine konja

1 Lingua; 2 glandulae sublinguales; 3 dentes molares; 4 vestibulum oris; 5 uljev odvodnog kanala glandule parotis; 6 palatum durum; 7 cavum oris; 8 os nasale; 9 septum nasi; 10 concha dorsalis; 11 concha ventralis; 12 meatus nasi dorsalis; 13 meatus nasi medius; 14 meatus nasi ventralis; 15 meatus nasi communis.

5.2. Nuzšupljine nosne šupljine [*Sinus paranasales*] (Sl. 73)

U određenim kostima glave, prema kojima dobivaju ime, nalaze se šupljine obložene nosnom sluznicom. Nazivamo ih *sinusima* npr. čeonni *sinus* ili *sinus frontalis*, čeljusni *sinus* ili *sinus maxillaris*, nepčani *sinus* ili *sinus sphenopalatinus*, a svi su spojeni sa srednjim nosnim hodnikom.

5.3. Ždrijelo [*Pharynx*] (Sl. 57)

U svojem gornjem dijelu pripada dišnom sustavu, odnosno provođenju zraka iz nosne šupljine u grkljan i obratno.

5.4. Grkljan [*Larynx*] (Sl. 46 i 74)

Grkljan je dišni i glasilni organ. Građen je od:

1. hrskavica
2. mišića
3. ligamenata i
4. sluznice.

1. Hrskavice grkljana su:

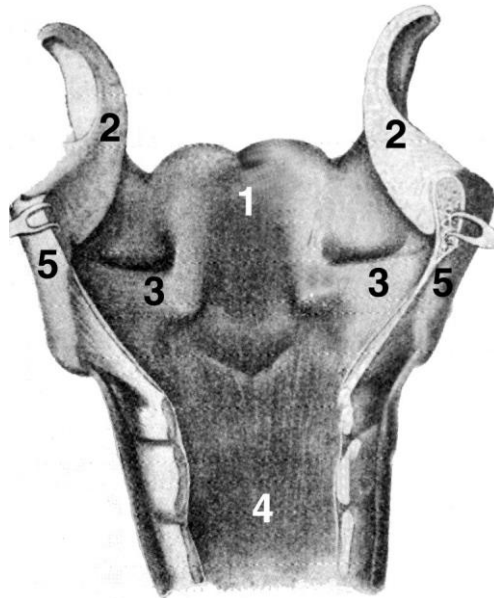
a. neparne:

- a) *cartilago thyroidea* ili štitasta hrskavica
- b) *cartilago cricoidea* ili prstenasta hrskavica
- c) *cartilago epiglottica* ili dišni poklopac

b. parne:

- a) *cartilagines arytaenoideae* ili ljevkaste hrskavice.

2. Mišići grkljana dijele se na vanjske i unutarnje, a sudjeluju u širenju i sužavanju prolaza kroz grkljan.
3. Sve hrskavice grkljana međusobno su spojene zglobovima, ligamentima i membranama tako da čine jednu funkcionalnu cjelinu.
4. Sluznica grkljana značajna je po tome što tvori dva nježna nabora u obliku slova „V”, a to su glasnični nabori ili *plicae vocales*. Zrak pri izdisaju prelazi preko ovih nabora koji svojim titranjem stvaraju određeni ton. On se oblikuje u usnoj šupljini, a specifičan je za svaku životinjsku vrstu (mukanje, rzanje, blejanje, lajanje).



Slika 74: Grkljan i početak dušnika otvoren s ventralne strane

1 Aditus laryngis; 2 epiglottis; 3 plica vocalis; 4 trachea; 5 cartilago thyroidea.

5.5. Dušnik

[Trachea] (Sl. 46 i 57)

Dušnik je hrskavično-mišićna cijev koja se *medijano* proteže od grkljana do polovice prsne šupljine, tu se račva tzv. *bifurcatio tracheae* u dva dušnjaka (*bronchus dexter i sinister*) koji ulaze u pluća. Dušnik je građen od hrskavičnih prstenova koji se dorzalno preklapaju. Susjedni hrskavični prstenovi spojeni su ligamentima u funkcionalnu cjelinu.

5.6. Pluća

[Pulmones] (Sl. 75)

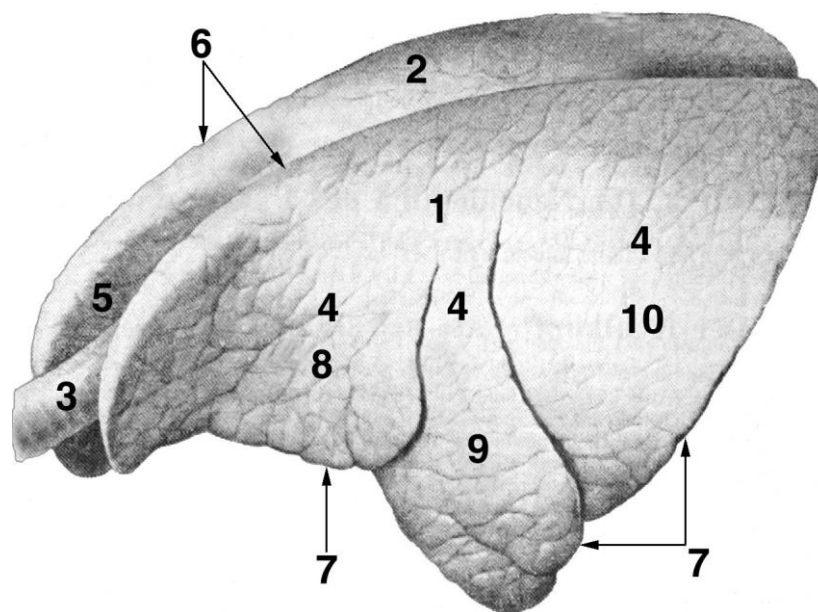
Pluća su spužvasti, blijedocrveni parni organ – *pulmo dexter i sinister*, koji na vodi pliva, a pluća fetusa tonu. Na plućima se razlikuju tri površine:

1. *facies costalis* ili rebrena površina
2. *facies diaphragmatica* ili ošitna površina i
3. *facies medialis* ili površina prema sredini prsiju.

Pluća imaju dva brida:

1. *margo dorsalis* – zaobljen je i nalazi se uz trupove prsnih kralješaka i
2. *margo acutus* – oštar je i na njemu se vide usjeci, *incisurae*, oni dijele pluća u režnjeve:
 - a) *lobus cranialis*
 - b) *lobus medius* i
 - c) *lobus caudalis*.

Desno pluće ima još jedan režanj, *lobus accessorius* ili pridodani režanj. Dušnjaci ili *bronchusi* u plućima se pravilno granaju u sve uže zračne prohode koji konačno završavaju mnoštvom sitnih mjehurića, *alveoli pulmonis*. Njihova stijenka je veoma tanka i u njoj se izmjenjuju plinovi CO₂ i O₂. Oko oba pluća nalazi se nježna, tanka i prozirna serozna opna, *pleura*, a prostor duž sredine prsiju, koji je sa strana ograničen desnom i lijevom *pleurom*, zove se *mediastinum*.



Slika 75: Pluća goveda

1 *Pulmo sinister*; 2 *pulmo dexter*; 3 *trachea*; 4 *facies costalis*; 5 *facies medialis*; 6 *margo dorsalis*; 7 *margo acutus*; 8 *lobus cranialis*; 9 *lobus medius*; 10 *lobus caudalis*.

6. MOKRAĆNI SUSTAV **[ORGANA UROPOETICA]**

6.1. Bubrezi

[Renes, lat., nephris, grč.] (Sl. 76 – 79)

Bubrezi su parni organi, a smješteni su *ventralno* od slabinskih kralježaka. Površina im je glatka. Jedino se u preživača oba bubrega nalaze na desnoj strani, a na površini se vide žljebovi. Bubrež se sastoji od dva dijela:

1. vanjski, površinski dio ili kora, *cortex renis* i
2. unutarnji, srž ili *medulla renis*; u kori se nalazi mnoštvo sitnih, bubrežnih tjelešaca ili *glomerula* u kojima se pročišćava, filtrira krv, a u srži bubrega se nalaze brojni odvodni kanalići koji odnose mokraću.

6.2. Bubrežna zdjelica, nakapnica

[Pelvis renalis]

Bubrežna zdjelica je proširenje mokraćovoda koje se utisnulo u bubrež s njegove *medijalne* strane. Zdjelica i bubrež zajedno su obavijene čvrstom, vezivnom čahuricom – *capsula fibrosa*. Oko nje se nalazi masno tkivo – *capsula adiposa*. Govedo nema bubrežnu zdjelicu nego je razvijen sustav čašica. Mokraća iz bubrežne zdjelice odlazi u mokraćovod.

6.3. Mokraćovodi

[Ureteri]

Mokraćovodi su parne, uske, ravne cjevčice koje nose mokraću iz bubrežne zdjelice ili čašice u mokraćni mjehur.

6.4. Mokraćni mjehur

[Vesica urinaria]

Mokraćni mjehur je spremište za mokraću, a nalazi se na dnu zdjelice šupljine. Napunjeni mokraćni mjehur prebacuje se preko *pecten ossis pubis* u trbušnu šupljinu.

6.5. Mokraćnica

[Urethra]

Mokraćnica je jedinstvena odvodna cijev iz mokraćnog mjehura, a izražen je spolni dimorfizam.

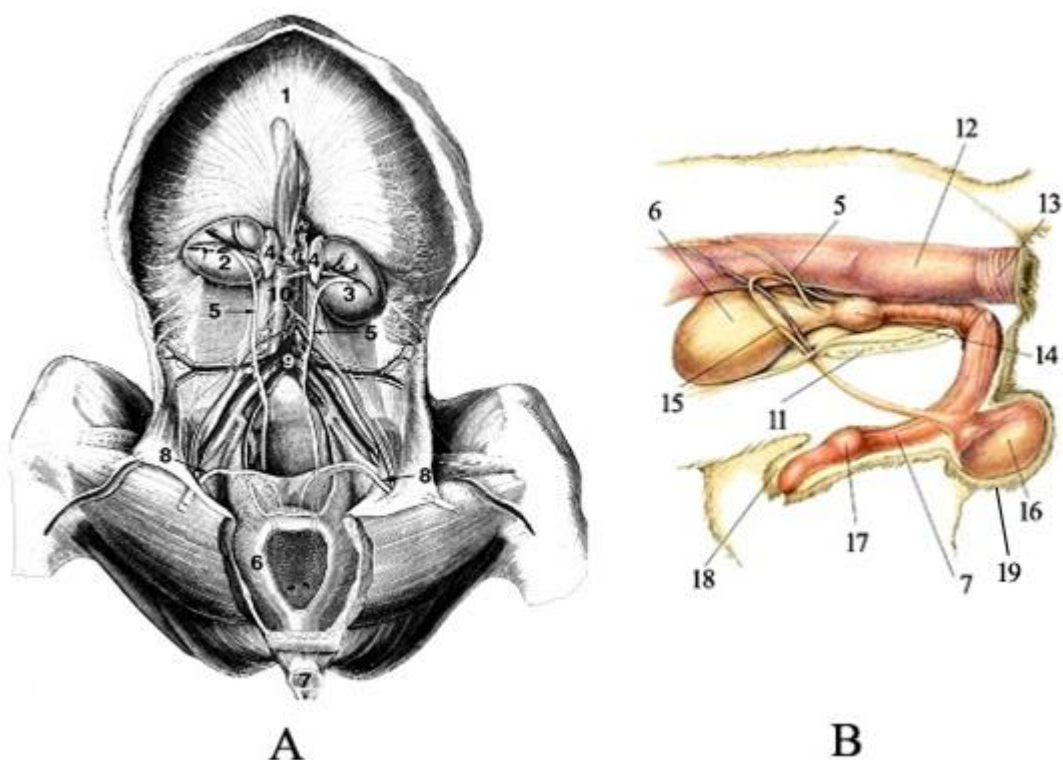
a. Muška mokraćnica ili *urethra masculina* je veoma duga i ima dva dijela:

- 1) unutarnji dio je na dnu zdjelice i u njega se ulijevaju oba sjemenovoda i odvodni kanalići dodatnih spolnih žlijezda; poslije tog mjesta muška mokraćnica je zajednička odvodna cijev za mokraću i spermiju
- 2) vanjski dio previja se preko sjednog luka i po ventralnoj strani penisa dolazi sve do glavića.

b. Ženska mokraćnica ili *urethra feminina* je veoma kratka i ulijeva se u dno vagine. Dijeli šupljinu vagine u *kaudalni dio*, predvorje ili *vestibulum vaginae* i *kranijalni dio* – *vagina*.

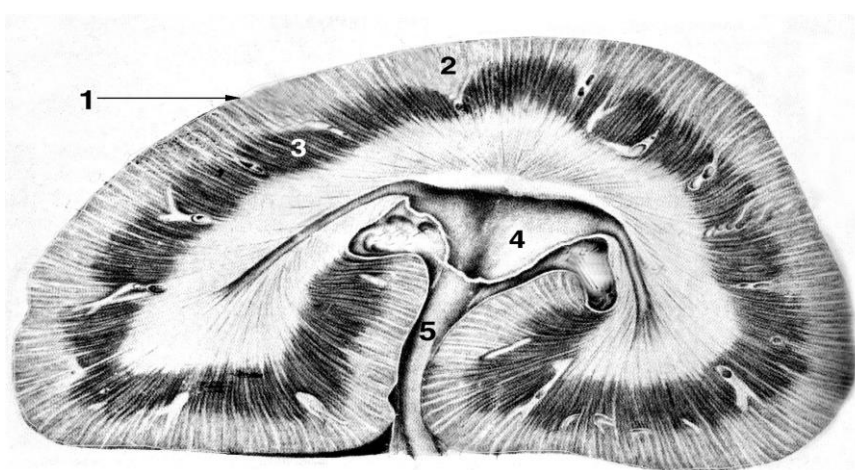
Vrsne specifičnosti:

U krave i krmače ventralna stijenka *kranijalnog* dijela predvorja rodnice i mokraćnice ima izvrtak – *diverticulum suburethrale*, a to je važno znati kod kateterizacije tih životinja.



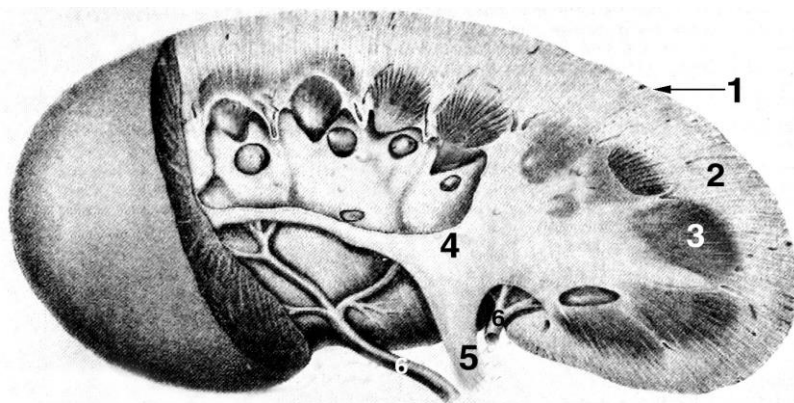
Slika 76: Topografski smještaj mokraćnih i spolnih organa konja (A) i psa (B)

1 Diaphragma; 2 ren dexter; 3 ren sinister; 4 glandula adrenalis; 5 ureter; 6 vesica urinaria; 7 penis; 8 funiculus spermaticus; 9 aorta; 10 vena cava caudalis; 11 symphysis pelvina; 12 colon descendens; 13 rectum; 14 prostata; 15 ductus deferens; 16 testis; 17 bulbus glandis; 18 preputium; 19 scrotum.



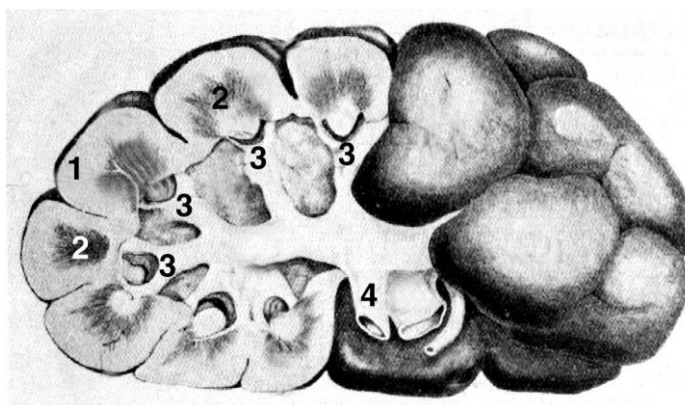
Slika 77: Podužni prerez bubrega konja

1 Capsula fibrosa; 2 cortex renis; 3 medulla renis; 4 pelvis renalis; 5 ureter.



Slika 78: Bubrež svinje

1 *Capsula fibrosa*; 2 *cortex renis*; 3 *medulla renis*; 4 *pelvis renalis*; 5 *ureter*; 6 *arteria renalis*.



Slika 79: Bubrež goveda

1 *Cortex renis*; 2 *medulla renis*; 3 *čašice*; 4 *ureter*.

7. SPOLNI SUSTAV

[*ORGANA GENITALIA*]

7.1. Muški spolni organi

[*Organa genitalia masculina*] (Sl. 76 i 80)

7.1.1. Mošnja

[*Scrotum*] (Sl. 76 B)

Mošnja je izvručće kože i potkožja u koje će se spustiti *testisi*. Ima različiti smještaj u domaćih sisavaca.

Vrsne specifičnosti:

Tako se mošnja u preživača nalazi između stražnjih nogu nisko obješena, u pastuha visoko podignuta, a u nerasta ne samo da je nisko smještena, nego je i potisnuta *kaudalno*.

Koža mošnje je izrazito tanka, nježna, prekrivena finim dlačicama. Potkožje mošnje u sebi posjeduje puno glatkih mišićnih stanica, zato mošnja mijenja svoj izgled ovisno o godišnjem dobu. Za ljetnih vrućina i sparina cijela mošnja se izvjesi, a za hladnog vremena se stisne i nabora. *Medijano* u mošnji potkožje tvori pregradu.

7.1.2. Sjemenik [Testis] (Sl. 76 B i 80)

Sjemenik, muška gonada, razvija se u trbušnoj šupljini neposredno uz bubrege. Pod kraj graviditeta *testisi* se spuštaju, *descensus testis* kroz *ingvinalne* prstenove u kosim trbušnim mišićima u šupljinu *skrotuma*. No ako su *testisi* preveliki ili prstenovi preuski, tada *testisi* ostaju u trbušnoj šupljini ili se zaglave između *ingvinalnih* prstenova. Ova pojava zaostajanja *testisa* pri spuštanju naziva se *kriptorhizam*, a životinje *kriptorhidi* ili *nutraci*, a to je nasljedno svojstvo. Takve životinje se uklanjaju iz uzgoja. Oko *testisa*, kao i oko svakog trbušnog organa (osim bubrega), nalazi se dvostruka ovojnica potrbušnice – *peritoneum*. Izvana *testis* ima čvrstu, bijelu opnu tzv. *tunica albuginea* koja unutrašnji, žljezdani dio *testisa* dijeli na režnjiće. Žljezdani dio ili *parenhim* je funkcionalni dio *testisa* koji proizvodi spermije i muške spolne hormone. Hormoni se krvlju raznose po tijelu, a spermiji preko sustava cjevčica odlaze konačno u mušku mokraćnicu.

7.1.3. Nuzsjemenik [Epididymis] (Sl. 80)

Odvodni sustav *testisa* za spermije započinje zavijenim kanalićima koji se prema središtu *testisa* izravnavaju i tu se međusobno isprepletu. Iz ovog pletera izlazi 16 – 18 odvodnih kanalića koji izlaze iz *testisa* te se međusobno spoje u jedan kanalić.

Vrsne specifičnosti:

On je jako zavijen i veoma dug (u mačka 3 m, nerasta 18 m, bika 50 m, pastuha 86 m), dolazi na drugi okrajak *testisa* gdje se nastavlja kao sjemenovod. Ovaj odvodni sustav, za spermije izvan *testisa*, oblikuje nuzsjemenik ili *epididymis* koji ima tri dijela:

- a. glavu ili *caput epididymidis*
- b. tijelo ili *corpus epididymidis* i
- c. rep ili *cauda epididymidis*; iz repa izlazi sjemenovod – *ductus deferens*.

7.1.4. Sjemensko uže [Funiculus spermaticus] (Sl. 76 B i 80)

Sjemensko uže čine krvne žile, živci, sjemenovod i ovojnice potrbušnice. Ono drži *testis* i *epididymis* u položaju. Sa strane užeta nalazi se poprečno prugasti mišić – *musculus cremaster* koji podiže *testise*.

7.1.5. Dodatne spolne žlijezde [Glandulae genitales accessoriae] (Sl. 76 B i 80)

Dodatne spolne žlijezde nalaze se na dnu zdjelične šupljine prislonjene uz mokraćnicu te svoje sekrete ili spermijску plazmu izlučuju u nju. Kod rasplodnih životinja su u punoj funkciji i veličini, naročito u nerasta, a kod kastrata se izrazito smanjuju. To su:

1. *prostata*
2. *glandulae bulbourethrales* i
3. *glandulae vesiculosae*.

Vrsne specifičnosti:

U pasa dolazi samo *prostata*.

7.1.6. Spolni ud
[Penis] (Sl. 13, 76, 81 i 82)

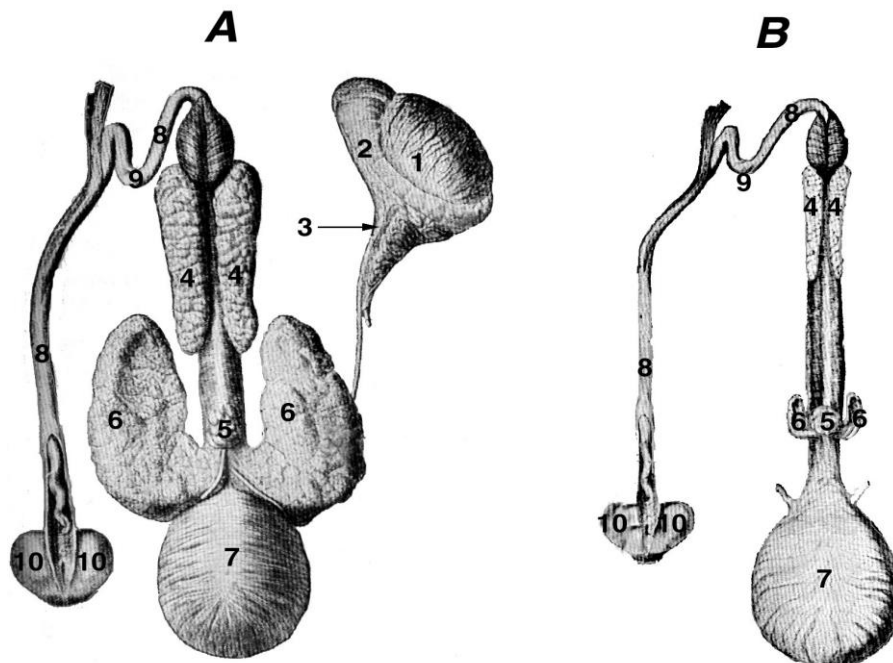
Spolni ud je muški *kopulacioni* organ koji je kod svih usmjeren *kranio-ventralno*, a samo u mačka *kaudo-ventralno*. Ima tri dijela:

- a. korijen ili *radix penis*
- b. tijelo ili *corpus penis* i
- c. glavić ili *glans penis*.

Korijen penisa nastaje spajanjem lijevog i desnog kraka koji se pričvršćuju za sjedni luk – *arcus ischiadicus*. U preživača i nerasta penis u mirnom stanju oblikuje jedan zavoj – *flexura sigmoidea*. Ovaj zavoj se kod *erekcije* izravna i *penis* izlazi iz kožnate manžete – *preputium*. Prema građi, razlikuju se tri tipa penisa:

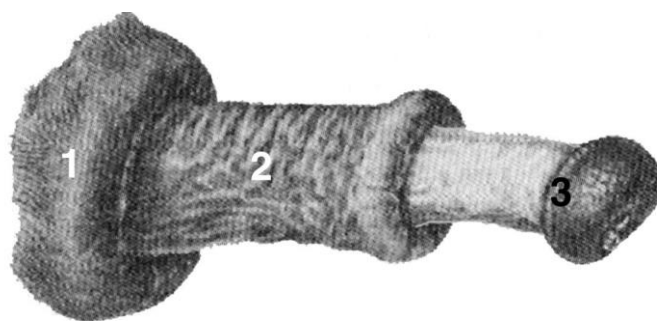
1. *kavernozni* ili šupljikavi tip (u konja i magarca), građen je od velikih šupljikavih tijela koja se pune krvlju; kod *erekcije* takav se penis produžava i zadebljava
2. *vezivno-elastični* tip (u preživača i nerasta), njegova šupljikava tijela mnogo su manja te se kod *erekcije* ovaj tip penisa samo ukružuje, a prividno se produžava zbog izravnavanja *sigmoidnog* zavoja
3. *mješoviti* tip, odnosno kombinacija prva dva (u mesoždera); u tijelu *penisa* posjeduju kost ili *os penis*.

Oko penisa se nalazi kožnata manžeta, tzv. puzdra ili *preputium*, koja ga pričvršćuje za ventralnu trbušnu stijenku. Unutarnja površina puzdre sadrži brojne velike lojne žlijezde koje izlučuju bijelu sirastu masu *smegma*. U nerasta *kranijalni* dio puzdre ima dvije slijepe vreće, u njima se nakuplja *smegma* koju natapa mokraćā.



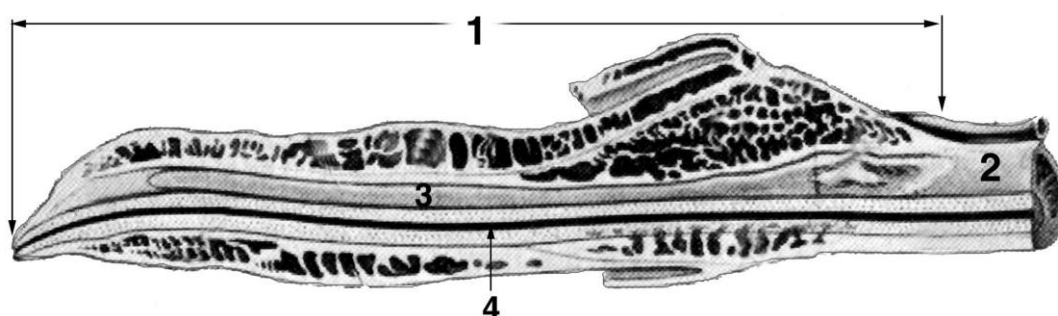
Slika 80: Spolni sustav nerasta spolno aktivnih (A) i u kastrata (B)

1 *Testis*; 2 *epididymis*; 3 *ductus deferens*; 4 *glandula bulbourethralis*; 5 *prostata*; 6 *glandula vesicularis*; 7 *vesica urinaria*; 8 *penis*; 9 *flexura sigmoidea*; 10 *slijepe vreće prepucija*.



Slika 81: Spolni ud konja

1 Preputium; 2 corpus penis; 3 glans penis.



Slika 82: Spolni ud psa

1 Glans penis; 2 corpus penis; 3 os penis; 4 urethra.

7.2. Ženski spolni organi

[*Organa genitalia feminina*]

7.2.1. Jajnik

[*Ovarium*] (Sl. 83 – 91)

Jajnik je smješten u *dorzalnom* dijelu trbušne šupljine i to u slabinskom području. Kod krave i kobile može ga se *rektalno* opipati. Građen je od dva dijela:

1. u vanjskom dijelu ili *cortex ovarii* nalaze se brojne (na tisuće) jajne stanice u različitim stadijima razvitka
2. unutarnji dio ili *medulla ovarii* sastavljen je od bogatog pletera krvnih žila i to je prehrambeni dio jajnika; jedino je u kobile ovaj raspored u građi jajnika obrnut (*typus inversus*).

Oko određene jajne stanice počinje se stvarati mjhurić s tekućinom koji sve više raste te se konačno kao *Graaf-ov* folikul izdiže iznad površine jajnika. Tada ga se u krave i kobile može *rektalno* opipati. Pod utjecajem hormona hipofize dolazi do prsnuća *Graaf-ovog* folikula, što nazivamo *ovulatio*, te jajna stanica bude izbačena iz *folikula* u trbušnu šupljinu i usisana u jajovod (Sl. 88). *Ovulacija* se zbiva na površini cijeloga jajnika, osim u kobilu u kojih se

ovulacija zbiva uvijek na istom mjestu tzv. *fossa ovarii*. Na jajniku, na mjestu prsnuća Graaf-ovog folikula, ostaje oštećenje u kojemu se grušta krv i tako nastaje crveno tijelo ili *corpus rubrum*. Ovo tijelo ubrzo prelazi u žuto tijelo ili *corpus luteum* koje može imati dvije sudbine. Ako životinja ostane gravidna, tada žuto tijelo ostaje do kraja graviditeta i nazivamo ga čuvarom graviditeta ili *corpus luteum graviditatis*. Ukoliko životinja ne ostane gravidna, žuto tijelo prelazi u bijelo tijelo ili ožiljak, *corpus albicans*. Poslije poroda žuto tijelo također prelazi u bijelo tijelo. Zato je jajnik starijih ženki hrapave površine, jer je prepun ožiljaka, osim u kobile. Jajnik zdrave kobile ima glatku površinu.

7.2.2. Jajovod

[*Tuba uterina, oviductus, salpinx*] (Sl. 88 – 91)

Jajovod je uska, zavijena cjevčica, jednim krajem ulijeva se u rog maternice, a suprotnim se proširuje u lijevak s resicama koji obuhvaća jajnik. Treperenje resica usiše jajnu stanicu izbačenu u trbušnu šupljinu prilikom *ovulacije*. U jajovodu se zbiva oplodnja, a oplodjena jajna stanica (*zigota*) odlazi u rog maternice i tamo se priljubi na njezinu sluznicu te se dalje razvija.

7.2.3. Maternica

[*Uterus, metra, hystera*] (Sl. 84, 88 – 91)

Ima tri dijela:

- a. *kaudalni* dio je jedinstven – grlić maternice ili *cervix uteri*
- b. prema *kranijalno* se nalazi tijelo ili *corpus uteri* i
- c. *kranijalni* dio je podijeljen u dva roga ili *cornua uteri*.

Grlić maternice ima izuzetno snažnu mišićnicu i zato je prolaz kroz grlić uzak. Taj se prolaz otvara kada se životinja goni i kada rađa, a otvoren je do izbacivanja posteljice, nakon čega se zatvara. Tijelo maternice je jedinstveno i *kranijalno* se račva u dva roga.

U kobile su rogovi maternice relativno kratki, cijelom dužinom jednake širine, a završavaju zaobljeno uz uočljiv prijelaz u jajovod. U krave rogovi maternice postupno se sužavaju i bez očite granice prelaze u jajovod. Krmača posjeduje veoma dugačke maternične rogove (3.5 – 4.0 m) složene u brojne zavoje. Prolaz kroz grlić maternice krmače dugačak je i do 18 cm i ima izgled cik-cak linije jer sluznica grlića tvori uzdignuća koja se naizmjenično pojavljuju. U kuja rogovi maternice su tanki i ravni. U preživača sluznica maternice ima posebne tvorbe, mala zadebljanja, u krave su veličine zrna kukuruza, koje nazivamo *carunculae*. U krave su složene u 4 reda, a u svakom redu ima ih 8 – 12. Za vrijeme *graviditeta* se povećavaju na veličinu dječje šake. Spajaju se sa sličnim tvorbama na posteljici, *cotyledones*, te tako nastaje funkcionalna zajednička tvorba – *placentalomus*, koja postoji cijelo vrijeme *graviditeta*. Poslije poroda ovaj spoj se razdvoji i *placenta* (posteljica) sa svojim *kotiledonima* mora biti istisnuta iz maternice. Ako dođe do pojave zaostajanja posteljice, *retentio secundina*, nužna je intervencija.

7.2.4. Rodnica

[*Vagina*] (Sl. 84, 88 – 91)

Rodnica je šuplji sluznično-mišićni organ smješten između grlića maternice i predvorja rodnice. Služi kao *kopulacioni* organ ženke. *Kaudalno*, na granici prema predvorju, nalazi se djevičnjak ili *hymen* i otvor ženske mokraćnice.

7.2.4.1. Predvorje rodnice

[*Vestibulum vaginae*]

Predvorje je zajednički organ za spolni i mokraćni sustav. U predvorju, u sluznici, nalaze se žlijezde i kružni, snažni mišići koji se kontrahiraju kod parenja i kod porođaja.

7.2.5. Stidnica

[*Pudendum femininum*] (Sl. 84, 88, 90 i 91)

Stidnica je vanjski spolni organ, a sastoji se iz dvije usne koje se *dorzalno* i *ventralno* spajaju. U *ventralnom* spoju smještena je dražica.

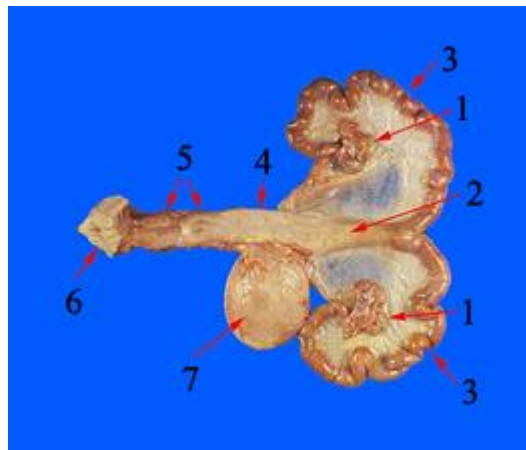
7.2.6. Dražica

[*Clitoris*]

Dražica je nadražajni ženski spolni organ, a građena je u svim dijelovima kao muški spolni organ, *penis*, osim što nema mokraćnicu.

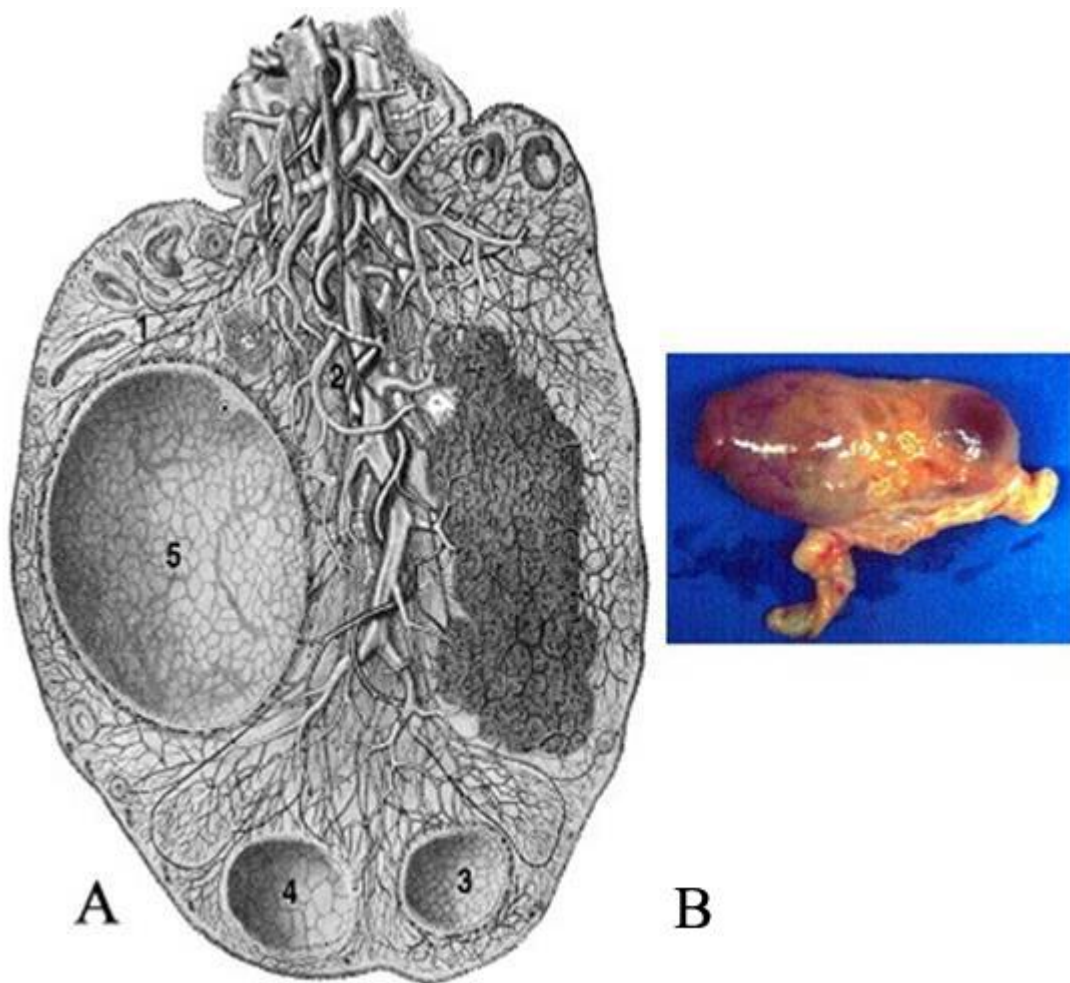


Slika 83: Folikularni stadij jajnika krmače



Slika 84: Reproductivni trakt krmače

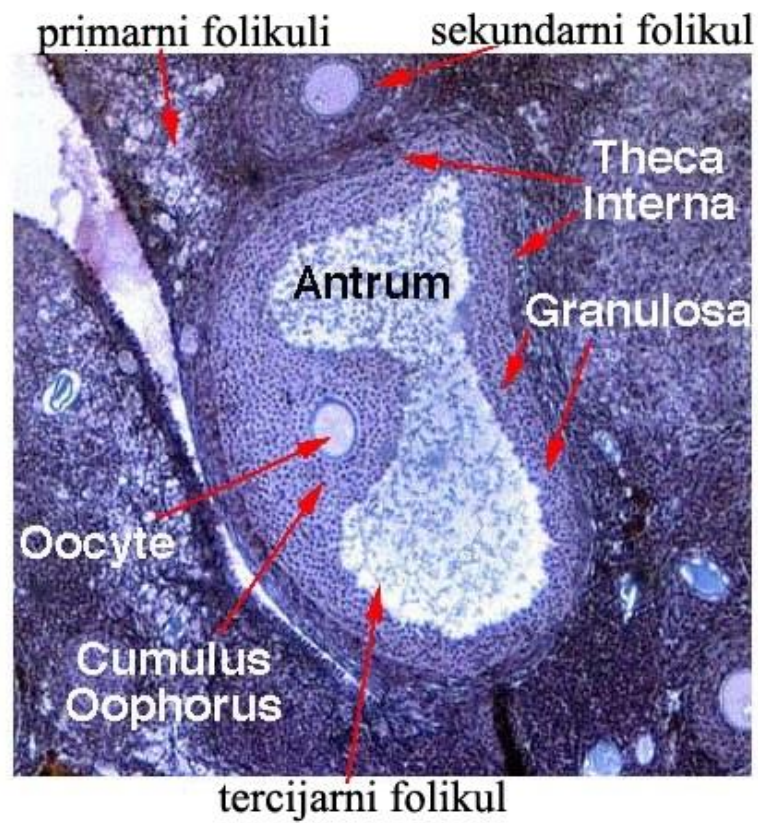
1 Ovarium; 2 corpus uteri; 3 cornua uteri;
4 cervix uteri; 5 vagina; 6 pudendum
femininum; 7 vesica urinaria.



Slika 85: Morfologija jajnika krave (A)

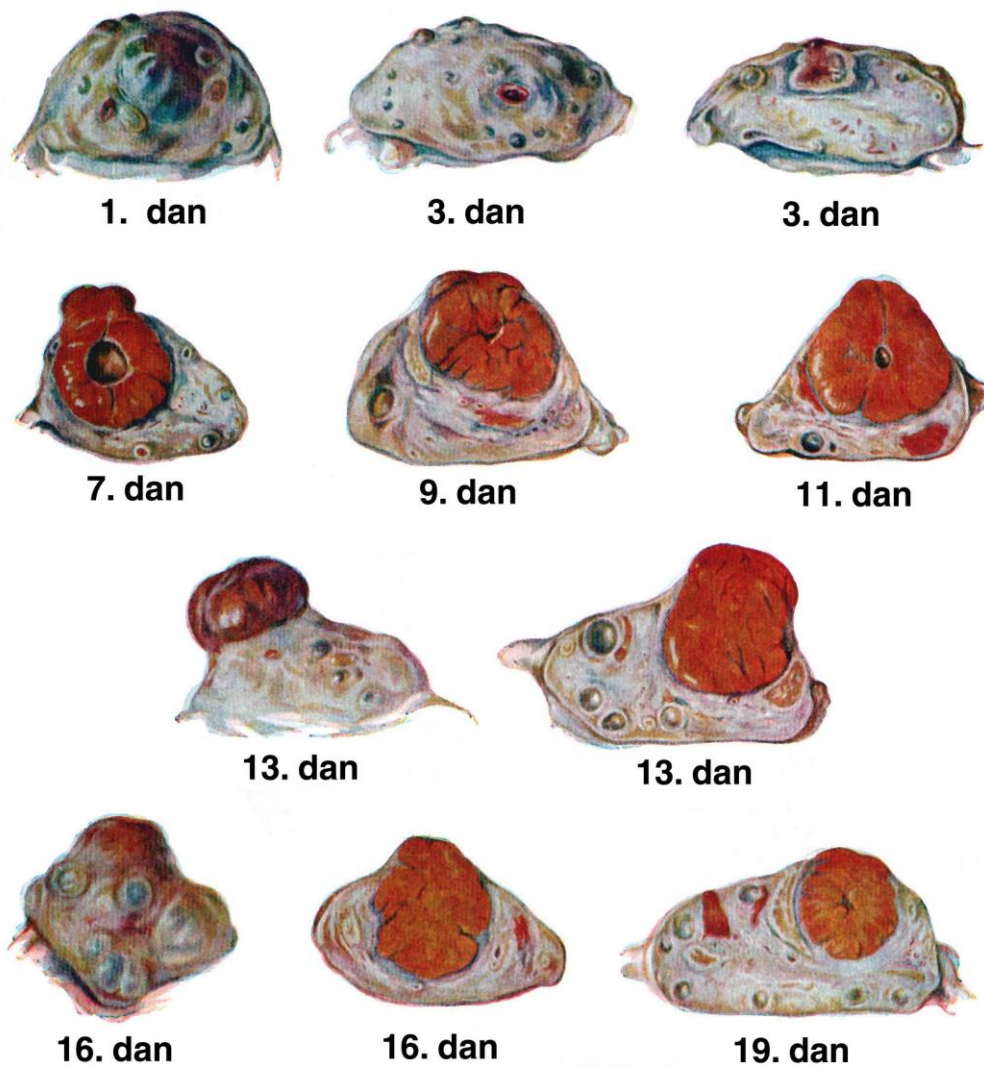
1 Cortex ovarii; 2 medulla ovarii; 3 primarni folikul; 4 sekundarni folikul; 5 tercijarni s. Graaf-ov folikul.

B – lijevi jajnik krave nakon ekstrakcije.

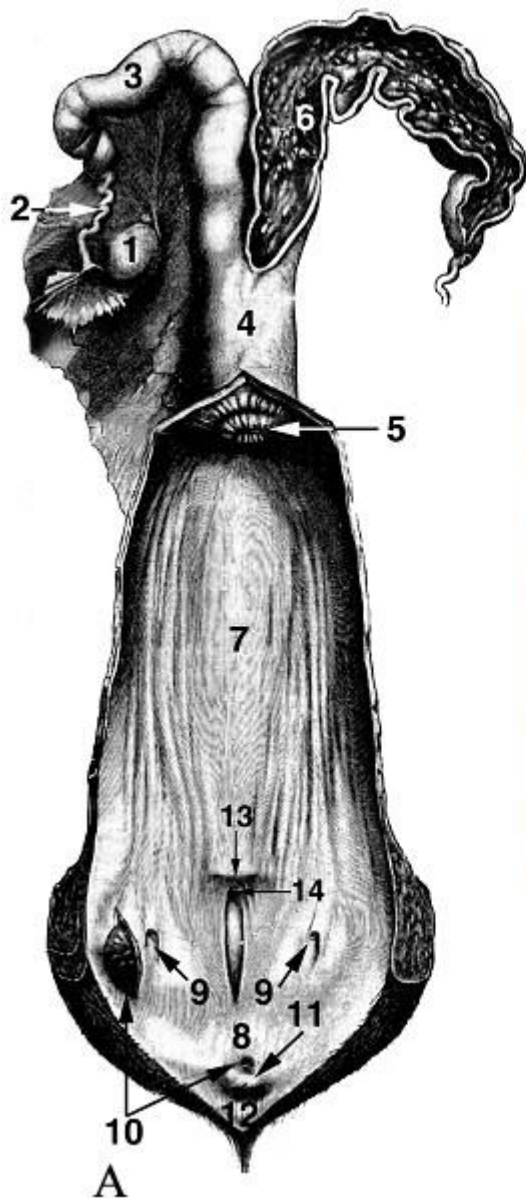


Slika 86: Dijagram jajnika

Rast folikula jajnika pod utjecajem hormona hipofize FSH (folikulo stimulirajućeg hormona).



Slika 87: Promjene na jajniku goveda po danima spolnog ciklusa
 - od razvoja tercijarnog folikula do ovulacije i nastanka, razvoja i regresije žutog tijela.



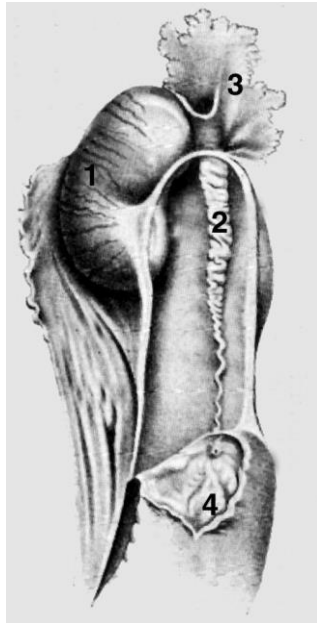
A

B

Slika 88: Spolni organi krave (A)

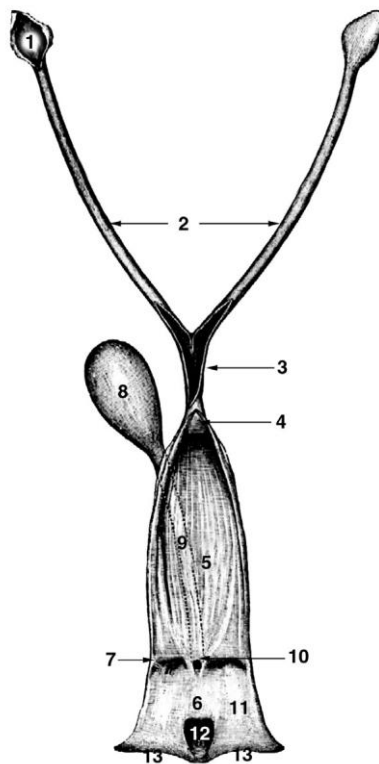
1 Ovarium; 2 tuba uterina; 3 cornu uteri; 4 corpus uteri; 5 cervix uteri; 6 carunculae; 7 vagina; 8 vestibulum vaginae; 9 otvori od žlijezda; 10 žlijezde; 11 clitoris; 12 pudendum femininum; 13 hymen; 14 otvor mokraćnice.

B – reproduktivni trakt krave nakon ekstrakcije.



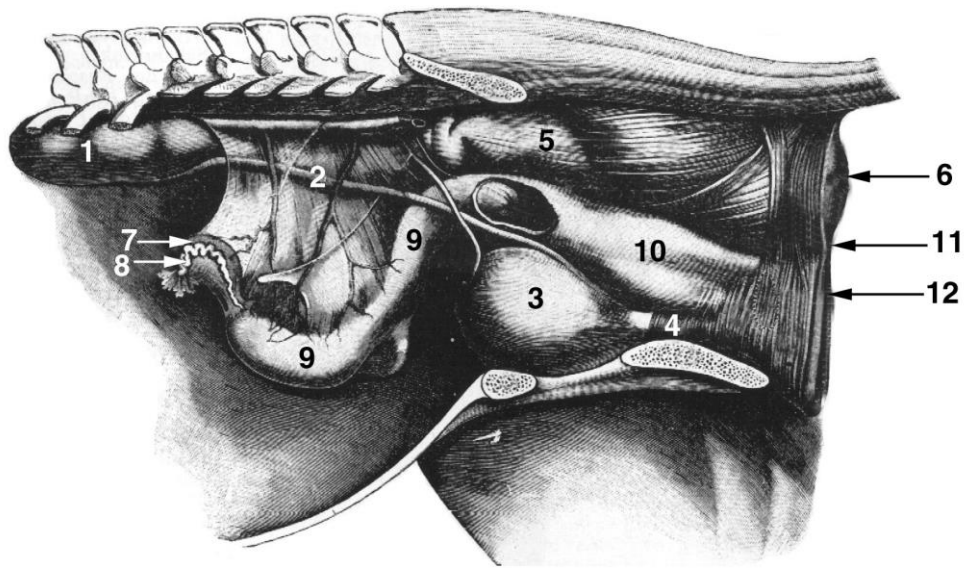
Slika 89: Jajnik, jajovod i vrh roga maternice kobile

1 Ovarium; 2 tuba uterina; 3 lijevak s resicama; 4 cornu uteri.



Slika 90: Spolni organi s mokraćnim mjehurom i mokraćnicom kuje

1 Ovarium; 2 cornu uteri; 3 corpus uteri; 4 cervix uteri; 5 vagina; 6 vestibulum vaginae; 7 hymen; 8 vesica urinaria; 9 urethra feminina; 10 otvor urethre feminine; 11 žlijezde; 12 clitoris; 13 pudendum femininum.



Slika 91: Mokraćno-spolni sustav kobile

1 Ren sinister; 2 ureter sinister; 3 vesica urinaria; 4 urethra feminina; 5 rectum; 6 anus; 7 ovarium; 8 tuba uterina; 9 uterus; 10 vagina; 11 perineum; 12 pudendum femininum.

8. SUSTAV KRVNOG I LIMFNOG OPTOKA

Ovaj sustav tvore: srce, arterije, kapilare, vene, limfne žile, limfni čvorovi, krv i limfa. Tim sustavom kruži krv i limfa koji osiguravaju prijenos hranjivih tvari i kisika u sve dijelove tijela, kao i odnošenje štetnih tvari i ugljičnog dioksida iz stanica tijela u organe koji će ih izlučiti iz organizma. Nauka koja proučava ovaj sustav naziva se *angiologija*.

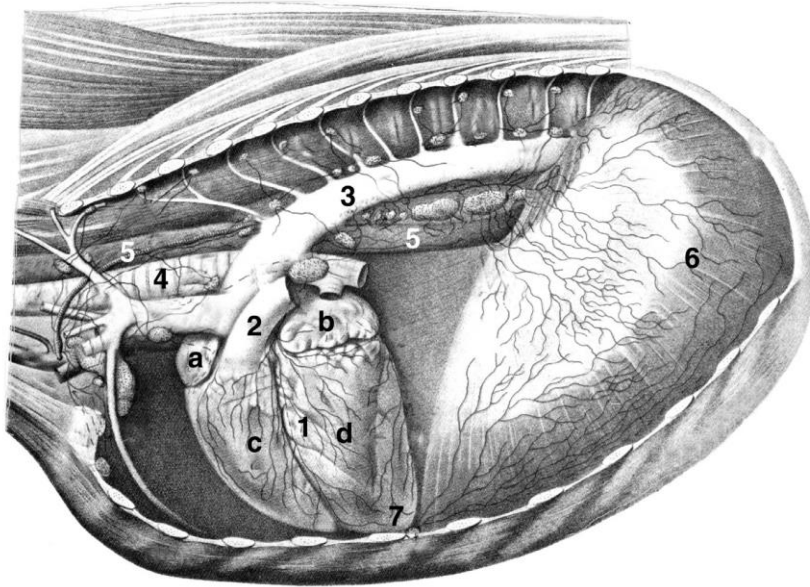
8.1. Srce

[Cor, lat., cardia, grč.] (Sl. 92 – 95)

Srce je šuplji, specifični mišić koji se nalazi u osrčju. Smješteno je nešto lijevo u prsnoj koži između lijevog i desnog pluća, u prostoru koji nazivamo *mediastinum*. Srce ima oblik obrnutog stošca, tako da je prošireni dio, *basis cordis*, smješten dorzalno, a suženi dio, *apex cordis*, ventralno. Šupljina srca podijeljena je vezivno-tkivnom pregradom na dvije dorzalne šupljine koje nazivamo pretkljetke i dvije ventralne šupljine koje nazivamo kljetke. Mišićnom pregradom ili *septum cordis*, srce je podijeljeno na lijevu i desnu polovicu. Ovu unutarnju podiobu srca na četiri šupljine, izvana na mišiću srca ili *myocardiumu*, ističu srčani žlijebovi. Desnu, vensku polovicu srca, tvore desna pretkljetka ili *atrium dextrum* i desna kljetka ili *ventriculus dextrum* koji međusobno komuniciraju preko otvora ili *ostium atrioventriculare dextrum* na kojem se nalaze tri zaliska ili *valva atrioventricularis dextra*. Lijevu, arterijsku polovicu srca tvore lijeva pretkljetka ili *atrium sinistrum* i lijeva kljetka ili *ventriculus sinistrum* koje komuniciraju preko otvora – *ostium atrio-ventriculare sinistrum* na kojem se nalaze dva zaliska ili *valva atrioventricularis sinistra*.

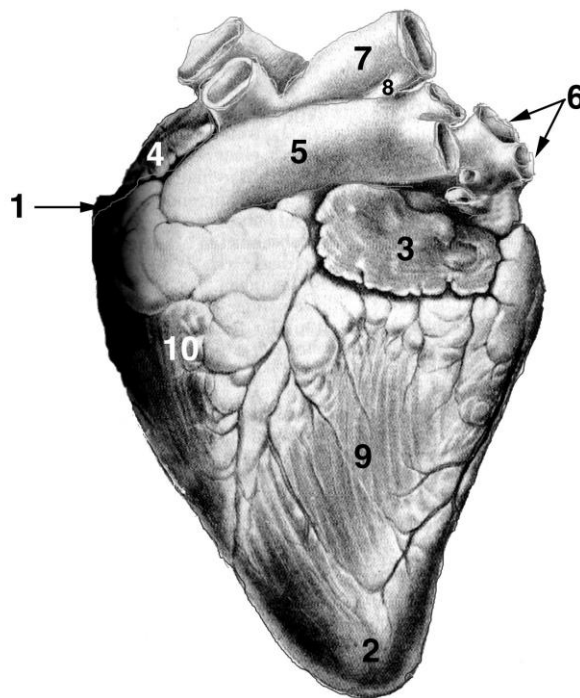
U desnu pretkljetku ulijevaju se velike šuplje vene: *vena cava cranialis* i *vena cava caudalis*, koje donose venoznu krv iz cijeloga tijela, te vene srčanog mišića (*v. cordis magna*, *v. cordis media* i *vv. cordis minimae*). Uškasto proširenje ili *auricula dextra* omogućuje desnoj pretkljetki primitak velike količine venozne krvi. Kontrakcija srčanog mišića naziva se sistola, a širenje *diastola*. Nježnom kontrakcijom stijenke desne pretkljetke venozna krv bude potisnuta kroz *ostium atrio-ventriculare dextrum* u desnu kljetku. Desna kljetka prima ovu venoznu krv te slijedi sistola njezine stijenke pri čemu se krv širi na sve strane, a njezin povratak u desnu pretkljetku spriječit će tri *valva atrioventricularis dextra*. Tako venozna krv iz desne kljetke može otići samo u plućno deblo ili *truncus pulmonalis*. Povratak venske krvi iz plućnog debla u desnu kljetku spriječit će tri polumjesečasta zaliska ili *valvulae semilunares*.

Lijeva pretkljetka prima arterijsku krv koju iz pluća dovodi 5 – 8 plućnih vena ili *venae pulmonales*. Lijeva pretkljetka također ima ušku ili *auricula sinistra* kako bi bila što prostranija za primitak velike količine krvi. Laganom sistolom stijenke lijeve pretkljetke arterijska krv bude potisnuta kroz *ostium atrioventriculare sinistrum* u lijevu kljetku. Lijeva kljetka ili *ventriculus sinister* ima veoma debelu, snažnu stijenku. Jakom sistolom potiskuje arterijsku krv na sve strane, no ta se krv ne smije vratiti u lijevu pretkljetku. Taj povratak spriječit će dva *valva atrioventricularis sinistra* te tako krv odlazi u aortu i njome u cijelo tijelo. Na otvoru aorte nalaze se tri polumjesečasta zaliska ili *valvulae semilunares* koji onemogućuju povratak arterijske krvi iz aorte u lijevu kljetku. U goveda se na otvoru aorte nalaze još i dvije kosti – *ossa cordis*.



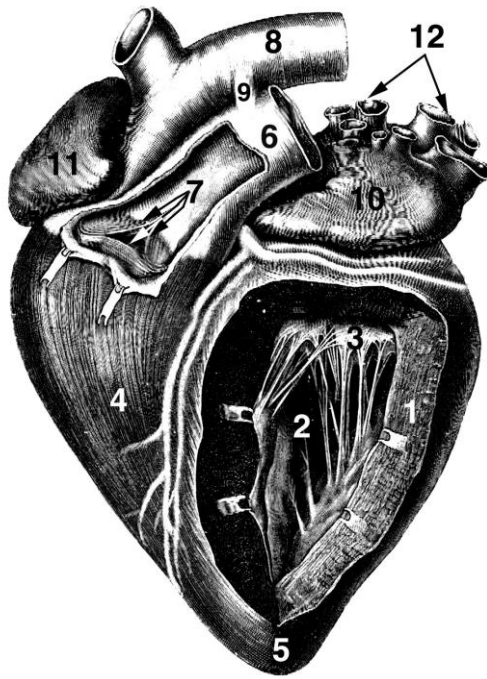
Slika 92: Topografski smještaj srca u prsnoj šupljini

1 Cor; 1a atrium dextrum; 1b atrium sinistrum; 1c ventriculus dextrum; 1d ventriculus sinistrum; 2 truncus pulmonalis; 3 aorta; 4 trachea; 5 esophagus; 6 diaphragma; 7 apex cordis.



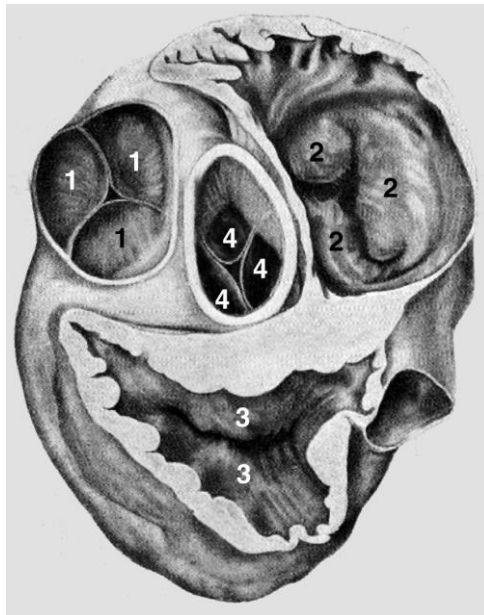
Slika 93: Vanjština srca, lijeva strana

1 Basis cordis; 2 apex cordis; 3 atrium sinistrum; 4 atrium dextrum; 5 truncus pulmonalis; 6 venae pulmonales; 7 aorta; 8 ductus arteriosus – ligamentum arteriosum; 9 ventriculus sinister; 10 ventriculus dexter.



Slika 94: Otvorena lijeva klijetka srca konja i otvorena plućna arterija

1 Myocardium ventriculi sinistri; 2 ventriculus sinister; 3 valva atrioventricularis sinistra; 4 ventriculus dexter; 5 apex cordis; 6 truncus pulmonalis; 7 valvulae semilunares; 8 aorta; 9 ductus arteriosus – ligamentum arteriosum; 10 atrium sinistrum; 11 atrium dextrum; 12 venae pulmonales.



Slika 95: Zalisci srca i velikih krvnih žila

1 Valvulae semilunares ostium truncus pulmonalis; 2 valva atrioventricularis dextra; 3 valva atrioventricularis sinistra; 4 valvulae semilunares ostium aorticum.

8.2. Osrčje **[Pericardium]**

Osrčje je serozna vreća u kojoj se nalazi srce. Osrčje ima vanjski čvrsti vezivni dio i unutarnji nježni serozni dio. Unutar seroznog dijela nalazi se nešto malo tekućine koja smanjuje trenje tijekom rada srca.

8.3. Građa arterija

Arterije ili kucavice su krvne žile koje odvođe krv iz srca. Stijenka arterije je debela, lumen uzak i nema zalistaka. Poslije smrti u ovim žilama ne nalazimo krv. Arterije se prema periferiji dijele u sve uže i manje, a završavaju *kapilarama*.

8.4. Građa vena

Vene, dovodnice ili krvnice su krvne žile koje dovode krv u srce. Stijenka vena je tanka, a lumen se povećava ovisno o prispjeloj krvi. U većini vena nalaze se zalisci ili *valvulae venarum*. One sprečavaju povratak krvi u segment iz kojeg je potisnut pritiskom i masažom okolnih mišića i organa. Poslije smrti u ovim žilama nalazimo krv. Vene su krvne žile koje periferno započinju iz kapilara, spajaju se u sve veće i konačno ulijevaju u srce.

8.5. Građa kapilara

Kapilare su najsitniji ogranci krvožilnog sustava. Uloga kapilara je izmjena tvari između krvi i međustaničnih prostora.

8.6. Fetalni krvotok

Postoje izvjesne razlike između krvotoka ploda i postnatalnog krvotoka. U ploda, pluća nisu u funkciji pa mali ili plućni krvotok (*truncus pulmonalis-venae pulmonales*) nije aktiviran. Izmjena plinova i tvari između ploda i majke događa se posredno, preko placente. Kod fetalnog krvotoka postoji komunikacija između lijeve i desne pretklijetke preko ovalnog otvora ili *foramen ovale* koji se rođenjem zatvara. Također postoji komunikacija između aorte i plućnog debla preko *ductus arteriosus* koji postnatalno ostaje kao ligament.

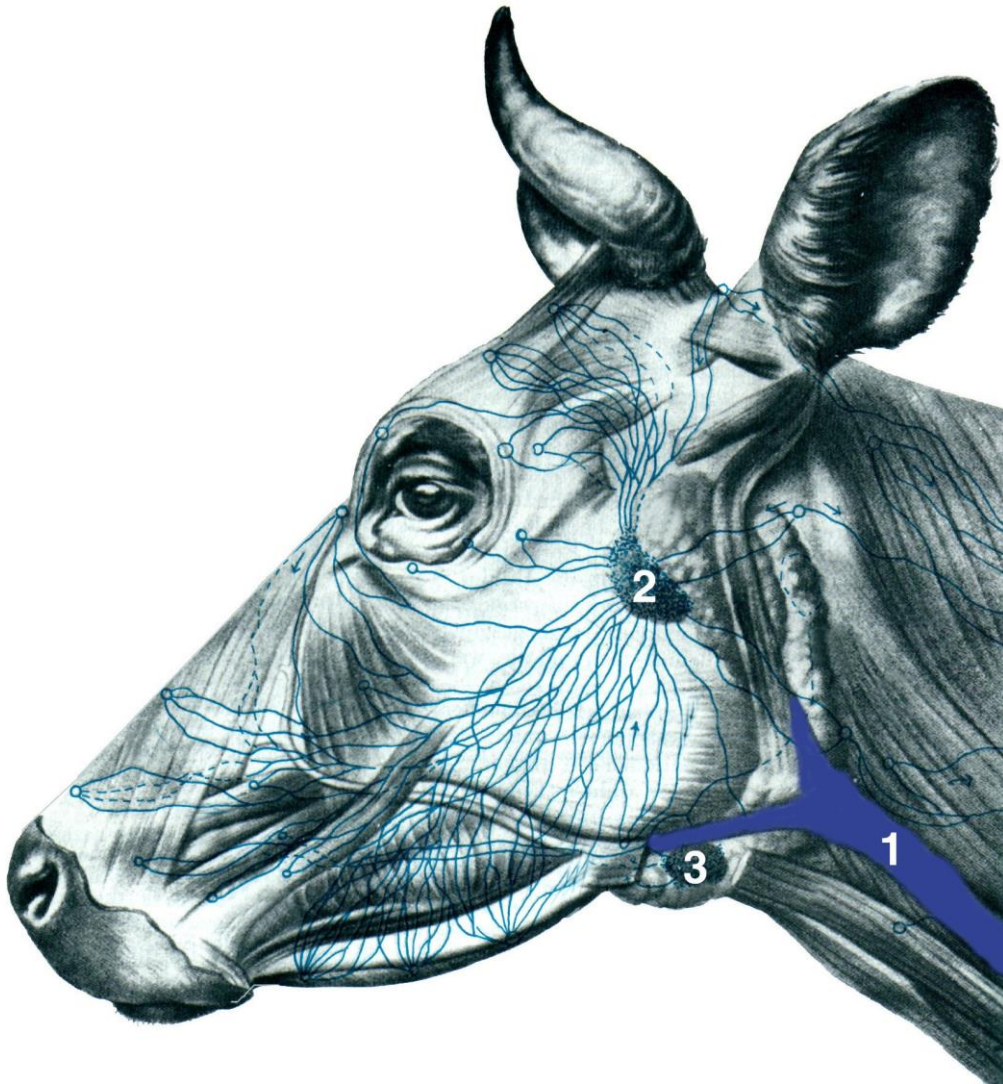
8.7. Specifičnost krvotoka jetre

Jetra prima dvije vrste krvi:

1. prehrambenu ili nutritivnu krv koja opskrbljuje jetru hranjivim tvarima preko *arteria hepatica* i
2. funkcionalnu krv koja dolazi u jetru na metaboličku obradu, a dovodi je *vena portae* koja je skupila venoznu krv iz želuca, crijeva, slezene i gušterače; *vena portae* ulazi na *porta hepatis* u jetru te se opet razgranjuje u mnoštvo venoznih kapilara –tako *vena portae* ima dva venozna kapilarna područja:
 - a) izvan jetre i
 - b) unutar jetre.

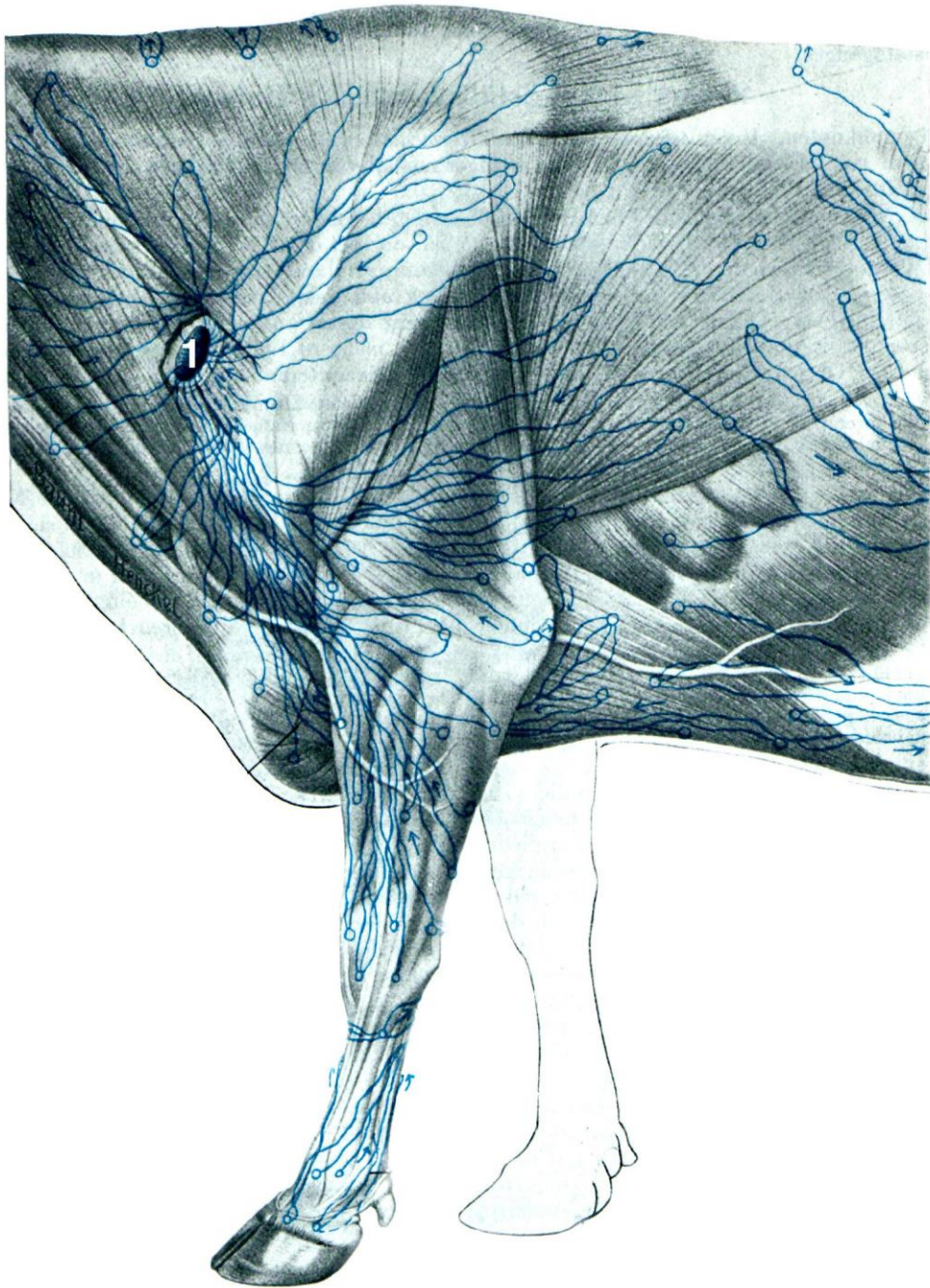
8.8. Limfni sustav
(Sl. 96 – 98)

Limfni sustav tvore limfni čvorovi ili *lymphonodi*, limfne žile ili *vasa* (lat. *vas* = žila) *lymphatica* i mliječ ili *lympha*. Limfni čvorovi su različite veličine, oblika i smještaja, a imaju ulogu pročišćavanja limfe, stvaranja antitijela i limfocita.

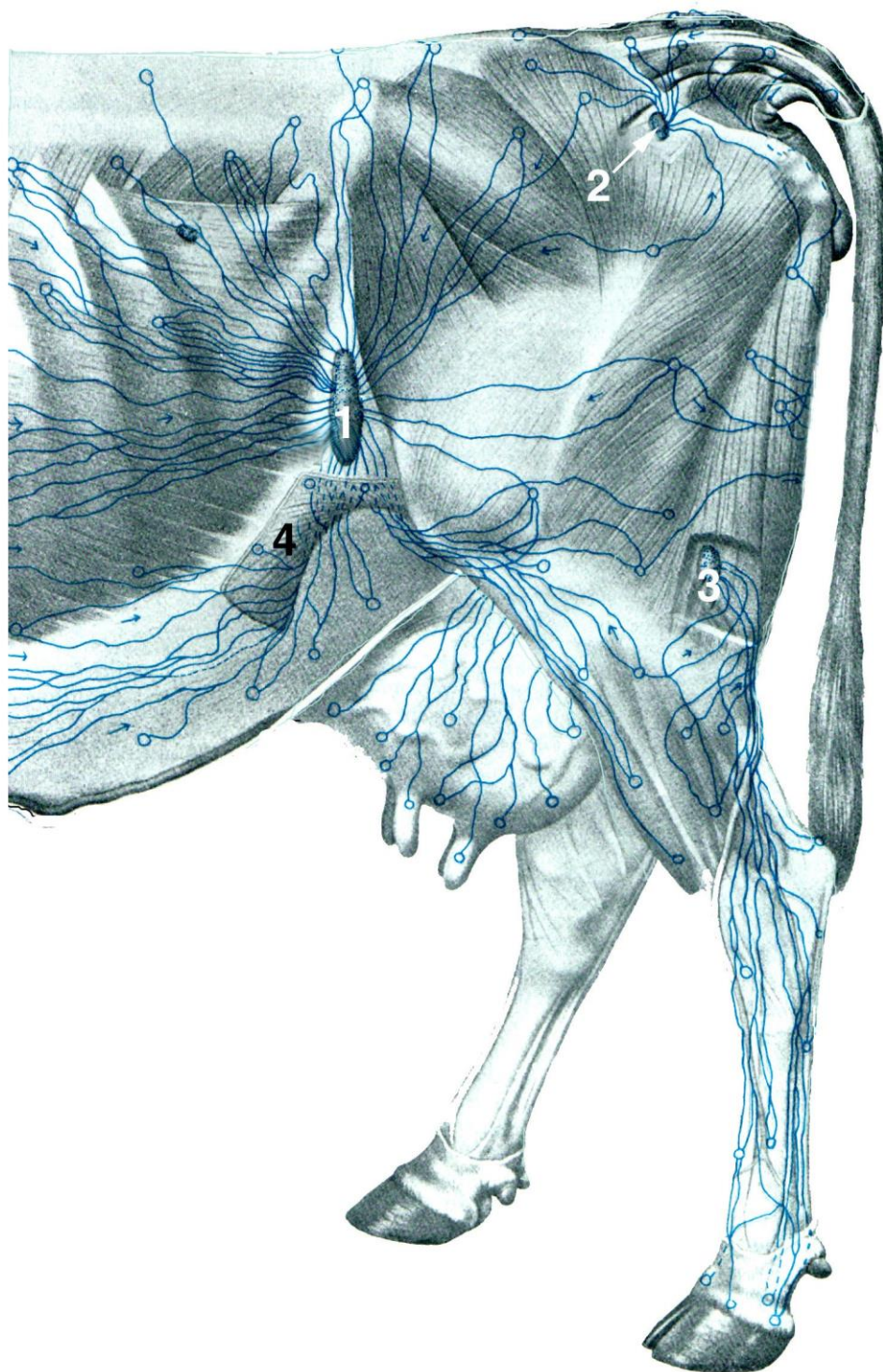


Slika 96: Vena jugularis i površinski limfni čvorovi glave goveda

1 Vena jugularis; 2 lymphonodus parotidicus; 3 lymphonodus mandibularis.



Slika 97: Površinski limfni čvorovi prednjeg dijela trupa goveda
1 Lymphonodus cervicalis superficialis.



Slika 98: Površinski limfni čvorovi stražnjeg dijela trupa i vimena goveda

1 Lymphonodus subilicis; 2 lymphonodus sacralis; 3 lymphonodus popliteus; 4 plica lateris.

Limfne žile započinju slijepo u međustaničnim prostorima kao limfne kapilare. Građene su slično venama. Prikupljenu limfu limfne žile sprovedu kroz barem jedan limfni čvor, a konačno dva velika limfovoda odvede limfu u prednju šuplju venu.

8.9. Vena jugularis (Sl. 96)

Nalazi se površinski u postranom vratnom području – *regio colli lateralis*. Skuplja venoznu krv iz glave i vrata, te se ulijeva u prednju šuplju venu – *vena cava cranialis*. U konja i goveda ova vena koristi se za vađenje krvi i aplikaciju lijekova.

9. ŽIVČANI SUSTAV [SYSTEMA NERVOSUM] (Sl. 99 – 103)

Živčani sustav sastoji se iz tri dijela:

1. središnji živčani sustav ili *organa nervosum centrale*
2. periferni živčani sustav ili *organa nervosum periphericum* i
3. autonomni živčani sustav ili *systema nervosum autonomicum*.

9.1. Središnji živčani sustav

Središnji živčani sustav tvore mozak ili *encephalon* i kralježnička moždina ili *medulla spinalis*. Zaštićeni su kostima lubanje, odnosno kralješcima, mozgovnim opnama ili *meningama* i tekućinom.

Meninge su vezivne opne oko mozga i kralježničke moždine:

- a. izvana je tvrda opna ili *dura mater*
- b. srednja opna, paučnica ili *arachnoidea*
- c. iznutra je nježna, meka ili *pia mater*.

Tekućina ili *liquor cerebrospinalis* nalazi se u prostoru između *arachnoideae* i *piae*, tako da su organi središnjeg živčanog sustava potopljeni u njoj.

Mozak ili *encephalon* sastoji se iz tri dijela:

- a. velikog mozga ili *cerebrum*
- b. malog mozga ili *cerebellum* i
- c. produžene moždine ili *medulla oblongata*.

9.2. Periferni živčani sustav

Periferni živčani sustav ima dva dijela:

1. Mozgovni živci ili *nervi cerebrales*, ima ih 12 pari i označavaju se rimskim brojevima od I do XII, a inerviraju različite dijelove glave, vrata i utrobnih organa.
2. Kralježnički živci ili *nervi spinales* izlaze u parovima iz kralježničke moždine, a ima ih toliko koliko ima kralježaka, osim na vratu gdje ih ima osam pari. Spinalni živci nazivaju se prema dijelu kralježnice iz koje izlaze, npr. vratni spinalni živci. Svaki spinalni živac sastoji se od motoričkih, senzibilnih, simpatičkih i parasimpatičkih niti. Spinalni živci naročito su dugi u području prsnog i zdjeličnog uda.

9.3. Autonomni živčani sustav

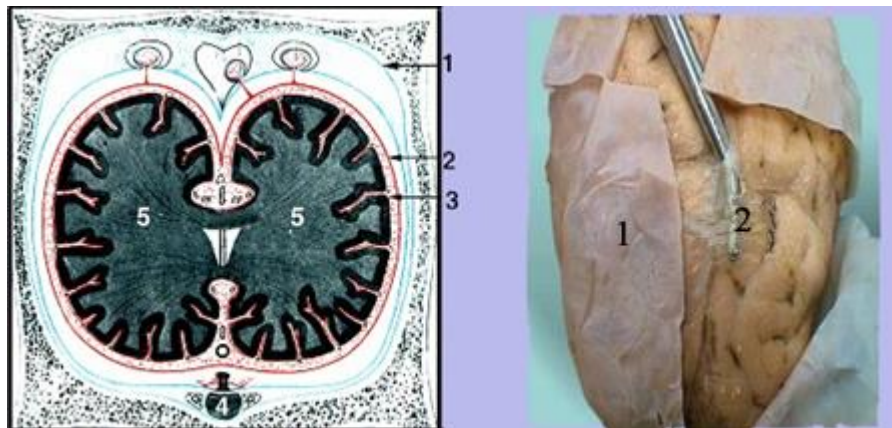
Djeluje na tri tkiva:

- glatko mišićno tkivo
- poprečno-prugasto srčano mišićno tkivo i
- žljezdano tkivo.

Ovaj dio živčanog sustava radi neprestano i bez utjecaja volje. Sastoji se iz dva dijela:

- pars sympathica* i
- pars parasympathica*.

Uvijek dolaze zajedno do izvršnog organa i jedan od ta dva dijela bit će u funkciji. Ova dva dijela autonomnog živčanog sustava po funkciji su suparnici, *antagonisti*, tako da npr. jedan ubrzava, a drugi usporava rad srca.

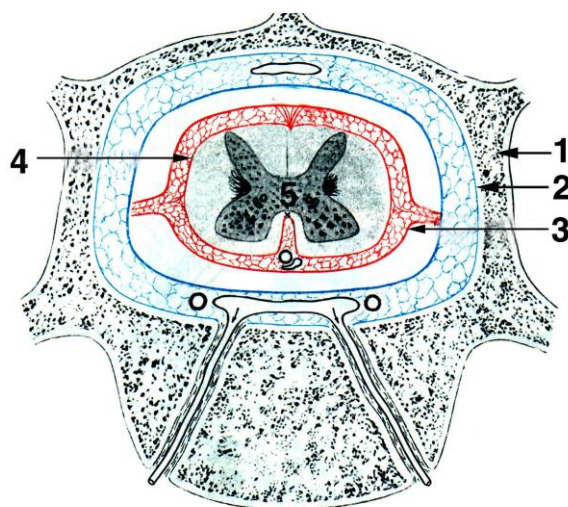


Slika 99: Poprečni prerez velikog mozga i mozgovnih ovojnica

1 *Dura mater*; 2 *arachnoidea*; 3 *pia mater*;
4 *hypophysis*; 5 *cerebrum*.

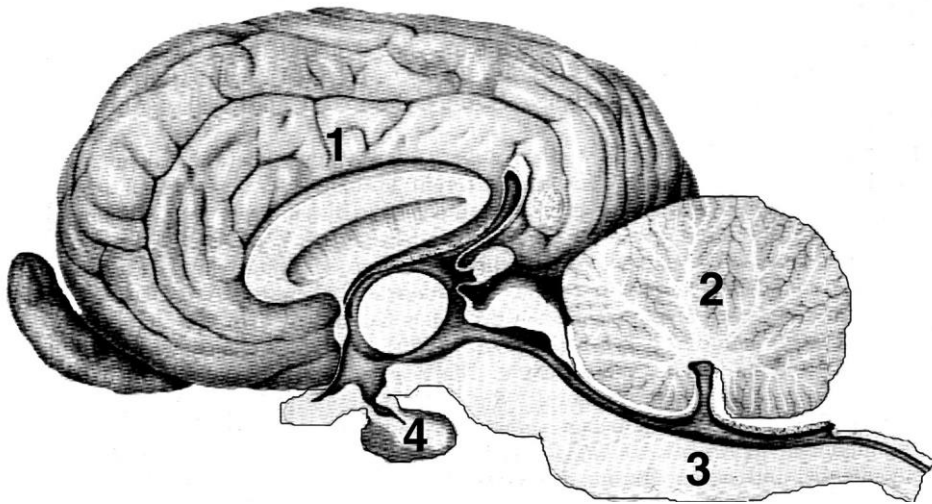
Slika 100: Pozicija mozgovnih ovojnica

1 *Dura mater*; 2 *arachnoidea*.



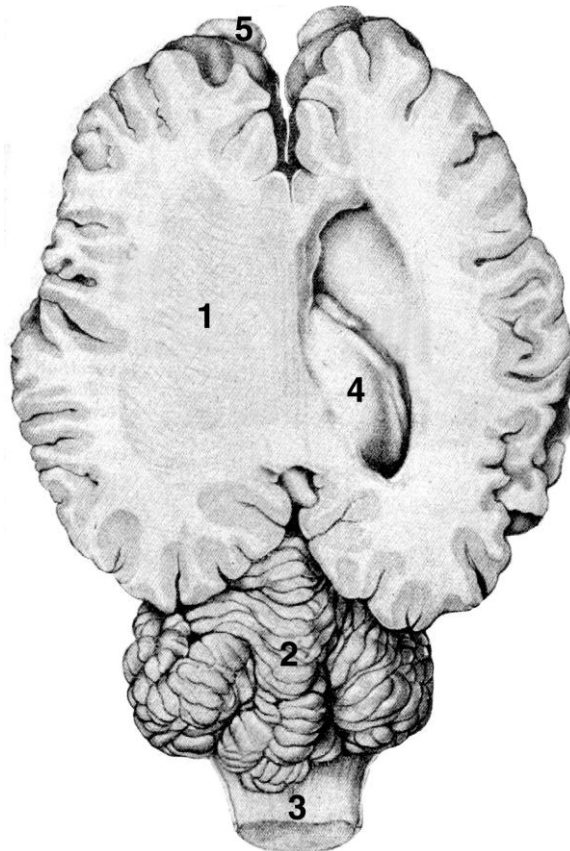
Slika 101: Poprečni prerez kralježnične moždine, mozgovnih ovojnica i kralježka

1 *Vertebra*; 2 *dura mater*; 3 *arachnoidea*; 4 *pia mater*; 5 *medulla spinalis*.



Slika 102: Medijani prerez velikog i malog mozga te produžene moždine

1 Cerebrum; 2 cerebellum; 3 medulla oblongata; 4 hypophysis.



Slika 103: Dorzalni prikaz produžene moždine i malog mozga, a veliki mozak ima s desne strane otvorenu klijetku u kojoj se vidi Amonov rog

1 Cerebrum; 2 cerebellum; 3 medulla oblongata; 4 cornu Ammonis; 5 mirisni dio mozga.

10. TJELESNI POKRIVAČ [INTEGUMENTUM COMMUNE]

Sastoji se od kože, potkožja i njihovih tvorbi.

10.1. Koža [Cutis]

Koža ima zaštitnu ulogu od mehaničkih i kemijskih ozljeda te mikrobioloških infekcija. Ona je regulacijski organ tekućine u organizmu, a sudjeluje i u regulaciji tjelesne temperature. U koži su raspoređene osjetilne stanice, stoga ima ulogu i osjetilnog organa. Građena je od površinskog dijela, *epidermisa* ili pousmine i dubljeg *dermisa* ili usmine. *Epidermis* se sastoji od mnogoslojnog pločastog epitela koji ima sposobnost orožnjavanja ili *keratinizacije*. *Dermis* se sastoji od papilarnog sloja, a tvore ga vezivne stanice vlakana krvnih kapilara i živčanih završetaka. Drugi sloj *dermisa* je mrežasti sloj građen od kolagenih i elastičnih vlakana te vezivnih i pigmentnih stanica. U ovom dijelu kože smještene su dlake, znojne i lojne žlijezde te glatke mišićne stanice koje reguliraju položaj dlake.

10.2. Potkožje [Subcutis]

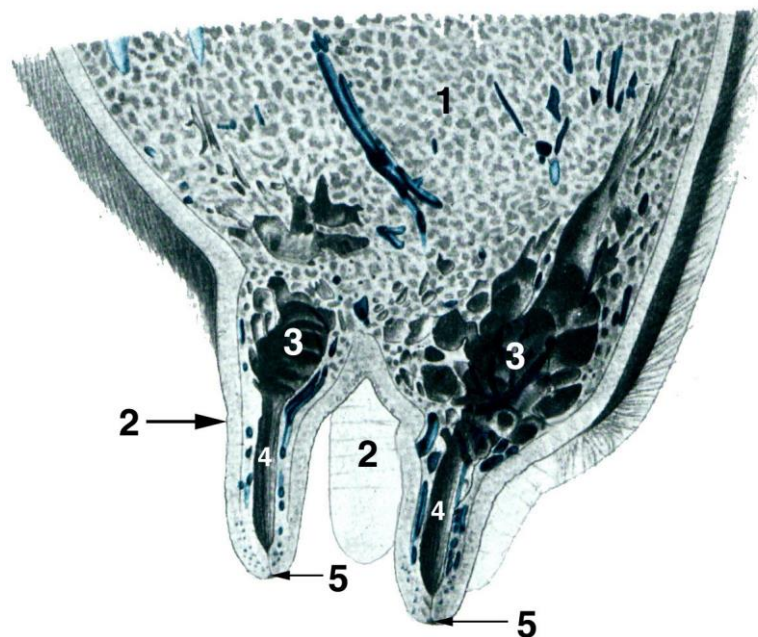
Povezuje kožu s podlogom. U ovom sloju odlaže se mast i stvara potkožno masno tkivo.

10.3. Mliječna žlijezda [Mamma, uber, mastos] (Sl. 104)

Mliječna žlijezda građena je od žljezdanog tijela i sise koji međusobno komuniciraju sustavom kanalića. Morfologija i anatomske smještaj vimena istaknuti su u tablici 3. Vime krave sastoji se od četiri *mamarna* kompleksa pri čemu jedan *mamarni* kompleks odgovara jednoj četvrti vimena. Nalazi se u preponskom području. Vime je podijeljeno u dvije prednje – lijevu i desnu – i dvije stražnje – lijevu i desnu četvrt. Mlijeko iz jednog *mamarnog* kompleksa ulijeva se u svoju cisternu koja djelomično leži u *parenhimu*, a djelomično u sisi. Sise kravljeg vimena su blago usmjerene *kranijalno*, duge od 6 do 10 cm i posjeduju samo jedan otvor. Sisni kanal dug je od 6 do 10 mm, uzdužno naboran, a širok nekoliko milimetara. Vime ovce i koze nalazi se u preponskom području, a sastoji se od lijevog i desnog *mamarnog* kompleksa.

Vime krmače nalazi se na ventralnoj trbušnoj stijenci, od prsne kosti do preponskog područja. Broji 5 – 8 *mamarnih* kompleksa sa svake strane, lijevo i desno od medijane ravnine, a na sisi se nalaze 1 – 3 otvora.

Vime kobile, promatrano izvana, građeno je od dva *mamarna* kompleksa smještena u preponskom području. U svakom *mamarnom* kompleksu postoje dva sustava žljezdanih kanala, dvije cisterne i dva sisna kanala.



Slika 104: Građa mliječne žlijezde krave

1 Žljezdani dio; 2 sisa; 3 cisterna; 4 sisni kanal; 5 sisni otvor.

Tablica 3: Morfologija i anatomske smještaj vimena u domaćih sisavaca

Vrsta sisavca	Anatomske smještaj vimena	Broj sisa	Broj žlijezda po sisi
<i>Govedo</i>	Preponsko područje	4	1
<i>Mali preživajući</i>	Preponsko područje	2	1
<i>Konj</i>	Preponsko područje	2	2
<i>Svinja</i>	Prsno-trbušni	12-14	2
<i>Mačka</i>	Prsno-trbušni	8	3-7
<i>Pas</i>	Prsno-trbušni	10-12	7-20
<i>Kunić</i>	Prsno-trbušni	10	8-10

10.4. Kopito

[Ungula] (Sl. 105 – 108)

Kopito tvori vrh noge konja, magarca, mule i mazge. Građeno je od 1. i 2. članka trećeg prsta, žabične kosti, kopitnog zgloba, tetiva, hrskavica, *dermisa*, mekušci i čahure.

Topografski kopito se dijeli na:

1. stijenku kopita – *paries unguļae*
2. tabansku površinu – *solea unguļae* i
3. kopitnu žabicu – *cuneus unguļae*, koji se *kaudalno* nastavlja u petu.

Na tabanskoj površini uočljiva je bijela zona – *zona alba*. Ona predstavlja graničnu zonu unutar koje potkivač pri potkivanju ne smije usmjeriti potkivni čavlić. Sva tri dijela kopita građena su od tri sloja i to:

- a. rožine kopita – *epidermis unguļae*, predstavlja površinski dio *integumentuma* koji se na vrhu prsta konja modificirao u orožnjalu kopitnu čahuru koja štiti meke dijelove kopita

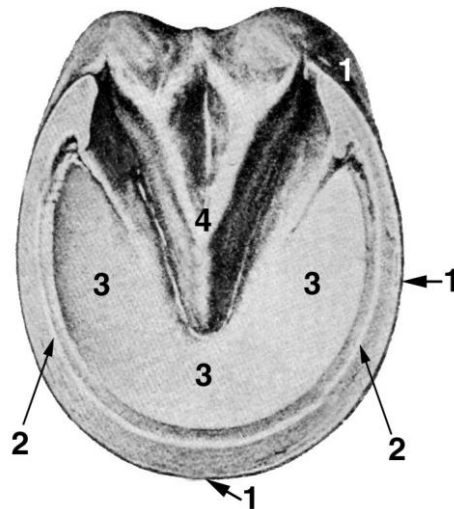
- b. *dermis ungulae*, građena je uglavnom od vezivnog tkiva bogatog krvnim žilama i živcima; spojno je tkivo između rožnate kopitne čahure i potpornih elemenata kopita, a glavna uloga joj je prehrana *germinativnih epidermalnih stanica*
- c. potkožje kopita – *tela subcutanea ungulae*, gotovo je u potpunosti reducirano u području kopita osim u dijelu iznad rožnate žabice.

10.5. Papak [Ungula]

To su tvorbe na *distalnim* dijelovima nogu domaćih papkara: goveda, ovaca, koza i svinja. Na čahuri papka razlikujemo postranu, gornju izbočenu, *medijalnu* i tabansku površinu, a svi ostali dijelovi su kao u kopita, osim što papci nemaju žabice, hrskavice i mekušci.

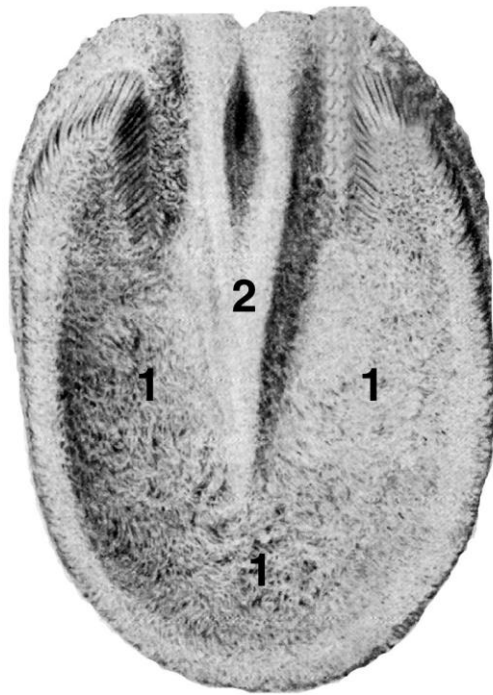
10.6. Rog [Cornu] (Sl. 109)

Na koštanoj osnovi čeone kosti iz *epidermisa* stvoren je rožnati dio roga, po građi odgovara kopitnoj čahuri. *Dermis* se prema vrhu roga stanjuje, a *subcutis* je potpuno nestao.

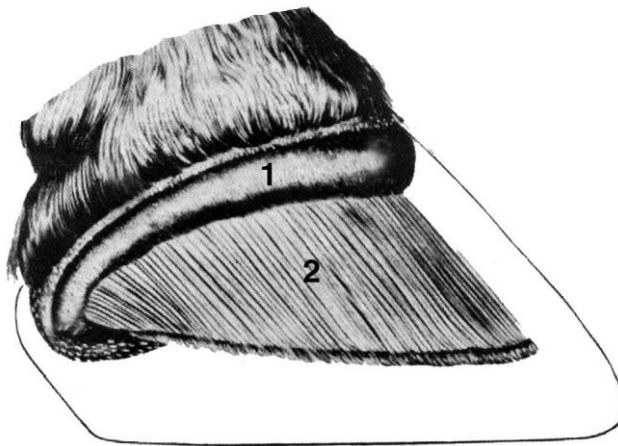


Slika 105: Tabanska površina kopitne čahure

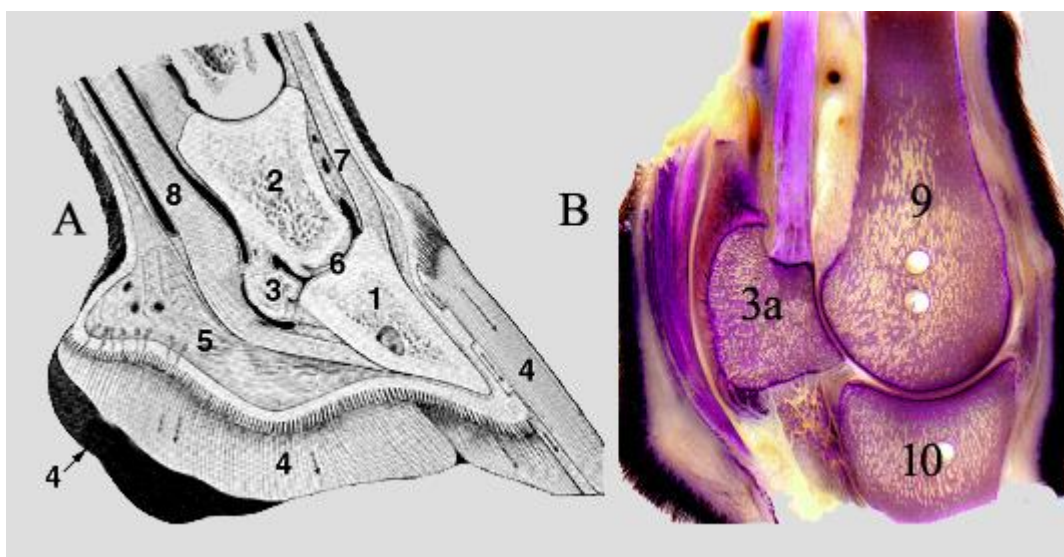
1 Stijenka (*paries ungulae*); 2 bijela zona (*zona alba*); 3 tabanska površina (*solea ungulae*); 4 kopitna žabica (*cuneus ungulae*).



Slika 106: Žabični i potplatni *dermis* kopita – skinuta kopitna čahura
1 *Dermis soleae*; 2 *dermis cunei*.



Slika 107: *Dermis* kopitne krune i stijenke – skinuta kopitna čahura, a vidi se njezin obris
1 *Dermis coronae*; 2 *dermis parietis*.



Slika 108: Podužni prerez kopita

A – 1 Phalanx distalis; 2 phalanx media; 3 os sesamoideum distale; 4 kopitna čahura; 5 mekuš; 6 kopitni zglob; 7 tetiva extensora; 8 tetiva flexora.

B – Scanning snimka: 3a os sesamoideum proximale; 9 os metacarpale tertium; 10 phalanx proximalis.



Slika 109: Dužinski prerez roga goveda

1 Šupljina roga – nastavak od sinus frontalis; 2 dermis cornu; 3 rožina roga.

11. OSJETILA [ORGANA SENSUUM]

Osjetila su:

1. oko ili *organum visus*
2. mirisni organ ili *organum olfactus*
3. okusni aparat ili *apparatus gustatorius*
4. uho, organ sluha i ravnoteže ili *organum vestibulocochleare* i
5. osjetni aparat kožne podražljivosti.

11.1. Oko [Organum visus] (Sl. 110)

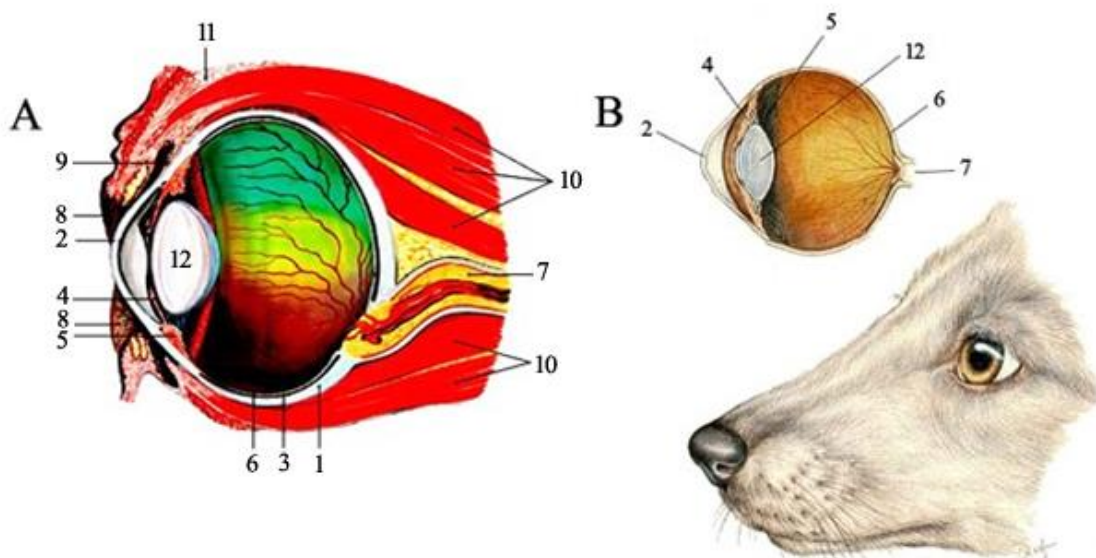
Oko je građeno od očne jabučice (*bulbus oculi*), organa u obliku kugle smještenog u očnici, i dodatnih organa. Stijenka očne jabučice građena je od tri koncentrična sloja:

vanjskog zaštitnog sloja građenog od bjeloočnice (*sclera*) i rožnice (*cornea*)

srednjeg, prehrambenog sloja građenog od žilnice (*choroidea*), šarenice (*iris*) i trepetljikavog tijela (*corpus ciliare*) i

unutarnjeg, podražajnog sloja koju čini mrežnica (*retina*).

Dodatni organi su vidni živac (*nervus opticus*), očnica (*orbita*), pokretni kožni nabori koji štite oko, vjeđe (*palpebrae*), sluznica koja iznutra presvlači vjeđe, spojnica (*conjunctiva*), mišići očne jabučice (*musculi bulbi*) i suzni aparat (*apparatus lacrimalis*) kojeg čine suzna žlijezda i odvodni sustav za suze.



Slika 110: Podužni okomiti prerez oka konja (A) i psa (B)

1 Sclera; 2 cornea; 3 choroidea; 4 iris; 5 corpus ciliare; 6 retina; 7 nervus opticus; 8 palpebrae; 9 conjunctiva; 10 musculi bulbi; 11 glandula lacrimalis; 12 lens.

11.2. Mirisni organ [Organum olfactus]

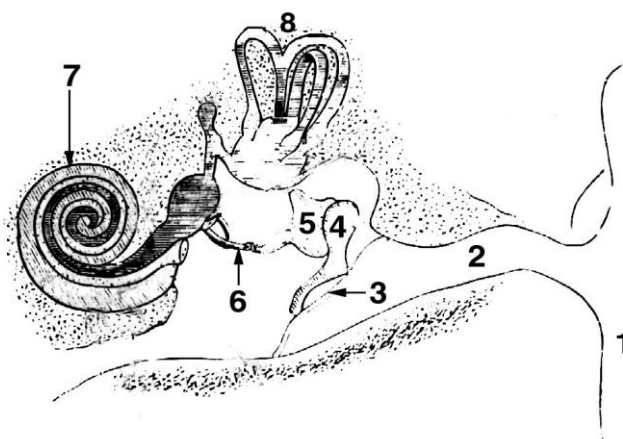
Mirisni organ sastoji se od senzibilnih stanica raspoređenih u *olfaktornoj* sluznici koja presvlači dno nosne šupljine, dio sitaste kosti i *kaudalni* dio nosne pregrade. Senzibilne stanice *olfaktorne* sluznice primaju podražaje i preko živčanih vlakana prenose ih do mirisnog dijela mozga.

11.3. Okusni aparat [Organum gustus]

Okusni aparat čine okusni receptori za slani, slatki, kiseli i gorki okus, smješteni u osjetnim bradavicama jezika i to listićastim i optočenim bradavicama.

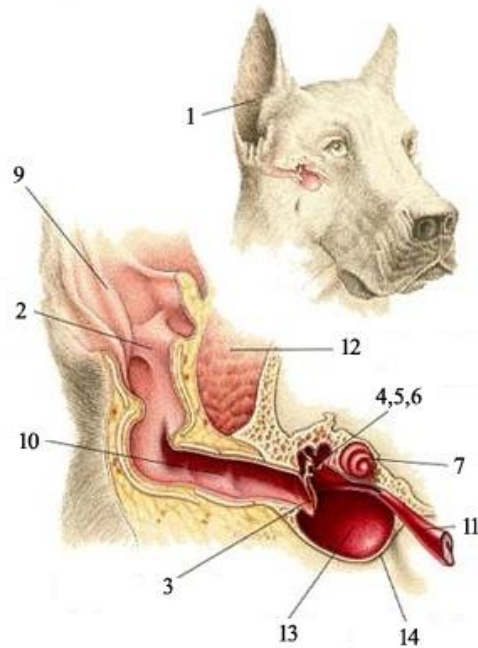
11.4. Organ sluha i ravnoteže [Organum vestibulocochleare] (Sl. 111 i 112)

Uho je građeno od tri dijela: vanjskog, srednjeg i unutrašnjeg uha. Vanjsko uho građeno je od uške i vanjskog ušnog kanala. Srednje uho smješteno je u koštanoj šupljini sljepoočne kosti i s vanjskim uhom komunicira preko membrane bubnjića, a s unutrašnjim uhom preko ovalnog i okruglog otvora. U unutrašnjosti srednjeg uha nalaze se tri slušne koščiće: čekić (*malleus*), nakovanj (*incus*) i stremen (*stapes*), a međusobno su povezane vezivnim tkivom. Preko čekića slušne koščiće su fiksirane za membranu bubnjića. Pužnica unutrašnjeg uha smještena je u unutrašnjosti sljepoočne kosti i sastoji se od vanjskog koštanog i unutrašnjeg membranoznog dijela. Membranozni dio podijeljen je u tri labirinta od kojih su dva ispunjena limfom, tekućinom u kojoj se nalazi slušni receptor uha. Osim pužnice, unutrašnje uho posjeduje i organ ravnoteže koji je također građen od koštanog i membranoznog dijela. Membranozni dio čine vrećasta proširenja *utrículus* i *sacculus*. Od utrikulusa polaze tri *semicirkularna* kanalića koji su međusobno smješteni pod pravim kutom i ispunjeni *endolimfom* koja mijenja položaj prema promjeni položaja tijela.



Slika 111: Shematski prikaz građe uha

1 Uška; 2 vanjski slušni kanal; 3 bubnjična membrana; 4 čekić; 5 nakovanj; 6 stremen; 7 pužnica; 8 polukružni kanali.



Slika 112: Građa uha psa

1 Uška; 2 vanjski slušni kanal; 3 bubnjična membrana; 4 čekić; 5 nakovanj; 6 stremen; 7 pužnica; 8 polukružni kanali; 9 ušna hrskavica; 10 unutrašnji slušni kanal; 11 slušna cjevčica; 12 sljepoočni mišić; 13 šupljina srednjeg uha; 14 koštana osnova srednjeg uha.

11.5. Osjetni aparat kožne podražljivosti

U koži se nalaze receptori koji primaju osjetne podražaje za pet različitih osjetnih doživljaja: osjet za toplo, hladno, bol, pritisak i dodir. Receptori za dodir najčešće se nalaze uz korijen dlake, a postoje i tzv. taktilne dlake koje u starosti oslijepjelim psima omogućuje orijentaciju u prostoru. Preko receptora za bol može se primiti i jedan specifičan osjetni podražaj – svrbež.

11.6. Žlijezde s unutarnjim izlučivanjem

[Glandulae endocrinae] (Sl. 102 i 113)

To su žlijezde bez odvodnih kanala, a svoje sekrete, koji se nazivaju hormoni, izlučuju u krv. Tako hormoni krvlju i limfom kolaju cijelim tijelom i djeluju na određena tkiva i stanice.

11.6.1. Hipofiza

[Hypophysis]

Nalazi se na bazi velikog mozga, a sastoji se od prednjeg dijela ili *adenohipofize* i stražnjeg dijela ili *neurohipofize*.

11.6.2. Epifiza

[Epiphysis cerebri] ili *gl. pinealis*

Dio je mozga, a smještena je između polutaka velikog mozga.

11.6.3. Štitasta žlijezda
[Glandula thyroidea]

Nalazi se na dušniku odmah iza grkljana. Sastoji se od dva režnja i spojnog dijela.

11.6.4. Nuzbubrežna žlijezda
[Glandula adrenalis]

Nalazi se uz *kranijalni* okrajak bubrega, s njegove medijalne strane. Građena je od kore i srži.

11.6.5. Otoci gušterače
[Insulae pancreaticae]

Nalaze se raspršeni poput mnoštva otoka u gušterači.

11.6.6. Prsna žlijezda
[Thymus]

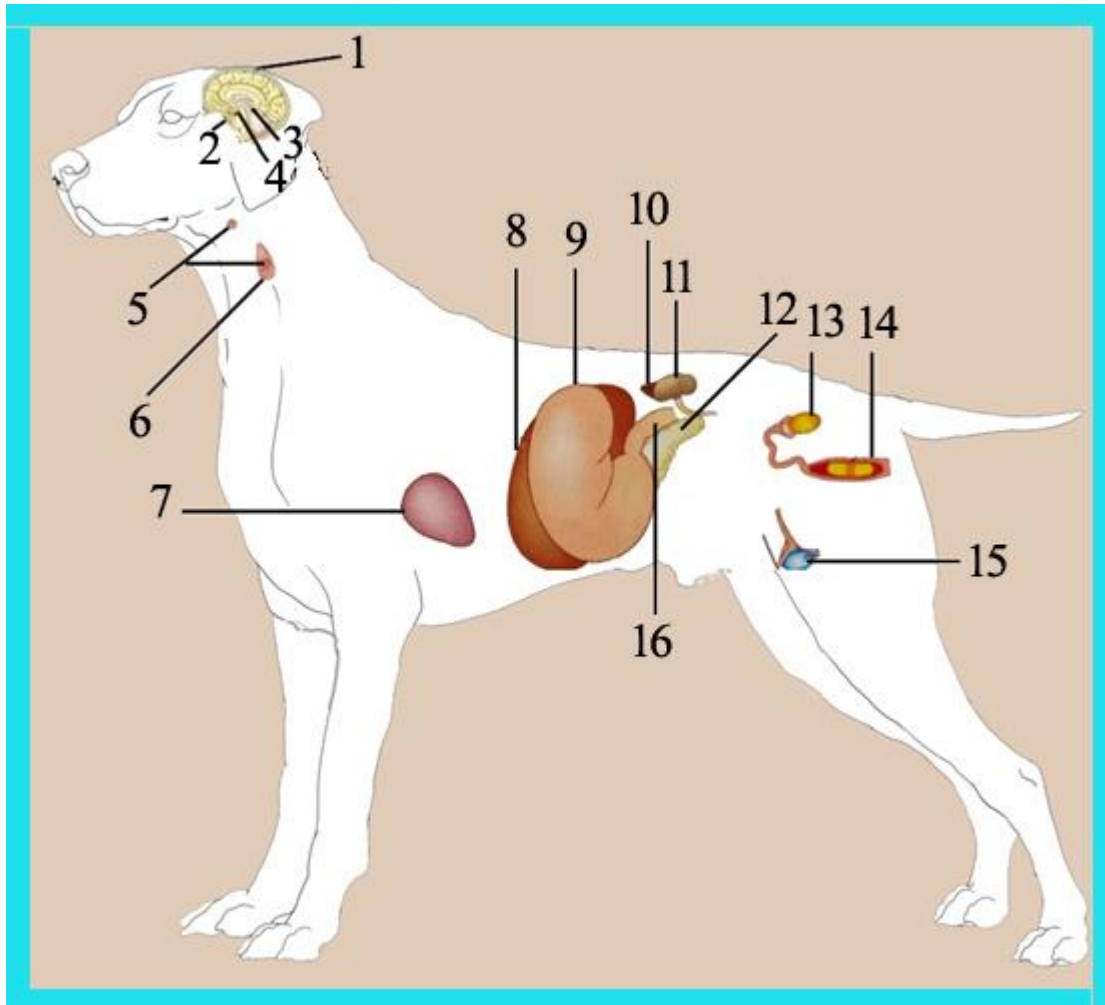
Smještena je u *medijastinumu* ispred srca, a u mlađih životinja proteže se *kranijalno* duž vrata sve do glave.

11.6.7. Nuzštitasta žlijezda
[Glandula parathyroidea]

Nalazi se uz štitastu žlijezdu.

11.6.8. Sjemenik i jajnik
[Testis et ovarium]

Spolne žlijezde koje izlučuju svoje spolne hormone.

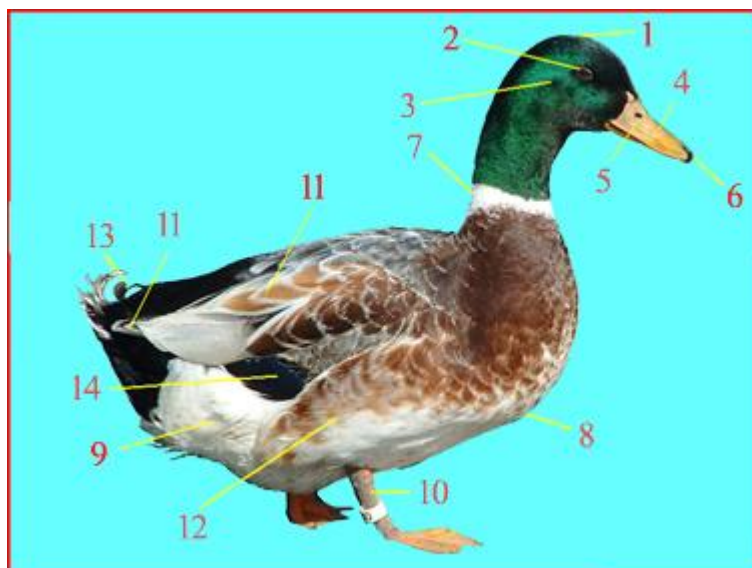


Slika 113: Anatomski smještaj žlijezda s unutarnjim izlučivanjem u psa

1 Epiphysis cerebri; 2 hypophysis; 3 thalamus; 4 hypothalamus; 5 glandula parathyroidea; 6 glandula thyroidea; 7 cor; 8 jecur; 9 ventriculus; 10 glandula adrenalis; 11 ren; 12 pancreas; 13 ovarium; 14 placenta; 15 testis; 16 intestinum tenue.

12. ANATOMIJA PERADI

Vanjski izgled peradi je specifičan ovisno o vrsti peradi (kokoši, purani, vodena perad, golubovi). Na slici 114 prikazana su područja tijela patke.



Slika 114: Morfologija patke

1 Caput; 2 organum visus; 3 auris; 4 rostrum; 5 naris; 6 cornu rostri superioris; 7 collum; 8 thorax; 9 abdomen; 10 membri pelvini; 11 remiges; 12 pennae conturae generalis; 13 rectrices; 14 alatus speculi.

12.1. Kostur (Sl. 115)

Kostur peradi značajno se razlikuje od kostura sisavaca, što je uočljivo na primjeru građe kostura domaće kokoši. *Pneumatizirane* su sve kosti osim kosti krila, distalno od lakatnog zgloba i kosti nogu, *distalno* od bočnog zgloba. U *pneumatiziranim* kostima nema koštane srži niti masnog tkiva, svijetlije su i transparentne. *Nepneumatizirane* kosti ispunjene su koštanom srži. U mladim ptica koštana srž nalazi se i u dijelovima *pneumatiziranih* kostiju. Šupljine *pneumatiziranih* kostiju povezane su s dišnim sustavom, pa tako u šupljine kostiju glave zrak ulazi iz nosne šupljine i iz slušnih tuba, a u kosti trupa iz zračnih vrećica.

Kostur kokoši možemo razdijeliti u osovinski i privjesni. Osovinski kostur obuhvaća lubanju, kralježnicu, rebra i prsnu kost, a privjesni kostur obuhvaća kosti krila i nogu.

12.2. Osovinski kostur A. Kosti glave

U peradi se kosti glave rano međusobno stapaju pa se samo tijekom razvitka i u nekoliko dana stare peradi mogu razlikovati spojevi kostiju.

Mozgovni dio lubanje jasno je razdvojen od ličnog dijela prostranim očnicama koje međusobno razdvaja okomita koštana ploča (*septum interorbitale*). Kosti oblikuju kuglasti mozgovni dio lubanje, građen od tri neparne kosti (*os occipitale*, *os sphenoidale* i *os ethmoidale*) te tri parne kosti (*ossa frontalia*, *ossa parietalia* i *ossa temporalia*).

Zatiljna kost (*os occipitale*) zatvara lubanjsku šupljinu s *kaudalne* strane i posjeduje samo jedan *kondil* koji se nalazi ispod velikog zatiljnog otvora.

Klinasta kost (*os sphenoidale*) tvori najveći dio lubanjske baze, a njezin *rostralni* dio sudjeluje u oblikovanju *septuma interorbitale*.

Sitasta kost (*os ethmoidale*) odmaknuta je prostranom očnicom od lubanjske šupljine.

Tjemena kost (*os parietale*) gradi *kaudodorzalni* dio krova lubanje. Obje tjemene kosti nalaze se između zatiljne i čeonih kostiju.

Međutjemena kost (*os inter – parietale*) nedostaje u kokoši.

Čeona kost (*os frontale*) čini glavinu krova lubanjske šupljine.

Sljepoočna kost (*os temporale*) sastoji se od *os oticum* i *squama temporalis*. *Os oticum* sastoji se iz dvije kosti u kokoši i goluba, a iz tri u guske i patke, a koje se rano stope u jedinstvenu kost.

Lični dio lubanje tvore tri neparne kosti (*os incisivum*, *vomer* i *mandibula*) i sedam parnih kostiju (*maxilla*, *os nasale*, *os zygomaticum*, *os lacrimale*, *os palatinum*, *os pterygoideum* i *os quadratum*).

Sjekutična kost (*os incisivum*) sastoji se iz dvije kosti koje se prije valjenja spajaju u jednu. Čini podlogu gornjeg kljuna i značajno se razlikuje oblikom u različitim ptica.

Gornja čeljust (*maxilla*) je mala parna kost koja čini podlogu za postrane i stražnje dijelove kljuna.

Nosna kost (*os nasale*) je parna kost, pokriva s *dorzalne* i *lateralne* strane nosnu šupljinu i čini podlogu stražnjem dijelu kljuna.

Jagodična kost (*os zygomaticum*) smještena je postrano u nastavku ruba kljuna.

Suzna kost (*os lacrimale*) smještena je s prednje strane orbite i gradi *ventronazalni* dio njezinog ruba, spaja se s čeonom kosti i pokretno se veže s nosnom kosti. Mala je u kokoši, purana i goluba, a velika u guske i patke.

Nepčana kost (*os palatinum*) leži ventralno na ličnom dijelu lubanje. Međusobno povezuje *maxilla* i krilastu kost te ograničuje *hoane* i sudjeluje u tvorbi koštanog nepca.

Krilasta kost (*os pterygoides*) je kratka i čvrsta parna kost, leži *ventralno* na glavi iza nepčane kosti.

Ralo (*vomer*) je neparna *medijano* smještena kost. Nosi nosnu pregradu. U kokoši je tanka i mala, a u purana nešto jača.

Kvadratna kost (*os quadratum*) parna je kost četvrtastog oblika i zglobno povezuje lubanjske s ličnim kostima glave.

Donja čeljust (*mandibula*) je neparna kost sastavljena od 11 dijelova koji su zarana međusobno srasli. Predstavlja podlogu donjeg kljuna.

Čeljusnonepčani uređaj (*apparatus maxillopalatinus*) je pokretna veza kostiju lica, a omogućuje podizanje gornjeg kljuna.

Jezična kost (*os hyoides*) se sastoji iz trupa i dva kraka. Nije povezana s kostima glave kao u sisavaca.

B. Kralježnica [Columna vertebralis]

Dijeli se na vratni, prsni, slabinsko-križni i repni dio.

Vratni dio u kokoši tvori 13 – 14, u purana 13 – 16, u guske 17 – 18, u patke 15 i u goluba 12 – 13 kralježaka. Njezina velika duljina i pokretljivost u ptica omogućuje veliku okretnost glave radi orijentacije, uzimanja hrane ili čišćenja tijela. *Atlas* je najmanji od vratnih kralježaka i ima oblik prstena.

Prsni dio sastavljen je u kokoši, purana i goluba od 7, a u patke i guske od 9 kralježaka, većinom međusobno sraštenih. Slobodni su prvi i šesti prsni kralježak u kokoši, purana i goluba, a sedmi je srastao sa slabinskim kralježcima. Srašteni prsni kralježi čine jedinstvenu kost *os notarium*.

Slabinsko-križni dio sastavljen je od posljednjeg prsnog, svih slabinskih i križnih kralježaka, te prvih 3 – 7 repnih kralježaka međusobno sraslih u jedinstvenu kost *os synsacrum*. Zdjelične

kosti sraštavaju sa *synsacrumom* u *os lumbosacrale*. *Synsacrum* u kokoši, patke i goluba čini 14, u guske 14 – 16, a u purana 16 kralježaka.

Repni dio srastao je u *pygostyl* koji čini podlogu za kormilno perje i trtičnu žlijezdu.

C. Rebra

[*Costae*]

Nema hrskavičnog dijela. U kokoši, goluba i purana ima 7 pari rebara, a u guske i patke 8 – 10 pari. Prvo rebro je slobodno, ponekad je slobodno drugo, treće i posljednje rebro.

D. Prsna kost

[*Sternum*]

Široka je pločasta kost, ventralno zatvara tjelesnu šupljinu i predstavlja hvatište snažne letne muskulature. Na vanjskoj površini prsne kosti nalazi se *medijano* visoki greben, tzv. kobilica (*crista sterni s. carina*) koja je bolje izražena u ptica dobrih letača. Na prednjoj površini prsne kosti nalazi se *medijano* izdanak, tzv. *spina sterni*, a *lateralno*, lijevo i desno od njega, *processus coracoideus* koji nosi zglobnu plohu za uzglobljenje s gavranovom kosti. Obostrano na prsnoj kosti su po dva dulja i uska izdanka.

12.3. Privjesni kostur

Kosti krila

[*Ossa alae*]

Kosti krila, u širem smislu, sastoje se od kostiju pojasa krila (*ossa cinguli alae*) i kostiju krila u užem smislu (*ossa alae*): nadlaktične kosti, podlaktičnih kostiju, kostiju zapešća, pesti i prstiju. Kosti pojasa krila čine lopatica, ključna kost i gavranova kost.

Lopatica (*scapula*) je plosnata, izdužena i lagano savijena kost. Leži na rebrima gotovo paralelno s kralježnicom. Prednji dio lopatice uzglobljuje se s ključnom kosti i zajedno s gavranovom tvori zglobnu udubinu za glavu nadlaktične kosti.

Ključna kost (*clavicula*) je lagano savijena štapičasta kost *distalno* spojena s onom druge strane u kost rašljastog oblika ili rašlje, vile (*furcula*). *Proksimalno* se ključna kost uzglobljuje s lopaticom i gavranovom kosti, a *distalno* je ligamentima vezana za prsnu kost.

Gavranova kost (*os coracoideus*) je čvrsta, lagano spljoštena i predstavlja najjaču kost pojasa.

Nadlaktična kost (*humerus*) je cjevasta, relativno duga kost, na krajevima lagano savijena. Kod sklopljenih krila leži gotovo vodoravno i usporedo s kralježnicom.

Podlaktične kosti (*ossa antebrachii*) tvore *radius* i *ulna*. Obje kosti lagano su savijene i konkavnom stranom okrenute jedna prema drugoj tako da između njih nastaje prostrani međukoštani prostor (*spatium interosseum antebrachii*). *Radius* je slabiji i kraći od *ulne* i manje savijen. Obje kosti pružaju se čitavom dužinom podlaktice.

Zapešćajne kosti (*ossa carpi*) sastoje se od samo dvije kosti: *os carpi radiale*, položene *medijalno* i *os carpi ulnare*, položene *lateralno*.

Kosti pesti (*ossa metacarpalia*) predstavljaju tri kosti, od kojih su dvije veće međusobno spojene na *proksimalnom* i *distalnom* okrajku.

Kosti prstiju krila (*ossa digitorum alae*) – na krilu su razvijena tri prsta: I., II. i III. Prva dva prsta građena su od dva članka, *proksimalnog* i *distalnog*, koji su dulji na II. prstu te je on najbolje razvijen prst krila. Treći prst je malen, građen samo od *proksimalnog* članka. Okoštavanje kostiju krila u kokoši završava u dobi od 3,5 mjeseca.

Kosti noge **[Ossa pedis]**

Kosti zdjeličnog pojasa **[Cingulum membri pelvini]**

Zdjelični pojas sačinjavaju crijevna, sjedna i sramna kost. Zdjelične se kosti ne spajaju u *simfizi*, već je *ventralno* zdjelični dio tjelesne šupljine koštano otvoren.

Crijevna kost (*os ilium*) je najveća zdjelična kost koja se *kranijalno* pruža preko posljednjeg rebra, a *kaudalno* završava na kraju zdjelice. Sraštena je s *os lumbo-sacrale* i sjednom kosti.

Sjedna kost (*os ischii*) je pločasta, lagano konveksna kost, *dorzalno* i *kranijalno* spaja se sa crijevnom kosti, a *ventralno* sa sramnom kosti.

Sramna kost (*os pubis*) je uska i duguljasta, leži *ventralno* uz sjednu kost od koje je odvaja *foramen obturatum*.

Zglobna čašica (*acetabulum*) leži gotovo na sredini crijevne kosti i u njoj se sastaju sve tri zdjelične kosti. Postoji velika razlika u širini između muške i ženske zdjelice. U ženki je zdjelica zbog prolaza jaja *dorzalno* znatno šira, a razdaljina između krajeva sramnih kostiju je veća. Veća širina između sramnih kostiju ukazuje na veću nesivost.

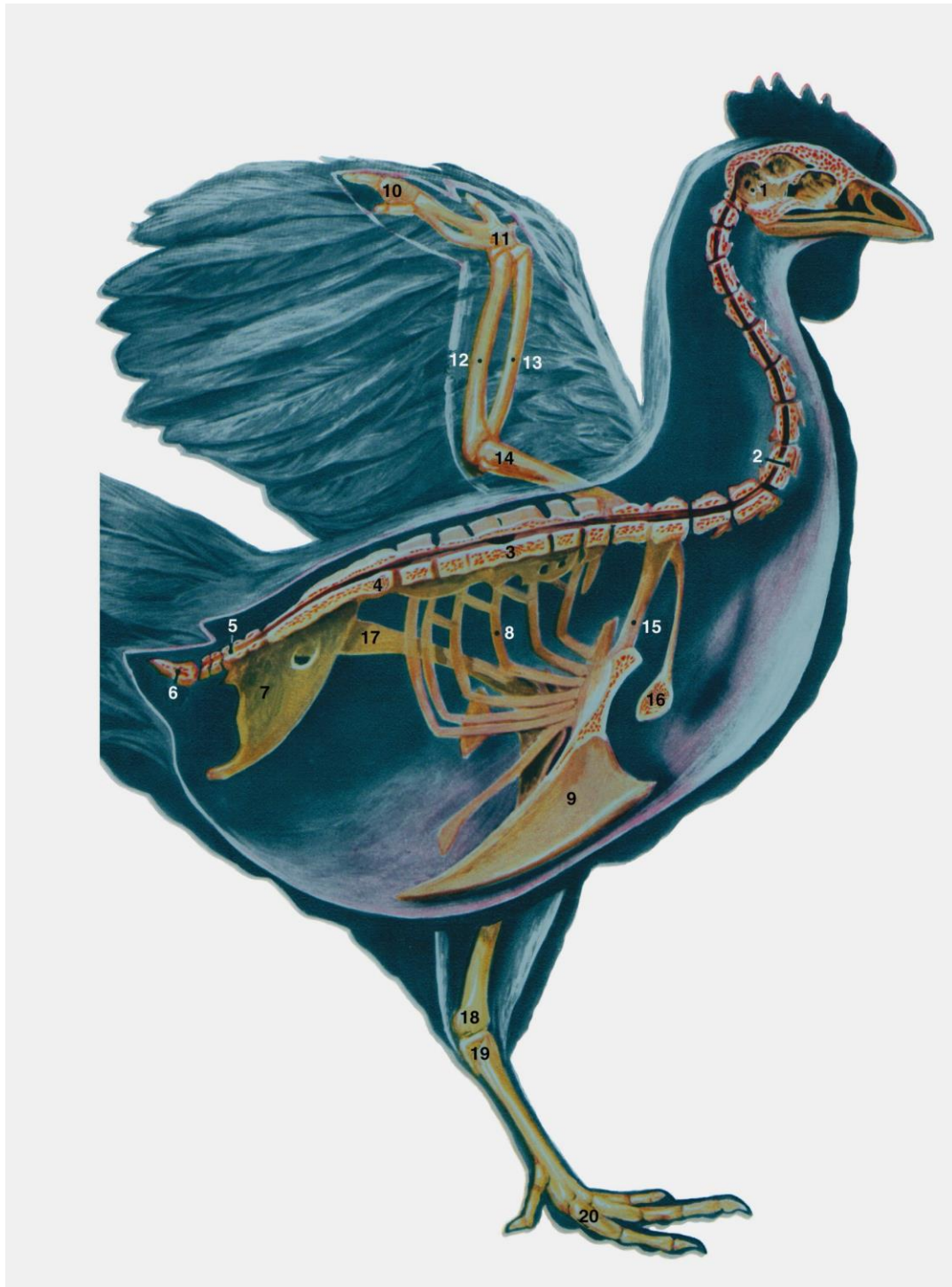
Bedrena kost (*os femoris*) je kraća od potkoljениčnih kostiju, a u guske i patke kraća je nego u kokoši i purana.

Potkoljениčne kosti (*ossa cruris*) sastoje se od dvije kosti. Dobro razvijena i vrlo duga je *tibija* koja se za vrijeme embrionalnog razvitka stapa s *proksimalnim* redom zastopalnih kostiju u *os tibiotarsus*, a slabije razvijena je *fibula* koja ne dopire do kraja *tibije*.

Distalni red zastopalnih kostiju stopio se sa svim kostima stopala u zajedničku *os tarso-metatarsale* ili pisnicu. U pijeveca se na *kaudomedijalnoj* strani *tarso-metatarsusa* nalazi šiljasti koštani izdanak (*processus calcaris*) kojeg za života prekriva rožnata navlaka tzv. ostruga (*calcar*).

Kosti prstiju noge (*ossa digitorum pedis*)

Perad posjeduje 4 prsta, od I. do IV. Tri prsta (II. do IV.) usmjerena su *kranijalno*, a prvi prst usmjeren je *kaudalno*. Prvi i drugi prst imaju po tri članka, treći ima četiri, a četvrti prst pet članaka. *Distalni* članak svakog prsta (*falang distalis*) presvučen je rožnatom čahuricom, tzv. kandža ili čaporak.



Slika 115: Kostur kokoši

1 Os quadratum; 2 vertebrae cervicales; 3 vertebrae thoracicae; 4 os lumbosacralae; 5 vertebrae coccigae; 6 pygostil; 7 os ischii; 8 costae; 9 sternum; 10 ossa digitorum alae; 11 ossa metacarpalia; 12 ulna; 13 radius; 14 humerus; 15 os coracoide; 16 clavicula-furcula; 17 femur; 18 tibiotarsus; 19 tarsometatarsus; 20 ossa digitorum pedis.

12.4. Mišićni sustav (Sl. 116)

Mišićni sustav ptica uvjetovan je specifičnom *lokomotornom* funkcijom, a to je let, time se znatno razlikuje od sisavaca. Mišići peradi podijeljeni su prema poziciji na tijelu i prema funkciji. Posebno dobro su razvijeni prsni mišići i mišići bedra, a svi ostali mišići su praktično mali i tanki. Prsni mišići su *m. pectoralis superficialis* i *m. pectoralis profundus*, njih u purana, kokoši i fazana nazivamo bijelim mišićima, a u guske, patke i goluba crvenim mišićima. Ošit je rudimentaran i ne razdvaja prsnu od trbušne šupljine. Respiratorni mišići prilagođeni su za disanje i potpomažu funkciju *kranijalnog* i *kaudalnog* grkljana te zračnih vrećica.



Slika 116: Površinski mišići kokoši

1 Musculi colli; 2 musculi pectorales; 3 musculi alae; 4 musculi pedis.

12.5. Tjelesni pokrivač [Integumentum commune] (Sl. 114 i 117)

Tjelesni pokrivač peradi je relativno tanak i građen od kože (*cutis*) i potkožja (*subcutis*). U koži peradi nema znojnih žlijezda, a lojne žlijezde su rijetke. Posebne kožne tvorevine na glavi i vratu kokoši su krijesta (*crista galli*), zaušnjaci (*lobus auricularis*) i podušnjaci ili podbradnjaci (*palea*) koji imaju tanku kožu, a dobro razvijeno i bogato vaskularizirano potkožje.

Na glavi purana razvijen je kožni izdanak, na čeonom dijelu glave (*processus frontalis*), s dobro razvijenom kapilarnom mrežom koja djeluje kao *erektilno* tkivo.

Koža *tarsometatarzusa* prekrivena je ljuskama, naglašenog heksagonalnog oblika u vodene peradi. Između II., III. i IV. prsta noge nalazi se dobro razvijena *duplikatura* kože – plivača kožica (*tela interdigitalis*) u vodene peradi, a u kopnene peradi je malena i slabo razvijena.

Poseban nabor kože, razapet između nadlaktice i podlaktice, povećava površinu krila tzv. *propatagium*. Potkožje je dobro razvijeno pa je koža veoma pomična na podlozi. U njemu se nakuplja masno tkivo koje u vodenih ptica gradi razvijenu cjelovitu naslagu (*panniculus adiposus*). *Kutani* mišići na vratu, prsištu, oko krila, na hrptu, leđima i na trbuhu pokreću kožu i šepure perje. Potkožje je posebno dobro razvijeno u kožnim tvorevinama.

Tijelo ptica pokriveno je perjem. Koža je na dijelovima tijela pokrivenim perjem (*pteryla*) deblja, s izraženim izbočenjima pernih folikula, a na mjestima bez perja (*apterya*) tanja i glatka. Perje se redovito obnavlja kroz sezonsku izmjenu, tzv. *mitarenje*. Ptice plivačice voodootpornost perja postižu premazivanjem sa sekretom trtičnih žlijezda.

Pera (*pennae*) su različito razvijena, ovisno o dijelu tijela na kojem se nalaze i o funkciji. Razlikujemo: letna pera (*remiges*), kormilna pera (*rectrices*), ostala pokrovna pera (*pennae contourae generalis*) i paperje ili pahuljice (*plumae*).

Paperje pokriva tijelo pri valjenju, kasnije se razvijaju specijalizirana pera, a paperje ostaje ispod perja i čini u kopnene peradi rijetku naslagu, a u vodene peradi debelu naslagu.

Razvijeno pero učvršćeno je u koži u pernom folikulu (*folliculus pennae*). Pero je građeno od badrljice ili cijevi pera (*calamus*) i proteže se čitavom dužinom pera. Gornji dio badrljice nazivamo stručak (*rachis*), on nosi zastavicu pera (*vexillum*). Zastavicu čine isperci (*rami*) koji se pružaju na prednju i stražnju stranu stručka, sve do vrha pera. Iz isperka se pružaju prema gore i dolje sitni izdanci – resice (*radii*). Redovi susjednih resica naslanjaju se jedni na druge, a *proksimalne* resice nose na vrhu male kvačice (*radioli*), čime se povećava čvrstoća pera i postiže funkcionalna cjelovitost.



Slika 117: Tjelesni pokrivač kokoši

1 Crista galli; 2 palea; 3 lobus auricularis; 4 remiges; 5 rectrices; 6 pennae conturae generalis.

12.6. Tjelesna šupljina [Cavum corporis]

U peradi postoji jedinstvena tjelesna šupljina, u njoj se nalazi više *seroznih* šupljina i zračnih vrećica povezanih s respiratornim sustavom. *Serozne* šupljine su: dvije plućne, osrčje i *peritonealne* šupljine – *dorzalna*, dvije *ventralne* jetrene i jedna *intestinalna*. Od zračnih vrećica u tjelesnoj šupljini leže dvije *kranijalne* i dvije *kaudalne* prsne te dvije *abdominalne*, a izvan tjelesne šupljine leže dvije vratne i jedna *klavikularna*.

12.7. Probavni sustav [Apparatus digestorius] (Sl. 118 i 119)

Osobitosti probavnog sustava u peradi su: odsutnost zuba, mišića obraza i žvačnih mišića, kljun je razvijen umjesto usana, ždrijelo je jednostavno, bez jasne granice prema usnoj šupljini jer nema mekog nepca, dug i širok jednjak s posebnim izvratkom – voljom u kokoši, purana i goluba, a s vretenastim proširenjem u guske i patke, žljezdani i mišićni želudac, dva slijepa crijeva i postojanje *kloake*.

12.7.1. Probavni sustav glave

Probavni sustav glave predstavlja početak alimentarnog trakta, a čine ga usna šupljina i ždrijelo.

A. Usna šupljina [Cavum oris]

Zatvorena je s prednje strane kljunom (*rostrum*) kojeg presvlači rožina, a čiji je oblik vrsno specifičan, prilagođen načinu uzimanja hrane. U kokoši, purana i goluba kljun je kratak i koničan, u guske je dug i koničan, a u patke je dug i spljošten. Gornji kljun je širi od donjeg. U guske i patke se uz rub kljuna nalaze brojne poprečne gredice koje služe kao cjedilo za hranu i ujedno su osjetni organ jer su dobro opskrbljene živcima.

Tvrdo nepce (*palatum durum*) otvoreno je *medijano* u obliku duguljaste pukotine s prednjim užim i stražnjim širim dijelom (*choana pars rostralis* i *pars caudalis*). Posljednji red *papila* (*ruqa palatina terminalis*) označava granicu između usne šupljine i ždrijela.

Jezik (*lingua*) je u kokoši kratak, šiljat, tvrd, trokutast i gotovo nepokretan, a u guske i patke širi, mekši i pokretljiviji. Na hrptu jezika nalazi se debeli orožnjali sloj i *kaudalno* usmjerene listićaste *papile*. U guske i patke postrano na jeziku smještene su nitaste *papile* koje pomažu filtrirati vodu. Okusne bradavice nalaze se na kraju jezika i u ždrijelu. Male slinske žlijezde su postrano na bazi jezika i u usnom kutu, a posebno dolaze tzv. *mandibularne* žlijezde.

B. Ždrijelo [Pharynx]

Ždrijelo je nastavak usne šupljine. Pruža se između posljednjeg reda tvrdih nepčanih *papila* i poprečno poredanih ždrijelnih *papila* koje označavaju prijelaz ždrijela u jednjak.

C. Jednjak [Esophagus]

Ulazni otvor u jednjak je širok i nazivamo ga zjalo. U vratnom dijelu jednjak leži iznad dušnika i čvrsto je vezan uz njega. U kokoši, purana i goluba, na kraju vrata, jednjak se izbočuje na

desnu stranu tvoreći volju (*ingluvies*), a u guske i patke u tom dijelu jednjak ima samo vretenasto proširenje. Stražnji dio jednjaka i žljezdani želudac leže između *kaudalnih* prsnih i trbušnih zračnih vrećica. Jednjak iznutra prekriva *kutana* sluznica s brojnim sluznim žlijezdama. Mišićnica jednjaka je troslojna, u guske dvoslojna, a građena je od glatkog mišićnog tkiva.

D. Volja

[Ingluvies] (voljka, žvata, putača, gvata)

Unilateralno je izvrnuće desne strane stražnjeg vratnog dijela jednjaka u kokoši, purana i fazana, *bilateralno* izvrnuće u goluba, a vretenasto proširenje u guske i patke. Volja služi maceriranju hrane. Kao i jednjak, prekriva je *kutana* sluznica s brojnim sluznim žlijezdama. U goluba oba roditelja u vrijeme hranjenja mladih proizvode gusti sivkasti proizvod, tzv. ptičje mlijeko. Ono sadrži sekret sluznih žlijezda volje i odljušteni epitel.

E. Želudac

[Ventriculus]

Želudac peradi sastoji se iz žljezdanog i mišićnog dijela (*ventriculus glandularis* i *ventriculus muscularis*). Žljezdani želudac je vretenasto proširenje probavne cijevi, odebljelih stijenki, presvučeno žljezdanom sluznicom. Nalazi se između jetrenih režnjeva, nešto lijevo od *medijane* ravnine te se *kaudalno* sužuje i prelazi u mišićni želudac. Mišićni želudac (mlin, bubac, prđavac) ima stijenku građenu od debelih snopova glatkog mišićnog tkiva. Sluznica mlina je žljezdana, a površina je prekrivena tvrdom *keratinskom kutikulom*. Ima ulogu zaštite sluznice pri drobljenju hrane uz pomoć kamenčića koje nalazimo u želucu slobodno držane peradi. Posebno dobro je razvijen u zrnosedne peradi. Smjestio se između trbušnih zračnih vrećica i lijeve jetrene *serozne* vreće.

F. Crijevo

[Intestinum]

Sastoji se od tankog i debelog crijeva (*intestinum tenue* i *intestinum crassum*). Crijeva mesoždernih ptica kraća su od onih u biljoždernih. Dužina crijeva u guske i patke iznosi 4 – 5, u kokoši 5 – 6, a u goluba 3 tjelesne dužine. Sluznica i tankog i debelog crijeva ima resice, što upućuje na snažnu resorptivnu aktivnost na čitavoj dužini. Tanko crijevo sastoji se od *duodenuma*, *jejunuma* i *ileuma*. Dužina *duodenuma* iznosi u odrasle kokoši 30, u guske 40, a u patke 22 – 38 cm. *Duodenum* je oblika omčice unutar koje leži gušterača. *Jejunum* visi na kratkom *mezenteriju*. U mlade peradi može se naći ostatak nekadašnjeg spoja *jejunuma* i žumanjčane vrećice – *ductus omphaloentericus*, veličine zrna žita, na površini *jejunuma*. Dužina *jejunuma* u odrasle kokoši je 80 – 120 cm, u guske 165 cm, a u patke 105 cm. *Ileum* je dio tankog crijeva uklopljen između dva slijepa crijeva, dužine 16 cm u kokoši, 25 cm u guske i 15 cm u patke. Debelo crijevo sastoji se od dva slijepa crijeva i kratkog zelenkastosivog *kolona* čiji je promjer nešto širi od tankog crijeva. Slijepo crijevo (*cecum*) je parno, slijepim krajevima okrenuto prema *jejunumu*. Kokoš, puran, guska i patka imaju duga, a golub vrlo kratka slijepa crijeva.

Kolon (*colon*) je kratak i prostran, pruža se od ušća slijepih crijeva do *kloake*. Dužina *kolona* u kokoši iznosi 8 – 11, u patke 8 – 13, u guske 16 – 22, a u goluba 3 – 4 cm.

Kloaka (*cloaca*) ili nečisnica je završni dio probavnog, spolnog i mokraćnog sustava. Sastoji se iz *najkranijalnije* položenog *koprodeuma* (*coprodeum*) u koji se otvara *kolon*; srednjeg najkraćeg mokraćnog dijela – *urodeuma* u koji se s *dorzalne* strane ulijevaju oba *uretera*. Lateralno od *uretera* ulijevaju se u muških ptica oba sjemenovoda, a u ženki, uz lijevi *ureter*,

ulijeva se lijevi jajovod u treći dio, *proktodeum* (*proctodeum*). Stražnji dio *kloake* se prema van otvara prostranim vodoravnim otvorom – *ventus*. U *proktodeum* se s *dorzalne* strane ulijeva *bursa Fabricii*, limfoepitelijalni organ koji ima obrambenu ulogu u ptica, a postupno sa starošću iščezava. Odjeljke *kloake* međusobno razdvajaju tri nabora, a *ventus* je omeđen s dva nabora koja se pri *defekaciji* izvrću.

G. Jetra

[*Jecur*, lat., *hepar* grč.]

Smještena je *ventralno* u prednjem i srednjem dijelu tjelesne šupljine, obavijena s tri *serozne* vreće. Ima dva režnja: lijevi i desni. Na *visceralnoj* strani jetre nalaze se *hilus* i dva žučovoda, za svaki režanj po jedan, a uz desni jetreni režanj je dobro razvijena žučna vrećica (*vesica fellea*), koju golub ne posjeduje.

H. Gušterača

[*Pancreas*]

Režnjevite je građe, svijetlosiva ili svijetloružičasta egzokrino-endokrina žlijezda smještena u omći *duodenuma*.

I. Slezena

[*Lien*]

Malen, u goluba sitan, okruglasti, *limforetikularni* crveno-smeđ organ. Smjestila se između jetre, mlina i spolnih žlijezda.



Slika 118: Probavni sustav kokoši

1 *Esophagus*; 2 *ingluvies*; 3 *ventriculus glandularis*; 4 *ventriculus muscularis*; 5 *duodenum*; 6 *pancreas*; 7 *jejunum*; 8 *ceca*; 9 *colon*; 10 *coprodeum*; 11 *jecur*; 12 *lien*; 13 *cloaca*; 14 *bursa Fabricii*.



Slika 119: Nečisnica (*cloaca*) kokoši

12.8. Dišni sustav **[Organa respiratoria] (Sl. 120)**

Značajke dišnog sustava ptica su jednostavna nosna šupljina, *hoane* u obliku rasporka, odsutnost mekog nepca, prednji i stražnji grkljan, dušnik građen od zatvorenih hrskavičnih ili okoštalih prstenova, zračne vrećice te mala nepomična pluća.

A. Nosna šupljina **[Cavum nasi]**

Nozdrve su ovalne, prekrivene malim poklopcem, a rub nozdrva građen je od mekane rožine, tzv. *voskovine*. Uz *medijalni* očni kut nalazi se nosna žlijezda (*gl. nasalis*) preko koje ptice izlučuju soli teških metala, a morske ptice i kuhinjsku sol (NaCl).

B. Grkljan **[Larynx]**

Sastoji se od dva odvojena dijela. Na početku dušnika nalazi se prednji grkljan (*larynx cranialis*), a na kraju dušnika, na njegovoj *bifurkaciji*, nalazi se stražnji grkljan ili pjevalo (*larynx caudalis* s. *syrix*). U stražnjem grkljanu stvara se glas, a u ptica pjeвица pri glasanju (pjevanju) niz mišića napinju i opuštaju opne, otuda naziv pjevalo.

C. Dušnik **[Trachea]**

U peradi dušnik tvore potpuno zatvoreni prstenovi koji su hrskavični u kokoši i purana, a okoštaju u guske i patke. Proteže se između prednjeg i stražnjeg grkljana te mijenja položaj u odnosu na vratni dio kralježnice, ovisno o pokretima glave i vrata.

D. Pluća **[Pulmones]**

Nepomična pluća smještena su uz *dorzalne vertebralne* okrajke rebara, od prvog rebra do bubrega. Svijetlocrvena su ili ružičasta, građena od dva plućna krila presvučena *pleurom*.

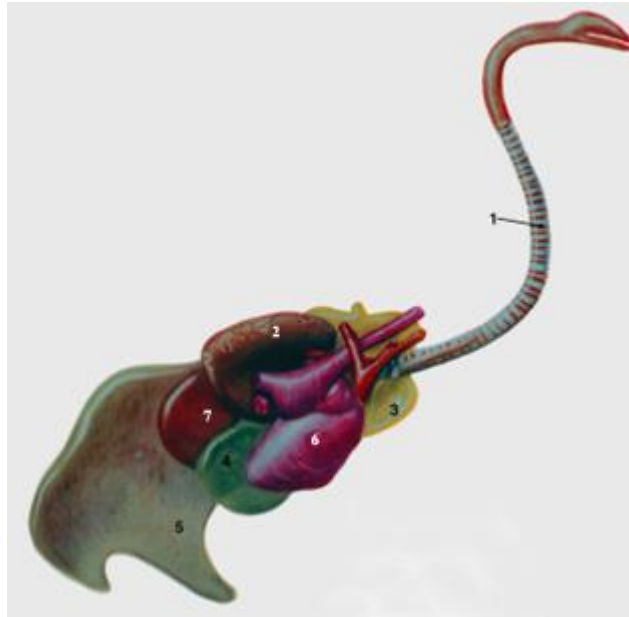
E. Zračne vrećice
[Sacci aerophori] (Sl. 121)

Tankoslojne su mjehuraste tvorevine povezane s plućima od kojih se embrionalno razvijaju. Vrećice se pasivno rastežu i stežu. Slabo su *vaskularizirane* i ne sudjeluju u izmjeni plinova, već služe smanjenju težine tijela, hlađenju tijela, omogućuju, poput mijeha, prolaz zraka bogatog kisikom kroz zračne kapilare i za vrijeme izdisaja te omogućuju disanje za vrijeme letenja i ronjenja. Osim s plućima, povezane su s *pneumatiziranim* kostima. Zračnih vrećica ima devet.



Slika 120: Dišni sustav kokoši

1 Cavum nasi; 2 trachea; 3 pulmo; 4 saccus clavicularis; 5 sacci thoracales craniales; 6 sacci abdominales; 7 cor; 8 syrinx; 9 sacci thoracales caudales.



Slika 121: Zračne vrećice trupa kokoši

1 Trachea; 2 pulmo; 3 saccus clavicularis; 4 sacci thoracales craniales; 5 sacci abdominales; 6 cor; 7 sacci thoracales caudales.

12.9. Mokraćno-spolni sustav

[Apparatus urogenitalis] (Sl. 122 – 124)

A. Mokraćni organi

[Organa uropoetica]

Ptičji mokraćni organi jednostavniji su od onih u sisavaca jer ptice nemaju bubrežnu zdjelicu, mokraćni mjehur i mokraćnicu. Bubrezi (*renes*) su izduženi, tamnocrveni, leže *retroperitonealno* utisnuti u *lumbo-sakralnu* kost i režnjevite su građe. *Ureteri* leže duž cijelog *medijalnog* ruba bubrega i ulijevaju se u *kloaku-urodeum*.

B. Muški spolni organi

[Organa genitalia masculina]

Sastoje se od dva sjemenika, dva nuzsjemenika i dva sjemenovoda te iz *kopulacionog* organa smještenog u *proktodeumu*.

Sjemenik (*testis*) je paran, bijel, graholik organ, smješten između bubrega i pluća. Znatno se povećava u doba parenja.

Nuzsjemenik (*epididymis*) je malo vretenasto izbočenje na *dorzo-medijalnom* rubu testisa. Sjemenovod (*ductus deferens*) je izvijugan produžetak *epididymisa* u kojem se nalaze spermiji. Ulijeva se u *kloaku-proktodeum*. *Kopulacioni* organ (*phallus*) smješten je u ventralnoj stijenci *proktodeuma*, šupalj je, a kod *erekcije* se puni limfom. Spiralni nabor sluznice služi provođenju sperme. U *erekciji* *kopulacioni* organ gusaka i patka ispruži se 6 – 8 cm (*phallus protrudens*) te je veoma sličan penisu sisavaca.

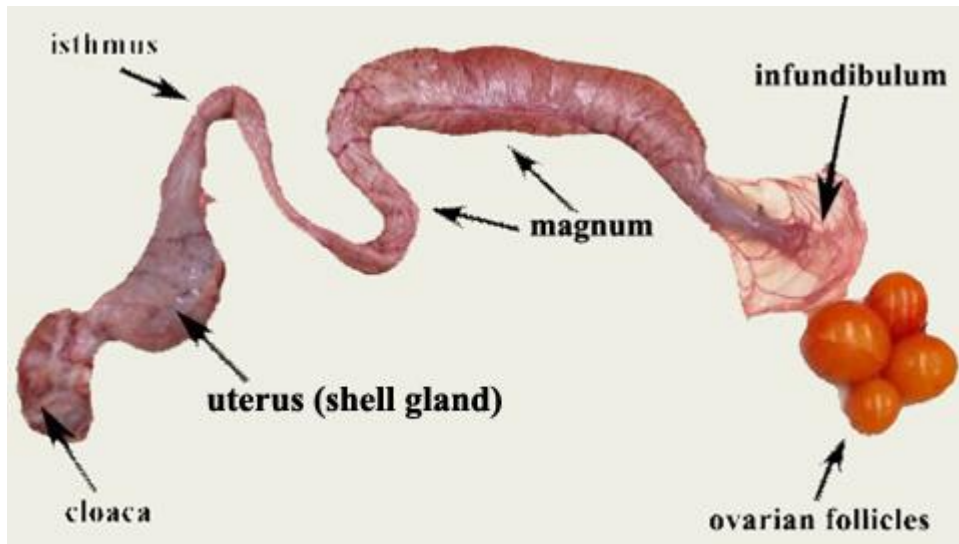
C. Ženski spolni organi [Organa genitalia feminina] (Sl. 122 i 123)

Čine ga lijevi jajnik i lijevi jajovod, a desni organi su se *rudimentirali* tijekom razvoja. Jajovod se otvara u *kloaku-urodeum*. Jajnik (*ovarium*) se nalazi u tjelesnoj šupljini obješen o kralježnicu uz prednji okrajak lijevog bubrega. U spolno nezrelih ženki jajnik je malen i na njemu se vide sitni jajni *folikuli* međusobno odijeljeni brazdama. Kod spolno zrelih ptica, u fazi nesjenja, jajnik je pun različitih zriobelih stadija jajnih *folikula*, od sitnih do zrelih, punih žumanjaka. U vrijeme mirovanja, jajnik spolno zrelih ptica sličan je *juvenilnom* jajniku. Jajovod (*oviductus*) nije samo prolazna cijev, već se u njemu jajna stanica prehranjuje i opskrbljuje zaštitnim ovojnicama te vapnenom ljuskom. U tek izleženog pileta jajovod je tanka cijev koja se ulijeva u kloaku. U spolno zrelih ženki je dobro razvijena, izvijugana cijev, dugačka preko 50 cm. Na jajovodu razlikujemo početni ljevkasto prošireni dio otvoren prema jajniku – *infundibulum* koji služi za prihvaćanje jajnih stanica. Na *infundibulum* se nadovezuje glavni dio jajovoda – *magnum* u kojem se stvaraju jajne ovojnice i bjelanjak. *Magnum*, preko suženog dijela jajovoda – *isthmus*, prelazi u širok *uterus* u kojem završava oblikovanje bjelanjka te se stvara vapnena ljuska. Završni dio jajovoda nazivamo *vagina* i ona se otvara u *kloaku (cloaca)*.

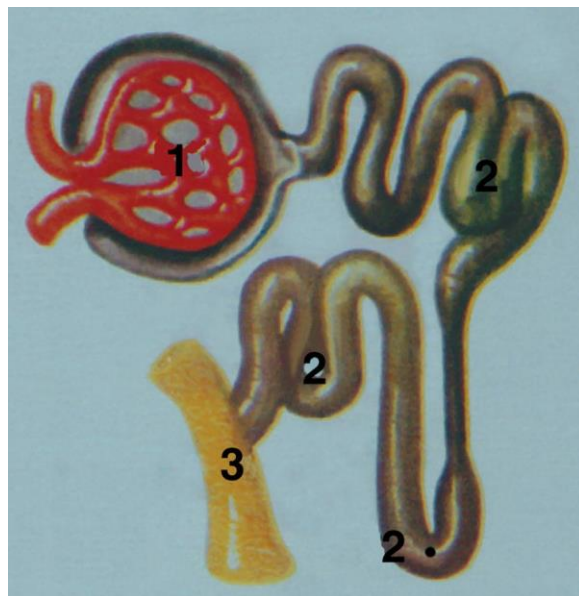


Slika 122: Mokraćno-spolni sustav kokoši

1 Colon; 2 coprodeum; 3 tuba uterina; 4 ovarium; 5 ovum; 6 infundibulum; 7 ampulla; 8 isthmus; 9 uterus; 10 vagina; 11 ren.



Slika 123: Reproductivni trakt kokoši



Slika 124: Shematski prikaz morfološke jedinice mokraćnog sustava kokoši
1 Glomerulus; 2 odvodni sustav bubrega; 3 ureter.

D. Jaje ptice [Ovum avii] (Sl. 125)

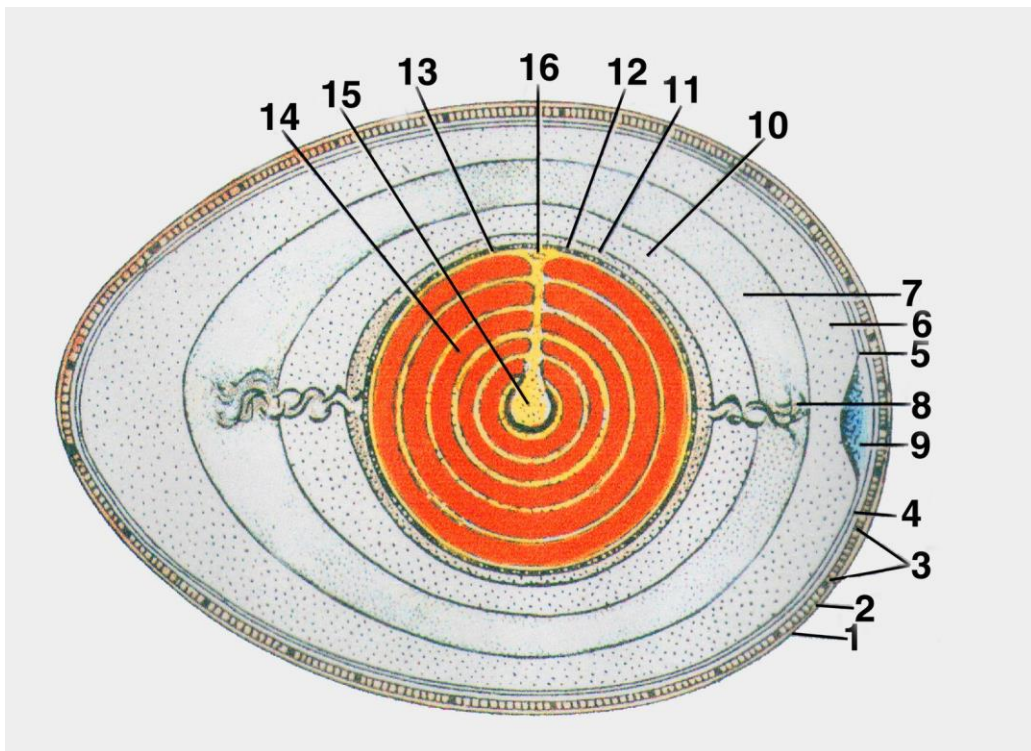
Jaje ptice obavijeno je zaštitnom vapnenom ljuskom (*testa*) koju izvana pokriva tanki pokrovni sloj – *cuticula*. Ispod ljuske je dvolisna kožasta opna – *membrana testae*. Vanjski list opne – *membrana testae externa* naliježe na ljusku, a unutarnji list – *membrana testae interna* leži uz vanjski list. Ove opne obavijaju bjelanjak – *albumen*. Na tupom kraju jajeta opne su međusobno razmaknute i tvore zračnu komoricu – *cella aerea*. Ispod kožastih ovojnica nalazi se bjelanjak koji sa svih strana obavija jajnu stanicu ispunjenu žumanjkom – *vitellus*.

Bjelanjak dolazi u tri sloja različite gustoće. Vanjski i unutrašnji sloj građeni su od rijetkog bjelanjka – *albumen rarum*, a srednji sloj od gustog bjelanjka – *albumen densum*. Posebni spiralno oblikovani dio bjelanjka – *chalasa* hvata se polarno na ovojnici žumanjka.

Jajna stanica okružena je bjelanjkom sa svih strana. Na njezinoj površini nalazi se ovojnica – oolema ispod koje leži jezgra jajne stanice ili zametak, zametni disk – *discus germinalis*, a sve ostalo ispunjeno je žumanjkom.

Žumanjak je građen slojevito iz tzv. bijelog žumanjka – *vitellus albus* i žutog – *vitellus aureus*. Tijekom razvitka ptice žumanjak služi za prehranu zametka, a kroz zračnu komoricu obavlja se preko *koriona* (*chorion*) izmjena plinova.

Uloga *halaza* je u tome da drži jajnu stanicu manje više u središtu jajeta i da omogućuje da se jajna stanica, bez obzira na položaj jajeta, okrene tako da zametni čvorić bude uvijek gore.



Slika 125: Građa jajeta

1 Vanjska opna (kutikula); 2 ljuska; 3 pore; 4 opna s unutarnje strane ljuske; 5 opna oko bjelanjka; 6 vanjski sloj čvrstog bjelanjka; 7 vanjski sloj rijetkog bjelanjka; 8 vezice; 9 zračni mjehur; 10 unutarnji sloj rijetkog bjelanjka; 11 unutarnji sloj čvrstog bjelanjka; 12 opna oko žumanjka; 13 svijetli sloj žumanjka; 14 tamni sloj žumanjka; 15 proširenje stupa oko svijetlog žumanjka; 16 zametak.

12.10. Krvožilni sustav **[Systema cardiovasculare]**

A. Srce

[Cor, cardia] (Sl. 126)

U ptica je srce stožasto i razmjerno veće nego u sisavaca. Smješteno je u prednjem dijelu tjelesne šupljine i obavijeno tankim osrčjem. Čine ga dvije klijetke i dvije pretklijetke. Pretklijetke su razdvojene velikim krvnim žilama. U desnu pretklijetku utječu dvije *venae cavae craniales* (*sinistra* i *dextra*), *vena cava caudalis*, *vena cordis media* i *vena cordis magna*. U lijevu pretklijetku utječu dvije plućne vene. Desni *atrio-ventrikularni* otvor ima mišićnu pregradu (*lamina muscularis*) umjesto *valva atrioventricularis dextra*, a lijevi *atrioventrikularni* otvor ima zalisak s tri listića umjesto *valva atrioventricularis sinistra*. Iz desne klijetke izlazi *a. pulmonalis* koja se dijeli u dvije grane za svako plućno krilo, a iz lijeve klijetke *aorta*.

C. Mali krvotok

[Circulus sanguinus minor]

Čini ga *a. pulmonalis* i dvije *venae pulmonales*.

D. Veliki krvotok

[Circulus sanguinus major]

Započinje s *aortom*, a završava s dvije *venae cavae craniales*, s *vena cava caudalis*, *vena cordis mediom* i *vena cordis magnom*.

E. Portalni krvotok

[Circulus sanguinus portalis]

Ptice posjeduju tri portalna krvotoka, dva jetrena i jedan bubrežni. Jetreni portalni krvotok čine dvije grane *v. portae*, za svaki režanj po jedna, a kroz bubrežni prolazi krv iz nogu, stražnjeg dijela tijela i iz stražnjeg *mezenterija*.

E. Vene

Vene u najvećoj mjeri po položaju odgovaraju arterijama.

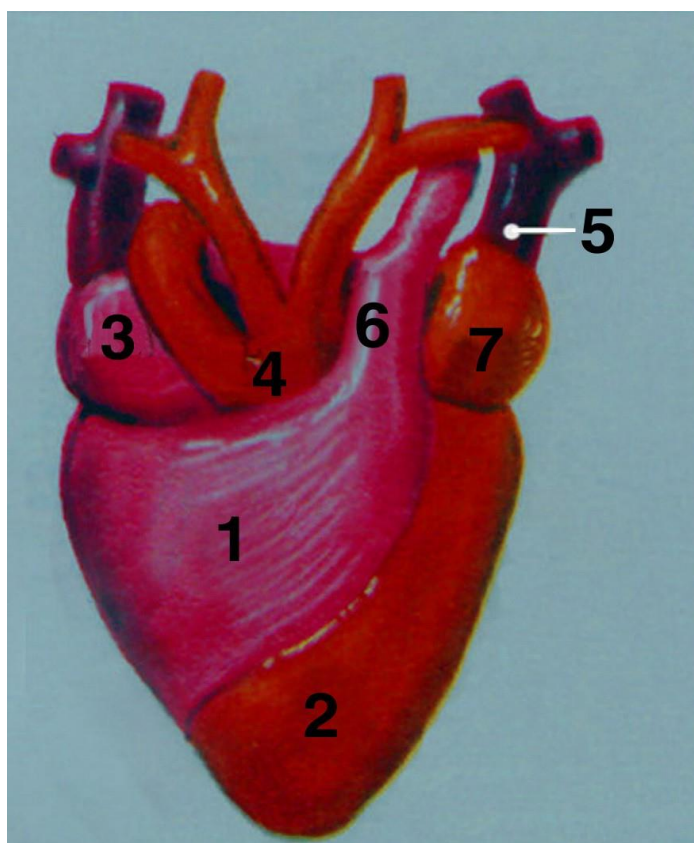
F. Krvotok bubrega ptica

Bubrežni ima dva dovodna sustava krvotoka, nutritivni i funkcionalni. Nutritivni dio krvotoka dovodi arterijsku krv u bubrežni, a funkcionalni ili portalni krvotok (*circulus sanguinus renalis portalis*) upravlja protokom krvi u *v. cavu caudalis*.

G. Limfni sustav

[Systema limphaticum]

Sastoji se od limfnih žila, a limfnih čvorova nema, osim u guske i patke. U njih dolaze dva para limfnih čvorova smještenih u stijenci limfovoda u području ulaza u tjelesnu šupljinu i ispod slabinskog dijela kralježnice uz *medijalni* rub bubrega. Limfne žile iz stražnjeg dijela tijela oblikuju dva mlječevoda (*ductus thoracicus sinister* i *dexter*) koji utječu u *venu jugularis*, a prije utoka primaju limfne žile glave, vrata, krila i prednjeg dijela trupa.

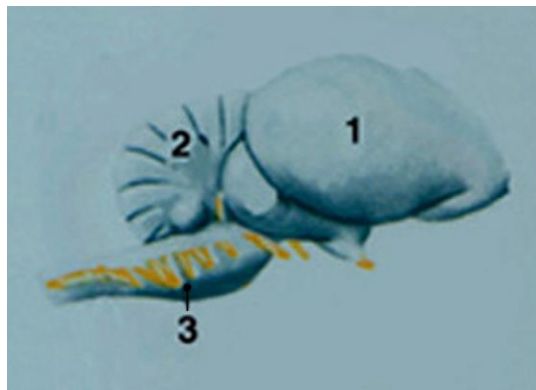


Slika 126: Srce kokoši

1 Ventriculus dexter cordis; 2 ventriculus sinister cordis; 3 atrium dexter; 4 aorta; 5 vena cava cranialis; 6 truncus pulmonalis; 7 atrium sinistrum.

12.11. Živčani sustav [Systema nervosum] (Sl. 127)

Živčani sustav peradi sastoji se od istih dijelova kao i u sisavaca. Veliki mozak ima glatku površinu, bez brazda i vijuga. Kralježnična moždina ima dva proširenja, *cervikalno* i *lumbalno*, iz njih nastaju živci *brahijalnog* i *lumbosakralnog* spleta. Stražnji kraj moždine nastavlja se u tanku završnu nit – *filum terminale*. Mozgovnih živaca ima 12 pari. Kralježnični živci odgovaraju onima u sisavaca. Simpatički živčani sustav pruža se od *atlasa* do trećeg repnog kralješka. Parasimpatički sustav uključen je u III., VII., IX. i X. mozgovni živac, a putem *n. vagusa* inervira najveći dio utrobnih organa.



Slika 127: Mozak kokoši

1 Cerebrum; 2 cerebellum; 3 medulla oblongata.

12.12. Endokrine žlijezde [Glandulae sine ductibus]

U samostalne endokrine žlijezde ubrajamo: *hipofizu*, *epifizu*, štitastu žlijezdu, paraštitastu žlijezdu, prsnu žlijezdu i nuzbubrežne žlijezde.

Hipofiza je smještena na bazi mozga. U peradi se sastoji od dva dijela, prednjeg žljezdanog (*adenohypophysis*) i stražnjeg *neuralnog* (*neurohypophysis*).

Epifiza leži iznad *diencefalona* u uskoj pukotini između polutaka velikog mozga i gornje površine malog mozga.

Štitasta žlijezda (*glandula thyroidea*) je mala ovalna parna žlijezda smještena na ulazu u tjelesnu šupljinu. Nježno je crvenkasta.

Paraštitasta žlijezda (*glandula para thyroidea*) razvija se u ptica iz III., IV. i V. škržne vreće. Stoga obično predstavlja tri para malih okruglih žlijezda smještenih u masnom i vezivnom tkivu uz štitastu žlijezdu.

Prsna žlijezda (*thymus*) je *limfoepitelijalni* organ smješten u potkožnom tkivu vrata, od glave do ulaza u tjelesnu šupljinu. Puni razvoj *timus* pokazuje u peradi stare 3 – 4 mjeseca, a nakon toga lagano *involuiru*, ali ne nestaje u potpunosti.

Nuzbubrežna žlijezda (*glandula adrenalis*) je parna, žućkasta ili smečkasta, ovalna do vretenasta žlijezda smještena uz prednji okrajak bubrega, između njega i pluća. Srž i kora nuzbubrežnih žlijezda međusobno su izmiješane.

Gušteračini otoci (*insulae pancreatis*) predstavljaju nakupine *epitelnih endokrinih* stanica raspršenih unutar gušterače. Unutar ovih otoka nalazi se više vrsta stanica posebne namjene. U

ptica su utvrđene A, B i D stanice. A ili alfa stanice luče *glukagon*, B ili beta stanice *inzulin*, a D ili delta stanice, pretpostavlja se, stvaraju *somatostatin*.

Spolne žlijezde kao endokrini organi luče *estrogene* i *testosteron*, pa tako utječu na razvoj i održavanje sekundarnih spolnih osobina.

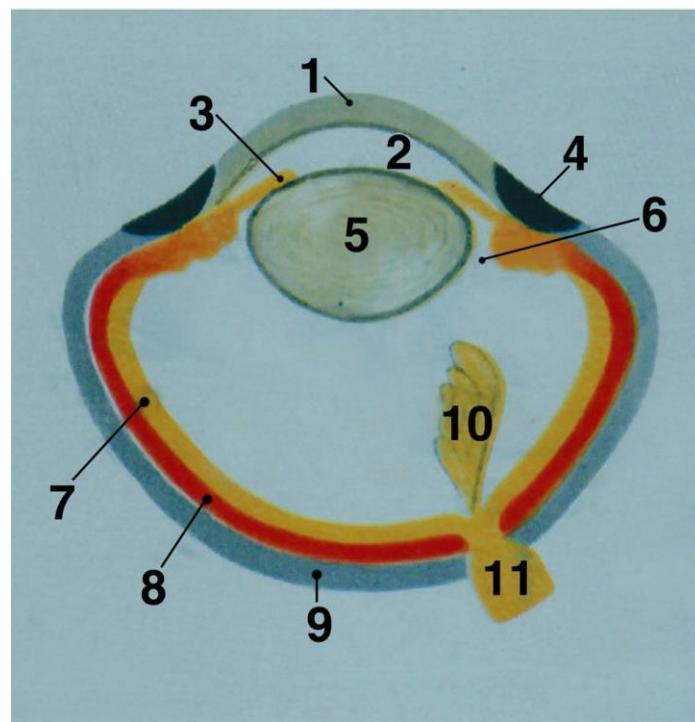
Ultimobranhijalna tijela (corpora ultimobranchialis) nalazimo u vodozemaca, gmazova i ptica kao samostalni organ uz paraštitastu žlijezdu, dok su u sisavaca izgubili samostalnost i uključeni su u štitastu žlijezdu.

12.13. Osjetni organi

[Organa sensuum]

A. Vidni organ [Organum visum] (Sl. 128)

U ptica, pa tako i u peradi, dobro je razvijen i karakterizira ga jako razvijena očna jabučica koja ispunjava prostranu očnicu. Pokretljivost očne jabučice nije velika. Donja vjeđa je pokretljivija od gornje, a treća vjeđa je dobro razvijena i vrlo pokretna tako da može prekriti oko u potpunosti. Suzna žlijezda je slabo razvijena.



Slika 128: Shematski prikaz građe očne jabučice kokoši

1 Cornea; 2 camera oculi anterior; 3 iris; 4 anulus sclerae; 5 lens; 6 corpus ciliare; 7 retina; 8 choroidea; 9 sclera; 10 pecten; 11 nervus opticus.

B. Slušni organ **[Organum vestibulocochleare]**

Slušni organ uključuje i ravnotežni organ te su oba dobro razvijena. Umjesto uške postoji mali kožni nabor ili čuperak perja na početku zvukovoda. Zvukovod je širok, kratak i bogat žlijezdama. Bubnjić je izbočen prema van, srednje uho povezano je sa ždrijelom i šupljinama lubanjskih kosti. Slušna košćica je samo jedna, štapičasta i naziva se *columella auris*. Ona se prihvaća za bubnjić sa tri hrskavična izdanka poput trozuba. Labirint unutrašnjeg uha čine mali *vestibulum*, tri polukružna kanala i pužnica. Polukružni kanali položeni su i usmjereni *longitudinalno, vertikalno i horizontalno*.

C. Okusni organ **[Organum gustus]**

U peradi čine okusne papile jezika i različiti okusni pupoljci na rubovima i u šupljini kljuna, pod jezikom i u ždrijelu.

D. Njušni organ **[Organum olfactus]**

Njušni organ u ptica je slabo razvijen. U sluznici dorzalne školjke i nosne pregrade počinje njušni živac.

12.14 Imunokompetentni sustav

U peradi *imunokompetentni* sustav čine primarni i sekundarni *limforetikularni*, odnosno imunološki organi.

Primarni imunološki organi su žumanjčana vrećica, *bursa Fabricii*, *thymus* i koštana srž, a sekundarni su slezena, Harderove žlijezde (*glandulae profundae plicae semilunaris conjunctive*) i nakupine *limforetikularnog* tkiva u različitim organima. Djelatna u mlade peradi, *bursa Fabricii* stvara B limfocite i plazma stanice odgovorne za *humoralni* segment imunološke reakcije.

Matične stanice limfocitne loze dolaze u *thymus* i tu se diferenciraju u T limfocite odgovorne za *celularni* segment imunološke reakcije.

Harderove žlijezde leže u medijalnom očnom kutu uz treću vjeđu. U njima se obavlja transformacija limfocita dospjelih iz *burse Fabricii* u plazma stanice. Budući da Harderove žlijezde ostaju aktivne i nakon *involucije* burze *Fabricii*, ove su žlijezde značajne za proizvodnju obrambenih stanica tijekom cijeloga života.

U raznim organima peradi nalaze se nakupine *limfatičnog* tkiva: u ždrijelu, na završetku jednjaka i na ušću slijepih crijeva. Ove nakupine *limfatičnog* tkiva imaju ulogu *tonzila* u sisavaca.



VĚLEUČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

FIZIOLOGIJA DOMAČIH ŽIVOTINJA

TATJANA TUŠEK & SNJEŽANA ČURKOVIĆ

MELITA HERAK/2003./

Križevci, 2023.

13. UVOD U FIZIOLOGIJU

Fiziologija je znanstvena disciplina biologije koja proučava životne funkcije i pojave u živom organizmu izloženom određenim uvjetima vanjske sredine. Naziv „fiziologija“ potječe od grčke riječi „fisis“ – priroda + „logos“ – nauka, odnosno latinski ekvivalent „physiologia“ odgovara deskriptivnom pojmu nauke o životnim procesima u živom organizmu.

Razvojem elektronske mikroskopije, posebno tzv. skeniranja (*scanning*) elektronske mikroskopije, fiziolozi su dobili bolji uvid u građu tkiva, a posebno stanica, što je pridonijelo boljem razumijevanju funkcionalnih rješenja životnih procesa.

Rođenjem molekularne biologije ranih pedesetih godina omogućeno je izoliranje podstaničnih tvorbi koje su tada mogle biti podvrgnute nizu biokemijskih analiza kako bi se dobio potpuni uvid u kemijske, fermentne i metaboličke procese u živom organizmu.

Većina elemenata koji izgrađuju neživu, izgrađuju i živu materiju, a razliku između njih čine tzv. karakteristike živih bića (njih 12):

1. Kemizam – sve živo ima za osnovu protoplazmu u kojoj nisu zastupljeni svi elementi, već su u istom postotku zastupljeni isti, tzv. biogeni elementi, tj. uvijek iste organske molekule. Biogeni elementi su: O, H, N, P, S, Cl, Na, C, Ca, K, Fe, Cu, Zn, Se, Mn, Co i Mg.
2. Metabolizam – predstavlja skup biokemijskih procesa na nivou stanice tijekom kojih se iz jednostavnih spojeva (acetil Co-A i acil Co-A) dobivenih probavom postupno izvlači energija i zatim prevodi u one oblike energije (kemijska, električna, mehanička) koje su nužne za opstanak cjelokupnog organizma.
3. Oblik – svaki organizam ima svoj karakterističan izgled, a posljedica je evolucijskog razvitka.
4. Individualnost – organizam postoji, takav je i nije djeljiv na štetu vlastite cjelovitosti.
5. Razmnožavanje, nasljeđivanje – organizmi stvaraju sebi slično potomstvo.
6. Razvitak – tijekom života jedinka prolazi različite faze karakterističnih promjena, od zametka do smrti.
7. Rast – jedinka povećava svoju masu i volumen u određenim, zadanim okvirima (genetski i gravitaciono uvjetovanim) učestalim diobama.
8. Pokretljivost – tijekom evolucije nametnula se potreba za razvitkom lokomotornih organa: udova, krila, peraja.
9. Podražljivost – sposobnost organizma da primi vanjske podražaje, tj. da reagira na svoju okolinu.
10. Povijest – svaka jedinka produkt je evolucije, a rezultat su današnji oblici.
11. Međusobna zavisnost – niti jedan organizam sam za sebe ne bi mogao opstati, već je vezan u metaboličke ili prehrambene lance. Narušavanje tih sustava ili ravnoteže unutar njih znači patološku pojavu te daje novu karakteristiku, smrt.
12. Smrt – predstavlja vrhunac procesa starenja i njegovu konačnicu.

Didaktički fiziologiju možemo podijeliti na:

1. *opću fiziologiju* – koja proučava fiziološko-biokemijske osobitosti žive stanice tj. životne funkcije na nivou stanice, tzv. celularna fiziologija
2. *specijalnu fiziologiju* koja se prema objektu proučavanja dijeli na:
 - a. *humanu fiziologiju* – fiziologija čovjeka
 - b. *fitofiziologiju* – fiziologija bilja
 - c. *animalnu fiziologiju* – fiziologija životinja:
 - a) fiziologiju kralježnjaka
 - b) fiziologiju beskralježnjaka.

Fiziologija kao znanstvena disciplina, bez obzira kako se dijelila, sve fiziološke funkcije na razini stanice, organa ili organskih sustava studira kao jedinstvenu, harmoničnu i nedjeljivu cjelinu u sklopu organizma.

13.1. Stanica

Prema teoriji „Velikog praska“, istaknutog britanskog fizičara Stephana W. Hawkinga, „svijet je nastao iz ničega i u ništa će se vratiti“. U međuvremenu, između početnog i konačnog ništavila, priroda nam je pružila mogućnost da uživamo u bogatstvu raznolikosti oblika, boja, međusobne zavisnosti i funkcionalnih rješenja stanice kao najmanje, za život sposobne, jedinice. Ukoliko usporedimo mrava i slona, morfološka raznolikost je znatna, ali usporedimo li mikrostrukturu i funkcionalna rješenja iznenadit će nas istovjetnost. U prirodi vrijedi pravilo da ondje gdje je raznolikost, postoji istodobno i sličnost. Tako se i u stanicama staničnog svijeta nalaze mnogi isti procesi i strukture. Uvid u to omogućio je razvoj mikroskopije. Naime, ljudsko oko ne uočava predmete manje od 0,1 mm, a veličina eritrocita čovjeka je promjera oko 8 – 10 μm ($1\mu\text{m} = 0,001\text{mm}$).

Engleski mikroskopičar R. Hook prvi je 1665. godine uočio strukture poput pčelinjeg saća na tankim presjecima pluta te ih nazvao stanicom (lat. cellula).

Nizozemac Antony van Leeuwenhoek 1674. godine prvi je ugledao jednostanični živi organizam.

Njemački botaničar M. J. Schleiden smatrao je stanice osnovnim strukturnim jedinicama svih biljaka, a njemački zoolog T. Schwann osnovnim građevnim elementima svih životinja. Nova saznanja o stanici prihvaćena su kao tzv. „stanična teorija“ u njihovim nezavisno objavljenim studijama u razdoblju od 1838. do 1839. godine. Dvadesetak godina kasnije (1858. godine) R. Virchow tvrdi poznatim aksiomom: „Svaka stanica iz stanice.“ (lat. „Omnis cellula ex cellula.“). Stanica je prema tome osnovna morfološka i fiziološka jedinica višestaničnih organizama (Ross i Wojciech, 2015.) ili cijeli organizam, ukoliko se radi o jednostaničnim živim bićima. Stanica jednostaničnog organizma funkcionalno je sposobna za biosintezu, sekreciju, respiraciju, podražljivost, kontraktilnost, rast, pokretanje i razmnožavanje, a stanica višestaničnog organizma specijalizirala se za jednu od navedenih funkcija.

Stanični se svijet u širem smislu može podijeliti na:

1. Prokariote – stanice jednostavne morfološke građe u kojima jezgra nije odijeljena jezgrinom membranom od okolne citoplazme. U ovu grupu ubrajamo većinu virusa, bakterija, mikoplazme i plavozelene alge (reda veličine do 3 μm).
2. Eukariote – prave stanice u kojih je jezgra od okolne citoplazme izdvojena jezgrinom membranom, a nalazimo ih i u jednostaničnih i u višestaničnih organizama.

Između stanica eukariota postoje znatne razlike u obliku, veličini, polariziranosti i specijaliziranosti.

Oblik stanice ovisi o njezinoj funkciji, a u višestaničnih organizama odraz je i prirode međusobnih odnosa sa susjednim stanicama (okrugla, vretenasta, zvjezdasta itd.). Izolirana stanica ima najčešće oblik kugle (jajna stanica, leukocit). Ovisno o aktivnosti i raznim pritiscima postoji čitav niz drugih oblika: nisko prizmatičan, pločast, visoko prizmatičan itd. Oblik mogu mijenjati pretežno stanice jednostaničnih organizama, npr. amebe, a u višestaničnih organizama tu sposobnost su zadržali makrofagi i leukociti.

Veličina stanice – najmanji predstavnik žive tvari su stanice mikroorganizama iz grupe pleuropneumonije koje su oko tisuću puta manje od prosječne bakterije, odnosno milijun puta manje od stanice eukariota. Gorostas među najmanjim za život sposobnim jedinicama je jajna stanica eukariota (npr. noja i kokoši) vidljiva prostim okom, a živčane stanice sa svojim produžecima dosežu i do 1 m.

Specijaliziranost stanice nastaje tijekom diferencijacije u ranoj embriogenezi. Svaka stanica organizma ima istu genetsku konstituciju (jednake gene), osim gameta i malog broja specijaliziranih staničnih tipova. Poznati je embriolog C. H. Waddington naglasio kako mnoge stanice u početku razvitka nisu razvojno usmjerene. Waddington je stanicu zamislio kao loptu koja se kotrlja nizbrdo i na taj način se postupno usmjeruje u određenom pravcu razvoja. Poslije izvjesnog broja mitotičkih dioba počinje se diferencirati citoplazma te stanica poprima specijalan oblik, u skladu s funkcijom koju će obavljati, npr. stanice se diferenciraju u određenim karakteristikama – živčane stanice primaju podražaje i prenose impulse; žljezdane stanice obavljaju biosintezu i sekreciju specifičnih proizvoda; mišićne stanice specijalizirane su za kontraktilnost itd.

Smatra se kako je proces diferenciranja stanica (*histogeneza*) genetski (nasljedno) uvjetovana pojava. Aktivacijom, odnosno inhibicijom (kočenjem), neki geni ili grupe gena tijekom embrionalnog razvoja proizvode različite rezultate u različitim stanicama, a da se ne mijenja kompleks gena (naslijeđa). To je bit diferenciranja. Broj stanica u višestaničnih organizama je različit i vrlo velik, npr. koru velikog mozga čini oko 20 milijardi živčanih stanica. U krvi čovjeka tijekom života stvori se oko 25 bilijardi eritrocita što tvori 1/3 ukupnog broja stanica organizma čovjeka.

13.1.1. Organizacija stanice

Dva osnovna dijela tipične stanice, vidljiva svjetlosnim mikroskopom, su jezgra i citoplazma. Okruglu, dobro ograničenu strukturu u stanici – jezgru (lat. *nucleus*; grč. *karion*) u Engleskoj 1831. godine otkriva R. Brown. Jezgra je odijeljena od citoplazme jezgrinom membranom, a citoplazma je odvojena od okolne tekućine staničnom membranom. Organizmi se sastoje od malih organskih molekula, velikih organskih molekula i mineralnih tvari. Mnoge od tih tvari otopljene su ili raspršene u vodi. Zahvaljujući velikim organskim molekulama, posebno bjelančevinama, osnovna živa tvar je koloid. Organske tvari netopive u vodi (lipidi), u zajednici s bjelančevinama tvore opne, tj. strukture u bjelančevinskom koloidu. Koloid sa strukturama, od kojeg je izgrađena živa tvar, nazivamo *protoplazma* ili osnovna živa tvar. O protoplazmi kao živoj tvari stanice govori 1839. godine Jan Purkinje, a M. Schultz dvadesetak godina kasnije naziva protoplazmu „fizičkom osnovom života“. On stanicu opisuje kao nakupinu protoplazme s jezgrom.

13.1.2. Izvanstanična tekućina – unutrašnja sredina

Tekućina čini oko 56 – 60 % životinjskog organizma (konj, svinja, kokoš, ovca). Veći dio te tekućine (63 %) je unutar stanica i naziva se stanična (*intracelularna*) tekućina, preostalih 37 % nalazi se izvan stanica i naziva se izvanstanična (*ekstracelularna*) tekućina.

U izvanstaničnoj tekućini nalaze se ioni i hranjive tvari (tablica 4) koje omogućuju život i posebne funkcije stanice. Sve stanice tako žive u jednoj bitno istoj i optimalnoj sredini koju je francuski fiziolog 19. stoljeća Claude Bernard nazvao „unutrašnja sredina ili *milieu interieur*“. Izvanstanična tekućina služi kao transportni sustav – cirkulacijski sustav jer se prenosi u sve dijelove tijela u dva različita stadija. Prvi je stadij kruženje krvi kroz cirkulacijski sustav, a drugi je kretanje tekućine između krvnih kapilara i stanica. Prilikom protjecanja krvi kroz kapilaru obavlja se stalna izmjena tekućine između krvne plazme i međustanične (*intersticijske*) tekućine, ona ispunjava tzv. međustanične (*intercelularne*) prostore. Stanice su smještene tako da se niti jedna ne nalazi na udaljenosti većoj od 25 – 50 μm od kapilare, što omogućuje difuziju gotovo svih tvari od kapilare do stanice u roku od nekoliko sekundi. Tako se izvanstanična tekućina u cijelom tijelu (plazma i međustanična tekućina) neprestano miješa i na taj način održava gotovo potpuna homogenost.

Ekstracelularni prostor nije jedinstven, pa tako i tekućinu koja kola u njemu, *ekstracelularnu* tekućinu, iz praktičnih razloga možemo podijeliti na:

1. krvnu plazmu
2. međustaničnu tekućinu (*intersticijsku*)
3. cerebro-spinalni likvor u kojem mozak pliva i koji amortizira potresanje te
4. tekućinu potencijalnih prostora (*pleuralna, peritonealna, perikardijalna* šupljina, zglobovi i burze).

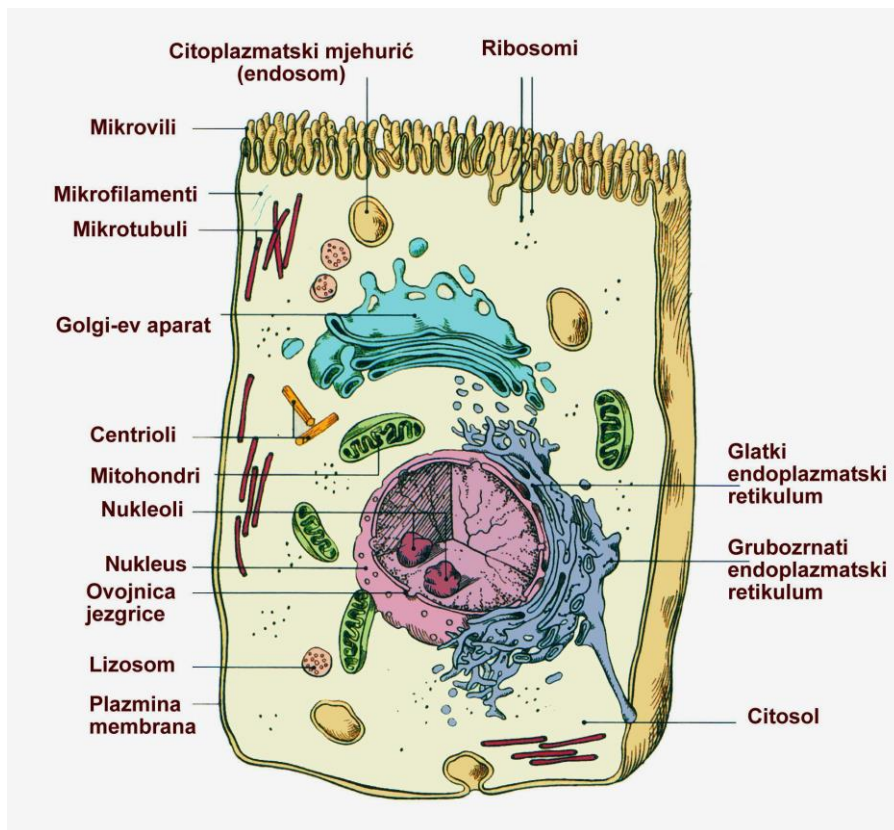
Tablica 4: Generalni sastav i razlike između izvanstanične i stanične tekućine

EKSTRACELULARNA TEKUĆINA		INTRACELULARNA TEKUĆINA	
KATIONI	ANIONI	KATIONI	ANIONI
Na^+ 145	Cl^- 100	Na^+ 10	Cl^- 10
K^+ 5	HCO_3^- 27	K^+ 150	HCO_3^- 10
Ca^{++} 2	$\text{PO}_4^{=}$ 2	Ca^{++} 2	$\text{PO}_4^{=}$ 90
Mg^{++} 2	$\text{SO}_4^{=}$ 1	Mg^{++} 15	$\text{SO}_4^{=}$ 15
	Organske kiseline		
	Bjelančevine 19		

Tu razliku održavaju posebni mehanizmi za prijenos iona kroz staničnu membranu.

13.1.3. Fizička struktura stanice (Sl. 129)

Stanica nije vrećica ispunjena vodom, enzimima i kemijskim tvarima, već ju tvore visoko organizirane fizičke strukture tzv. *organele*. Glavne stanične organele su: stanična membrana, jezgrina membrana, endoplazmatska mrežica (retikulum), mitohondriji, lizosomi, Golgijev aparat, centrioli i cilije.



Slika 129: Strukturna građa stanice

13.2. Membranske strukture stanice

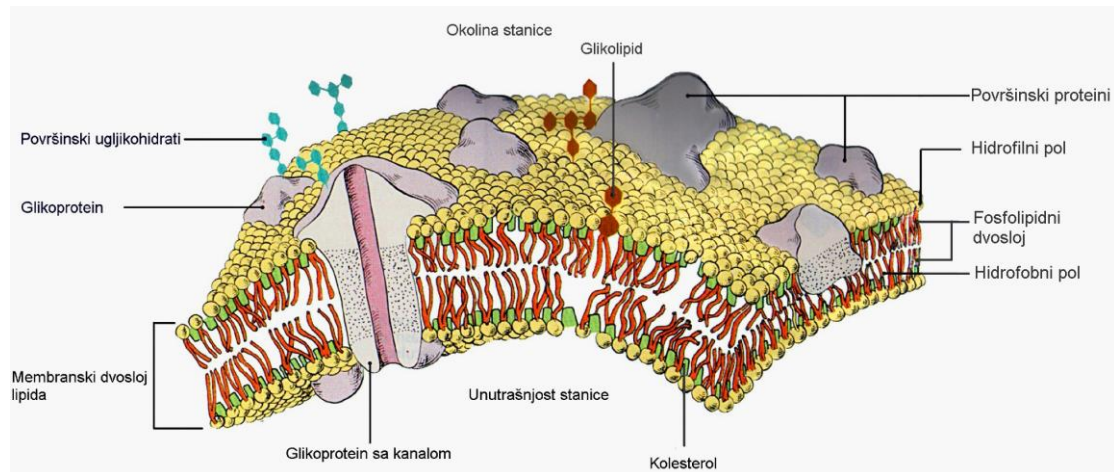
Sve fizičke strukture stanice obavijene su membranama specifične lipo-bjelančevinske građe. U te membrane ubrajamo: staničnu membranu, jezgrinu membranu, membranu endoplazmatske mrežice, membrane mitohondrija, lizosoma i Golgijevog aparata.

13.2.1. Stanična membrana

Membrana koja obavija stanicu općenito se naziva stanična membrana. Otkrivanje kemijskog sastava membrana započelo je 1925. godine kad su Gorter i Grendel izolirali i ekstrahirali membrane crvenih krvnih stanica i našli kako one sadrže mnogo lipida. Analiza građe stanične membrane dobiva puni smisao kada je ustanovljen odnos lipidnih molekula prema vodi. Kada se ekstrahiraju i stave u vodenu sredinu, lipidne molekule se prirodno organiziraju u obliku dvosloja u kojem su sve hidrofilne skupine okrenute prema van, prema vodi, dok su hidrofobne skupine okrenute jedna prema drugoj. Na taj način membrana postiže visok stupanj interakcije s vodom (vodena sredina stanice i vodeni sastav citoplazme).

Pretpostavke o načinu na koji su u membrani organizirane bjelančevine međusobno se mnogo razlikuju. Davson i Danielli 1935. godine na jednom od prvih modela razradili su teoriju membranske jedinice. Po njoj su obje površine lipidnog dvosloja obavijene bjelančevinama. Mnogo prihvatljivija je suvremena zamisao kako su neke membranske bjelančevine na površini (periferne bjelančevine), a druge djelomično ili potpuno uronjene u lipidne slojeve (integralne bjelančevine). Također, pretpostavlja se kako je membrana u određenoj mjeri tekuća („fluidna“), pa se položaj bjelančevina u staničnoj površini može mijenjati ovisno o stanju stanice. Ta zamisao poznata je kao „model tekućeg mozaika“, a razradili su ju Singer i Nicolson 1972. godine (Sl. 130).

Ugljikohidrati stanične membrane, tzv. „stanični glikokaliks“, javljaju se u kombinaciji s bjelančevinama i lipidima u formi glikoproteina i glikolipida.



Slika 130: Model tekućeg mozaika građe membrane stanice

13.2.2. Jezgrina ovojnica

Ultrastrukturalna istraživanja otkrila su dvije međusobno odvojene membrane. Unutrašnja membrana jezgrine ovojnice vezana je s jezgrinim kromatinom, a vanjska je nastavak citoplazmatske endoplazmatske mrežice. Kanalići između jezgre i citoplazme, u formi jezgrinih pora, tvore neprekinutu vezu između ta dva stanična odjeljka.

13.2.3. Endoplazmatska mrežica (EM)

Od paralelnih nizova plosnatih vrećica (*cisterna*) sastavljena je endoplazmatska mrežica, a proteže se od jezgrine ovojnice do stanične površine. Ako na svojoj površini sadrži ribosome, nazivamo je „zrnatom“ endoplazmatskom mrežicom. Razlikujemo i „glatku“ endoplazmatsku mrežicu koja je bez površinskih ribosoma. Prisutnost ribosoma na površini znate endoplazmatske mrežice označava ulogu tih organela u sintezi bjelančevina, a glatka endoplazmatska mrežica predstavlja provodni sustav za sintetizirane proteine i njihov prijenos do Golgijevog aparata ili staničnih sekretornih zrnaca ili izvanstaničnog prostora. U mišićnim stanicama (skeletna i srčana miškulatura) uz spomenutu glatku endoplazmatsku mrežicu postoji visokospecijalizirani oblik glatke endoplazmatske mrežice, tzv. sarkoplazmatska mrežica. Ona je složena mrežica mjehurića, cjevčica i cisterni koje su usko vezane s vlakancima mišićne stanice. Sarkoplazmatska mrežica ima važnu ulogu u procesu stezanja (*kontrakcije*) mišića jer oslobađa i upija kalcij.

13.2.4. Golgijev aparat (GA)

Oblik Golgijevog aparata ovisi o tipu stanice u kojoj se nalazi. Najčešće izgleda kao složeni niz međusobno povezanih cjevčica, mjehurića i cisterni. Osnovna jedinica Golgijevog aparata je cisterna, prostor obavijen membranom, u koji se gomilaju različite tvari i izlučevine. Golgijev aparat uvijek se nalazi sasvim blizu endoplazmatske mrežice te se smatra kako barem dio Golgijevog aparata nastaje iz endoplazmatske mrežice. Sudjeluje u gomilanju sekretornih bjelančevina nastalih u endoplazmatskoj mrežici i njihovoj pojavi u mjehurićima koji se odvajaju od Golgijevog aparata te oslobađaju svoj sadržaj izvan stanice. U životinjskim stanicama sudjeluju u odvajanju hormonskih proizvoda i u odvajanju pigmenata.

13.2.5. Lizosomi – „samoubilačke vrećice“

Strukture obavijene membranom, koje se odvajaju s rubova Golgijevog aparata, u većini stanica označavaju se kao primarni lizosomi. Sadrže probavne enzime koji mogu razgrađivati tvari koje ulaze u stanicu ili sudjeluju u staničnoj samoprobavi, uslijed čega ih nazivamo „samoubilačke vrećice“. Kada se primarni lizosom stopi s mjehurićem koji nastaje udublivanjem stanične membrane, nastaje „sekundarni lizosom“.

13.2.6. Mitohondriji

Ultrastrukturalna analiza pokazala je kako se mitohondriji sastoje od unutrašnje membrane na kojoj se nalaze lamelarni nabori, tzv. kriste koje se pružaju u područje matriksa. Cijela je organela obavijena vanjskom membranom. Te organele nazivaju se još „energetskom centralom stanice“ jer se u njima proizvodi 95 % molekula adenozintrifosfata (ATP-a), a preostalih 5 % proizvede se u citoplazmi u procesu anaerobne respiracije.

Mišićne stanice srčanog mišića sadrže mnogo velikih mitohondrija, tzv. sarkosoma i odraz su znatnog rada tih stanica. Sve navedeno ukazuje kako je stanična citoplazma sastavljena od bezbroj membranskih struktura koje su na neki način međusobno povezane. To omogućuje kontinuirano protjecanje tvari nastalih u membranama, od jezgre do vanjske stanične membrane.

13.2.7. Centrioli

Strukture građene od devet cjevčica su centrioli. Imaju ulogu u stvaranju diobenog vretena te su nužni za diobu stanice. Također daju osnovu za gradnju mikrotubula unutar citoplazme odgovornih za njezino strujanje, tzv. ciklozu. Smatra se kako centrioli uvjetuju organiziranje i postanak tvorbi za kretanje: trepetljika i bičeva.

13.2.8. Cilije

Organele na površini mnogobrojnih stanica nazivamo cilije. Mogu biti pokretne (*kinocilije*), npr. u epitelu organa za disanje i epitelu jajovoda, te nepokretne (*stereocilije*), u epitelu nuzsjemenika.

13.2.9. Mikrofilamenti

Končaste tvorbe koje nalazimo u svim stanicama, osim u eritrocitima. Zbog sposobnosti kontrakcije služe za pokretanje citoplazme.

13.2.10. Jezgra stanice [Nucleus, karyon]

Između ostalih dijelova stanice ističe se jezgra jer se u njoj nalazi kromatinski aparat koji jače privlači boju. Kromosomi su funkcionalne jedinice, nose na sebi gene (nosioci nasljednih osobina). Sastoje se od dvije kromatide koje na okupu drži centromera, a obavijeni su ovojnicom, matriks. Kromatidu čini niska bjelančevina (53 – 55 aminokiselina) *histon*, tzv. protein nosač na kojem se nalaze zrnca dezoksiribonukleinske kiseline (DNA). Jezgri (nucleus) je okruglo tjelešce u jezgri. Njezin broj u jezgri varira, ovisno o tipu stanice, od jedan do nekoliko stotina, no ako je broj stalan, iznosi 1 – 2. Smatra se kako je pokazatelj općeg staničnog zdravlja.

13.3. Selektivnost i specifičnosti membrane

Stanica živi na račun izmjene tvari s okolišem. Tvari bitne za metabolizam su kisik, voda i hrana te moraju ući u stanicu, a otpadni produkti metabolizma moraju napustiti stanicu. Membrana, složena struktura, služi pri tome kao probirna (selektivna) regulatorna pregrada i istovremeno koncentrira određene tvari u stanici. Prijenos tvari kroz membranu možemo grupirati, prema tipu molekula koje ih reguliraju, na:

1. Pasivnu difuziju – izravan prolaz vode, O₂ ili CO₂ kroz staničnu membranu s područja više koncentracije prema području niže koncentracije. Brzina difuzije proporcionalna je razlici u koncentraciji tvari između ta dva područja te difuzija prestaje kad se koncentracije u njima izjednače.
2. Olakšanu difuziju – glukoza i aminokiseline kroz membranu također prolaze zbog razlike u koncentraciji, ali samo do stanovite granice. Naime, smatra se kako su uz membranu vezane posebne molekule, prenositelji. Oni se udružuju s glukozom i „olakšavaju“ njezinu difuziju u stanicu. Broj prenositelja uz membranu je ograničenog broja pa kad nastupi njihovo zasićenje molekulama glukoze, opada i brzina difuzije.
3. Aktivni prijenos – nabijeni ioni, kao natrij i kalij, te elektroliti aktivnim transportom prelaze staničnu membranu kretanjem nasuprot gradijentu koncentracije i uzrokuju velike razlike u koncentraciji tvari s obje strane membrane. U procesu sudjeluju molekule prenositelji. Oni se nalaze u membrani i kreću se između vanjske i unutrašnje strane membrane te hvataju ili otpuštaju molekule čiji prijenos reguliraju. Kako bi se cijeli taj proces zbivao, potrebna je energija koja se dobiva iz energijom bogatog veza ATP-a, tako da adenzinotriposfat (ATP) prelazi u adenzindifosfat (ADP) i anorganski fosfor (Pa) prema jednadžbi: $ATP \rightarrow ADP + Pa$.
4. Pinocitoza – velike molekule, kao bjelančevine i nukleinske kiseline, ulaze u stanicu preko udubljenja u staničnoj membrani koja ih potpuno obuhvate. Tako nastane mjehurić obavijen membranom koji sa svojim sadržajem pređe u staničnu citoplazmu. Sadržaj mjehurića isprazni se u citoplazmu tek nakon promjene svojstava propustljivosti membrane mjehurića.

Pinocitozni mjehurić može se stopiti s lizosomom te nastane tzv. sekundarni lizosomalni mjehurić. On sadrži probavne enzime za razgradnju velikih molekula koje se potom lakše rasprše u staničnoj citoplazmi.

Ugljikohidrati pričvršćeni za vanjsku površinu stanične membrane obavljaju više funkcija:

1. zbog negativne nabijenosti ugljikohidrata većina stanica ima negativan površinski naboj
2. stanice glikokaliksom prijanjaju jedna uz drugu međusobno pričvršćujući jednu stanicu uz drugu
3. neki ugljikohidrati djeluju kao receptori za vezivanje hormona, npr. inzulina
4. neki ugljikohidrati ulaze u imunološke reakcije.

13.4. Stanični ciklus – život stanice

U životu stanice razlikujemo dva razdoblja:

1. Interfazu – razdoblje u kojem nema diobe stanice ili razdoblje između dvije diobe. Sastoji se od G_1 , S i G_2 stadija. U G_1 stadiju stanica raste i obavlja aktivan metabolizam. U S stadiju replicira se (udvostruči) DNA, a u G_2 stadiju priprema se za sljedeću diobu. U interfazi kromosomi su u obliku dugih tankih niti (despiralizirani), nevidljivi.
2. Diobu stanice ili M stadij, koja može biti:
 - a. mitoza
 - b. mejoza ili redukcijska dioba
 - c. amitoza i
 - d. endomitoza.

- a. Mitoza (Sl. 131) – naziv dolazi od latinske riječi mito-mitere = dijeliti. Predstavlja glavnu diobu tjelesnih (*somatskih*) stanica sa dvostrukim (*diploidnim*) brojem kromosoma. Svaka vrsta, bilo biljna ili životinjska, ima određeni, konstantni broj kromosoma koji daje karakteristiku vrste (npr. svinja $2n = 40$ kromosoma). Spolne stanice, za razliku od tjelesnih, sadrže polovičan (*haploidan*) broj kromosoma (npr. svinja $1n = 20$ kromosoma). Mitoza je dioba pri kojoj se dijeli citoplazma uz istovremenu pravilnu raspodjelu kromosoma. Rezultat diobe su dvije stanice sa identičnim brojem kromosoma kao i ishodna stanica [1 stanica ($2n$) → 2 stanice ($2n$)]. Ukoliko pogledamo strukturu stanice, imamo sljedeći niz:

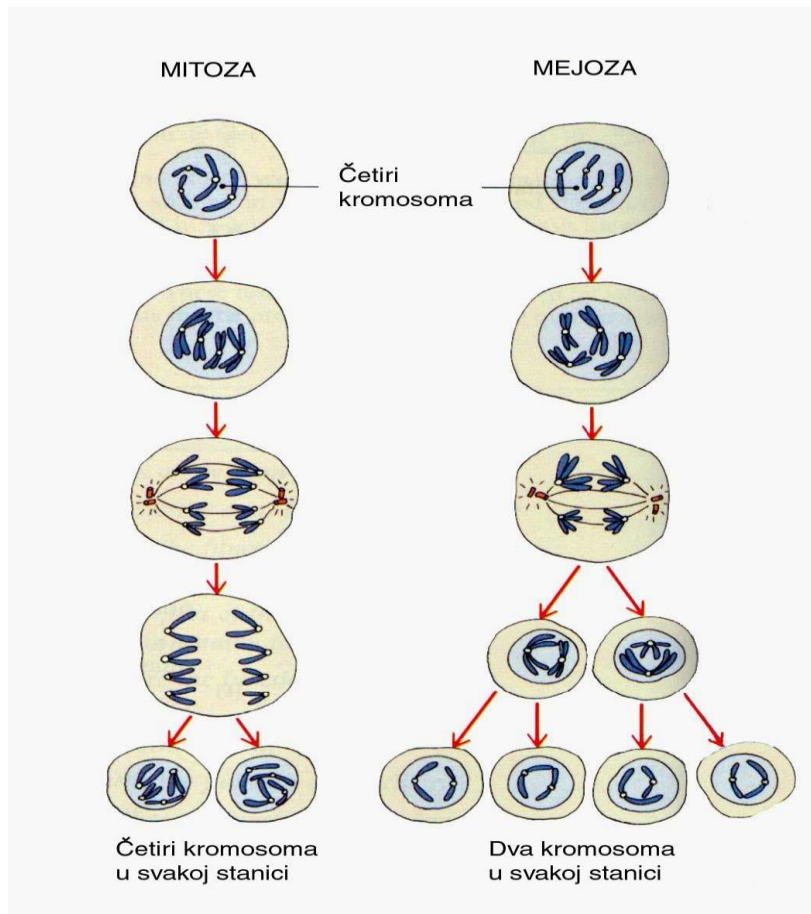
stanica → jezgra → kromosomi → DNA, a dioba ima suprotan smjer:

DNA → kromosomi → jezgra → stanica.

Karakteristike stanice, ovisno o promjeni u stanici, nastale tijekom mitoze dijelimo na:

- a) profazu
 - b) metafazu
 - c) anafazu i
 - d) telofazu.
- a) Profaza – kromosomi postaju kraći i deblji (spiraliziraju se), postaju vidljivi, uzdužno se podijele. Centriol se dijeli u dva centrosoma koji putuju prema polovima stanice i formira se diobeno vreteno (niti diobenog vretena pružaju se od jednog do drugog centrosoma). Razgrađuje se jezgrica.
 - b) Metafaza – kromosomi su kratki, debeli, uzdužno podijeljeni te se centromerama prihvaćaju za niti diobenog vretena i započinje njihovo odvajanje. Nestaje jezgrina membrana, a kromosomi se nalaze u ekvatorijalnoj ravnini (metafazna ploča).
 - c) Anafaza – kromosomi putuju prema polovima.
 - d) Telofaza – kromosomi se nalaze na polovima, despiraliziraju se te stoga postaju nevidljivi, formiraju se jezgrine membrane, tj. nastaju dvije jezgre. Citoplazma se podijeli (procesom citokineze) i stanica se konačno razdijeli u dvije nove stanice. U organizmu se neki stanični tipovi (živčane, mišićne, crvene krvne stanice) smatraju „konačno diferenciranim“ pa se ne dijele, iako su se dijelile za vrijeme svojega razvojnog života. Stanice epiderme, neke bijele krvne i limfne stanice, neprestano se dijele za vrijeme života. U zametku sisavaca dioba stanica obavlja se svakih 10 – 12 sati, a to pridonosi rastu i postanku različitih tkiva i organa.
- b. Mejoza ili redukcijska dioba (Sl. 131) je dioba kojom nastaju gamete (*games* = ženidba) i sastavni je dio procesa gametogeneze (sazrijevanje spolnih stanica). Sastoji se od dvije

diobe (mejoza I. i mejoza II.), a rezultat joj je smanjenje broja kromosoma na polovicu te nastanak četiri stanice sa haploidnim brojem kromosoma [1 stanica (2n) → 4 stanice (1 n)]. Odvija se u spolnim žlijezdama (testisima i ovarijima).



Slika 131: Shematski prikaz mitoze i mejoze

c. Amitoza – nema manifestacije mitotičke diobe (profaza, metafaza, anafaza i telofaza). Na taj način dijele se niži organizmi, stanica se jednostavno izduži i podijeli u dvije jedinke (stanice kćeri).

d. Endomitoza ili unutarnja dioba stanice – dioba kod koje nema niti *citokineze* niti *kariokineze*. Unutar jezgre dijele se kromosomi, odnosno kromatide, te to rezultira pojavom stanica sa povećanim brojem kromosoma (*poliploidija*) ili sa povećanim kromosomima (*politenija*). Krajnja dobit je povećanje same stanice, a time i organa, tj. jedinke.

d1. Polikariontia – dijeli se samo jezgra, a citoplazma se povećava, ne dijeli se. Nastaju velike nakupine citoplazme sa brojnim jezgrama (*sincicij*).

13.5. Fiziologija stanice

Stanice su osnovne građevne jedinice tkiva koje čine organe i organske sustave višestaničnih organizama. Svaka stanica diše, izlučuje, *anabolizira* (izgrađuje), *katabolizira* (razgrađuje) te ima druge specifične uloge, ovisno o staničnom tipu. Shvaćene kao usklađena cjelina, stanice djeluju kao organizirano tkivo ili organ koji obavlja složene funkcije nužne za život organizma.

13.5.1. Stanice koje upijaju (apsorptivne stanice)

Kanale i šupljine crijeva, pluća i bubrega oblažu stanice koje upijaju. Imaju niz strukturnih osobina koje su odraz njihove specijalizirane uloge upijanja i prijenosa molekula. Njihova stanična membrana ima izražene brojne izdanke, tzv. mikrotrepetljike. One omogućuju znatno povećanje stanične površine. U membrani su nagomilani enzimi fosfataze koji omogućuju prijenos molekula u stanicu i između stanica.

13.5.2. Stanice za izlučivanje (ekskretorne stanice)

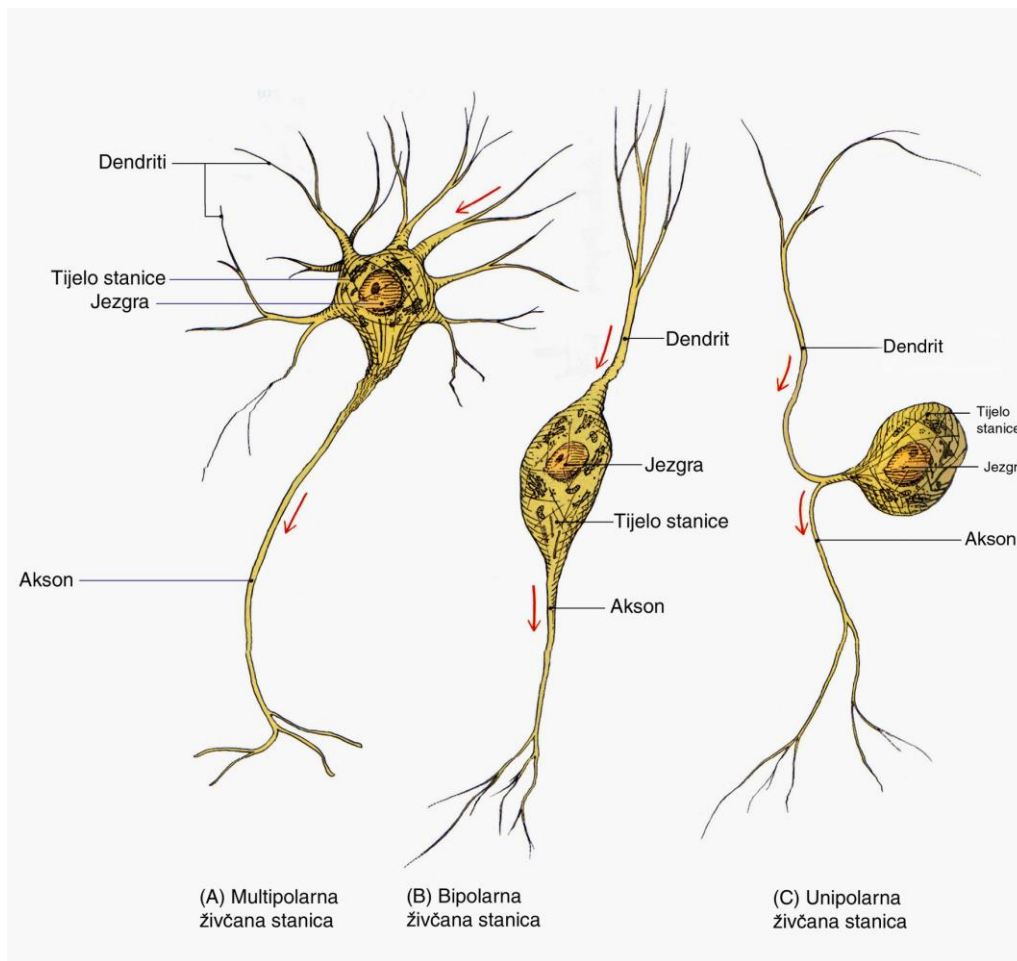
Strukturnim modifikacijama stanice za izlučivanje osposobljene su za određeni način izlučivanja. Neke kroz mikrotrepetljike, a neke preko mjehurića Golgijevog aparata izlučuju sekrete (izlučevine). *Parietalne* želučane stanice, koje izlučuju solnu kiselinu, imaju znatno smanjen Golgijev aparat i endoplazmatsku mrežicu, ali obiluju mitohondrijima koji proizvode energijom bogate spojeve (ATP). ATP je neophodan za aktivan prijenos vodikovih iona iz *parietalne* želučane stanice u okolnu sredinu.

13.5.3. Živčane stanice (Sl. 132)

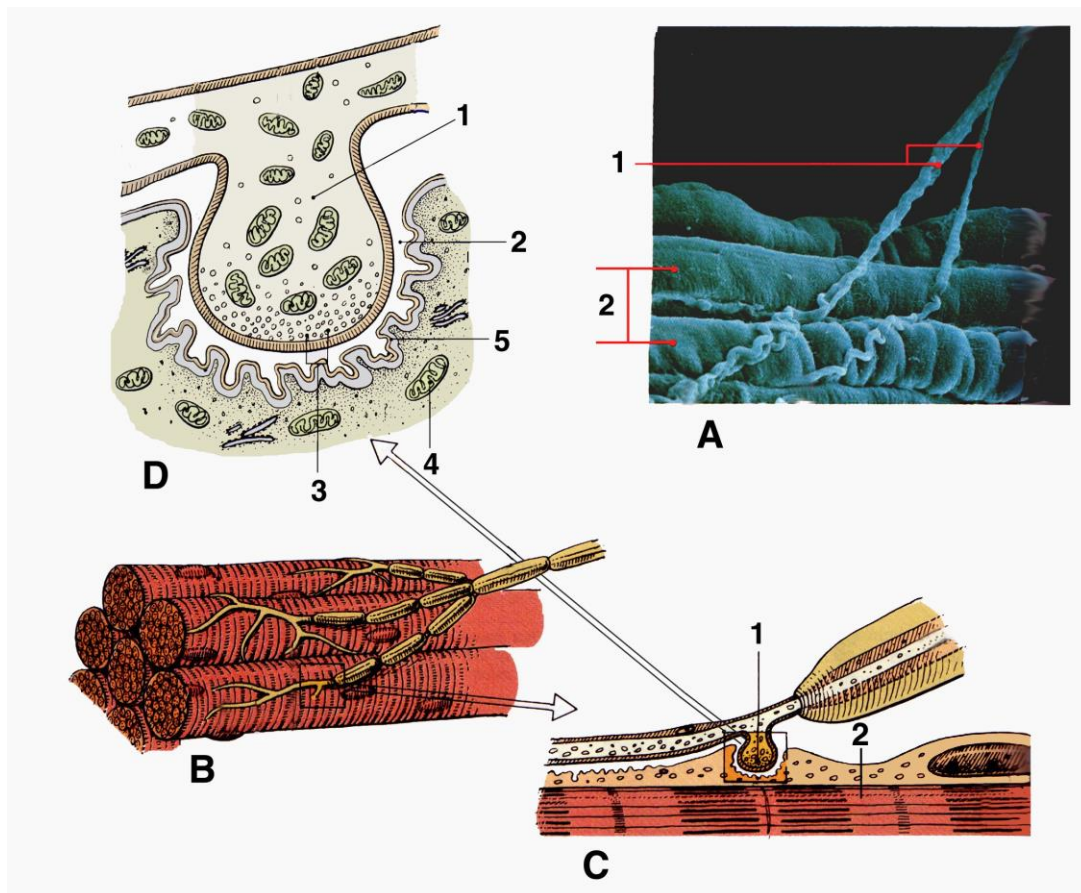
Dvije su grupe živčanih stanica: „jednopolarni“ neuroni sa dva ogranka i „mnogopolarni“ neuroni s mnogobrojnim ograncima.

Jedan od ogranaka jednopolarnog neurona spojen je s osjetnom stanicom (npr. pritiska u koži), a drugi ogranak vodi do drugih živčanih stanica s kojima je spojen preko spoja tzv. sinapse.

Mnogopolarni neuroni imaju brojne receptorne izdanke tzv. *dendriti* koji primaju podražaje iz drugih živčanih stanica te jedan dugi nastavak, akson, kojim se impulsi prenose na druge živčane stanice ili *efektore* (mišiće) preko motorne ploče (Sl. 133). Sinapsa je područje spoja dviju živčanih stanica kroz koje prolazi živčani impuls. Prijenos kroz živčanu sinapsu zbiva se kemijskim putem. Kad živčani impuls stigne do završetka živčane stanice, u „sinaptički“ se prostor (prostor između dviju živčanih stanica) izluči neuroprijenosnik (*neurotransmitter*), prijenosnik živčanog impulsa (acetilkolin ili noradrenalin). On djeluje na membransku površinu „receptorne“ stanice na drugom kraju sinapse. Zatim se uklopi u mjehuriće koji se odvajaju od Golgijevog aparata i prenose uzduž aksona druge živčane stanice.



Slika 132: Građa živčane stanice



Slika 133: Motorna ploča

A Scanning snimka prijenosa živčanog impulsa sa živca na vlakna skeletne muskulature (neuromuskularna veza):

1 akson; 2 snopovi mišićnih vlakana.

B Shematski prikaz scanning snimke neuromuskularne veze.

C Uzdužni presjek kroz motornu (završnu) ploču: 1 završetak živčanog ogranka; 2 miofibrila.

D Mjesto gdje se dodiruje jedan od završetaka aksona s membranom živčanog vlakna, gledano pod elektronskim mikroskopom: 1 sinaptički mjehurić; 2 sinaptički žlijeb (pukotina); 3 neurotransmiteri (kemijski prenosioci upute živčanog završetka); 4 mitohondrij miofibrile; 5 sekundarna sinaptička pukotina.

13.5.4. Mišićne stanice

Sudjeluju u pokretanju udova (skeletalna muskulatura), kucanju srca (srčana muskulatura) i kretanju hrane u crijevu (glatka muskulatura).

Skeletalni mišići sastavljeni su od snopova staničnih masa s mnogo jezgara tzv. mišićnih vlakana. Svako mišićno vlakno posjeduje brojne jezgre, periferno smještene, a obavijeno je staničnom membranom, tzv. sarkolemom. Citoplazma ili *sarkoplazma* ispunjena je mišićnim nitima sastavljenim od vlaknaca. Između mišićnih niti utisnuli su se mitohondriji. Vlakanca su građena od posebnih bjelančevina: aktina i miozina, od čijeg pravilnog rasporeda potječe poprečno prugasti izgled skeletne muskulature. Uzdužnim međusobnim klizanjem vlaknaca dolazi do stezanja mišićnih vlakana (*kontrakcije*). Taj proces nazivamo klizni mehanizam nastanka mišićne kontrakcije.

Stanice srčanog mišića imaju srodnu organizaciju mišićnih vlaknaca, ali se od skeletne muskulature razlikuje po tome što sadrže centralno smještenu jezgru (ponekad dvije) te velik broj gorostasnih mitohondrija, tzv. *sarkosoma*. Stanice srčanog mišića odlikuju se spontanim ritmičkim stezanjem tj. imaju tipična svojstva „regulatora ritma“ („*pacemakera*“): kad je stanica, koja se brzo steže, u dodiru sa stanicom sporog ritma stezanja, tada i ona ubrzava stezanje i usklađuje ga sa stezanjem „brže“ stanice.

Glatki mišići upravljaju radom većine unutrašnjih organa, izuzev srca. Stanice glatkih mišića su izdužene, imaju samo jednu jezgru i nije izražena poprečna prugavost.

13.5.5. Gamete (spolne stanice)

Gamete su jajne stanice ženki i spermiji mužjaka, u građi se znatno razlikuju, ali imaju zajedničko svojstvo – haploidnu količinu nasljednih uputa. Nastaju procesom gametogeneze. Struktura većine muških gameta osigurava prijenos nasljednih uputa (jezgre) u jajnu stanicu.

Glavni dio spermija čini jezgra. U stražnjem dijelu opskrbljen je mehanizmom za kretanje, a u prednjem dijelu enzimskim mehanizmom za prodor u jajnu stanicu. Rep spermija sastavljen je od visokospecijaliziranog biča i uz njega vezanih mitohondrija koji ga opskrbljuju energijom. U prednjem kraju spermija nalazi se enzimski mjehurić (*akrosom*) koji potječe od Golgijevog aparata i iz njega se oslobađaju enzimi za razgradnju dijela jajne membrane, kako bi spermij prodro u jajnu stanicu i aktivirao je na razvitak.

Jajna stanica je nepokretna stanica. Za vrijeme razvitka jajne stanice (*oogeneze*) citoplazma i jezgra doživljavaju velike promjene. Bit brojnih promjena je sinteza molekula (bjelančevina, lipida, ribonukleinske kiseline – RNA itd.) koje se zatim uskladište u jajnoj citoplazmi kako bi bile na raspolaganju nakon oplodnje.

13.6. Gametogeneza

13.6.1. Spermatoogeneza

(Sl. 131 i 155)

U zametnom epitelu muške spolne žlijezde (testis) nalaze se muške prastanice. Njihovom mitotičkom diobom nastaju ili nove prastanice ili tzv. *spermatogonije* koje rastu do stanovite veličine te ih tada nazivamo spermatocite I. reda. One se podijele na dvije spermatocite II. reda, a svaka od njih u dvije spermatide. Iz svake nastale spermatide diferencira se spermij (muška spolna gameta). Prema tome, iz jedne spermatogonije nastanu četiri spermija. Taj proces razvitka muške gamete do stadija spermatide naziva se spermatoogeneza, a pretvaranje spermatide u spermij nazivamo *spermiogeneza*.

13.6.2. Oogeneza (Sl. 131 i 155)

U zametnom epitelu ženske spolne žlijezde (ovarija) razvijaju se spolne prstanice iz kojih diobom nastaju oogonije. Potonje rastu te se razviju tzv. oocite I. reda. Svaka pojedina znatno naraste zbog nakupljanja žumanjka (rezervne hrane budućeg embrija). Oocita I. reda izluči iz sebe malenu stanicu, tzv. polocitu I. reda, pa postane oocita II. reda. Ova također izlučuje malu stanicu – polocitu II. reda i zatim se diferencira u veliku žensku gametu, zrelu jajnu stanicu. Taj proces sazrijevanja jajne stanice naziva se oogeneza.

Jajna stanica i spermij nisu više stanice nego zamci novog organizma. Razlika između spermatogeneze i oogeneze sastoji se u tome da spermatogenezom iz jedne spermatocite I. reda nastanu četiri spermija, a iz oocite I. reda jedna jajna stanica i 2 – 3 polocite. Razlika u veličini i broju muških i ženskih gameta uvjetovana je budućom ulogom. Jajna stanica (neaktivna gameta) je velika zbog rezervne hrane za embrio. Spermij su malene gamete, brojčano nadmoćnije i izrazito pokretne, koje plivajući aktivno dolaze do jajne stanice i oplode je.

13.6.2.1. Mejotička dioba I

Spermatocita I. reda dijeli se u dvije spermatocite II. reda, a oocita I. reda izlučuje polocitu i postaje oocita II. reda. Prva mejotička profaza produžena je, a na kromosomima se zbivaju promjene koje možemo razvrstati u nekoliko stadija:

1. Leptoteni stadij – odgovara ranoj profazi mitoze, kromosomi su u obliku dugih niti. Za razliku od profaze mitoze, kromosomi ne pokazuju dvostruku kromatidnu strukturu, iako kromosomi moraju sadržavati dva potpuna lanca DNA nastala u interfazi.
2. Zigoteni stadij – sparuju se homologni kromosomi (par jednakih kromosoma po obliku, veličini, položaju centromera i ostalim značajkama), a sam proces uzdužnog približavanja kromosoma naziva se konjugacija kromosoma.
3. Pahiteni stadij – kromosomi se spiraliziraju, postaju kratki i debeli te se omotaju jedan oko drugog i nastane tzv. *bivalent*. Svaki se kromosom uzdužno podijeli u dvije kromatide, koje se i dalje drže centromerom, pa imamo tvorbu od četiri kromatide koju nazivamo *tetrada* (četvorka). Isprepleteni kromosomi se rastavljaju, ali zbog isprepletenosti se drže na određenim mjestima tzv. *hiazmama*. Uslijed rastavljanja, kromatide homolognih kromosoma pucaju i odnose dio suprotne kromatide (drugog homolognog kromosoma). Tako nastaje izmjena genetičke tvari u procesu koji nazivamo prekrizavanje kromosoma (crossing over = krosingover).
4. Diakineza – kromosomi se razilaze, a hiazmata postaju vidljivija. Jezgrina membrana nestaje, a centrosomi putuju na suprotne polove te se razvija diobeno vreteno. Tako završava profaza I.

Metafaza I

U prvoj metafazi tetrade se smjeste u ekvatorijalnoj ploči tako da je svaki konjugant okrenut prema jednom centrosomu. Tezne niti prihvaćaju njihove centromere.

Anafaza I

Tezne niti razvlače po dvije kromatide vezane centromerama prema centrosomima. Povezane kromatide nisu identične kromatidama konjugiranih homolognih kromosoma zbog krosingovera. Iz svake tetrade nastaju dvije dvostruke tvorbe – *diade* koje putuju prema polovima.

Telofaza I

Dijade su stigle na polove stanice. Citoplazma se podijeli u dvije spermatocite II. reda ili oocita II. reda, izluči se polocita. Kromatide u dijadama i dalje se dobro ističu, odnosno ne prelaze u interfazni stadij, stoga spermatocite II. reda i oocita II. reda kreću u profazu druge mejotičke diobe.

13.6.2.2. *Mejotička dioba II*

Spermatocita II. reda dijeli se u dvije spermatide, a oocita II. reda izlučuje drugu polocitu i postaje zrela jajna stanica.

Profaza II

Centrosom se podijelio i putuje na polove. Centromera se dijeli tako da svaka kromatida dobije vlastitu centromeru i time postane kromosom. Formira se diobeno vreteno.

Metafaza II

Kromosomi se nalaze u ekvatorijalnoj ravnini, a tezne niti prihvaćaju kromosome.

Anafaza II

Tezne niti razvlače kromosome prema polovima.

Telofaza II

Isto kao i u mitozu stvara se jezgra, a citoplazma se podijeli u dvije spermatide, odnosno jajnu stanicu i polocitu II. Druga mejotička dioba završava tako da svaka gameta ima polovičan broj kromosoma.

13.6.3. Diferenciranje spermija [Spermiogeneza]

Spermatida se diferencira u spermij, a diferencijacija se zbiva u citoplazmi spermatide. Sfera oko centriola se odijeli i putuje na prednji kraj budućeg spermija, tu sferu nazivamo *ideosoma*. Jezgra postaje gušća, poprima duguljasti izgled i pomiče se prema prednjem kraju. Centriol se podijeli te se jedan primakne jezgri, a drugi, u obliku prstena, smjesti se nešto više od prvog. Oba centrosoma ostanu povezana finom niti koja u obliku biča visi iz stanice. Mitohondriji se gusto smjeste oko centrosoma tvoreći spiralni skelet. Napokon, veći dio citoplazme otpadne od stanice i preostane spermij tipičnog oblika.

13.6.4. Jajna stanica

Ženska gameta je velika zbog rezervne hrane, a polovice su malene i imaju ulogu uklanjanja polovičnog broja kromosoma. Stvaranje stanica nejednake veličine postiže se smještajem diobenog vretena na periferiji oocite I. i II. reda.

13.7. Smrt stanica

Smrt stanice može biti vrlo važan proces koji pridonosi daljem razvitku i životu organizma. Diferencijalna smrt stanica omogućuje oblikovanje organa za vrijeme razvitka npr. pileće krilo konačno se oblikuje zahvaljujući ugibanju stanica na ograničenom prostoru. Vijek stanice diktira i nagomilavanje određenih tvari unutar nje same. Visokospecijalizirane stanice, npr. crvene krvne stanice, žive oko 110 dana zbog nagomilavanja velikih količina hemoglobina i gubitka jezgre. Sekreti žljezdanih stanica postepeno zamijene druge sastavne dijelove stanice, stanica bubri i puca. Rožnatim epitelnim stanicama životni vijek se skraćuje zbog gomilanja keratina te se stanica odljušti. Promatrajući različite tipove visokospecijaliziranih stanica, uočavamo uzrok kratkog životnog vijeka koji je odraz nedostatka nasljednog mehanizma značajnog za proizvodnju enzima nužnih za metabolizam i disanje stanice te nedostatka organela u kojima se ti temeljni životni procesi zbivaju. Također, smrt predstavlja krajnju točku procesa kojeg nazivamo starenje, a definiramo ga kao regresivnu i nepovratnu promjenu koja se očituje u poremećaju funkcije „sustava“. Tako životni vijek kože kao organa i jetara iznosi 14 dana, mišića šest mjeseci, a kostura deset godina, odnosno za navedeno vrijeme dolazi do potpune regeneracije istaknutih organa.

14. PROBAVA

Za život potrebne organske i anorganske tvari organizam prima hranom i iskorištava ih, bilo kao gradivni element vlastita tijela, bilo kao oslobođenu, tijelu potrebnu energiju. Neke za život nužne tvari u hrani se nalaze u obliku kakvom ga organizam životinje može odmah iskoristiti, npr. voda, mineralne tvari i vitamini. Veći dio hrane je visoko molekularnog sastava, kao bjelančevine, ugljikohidrati i masti, pa ih organizam uz pomoć čitavog niza mehaničkih, kemijskih i enzimatskih procesa mora prevesti u oblik koji će zadovoljiti potrebe organizma bez istovremenog štetnog djelovanja po njega. Na kraju probave ostaje dio neprobavljenih i škodljivih produkata probave koji se uklanjaju iz organizma.

14.1. Probava hrane u ustima

14.1.1. Glad

U epigastričnom području javlja se bol koja predstavlja kontrakcije gladi. Uzrok leži u potrebi za uzimanjem hrane zbog njezinog energetskeg sadržaja. Niska razina šećera u krvi stimulira centar za glad i dovodi do potrebe uzimanja hrane.

14.1.2. Žeđ

Osjećaj koji se povezuje sa stanjem sluznice usne šupljine i ždrijela naziva se žeđ. Poticajno na njezinu pojavu utječe stanje osmotskog tlaka krvne plazme.

14.1.3. Uzimanje, žvakanje i natapanje hrane

Na osnovi načina prehrane i evolucijske građe probavnih organa, životinje dijelimo na:

1. mesoždere koji proteinsku hranu probavljaju pretežno djelovanjem probavnih sokova
2. biljoždere koji probavljaju hranu pomoću mikroflore (koja obitava u probavnim organima) i probavnih sokova
3. sveždere čija hrana je biljnog i životinjskog podrijetla te se probavlja prvenstveno djelovanjem probavnih sokova, ali i djelovanjem mikroflore u manjoj mjeri.

Probava započinje u ustima, pa se i prve razlike uočavaju u uzimanju hrane kod pojedinih životinjskih vrsta.

Vrsne specifičnosti:

Konj uglavnom uzima hranu usnama, a na paši travu odsijeca nisko pomoću sjekutića.

Govedo na paši travu uzima jezikom, uvlači je između sjekutića i dentalne ploče te odsijeca trzajem glave.

Ovce i koze imaju izuzetno pokretne usne koje omogućuju blizak dodir s travom, pri čemu su sjekutići i jezik glavni organi za uzimanje hrane.

Svinja uzima hranu pomoću izbočene donje čeljusti.

Pas i mačka hranu uzimaju isključivo zubima, pri čemu si prednjim nogama olakšavaju hranjenje. Kod kašaste hrane služe se i jezikom.

Mačka i pas tekućinu unose u usta pomoću jezika čiji slobodni vrh oblikuju u žličicu.

Ostale domaće životinje tekućinu usisavaju u usta pomoću negativnog tlaka. Tlak razviju pripojenim usnama i potpuno zatvorenim prostorom između nosa i usta, pri čemu se jezik potiskuje unazad, ka korijenu jezika. Zbog razlike između vanjskog tlaka i onog u usnoj šupljini (- 0.533 kPa), dolazi do usisavanja tekućine kroz pukotinu između usana.

Budući da svinja ima vrlo širok usni otvor koji seže daleko unatrag, te se postrani dijelovi usnog otvora ne mogu potpuno zatvoriti, prisiljena je zaroniti cijelu njušku u tekućinu.

Žvakanje predstavlja mehaničko usitnjavanje hrane između kutnjaka, a ima za cilj povećanje površine uzete hrane za djelotvorniji utjecaj probavnih sokova.

U dobre žvakače ubrajamo kopitare, mačke i svinje, a u loše pse i preživače.

U mesoždera su pokreti donje čeljusti vertikalni tj. ona se udaljava i približava gornjoj čeljusti te su stoga dobro razvijeni temporalni žvačni mišići. Zubi u psa su oštri i šiljati te omogućuju otkidanje velikih komada koje kao takve gutaju, a žvakanje je pri tome zanemarivo. Na taj način hrana podliježe uglavnom kemijskom djelovanju probavnih sokova.

Kod biljoždera su bolje razvijeni *maseteri* jer su pokreti donje čeljusti, u odnosu na gornju, bočni. Donja čeljust je uža od gornje, zbog toga se poklapaju kutnjaci samo s jedne strane pa je i žvakanje jednostrano.

Radom usana i obraza za vrijeme žvakanja neprestano vraćaju hranu pod kutnjake i u potpunosti zatvaraju usnu šupljinu onemogućujući njezino ispadanje.

Izuzetak čine goveda kod kojih su usne razmaknute te moraju pri žvakanju držati glavu vodoravno. Govedo, ovca i koza su slabi žvakači pa se hrana pri preživanju vraća na temeljitije usitnjavanje.

Pokreti koji se obavljaju za vrijeme žvakanja dijelom su pod utjecajem volje, a dijelom refleksne prirode.

Tijekom žvakanja hrana se, osim što se usitni, i dobro natopi slinom. Sluzavi karakter sline omogućuje tvorbu zalogaja (*bolusa*) koji tako lakše sklizne kroz ždrijelo i jednjak.

14.1.4. Slina

[Saliva]

Slina je organski produkt slinskih žlijezda (zaušne, podvilične, podjezične i brojne sitne žlijezde čiji se izvodni kanali otvaraju u usnu šupljinu).

Bezbojna je viskozna tekućina bez okusa i mirisa, malo opalescentna.

Vrsne specifičnosti:

Elektrokemijska reakcija sline (slika 134) je slabo kisela u čovjeka (pH 6,6), a u domaćih životinja slabo lužnata (svinja – pH 7.32; konj – pH 7.56; pas – pH 7.56) te je u goveda izrazito lužnata (pH 8.1). Slina se sastoji od anorganskih i organskih tvari. Od anorganskih tvari (soli), najzastupljeniji anorganski kation je natrij, a manje ima kalija, kalcija i magnezija. Bikarbonat (HCO_3) je najzastupljeniji anorganski anion, a manje ima klorida i fosfata.

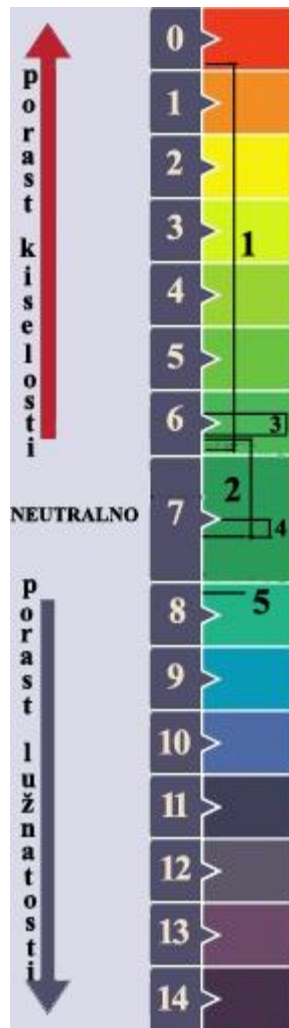
Od organskih tvari prevladava mucin koji slini daje sluzav karakter. U slini čovjeka, svinje i peradi nalazi se *slinska amilaza (ptijalin)* koja razgrađuje škrob do maltoze. Aktiviraju je anorganski ioni, i to klor, a teški metali je inaktiviraju. U razdoblju sisanja kod teladi u slini nalazimo i enzim lipazu. Od staničnih elemenata u slini možemo naći nešto epitelnih stanica podrijetlom iz slinskih izvodnih kanala te pokoji limfocit.

Slina se u čovjeka luči neprestano, a u domaćih životinja periodično, odnosno za vrijeme hranjenja (kopitari, svežderi i mesožderi). U preživača permanentno je aktivna zaušna žlijezda, a ostale samo za vrijeme hranjenja.

Vrsne specifičnosti:

Količina sline izlučena u 24 sata iznosi:

govedo: 108 – 178 L
konj: 42 L
svinja: 15 L
ovca: 6 – 16 L
čovjek: 1.5 L.



Slika 134: pH skala tjelesnih tekućina

1 pH želučanog sadržaja (0,9 – 6,8); 2 pH sline (6,6 – 7,6); 3 pH mlijeka (6,4 – 6,7); 4 pH krvi (7,5 – 7,6); 5 pH sline goveda (8,1).

Uloga sline u probavi hrane je trojaka:

1. mehanička uloga sastoji se u natapanju hrane čime se olakšava njezino drobljenje, a zalogaj čini skliskim tj. pogodnim za gutanje
2. razgradnjom nekih sastojaka hrane slinom, koji potom djeluju na živčane završetke u sluznici ustiju, podstiču lučenje želučanog soka
3. kemijska uloga odražava se u razgradnji ugljikohidrata pomoću *slinske amilaze* te u preživača u neutralizaciji kiselog sadržaja buraga.

14.1.5. Gutanje [Deglutitio]

Sažvakana i slinom natopljena hrana tvori zalogaj koji životinja proguta. Gutanje predstavlja niz složenih radnji koje osiguravaju odlazak hrane u želudac. Razlikujemo dvije faze gutanja:

- a. **Voljnu fazu** – formirani zalogaj hrane pokretima obraza i jezika dospijeva na korijen jezika, odatle sklizne između jezika i nepca pred ždrijelo. Kako bi jezik započeo guranje zalogaja prema ždrijelu, potrebno je da donja čeljust bude nepokretna, fiksirana. U ovoj fazi, koju možemo u svakom trenutku svojom voljom zaustaviti, zalogaj hrane putuje od usne šupljine do ulaska u ždrijelo.
- b. **Refleksnu fazu** čine:

b.1 ždrijelna faza ili pravo gutanje

Pri aktu gutanja put hrane (usta jednjak) križa se sa dišnim putem (hoane – dušnik) te je priroda morala razviti zaštitni mehanizam u obliku refleksne radnje kojom se sprečava odlazak hrane u krivi, dišni put. Refleksna radnja aktivira se mehaničkim pritiskom zalogaja na nepčani luk preko kojeg se aktivira refleksni centar gutanja u produženoj moždini i započinje ždrijelna faza gutanja. Jezik potisne dišni poklopac grkljana (*epiglotis*) koji zatvori ulazak u grkljan, a meko nepce svojim zatezanjem i podizanjem odvoji *hoane*, odnosno zatvori nosno-ždrijelni prostor. Jednom započeta ždrijelna faza ne može se zaustaviti jer je izvan utjecaja naše volje.

b.2 jednjačka faza

Nakon potiskivanja zalogaja u ljevasto proširen prednji kraj jednjaka, ždrijelo i usna šupljina prelaze u stanje mirovanja. Jednjak nije pasivna cijev kojom klizi hrana, već on peristaltičkim valovitim kretanjem potiskuje zalogaj prema ulazu u želudac.

Podužna mišićna vlakna u stijenci jednjaka svojim stezanjem proširuju prostor ispred zalogaja, a prstenasto složena mišićna vlakna jednjačke stijenske iza zalogaja svojom kontrakcijom (stezanjem) guraju zalogaj u prošireni dio. Gutanje se završava opuštanjem, labavljenjem mišićnog regulatora (sfinktera/*cardia*) na ulazu u želudac i zalogaj prelazi u želudac. Voda ili tekuća hrana jednjakom prolazi na nešto drugačiji način od čvrste hrane. Stezanjem mišića ždrijela tekućina se pod pritiskom ubrizga u jednjak i pod tlakom prođe veći dio jednjaka, a samo kroz manji dio potiskuju je peristaltički valovi (transportni valovi). Pri brzim gutljajima kardija je stalno otvorena, a pri malim, rijetko raspoređenim gutljajima kardija se otvara kada se stvori određeni tlak od nakupljene tekućine u jednjaku.

14.2. Probava u jednokomoričastom želucu

Želudac predstavlja spremnik u kojem se hrana izvjesno vrijeme zadržava i izlaže djelovanju probavnih enzima (pepsin, labferment, želučana lipaza) i solne kiseline (HCl) želučanog soka. Osim navedenog želudac ima važnu ulogu u hematopoezi (tvorbi crvenih krvnih tjelešaca) jer se u njegovoj stijenci stvara unutrašnji faktor koji zajedno sa vanjskim faktorom (vitamin B₁₂ iz hrane) sprečava pojavu *perniciozne anemije*.

Želudac funkcionalno čine četiri zone:

1. **Jednjačka zona** (anatomski termin) koja nema žlijezde, prostorno u konja zauzima jednu trećinu želuca, u svinja usku zonu oko kardije, a u ostalih domaćih životinja nije razvijena. Kemijska reakcija zone je neutralna do blago alkalična pa mikroflora iz hrane, kao i amilaza iz sline (u životinja koje je posjeduju u slini), razlažu ugljikohidrate. Zbog izražene amilolitičke djelatnosti

(razgradnja škroba / amyllum do maltoze) zona se funkcionalno ili fiziološki označava i kao amilolitička zona.

2. **Zona kardije** prostorno se u svinje proteže do polovice želuca. U konja je uža nego li u svinje. U njoj su razvijene žlijezde koje luče sluz (mucin), a ona štiti sluznicu želuca od autodigestije (samorazgradnje) solne kiseline i pepsina želučanog soka te se funkcionalno označava kao mucinska zona.
3. **Fundusna zona** je sastavljena od obložnih stanica koje proizvode solnu kiselinu (HCl) i glavnih stanica koje proizvode probavne enzime (pepsin, lab-ferment ili kimozin ili rennin). U ovoj zoni probavljaju se uglavnom bjelančevine koje solna kiselina denaturira (čini probavljivijima), a pepsin razlaže na peptide te se ova zona funkcionalno naziva proteolitičkom zonom. Kimozin fermentira (*gruša*) mlijeko, tj. bjelančevinu mlijeka, kazein prevodi u parakazein koji je još topiv u vodi. Parakazein u prisustvu Ca^{++} prelazi u Ca-parakazeinat koji je netopiv u vodi i predstavlja mliječni gruš (sir). Gruš mlijeka razgrađuje se do nekoliko sati. Kimozin je prisutan samo u sisajućeg teleta, a odrasle životinje denaturiraju mlijeko solnom kiselinom.
4. **Pilorična zona** u kojoj je sekret blago alkaličan, a dopijeva antiperistaltikom iz crijeva. U ovoj zoni počinje se razgrađivati mast iz hrane emulgiranog oblika, pomoću želučane lipaze. Želučana lipaza potječe iz crijevnog dijela probavnog trakta. U većim količinama želučanu lipazu nalazimo u želučanom soku mesoždera i sveždera, a u preživača je uopće nema. Ova zona funkcionalno se označava kao lipolitička zona.

Želučani sok predstavlja sekret želučanih žlijezda. Bezbojna je, vodenasta tekućina kiselog okusa i mirisa.

Vrsne specifičnosti:

Sastavljena je od vode, organske tvari (probavni enzimi te mliječne kiseline prisutne samo u biljoždera), anorganske soli i solne kiseline.

U mesoždera se želučani sok izlučuje samo ako se u želucu nalazi hrana, u suprotnom ne. U ostalih domaćih životinja želučani sok se luči kontinuirano jer želudac nikad nije prazan. Elektrokemijska reakcija želučanog soka (slika 134) iznosi u:

pasa:	pH 0.92 – 1.58
svinja:	pH 1.03 – 2.00
goveda:	pH 2.00 – 4.10
konja:	pH 1.13 – 6.80.

Funkcije želučane solne kiseline su:

1. stvara kiselu reakciju u želucu potrebnu za aktivaciju probavnih enzima (pH = 1.5 – 2.5)
2. denaturira bjelančevine koje se kao takve lakše probavljaju
3. djeluje kao *antiseptikum* tj. sprečava razvoj bakterija u želučanom sadržaju
4. povećava topivost anorganskih soli (koje u svom sastavu imaju kalcij ili željezo).

Probavna aktivnost želuca svodi se uglavnom na razgradnju bjelančevina, probava masti je ograničenog opsega (samo emulgiranih masti), a probava ugljikohidrata neznatna (bakterijska mikroflora hrane, slinska amilaza). Razlikujemo tri faze želučane sekrecije:

1. **Cefalička faza** želučanog lučenja zbiva se zbog podražaja hrane (gledanje, miris, buka pribora za hranjenje) ili samog kušanja hrane. Podražaji koji potiču želučanu sekreciju dolaze iz sluznice usne šupljine. Najbolje je razvijena u mesoždera.

2. **Gastrička faza** – hrana svojim dolaskom podražuje želučane žlijezde na lučenje želučanog soka. Dvije trećine ukupne želučane sekrecije povezano je s obrokom, tj. prisutnošću hrane u želucu. *Gastrin* je hormon stanica želučane sluznice koji djeluje stimulatивно na sekreciju želučanog soka u gastričkoj fazi sekrecije.
3. **Intestinalna faza** – hrana koja je prošla kroz želudac i došla u tanko crijevo zbog istežanja stijenke neposredno iza *pilorusa*, djeluje povratno na sekreciju želučanog soka u smislu njezina kočenja. Pod utjecajem jako masne hrane u sluznici tankog crijeva (*duodenum*) stvara se *humoralni agens* (hormon) *enterogastron* koji putem krvi djeluje inhibitorno na sekreciju želučanog soka.

14.2.1. Mehanička probava

Hrana dolazi u želudac, formira njegov oblik i proširuje volumen ovisno o prispjeloj količini. Hrana koja pristiže u želudac slaže se slojevito te se prvo probavlja hrana uz samu stijenku želuca, uz postupno napredovanje prema sredini sadržaja želuca. Hrana se stoga u želucu zadržava različito dugo vremena. Želudac se prazni kontinuirano u malim količinama. Želudac mesoždera isprazni se potpuno između dva obroka. Kod konja i svinje nakon 24 sata mogu se naći samo ostaci od zadnjeg obroka. Hrana se podvrgava mehaničkom probavljanju uz pomoć motorike želuca. Ona može biti:

- a. peristaltika – valoviti pokreti stijenke želuca koji se šire od polovice *fundusa* prema *pilorusu*, također pridonose miješanju hrane.
- b. toničke kontrakcije – lokalizirane su na mjestu nastanka, uglavnom *proksimalnom* dijelu želuca gdje nema peristaltike. Prvenstveno služe miješanju hrane s probavnim sokom želuca.
- c. kontrakcije gladi – javljaju se kod praznog želuca, nalikuju na peristaltičke valove koji se šire od *kardije* prema *pilorusu*.

Simpatikus koči motoriku želuca, a *parasimpatikus* je pojačava. Hrana koja napušta želudac tekućeg je izgleda, tzv. *himus*. On pod pritiskom otvara želučani sfinkter, *pylorus* i prelazi u *duodenum*.

14.2.2. Refleks povraćanja

[*Vomitus*]

Započinje vrlo čvrstom kontrakcijom *pilorusa* uz istovremeno omlohlavljenje *fundusa*. Javlja se pojačano lučenje sline, ubrzani pokreti gutanja i disanja. Otvara se *kardija* i dolazi do dubokog udisaja uz zatvoren *glottis* (*glottis*). Dubokim udisajem rasteže se grudni koš, pluća slijede rastezanje grudnog koša, ali zrak ne struji u pluća jer je *glottis* zatvoren. Zrak se iz pluća širi na veći prostor, time se smanjuje tlak ne samo u plućima već i u svim organima grudnoga koša (jednjak). Sadržaj želuca bude usisan u jednjak, zbog negativnog tlaka u njemu, i *antiperistaltičkim* valom izbačen u usnu ili nosnu šupljinu. Povraćanjem upravlja centar u produženoj moždini. Razlikujemo centralne i periferne uzroke refleksa povraćanja.

Centralni uzroci povraćanja djeluju na centar za povraćanje (potres mozga, tumor mozga, upala moždanih opni).

Periferni uzroci nadražuju sluznicu ždrijela ili želuca te pobuđuju refleks povraćanja. Pas i svinja veoma lako povraćaju, preživači otežano, a u konja je vrlo teško i popraćeno znatnom uznemirenošću životinje, stenjanjem, drhtanjem i jakim znojenjem.

15. PROBAVA U VIŠEKOMORIČASTOM ŽELUCU

Preživači kao loši žvakači površno sažvaču hranu, a da bi je temeljitije pripremili za prodor probavnih sokova, tijekom evolucije razvili su kapacitetno veći i funkcionalno prilagođeniji probavni trakt. Stoga su se u njih osim pravog želuca (sirišta ili *abomasusa*), koji je po građi i funkciji identičan jednokomoričastom želucu drugih domaćih životinja, razvili i predželuci (burag ili *rumen*; kapura ili *reticulum* i listavac ili *omasus*) čiji kapacitet u goveda iznosi 135 – 180 L, kod nekih goveda iznimno do 270 L, a u ovaca i koza oko 15 L. Prema tome probavu u višekomoričastom želucu preživača razmatramo u dva dijela:

1. probava u predželucima i
2. probava u sirištu.

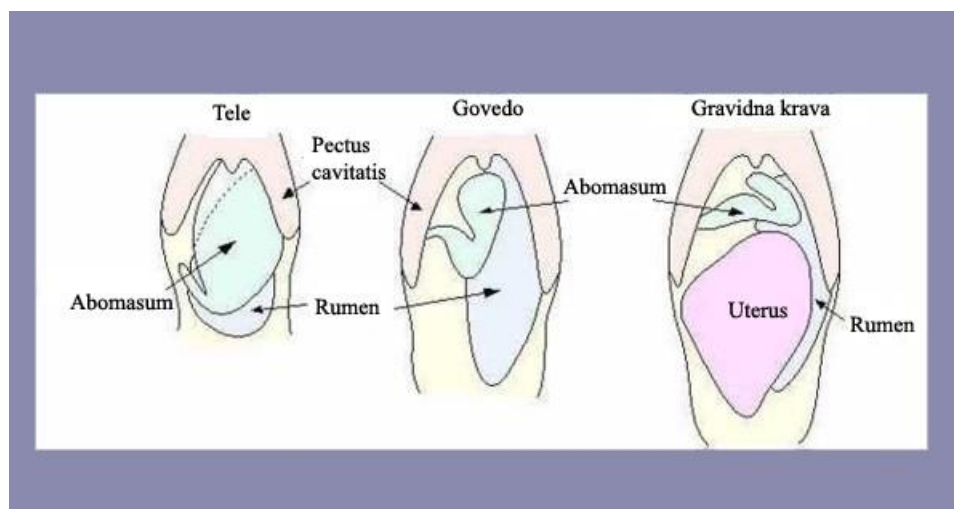
15.1. Probava u predželucima

Biljna hrana je glavni izvor energije u preživača. Biljne stanice sadrže celuloznu opnu koja onemogućava prodor probavnih sokova u nju te su se u buragu razvile specifična *mikroflora* i *mikrofauna* koje prerađuje biljnu hranu u korist domaćina (preživača). Razlikujemo dva aspekta probave u predželucima:

1. mehanički faktor probave i
2. mikrobiološki faktor probave.

15.1.1. Funkcionalni razvoj predželudaca

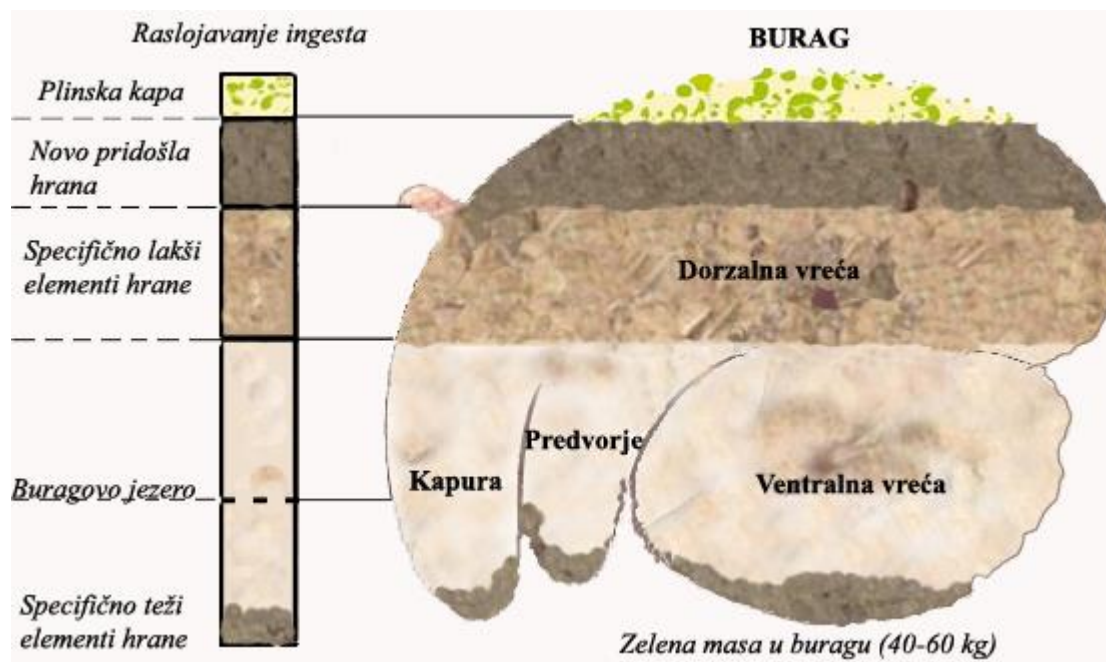
U tek oteljene teladi predželuci su potpuno nerazvijeni i zapremaju toliko volumena koliko prostorno iznosi polovica sirišta. Sirište uvećava udio svoje mase u ukupnoj masi tijela do kraja drugog tjedna života, a predželuci do osamnaestog tjedna života (slika 135). Funkcionalna promjena predželudaca potpuna je oko trinaestog tjedna života kada je stabiliziran sastav mikroflora. Normalizacija razvoja predželudaca ovisna je o prirodnom prelasku na voluminoznu hranu. Pri produljenoj hranidbi mlijekom ili ranim uvođenjem zrnjevlja u obrok teleta, njegov funkcionalni razvoj predželudaca može se vremenski produljiti.



Slika 135: Morfološki razvoj i anatomske smještaje sirišta i buraga u goveda

15.1.2. Mehanički čimbenik probave

Novopridošla, površno sažvakana hrana dopijeva u burag ili kapuru i miješa se sa već prisutnom, dobro usitnjenom hranom. Specifično teži elementi hrane padaju na dno, a specifično lakši elementi plivaju iznad njih. Teži, nedovoljno usitnjeni elementi, preko rumino-retikularnog otvora prelaze u kapuru. *Ingesta* (hrana u probavilu) gotovo u potpunosti ispunjava burag, osim u njegovim najvišim partijama gdje se skuplja plin koji se razvio mikrobiološkom aktivnošću (slika 136).



Slika 136: Raslojavanje sadržaja u buragu i kapuri tijekom preživanja

U burag i kapuru dopijevaju i veće količine tekućine (manjim dijelom popijena voda, većim dijelom slina koja se slijeva u burag) i prožimaju prisutna *ingesta*. Natapanjem popušta kohezija između čestica hrane te može započeti njezina razgradnja. Važnost uvijek prisutne slobodne tekućine u kapuri leži u činjenici da potpomaže vraćanje hrane iz predželuca u usnu šupljinu na temeljitije žvakanje (preživanje ili *ruminatio*). Hrana se u buragu natapa, miješa i postupno *macerira* uz pomoć motorike predželudaca.

15.1.2.1. Motorika buraga

Motorika buraga predstavlja naizmjenično pretakanje hrane iz dorzalne u ventralnu buragovu vreću i obratno. Kako su kontrakcije vrlo snažne, pretakanjem dolazi do usitnjavanja i intenzivne *maceracije* hrane.

Vrsne specifičnosti:

Broj kontrakcija buraga izmjerenih u vremenskom razdoblju od pet minuta iznosi kod:

goveda:	7 – 12
ovaca:	7 – 14
koze:	6 – 16.

Pod određenim okolnostima frekvencija kontrakcija buraga može se ubrzati ili usporiti, a na to utječu:

1. hranjenje

2. pH buragova sadržaja i
 3. koncentracija šećera u krvi.
1. Hranjenje pospješuje frekvenciju buragovih kontrakcija, a gladovanje djeluje nepovoljno.
 2. Fiziološka elektrokemijska reakcija buragova sadržaja kreće se oko neutralne točke, a odstupanja dovode do ozbiljnih poremećaja motorike buraga.
 3. Ako koncentracija šećera u krvi padne, frekvencija kontrakcija buraga raste i obratno, pri porastu koncentracije krvnog šećera, frekvencija buragovih kontrakcija opada.

15.1.2.2. Motorika kapure

Motorika kapure odvija se u obliku naglih dvofaznih kontrakcija.

U goveda se prilikom prve faze kontrakcije kapura smanji na veličinu dječje glave, a u drugoj fazi kontrakcije na veličinu dječje šake.

U ovce u prvoj fazi kontrakcije kapura se smanji na veličinu manje jabuke, a u drugoj fazi na veličinu šljive.

Prilikom navedenih kontrakcija sadržaj iz kapure bude istisnut na karakterističan način. U prvoj se fazi istisne slobodna tekućina, odnosno tekući sadržaj, u predvorje buraga podno kardije, a odatle u dorzalnu buragovu vreću.

U drugoj fazi kontrakcije potpuno nestaje *lumen* (šupljina) kapure i kompletna *ingesta* istisne se u predvorje buraga. Po završetku druge faze kontrakcije kapure dolazi do opuštanja (*relaksacije*) kapure te se kompaktni dio *ingesta* vraća nazad u kapuru. Motorika buraga i kapure povezana je i ritmički usklađena u tzv. primarnom i sekundarnom ciklusu.

Primarni ciklus započinje naglom i kratkotrajnom kontrakcijom kapure. Na nju se nadovezuje polagana i vremenski duža kontrakcija dorzalne buragove vreće kojom se prebacuje sadržaj u ventralnu buragovu vreću, čija kontrakcija uslijedi. Ovaj ciklus je prisutan uvijek, bez obzira na hranjenje (gladovanje, preživljanje).

Sekundarni ciklus javlja se samo u vrijeme hranjenja. On obuhvaća kratku stanku nakon prethodnog ciklusa ili se odmah nadoveže kontrakcija dorzalne, a potom i ventralne buragove vreće. Poslije jedne duže pauze ponovo će se kontrahirati kapura i sve se ponavlja.

U ovce je izražen samo primarni ciklus.

15.1.2.2. Funkcija jednjačkog žlijeba

Jednjak se produžuje u obliku dva mišićna nabora, od mjesta ulijevanja jednjaka u burag kroz kapuru, do otvora u listavac. Ti mišićni nabori, podraživanjem vratnog dijela *vagusnog* živca, kontrahiraju se i zatvaraju žlijeb u kanal.

Jednjački žlijeb se zatvara refleksno, kod mladih preživača prilikom sisanja te mlijeko direktno dospijeva u listavac. Sadržaj prispio jednjačkim kanalom u listavac procijedi se između nabora sluznice (*listova*) i potisne u sirište.

Kod odraslih preživača ovaj refleks je izgubljen te tekućina dospijeva u sve dijelove želuca, prvo u burag, zatim u kapuru te listavac i napokon u sirište. U odraslih preživača (do dvije godine starosti) ovaj refleks može se potaknuti davanjem otopina soli (NaCl, Na₂SO₄, CuSO₄).

15.1.2.3. *Motorika listavca* **[Omazus]**

Aktivnost omazalnog otvora je dvofazna i ovisi o motorici kapure.

Za vrijeme prve faze kapure omazalni otvor je čvrsto zatvoren.

Nakon druge faze kapure, odnosno za vrijeme njezine relaksacije, omazalni otvor se široko otvara. Tlak u listavcu pada i *ingesta* iz kapure budu usisana.

Regulatorno na protok *ingesta* kroz listavac djeluje usitnjenost sadržaja, tekući oblik sadržaja te količina tog sadržaja u buragu, odnosno volumen buraga.

Pokreti listavca su lagane kontrakcije kojima se hrana gnječi između listova i cijedi u sirište. Prelazak *ingesta* u sirište ovisi i o trenutnom prihvatnom kapacitetu sirišta, odnosno njegovoj punjenosti.

15.1.2.4. *Motorika sirišta* **[Abomasus]**

Sirište je fiziološki slično želucu nepreživača te su mu i pokreti identični. Promjene tonusa mišića i peristaltika sve su jači prema pilorusu te hrana neprekidno ulazi u duodenum.

Brzina prolaza *ingesta* kroz predželuce se znatno smanjuje kako bi se iz voluminozno velike količine biljne mase hrane izvuklo što više hranjivih komponenti i energije.

Utrošeno vrijeme za prolazak *ingesta* kroz dio probavnog trakta iza sirišta preživača isto je kao i u nepreživača.

15.1.2.5. *Preživanje* **[Ruminatio]**

Preživanjem se sadržaj buraga vraća u usta gdje se ponovo dugo i brižljivo žvače.

Složeni je akt koji se sastoji od:

1. vraćanje hrane u usta (*rejekcija*)
2. ponovnog žvakanja (*remastikacija*)
3. ponovnog vlaženja slinom (*reinsalivacija*) i
4. ponovnog gutanja (*redegluticija*).

Preživanje započinje 30 do 45 minuta nakon uzimanja hrane i dnevno traje 6 – 7 sati, pri čemu govedo prežvače oko 40 – 60 kg hrane (slika 137). Pri tome na žvakanje svakog zalogaja utroši do 1 minute.



Slika 137: Prežvakana zelena masa u buragu (40 – 60 kg)

1. Rejekcija nastaje smanjenjem *intratorakalnog* tlaka, bez aktivnog sudjelovanja predželudaca. Rejekcija se sastoji od dvije faze:
 - a. Faza usisavanja započinje gutanjem sline koja navlaži unutrašnjost jednjaka, čineći ga skliskim. Zatim uslijedi duboki udisaj uz zatvoreni glotis i brzi inspiratorni pokret ošita. Zbog zatvorenog glotisa zrak ne struji u pluća te se *intratorakalni* tlak smanjuje i postaje sve negativniji. Zbog toga dolazi do proširenja jednjaka u kome je tlak također negativan. U tom trenutku refleksno se otvara kardija i tekuća masa bude usisana u jednjak, zbog negativnog tlaka u njemu, a tlak u predželucima je povećan zbog procesa probave. Prilikom usisavanja hrana ne oblikuje zalogaj, već je to kašasta masa koja ispunji jednjak. Kardija se nakon usisavanja refleksno zatvori.
 - b. Faza istiskivanja započinje zatvaranjem kardije i pojavom *antiperistaltičkih* pokreta jednjaka koji onemogućavaju povrat sadržaja u burag. Istovremeno nastupe *ekspiratorni* pokreti grudnog koša uz zatvoreni glotis te *intratorakalni* tlak raste i može postati čak i pozitivan. Pozitivan *intratorakalni* tlak i *antiperistaltika* jednjaka guraju sadržaj prema usnoj šupljini. Nakon temeljitog žvakanja i ponovnog natapanja slinom, hrana se ponovo guta te dolazi u burag i kapuru gdje se miješa sa ostalim sadržajem. Tako se sadržaj buraga i po nekoliko puta prožvače. Svrha preživanja je dobro usitnjavanje hrane, pri čemu se štedi energija koju bi utrošila motorika predželudaca, a sa istim rezultatom.

15.1.2.6. *Podrigivanje* [Ructus]

Za vrijeme probave u buragu se oslobađaju velike količine plinova (20 L u pola sata prilikom hranjenja). Oni ispunjavaju gornju polovicu buraga.

Od plinova prevladavaju ugljični dioksid, amonijak i metan, a u tragovima ima dušika, vodika i kisika. Kako bi se izbjeglo nadimanje životinje, podrigivanjem se preko jednjaka izbacuje oslobođeni plin u vanjsku sredinu, pri čemu važnu ulogu opet ima negativan tlak grudnog koša.

Podrigivanje je složena refleksna radnja u čijem izvođenju sudjeluje više različitih aktivnosti probavnog trakta: motorika buraga i kapure, promjene tonusa sfinktera kardije te motorika jednjaka.

Govedo podriguje 1 – 2 puta u minuti pri čemu se izbacuje 0.5 – 1.7 L plina. U dvosatnom razdoblju najintenzivnije probave isprazni se oko 45 L plina.

15.1.3. *Mikrobiološki čimbenik probave*

Sluznica predželudaca nema razvijene probavne žlijezde koje bi izlučivale probavni sok za razgradnju visokomolekularnih organskih spojeva.

Probavnu djelatnost u predželucima preuzeli su mikroorganizmi koje zajedničkim imenom označavamo *mikropopulacijom* predželudaca (prikazuje tablica 5). Nju dijelom čine životinjski organizmi ili *mikrofauna* (praživotinje-*protozoa*) /Sl. 138/, dijelom biljni organizmi ili *mikroflora* (*bakterije*) (slika 138 B), koji prevladavaju po svom udjelu u sastavu mikropopulacije buraga, a zasebne malobrojne skupine čine gljivice (Sl. 139A) i *Archeae* (slika 139B).

Za probavu i metabolizam domaćina-preživača smatra se kako je važnija *mikroflora* od *mikrofaune*. Preživač kao domaćin osigurava zatvorenu anaerobnu komoru, lagano kisele i dobro puferirane sredine te termički pogodne (39 – 40° C) za rast i razmnožavanje *mikropopulacije*.

Za uzvrat *mikropopulacija* razgrađuje 70 – 80 % probavljive suhe tvari unijete hrane uz stvaranje nižih masnih kiselina (octena, propionska, maslačna i mravlja) te jantarne i mliječne kiseline uz oslobađanje plinova (ugljični dioksid, metan i amonijak).

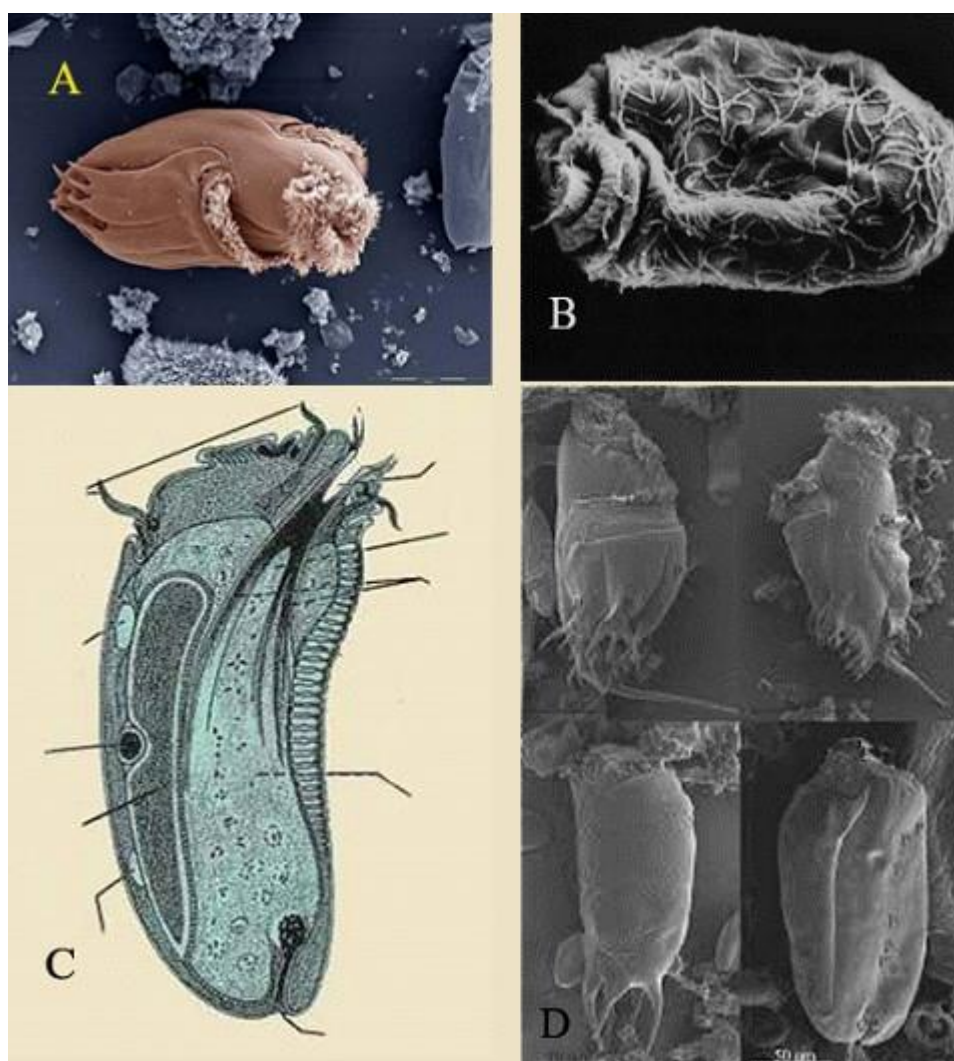
Gljivice buraga čine 5 – 10 % *mikropopulacije*, rastu u uskom temperaturnom pojasu (33 – 41° C) i striktni su *anaerobi*. Unatoč njihovom broju, gljivice imaju važnu ulogu kod hidroliziranja esterskih veza između lignina i hemiceluloze ili celuloze što pomaže razgradnji hrane. Najveći dio gljivica u *retikulumenu* su obligatni *anaerobi*. Ipak mnoge gljivice mogu razgrađivati lignin i u *aerobnim* uvjetima, a to ni jedan od mikroorganizama u *anaerobnoj* sredini *retikulo-rumena* nije u stanju. Biomasa gljivica je najveća u životinja koje se hrane slamom odnosno hranom s visokim sadržajem lignina, a potpuno iščezavaju u životinja hranjenih hranom koja se kratko zadržava u buragu.

Archeae (*metanogeni*) čine oko 3 % *mikropopulacije* buraga. Riječ *archeae* dolazi od starogrčkog ἀρχαία, što znači „drevne stvari“. Ovim mikroorganizmima nedostaju stanične jezgre i stoga su *Prokarioti*. Arhejske stanice imaju jedinstvena svojstva koja ih odvajaju od druge dvije domene, *Bakterija* i *Eukariota*.

Vodik koji ostale skupine mikroorganizama proizvode, *Archaea* koriste za redukciju ugljikovog dioksida u metan. Održavanje niskog parcijalnog pritiska vodika pomoću *metanogena* životno je važno za pravilno funkcioniranje buraga.

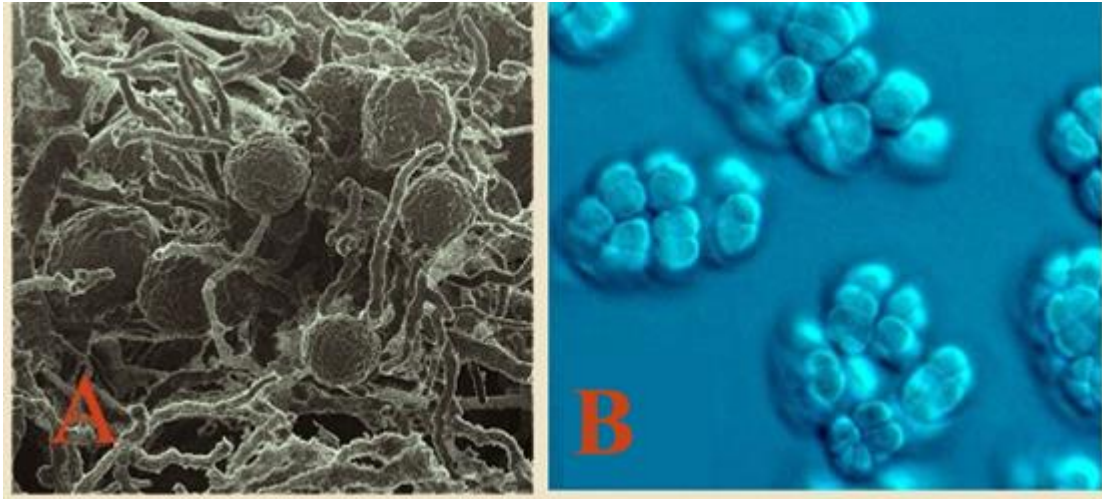
Tablica 5: OBILJEŽJA MIKROPOPULACIJE PREDŽELUDACA

MIKROPOPULACIJA	ŽIVOTNI VIJEK	GUSTOĆA br. u ml	MASA g/L sadržaja	% udio u mikropopulaciji
Amilolitičke bakterije	20-30 min.	1x10 ¹⁰	15-27	50-90
Celulolitičke bakterije	18 h			
Protozoa	6-36 h	4x10 ⁵	3-15	10-50
Gljivice	24 h	1x10 ⁴	1-3	5-10



Slika 138: Heterotrofni holozoijski protisti buraga preživača / Phylum Ciliophora

A *Trepetljikavi* protozoa roda *Ophryoscolex* B Protozoa *Ophryoscolex* sp sa bacilima
 C Protozoa roda *Diplodinium* sp. D Protozoa roda *Ophryoscolex* sp



Slika 139: Gljivice i Archaea buraga

A Gljivice buraga: *Neocallimastix sp.*

B Archaea buraga: *Methanosarcina acetivorans*

15.1.3.1. Mikroflora buraga

Razlikujemo bakterije koje obligatno ili redovito nalazimo u sadržaju predželudaca, od pogodnih ili fakultativnih, koje hranom dopijevaju u predželuce. Mikrofloru buraga čine oko 63 vrste bakterija koje prema supstratu djelovanja možemo svrstati u više skupina:

1. celulolitičke bakterije razgrađuju celulozu
2. amilolitičke bakterije svoju metaboličku djelatnost usmjeruju na škrob
3. aelulo-amilolitičke ili amilo-celulolitičke bakterije djeluju na oba gore spomenuta supstrata
4. pektinolitičke bakterije razgrađuju pektine i dekstrine
5. metanogene bakterije crpe energetska vrijednost stvorenog metana
6. *neke bakterije* kao izvor energije koriste proizvode metaboličke aktivnosti drugih bakterija (mliječna, jabučna i jantarna kiselina).

Postoji dupliranje funkcija mikroflora te nedostatak jedne ili više vrsta nema utjecaja na probavu preživača.

Usljed anaerobnih uvjeta života mikroflora energiju iz hranjivih tvari oslobađa vrenjem. Zbog toga se kao finalni proizvod njihove metaboličke aktivnosti pojavljuju niže masne kiseline i plinovi. Budući da mikroflora nije sposobna iskoristiti te kiseline dalje, ona ih izluči u šupljinu predželudaca.

15.1.3.2. Podrijetlo mikroflora u predželucima

Razvoj mikroflora započinje u ranoj dobi preživača, a ovisi o vrsti hrane koju uzima te o njegovom direktnom kontaktu s odraslim životinjama. Ukupan broj bakterija u sadržaju buraga ovisi o mnogo čimbenika: vrsti hrane, režimu hranjenja, vremenskom razmaku između obroka, individualnim razlikama te prisutnosti mikrofaune. U odsutnosti mikrofaune broj bakterija se uvećava, kao i prilikom hranidbe zelenom hranom ili zrnjevljem, a umanjuje pri gladovanju.

Bakterije buraga i njima slične bakterije također nalazimo raširene u prirodi u otvorenim vodotokovima te u probavnom traktu sisavaca.

15.1.3.3. *Podrijetlo mikrofaune u predželucima*

Mikrofauna se u predželucima mladih životinja može razviti samo ako se nalaze u direktnom kontaktu s odraslom životinjom.

Protozoe buraga ne nalazimo više nigdje u prirodi. Ukoliko govedo obilno hranimo ugljikohidratnom hranom, protozoe iščezavaju zbog pada pH na 5.5, a ako hrana sadrži antibiotike, broj im raste. Česti obroci također povoljno utječu na njihov razvoj, a velika količina mljevene hrane umanjuje prisutnost protozoa.

U buragu mladih životinja od mikrofaune nalazimo više *flagelata* (bičša), a u odraslih ima više *cilijata* (trepetljikaša). Cilijati su striktni anaerobi te energiju za svoj rast osiguravaju putem fermentacije (vrenja) ugljikohidrata uz nastanak octene, maslačne i mliječne kiseline te ugljičnog dioksida i plinovitog vodika (H_2). Sve cilijate u svom organizmu spremaju rezervni polisaharid – škrob u obliku amilo-pektina.

Značaj prisutnosti protozoa u sadržaju buraga leži u činjenici da govedo ima bolji prirast, bolja je retencija dušika, ima više amonijaka u sadržaju, a manje acetata i bolja je hidrogenacija masnih kiselina. Ako nema mikrofaune, goveda su trbušastija i imaju grublji dlačni pokrivač.

15.1.4. *Uloga mikroflore u probavi i metabolizmu ugljikohidrata*

Celuloza je polisaharid koji izgrađuje membranu biljnih stanica. Molekule glukoze u njoj su specifično povezane preko tzv. beta-glikozidičkih veza. Organizam preživača ne sadrži enzim koji bi cijepao tu vezu i omogućio pristup probavnih sokova hranjivim tvarima unutar biljne stanice. Celulolitičke bakterije buraga zadužene su za razgradnju celuloze pomoću enzima celuloaze. One cijepaju beta-glikozidičke veze i oslobađaju celobiozu na koju djeluje drugi enzim iz skupine celulolitičkih bakterija tzv. celobioza. Njezinim djelovanjem prevodi se celobioza u dvije molekule glukoze.

Amilolitičke bakterije razgrađuju škrob na isti način kao što teče njegova razgradnja u probavnom traktu nepreživača. Enzim amilaza cijepa alfa-glikozidičke veze te razgradi škrob preko dekstrina do disaharida maltoze, a enzim maltaza pocijepa molekulu maltoze u dvije molekule glukoze.

Ostale ugljikohidrate (fruktozani kojima obiluje mlada trava te pentozani, hemiceluloze i pektini) enzimi mikroflore također prevode u glukozu. Konačni produkti metaboličke djelatnosti mikroflore nisu jednostavni šećeri (monosaharidi), kao što je to slučaj kod monogastričnih životinja (životinje s jednokomoričnim želucem), već niže masne kiseline i plinovi.

Nižim masnim kiselinama nazivamo organske kiseline s malim brojem ugljikovih atoma u lancu (2 – 4), a to su: octena ($CH_3 - COOH$); propionska ($CH_3 - CH_2 - COOH$) i maslačna ($CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$) kiselina.

Sadržaj nižih masnih kiselina u sadržaju buraga varira ovisno o hranjenju. Poslije hranjenja povećava se u roku 2 – 4 sata te se postupno vraća na polaznu razinu, a pri gladovanju naglo se smanjuje njihova koncentracija u sadržaju buraga.

Vrsta hrane i njezin fizički oblik utječu na odnos pojedinih nižih masnih kiselina u sadržaju buraga. Govedo hranjeno sijenom, travom ili silažom ima povećanu količinu octene kiseline, hranidba koncentratima bogatim škrobom povećava razinu propionske kiseline, a davanje stočne repe povisuje sadržaj maslačne i mliječne kiseline. Te razlike u koncentracijama nižih masnih kiselina pregledno prikazuje tablica 6.

Tablica 6: Ishrana goveda obrokom različita sastava*SASTAV OBROKA*

<i>POSTOTNI ODNOS NMK U BURAGOVU SADRŽAJU</i>	12-13 kg sijena 1 kg kokosova brašna (kolačići) 1 kg sojine sačme	2 kg sijena 4 kg ječma 4 kg zobi 20 kg stočne repe 2 kg suhих repinih rezanaca	2 kg sijena 30 kg repe 2 kg sojine sačme
<i>octena</i>	69	58	49
<i>propionska</i>	17	21	17
<i>maslačna</i>	14 (sirova vlaknina)	21 (škrob)	34 (lako topivi ugljikohidrati)

Što je sijeno sitnije sjeckano, to je udio propionske i maslačne kiseline veći i obratno, u korist octene kiseline. Utjecaj fizičkog oblika hrane na sadržaj nižih masnih kiselina u buragovu sadržaju pregledno prikazuje tablica 7.

Tablica 7: Vrijednosti nižih masnih kiselina (NMK) u buragu goveda pri promjeni fizičkog oblika hrane

<i>SIJENO LUCERKE</i>	<i>UKUPNA KOLIČINA NMK mmol/l</i>	<i>OCTENA KISELINA (C₂) mmol/l</i>	<i>PROPIONSKA KISELINA (C₃) mmol/l</i>	<i>MASLAČNA KISELINA (C₄) mmol/l</i>	<i>ODNOS C₂ : C₃</i>
<i>Neusitnjeno</i>	164.7	103.0	39.2	17.8	2.62:1
<i>Grubo usitnjeno</i>	173.3	98.5	47.0	23.5	2.12:1
<i>Fino usitnjeno</i>	189.3	90.0	54.0	48.3	1.67:1
<i>Samljeveno u brašno (peletirano)</i>	215.1	39.2	98.3	70.5	0.40:1

Unatoč visokom sadržaju kiselih produkata probave i metabolizma ugljikohidrata, pH buraga konstantne je vrijednosti oko neutralne točke između 5.8 i 7.5. Tome znatno pridonosi slijevanje velike količine jako alkalične sline (pH 8.1) u burag. Slina ima ulogu neutralizacije stvorenih kiselih produkata.

U buragu vladaju anaerobni uvjeti pa se i razgradnja glukoze usmjeruje na anaerobni put. Dio glukoze bakterije koriste kao svoj glavni izvor energije, a višak pohranjuju u svom tijelu u obliku vlastitih polisaharida kao energetske rezervu. U anaerobnim uvjetima mikroflora vrenjem oslobađa iz glukoze dio energije neophodne za vlastite potrebe. Nakon takve razgradnje ostaje dio metaboličke energije pohranjen u produktima razgradnje glukoze u obliku nižih masnih kiselina i plinova (metana). Budući da bakterije ne mogu iskoristiti niže masne kiseline, one ih kao otpadni produkt metabolizma izluče u okolnu sredinu, odnosno šupljinu predželudaca. Odatle budu resorbirane i krvlju dopijevaju do različitih stanica organizma domaćina, gdje će se iskoristiti kao energetska materijal. Sudbina nižih masnih kiselina u organizmu domaćina je dvojaka:

1. razgradnja do energetski bezvrijednih produkata; octena kiselina sagorijeva u ciklusu limunske kiseline do ugljičnog dioksida i vode, uz oslobađanje energije
2. služe kao sirovina za sintezu organizmu potrebnih tvari.

Mozak je organ koji kao energetski materijal prvenstveno zahtijeva glukozu. Kako se glukoza tijekom vrenja u predželucima razgradi do nižih masnih kiselina, organizam preživača nadoknađuje taj gubitak tvorbom glukoze iz neugljikohidratnih tvari (*glukoneogenezom*), pri čemu je sirovina propionska kiselina.

Osim toga propionska kiselina služi i kao sirovina za sintezu oksal-octene kiseline, ključne karike u krugu limunske kiseline zadužene za prihvataktivirane octene kiseline i njezino sagorijevanje u stanici uz oslobađanje energije.

Kako u procesu vrenja dio energije sadržane u glukozu iskoriste bakterije, preživač raspolaže samo ostatkom energije. To treba imati na umu prilikom izračunavanja energetski dostatnog obroka preživača.

Čimbenici koji nepovoljno utječu na vrenje su:

- a. prisutnost lignina (u mladoj biljci ima ga malo) kao inkrušta uložena u celuloznu membranu smanjuju probavnu djelatnost celulolitičkih bakterija
- b. davanje obroka bogatog škrobom pogoduje naglom razvoju amilolitičkih bakterija uz potiskivanje celulolitičkih bakterija jer obje skupine bakterija koriste isti izvor aminokiselina za vlastiti razvoj
- c. unošenje antibiotika u burag koči razvoj mikroflоре.

15.1.4.1. Podrijetlo plinova u buragu

Tijekom vrenja u buragu se razvijaju plinovi od kojih su najzastupljeniji ugljični dioksid, amonijak i metan. U promjenljivim količinama ima i dušika, a u malim količinama nalazimo još kisik, vodik, sumporovodik i ugljični monoksid. Ugljični dioksid uglavnom nastaje za vrijeme proteolitičke aktivnosti bakterija, odnosno dekarboksilacije različitih organskih kiselina. Amonijak jednim dijelom potječe od deaminacije aminokiselina, a drugim dijelom od hidrolize mokraćevine (*uree*) prikazane formulom 1.



urea

amonijak

Formula 1

Intenzitet stvaranja plinova ovisi o režimu hranjenja i količini uzete hrane (količina plina u buragu raste do 90 minuta iza obroka), a sastav hrane bitno ne utječe na količinu nastalog plina.

15.1.5. Uloga mikroflоре u probavi i metabolizmu bjelančevina

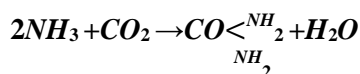
Mikroflora buraga sadrži i enzime za proteolitičku aktivnost (razgradnju bjelančevina do oligopeptida i aminokiselina). Ti enzimi mogu biti smješteni na površini bakterije i razgrađuju molekule bjelančevine u neposrednoj blizini bakterije (*egzoenzimi*) ili unutar stanice same bakterije (*endoenzimi*), a koji razgrađuju peptide do aminokiselina unutar bakterije. Nastale aminokiseline bakterije dalje razgrađuju na dva načina:

1. *deaminacijom* (odcjepljenjem aminoskupine u obliku amonijaka); putem deaminacije oslobađaju se razgradnjom nekih aminokiselina (npr. alanina) niže masne kiseline (octena i propionska)

2. *dekarboksilacijom* (odejpljenjem karboksilne skupine u obliku ugljičnog dioksida); dekarboksilacijom aminokiselina nastaju produkti neugodna mirisa tzv. amini, npr. putrescin iz aminokiseline ornitina; prema tome bakterije za svoj rast i razmnožavanje ne koriste aminokiseline podrijetlom iz hrane, već sintetiziraju nove aminokiseline iz dušika prisutnog u buragu.

Kao pokretna rezerva dušika bakterijama služi mokraćevina (urea). Kontinuirano kruženje dušika zbiva se na relaciji burag – jetra – burag, pa ga i označavamo kao *ruminohepatički* krug dušika ili mokraćevine.

Probavnom djelatnošću mikroflora oslobađa se velika količina dušika u obliku amonijaka. Njegovo znatnije nakupljanje u krvi ili u stanicama izazvalo bi trovanje preživača. Kako bi se to izbjeglo, stanice jetre ga detoksiciraju, povezujući ga s ugljičnim dioksidom u mokraćevinu (prikazano formulom 2):



amonijak urea

Formula 2

Ta sinteza obavlja se u okviru tzv. ornitinskog ciklusa. Na isti način detoksicira se amonijak nastao u stanicama organizma pri *katabolizmu* tjelesnih bjelančevina bilo preživača ili kojeg drugog sisavca. Bitnu razliku između preživača i drugih sisavaca predstavlja činjenica kako je ta sinteza mnogo izdašnija u preživača jer se amonijak oslobađa, osim u stanicama vlastitog organizma i pri probavnoj djelatnosti mikroflora buraga.

Mokraćevina iz stanica jetre prelazi u krv i izlučuje se iz organizma mokraćom. Međutim određeni dio izluči se i u slinu, a dio direktno iz krvi prelazi pri njezinom protjecanju kroz stijenu buraga u njegovu šupljinu. Budući da se slina u velikoj količini slijeva u burag, smatra se kako se ovim putem u burag vraća oko 50 % u jetri *sintetizirane* mokraćevine. Mikroflora buraga iz pristigle mokraćevine u burag *biosintetiziraju* aminokiseline za svoje potrebe rasta i razmnožavanja.

Tako je biosinteza bakterijskih bjelančevina neovisna o aminokiselinskom sastavu hrane koju uzimaju preživači. Iz prethodnog opisa vidljivo je kako bakterije za sintezu vlastitih aminokiselina mogu koristiti neproteinski dušik (NPN) u obliku mokraćevine.

Moderna industrijska proizvodnja iskoristila je ovo saznanje za pojeftinjenje proizvodnje animalne bjelančevine (goveđeg mesa i mlijeka) zamjenom proteinskog dušika neproteinskim tj. mokraćevinom. Međutim, ta zamjena je ograničena kapacitetom jetre za detoksikaciju oslobođenog amonijaka.

Ukoliko koncentracija amonijaka u buragovu soku premaši vrijednost od 176 mg/100 ml nastupa trovanje. Pri hranidbi uz dodatak mokraćevine (do 200 g/dan), u obrok treba unijeti i dovoljno lako probavljivih ugljikohidrata čijom se razgradnjom oslobađaju veće količine ugljikovodičnog kostura. Na njih se veže oslobođeni amonijak te se koncentracija slobodnog amonijaka u buragovu sadržaju umanjuje.

Konačni korisnik složenog mehanizma iskorištenja NPN-a je govedo. Prelaskom sadržaja predželudaca u sirište (pH 2.0 – 4.1) zajedno s *ingestima* prelazi i velika količina bakterija. Bakterijske bjelančevine su visoke biološke vrijednosti (esencijalne aminokiseline), za razliku od biljnih. Preživač zadovoljava svoje potrebe za bjelančevinama i esencijalnim aminokiselinama razgradnjom bakterijskih bjelančevina u svom probavnom traktu do aminokiselina, koje se potom resorbiraju u tankom crijevu. Tako preživač za sintezu vlastitih, tjelesnih bjelančevina koristi bakterijske aminokiseline.

15.1.6. Uloga mikroflore u probavi i metabolizmu masti

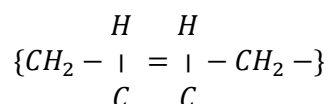
Biljna hrana preživača sadrži različite masne tvari (trigliceride, fosfatide, galaktogliceride i estere sterola). Lipolitički enzimi mikroflore razgrađuju masne tvari na gradivne elemente koji zatim ulaze u proces vrenja.

Razgradnjom triglicerida oslobađa se glicerol koji vrenjem prelazi u propionsku kiselinu i više masne kiseline koje mogu biti resorbirane tek u tankom crijevu zbog obvezne prisutnosti žuči. Ona ih prevodi u kompleks lako topiv u vodi.

Galaktoza oslobođena iz galaktoglicerida također vrenjem prelazi u niže masne kiseline.

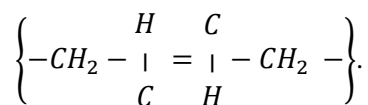
Specifičnost aktivnosti mikroflore u metabolizmu masti sastoji se u sljedećem:

1. višestruko nezasićene više masne kiseline *saturira* (prevodi u zasićene) priključenjem vodika (*hidrogenacija*) na dvostruki vez, npr. trostruko nezasićenu linolensku kiselinu prevode u potpuno zasićenu stearinsku kiselinu
2. *cis*-konfiguraciju nezasićenih masnih kiselina bilja (prikazano formulom 3)



Formula 3

prevodi u *trans*-konfiguraciju (prikazano formulom 4)



Formula 4

3. mikroflora buraga sintetizira više masne kiseline sa neparnim brojem ugljikovih atoma nadograđujući propionsku kiselinu s po dva atoma ugljika (aktivirana octena kiselina) te nastaju više masne kiseline s 15 ili 17 ugljikovih atoma
4. konačno, mikroflora ima sposobnost sinteze viših masnih kiselina s neparnim brojem ugljikovih atoma i razgranatim lancem (isti način kao i opis pod točkom 3.), ali kao sirovinu koristi niže masne kiseline s razgranatim lancem (izo-maslačna; izo-valerijanska i 2 metil-maslačna); navedene niže masne kiseline nastaju deaminacijom aminokiselina s razgranatim lancem (valin, leucin i izoleucin).

Prema tome, preživači i nepreživači razlikuju se u sastavu tjelesne spremišne masti i mliječne masti u pobrojanim specifičnostima nastalim aktivnim djelovanjem simbiotski razvijene mikroflore buraga.

15.1.7. Uloga mikroflore u sintezi vitamina

Mladi preživaci do potpunog razvitka *mikroflore* u buragu ovisni su o primanju vitamina B-kompleksa i K vitamina iz hrane. Odrasli preživaci, naprotiv, neovisni su o njihovu primanju u hrani. Mlijeko preživača izuzetno je bogato navedenim vitaminima zahvaljujući prisutnoj mikroflori.

15.1.8. Uloga mikrofaune u probavi i metabolizmu

Mikrofauna također ima udjela u probavi i metabolizmu ugljikohidrata, bjelančevina i masti, ali u nešto manjem obujmu od *mikroflore*. Značajna uloga *mikrofaune* je u intenzitetu rasta mlade životinje, kao i u boljoj iskoristivosti NPN-a (mokraćevine).

15.2. Probava u sirištu

Sirište predstavlja žljezdani dio složenog želuca te je po svojoj histološkoj građi sličan jednostavnom želucu. Kemijska reakcija sirišnog soka umjereno je kisela i pH iznosi 2,0 – 4,1. U sirišnom soku prisutni su od enzima pepsin, a u teladi i kimozin (enzimatska razgradnja mlijeka).

Fiziološki, sirište nije nikad prazno. U njega neprestano dotječe sadržaj iz predželudaca te otječu *ingesta* u tanko crijevo. Zadržavanje hrane u sirištu je kratko jer je dovoljno usitnjeno za enzimatsko djelovanje probavnog soka crijeva.

Psihička sekrecija probavnog soka u preživača nije uočena.

16. PROBAVA U TANKOM I DEBELOM CRIJEVU

16.1. Probava u tankom crijevu

U tankom crijevu obavlja se intenzivna probava. Ona uključuje hidrolitičku razgradnju ugljikohidrata, bjelančevina i masti na gradivne elemente topive u vodi, pripremljene za resorpciju i upotrebne za organizam. Ujedno se i proces same resorpcije zbiva u tankom crijevu.

Probavni procesi u tankom crijevu rezultat su usklađenog djelovanja probavnog soka crijeva i gušterače te žučni jetre.

16.1.1. Probavni sok gušterače

Gušterača je probavna žlijezda od višestrukog značaja za organizam. Gušteračin probavni sok je bistra, alkalna tekućina (pH 7 – 9), sastavljena od dvije faze sekreta:

1. tekuće faze – visoka koncentracija otopljenih bikarbonata i niska koncentracija otopljenih klorida
2. organske faze – enzimi gušterače.

Probavni sok gušterače razgrađuje ugljikohidrate, proteine i masti.

Proteolitičku djelatnost gušteračinog soka nose enzimi tripsin i kimotripsin koji razgrađuju proteine do peptona i peptida. Kimotripsin obavlja i koagulaciju mlijeka.

Zbog prisustva amilaze u probavnom soku gušterače i značajne amilolitičke aktivnosti gušteraču nazivaju i trbušnom žlijezdom slinovnicom.

Amilolitičkom djelatnošću škrob se razgradi do maltoze koju hidrolitički razgradi maltaza gušterače u dvije molekule glukoze.

Lipolitička aktivnost gušteračinog soka obuhvaća djelovanje pankreasne lipaze samo na površinu masnih kapljica jer su masti u vodi netopive. Soli žučnih kiselina smanjuju površinsku napetost između vode i masti te tako potpomažu emulgiranje masti (razbijanje u sitne kapljice). Osim toga aktiviraju i pankreasnu lipazu koja hidrolizira masti u glicerol i više masne kiseline, a sterole u odgovarajuće alkohole i više masne kiseline.

Gušterača trenutno luči sok kao reakciju na prelaz *himusa* iz želuca u duodenum. Poticaj za njezino lučenje dopijeva *humoralnim* putem (krvlju). U dodiru s želučanom kiselinom epitelne stanice duodenuma izluče hormone sekretin i pankreozimin koji krvlju stignu u gušteraču i potaknu je na lučenje probavnog soka.

Gušterača također izlučuje hormone inzulin i glukagon, oni održavaju stalnu razinu krvnog šećera.

16.1.2. Žuč jetre

Žuč kao *sekret* jetrenih stanica ima važnu ulogu u crijevnoj probavi, ali isto tako predstavlja i *ekskret* jer sadrži tvari koje kao krajnji produkt metabolizma putem žuči, preko crijeva, napuštaju organizam. Sastav žuči prema tome predstavlja smjesu *sekreta* i *ekskreta*, žučnih kiselina i žučnih boja, kolesterol lecitina, elektrolita i proteina u neznatnim količinama. Blage je alkalične reakcije (pH = 7.68 – 8.15). Žučne kiseline fiziološki su najznačajniji sastojak žuči i daju joj karakter *sekreta*. One su „kombinirano vezane“ kiseline, spojevi nedušičnih žučnih kiselina s glikokolom (najjednostavnijom aminokiselinom) odnosno taurinom (aminoetil-sulfonskom kiselinom).

Žučne kiseline imaju važnu ulogu u probavi bjelančevina i masti te resorpciji masti. One olakšavaju djelovanje tripsina sprečavajući djelovanje pepsina. Povećavajući disperzitet koloida u crijevnom sadržaju, povećavaju površinu bjelančevina na koju tripsin tada lakše djeluje. Značajnija uloga žučnih kiselina je u probavi masti. One aktiviraju pankreasnu lipazu, vežu se s masnim kiselinama stvarajući stabilne emulzije. Također aktiviraju enzim kolesterinesterazu koja omogućuje esterifikaciju, a time i resorpciju masnih kiselina.

Žučne boje su fiziološki beznačajne, a podrijetlo vuku od raspalih crvenih krvnih tjelešaca.

Crveni bilirubin i njegov oksidativni proizvod (dva atoma H manje) zeleni biliverdin određuju boju žuči. Prostetična grupa hemoglobina (hem) gubi željezo raspadanjem porfirinskog prstena. Bilirubin poput hemoglobina posjeduje četiri pirolna prstena porfirina, ali u otvorenom lancu, ne više prstenasto raspoređena.

Bakterije crijeva reduciraju (vežu 4 H-atoma) bilirubin u mezobilirubin iz kojeg daljnjom redukcijom nastaje urobilinogen (mezo-bilirubinogen). On se dijelom resorbira u debelom crijevu i krvlju dopijeva u jetru te se iz organizma izlučuje mokraćom (daje boju mokraći). Oksidacijom urobilinogena (oduzimanjem 2 H-atoma) nastaje urobilin. Njegovom jačom redukcijom (vezanjem 4 H-atoma) nastaje sterkobilin koji daje boju izmetu.

Domaći sisavci se međusobno razlikuju po boji žuči, sadržaju žučnih kiselina te posjedovanju i funkciji žučnog mjehura, što pregledno prikazuje tablica 8.

Lučenje žuči ovisi o protoku krvi kroz jetru (stanice jetre traže puno kisika), o tome probavlja li životinja hranu ili ne, o sastavu unijete hrane te o enterohepatičnom (crijevno-jetrenom) kruženju žučnih soli (soli žučnih kiselina) čiji se aktivni proces zbiva u ileumu.

Jetrene stanice kontinuirano proizvode žuč, nešto smanjeno pri gladovanju i spavanju, a pojačano tijekom probave. Glavni sekrecioni poticaj stiže humoralnim putem (sekretin), a izazivaju ga *holagogene* tvari (žuč i žučne soli u crijevima, raspadni produkti bjelančevina, masne kiseline, solna kiselina).

Tablica 8: Žučni mjehur i kvaliteta žuči u domaćih sisavaca

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Boja žuči</i>	<i>Prevladavajuća žučna kiselina</i>	<i>Žučni mjehur i funkcija</i>
<i>Konj</i>	smeđezelena (biliverdin)	glikokolna	nema
<i>Preživači</i>	tamnozeleno (bilirubin i biliverdin)	taurokolna	spremnik i regulacija tlaka u žučovodu
<i>Svinja</i>	smeđežuta (bilirubin)	glikokolna	rezervoar i regulacija tlaka u žučovodu
<i>Mesožderi</i>	zlatnožuta (biliverdin)	taurokolna	rezervoar i koncentrira žuč 5-10 puta

16.1.3. Crijevni sok

U tankom crijevu dovršava se probava hrane uz pomoć probavnog soka gušterače i žuči jetre. Solna kiselina želučanog *himusa* veže se s bikarbonatima i karbonatima crijevnog soka, pri čemu se oslobađa natrijev klorid i ugljični dioksid koji se resorbiraju u krv.

U mesoždera prispjeli želučani sok u duodenumu neutralizira se vrlo brzo, a u biljoždera neutralizacija želučanog soka, uz pojavu alkalnog karaktera, nastupa tek u distalnim dijelovima tankoga crijeva.

Razne žlijezde submukoze tankog crijeva proizvode crijevni probavni sok – bezbojnu, sluzavu i mutnu tekućinu od prisutnih leukocita i odljuštenih stanica epitela sluznice crijeva.

Elektrokemijska reakcija kreće se od blago kisele reakcije duodenuma (pH = 6.7), preko jejunuma blago alkalnog (pH = 8.7) do neutralnog ileuma (pH = 7.0).

Od anorganskih tvari u sadržaju crijevnog soka prevladavaju pored klorida, karbonati i bikarbonati. Organski dio čine enzimi (peptidaze, nukleaze i nukleotidaze, disaharaze i lipaze) koji dovršavaju hidrolitičku razgradnju kemijski i fizikalno prethodno promijenjene hrane. Laktazu nalazimo samo kod sisajuće mladunčadi te kod odraslih životinja kod kojih je nastavljena hranidba mlijekom ili primaju laktozu u hrani.

Lučenje crijevnog soka stimuliraju lokalni mehanički podražaji (prisustvo hrane u duodenumu) i kemijsko-humoralni podražaji (solna kiselina, razgradni produkti bjelančevina, ugljikohidrata i masti) koji aktiviraju sekretin duodenalne sluznice. Kao gastrointestinalni hormon koji stimulira lučenje crijevnog soka humoralnim putem, navodi se enterokrinin čije lučenje potiču proizvodi probave hrane. Živčani put stimulacije (n. vagus) lučenja crijevnog soka nema većeg fiziološkog značenja.

U biljoždera probavni kanal nikad nije prazan te je lučenje crijevnog soka kontinuirano (stalno), a u mesoždera je diskontinuirano (periodično). Crijeva mesoždera nisu stalno ispunjena sadržajem te i lučenje crijevnog soka započinje želučanim pražnjenjem u duodenum tankog crijeva.

Bjelančevine se u tankom crijevu razgrade do aminokiselina. Nukleoproteidi se razgrade do fosforne kiseline i nukleozida.

Ugljikohidrati se razgrade do glukoze, osim celuloze.

Masti se probavljaju prvenstveno djelovanjem pankreasne lipaze uz prisustvo žuči, a djelovanje crijevne lipaze je od minimalnog značenja.

16.1.4. Pokreti tankog crijeva

Pokreti tankog crijeva su autonomni, nezavisni od centralnog živčanog sustava. Pomoću njih hrana se miješa i provodi kroz tanko crijevo.

Miješanje hrane obavlja se ritmičkim segmentacionim i pendularnim pokretima potpomognutim promjenom tonusa crijevne muskulature, a provođenje hrane kroz crijevo realizira se peristaltičkim pokretima.

Na različitim dijelovima tankog crijeva istovremeno nastaju kontrakcije cirkularne (prstenaste) muskulature stijenke crijeva. Na taj način crijevo i sadržaj u njemu podijeli se na određeni broj dijelova (segmenta). Poslije kratkog vremena te kontrakcije prestaju i pojave se na drugim dijelovima crijeva. Sadržaj u svakom segmentu pomiče se od suženja prema opuštenom središnjem dijelu. Ritam ovih segmentacionih pokreta brži je u duodenalnom nego li u cekalnom dijelu crijeva. Tijekom probave segmentacioni pokreti mogu trajati više sati.

Kontrakcijom uzdužne muskulature stijenke segmenta nastaju pendularni pokreti kojima se segmenti pokreću lijevo-desno, kao da se njišu. Kombinacijom ovih dvaju tipova pokreta tankog crijeva sadržaj se izdašno miješa, a omogućuje se i bolji kontakt sadržaja i crijevnih resica prilikom resorpcije. Pokretima miješanja sadržaj se dugo zadržava u istom dijelu crijeva.

Pomicanje sadržaja uzduž crijeva ka izlaznom crijevnom otvoru potpomažu peristaltički (valoviti, transportni) pokreti. Peristaltički pokreti nastaju refleksno pri mehaničkom podražaju crijevne sluznice (crijevni sadržaj, plinovi, zatezanje crijevne stijenke i dr.). U stvaranju peristaltičkog vala sudjeluje uglavnom prstenasta muskulatura crijevne stijenke.

Autonomni živčani sustav ima utjecaja na pokrete crijeva, npr. vagus ubrzava pokrete, a simpatikus usporava. Psihička stanja također djeluju na pokrete crijeva, npr. strah ih ubrzava.

Peristaltički pokreti uglavnom su usmjereni kaudalno (prema anusu), a kod mesoždera se mogu javiti antiperistaltički valovi (oralno usmjereni). U povraćenom sadržaju tada se može naći i crijevnog sadržaja iz distalnih dijelova crijeva, pa čak i izmet. Aperistaltiku ili mirovanje crijeva nalazimo za vrijeme intrauterinog razvoja. Uzrok tome je fetalna krv bogata kisikom, a siromašna ugljičnim dioksidom koji inače djeluje poticajno na vagus, stimulirajući crijevne pokrete.

16.2. Probava u debelom crijevu

Kod mesoždera probavni procesi u debelom crijevu su neznatni.

U biljoždera, posebno u konja, ti procesi su znatni te se oko 25 – 30 % hranjivih tvari iskorištava u debelom crijevu. Djelomično razorena mehaničkim pokretima (žvakanje), celulozna stijenka još uvijek oblaže veći dio biljnih stanica koje nedirnute dospijevaju u debelo crijevo.

U slijepom crijevu konja obitavaju bakterije koje razlažu celuloznu stijenku i potpomažu razgradnju bjelančevina. Razlika između konja i preživača koji na istovjetan način dolaze do hranjivih sastojaka je u tome što se u konja fermentaciona komora nalazi na kraju, a u preživača na početku probavnog trakta. Zbog toga konj slabije iskorištava hranu jer se biljne stanice oslobođene od celulozne stijenke ne mogu podvrći djelovanju probavnih sokova želuca i tankog crijeva, već samo procesima bakterijskog mliječno-kiselog vrenja.

Bakterijskom razgradnjom bjelančevina (truljenjem) oslobađaju se otrovni proizvodi (fenol, indol i skatol-sumporne kiseline) koje organizam detoksicira u jetri i izlučuje mokraćom. Mikroflora slijepoga crijeva osim toga sintetizira vitamine B-kompleksa i vitamin K.

Sadržaj debeloga crijeva progresivno postaje hipotoničan u odnosu na plazmu uslijed smanjenja koncentracije natrijevog klorida, ukupnog ugljičnog dioksida, nižih masnih kiselina i amonijaka kaudalno od slijepoga crijeva te nastupa izvlačenje vode (dehidriranje) iz sadržaja debelog crijeva.

16.2.1 Pokreti debelog crijeva

Prelaz *himusa* iz tankog crijeva u debelo obavlja se periodično, popuštanjem ileocekalnog sfinktera. U mesoždera su pokreti debelog crijeva slični onim u tankom crijevu. Bitnu razliku čine *antiperistaltički* pokreti debelog crijeva koji pomiču *himus* oralno tj. vraćaju ga iz kolona opet u slijepo crijevo. Uloga ovog vraćanja je dulje zadržavanje sadržaja crijeva čime se osigurava potpunija resorpcija vode.

Prvo nastaju pokreti miješanja (segmentacioni i pendularni), *antiperistaltički* i slabi *peristaltički* pokreti, a tek nakon dva do četiri sata nastaju snažni *peristaltički* pokreti koji potiskuju sadržaj prema rektumu (završno ravno crijevo).

16.2.2. Izmet i pražnjenje rektuma

Himus tankog crijeva postupno se pretvara u izmet u debelom crijevu.

Izmet tvore:

1. neprobavljeni sastojci hrane (keratin, dlaka, perje, kosti, celulozna vlakna)
2. probavljivi, ali neprobavljeni sastojci hrane
3. probavljeni, ali neresorbirani sastojci hrane (masne kiseline, sapuni, lipoidi, aminokiseline)
4. bakterije i proizvodi njihovog djelovanja (fenol, indol, skatol, niže masne kiseline) te
5. ekskrecioni proizvodi crijeva (enzimi, sastojci žuči i njihovi derivati, mineralne tvari, voda, sluz, odljuštene epitelne stanice crijeva).

Prvi izmet novorođenčeta (*mekonium*) tvore *ekskreti* crijeva i sokovi probave (voda, sluz, žučni sastojci, masne kiseline, sapuni, soli). Zelenkastosmeđe je boje i bez fekalnog mirisa jer u probavnom traktu nije razvijena mikroflora.

Vrsne specifičnosti:

Dnevna količina izmeta ovisi o kvaliteti i količini pojedene hrane i iznosi:

u psa	50 – 150 gr
u svinje	0,5 – 3 kg
u ovce	1 – 3 kg
u konja	15 – 23 kg i
u goveda	15 – 35 kg.

Pražnjenje rektuma ili defekacija refleksno nastaje mehaničkim podraživanjem stijenke rektuma uz pojavu snažne *peristaltike* i istovremeno opuštanje analnih sfinktera. *Defekacija* može biti potpomognuta istovremenom kontrakcijom ošita i trbušne muskulature koji povećavaju tlak u trbušnoj šupljini i na taj način pridonose pražnjenju rektuma.

Mesožderi zauzimaju karakterističan, pogrbljeni stav, a ostali domaći sisavci *defeciraju* u svakom položaju pa čak i u pokretu.

Pražnjenje rektuma obavlja se periodično, a ovisi o količini i kvaliteti uzete hrane, o tijeku probave, jačini *peristaltike*, fizičkom kretanju i dr.

Biljožderi *defeciraju* češće od mesoždera, konji svaka 2 – 4 sata, goveda još češće, a mesožderi ovisno o broju dnevnih obroka (1 – 2 puta).

17. PROBAVA U PERADI

Probava u peradi ima isti zadatak kao i u sisavaca, ali razlike ostvarenja tog zadatka proistječu iz morfološko-anatomskih specifičnosti građe probavnog trakta peradi.

17.1. Probava u usnoj šupljini

Ptice nemaju zube te zbog toga hranu gutaju neusitnjenu. U usnoj šupljini imaju mukozne žlijezde koje izlučuju mnogo sluzavoga sekreta, on olakšava gutanje zrnojednim pticama (*granivora*).

Ptice nemaju ni meko nepce (osim goluba). Podizanjem glave, ptice koje nemaju meko nepce, tjeraju zalogaj hrane da zbog vlastite težine sklizne niz ždrijelo u jednjak. Slina je u peradi, za razliku od sisavaca, slabo kisele reakcije ($\text{pH} = 6.7$) i sadrži enzim *amilazu* čija je aktivnost posebno izražena u gusaka.

17.2. Uloga voljke u probavi

Vrećasto proširenje prednje stijenke jednjaka nazivamo volja ili voljka. Fiziološko značenje voljke je u smislu spremnika hrane u kojem se hrana natapa jer je želudac u ptica premalog kapaciteta. Kemijska reakcija voljke je kisela i pH iznosi 5.0.

Suha, brašnasta hrana duže se zadržava u volji od one u zrnu. Kontrakcijama voljke sadržaj se potiskuje u žljezdani dio želuca.

17.3. Uloga žljezdanog dijela želuca u probavi

Žljezdani želudac je kod zrnojednih ptica nastavak distalnog dijela jednjaka i otprilike odgovara fundusnom dijelu želuca nepreživača.

Izlučuje probavni sok umjereno kisele reakcije ($\text{pH} = 3.0 - 4.5$) kojeg čine solna kiselina i pepsin.

Želučana probava izostaje zbog nedovoljne pripremljenosti i kratkog zadržavanja sadržaja u žljezdanom dijelu želuca.

17.4. Uloga mišićnog želuca (mlina) u probavi

Unutrašnjost mišićnog želuca presvučena je rožnatom *kutikulom* koja predstavlja stvrdnuti sekret žlijezda mišićne stijenke. Zrnojednim pticama, uz ulogu rožnate *kutikule* i snažne mišićne stijenke, iskorištavanje zrnate hrane povećava i prisutnost kamenčića u mišićnom dijelu želuca.

Kamenčići od kvarca imaju samo mehaničku ulogu usitnjavanja, a krečnjaci su i izvor kalcija potrebnog organizmu. Važnost ovih kamenčića vidi se i u smanjenom trošenju hrane za 1/3 do 1/4 u peradi koja ih posjeduje u odnosu na onu koja ih nema u svom želucu.

17.5. Probava u tankim crijevima

U tankim crijevima, kao i u proksimalnim dijelovima probavnog trakta, kemijska reakcija je kisela ($\text{pH} = 6.0$). Unatoč nepovoljnom pH , proteolitička aktivnost pepsina (optimum djelovanja $\text{pH} = 1 - 2$) i enzima gušteračinog soka (optimum djelovanja $\text{pH} = 7 - 9$) je vrlo intenzivna, zahvaljujući višoj tjelesnoj temperaturi peradi koja povećava aktivnost enzima.

17.6. Žuč

Žuč peradi istovjetnog je sastava kao i žuč sisavaca, kisele reakcije (pH oko 6.0) te sadrži enzim amilazu.

17.7. Probavni sok gušterače

Blago je alkalična reakcija probavnog soka gušterače peradi i sadrži iste enzime kao i onaj u sisavaca, osim enzima laktaze.

17.8. Probava u debelom crijevu

Perad od debelih crijeva ima samo parna slijepa crijeva i rektum. Kemijska reakcija debelih crijeva je blago kisela (pH = 6 – 7).

U slijepim crijevima nalazi se mikroflora koja uz ostale komponente sadržaja može razgraditi i celulozu.

Slijepa crijeva u peradi imaju istu ulogu i važnost koju imaju predželuci za preživače, odnosno slijepo crijevo za konja. Osim toga, u njima se resorbiraju niže masne kiseline, a mikroflora sintetizira vitamine B-kompleksa.

Slijepa crijeva su ispunjena čokoladastim, homogenim sadržajem, kašaste konzistencije koji se potiskuje u rektum peristaltičkim i antiperistaltičkim valovima slijepih crijeva.

18. RESORPCIJA

Poznavajući anatomsku i histološku građu organa te podrazumijevajući pod procesom resorpcije prelazak različitih tvari kroz slojeve stanica u krv i limfu, možemo ustvrditi kako su sva tkiva sposobna za resorpciju (koža i sluznice, potkožno vezivno tkivo, serozne membrane, mišićno tkivo i dr.).

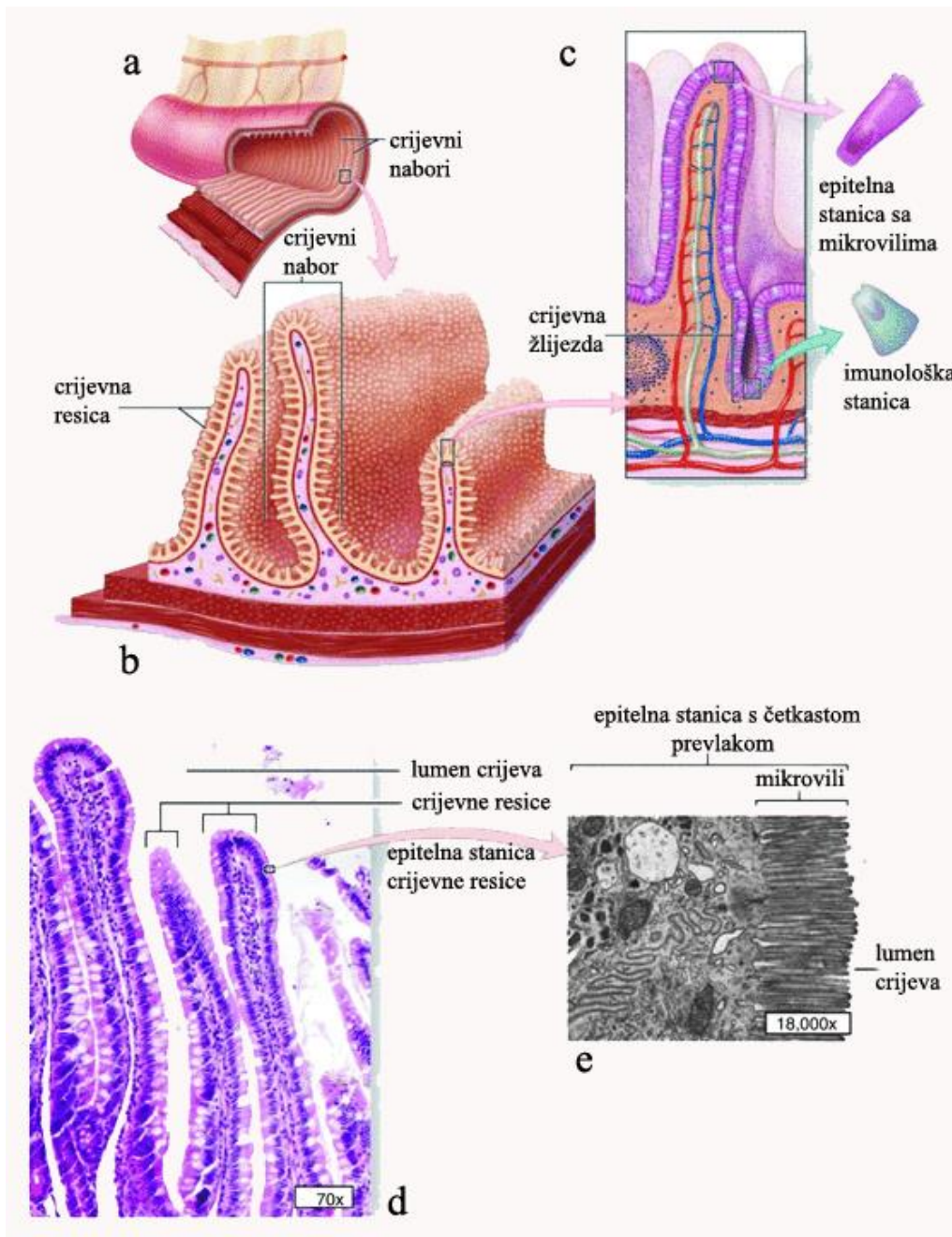
U okviru fiziologije probave pojam resorpcije odnosi se na prelazak probavljenih sastojaka hrane u krv ili limfu kroz sluznicu probavnog trakta.

18.1. Resorpcijska površina gastro-intestinalnog trakta

Resorpcija određenih tvari obavlja se u ustima, predželucima, želucu te tankim i debelim crijevima. Količina resorbiranih tvari kroz sluznice navedenih dijelova probavnog sustava varira, zavisno o veličini aktivne resorptivne površine, tipu resorpcijskog mehanizma te prisutnosti i omjeru sastojaka hrane koji stimulativno ili inhibitorno utječu na resorpciju.

Resorptivna površina sluznice usta i želuca te debelih crijeva zanemariva je u odnosu na veličinu aktivne resorptivne površine tankih crijeva (Sl. 140 a).

Mnogobrojni kružni nabori sluznice tankog crijeva (Sl. 140 b) utrostručuju, a milijuni razasutih crijevnih resica (Sl. 140 e) još desetostruko povećavaju njezinu resorptivnu površinu. Crijevne epitelne stanice (Sl. 140 d) nose četkastu prevlaku – mikrovili (Sl. 140 c, d), a ona još 20 puta povećava površinu kojoj je izložen crijevni sadržaj. Kombinacijom svega navedenog, resorpcijsko područje sluznice tankoga crijeva uvećano je oko 600 puta, što odgovara površini od 250 m², odnosno površini teniskog igrališta.



Slika 140: Morfološka struktura resorptivne površine tankoga crijeva

a Isječak tankog crijeva; b crijevni nabor sluznice tankog crijeva; c epitelna stanica crijevne resice s četkastom prevlakom; d crijevne resice tankog crijeva; e scanning četkaste prevlake epitelne stanice tankog crijeva.

18.2. Temeljni resorpcijski mehanizmi

Resorpcija u tankim crijevima zasniva se na osnovnim fizičkim načelima prelaska tvari kroz membranu, a to su difuzija i aktivni transport.

Difuzija označava prijenos tvari kroz membranu kao kretanje molekula u smjeru elektrokemijskog gradijenta. Voda se kroz crijevnu membranu kompletno prenosi procesom difuzije, pokoravajući se zakonima obične osmoze. Iz toga proizlazi kako se voda resorbira iz razrijeđenog *himusa* kroz crijevnu sluznicu u krvne žile crijevnih resica.

S druge strane, u aktivnom transportu predaje se energija tvari koja se prenosi kako bi se ona koncentrirala na drugoj strani membrane tj. prenijela u smjeru suprotnom od elektrokemijskog gradijenta.

18.3. Resorpcija vode i anorganskih soli

Crijevna stijenka propusna je za vodu u oba smjera. Ukoliko je *himus* hipotoničan u odnosu na krv, voda prelazi u krvne žile crijevnih resica i obratno, ako je *himus* hipertoničan, voda iz krvne plazme prelazi u *himus*.

Kako se resorbiraju iz crijevne šupljine hranjive tvari, tako opada osmotski tlak *himusa* i automatski se povećava resorpcija vode.

S resorpcijom hranjivih tvari i iona resorbira se istovremeno i određena količina vode, tako da se u tankim crijevima resorbira gotovo 99 % vode (konj i govedo 40 – 60 L vode / 24 sata).

Brzina resorpcije u vodi topivih anorganskih soli ovisi o vrsti prisutnih aniona i kationa, pri čemu se, općenito, brže i više resorbiraju jednovaljani, a manje i sporije dvovaljani ioni.

Većina iona resorbira se aktivnim transportom, a za resorpciju kalcijevih iona nužna je prisutnost iona fosfora i vitamina D. Kloridi se resorbiraju pasivnom difuzijom. U resorpciji željeza sudjeluje bjelančevina transferin koja u slučaju potrebe organizma otpušta željezo u krv.

18.4. Resorpcija hranjivih sastojaka

18.4.1. Resorpcija ugljikohidrata

Ugljikohidrati se resorbiraju u obliku monosaharida, a njihov prijenos kroz crijevnu membranu uglavnom je aktivan proces. Transport je selektivan te je i brzina resorpcije pojedinih monosaharida različita. Najbrže se resorbira galaktoza, slijedi glukoza, a vrlo sporo fruktoza, manoza, ksiloza i arabinoza.

Brzina resorpcije navedenih šećera uvjetovana je kompeticijom za odgovarajući sustav nosača npr. velika resorpcija galaktoze istovremeno znatno smanjuje transport glukoze. Transport glukoze i galaktoze vezan je za prisutnost natrijevih iona, što se naziva "vezani transport ili kotransport". Nosač za glukozu ima receptorsko mjesto i za natrijev ion.

Koncentracija natrijevih iona s obje strane crijevne membrane je pokretačka snaga nosača, odnosno natrij tegli nosač i glukozu kroz membranu.

Fruktoza za razliku od glukoze i galaktoze ne resorbira se aktivnim transportom, već olakšanom difuzijom za koju traži prisutnost specifičnog nosača. U epitelnim stanicama fruktoza se prevodi u glukozu i kao takva otpušta u krv.

18.4.2. Resorpcija bjelančevina

Većina bjelančevina resorbira se u obliku aminokiselina. Izuzetak čini resorpcija neprobavljenih bjelančevina („specifične imuno bjelančevine“ mlijeka) kod netom rođenih životinja prvih 12 – 36 sati života. Te bjelančevine nedirnute prelaze u krv tvoreći pasivnu zaštitu od bolesti, istovremeno ne ugrožavajući život mladunčeta specifičnom antigen-antitijelo reakcijom.

Aminokiseline se resorbiraju pomoću sustava nosača, uz istovremenu resorpciju natrijevog iona po istim načelima kao i kod resorpcije glukoze.

Brzina resorpcije aminokiselina uvjetovana je njihovom međusobnom kompeticijom i sustavom nosača (sustav nosača za neutralne, kisele, bazične i specifične aminokiseline).

Uz postojanje četiri sustava nosača, najuži izbor ima specifični sustav koji prenosi samo dvije aminokiseline: prolin i hidroksiprolin.

Resorbirane aminokiseline kao i monosaharidi, iz crijevnih stanica olakšanom difuzijom, prelaze u portalnu krv (krv koja odvodi resorbirane tvari u jetru).

18.4.3. Resorpcija masti

Hidrolitičkom razgradnjom masti u probavnom kanalu oslobađaju se monogliceridi i slobodne masne kiseline koje se zatim otapaju u masnom dijelu micela žučnih soli. Zbog svojih specifičnih svojstava micela su topive u *himusu*. Uloga micela žučnih soli je transport monoglicerida i masnih kiselina do epitelnih stanica crijevne sluznice u čijoj se membrani otapaju i prelaze u stanicu, a micela žučnih soli vraćaju se u *himus* po nove monogliceride i masne kiseline.

U epitelnoj stanici monogliceridi i masne kiseline ponovno se pretvore u trigliceride enzimatskom reakcijom uz utrošak energije (ATP). Stvoreni trigliceridi skupljaju se u kapljice zajedno s resorbiranim kolesterolom i fosfolipidima.

Fosfolipidi se u kapljicu ugrađuju tako da su masnim dijelom okrenuti prema središtu, a polarnim prema površini. Nabijenost površine omogućuje miješanje kapljice sa staničnom tekućinom. Dio površine svake kapljice pokrije i mala količina β -lipoproteina koji nastaje u endoplazmatskom retikulumu epitelne stanice.

Takvu kapljicu nazivamo *hilomikron*, a on egzocitozom napušta stanicu i prelazi u limfu centralnog limfnog sinusa crijevne resice.

Limfa preko duktusa toracikusa otprema *hilomikrone* do velikih vratnih vena gdje se izljevaju u krv. Male količine kratkolančanih masnih kiselina (maslačna kiselina) resorbiraju se izravno u portalnu krv jer su lako topive u vodi te izravnom difuzijom iz epitelnih stanica prelaze u krvne kapilare crijevnih resica.

18.5. Resorpcija u debelom crijevu

Sluznica debelog crijeva ima veliki kapacitet aktivne resorpcije natrija, a on povlači za sobom kloride. Osim toga, sluznica debelog crijeva aktivno izlučuje bikarbonatne ione za neutralizaciju kiselih produkata bakterijske aktivnosti u debelom crijevu.

Procesom izmjeničnog prijenosa aktivno resorbira iste količine kloridnih iona koliko je izlučila iona bikarbonata.

Resorbirani natrijski i kloridni ioni stvaraju osmotski gradijent koji uzrokuje resorpciju vode kroz sluznicu debelog crijeva.

19. ISKORIŠTAVANJE UGLJIKOHIDRATA, MASTI I BJELANČEVINA U ORGANIZMU

19.1. Ugljikohidrati

Ugljikohidrat je opisni naziv za spojeve koji sadrže ugljik i vodu.

Dijelimo ih na jednostavne šećere ili monosaharide i složene šećere: oligosaharide i polisaharide.

Aminošećeri su spojevi koji uz ugljik, vodik i kisik sadrže i dušik, a ubrajamo ih također u grupu polisaharida.

19.1.1. Monosaharidi

Prema broju C-atoma u molekuli monosaharida razlikujemo trioze s 3, tetraze s 4, pentoze s 5, heksoze sa 6, heptoze sa 7 C atoma itd.

Aldoze su šećeri koji sadrže aldehidnu grupu.

Fruktoza je monosaharidni šećer sa 6 C-atoma i ima ketogrupu te pripada skupini ketoza.

Izomerni oblik šećera određuje položaj OH grupe do zadnjeg C-atoma koji može biti desni, i označava se kao D-izomer, ili s lijeve strane, i označava se kao L-izomer.

U organizmu prevladavaju šećeri D-konfiguracije.

Optička aktivnost šećera označava se s „+“ za desno odnosno „-“, za lijevo skretajuće šećere.

19.1.2. Disaharidi

Međusobnim povezivanjem dva monosaharida glikozidnim vezom nastaje disaharid. Veza se ostvaruje preko aldehidne ili ketonske grupe jednog monosaharida s aldehidnom, ketonskom ili hidroksilnom grupom drugog monosaharida.

Saharoza nastaje vezanjem aldehidne grupe glukoze s ketonskom grupom fruktoze, laktoza vezanjem aldehidne grupe galaktoze s alkoholnom grupom glukoze, a maltoza nastaje vezanjem aldehida glukoze s alkoholnom grupom druge glukoze.

19.1.3. Polisaharidi

Velik broj međusobno povezanih monosaharida tvore polisaharid.

U životinjskom organizmu ugljikohidratna rezerva u obliku glikogena (oko 30 000 glukoznih jedinica povezanih 1,4 ili 1,6 α -glikozidnim vezom) locirana je u svim stanicama tkiva, a najviše u jetri i u mišićima.

U biljkama ugljikohidratnu rezervu čini škrob kojeg tvore amiloze i amilopektin.

Amiloza je građena od 250 – 300 glukoznih jedinica vezanih 1,4 α -glikozidnim vezom, a amilopektin gradi 1 000 glukoznih jedinica s izraženim grananjem lanaca iza svake 25. molekule glukoze.

Celuloza je polisaharid čije glukozne jedinice međusobno veže 1,4 β -glikozidni vez. Inulin je polifruktozan, građen od jedinica fruktoze vezanih 2,1-vezom.

19.1.4. Lipidi

Kemijsku grupaciju tvari kojima je zajedničko svojstvo netopivost u vodi i izražena topivost u nepolarnim organskim otapalima (eter, kloroform) nazivamo lipidima.

Lipide dijelimo na:

1. Jednostavne lipide:

a. trigliceridi ili neutralne masti.

2. Složene lipide:

a. fosfolipidi

b. glikolipidi i

c. neosapunjive tvari.

1.a. Trigliceridi su jednostavne masti koje sadrže alkohol glicerol čije su hidroksilne grupe esterificirane istom ili različitim masnim kiselinama. Sve masne kiseline u organizmu su zasićene i nezasićene masne kiseline s parnim brojem C atoma. Izuzetak su preživači u kojih, zbog povezivanja nižih masnih kiselina s neparnim brojem C atoma, nalazimo lance s neparnim brojem C atoma u spremišnoj tjelesnoj masti. Višestruko nezasićene linolna, linolenska i arahidonska kiselina za organizam su esencijalne, tj. organizam ih mora primiti hranom. Te višestruko nezasićene masne kiseline, neophodne za pravilan rast organizma, nazivaju se zajedničkim imenom vitamin F.

Talište masti ovisi o odnosu zasićenih i nezasićenih masnih kiselina i o duljini njihova lanca. Talište je niže kod masnih kiselina kraćih lanaca i višestruko nezasićenih.

2.a. Fosfolipidi su sastavljeni od glicerola esterificiranog s dvije masne kiseline, od kojih je jedna nezasićena, i treće fosforne kiseline na koju je vezana jedna dušikova baza. Sastavni su dio staničnih membrana. Njime su osobito bogate stanice centralnog nervnog sustava. Prema dušikovom spoju u njihovu sastavu, fosfolipide dijelimo na:

- a) cefaline (fosfatidil kolamin)
- b) lecitine (fosfatidil kolin) i
- c) fosfatidil-serin.

Ta tri spoja označavamo zajedničkim nazivom fosfogliceridi.

2.b. Glikolipidi su građeni od alkohola sfingozina, masne kiseline i šećera galaktoze. Tu grupu čine cerebrozidi (mozak), sulfolipidi i gangliozidi.

2.c. Neosapunjive tvari imaju opću policikličku strukturu i u ovu skupinu ubrajamo sterole, steroide-kolesterol, žučne kiseline, steroidne vitamine i hormone.

19.1.5. Bjelančevine i neproteinske dušikove tvari

Bjelančevine (proteini) su u organizmu zastupljene u znatnim količinama.

Produkte razgradnje bjelančevina: aminokiseline, ureja, kreatinin, mokraćna kiselina, nukleotidi i niz spojeva, koji su u organizmu zastupljeni u vrlo malim količinama, označavamo kao neproteinske dušikove tvari.

Bjelančevine su sastavljene od aminokiselina međusobno povezanih peptidnim vezovima. Građeni su od ugljika, vodika, kisika, dušika i katkad sumpora, fosfora i raznih metala.

Za bjelančevine je karakteristično da sadrže dušik u konstantnom omjeru od 16 % cjelokupnih bjelančevina.

Prema sastavu, bjelančevine se dijele na jednostavne, izgrađene samo od aminokiselina, i složene ili proteide.

Proteidi u svoju bjelančevinastu strukturu imaju uključenu i neproteinsku ili prostetičnu grupu. Ta grupa određuje naziv proteida npr. lipobjelančevine sadrže lipide, gluko-bjelančevine sadrže ugljikohidrate, a hemobjelančevine sadrže željezo kao prostetičnu grupu.

19.1.6. Uvod u metabolizam

Sve promjene koje se zbivaju na hranjivim tvarima (glukoza, aminokiseline, masne kiseline i glicerol) od ulaska u krv do konačnog iskorištavanja u stanici nazivamo metabolizam.

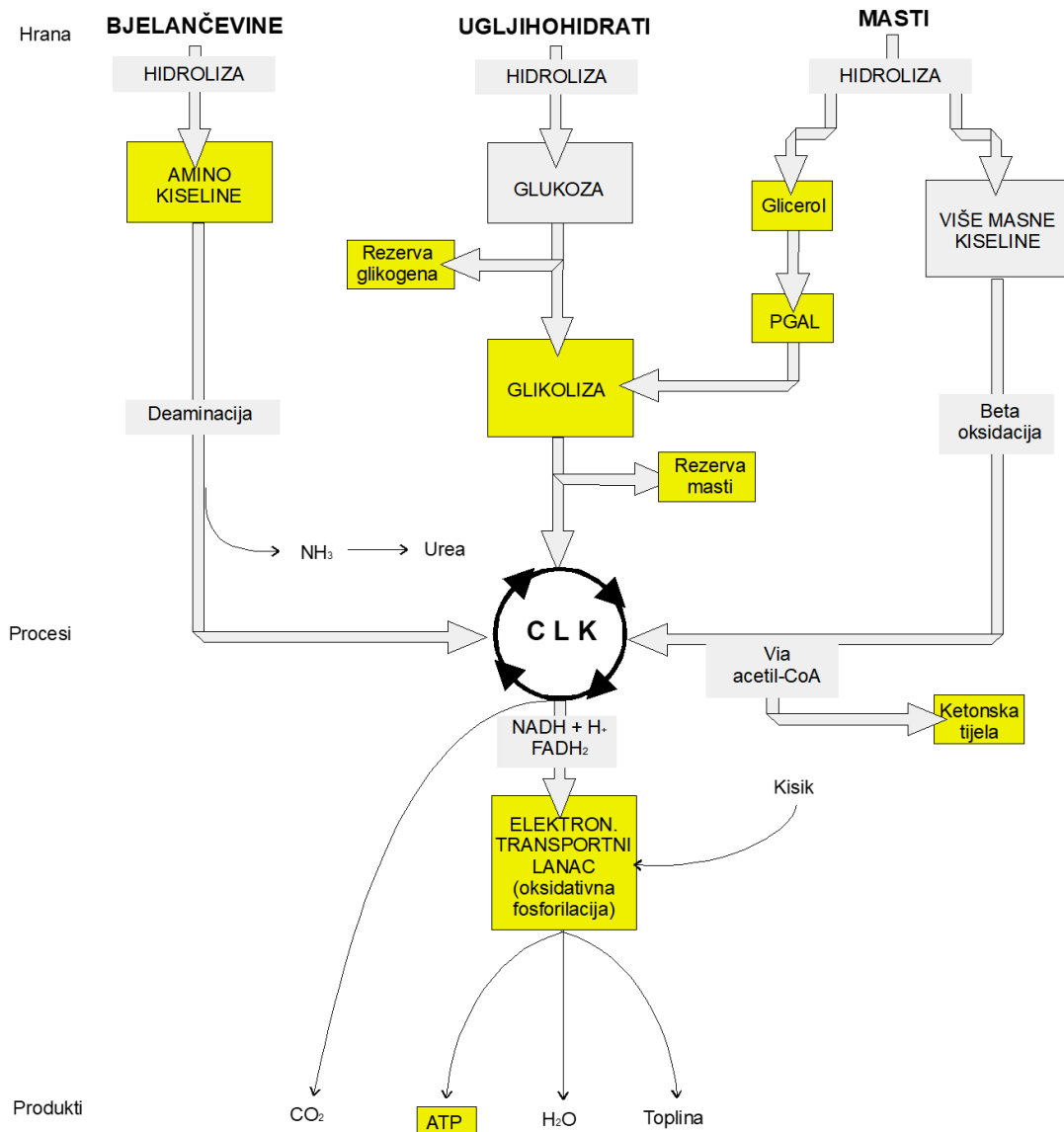
Kod aerobnih organizama energija se iz hranjivih tvari crpi stupnjevito. Na prvom stupnju velike molekule cijepaju se u manje – glukoza, aminokiseline, masne kiseline i glicerol, tijekom probave.

Na drugom stupnju male molekule razgrade se u nekoliko jednostavnih jedinica, od kojih prevladava molekula acetil-Co A, nosač aktiviranih acilnih skupina.

I konačno, treći stupanj, ciklus limunske kiseline (CLK, Krebsov ciklus, ciklus trikarbonskih kiselina) i oksidacijska fosforilacija u kojima se metabolički međuprodukti potpuno oksidiraju do ugljičnog dioksida, vode i energije.

U metabolizmu razlikujemo procese tijekom kojih se u organizmu nešto izgrađuje ili se akumulira energija (*anabolički procesi*) i one u kojima se nešto razgrađuje ili se energija troši (*katabolički procesi*). Skupni prikaz metabolizma bjelančevina, ugljikohidrata i masti s krajnjim rezultatom pregledno prikazuje slika 141.

ZAJEDNIČKI METABOLIZAM BJELANČEVINA, UGLJIHOHIDRATA I MASTI



Slika 141: Shematski prikaz zajedničkog metabolizma ugljikohidrata i masti

19.2. Putevi iskorištavanja glukoze

Resorpcija glukoze i njezino zadržavanje u stanici osiguravaju enzimi iz skupine fosforilaza. Najveći dio resorbirane glukoze odlazi portalnim krvotokom u jetru. Višak glukoze podliježe anaboličkim procesima u jetri, pod nadzorom hormona inzulina. Prevodi se u složeni spoj glikogen koji čini 8 % mase jetre. Taj glikogen osigurava stalnu razinu krvnog šećera, *glikemiju*. Stvaranje glikogena iz glukoze naziva se *glikogeneza*, a razgradnja glikogena na glukozu, *glikogenoliza*.

U mišićnom tkivu skeletne muskulature također se, procesom glikogeneze, stvara „mišićni glikogen“ koji čini 0.5 % mišićne mase.

Svrha glikogeneze je pohraniti u stanici znatnu količinu energije u samo jednoj molekuli, glikogenu (oko 20 000 molekula glukoze). Na taj način neće se bitno utjecati na osmotske prilike u stanici, za razliku od velikog broja molekula glukoze koje bi narušile osmotsku ravnotežu stanice.

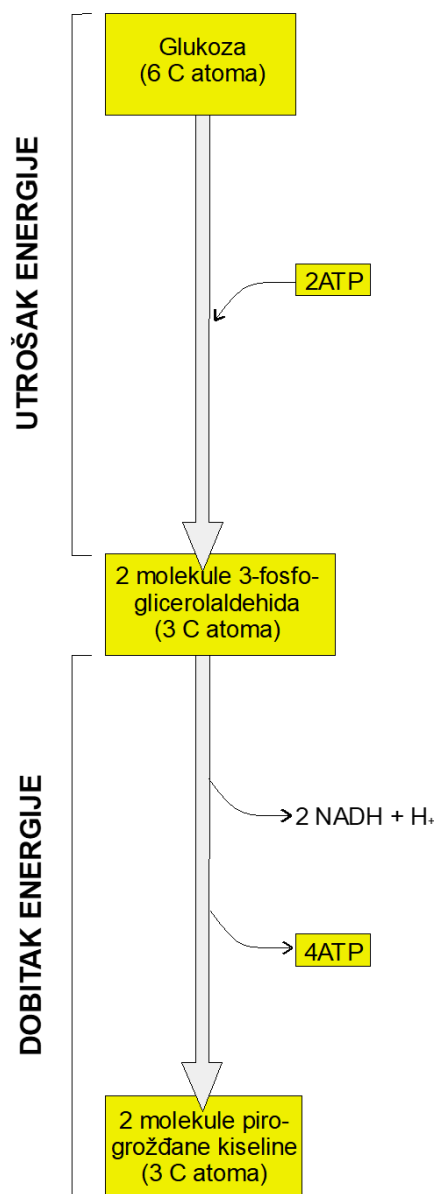
Glukoza može poslužiti i za sintezu jedne grupe složenih bjelančevina koje nazivamo *glukoproteidi*.

Ukoliko organizam primi više glukoze od potreba, suvišak se pretvara u mast.

Katabolički procesi na glukozu, ovisno o uvjetima pod kojim se zbivaju, su dvojaki:

Glikoliza se bez prisutnosti kisika, uz nastanak piruvata odnosno laktata, zbiva pri trenutnoj potrebi organizma za energijom, uz nastanak mliječne kiseline. Jedan dio ovako nastale mliječne kiseline ponovno se u jetri prevodi u glikogen (Sl. 142).

GLIKOLIZA



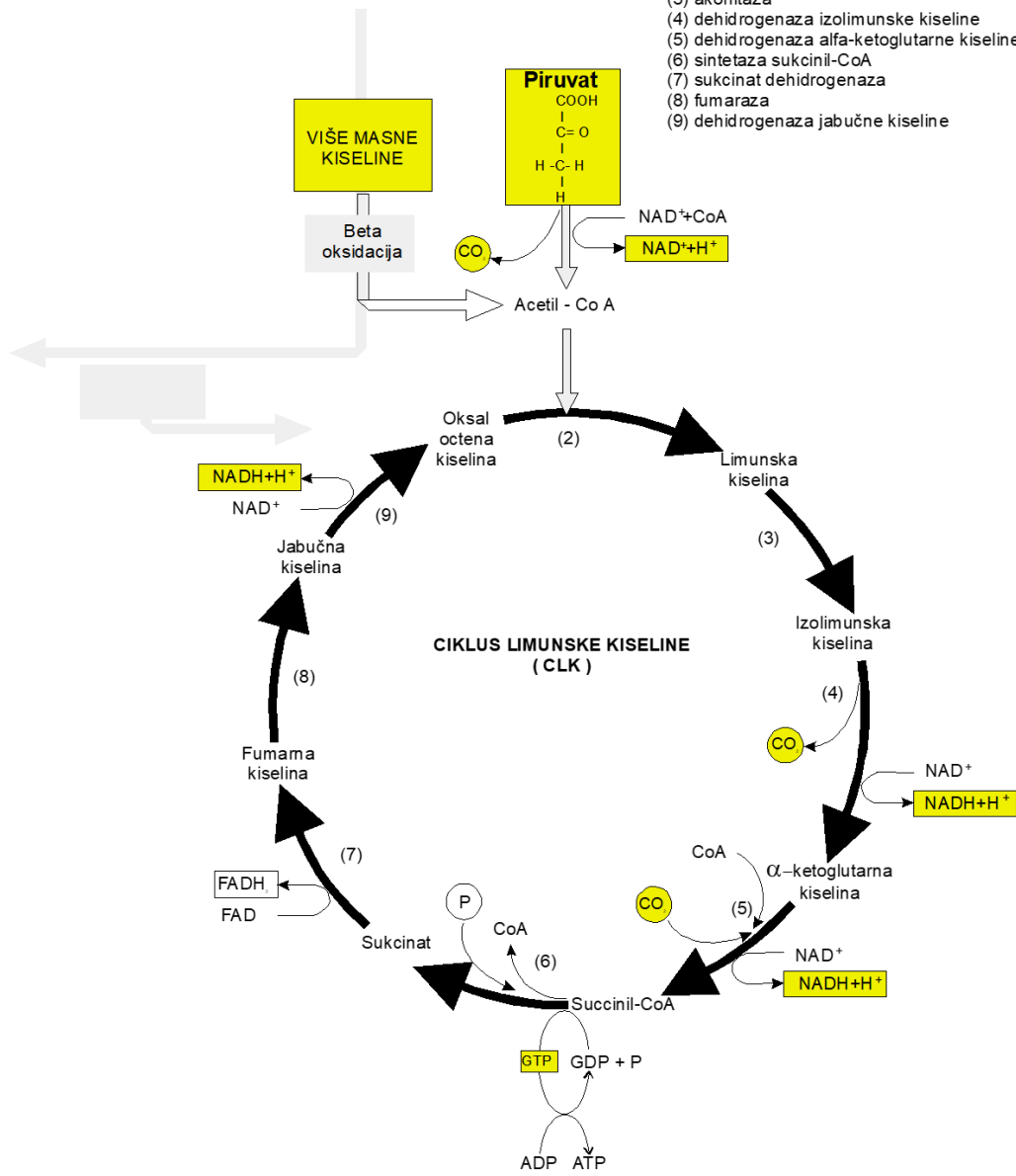
Slika 142: Shematski prikaz glikolize

U prisutnosti kisika dekarboksilacija piruvata nadovezuje se na aerobni katabolički proces glukoze nazvan ciklus limunske kiseline (Sl. 143).

CIKLUS LIMUNSKKE KISELINE (Krebsov ciklus)

Enzimi ciklusa limunske kiseline:

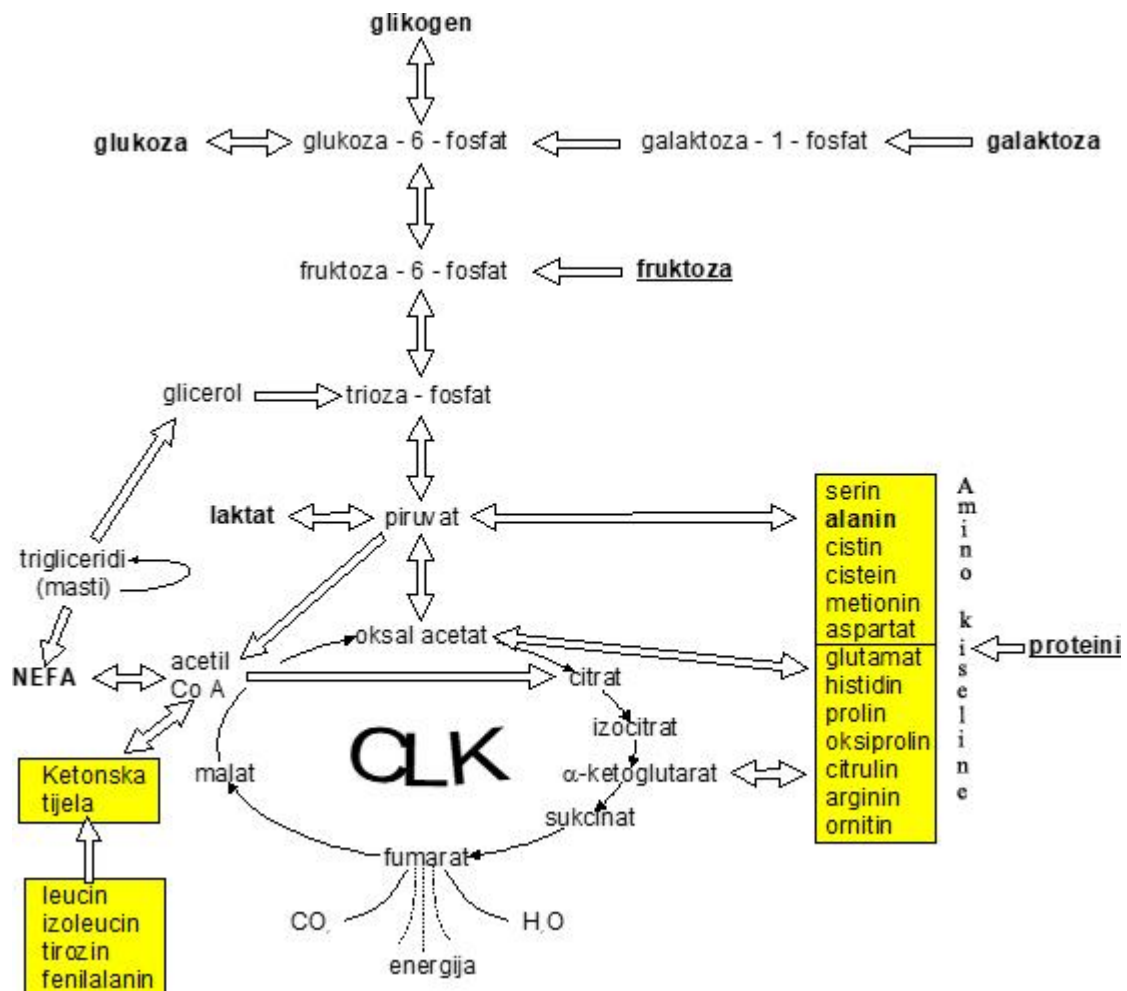
- (2) sintetaza limunske kiseline
- (3) akonitaza
- (4) dehidrogenaza izolimunske kiseline
- (5) dehidrogenaza alfa-ketoglutarne kiseline
- (6) sintetaza succinil-CoA
- (7) sukcinat dehidrogenaza
- (8) fumaraza
- (9) dehidrogenaza jabučne kiseline



Slika 143: Ciklus limunske kiseline

Navedene transformacije glukoze, na molekularnom nivou u stanici, pregledno prikazuje slika 144. Također je uočljiva povezanost metabolizma glukoze (ugljikohidrata) s metabolizmom aminokiselina (bjelančevina) transaminacijom piruvata, oksalacetata i α -ketoglutarata te s metabolizmom masti preko trioza fosfata i piruvata.

Tvorba ugljikohidrata iz neugljikohidratnih tvari: aminokiselina (alanin), niže masne kiseline (propionska) i glicerola naziva se *glukoneogeneza*.



Slika 144: Shematski prikaz puteva iskorištavanja glukoze (NEFA – neesterificirane masne kiseline)

19.3. Putevi iskorištavanja aminokiselina

Aminokiseline nastale razgradnjom složenih bjelančevina hrane, za razliku od glukoze, predstavljaju građevni materijal za biosintezu tjelesnih bjelančevina.

Nakon resorpcije u tankom crijevu, odlaze u jetru. Biosinteza se zbiva u stanicama na ribosomima zrnatog endoplazmatskog retikuluma prema određenom modelu, uz ispunjavanje određenih preuvjeta. Fiksni model prema kojemu se sintetizira svaka tkivna bjelančevina strogo je određen zapisom u dezoksiribonukleinskoj kiselini (DNK).

Temeljni preuvjeti biosinteze su:

- prisutnost svih aminokiselina koje ulaze u sastav dotične bjelančevine
- zastupljenost aminokiselina u dovoljnim količinama i prikladnim količinskim omjerima
- raspoređenost aminokiselina u određeni redoslijed, karakterističan za dotičnu bjelančevinu i
- prisutnost izdašnog izvora energije na mjestu sinteze.

Čimbenici koji određuju intenzitet biosinteze su: genetska osnova, starost i fiziološko stanje organizma, hranidba i endokrina ravnoteža.

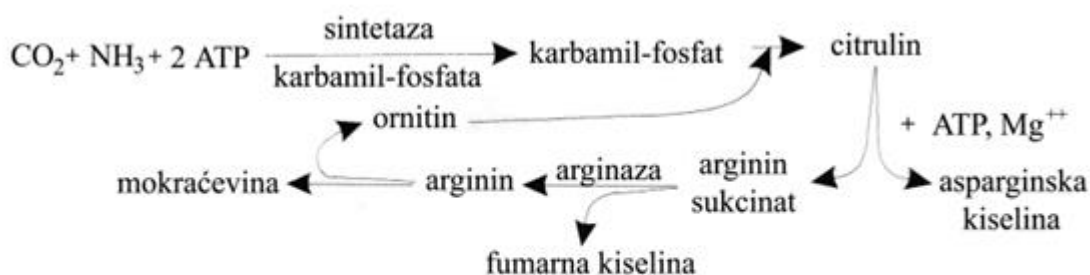
Esencijalne aminokiseline su aminokiseline koje organizam ne može sam stvoriti, već ih mora primiti hranom, a to su: fenilalanin, histidin, izoleucin, leucin, lizin, metionin, treonin, triptofan i valin (9 aminokiselina za sisavce), u odrasle peradi još arginin, a u mlade peradi glicin i cistein.

Tkivni proteolitički enzimi katepsini, koji se nalaze u svakoj stanici, hidrolitičkim putem razgrađuju bjelančevine do aminokiselina.

Katabolički se aminokiseline razgrade putem:

- deaminacije i
- dekarboksilacije.

- Deaminacija se zbiva u jetri i bubrezima, a predstavlja oslobađanje amino skupina, u obliku amonijaka, čije bi gomilanje moglo izazvati trovanje organizma. Stoga se amonijak ciklusom uree ili ornitinskim ciklusom (formula 5) prevodi u netoksičnu ureu koja se izlučuje mokraćom. Ornitinski ciklus pregledno prikazuje shema:



ornitinski ciklus ili ciklus uree (mokraćevine)

Formula 5

Ketokiseline nastale deaminacijom iz aminokiselina mogu se dalje metabolizirati u ciklusu limunske kiseline, uključiti u glukoneogenezu ili lipogenezu, a ketoplastične aminokiseline mogu se metabolizirati kao ketonska tijela.

2. Dekarboksilacijom aminokiselina nastaju biogeni amini (gradivni elementi žive stanice ili tvari određenog fiziološkog djelovanja).

Dekarboksilacijom serina nastaje aminoetilni alkohol kolamin, lipotropni faktor. Dekarboksilacijom tirozina nastaju kateholamini: adrenalin i noradrenalin, hormoni srži nuzbubrežne žlijezde, od tirozina i histidina nastaju tiramin i histamin, a putrescin i kadaverin nastaju od ornitina i lizina pri truljenju hrane u probavnom traktu.

19.4. Putevi iskorištavanja masnih kiselina i glicerola

Nakon resorpcije u tankom crijevu masne kiseline i glicerol skupljaju se u kapljice, *hilomikrone*, i usmjeruju u jetru i samo masno tkivo, a u preživača i u mliječnu žlijezdu, gdje će poslužiti za ponovnu sintezu masti (*lipogenezu*).

Hilomikroni, prolaskom kroz kapilarnu mrežu masnog tkiva i jetre, budu uklonjeni iz krvotoka. Ta dva tkiva sadrže lipoproteinsku lipazu koja hidrolizira *hilomikronske* trigliceride na masne kiseline i glicerol.

Masne kiseline su vrlo dobro topive u staničnim membranama i smjesta difundiraju u masne ili jetrene stanice.

Lipogeneza teče postupno u tri faze.

Prva faza je sinteza glicerola glikolizom iz heksoza preko dioksiacetonfosfata koji se reducira u α -glicerofosfat, a otcjepljenjem fosforne kiseline preostane glicerol.

Druga faza je sinteza viših masnih kiselina koja započinje karboksilacijom acetilkoenzima A uz utrošak energije i enzimatsko posredovanje. Nastaje molekula malonilkoenzim A, ova ponovno veže acetilkoenzim A uz niz redukcijskih, oksidativnih i hidrolitičkih procesa do nastanka zasićene masne kiseline s četiri ugljikova atoma u spoju s Co-A, to je butirilkoenzim A. Hidrolitičkim otcjepljenjem Co-A oslobađa se sama maslačna kiselina. Sada se ponovo veže malonil-Co A te nastaje ketokiselina koja procesom redukcije prelazi u masnu kiselinu sa šest ugljikovih atoma, i tako redom, do nastanka masne kiseline sa 18 C atoma.

Treća faza zbiva se postupno do nastanka triglicerida. Fosforilirani glicerol u obliku α -glicerofosfata poveže se sa dvije molekule više masne kiseline u fosfatidnu kiselinu, a zamjenom fosforne kiseline na trećem položaju s trećom molekulom masne kiseline nastaje triglicerid.

Sinteza masti iz bjelančevina moguća je posredno preko ugljikohidrata procesom glukoneogeneze (sinteza glukoze iz aminokiseline alanin).

Pretvorba masti u ugljikohidrate nije utvrđena u sisavaca.

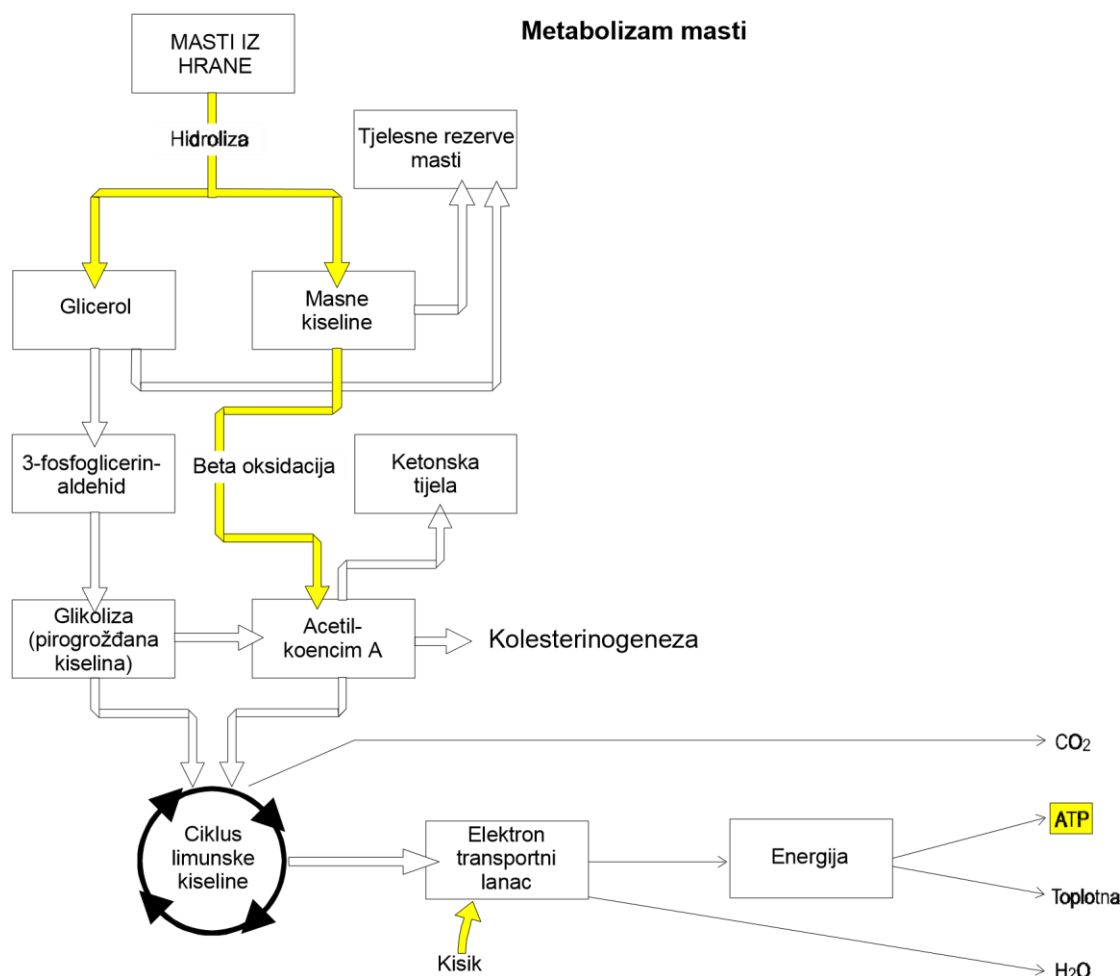
19.4.1. Lipoliza

Lipoliza predstavlja metaboličku razgradnju tjelesnih masti. Trigliceride cijepa tkivna lipaza na glicerol i više masne kiseline.

Glicerol je glukoplastična tvar, metabolizira se zajedno s ugljikohidratima gotovo u svim stanicama, a više masne kiseline samo u stanicama jetre. Glicerol se fosforilira fosforom kiselinom u α -položaju te nastaje α -glicerofosfat, a redukcijom prelazi u dioksi-acetonfosfat i uključuje u metabolizam ugljikohidrata na razini trioza. Razgradnja viših masnih kiselina obavlja se procesom β -oksidacije, pri čemu se molekula više masne kiseline aktivira povezivanjem s koenzimom A u acil-CoA, uz utrošak energije i posredovanje enzima.

Procesima dehidrogenacije, hidratacije i enzimatsko djelovanje, acil-CoA postupno se oduzima po dva ugljikova atoma koji se vežu na Co-A u acetil-CoA, do posljednjeg istovjetnog spoja.

Dobiveni acetil-CoA metabolizira se u ciklusu limunske kiseline te je tako oksidativni metabolički put razgradnje ugljikohidrata i masti zajednički (Sl. 145).



Slika 145: Metabolizam masti

19.4.2. Ketonska tijela

U slučaju gladovanja pri povećanom trošenju tjelesnih rezervi masti, kao i u slučaju poremećaja metabolizma ugljikohidrata (šećerna bolest u čovjeka i ketoza u preživača), zbog nedostatne sinteze oksaloacetne kiseline, molekule acetil-Co A neće sagorjeti do ugljičnog dioksida i vode, već će se međusobno vezati u ketonska tijela.

Ona prvenstveno nastaju u jetri, ali i u mišićju i bubrezima.

Ketonska tijela ne mogu se dalje iskoristiti u jetri pa ulaze u krv i nastaje stanje koje nazivamo *ketonemija*. Izlučivanje ketonskih tijela mokraćom nazivamo *ketonurija*.

U svom metabolizmu ketonska tijela mogu koristiti srčani mišić, bubrezi i slezena.

Lipotropni faktori održavaju normalne razine masnih tvari u jetri, a to su kolin, kolamin, metionin, betain, inozitol i lipokaik.

Antilipotropni faktori imaju suprotan učinak i to su: kolesterol, aminokiselina cistin i vitamin B-kompleksa, tiamin.

19.5. Posebnosti preživača

Kod preživača vrenjem u predželucima nastaju niže masne kiseline (octena, propionska i maslačna) koje krvlju odlaze u stanicu gdje budu povezane sa Co-A i tako nastaje acetyl-CoA, propionil-CoA i butiril-CoA.

Acetyl-CoA sagori u ciklusu limunske kiseline.

Maslačna kiselina prvo se podvrgne oksidaciji pa se tek tada podvrgava metaboliziranju u ciklusu limunske kiseline.

Propionska kiselina služi kao sirovina za sintezu glukoze.

Lipogeneza teče preko octene kiseline nastale vrenjem u predželucima ili putem metaboličke razgradnje ugljikohidrata stvorenih procesom *glukoneogeneze* iz propionske kiseline, istog izvora nastanka kao i octena kiselina.

20. METABOLIZAM I POTREBE ORGANIZMA ZA VODOM, MINERALIMA I VITAMINIMA

20.1. Metabolizam vode

Podrijetlo vode u organizmu je trojako:

1. voda uzeta pijenjem
2. voda uzeta hranom i
3. metabolička voda stvorena tijekom biokemijskih reakcija u organizmu (respiracijski lanac).

Voda se u organizmu nalazi kao slobodna voda. Ima ulogu otapala i kao vezana voda nalazi se u hidrofiličnim dijelovima bjelančevinastih koloida.

Bjelančevine različitih tkiva, a posebno potkožnog vezivnog tkiva i mišića, imaju sposobnost bubrenja te na taj način vežu znatne količine vode.

Ova sposobnost navedena tkiva svrstava u grupu depoa vode u organizmu.

Osmotski tlak krvi regulira promet vode između krvi i depoa vode.

Prometom vode u organizmu upravlja hipotalamus preko hormona hipofize. Stimulira procese resorpcije vode u bubrežnim kanalićima ili njezino izlučivanje iz organizma. Nadbubrežna žlijezda indirektno utječe na promet vode preko metabolizma natrijevog klorida.

20.2. Metabolizam minerala

Za domaće sisavce esencijalni mineralni elementi su:

Ca, P, K, Na, Cl, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, J, Co, F, Mo i Se.

Količinski su različito zastupljeni u životinjskom tijelu te one u količini preko 50 mg/kg tjelesne mase nazivamo *makroelementima*, a ispod te vrijednosti, *mikroelementima*. *Makroelementi* su Ca, P, K, Na, Cl, Mg i S, a ostale ubrajamo u *mikroelemente*.

20.2.1. Metabolizam natrija

Natrij se u organizam unosi u obliku natrijevih soli, najviše kao kuhinjska sol (NaCl).

Biljna hrana biljoždera sadrži malo natrija pa oni pokazuju „glad“ za natrijem koji im se dodaje u hrani u obliku kuhinjske soli (NaCl). Veličina njegove resorpcije rezultat je odnosa osmotskog tlaka između crijevnog sadržaja i krvi.

Natrij klorid u krvi i tjelesnim tekućinama ima višestruku ulogu: održava stalni osmotski tlak, aktivira niz enzima, djeluje na podražljivost živaca, sudjeluje u mišićnoj kontrakciji, izvor je klora za sintezu želučane solne kiseline (HCl), a spojevi natrija kao anorganski puferi zajedno s bikarbonatima i fosfatima sudjeluje u održavanju acido-bazne ravnoteže.

Iz organizma se izlučuje preko bubrega, crijeva i znojenjem. Prometom natrija upravlja centar u hipotalamusu i hormoni kore nuzbubrežne žlijezde.

20.2.2. Metabolizam kalija

Kalij se u organizam unosi hranom biljnog i životinjskog podrijetla.

Kalijeve soli u stanicama reguliraju osmotski tlak i imaju ulogu pufera; kalij pojačava *neuromuskularnu* podražljivost, utječe na propustljivost staničnih membrana i pojačava bubrenje koloida, ubrzava rad srca, a u većoj koncentraciji zaustavlja rad srca u dijastoli; sudjeluje u mišićnoj kontrakciji te sudjeluje u razgradnji ugljikohidrata i sintezi bjelančevina.

Kalij se izlučuje preko bubrega, a njegovim prometom upravljaju isti čimbenici kao i kod metabolizma natrija.

20.2.3. Metabolizam kalcija

Kalcij se u organizam unosi hranom i vodom u obliku soli koje su uglavnom teško topive. Topivost im povećava solna kiselina želučanog soka.

Kalcij se resorbira u tankom crijevu uz prisustvo fosfora koji je u odnosu s kalcijem u omjeru 2:1 ili 1:1 u korist kalcija te vitamina D.

Kalcij je najzastupljeniji u kostima i zubima, ali ima ga i u tjelesnim tekućinama i u organima. Kalcij održava normalno bubrenje koloida u stanicama.

Ravnoteža između natrija, kalija, kalcija i magnezija je značajna jer utječe na podražljivost živaca i mišića.

Koloidni učinak kalcija očituje se u smanjenju *disperziteta* koloida i posljedičnom smanjenju propustljivosti staničnih membrana. Kalcij ima utjecaja na snagu srčane kontrakcije, a u suvišku može izazvati zastoj u radu srca, ali za razliku od kalija, u sistoli.

Enzimatskom reakcijom mlijeko se probavlja u teladi grušanjem. Za taj fermentativni proces neophodna je prisutnost kalcija u čijoj prisutnosti parakazein topiv u vodi prelazi u Ca-parakazeinat netopiv u vodi, tzv. gruš mlijeka.

Sposobnost krvi da se zgruša ili koagulira kada izađe iz krvne žile je proces koji se odigrava u plazmi. Fiziološka važnost koagulacije je u činjenici da ona služi zatvaranju povrijeđenih krvnih žila i na taj način zaustavlja krvarenje. U održavanju tog mehanizma važnu ulogu ima kalcij u čijoj prisutnosti neaktivni tromboplastin prelazi u aktivni trombin, u prvoj fazi zgrušavanja krvi.

20.2.4. Metabolizam fosfora

Fosfor se u organizam unosi pretežno hranom životinjskog podrijetla, resorbira se u tankom crijevu, a izlučuje preko bubrega i debelog crijeva.

U organizmu se nalazi u spojevima s kalcijem, u obliku anorganskog i organskog fosfora, sudjeluje u građi potpornog tkiva te je sastavni dio *nukleoproteida*. Spojevi fosfora, posebno fosforna kiselina,

imaju važnu ulogu u metabolizmu organskih tvari. Kalcij i fosfor imaju značajnu ulogu u rastu i razvoju organizma, graviditetu i laktaciji, a njihov najpovoljniji odnos u hrani iznosi 1:1 ili 1:2.

20.2.5. Metabolizam magnezija

Magnezij se u organizam unosi biljnom hranom. Nalazimo ga u svim organima, a u znatnijim količinama odlaže se u kostima i zubima.

Magnezij je aktivator raznih enzima. Smirujuće djeluje na centralni nervni sustav te u većim koncentracijama ima čak i narkotični učinak.

Zajedno sa kalcijem djeluje kao antagonist natrija i kalija.

20.2.6. Metabolizam željeza

Željezo se u organizam unosi hranom. U hrani se željezo nalazi u ferri obliku kojeg želučana solna kiselina prevodi u fero oblik pogodan za resorpciju. Resorbirano željezo oksidira i prelazi u ferri oblik koji se veže na bjelančevinu apoferitin i tvori feritin u crijevnoj sluznici. Iz crijevne sluznice transportna bjelančevina transferin prenosi željezo do depoa željeza (jetra i slezena) gdje se odlaže u obliku feritina.

Željezo je važan sastojak hemoglobina, mioglobina i enzima redoks sustava. Pri tvorbi hemoglobina željezo se reducira u fero oblik uz pomoć bakra, mangana i vitamina C. Željezo se iz organizma izlučuje izmetom i preko žuči.

20.2.7. Metabolizam bakra

Bakar se željezu sličnim mehanizmima resorbira i transportira u organizmu. U većim koncentracijama nalazi se u jetri, srcu, bubregu i mrežnici.

Katalizira sintezu hemoglobina, a sastavni je dio čitavog niza enzima.

Iz organizma se izlučuje izmetom i preko žuči.

20.2.8. Metabolizam mangana

Mangan se u organizam unosi hranom i resorbira u tankom crijevu.

Katalizira sintezu hemoglobina i viših masnih kiselina (VMK), sastavni je dio niza metalo enzima.

U većim količinama nalazimo ga u jetri, nuzbubrežnoj i štitnoj žlijezdi.

20.2.9. Metabolizam kobalta

Nalazimo ga u većini organa tijela. Sastavni je dio građe vitamina B₁₂ i regulator aktivnosti enzima. Iz organizma se izlučuje izmetom.

20.2.10. Metabolizam cinka

Resorbira se u tankom crijevu. Sastavni je dio niza enzima i hormona gušterače, inzulina. Neophodan je za sazrijevanje spermija.

Iz organizma se izlučuje izmetom.

20.2.11. Metabolizam joda

Jod se u organizam unosi hranom, vodom i zrakom, a resorbira se u tankom crijevu. Značajan je za pravilan rad štitne žlijezde. Ulazi u sastav hormona štitnjače (tiroksina i trijodtironina).

Biljna hrana u pojedinim područjima sadrži premalo joda, jer ga nema u zemlji, pa se javlja endemska gušavost.

20.2.12. Metabolizam selena

Rijetko zastupljen element u zemljinoj kori. Biljke mogu u sebi akumulirati selen iz tla u toksičnim količinama i tako izazvati trovanje u životinja.

Nedostatak selena u peradi očituje se u zadebljanju skočnog zgloba, a u teladi i junadi mišićnom distrofijom te slabijim rastom. Nastala deficitarna oboljenja uspješno se liječe davanjem selena i vitamina E.

20.2.13. Metabolizam fluora

Fluor se u organizam unosi hranom i vodom. Nalazimo ga u zubnoj caklini, kostima i štitnoj žlijezdi. Nedostatak ovog elementa dovodi do oboljenja zubi.

20.3. Metabolizam vitamina

Vitamini su organske tvari različitog kemijskog sastava, neophodne za održavanje normalnih životnih procesa. Potrebe organizma za vitaminima su male, ali ih mora primiti hranom. Hrana ima dvojaku ulogu: stvara nove i obnavlja postojeće strukture. Nedovoljna prisutnost vitamina u hrani ili nemogućnost njihova iskorištavanja iz hrane uzrokuje pojavu različitih deficitarnih oboljenja, poznatih pod nazivom *hipovitaminoze*. Takva oboljenja česta su pojava u intenzivno držanih životinja zbog nedostupnosti prirodnih izvora hrane, uskraćenosti kretanja i nedovoljnog izlaganja sunčevoj svjetlosti. Preživajući nisu ovisni o primanju vitamina B kompleksa i vitamina K hranom jer ih u dovoljnoj količini za svog domaćina stvara mikroflora buraga.

Intenzivna stočarska proizvodnja, posebno u kritičnim razdobljima tjelesnog razvoja, razmnožavanja, graviditeta i laktacije, uzrokuje povećanje potreba životinja za vitaminima.

Vitamini se u tijelu odlažu u jetri, nuzbubrežnoj žlijezdi, hipofizi, mišićima i drugim organima, a dio vitamina izlučuje se mlijekom (vitamin A, B₁, B₂, pantotenska kiselina).

Vitamine dijelimo na:

1. vitamine topive u mastima ili *liposolubilne*:
 - A vitamin: akseroftol ili retinol ili antiinfekciozni
 - D vitamin: kalciferol ili antirahitični
 - E vitamin: tokoferol ili antisterilitetni
 - K vitamin: filokinon ili antihemoragijski i
 - F vitamin: esencijalne masne kiseline.
2. vitamine topive u vodi ili *hidrosolubilne*:
 - a. vitamini B kompleksa:
 - B₁ vitamin: tiamin ili aneurin
 - B₂ vitamin: riboflavin ili laktoflavin
 - B₃ vitamin: PP faktor ili nikotinamid

- B₅ vitamin: pantotenska kiselina
- B₆ vitamin: piridoksin
- B₇ vitamin: vitamin H ili biotin
- B₉ vitamin: folna kiselina ili pteroil glutamat i
- B₁₂ vitamin: kobalamin.

b. vitamin C:

- askorbinska kiselina.

20.3.1. Vitamini topivi u mastima

Vitamin A

U prirodnim, biljnim izvorima vitamin A nalazimo u obliku provitamina karotina u zelenoj travi, lucerki, livadnom sijenu i stočnoj repi. Vitamin A u izvornom obliku nalazimo u hrani animalnog podrijetla: riblje ulje, žumanjak, maslac i mlijeko. Resorpcija ovog vitamina obavlja se zajedno s mastima hrane uz prisutnost žučnih kiselina.

Pretvorba karotina hrane u vitamin A obavlja se na sluznici crijeva i manjim dijelom u jetri. Domaći sisavci sposobni su u jetri stvoriti značajne rezerve vitamina A.

Vitamin A zaštitnik je epitelnog tkiva te uslijed nedostatka u hrani dolazi do orožnjavanja epitelnih stanica i gubitaka otpornosti prema infekciji. U epitelu mrežnice oka, u fotoreceptorima (štapićima) nalazi se vitamin A kao sastavni dio kemijske tvari rodopsina. Rodopsin se pod utjecajem svjetla razgrađuje, a u mraku se nanovo stvara. *Hipovitaminoza A* smanjuje sposobnost prilagođavanja oka uvjetima slabije svjetlosti ili sumraka što nazivamo noćno ili kokošje sljepilo.

Vitamin A je važan zaštitnik epitela bubrega i zametnog epitela. *Hipovitaminoza* uzrokuje smetnje u eliminaciji mokraće i reprodukciji.

Vitamin D

Dolazi u dva oblika, kao vitamin D₂ i D₃. Vitamin D₂ nastaje iz provitamina ergosterola u pokošenoj biljci pod utjecajem UV zraka sunčeve svjetlosti. Pod utjecajem istih zraka, ali u koži životinja, stvara se vitamin D₃. Glavni izvor vitamina D za domaće sisavce je sijeno sušeno na suncu, a resorbira se u tankom crijevu uz prisutnost žučnih kiselina.

Vitamin D stimulira resorpciju kalcija i fosfora te podstiče kalcifikaciju kostiju. *Hipovitaminoza D* uzrokuje u mladim životinja *rahitis*, a u starijih pojavu *osteomalacije*.

Vitamin E

Prirodni izvori vitamina E su klice i zrnjevlje žitarica, zelene biljke i kvalitetno spremljeno sijeno. Za njegovu resorpciju u tankom crijevu nužna je prisutnost žučnih kiselina.

U organizmu se značajne rezerve ovog vitamina nalaze u hipofizi i kori nuzbubrežne žlijezde.

Glavna uloga mu je zaštita lipidnih dijelova membrana stanica od oštećenja, te se još naziva i „biološkim antioksidansom“. Značajan je za pravilan rad spolnih žlijezda, održavanje plodnosti mužjaka i normalan tijek graviditeta.

Nedovoljna opskrba vitaminom E rezultira degenerativnim promjenama miofibrila skeletnih mišića i srčanog mišića u teladi, janjadi i prasadi.

Vitamin K

U velikim količinama vitamin K nalazimo u zelenim biljkama i kvalitetno spremljenom sijenu. Resorbira se u tankom crijevu i otprema u jetru, gdje obavlja svoju fiziološku ulogu. U organizmu se ne odlaže u obliku rezervi. Mikroflora probavnog trakta životinja stvara ga u zadovoljavajućim količinama, osim u peradi, čijim se potrebama posvećuje posebna briga. Deficit vitamina K očituje se u produženom vremenu zgrušavanja krvi.

Vitamin F

Za pravilan rast organizma nužna je prisutnost višestruko nezasićene linolne, linolenske i arahidonske kiseline u hrani, a koje su poznate po zajedničkom imenu kao vitamin F. Nedovoljna opskrba vitaminom F očituje se u upalnim promjenama na koži (*dermatitis*).

20.3.2. Vitamini topivi u vodi

a) Vitamini B kompleksa

Sinteza vitamina B kompleksa u predželucima preživača te u slijepom i debelom crijevu konja i kunića dovoljna je za njihove potrebe. Svinje, mesožderi i perad ovisni su o njihovom primitku hranom. Sva mladunčad obavezno pokriva svoje potrebe preko hrane.

Vitamini ove skupine ne stvaraju rezerve u tijelu životinja, već se suvišak primljen hranom izlučuje iz organizma. Izuzetak čini B₁ vitamin u svinja koje mogu spremati rezerve tog vitamina do visine jednomjesečnih potreba.

Vitamin B₁

Prirodni izvori vitamina B₁ su zelena hrana, sijeno, pšenične mekinje te zrnata hrana. Hrana životinjskog podrijetla i kvasac bogati su izvori vitamina B₁.

Značajan je za pravilan rad srca i središnjeg živčanog sustava, prijenos živčanog podražaja na mišiće, održavanje mišićnog tonusa glatke muskulature probavila te u regulaciji prometa vode.

Nedostatak se očituje pojavom beri-beri oboljenja i upalom živaca.

Vitamin B₂

Bogati izvori vitamina B₂ su mlijeko, obrano mlijeko i sirutka, kvasac, lucerka, uljana sačma i hrana animalnog podrijetla.

Aktivna je komponenta flavin enzima, značajnih sudionika energetskog metabolizma, a sudjeluje i u procesima sinteze u stani.

Hipovitaminoza B₂ očituje se upalnim stanjima kože.

Vitamin B₃

Pojava deficijencije nikotinamida rijetko se javlja uslijed njegove raširenosti u izvorima biljnog i životinjskog podrijetla. Uočena je veza između sinteze nikotinamida i količine triptofana u hrani, tj. uočena je sinteza nikotinamida iz triptofana u svih životinja, osim u mačke. Važan je sudionik metaboličkih procesa u stanici.

Ukoliko nastupi deficit, javlja se u obliku oboljenja pelagre u ljudi, a u pasa pojavom bolesti „crnog jezika“.

Vitamin B₅

Hrana biljnog i životinjskog podrijetla dovoljan je izvor pantotenske kiseline. Zauzima centralnu ulogu u metabolizmu ugljikohidrata, masti i proteina, kao sastavni dio koenzima A.

Vitamin B₆

Nedostatak vitamina B₆ u organizmu rijetka je pojava uslijed njegove raširenosti u hrani biljnog i animalnog podrijetla.

Esencijalan je u metabolizmu svih životinja, ali ga obavezno hranom moraju primiti svinje, perad i mesožderi. Nedovoljna opskrba uzrokuje pojavu anemije.

Vitamin B₇

Izvori vitamina H su žitarice, kvasac i mlijeko, a također se sintetizira u buragu i crijevima te je njegov nedostatak rijetka pojava.

Nedostatak se češće može ustanoviti u mesoždera koji u hrani primaju sirovi bjelanjak jajeta, a ispoljava se u obliku upalnih stanja kože (ispadanje dlake, prhutanje kože).

Vitamin B₉

Lisnata hrana, žitarice i hrana animalnog podrijetla obiluju folnom kiselinom, a mlijeko je siromašan izvor. Sinteza folne kiseline u probavnom traktu zadovoljava potrebe domaćih životinja, osim peradi. Folna kiselina uz vitamin B₁₂ značajna je u sintezi i sazrijevanju eritrocita te za normalan razvoj ploda tijekom graviditeta. Ako nastupi deficit, javlja se u obliku *megaloblastične* anemije.

Vitamin B₁₂

Izvor vitamina B₁₂ je hrana samo životinjskog podrijetla (riblje brašno i obrano mlijeko u prahu). Sve životinje ovisne su o primanju ovog vitamina u hrani, osim odraslih preživača čija ga mikroflora sintetizira uz obavezno primanje kobalta u hrani.

Njegov nedostatak ispoljava se u obliku *megaloblastične* anemije i *demijelinizacije* leđne moždine.

b) Vitamin C

Vitamin C nije esencijalan u hranidbi domaćih životinja. Značajan nutritivni sastojak je u hrani čovjeka, majmuna i zamorčića. U čovjeka nedostatak vitamina C označava se kao *skorbut*.

U hranu domaćih životinja vitamin C se dodaje u preventivi stresnih situacija (hladnoća, vrućina, transport), kroničnih infekcijskih stanja i metaboličkih bolesti.

20.3.3. Antivitaminini (antagonisti vitamina)

Za sve vitamine osim vitamina A i D poznati su njihovi antagonisti.

Te tvari zauzimaju u organizmu mjesta vitamina na enzimima te na taj način, umjesto aktivnog enzima, nastaje neaktivna molekula.

Iz trule djeteline i kokotca izoliran je prvi takav antagonist *dikumarin*, antivitamin vitamina K.

20.3.4. Fiziološka uloga jetre

Jetra u probavi i prometu tvari predstavlja centralni laboratorij organizma. U njoj se obavljaju sve transformacije hranjivih tvari u metabolizmu ugljikohidrata, masti i proteina.

Preko niza biokemijskih procesa jetra čini neškodljivim niz toksičnih tvari koje se u organizam unose izvana ili oslobađaju u organizmu, probavnom i metaboličkom aktivnošću.

Jetra predstavlja spremnik u kojem se skladište ugljikohidrati u obliku glikogena te niz vitamina, željezo i bakar. Također utječe na promet vode i mineralnih tvari.

Ima značajnu ulogu u stvaranju krvnih elemenata za vrijeme embrionalnog razvoja. U odraslih organizama jetra je mjesto raspadanja krvnih elemenata, od kojih se željezo deponira, a ostatak posluži za tvorbu žučnih boja. U jetri se stvaraju bjelancevine fibrinogen i protrombin, značajne u procesu zgrušavanja krvi. Jetra ima ulogu rezervoara krvi. Za vrijeme mirovanja organizma kapilare jetre mogu se proširiti i primiti znatne količine krvi, a ona se istiskuje prilikom pojačanog rada organizma. Svojim oksidacijskim i egzotermnim reakcijama jetra doprinosi održavanju tjelesne temperature u toplokrvnih životinja.

Ekskretorna funkcija jetre očituje se u izlučivanju detoksiciranih tvari putem žuči.

21. BIOENERGETIKA

Stanice prenose energiju iz različitih hranjivih tvari na svoje funkcionalne sustave posredstvom adenzin trifosfata (ATP-a). Stoga ATP možemo nazvati „energijskim novcem“ koji stalno stoji na raspolaganju organizmu. ATP krasi svojstvo velike količine slobodne energije, do 50 kJ u fiziološkim uvjetima pohranjeno je u svakom od njegova dva energijom bogata fosfatna veza.

Kemijske reakcije u organizmu ne utroše svu pohranjenu energiju u vezovima ATP-a, već se dobar dio te energije izgubi u obliku topline. Neekonomično iskorištavanje energije u organizmu nije mana. Izvor energije mora biti veći kako bi na raspolaganju bio u trenutku pokretanja bilo koje kemijske reakcije u organizmu.

U tijeku sinteze ATP-a prosječno se 50 % energije hranjivih tvari pretvori u toplinu. Pri prijenosu energije iz ATP-a u funkcionalne sustave stanice izgubi se znatan dio energije te funkcionalni sustavi u najpovoljnijim uvjetima iskoriste oko 20 – 25 % ukupne energije hranjivih tvari. Preostalih 25 % energije prispjele u funkcionalne sustave stanica također se naposljetku pretvori u toplinu. Praktički sva unesena energija hranjivih tvari pretvori se u toplinu.

Izuzetak čine jedino mišići koji obavljaju neki rad izvan tijela, npr. propinjanje konja je potencijalna energija koja pomiče masu nasuprot sili teži.

Količinu energije koja se oslobodi iz različitih hranjivih tvari, odnosno utroši u procesima organizma, izražavamo jediničnom vrijednošću, kilodžulom. Količina topline koja je potrebna da se gramu vode povisi temperatura za 1 °C označavamo kao džul. Ta je jedinica premalena da bi se izrazila energija u tijelu te se u razmatranju energetskeg metabolizma služimo kilodžulom (kJ). Kilodžul je u međunarodnom sustavu mjernih jedinica zamijenio kilokaloriju (kcal), s tim da je 1 kcal = 4.1868 kJ.

21.1. Kvantitativni metabolizam

U održavanju životnih procesa značajnu ulogu imaju unijeta hrana i kisik. Za vrijeme prometa tvari u organizmu obavlja se pretvorba kemijske (potencijalne) energije unesene hrane u kinetičku energiju (toplinu, mehanički rad i dr.).

Poznavajući energetske vrijednosti hrane i činjenicu kako se tijekom oksidativnih procesa u organizmu troši kisik, a oslobađa ugljični dioksid, moguće je izračunati količinu oslobođene energije u tijelu. Količina utrošenog kisika, odnosno količina oslobođenog ugljičnog dioksida omogućavaju izračunavanje oslobođene energije u tijelu.

Tu energiju organizam višenamjenski iskorištava. Dio se upotrijebi za mehanički rad pojedinih organa i kemijske procese organizma, dio za obavljanje rada (kretanje), izgrađivanje ili obnavljanje tkiva, dio

za stvaranje rezervnih tvari (masno tkivo i glikogen), dio za proizvodne potrebe organizma (meso, mlijeko, jaja), a najviše se oslobađa u obliku topline.

21.2. Osnovni energetski promet ili bazalni metabolizam

Minimalni promet tvari u organizmu izvor je energije za održavanje života u uvjetima potpunog mirovanja organizma, pri temperaturi termičke neutralnosti i 24-satnom gladovanju.

Na temperaturi termičke neutralnosti organizam nema potrebu utroška veće količine energije za održavanje tjelesne temperature.

Minimalnu energiju nužnu za održavanje životnih procesa i promet tvari pod navedenim uvjetima nazivamo osnovni promet tvari ili bazalni metabolizam.

Bazalni metabolizam može se odrediti na dva načina:

1. Direktnom metodom na način da životinju smjestimo u izoliranu komoru (biokalorimetar) oko koje se nalazi voda poznate temperature. Toplina koju životinja proizvede zagrijava okolnu vodu te se temperatura vode povećava. Nastala razlika u temperaturi vode omogućava izračunavanje količine proizvedene topline.
2. Indirektna metoda kojom se proizvedena energija izračunava pomoću utrošenog kisika, odnosno proizvedenog ugljičnog dioksida. Životinja se smjesti u respiracionu komoru u kojoj se određuje metabolički respiracioni kvocijent (RQ), tj. odnos oslobođenog ugljičnog dioksida i utrošenog kisika. Metabolički respiracioni kvocijent kod sagorijevanja ugljikohidrata iznosi 1 jer je količina nastalog ugljičnog dioksida jednaka količini utrošenog kisika. Pri sagorijevanju masti isti iznosi 0.7, a za bjelančevine 0.8. Nakon oksidacije ugljika i vodika u bjelančevinama dušik se izlučuje iz organizma u obliku ureje (mokraćevine) u sisavaca ili u obliku mokraćne kiseline u ptica.

Na bazalni metabolizam životinja utječe niz čimbenika, a prije svega veličina životinje i stanje određenih endokrinih žlijezda. Bazalni metabolizam veći je u manjih životinja jer je njihova površina tijela veća te je i odavanje tjelesne topline veće. Od endokrinih žlijezda najveći utjecaj na sveukupni metabolizam tijela ima štitna žlijezda. Hiperfunkcija štitnjače uzrokuje povećanje, a hipofunkcija smanjenje ukupnih metaboličkih funkcija tijela.

21.3. Promet tvari za vrijeme gladovanja

Gladovanje je stanje pri kojem organizam troši energiju za održavanje životnih procesa, ali je istovremeno ne nadoknađuje unošenjem hrane. Tako nastali nedostatak energije organizam nastoji podmiriti razgradnjom vlastitih tkiva.

Gladovanje može biti kvalitativno i kvantitativno. Kvalitativno gladovanje je kad u hrani nedostaju određene hranjive tvari (bjelančevine, minerali, vitamini i dr.). Kvantitativno gladovanje može biti potpuno, kada organizam uopće ne prima hranu, i djelomično, kada organizam prima kvalitativno ispravnu, ali količinski manjkavu hranu.

Karakteristike gladovanja:

1. organi obavljaju sve svoje funkcije kao i pri uobičajenim fiziološkim uvjetima
2. bazalni metabolizam se postupno smanjuje
3. katabolizam tjelesnih bjelančevina ne prestaje sve do smrti
4. gubitak na masi pojedinih organa u uvjetima gladovanja nije isti; masno tkivo izgubi 97 %, jetra 54 %, mišići 31 %, a mozak i srce svega 2.6 % svoje mase.

Promet ugljikohidrata na početku gladovanja je pojačan zbog mobilizacije glikogenskih rezervi, a zatim naglo padne i ostaje nizak do kraja gladovanja. Nikada ne ugasne jer se ugljikohidrati dijelom stvaraju iz aminokiselina glukoneogenezom. Promet masti naglo se povećava nakon iscrpljenja glikogenskih rezervi. Izdržljivost organizma u gladovanju ovisi o količini spremišne masti koja iščezava skoro

potpuno (97 %), a lipidne su komponente staničnih membrana nedirnite do nastupa smrti. Promet bjelančevina sveden je na minimum, iako se tjelesne bjelančevine troše od prvog dana gladovanja (mišići, pa potkožno vezivno tkivo, a oprezno se do kraja života čuvaju srce i mozak).

Izdržljivost u gladovanju ovisi o fiziološkom stanju organizma (uhranjenost, mršavost), o vremenosti (star ili mlad organizam) i izloženosti fizičkom naporu (rad ili mirovanje).

Gladovanje dulje izdržavaju stare, dobro uhranjene životinje koje miruju. Potpuno gladovanje pas izdržava 38 dana, kokoš 34 dana, mačka 20 dana, a kunić 15 dana.

Smrt organizma u uvjetima potpunog gladovanja nastaje zbog pomanjkanja kisika važnog za oksidativne procese pri staničnom disanju. *Asfiksija* stanica (pomanjkanje kisika) nastaje uslijed znatnog smanjenja površine stanice (*atrophia*) tijekom gladovanja.

21.4. Promet tvari za vrijeme mišićnog rada

Za vrijeme fizičkog napora utrošak energije znatno se povećava u odnosu na bazalni metabolizam. Kod umjerenog rada utrošak energije se povećava za 200 – 300 %, kod srednje teškog rada 300 – 800 %, a kod teškog fizičkog rada preko 900 %.

U uvjetima fizičkog napora kao izvor energije organizam koristi ugljikohidrate i masti, a mišićni rad ne povećava promet bjelančevinama.

U sastavljanju obroka radnim životinjama treba uzeti u obzir stupanj fizičkog napora kojemu su životinje izložene, kao i temperaturu okoline u kojoj životinja radi (hladnoća povećava energetske potrebe).

21.5. Termoregulacija

Prema sposobnosti organizma da održava tjelesnu temperaturu u uvjetima temperaturnih promjena okoline razlikujemo:

1. *Poikilotermne* organizme – tjelesna temperatura približno je jednaka temperaturi okoline i mijenja se s temperaturnim promjenama okoline.
2. *Homeotermni* organizmi – održavaju tjelesnu temperaturu unutar fiziološkog raspona neovisno o temperaturnim razlikama njihove okoline.
3. *Prezimari* su sezonski *homeotermni* organizmi. Ljeti su *prezimari homeotermne* životinje, a zimi spavaju zimski san. U zimskom snu snižava se metabolička aktivnost tijela te se tjelesna temperatura izjednačava sa temperaturom skloništa. Ukoliko postoji opasnost nastupa smrti pothlađivanjem, životinja se budi iz zimskog sna i kreće se te tako preživljava.

21.5.1. Tjelesna temperatura

Domaće životinje su *homeotermne* ili toplokrvne životinje. Tjelesna temperatura domaćih životinja, neovisno o temperaturi okoline, stalna je unutar određenog fiziološkog raspona (tablica 9).

Mjerenje tjelesne temperature kod domaćih životinja obavlja se maksimum termometrima (34° - 45°C) kod kojih živin stupac ostaje poslije mjerenja na maksimalno dostignutoj temperaturi.

Tjelesna temperatura u domaćih životinja mjeri se u rektumu. U ženskih životinja tjelesna temperatura se utvrđuje i vaginalnim mjerenjem. Kod sisavaca tjelesna temperatura je u pravilu ispod 40°C, a kod ptica iznad 40°C.

Tablica 9: Fiziološki raspon tjelesne temperature u domaćih životinja

Vrsta životinje	Tjelesna temp. u °C
ždrijebe:	do 39.3
ždrijebe do 4g.:	37.5-38.5
konj odrastao:	37.5-38.5
tele:	38.5-40.5
june do 1g.:	38.5-40
govedo:	37.5-39.5
janje:	38.5-40.5
prase:	39.0-40.5
svinja:	38.0-40.0
pas:	37.5-39.0
kokoš:	40.5-43.0
patka:	40.7-41.0

21.5.2. Termogeneza

Proces proizvodnje topline u organizmu nazivamo *termogeneza*. Sve stanice tijela tijekom metaboličkih procesa proizvode toplinu. Budući da je toplina proizvedena tijekom kemijskih transformacija materije, govorimo još o kemijskoj termoregulaciji. Glavni proizvođač topline su mišići u intenzivnom radu (70 % proizvedene energije je toplina, a 30 % energije utroši se na mehanički rad). Jetra kao kemijski laboratorij tijela tijekom rada troši energiju i oslobađa toplinu, 1 gr jetre proizvede više topline od 1 gr mišića. Bubrezi su također dobar proizvođač topline, a druga tkiva proizvode relativno malo topline.

Nakon uzimanja hrane uočeno je povećanje tjelesne temperature uslijed njezinog specifičnog dinamičkog djelovanja. Uzimanjem hrane povećava se aktivnost probavnih organa, a povećana je razgradnja bjelančevina i nastaje podražajno djelovanje produkata probave (NMK u preživača), što dovodi do oslobađanja topline. Količina proizvedene topline nije uvijek ista. Najmanja je na točki termičke neutralnosti koja se u goveda kreće u rasponu od 5 – 20 °C, u koze 14 – 21 °C, a u ovce od 21 – 25 °C.

Padne li temperatura okoline ispod donje granice zone termičke neutralnosti, organizam počinje proizvoditi više topline (drhtanjem, kretanjem, kostriješenjem dlake i perja) kako bi uravnotežio njezinu bilancu. Ta proizvodnja topline ne ide unedogled jer je organizam može proizvoditi maksimalno u okviru tzv. vrhunskog metabolizma, nakon čega nastupa slom termoregulacijskog sustava. Organizam u tom slučaju nije u stanju zadržati temperaturu tijela na fiziološkoj razini.

U uvjetima povećanja temperature okoline iznad gornje granice zone termičke neutralnosti, isprva organizam povećava proizvodnju topline. To povećanje rezultat je mišićne aktivnosti koja se obavlja zbog pojačanog disanja zaduženog za pojačano izdavanje topline. Zbog zagrijavanja stanične protoplazme ubrzavaju se metabolički procesi u stanici što potvrđuje van't Hoffov zakon koji kaže: povećanje temperature za 10°C ubrzava dvostruko ili trostruko brzinu kemijskih reakcija.

21.5.3. Termoliza

Odavanje topline iz tijela nazivamo termolizom. Ona se obavlja fizikalnim putem:

- a. radijacijom
- b. kondukcijom
- c. konvekcijom i
- d. evaporacijom te se još koristi uz termin termolize i naziv fizikalna termoregulacija.

- a. Radijacija (zračenje) – prijenos toplinske energije s toplijeg na hladnije tijelo, pri čemu se ne zagrijava međuprostor.
- b. Kondukcija (provođenje) – direktan prijenos topline s toplijeg na hladnije tijelo, koja se nalaze u međusobnom kontaktu.
- c. Konvekcija (strujanje) – gubitak topline iz tijela pri kontaktu s novim masama hladnog zraka ili vode koji struje preko površine tijela odvođajući njegovu toplinu.

Pomoćni aparat fizikalne termoregulacije organizma predstavlja vazomotorni sustav. Arteriole kože pod utjecajem vazomotornih živaca u toplom okolišu se šire, dovodeći više tople krvi do površine tijela na hlađenje (radijacija, kondukcija, konvekcija) i obratno, u hladnom okolišu nastupa stiskanje arteriola kože (vazokonstrikcija).

Dlačni i pernat pokrivač životinja u hladnom okolišu se nakostriješi, povećava se međuprostor u kojem se stalno nalazi tijelom zagrijan zrak i služi kao termički izolacijski sloj od okolnog hladnog zraka.

Potkožno masno tkivo slab je toplinski vodič pa također služi kao dobar termički izolator.

- d. Evaporacija (isparavanje) – gubitak je topline putem isparavanja vode na površini tijela. U uvjetima termičke neutralnosti ili u uvjetima hladnoće gubi se minimalna količina vode na površini tijela. Taj način evaporacije nazivamo neosjetni gubitak ili perspiratio insensibilis. Životinje gube toplinu putem evaporacije na dva načina:
 - 1) znojenjem – znojne žlijezde dobro su razvijene po čitavoj površini tijela u konja; u goveda i ovce nešto su slabije razvijene znojnice; u mesoždera samo na jastučićima šapa; u svinje na vrhu njuške, a glodavci nemaju razvijene znojnice.
 - 2) dahtanjem preko respiratornog trakta – naročito je izraženo u mesoždera i peradi, a slabije izraženo u goveda i ovaca.

Termoregulacijski centar kod homeotermnih organizama nalazi se u hipotalamusu. Prednji dio hipotalamusa upravlja termolizom, a stražnji dio upravlja sredstvima termogeneze.

Drhtanje tijela stoji pod kontrolom središnjeg živčanog sustava i hipofize koja svoje djelovanje ostvaruje posredovanjem nuzbubrežne žlijezde i štitnjače. U uvjetima hladnoće mimovoljna kontrakcija mišića ili drhtanje povećava metaboličku aktivnost, a time i zagrijavanje tijela oslobođenom toplinom.

Hipotermija je hlađenje organizma uslijed nemogućnosti zadržavanja uravnotežene bilance topline kada temperatura okoline padne ispod donje kritične granice.

Gornja kritična temperatura okoline, u kojoj organizam ne može uravnotežiti bilancu topline njezinim izdavanjem sredstvima fizikalne termoregulacije, nastupa pregrijavanje organizma što nazivamo hipertermija.

Za hipertermiju ima presudnu ulogu vlažnost, a ne toliko temperatura zraka. U uvjetima visoke vlažnosti zraka organizam se teže oslobađa tjelesne topline. Izdržljivost homeotermnih organizama na hipertermiju mnogo je manja nego na hipotermiju.

22. KRV I CIRKULACIJA

22.1. Fiziologija krvi

Krv predstavlja tekuće tkivo sastavljeno od krvne tekućine (plazme) i staničnih elemenata krvi (eritrocita – E; leukocita – L; krvnih pločica i trombocita – T).

Krvna plazma je tekućina bez staničnih elemenata krvi koja sadrži bjelančevinu fibrinogen odgovornu za zgrušavanje krvi. Dobivamo je centrifugiranjem pune krvi čija je koagulacija (zgrušavanje) spriječena dodavanjem antikoagulacionog sredstva. Plazma je žućkaste boje i slabo lužnate reakcije (pH 7.5 – 7.6). Kod zdravih životinja 50 – 70 % ukupnog volumena krvi čini plazma. Krvna plazma sadrži 90 % vode, organske (bjelančevine, ugljikohidrate i masti) i anorganske tvari (minerali koji ujedno tvore 0.9 % plazme).

Specifične krvne bjelančevine, osim fibrinogena, su serumske bjelančevine: albumini i globulini. Ugljikohidrate krvi predstavlja samo glukoza čija je koncentracija stalna i iznosi 5.5 mmol/l kod većine domaćih životinja. U preživača koncentracija glukoze redovito je niža, a u peradi dvostruko veća u usporedbi s većinom domaćih životinja. Stalnost koncentracije glukoze u krvi regulirana je hormonski. Od masnih tvari krv sadrži trigliceride ili prave masti, slobodne masne kiseline, kolesterol i fosfatide. Masne tvari čine najpromjenljiviji dio krvne plazme, a sadržaj ovisi o sastavu obroka, vrsti životinje, fiziološkom stanju životinje i samoj probavi. Plazma sadrži i vitamine koji se resorbiraju u probavnom traktu i koriste krv kao transportno sredstvo.

Krvni serum je također tekućina bez krvnih stanica, istiskuje ju krvni ugrušak pri retrakciji (stezanju), ali, za razliku od krvne plazme ne sadrži bjelančevinu fibrinogen. Krvni serum dobivamo centrifugiranjem krvi kojoj je oduzeta bjelančevina fibrinogen spontanom zgrušavanjem krvi (defibrinacija krvi).

Uloga krvi u organizmu je višestruka:

- a. prenosi hranjive tvari i kisik
- b. prenosi krajnje produkte metabolizma i ugljični dioksid
- c. prenosi hormone te sudjeluje u hormonalnoj korelaciji
- d. sudjeluje u regulaciji tjelesne temperature
- e. održavanje stalnosti koncentracije vode i elektrolita u stanicama te
- f. sudjeluje u obrani organizma od štetnih agensa.

Ukupna količina krvi u organizmu iznosi 5 – 8 % tjelesne mase životinje.

22.1.1. Svojstva krvi

U svojstva krvi ubrajamo boju, specifičnu težinu, gustoću i viskozitet krvi, osmotski i onkotski ili koloidnoosmotski tlak te elektrokemijsku reakciju krvi.

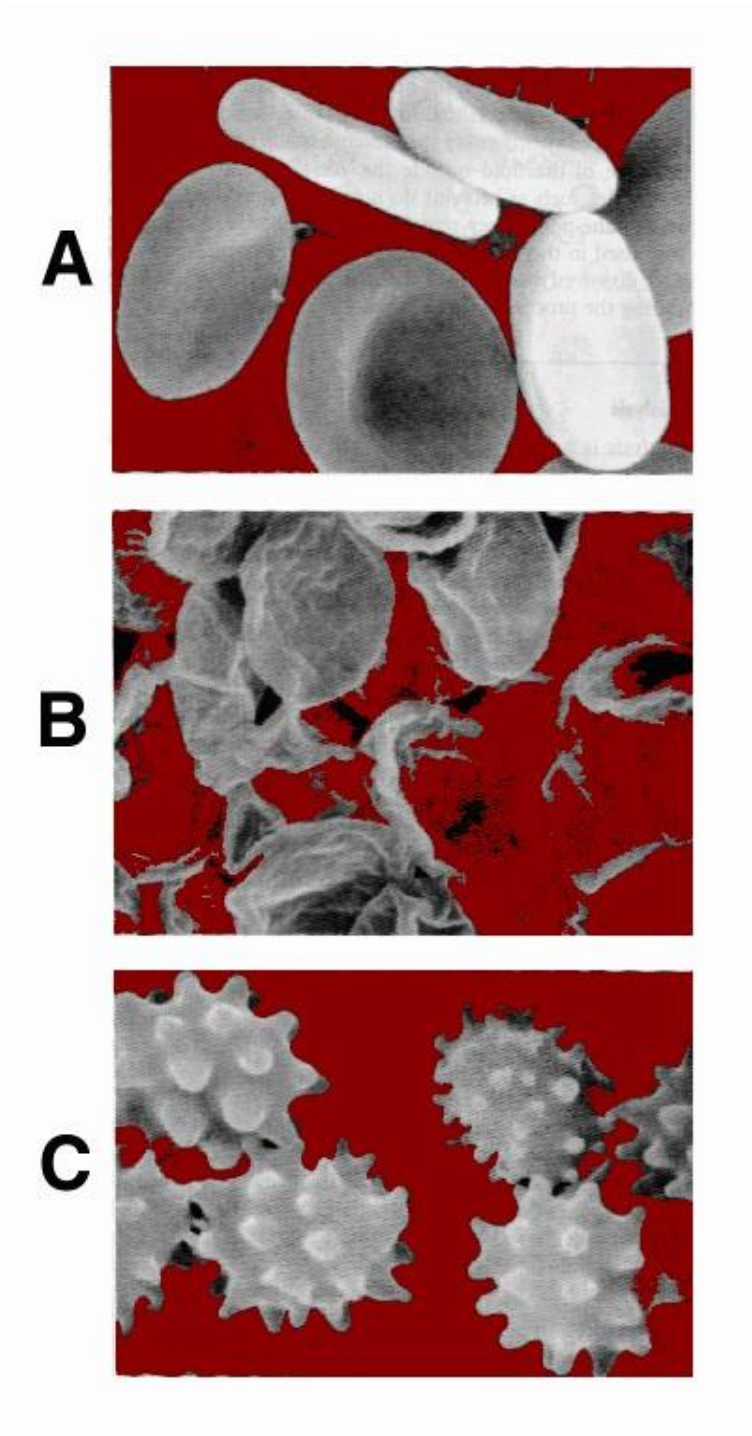
Boja krvi je crvena, a potječe od hemoglobina u eritrocitima. Razlikujemo svijetlocrvenu – arterijsku i tamnocrvenu – vensku krv. Specifična težina krvi, ovisno o vrsti životinje, kreće se u rasponu od 1.053 – 1.060, a odraz je količine eritrocita, hemoglobina, bjelančevina i elektrolita u krvnoj plazmi. Gustoću i viskozitet krvi određuje broj eritrocita i koncentracija bjelančevina u krvnoj plazmi. Ako viskozitet vode označimo brojem 1, tada je viskozitet krvi veći od vode i iznosi 4.2 – 5.9. To je posljedica većeg unutrašnjeg trenja pri protjecanju krvi kroz krvne žile, u odnosu na protok vode kroz cjevčicu istog promjera.

Krv ima značajnu ulogu u održavanju osmotske ravnoteže između unutrašnjosti stanice i njezine okolne tekućine. Krvne bjelančevine održavaju stalnost osmotskog tlaka u krvnoj plazmi i tjelesnim tekućinama. Na osmotski tlak krvi direktno utječe koncentracija elektrolita krvne plazme, a posebno koncentracija natrij-klorida.

Sve stanice tijela, pa tako i eritrociti, kroz svoju membranu dozvoljavaju promet vode, ovisno o osmotskoj koncentraciji sredine u kojoj se nalaze. U hipertoničnoj sredini (velika koncentracija elektrolita) voda izlazi iz eritrocita i oni se smežuraju poput suhe smokve.

Suprotno se događa u hipotoničnoj sredini (niska koncentracija elektrolita) pri kojoj voda ulazi u eritrocite i njihov volumen raste do krajnjih fizioloških granica te naposljetku pucaju. Tu pojavu

prsnuća eritrocita nazivamo hemoliza (raspad eritrocita) (Slika 146). Zbog izotoničnosti krvne plazme te se promjene u tako drastičnom obliku ne događaju u živom organizmu, već samo u laboratorijskim uvjetima, in vitro.



Slika 146: Eritrociti u otopinama soli različite koncentracije koje uzrokuju različite osmotske tlakove s obje strane stanične membrane eritrocita

A Eritrociti u izotoničnoj otopini zadržavaju oblik bikonkavne okrugle stanice; B eritrociti u hipertoničnoj otopini se smežuravaju jer voda izlazi iz eritrocita; C eritrociti u hipotoničnoj otopini bubre jer voda ulazi u njih.

Onkotski ili koloidno-osmotski tlak krvi je snaga krvnih bjelančevina kojom one zadržavaju vodu suprotstavljajući se hidrostatskom tlaku krvi u kapilarama. Ta snaga vezanja vode uz krvne bjelančevine onemogućuje suvišan prelazak vode u tkiva i nastanak tkivnih edema.

Uloga pH u održavanju stalnosti unutrašnje sredine ili *homeostaze* očituje se kroz njegov značajan utjecaj na mnoge kemijske reakcije u tijelu. Inače, pH predstavlja negativan logaritam (po bazi 10) koncentracije H^+ iona. Koncentracije H^+ i OH^- u čistoj vodi su jednake te je voda istovremeno i kiselina i baza. Kisele otopine sadrže više H^+ nego OH^- , a obratno vrijedi za bazične otopine koje sadrže više OH^- nego H^+ . S obzirom na to da je pH skala logaritamska (tablica 10), svaka pH jedinica predstavlja deseterostruku promjenu $[H^+]$. U otopini pH 4 je $[H^+]$ 1 000 puta veća nego u neutralnoj otopini koja ima pH 7.

Ako se pH krvi smanji ispod 7.0 ili poveća iznad 7.8, dolazi do stanja opasnog po život. Stoga je organizam razvio zaštitni mehanizam u obliku pufera. Puferi su slabe kiseline ili slabe baze koje u otopini tvore par kiselina-baza. Puferi vežu H^+ kada se pH smanji, a otpuštaju H^+ kada se pH poveća.

Stalnost bazne (lužnate) elektrokemijske reakcije krvi (pH 7.3 – 7.5) održavaju puferski sustavi krvi, ventilacija pluća, rad bubrega, jetre i dr. organa koji pridonose očuvanju acido-bazne ravnoteže krvi.

Glavni puferski sustavi krvi su bikarbonatni pufer plazme (Na-bikarbonat i ugljična kiselina u omjeru 20:1), fosfatni pufer (primarni i sekundarni Na-fosfat) te bjelančevine krvne plazme kao amfolitički spojevi, a u eritrocitima hemoglobin (Hb) koji reagira kao slaba kiselina.

Tablica 10: Koncentracija H^+ i OH^- u otopinama različitog pH

$[H^+]$	mol/L	pH			$[OH^-]$	mol/L
10^0	= 1	0			10^{-14}	= 0.00000000000001
10^{-1}	= 0.1	1			10^{-13}	= 0.0000000000001
10^{-2}	= 0.01	2			10^{-12}	= 0.000000000001
10^{-3}	= 0.001	3			10^{-11}	= 0.00000000001
10^{-4}	= 0.0001	4			10^{-10}	= 0.0000000001
10^{-5}	= 0.00001	5			10^{-9}	= 0.000000001
10^{-6}	= 0.000001	6			10^{-8}	= 0.00000001
10^{-7}	= 0.0000001	neutralno	7	neutralno	10^{-7}	= 0.0000001
10^{-8}	= 0.00000001	8			10^{-6}	= 0.000001
10^{-9}	= 0.000000001	9			10^{-5}	= 0.00001
10^{-10}	= 0.0000000001	10			10^{-4}	= 0.0001
10^{-11}	= 0.00000000001	11			10^{-3}	= 0.001
10^{-12}	= 0.000000000001	12			10^{-2}	= 0.01
10^{-13}	= 0.0000000000001	13			10^{-1}	= 0.1
10^{-14}	= 0.00000000000001	14			10^0	= 1

22.1.2. Stanični elementi krvi i njihova fiziologija (Sl. 147)

A. Eritrociti

Eritrociti se stvaraju u prvoj polovici graviditeta u jetri i slezeni fetusa, u drugoj polovici graviditeta i u koštanoj srži, a kod odraslih jedinki samo u koštanoj srži. Eritrociti svih domaćih sisavaca su bikonkavne okrugle stanice bez jezgre, kratkog životnog vijeka, svega 3 – 4 mjeseca. Nakon toga razgrađuju se u retikuloendotelnim stanicama jetre, slezene i koštane srži, tako da se bjelančevinasti dio razgradi, a željezo se može ponovno iskoristiti za tvorbu novih eritrocita ili se izlučuje putem žuči u crijeva i dalje izmetom izbacuje iz organizma.

U ptica i riba eritrociti su ovalne stanice koje imaju jezgru, pa su prave stanice.

Osnovna uloga eritrocita je prijenos plinova od pluća do tkiva i obratno. Eritrociti su izvanredno savitljivi, a to im omogućuje prolaz kroz krvne žile i sitne kapilare užeg promjera od samih eritrocita. Do svake stanice u tijelu eritrociti donose kisik iz pluća, a odnose ugljični dioksid nastao metaboličkim procesima u stanici natrag u pluća. Uspješnost izvršenja te uloge ovisi o ukupnom broju eritrocita, a još više o ukupnoj površini eritrocita.

Ukupna površina eritrocita u sisavaca iznosi 50 – 68 m²/kg tjelesne mase, a kod peradi 44 m²/kg. To znači kako konj tjelesne mase 500 kg ima ukupnu površinu eritrocita oko 30 000 m².

Hemoglobin eritrocita veže kisik u kapilarama pluća pomoću dvovalentnog željeza te nastaje oksihemoglobin, pri čemu željezo ne oksidira u trovalentno, već ostaje dvovalentno. Kada arterijska krv dođe u tkiva, otpušta se kisik, a veže ugljični dioksid te nastaje od oksihemoglobina ponovo reducirani hemoglobin.

Ugljični monoksid (CO) pokazuje 200 puta jači afinitet vezanja na hemoglobin od kisika. Pri trovanju ugljičnim monoksidom nastaje čvrsti spoj, karboksi-hemoglobin, on onemogućuje vezanje kisika i uzrokuje uginuće životinje već pri niskim koncentracijama toga plina u sredini trovanja.

Broj eritrocita u krvi ovisi o vrsti životinje, o dobi (mlade životinje imaju više eritrocita nego starije) i o spolu (muške životinje imaju više eritrocita od ženskih). Kod ženskih životinja broj eritrocita se povećava u graviditetu i za vrijeme laktacije, a kod svih životinja pri tjelesnoj aktivnosti.

Broj eritrocita, prosječna veličina eritrocita te prosječna koncentracija hemoglobina u eritrocitima krvi karakteristični su za pojedinu vrstu životinje, a istaknuti u tablici 11.

Tablica 11: Fiziološke vrijednosti broja eritrocita, prosječna veličina eritrocita i koncentracija hemoglobina u krvi domaćih životinja

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Broj eritrocita Lx10¹²</i>	<i>Prosjek Lx10¹²</i>	<i>Veličina E fL^c</i>	<i>Hb g/L</i>
<i>Konj</i>	6 - 9	7.0 ^a /10 ^b	45 ^b	110 ^a /145 ^b
<i>Govedo</i>	5 - 8	7.0	52	110
<i>Ovca</i>	8 - 13	11.0	34	118
<i>Koza</i>	17 - 18	15.0	20	100
<i>Svinja</i>	5 - 8	7.0	60	127
<i>Pas</i>	5.5 - 8	7.0	70	150
<i>Kokoš</i>	1.9-4,1	3.0	130	90
<i>Šaran</i>	1.8-2.3	2.1	/	/

Napomena: a = hladnokrvni konji; b = oplokrvni konji; c = femtolitar = 10⁻¹⁵L

B. Leukociti

Leukociti su stanice krvi koje sadrže jezgru. Imaju značajnu ulogu u staničnoj (celularnoj) obrani organizma. Prema morfološkim svojstvima kod domaćih životinja razlikujemo granulocite i agranulocite.

Granulociti su leukociti koji obojeni pankromatičnom metodom po Pappenheimu sadrže u citoplazmi specifično obojena zrnca. Prema boji zrnaca (granula) nazivaju se neutrofilni ili heterofilni, eozinofilni i bazofilni leukociti.

B.1. Neutrofilni leukociti

Ove stanice imaju nježno ružičastu, gotovo bezbojnu citoplazmu, posutu nježnim sitnim neutrofilnim zrcima. Jezgra neutrofilnog leukocita obično je razdijeljena u 3 – 5 segmenata. Kod ovaca pretežu stanice s 5 segmenata, kod svinja s 3, kod pasa 4 – 5, a kod konja, goveda i koza s 4 segmenta.

Neutrofilni leukociti imaju izraženu sposobnost ameboidnog kretanja, izlaženja kroz stijenku kapilara i fagocitoze, tj. sudjeluju u obrani organizma od mikroorganizama i drugih stranih tijela, a nazivamo ih mikrofagi.

B.2. Eozinofilni leukociti

Citoplazma ovih stanica sadrži okrugla zrnca jednake veličine i izrazito crvene boje. Jezgra eozinofilnog leukocita obično je segmentirana, najviše u dva segmenta. Ponekad jezgra ima štapićasti izgled, ali obavezno je prekrivaju eozinofilna granula. Stanice su velike pokretljivosti i slabe fagocitozne sposobnosti. Broj im se jako povećava kod parazitarne oboljenja i alergijskih stanja pa su dijagnostički značajni.

B.3. Bazofilni leukociti

Stanična citoplazma ispunjena je karakterističnim zrnima tamnoplave do skoro crne boje i okruglog oblika. Bazofilna zrnca su topiva u vodi pa se prilikom bojenja, ako je stanica oštećena, isperu iz stanice. Citoplazma je tada crvenkasta i izbušenog izgleda. Stanice imaju slabo izraženu sposobnost fagocitoze. Jezgra svih granulocita boji se ljubičasto.

Agranulociti su stanice koje u citoplazmi ne sadrže granula i u ovu skupinu ubrajamo limfocite i monocite.

B.4. Limfociti

Stanice su s okruglom jezgrom koja se boji tamnoljubičasto. Citoplazma limfocita je plava, oko jezgre obično nešto svjetlija. Prema količini plazme koju stanica sadrži, limfocite dijelimo u velike, srednje i male. Nastaju u limfnim čvorovima, slezeni, koštanoj srži, timusu, a kod ptica u bursi Fabricii te imaju ulogu sinteze gama-globulina i specifičnih antitijela.

B.5. Monociti

Stanice koje imaju veliku jezgru bubrežastog izgleda, osim u konja u kojih imaju oblik zvijezde. Stanicu ispunjava obilna sivoplava oblačasta citoplazma. Monociti se stvaraju u slezeni i koštanoj srži, krupniji su od limfocita i imaju izraženu sposobnost ameboidnog kretanja, izlaska iz kapilara i proždiranja stranih čestica, tzv. fagocitoze. Prvenstveno uklanjaju ostatke raspadnutog tkiva nakon oštećenja ili upalnog procesa. Fiziološke vrijednosti broja leukocita u pojedinim vrsta životinja prikazuje tablica 12. U tablici 13 prikazane su fiziološke vrijednosti pojedinih vrsta leukocita izražene u postotku.

Tablica 12: Fiziološke vrijednosti broja leukocita u L krvi x 10⁹

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Broj leukocita</i>	<i>Prosjek</i>
<i>Konj</i>	7-11	9
<i>Govedo</i>	5-10	8
<i>Ovca</i>	15-20	17
<i>Koza</i>	8-12	10
<i>Svinja</i>	8-16	12
<i>Pas</i>	8-18	12
<i>Perad</i>	10.5-34.9	25.6
<i>Šaran</i>	27.5-65.0	38.2

Tablica 13: Fiziološke vrijednosti pojedinih vrsta leukocita izražene u %

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Neutrofili</i>	<i>Eozinofili</i>	<i>Bazofili</i>	<i>Limfociti</i>	<i>Monociti</i>
<i>Konj</i>	57	3	1	35	4
<i>Govedo</i>	31	6	1	57	5
<i>Ovca</i>	31	8	1	57	3
<i>Koza</i>	36	5	1	55	3
<i>Svinja</i>	59	2	2	33	4
<i>Pas</i>	63	6	1	25	5

Leukociti imaju kratak životni vijek, samo nekoliko dana.

C. Trombociti

Stvaraju se u koštanoj srži i žive 812 dana, nakon čega se raspadaju i u potpunosti razgrađuju u krvi. Vrlo su male okrugle stanice bez jezgre koje sudjeluju u zgrušavanju krvi i stvaranju krvnog ugruška.

U peradi su ovalnog oblika i posjeduju jezgru. Nazivamo ih još krvne pločice.

U tablici 14 prikazane su fiziološke vrijednosti trombocita u krvi domaćih životinja.

Sudjeluju u procesu zgrušavanja krvi.

Tablica 14: Fiziološke vrijednosti trombocita u L krvi x 10⁹

<i>Vrsta životinje</i>	<i>Broj trombocita</i>	<i>Prosjek</i>
<i>Govedo</i>	100-600	400
<i>Konj</i>	110-360	240
<i>Ovca</i>	250-700	400
<i>Koza</i>	400-500	450
<i>Svinja</i>	252-600	505
<i>Pas</i>	315-417	347
<i>Mačka</i>	300-750	450
<i>Kokoš</i>	19-41	36



Slika 147: Scanning snimka staničnih elemenata u cirkulirajućoj krvi arterijske žile
 1 Leukociti; 2 eritrociti; 3 trombociti.

22.1.3. Zgrušavanje krvi

Obrambena je reakcija u obliku biokemijskog procesa kod kojeg krv prelazi iz tekućeg stanja u krvni ugrušak, odnosno u kompaktno stanje. Sposobnost krvi da se zgruša ili koagulira u biti je proces koji se odigrava u plazmi.

Fiziološka važnost koagulacije je u činjenici kako ona služi zatvaranju povrijeđenih krvnih žila i na taj način zaustavlja krvarenje. Grube fizikalne promjene koje se događaju u krvi za zgrušavanja odavno su poznate. Prema staroj, klasičnoj teoriji Morawitza iz 1905., pri koagulaciji krvi sudjeluju četiri čimbenika:

1. fibrinogen – krvni globulin koji se stvara isključivo u jetri
2. protrombin ili trombogen – također globulin, a u jetri se stvara u prisutnosti vitamina K
3. tromboplastin ili trombokinaza – lipoproteid koji nalazimo u različitim tkivima, trombocitima i plazmi te
4. ioni kalcija.

Po Morawitzu proces koagulacije odvija se u dvije faze.

Prva faza: protrombin iz plazme uz prisutnost kalcijevih iona i tromboplastina prelazi u trombin.

Druga faza: fibrinogen pod utjecajem trombina prelazi u fibrin. Prijelaz fibrinogena u fibrin, pri čemu trombin djeluje kao katalizator, sastoji se u tome da se molekule fibrinogena vežu jedna uz drugu, stvarajući mrežice koje postaju grublje i gušće. Prijelaz fibrinogena u fibrin i kvaliteta fibrinske mrežice mnogo ovisi o temperaturi, koncentraciji vodikovih iona i sadržaju soli u otopini.

Fibrinske niti su na svojim sastavima pojačane nakupinama intaktnih trombocita, a u prostore fibrinske mrežice uklopljeni su eritrociti i leukociti. To je krvni ugrušak koji zatvara povredu. Trombocitni enzim, *retraktocin*, stisne krvni ugrušak (*retrahira*) uz istiskivanje krvnog seruma te nastane krasta.

Enzimi iz leukocita postupno razgrađuju krvni ugrušak, krasta se postupno razgrađuje uz istovremeno urastanje vezivno-tkivnih stanica iz okolnog tkiva, povreda se u potpunosti sanira. Već je odavno poznato da Morawitzova shema nije potpuni prikaz procesa koagulacije. Iako je otkriveno više od 10 čimbenika zgrušavanja, a proces se zbiva u četiri faze koagulacije, suština procesa zgrušavanja je onakva kakvu je Morawitz opisao i zadržala se do danas.

22.1.4. Antikoagulansi

Kada želimo analizirati cjelokupnu krv ili plazmu moramo spriječiti zgrušavanje. Budući da je za zgrušavanje potrebna prisutnost Ca^{++} , ono se može spriječiti uklanjanjem tih iona. U tu svrhu se služimo oksalatima, citratima i fluoridima.

Oksalati i fluoridi talože, a citrati deioniziraju kalcij.

Citrati se mogu upotrijebiti i in vivo (prilikom transfuzije citratne krvne plazme), a oksalati i fluoridi se zbog svoje otrovnosti koriste samo in vitro.

Osim spomenutih soli kao antikoagulansi možemo upotrijebiti heparin i hirudin, čije se djelovanje razlikuje od djelovanja navedenih soli.

Heparin i hirudin sprečavaju djelovanje trombina na fibrinogen. Hirudin se dobiva iz žlijezde slinovnice pijavica (*Hirudo medicinalis*), a heparin se priređuje iz jetre. Ima ga u bazofilnim stanicama tkiva, naročito u plućima i u bazofilnim leukocitima.

22.1.5. Krvne grupe i transfuzija krvi

U membrani eritrocita nalaze se antigene komponente koje su karakteristične za određenu vrstu, pasminu ili pojedinu životinju, a nazivamo ih aglutinogeni eritrocita. Građa im je mukopolisaharidna ili glikolipidna, nasljednog su karaktera i doživotno nepromjenjive prirode. Krvna grupa je jedna takva antigena komponenta eritrocita.

U serumu su ustanovljena antitijela – aglutinini. Oni reagiraju s antigenima eritrocita kod transfuziono međusobno nepodnošljivih organizama i tada nastupa taloženje eritrocita i grušenje krvi. Krvni antigen i antitijelo predstavljaju krvni sustav.

Poznato je kako govedo ima 11 krvnih sustava, ovca i koza 7, konj 8, svinja 14, a kokoš 10. Krvni sustavi imaju posebnu ulogu u stočarstvu. Osim u transfuziji krvi, krvni sustavi imaju značajnu ulogu u određivanju očinstva i majčinstva, otkrivanju jednojajčanih blizanaca,

utvrđivanju podrijetla određenih antigenih svojstava s proizvodnim karakteristikama i u njihovoj povezanosti s pojavom određenih bolesti i mana nasljednog karaktera.

22.2. Fiziologija srca i krvnih žila

Cirkulacija je skup radnji koje pokreću krv kroz krvožilni sustav. Ustanovio ju je prije tri stotine godina liječnik William Harvey, udarivši osnove znanja iz fiziologije kardiovaskularnog sustava životinja. Taj liječnik objasnio je najvažniju funkciju tijela kroz kretanje krvi u dva odvojena kruga (veliki i mali krvotok) „tjeranu“ ritmičkim stezanjem srčanog mišića (sl. 150). Krvožilni sustav tvore arterije i vene između kojih se smjestila velika pumpa, srce.

22.2.1. Fiziologija srca

Srčani ciklus ili srčana revolucija je aktivnost srčanog mišića sastavljena od tri faze:

1. sistole (stezanje srčanog mišića)
2. dijastole (opuštanje srčanog mišića) i
3. pauze u kojoj srčani mišić kratko miruje.

Krv u desnu pretkomoru dovode prednja i stražnja šuplja vena, a u lijevu pretkomoru 7 – 8 plućnih vena.

Srčana revolucija započinje sistolom pretkomora pri čemu se zatežu njezine stijenke i tako izazivaju suženje ušća velikih vena, onemogućujući povrat krvi u njih. Krv se iz tog razloga kreće kroz pretkomorno-komorni otvor u komore, koje se trenutno nalaze u fazi dijastole. Nakon toga slijedi opuštanje ili dijastola pretkomora.

Sistola komora započinje 0.1 sekundu kasnije od sistole pretkomora. Tijekom ove faze zatežu se stijenke komora, zatvaraju pretkomorno-komorni zalisci, a tlak krvi u komorama raste. Taj tlak uzrokuje otvaranje polumjesečastih zalistaka plućne arterije i aorte te ulazak krvi u te velike krvne žile.

Slijedi dijastola komora uz pad krvnog tlaka u njima, a povrat krvi iz aorte i plućne arterije onemogućuje visoki krvni tlak u tim žilama. Povrat krvi također onemogućuje i zatvaranje polumjesečastih zalistaka plućne arterije i aorte.

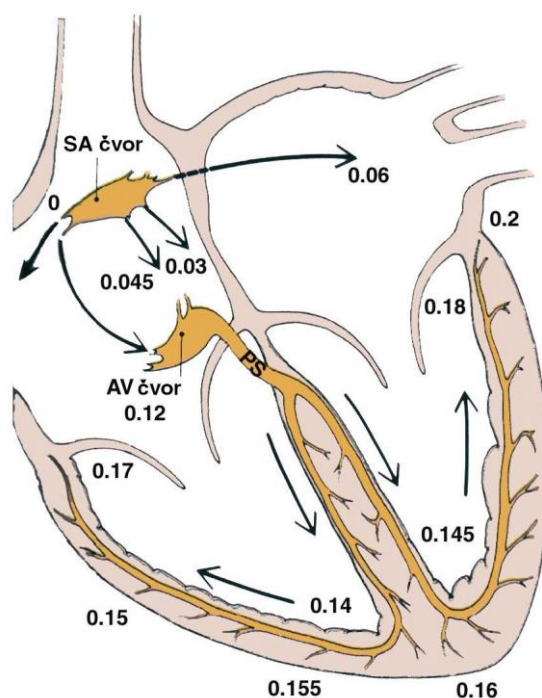
Zatim slijedi pauza i krv postupno ulazi u srce za novu srčanu revoluciju.

Aktivnost srčanog rada i fiziološki ritam izmjena faza srčanog rada nadzire srce samo, kao autonomni organ (preko svojeg primarnog i sekundarnog centra te provodnog komornog sustava) i autonomni živčani sustav preko simpatikusa i parasimpatikusa (Sl. 148).

Primarni centar ili sinusno-atrijski čvor tvore modificirane stanice srca koje mogu same sebe podraživati, a sekundarni centar tvore iste takve srčane stanice smještene u pretkomorno-komornoj pregradi desne polovice srca.

Provodni komorni sustav nalazi se u pregradi između lijeve i desne komore.

Na ritam srčanog rada može utjecati autonomni živčani sustav i to u smislu stimulacije djelovanjem simpatikusa ili usporavanja srčanog ritma djelovanjem parasimpatikusa. Ukoliko se u srcu pojavi podražaj izvan spomenutih centara (tercijarni centar) uslijedit će pojava ekstra sistole (posebne kontrakcije srčanog mišića), nakon čega će uslijediti produžena ili kompenzatorna pauza.



Slika 148: Nadražajno-provodni sustav srca (*systema conducens cordis*)

SA – Sinus-atrijski čvor (*nodus sinuatrialis*) izvor akcijskog potencijala koji određuje ritmičnost rada srca i kontrolira frekvenciju kojom čitavo srce kuca; **AV** – Atrioventrikularni čvor (*nodus atrioventricularis*) i **PS** (provodni sustav vlakana ili AV-snop ili *fasciculus atrioventricularis crus dextrum et sinistrum*) reguliraju prolaz impulsa (usporavaju) SA čvora u srčane komore dok su srčane pretkomore u fazi sistole; brojevi su desetinke sekundi vremena za koje impuls SA čvora stigne u AV čvor, odnosno vrijeme prolaza kroz provodni sustav srca.

Prilikom rada srca mogu se uočiti zvučne pojave koje označavamo kao srčane tonove. Tijekom aktivnosti zdravog srca čuju se dva tona:

1. Prvi srčani ton – nastaje prilikom sistole komora zbog zatezanja i zatvaranja pretkomorno-komornih zalistaka, vibracije miokarda, aorte i plućne arterije, a snažniji je, duži i niži od drugog srčanog tona.
2. Drugi srčani ton – nastaje tijekom započinjanja dijastole komore uslijed zatvaranja polumjesečastih zalistaka, a slabiji je, kraći i viši od prvog srčanog tona. Oštro je ograničen ton, izrazito valvularne prirode.

Srčani mišić krasi tri svojstva:

- a. kontraktibilnost ili sposobnost da na podražaj reagira kontrakcijom ili stezanjem mišićnih vlakana
- b. elastičnost ili prilagodljivost srca različitim volumenima prispjele krvi i
- c. podražljivost ili sposobnost reagiranja na živčani podražaj; svaki podražaj ne izaziva mišićnu kontrakciju jer je u sistoli srčani mišić nepodražljiv ili refraktoran.

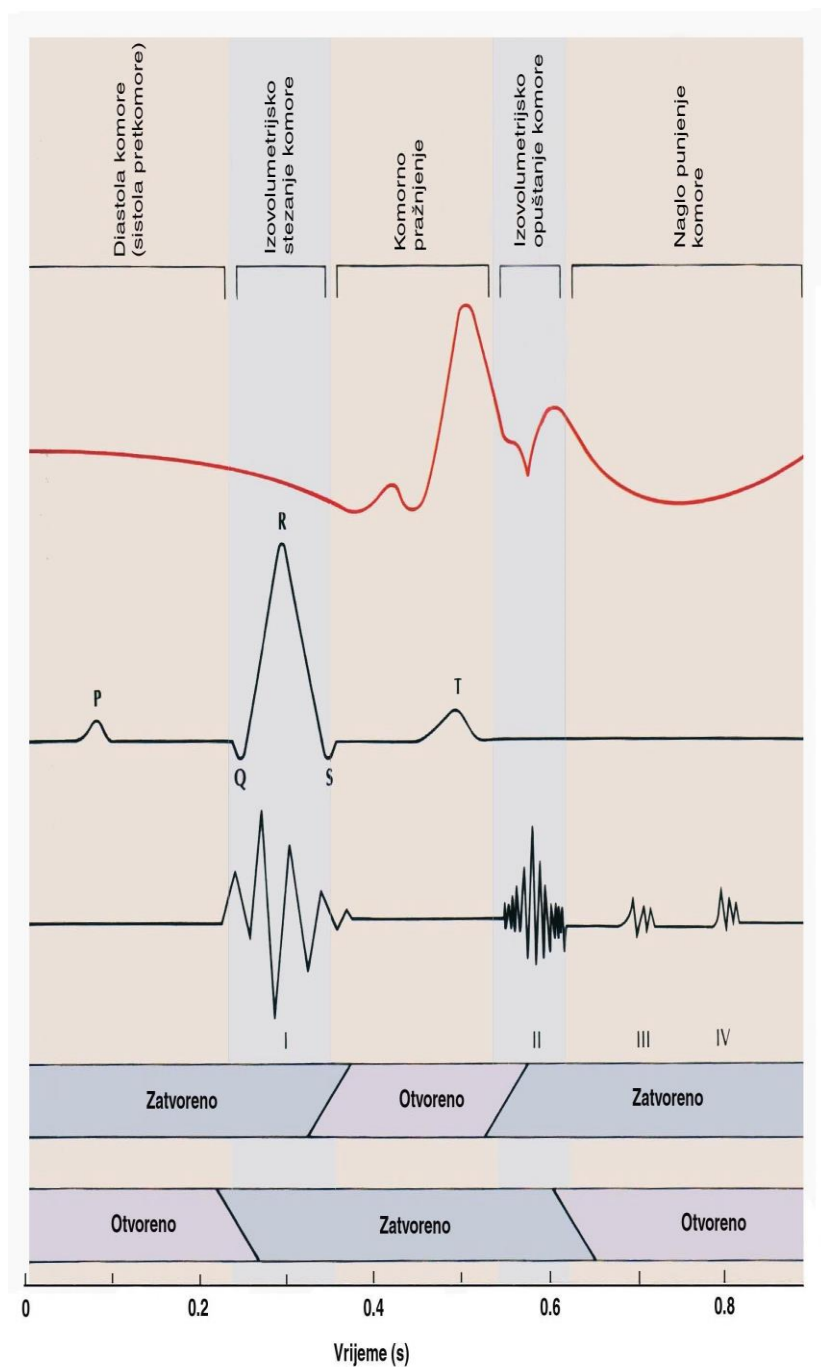
Prag podražaja

Najmanji podražaj koji može izazvati mišićnu kontrakciju naziva se prag podražaja. To je jačina podražaja dovoljna da izazove kontrakciju. Srčani mišić djeluje po zakonu „sve ili ništa”, odnosno na podražaj iznad praga podražaja kontrahira se maksimalnom kontrakcijom. Razlog tome je građa srčanog mišića. Mišićna vlakna srčanog mišića međusobno su spojena tako da se podražaj po njima nesmetano širi pa djeluju kao jedna stanica, što nazivamo funkcionalni sincicij.

Starlingov zakon kaže: što je srce bolje ispunjeno krvlju, to je snaga kontrakcije veća. Razlog tome je ovisnost snage srčane kontrakcije od polazne dužine mišićnih vlakana srčanog mišića (što je ona veća, to je snaga kontrakcije srca veća).

Elektrokardiogram (EKG) (Sl. 149) je papirni zapis promjena bioelektričnog potencijala u srčanom mišiću izmjenjenim elektrokardiografom.

Bioelektrični potencijal su niskovoltažne električne struje živog tkiva, vremenski neznatnog trajanja, nastale u podraženom tkivu. EKG zdravog srca pokazuje pet karakterističnih valova koji se označavaju slovima latinske abecede P, Q, R, S i T.



Slika 149: Elektrokardiogram

P-val je rezultat nastanka podražaja u srčanim pretkomorama; QRS i T-val su rezultat nastanka i širenja podražaja u muskulaturi srčanih komora. Vremenski interval između P i Q vala iznosi 0.12 – 0.15 s što točno pokazuje vremensko kašnjenje početka podražaja srčanih komora za početkom podraživanja srčanih pretkomora.

Ubačena velika količina krvi u aortu izaziva „deformaciju“, rastezanje stijenke aorte u smislu proširenja volumena zbog preuzete količine krvi. To proširenje prenosi se na sve arterije tijela poput vala koji pod opipom površinskih arterija na koštanoj podlozi pulsira, a nazivamo ga puls ili bilo.

Ubačena količina krvi izaziva povećanje krvnog tlaka u arterijama koji nazivamo *sistolički tlak*. U domaćih sisavaca *sistolički tlak* kreće se u rasponu od 125 do 145 mm Hg. Krvni tlak u arterijama na kraju *dijastole* nazivamo *dijastolički tlak*, a *pulsni tlak* predstavlja razliku između vrijednosti *sistoličkog* i *dijastoličkog tlaka*. U domaćih sisavaca *dijastolički tlak* kreće se u rasponu od 80 do 95 mm Hg.

Na regulaciju krvnog tlaka utječu:

1. frekvencija srčanih kontrakcija i sistolički volumen (povećanom frekvencijom srčanih kontrakcija raste dijastolički tlak, a sistolički tlak pada ako je istovremeno smanjen sistolički volumen; povećani sistolički volumen povećava sistolički tlak)
2. periferni otpor u arteriolama i kapilarama (njihovim znatnim proširenjem krvni tlak pada, a suženje njihova lumena uzrokuje nagli porast krvnog tlaka)
3. elastičnost arterija (sposobnost prilagodbe arterija zaprimljenom volumenu krvi i smanjeno trenje pri protjecanju krvi neće uzrokovat pad krvnog tlaka)
4. volumen krvi (povećanje volumena krvi izaziva porast krvnog tlaka i obratno)
5. autonomni živčani sustav (simpatikus uzrokuje vazokonstrikciju, porast tlaka, a parasimpatikus – vazodilataciju, pad tlaka).

Frekvencija ili učestalost srčanog rada ovisi o veličini životinje, vrsti i pasmini životinje te njezinoj dobi. Na srčani rad utječu vanjski čimbenici, npr. rad. Frekvencija se mijenja pod utjecajem živčanog sustava.

Vrsne specifičnosti:

Frekvencija iznosi u:

konja 28 – 44 otkucaja/min

goveda 60 – 80 otkucaja/min

svinje 70 – 100 otkucaja/min

psa 100 otkucaja/min i

kokoši 200 – 300 otkucaja/min.

Kod malih životinja, mladih i kod ženskih životinja frekvencija je veća.

Udarni ili sistolički volumen je količina krvi koja se izbacila u jednoj sistoli i iznosi kod:

konja 0.8 L krvi

goveda 0.58 L

ovce i koze 0.03 L te

psa 0.017 L.

Minutni volumen srca je količina krvi koju srce izbacila u minuti i iznosi kod:

konja 29 L

goveda 34.8 L

psa 1.4 L.

Može se regulirati živčanim sustavom, stimulacijom frekvencije.

22.3. Fiziologija krvnih žila i kapilara (Sl. 137)

Arterije su krvne žile koje odvođe arterijsku krv iz srca. Arterijski krvožilni sustav započinje aortom koja izlazi iz lijeve komore srca i prema periferiji tijela grana se u manje arterije do najmanjih, kapilara i arteriola. Arterijska krv se prema periferiji tijela kreće u arterijskom krvožilnom sustavu tjerana snagom stezanja srčanog mišića i prijenosom dijela tog srčanog rada na krv u obliku arterijskog krvnog tlaka.

Vene su krvne žile koje dovode vensku krv u srce odupirući se pri tome djelovanju sile teže. Regulaciju kretanja krvi u venama prema srcu određuju četiri čimbenika:

1. sama građa venskih krvnih žila; uloga venskih zastavica – zatvaraju segment ispunjen venskom krvlju na putu prema srcu, kao što se zatvaraju i izoliraju odjeljci u podmornici kada u nju prodire voda, onemogućujući na taj način povrat venske krvi u niže dijelove tijela
2. mali pozitivni tlak na početku venskog krvožilnog sustava kao ostatak pokretačke snage srčanog mišića prenesene na krv, a koja nije utrošena na savladavanje trenja u arteriolama i kapilarama
3. negativni tlak u prsnoj šupljini koji se prenosi na vensku krv preko tankih venskih stijenki, čime se povećava razlika u tlaku između početka venskog krvožilnog sustava i mjesta ulijevanja velikih šupljih vena u srce
4. skeletna mišićna masa koja pri svom stezanju komprimira tanke stijenke vena u svojoj neposrednoj okolini uzrokujući tako lokalno povećanje tlaka u venama što „tjera“ vensku krv u njima prema srcu.

Podjela kapilara na arterijske i venske je funkcionalne prirode, tj. sve dok kapilara ne preda kisik i otopljene hranjive tvari je arterijska, a kad preuzme ugljični dioksid i produkte metabolizma stanica označavamo je venskom kapilarom.

Prelazak otopljenih tvari kroz stijenku kapilare reguliran je *hidrostatskim tlakom* kapilara i tkivne tekućine te *koloidno-osmotskim* u kapilarama i međustaničnoj tekućini.

Hidrostatski tlak arterijskih kapilara teži istiskivanju otopljenih tvari kroz stijenku kapilare, tj. njihovu filtraciju u međustanični prostor. Tome se odupire tlak za koji su odgovorne bjelančevine koje zbog svoje veličine ne mogu proći kroz pore kapilare i uzrokuju povećanje *koloidno-osmotskog tlaka* u krvi, a on se odupire *hidrostatskom tlaku*. Kako se otopljene tvari filtriraju u međustanični prostor, *hidrostatski tlak* u kapilari se snižava, a *koloidno-osmotski tlak* raste iznad vrijednosti *hidrostatskog tlaka*, pa se sada tvari iz međustaničnih prostora resorbiraju (filtriraju) u kapilaru koju sada nazivamo venskom kapilarom.

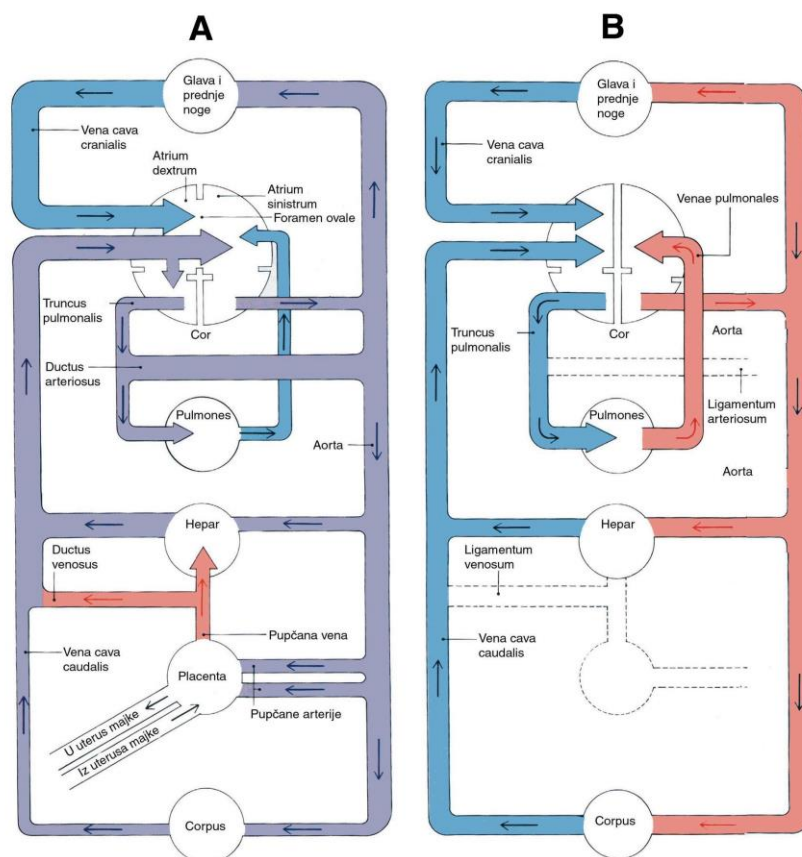
Jetra ima dva krvotoka:

1. *nutritivni ili hranidbeni* koji preko jetrene arterije (a. *hepatica*) dobiva krv obogaćenu kisikom i hranjivim tvarima za ishranu vlastitog tkiva i
2. *funkcionalni krvotok* koji preuzima preko portalne vene (v. *portae*) vensku krv iz želuca, crijeva i gušterače na metaboličku obradu u jetri (sl. 150).

Tijekom graviditeta aktivira se *placentarni krvotok* koji preko pupčanih vena i arterija osigurava izmjenu hranjivih tvari, uklanjanje otpadnih produkata metabolizma i izmjenu plinova između krvi majke i krvi ploda (sl. 150).

22.4. Fiziologija limfnih žila i limfnih čvorova

Tkivnu tekućinu međustaničnih prostora, po sastavu vrlo sličnu krvnoj plazmi, označavamo limfom. Limfa kruži limfnim i venskim cirkulacijskim sustavom. Limfne kapilare započinju u međustaničnim prostorima, a na svom putu limfne žile prolaze kroz barem jedan limfni čvor u kojem se limfa filtrira i obogaćuje limfocitima. Limfom putuju organske tvari velikih molekula (masti, masne kiseline dugih lanaca). Limfni sustav ima ulogu „drenažnog sustava” koji odvodi višak tkivne tekućine iz međustaničnih prostora u krvotok i sudjeluje u obrani organizma.



Slika 150: Funkcionalni prikaz krvožilnog sustava

A – Veliki i mali krvotok u gravidne ženke (majka i plod); **B** – veliki i mali krvotok u negravidne ženke.

23. TJELESNE TEKUĆINE I EKSKRECIJA

Tjelesne tekućine, krv, limfa te tekućina međustaničnih prostora, zbog prometa tvari u organizmu, budu opterećene krajnjim produktima metabolizma. Ti produkti mogu svojim nakupljanjem u tjelesnim tekućinama ugroziti opstanak organizma te ih on uklanja izlučivanjem putem probavnog trakta, pluća, kože i žuči, a posebno putem specijaliziranih organa za tu ulogu, bubrega.

23.1. Fiziologija bubrega

Bubrezi u organizmu imaju višestruku ulogu:

1. čuvaju vodu, katione i anione u krvnoj plazmi
2. sprečavaju izlučivanje glukoze i aminokiselina
3. uklanjaju otpadne produkte prometa tvari (mokraćnu kiselinu, ureu, amonijak i kreatinin)
4. sudjeluju u očuvanju acido-bazne ravnoteže organizma održavanjem stalnosti aktualne kemijske reakcije krvne plazme
5. uklanjaju suvišak anorganskih soli i spojeva koji su nastali u procesu detoksikacije te
6. imaju endokrinu ulogu jer izlučuju *eritropoetin* koji stimulira stvaranje eritrocita i *renin* koji sudjeluje u aktivaciji *angiotenzina*, koji stimulira *aldosteron*, hormon nuzbubrežnih žlijezda na reapsorpciju natrija i posredno zadržavanje vode u organizmu putem bubrega.

Osnovna morfološka i funkcionalna jedinica bubrega naziva se *nefron*. *Nefron* grade bubrežno tjelešce ili *glomerul* kojeg čini splet krvnih žila obavijenih Bowmanovom čahuricom iz koje izlazi sustav kanalića koji započinju između dva lista Bowmanove čahure. Kanalići se pružaju prema vrhu bubrežnog reznjica, a u srži bubrega se sužavaju i čine zaokret u obliku petlje prema kori bubrega. Tu tvore mnoštvo zavoja i ulijevaju se u sabirne bubrežne kanaliće koji kreću od kore bubrega i pružaju se do vrha papile. Ona se otvara u bubrežnu zdjelicu. Funkcija *glomerula* je filtracija krvne plazme, a dobiveni ultra filtrat naziva se *glomerularni filtrat* ili primarna mokraća. *Glomerularni filtrat* istog je sastava kao krvna plazma, ali ne sadrži bjelančevine. Sustav bubrežnih kanalića ima ulogu reapsorpcije glukoze, hranjivih tvari i minerala, a pod utjecajem hormona selektivne reapsorpcije vode, Na, K, Ca i Mg te fosfata i klorida. Reapsorpcija tvari u sustavu kanalića obavlja se aktivnim transportom uz utrošak energije (reapsorpcija glukoze) i pasivnim transportom kada postoji razlika u elektrokemijskom gradijentu između krvi i primarne mokraće. Ako se u sustavu bubrežnih kanalića koncentrira višak vodikovih iona, izlučivat će se kisela mokraća i obratno, ako se koncentriraju alkalije, izlučivat će se alkalna mokraća. Tu se obavlja i konačno zakiseljavanje mokraće te nastaje sekundarna ili konačna mokraća koja se izlučuje iz organizma putem distalnog mokraćnog sustava.

23.2. Sastav mokraće

Mokraću čine stalni, prigodni i slučajni sastojci.

Stalni su sastojci uvijek prisutni u mokraći. To su voda, urea, mokraćna kiselina, amonijak, fosfati, karbonati, kloridi i sulfati Na, K, Ca i Mg te male količine epitelnih stanica i pokoji eritrocit te leukocit.

Prigodni sastojci koje normalno ne nalazimo, ali se mogu naći u slučaju poremećaja metabolizma ili hormonalnog disbalansa u graviditetu kada nalazimo u mokraći glukozu. Bjelančevine nalazimo kod oboljenja bubrega, a ketonska tijela u slučaju porasta njihove koncentracije u krvi i posljedično u *glomerularnom filtratu* u visokoproduktivnih mliječnih krava oboljelih od ketoze i kao posljedicu gladovanja. Žučne boje nalazimo kod poremećenog otjecanja žuči uslijed pojave žučnih kamenaca, a indikan kod pojačanog truljenja u crijevima.

Slučajni sastojci ne nalaze se normalno u mokraći. To su spermiji nakon koitusa, bakterije, eritrociti i leukociti kod izvjesnih poremećaja te biljne boje i lijekovi.

Boja mokraće ovisi o vrsti životinje, hranidbi i koncentriranosti izlučene mokraće, a kreće se od svijetložute do smeđe.

Miris mokraće karakterističan je za svaku vrstu životinje. U biljoždera je aromatičan, a kod sveždera i mesoždera neugodan.

Mokraća kopitara je gusta, sluzava zbog prisutne velike količine mucina i mutna zbog prisutnosti Ca-oksalata. pH mokraće ovisi o hranidbi i vrsti životinja. U biljoždera je najčešće alkalična, a u svinje i mesoždera kisela.

Vrsne specifičnosti:

Dnevna količina izlučene mokraće iznosi u:

- goveda 6 – 12 L
- konja 3 – 6 L
- svinje 2 – 4 L te
- ovce i koze 1 – 1.5 L.

23.3. Izlučivanje mokraće

Mokraća se iz bubrežne zdjelice valovitim kontrakcijama stijenke mokraćovoda odvodi u mokraćni mjehur. Povrat mokraće u mokraćovode onemogućuje njihov ulazak u mokraćni mjehur pod određenim kutom.

Mokraćni mjehur je spremnik mokraće koji leži na dnu zdjelice. Skupljanje mokraće u mokraćnom mjehuru povećava tonus glatkih mišića u stijenci mjehura. Kada pritisak u mjehuru dostigne prag podražaja mišića stijenke mokraćnog mjehura, aktivira se refleks mokrenja. Mišići se kontrahiraju, otvara se sfinkter mokraćnog mjehura i mokraća istječe kroz mokraćnicu.

23.4. Fiziologija mokraćnog sustava peradi

Bubrežna zdjelica, mokraćni mjehur i mokraćnica organi su koje perad za razliku od sisavaca nema.

Perad mokraćom ne izlučuje ureu kao sisavci, već mokraćnu kiselinu, a ima i veću sposobnost koncentriranja mokraće od sisavaca. Tako tijekom 24 sata količina mokraće u kokoši iznosi 50 – 100 mL. Mokraćna je žućkaste boje, sadrži dosta sluzi, kiselog je pH (6 – 6.7) i bogata je uratima. Mokraćna peradi miješa se u kloaki sa izmetinama i u tom obliku izbacuje u vanjsku sredinu.

24. FIZIOLOGIJA DISANJA

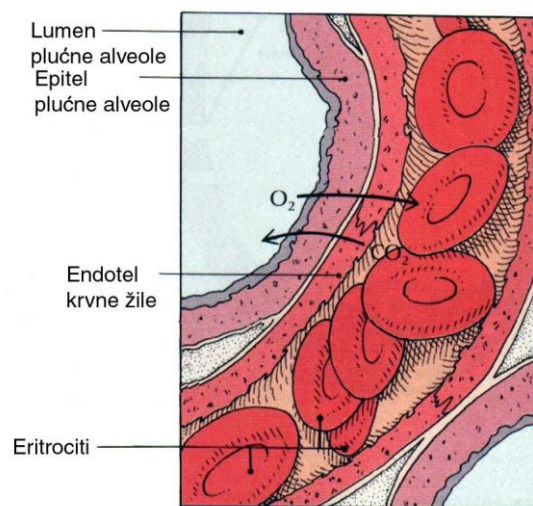
Kod vodenih životinja izmjena plinova (O_2 i CO_2) zbiva se preko škrge ili kože, a kod sisavaca se razvio posebni, dišni sustav za izmjenu plinova, pluća.

Razlikujemo:

1. plućno ili vanjsko disanje (Sl. 151)
 2. tkivno ili unutarnje disanje i
 3. stanično ili stvarno disanje.
1. Plućno disanje (*respiratio*) predstavlja izmjenu kisika plućnih alveola i krvnog hemoglobina opterećenog ugljičnim dioksidom, što za posljedicu ima *oksigenaciju* krvi ili obogaćivanje krvnog hemoglobina kisikom i otpuštanje ugljičnog dioksida u plućne alveole.
Iz plućnih alveola, u smjesi plina obogaćenog vodenom parom, ugljični dioksid izdahnutim zrakom napustit će organizam.

Plućno disanje zbiva se u dvije faze:

- 1) udisaj ili *inspirium* i
 - 2) izdisaj ili *expirium* te slijedi pauza.
2. Tkivno disanje predstavlja izmjenu plinova između krvi i tkiva.
3. Stanično disanje obavlja se u sustavu enzima koje nazivamo *citokromi* i nalaze se na unutarnjoj membrani mitohondrija. Imaju ulogu postupnog dovođenja u vezu O_2 i H uz postupno oslobađanje velike količine energije koja se ugrađuje u ATP.



Vanjsko disanje (Pluća)

Slika 151: Vanjsko disanje

24.1. Mehanika disanja

Kod udisaja grudni koš se širi, a kod izdisaja se smanjuje. Mišići koji sudjeluju kod udaha nazivaju se *inspiratorni*, a oni koji sudjeluju kod pojačanog izdisaja, *ekspiratorni* mišići.

Pluća su elastičan organ poput dušice lopte. Ona mogu u znatnoj mjeri mijenjati svoju veličinu, ovisno o količini zaprimljenog volumena zraka.

Pri udisaju dolazi do kontrakcije *inspiratornih* mišića, ošit se napinje, skraćuje i posljedično pomiče unatrag te gura pred sobom sve trbušne organe. Povećava se volumen grudnog koša, a smanjuje se tlak u rasponu između 0.6 – 0.12 kPa, posljedično se povećala negativnost te raste negativnost i u plućima koja komuniciraju s vanjskom sredinom preko dušnika. Tlak u dušniku je pozitivan i atmosferski se zrak kreće u pravcu nižeg tlaka i ulazi u pluća.

Udisaj je aktivan proces u kojem sudjeluju *inspiratorni* mišići i ošit. Prilikom izdisaja volumen grudnog koša se smanjuje uslijed relaksacije *inspiratornih* mišića i težine prsnog koša koja rebra spuštaju ventro-medijalno. Ošit se vraća u prvobitan položaj, a njih prati inercija trbušnih organa. Oni tiskaju ošit kranijalno i povećavaju tlak zraka u plućnim alveolama, što rezultira istiskivanjem jednog dijela zraka iz pluća u vanjsku sredinu.

Izdisaj je pasivan proces u kojem dominantnu ulogu ima elastičnost plućnog tkiva.

Kod pojačanog disanja i udisaj i izdisaj su aktivni procesi. Kod pojačanog izdisaja aktiviraju se *ekspiratorni* i trbušni mišići (tzv. trbušna preša), a svojom kontrakcijom vuku rebra unatrag i dolje.

24.2. Tipovi disanja

Razlikujemo grudno ili kotalno disanje kod kojega prevladava komponenta micanja prsnog koša i trbušno ili abdominalno kod kojega prevladava komponenta ošita. Kombinacijom ova dva tipa dobivamo treći, *mješoviti tip ili kostoabdominalno* disanje.

Vrsne specifičnosti:

Kod mesoždera prevladava *kotalno* disanje, kod goveda *abdominalno*, kod konja, koze, ovce i svinje *kostoabdominalno* disanje.

24.3. Frekvencija disanja

Broj udisaja u minuti ili frekvencija disanja najpromjenljivija je karakteristika disanja, a ovisi o vrsti, spolu i dobi životinje, tjelesnoj aktivnosti i vanjskoj temperaturi.

Vrsne specifičnosti:

Frekvencija disanja iznosi u:

- konja 12 udisaja u min
- goveda 20 udisaja u min
- ovce, koze i svinje 15 udisaja u min te
- psa 25 udisaja u min.

Uzbuđenje također može utjecati na promjenu frekvencije disanja u smislu njezina povećanja, a spavanje i gubitak krvi snižavaju frekvenciju disanja.

24.4. Plućni volumeni zraka

Razlikujemo nekoliko vrsta plućnog volumena zraka:

1. *respiratorni volumen* je onaj koji životinja ostvaruje kada normalno udahne i izdahne

Vrsne specifičnosti:

Respiratorni volumen zraka iznosi u:

- konja 4 – 5 L
- goveda 3.5 L
- koze, ovce, svinje 0.3 L i
- psa 0.4 L.

2. *minutni volumen* je volumen zraka koji se izmjeni tijekom 1 minute
3. *rezervni inspiratorni volumen* je volumen zraka koji se dodatno udahne i kod konja iznosi 10 L
4. *rezervni ekspiratorni volumen* je volumen zraka koji se dodatno izdahne i u konja iznosi 10 L.
5. *rezidualni ili ostatni zrak* je rezervni zrak koji ostaje u plućima
6. *kolapsni volumen* zraka je onaj koji napušta prsnu šupljinu kod njezine povrede (*pneumothorax*) i dovodi posljedično do izjednačenja tlaka između vanjske sredine i prsne šupljine

7. *minimalni volumen* zraka je minimalna količina zraka koja još ostaje u plućima; respiratorni volumen mjerimo uređajem koji nazivamo spirometar.

24.5. Izmjena plinova

Izmjena plinova obavlja se u alveolama. Ispred alveola se nalazi mrtvi respiracijski prostor građen od nosa, ždrijela grkljana i dušnika. Oni zajedno tvore anatomske respiracijske mrtvi prostor. Njegova uloga je mehaničko pročišćavanje, zagrijavanje te zasićenje zraka vodenom parom čime se štite plućne alveole od isušivanja.

Plućno disanje zbiva se u alveolama kroz respiracijsku membranu koja odvaja alveolarnu šupljinu i krv. Izmjena plinova kroz tu membranu ovisi o parcijalnom tlaku svakog pojedinog plina i tlaku stvorenom s obje strane respiracijske membrane.

Atmosferski zrak sadrži 78 % N, 21 % O₂, 1 % inertnih plinova, prašinu i 0.03 % CO₂. Izdahnuti zrak ima oko 16 – 17 % O₂ i 3 – 4.5 % CO₂, a zrak alveola posjeduje 14.5 – 15 % O₂ i 5.5 % CO₂. Uzrok nastaloj razlici je zadržavanje dijela zraka u mrtvim prostorima. Samo 1/3 udahnutog zraka ulazi u alveole. Prilikom izdisaja prvo se izdahne zrak iz mrtvih prostora, a tek onda iz alveola.

U veličini tlaka atmosferskog zraka sudjeluju plinovi koji ga grade sa svojim parcijalnim tlakovima:

N₂ – 78 kPa
O₂ – 21 kPa
CO₂ – 0.03 kPa
H₂O – 79 kPa.

Parcijalni tlakovi plinova u alveolarnom zraku iznose za:

N₂ – 76.39 kPa
O₂ – 13 kPa
CO₂ – 5.3 kPa
H₂O – 6.26 kPa.

Parcijalni tlakovi plinova u arterijskoj krvi iznose:

N₂ – 76.39 kPa
O₂ – 12.6 kPa
CO₂ – 5.33 kPa
H₂O – 6.26 kPa.

Parcijalni tlakovi plinova u venskoj krvi iznose:

N₂ – 76.39 kPa
O₂ – 5.33 kPa
CO₂ – 6.13 kPa
H₂O – 6.26 kPa.

Postoji gradijent tlaka kisika plućnih alveola (13 kPa) i venske krvi (5 kPa), pa kisik difundira iz plućnih alveola u krv. Parcijalni tlak ugljičnog dioksida u plućnim alveolama iznosi 5.3 kPa, a u venskoj krvi 6.13 kPa te ugljični dioksid prelazi iz krvi u plućne alveole. Kisik se u krvi veže za hemoglobin labilnom vezom u spoj *oksihemoglobin*. On lako otpušta kisik u tkivima

gdje je parcijalni tlak kisika niži od onog u krvi zbog njegovog trošenja u oksidacijskim procesima u stanicama.

Tijekom metaboličkih procesa stvara se u stanicama velika količina CO₂ čiji je parcijalni tlak veći od onog u krvi te lako prelazi iz tkiva u krvne kapilare. Ugljični dioksid veže se za hemoglobin u eritrocitima i na puferske sustave krvne plazme (bikarbonatni i bjelančevinski), u kojoj je 20-ak puta topljiviji od kisika. Krvlju dolazi do plućnih alveola gdje zbog gradijenta tlaka prelazi u plućne alveole.

24.6. Regulacija disanja

Porastom koncentracije ugljičnog dioksida u krvi podraži se centar za disanje u produženoj moždini i time poveća plućna ventilacija te uklanjanje ugljičnog dioksida iz organizma.

Disanje regulira i autonomni živčani sustav djelovanjem simpatikusa koji stimulira frekvenciju disanja i parasimpatikusa koji djeluje inhibitorno na frekvenciju disanja.

24.7. Fiziologija disanja peradi

Morfološko-anatomske razlike u građi dišnog sustava peradi u odnosu na sisavce rezultiraju i različitom fiziološkom aktivnošću tog sustava.

U peradi nema negativnog tlaka u prsnom košu jer prsni koš kao takav i ne postoji, odnosno ošit je rudimentaran i u peradi nalazimo jedinstvenu tjelesnu šupljinu.

Pluća peradi vezana su za prsni koš pa im je kretanje ograničeno na pokrete prsnoga koša, što ih čini fiksiranim i manje elastičnim u odnosu na pluća sisavaca.

Za fiziologiju disanja peradi specifična je dvostruka izmjena plinova u plućima. Prva izmjena zbiva se pri udisaju, nakon čega zrak odlazi u zračne vrećice, a druga pri izdisaju kada zrak napušta zračne vrećice i ponovo prolazi kroz pluća.

Zračne vrećice imaju dvostruku ulogu:

1. ispunjene zrakom čine ptice lakšima i spremnijima za funkciju letenja i
2. služe kao rezerva zraka pri opterećenju u obliku letenja, kada se potrošnja kisika povećava 5 - 10 puta ili pri ronjenju kod vodenih ptica.

Vrsne specifičnosti:

Frekvencija disanja u kokoši iznosi 12 – 37/min, u guske 13 – 40/min, patke 32 – 70/min, a u purana 28 – 49/min. Frekvencija disanja raste s porastom tjelesne temperature do dahtanja kojim se perad nastoji osloboditi suvišne topline.

Razlike u frekvenciji disanja peradi nisu samo odraz *hipertermije* ili tjelesnog opterećenja u obliku leta, već su odraz veličine i spola ptice. Manje ptice i ženke imaju izraženu veću frekvenciju disanja.

25. REGULACIJA PROCESA U ORGANIZMU NERNVIM I HORMONALNIM PUTEM (OSOVINA HIPOTALAMUS-HIPOFIZA)

(Sl. 152)

Regulativni put upravljanja procesima u organizmu zbiva se na četiri razine, a preko dva glavna kontrolna sustava:

1. živčani sustav i
2. hormonski ili endokrini sustav.

Hormonski sustav djeluje uglavnom na različite metaboličke funkcije organizma kontrolirajući intenzitet kemijskih reakcija u stanicama ili transport tvari kroz stanične membrane, ili neke druge značajke metabolizma stanica, kao što su rast i sekrecija.

Ponašanja, kao što su ciklus sna i budnost, ograničeni spinalni refleksi (reakcija na vruće, hladno) kao element ponašanja te vegetativne funkcije (unutrašnje tjelesne funkcije) kao što su tjelesna temperatura, osmolalnost tjelesnih tekućina, nagon za uzimanjem hrane i tekućine, nalaze se pod nadzorom živčanog sustava preko hipotalamusa.

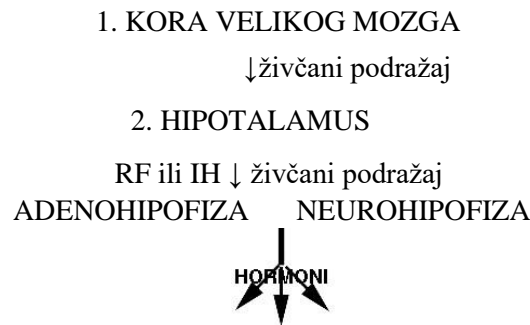
Hipotalamus predstavlja dio međumozga (*diencephalon*) koji zajedno sa supkortikalnim strukturama smještenim u bazalnom području mozga funkcionalno tvori „limbički sustav”. Riječ „limbički” znači „granični”, a opisuje sustav moždanih struktura koje leže u graničnom području između hipotalamusa i pripadnih struktura s jedne strane, te moždane kore s druge, a djeluje kao jedinstveni sustav.

Iz jednog izdanka hipotalamusa razvio se stražnji režanj pituitarne žlijezde ili hipofize (*neurohipofiza*) koja predstavlja „nadstojnicu” svim žlijezdama u tijelu. Prednji režanj hipofize (*adenohipofiza*) razvio se iz embrionalnog uvrnuća epitela ždrijela. Između reznjeva se nalazi središnji dio, slabo prokrvljen, nazvan pars intermedia. Embrionalno-morfološka povezanost hipotalamusa i hipofize očituje se i kao funkcionalna cjelina u obliku osovine hipotalamus-hipofiza.

Lučenje hormona neurohipofize nadziru živčana vlakna podrijetlom iz hipotalamusa koja završavaju u neurohipofizi.

Hormonsku sekreciju adenohipofize kontroliraju hormoni. Oni se nazivaju hipotalamički hormoni, a oslobađaju (*RELEASING FAKTOR-RF*) ili kočice (*INHIBITORNI FAKTOR-IF*) sekreciju žljezdanih stanica adenohipofize. To kemijsko upravljanje zbiva se preko hipotalamičko-hipofiznog portalnog sustava jer adenohipofiza ima bogatu kapilarnu mrežu koja se u blizini žljezdanih stanica otvara u mnoštvo sinusa. Te sinuse opskrbljuje krv koja prolazi najprije kroz donji dio hipotalamusa, preuzimajući hipotalamičke hormone, a zatim kroz sitne hipotalamičko-hipofizne portalne žile stiže u adenohipofizu.

Razine upravljanja su:



3. STANICA-TKIVO-ORGAN-ORGANSKI SUSTAV-ORGANIZAM

Osovina hipotalamus-hipofiza predstavlja upravljački mehanizam. On u vrlo kratkom vremenskom razdoblju potiče ili koči određene funkcije u organizmu na razini stanice, tkiva, organa ili cjelokupnog organizma uz pomoć kemijskih glasnika koje nazivamo hormoni.

Hormon je kemijska tvar. Luči je jedna stanica ili grupa njih u tjelesne tekućine, a koja fiziološki kontrolira druge stanice tijela. Razlikujemo lokalne hormone koji djeluju na određeni organ ili tkivo, npr. hormon sekretin luči stijenka duodenuma u krv. Njome sekretin dopijeva u gušteraču i uzrokuje sekreciju vodenastog dijela njezinog probavnog soka. Opći hormoni, npr. adrenalin i noradrenalin srži nuzbubrežne žlijezde, djeluju na cijeli organizam. Samo neki od općih hormona djeluju na sve stanice tijela, npr. hormon rasta adenohipofize i hormoni štitnjače koji povećavaju intenzitet kemijskih reakcija u gotovo svim stanicama tijela. Ostali hormoni djeluju samo na pojedina tkiva, ciljna tkiva. Ona imaju specifične receptore koji vežu pojedine hormone kako bi započelo njihovo djelovanje.

25.1. Hormoni prednjeg režnja hipofize (Sl. 152)

1. STH – *somatotropni hormon* ili hormon rasta djeluje na čitav organizam jer bjelančevine u svim stanicama imaju receptore za njega. Stimulira rast organizma tako da potiče diobu stanica pojačavajući sintezu vlastitih bjelančevina u stanici. Smanjuje opseg iskorištenja glukoze u tkivima, sprečava ulazak glukoze u stanice, direktni je antagonist inzulina. STH pojačava oslobađanje masti iz masnih skladišta.
2. ACTH – *adrenokortikotropni hormon* – stimulira lučenje hormona kore nuzbubrežne žlijezde. ACTH indirektno ima lipolitičko djelovanje, potiče razgradnju spremišne masti uslijed čega se povećava koncentracija slobodnih masnih kiselina u krvi. U jetri potiče beta oksidaciju.
3. TSH – *tireotropni hormon* stimulira lučenje hormona štitne žlijezde tako da povećava broj stanica štitne žlijezde. Povećava vezanje joda u njoj za potrebe sinteze hormona štitne žlijezde.

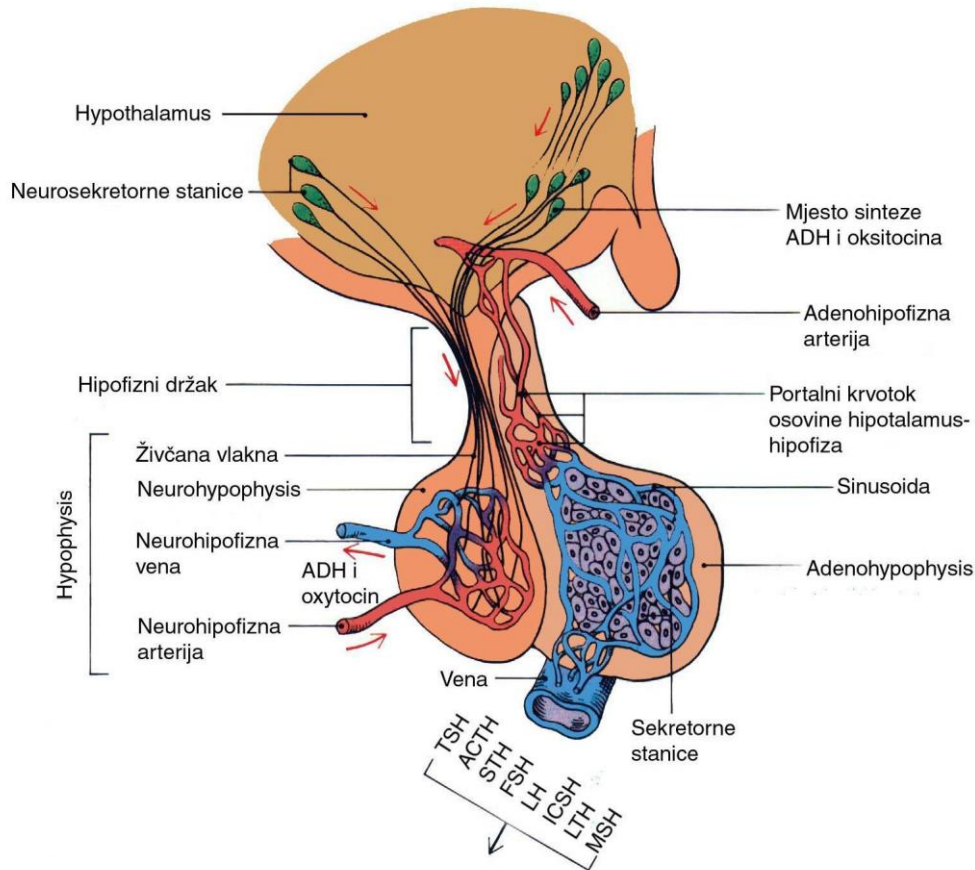
4. *Gonadotropin I (FSH – folikulo stimulirajući hormon)* djeluje na jajnik uzrokujući sazrijevanja jajne stanice i izlučivanje ženskih spolnih hormona – estrogena.
U mužjaka potiče stvaranje spermija u testisima.
5. *Gonadotropin II (LH ili ICSH – luteinizirajući hormon ili intersticijski stimulirajući hormon)* u ženki djeluje na rast žutog tijela i na produkciju hormona žutog tijela – progesterona.
U mužjaka djeluje na testis i stimulira produkciju njegovog hormona, testosterona.
6. *LTH – luteotropni hormon ili prolaktin* potiče razvoj mliječne žlijezde i izlučivanje mlijeka u ženki, a u mužjaka stimulira dodatne spolne žlijezde na proizvodnju sjemene plazme.

25.2. Hormon srednjeg režnja hipofize MSH

Melanotropno stimulirajući hormon ili intermedin ima ulogu pigmentacije kože, dlake i perja.

25.3. Hormoni stražnjeg režnja hipofize (Sl. 152)

1. *ADH – antidiuretski hormon ili vazopresin* – regulira izlučivanje vode iz organizma, uzrokuje reapsorpciju vode u bubrezima povećavajući količinu vode u tijelu, a u višim koncentracijama uzrokuje vazokonstrukciju krvnih žila u tijelu te povišuje krvni tlak.
2. *Oksitocin* – kod mužjaka izaziva kontrakciju glatke muskulature spolnih organa što potpomaže miješanje sperme i sjemene plazme unutar spolnih organa te transport spermija u ženske spolne organe za vrijeme koitusa.
U ženki izaziva stezanje spolnih organa kod parenja, transport jajne stanice kroz jajovod do maternice. Na kraju graviditeta izaziva stezanje muskulature maternice, a o količini ovog hormona ovisi duljina poroda. Kod ženki u laktaciji djeluje na mioepitelne stanice vimena i otpuštanje mlijeka.
Sisanje i mužnja stimulatивно djeluju na vime u smislu podražaja koji se prenosi do hipofize mozga. Ona izluči *oksitocin* u krv i ovaj krvlju dopijeva u mliječnu žlijezdu i stimulira otpuštanje mlijeka. Čitav taj krug se zatvara za 40 – 60 sekundi. Mužnja predstavlja imitaciju sisanja.



Slika 152: Osovina hipotalamus–hipofiza

25.4. Hormon epifize

Melatonin je hormon koji se luči ovisno o ritmu osvjetljenja. Počinje se u tami dužoj od 13 sati lučiti te putem krvotoka dopire u prednji režanj hipofize. Djeluje antigonadotropno na lučenje gonadotropina što uzrokuje izostajanje spolnog ciklusa (npr. potpuni prekid bucanja u krmača držanih u stajama slabog osvjetljenja).

25.5. Hormoni štitaste žlijezde

Životinje koje se rađaju odmah sposobne za život (vide, kreću se) imaju potpuno razvijenu štitastu žlijezdu. Kod sisavaca i ptica nesposobnih za normalan život odmah po porodu, odnosno valjenju, štitasta žlijezda se razvija u prvim tjednima života.

1. Tiroksin je jodirani hormon (sadrži 4 molekule joda vezane na amino kiselinu tirozin), a predstavlja drugi hormon koji djeluje na cijeli organizam. Sve stanice tijela posjeduju receptor za tiroksin. On djeluje na stanični metabolizam pojačavajući procese oksidacije. Najjače djelovanje ima na metabolizam ugljikohidrata povećavajući aktivnost enzima koji sudjeluje u razgradnji ugljikohidrata, prvenstveno glukoze u svrhu oslobađanja energije. Sve dok organizam ima na raspolaganju ugljikohidrate, tiroksin pospješuje odlaganje masti i bjelancevina u organizmu. Ako je hrana siromašna ugljikohidratima, tada tiroksin pojačava razgradnju masti, a ako nema masti, onda i razgradnju bjelancevina u energetske svrhe. Konačni učinak ovisi o nizu sekundarnih okolnosti: dobi, spolu i ishranjenosti životinje, temperaturi okoline, godišnjem dobu i aktivnosti drugih endokrinih žlijezda, ipak prevladava blagi hiperglikemični učinak.
2. Trijodtironin – predstavlja hormon štitnjače koji u svom sastavu ima tri molekule joda vezane na amino kiselinu tirozin, djeluje na rast i razvoj organizma, metabolizam i tjelesnu temperaturu.
3. Kalcitonin – nema jod u svojoj molekuli. Povećava koncentraciju kalcija u krvi izvlačeći ga iz kostiju ili smanjujući njegovo izlučivanje bubrezima. Operativno uklanjanje ove žlijezde povećava sklonost debljanju.

25.6. Hormon nuzštitaste žlijezde

Parathormon je antagonist kalcitonina. On smanjuje količinu kalcija u krvi povećavajući njegovo odlaganje u kostima ili smanjujući njegovu resorpciju u crijevima. Stimulira izlučivanje kalcija bubrezima.

25.7. Hormoni otočića u gušterači

1. Inzulin – potiče ulazak glukoze u gotovo sve stanice tijela, na taj način smanjuje razinu krvnog šećera. Inzulin je hormon beta stanica otočića u gušterači. Snižava razinu šećera u krvi zbog tjeranja glukoze u stanice gdje je taj ulazak spor (mišići) ili intenzivira procese fosforilacije glukoze u G-6-P koja olakšava ulazak glukoze u stanice (jetra). Intenzivira prijetvor glukoze u glikogen, intenzivira iskorištavanje glukoze u tkivima te smanjuje opseg *glukoneogeneze*. Inzulin ubrzava prijenos aminokiselina u stanice.
2. Glukagon – antagonist inzulina, stimulira *glikogenolizu* u jetri i otpuštanje glukoze u krv, a time povećanje razine krvnog šećera. Glukagon je hormon alfa stanica, otočića u gušterači. Djeluje na ferment fosforilazu ubrzavajući razgradnju glikogena u jetri.

25.8. Hormoni kore nuzbubrežne žlijezde

1. *Mineralokortikoidi* – više hormona koji imaju zajedničko djelovanje, a najvažniji među njima je *aldosteron*. Djeluje na bubrege regulirajući promet minerala, i to tako da se zadržava natrij, a mokraćom izlučuje kalij i klor. Kalij i klor za sobom povlače i vodu te tako indirektno djeluje na izlučivanje vode.

2. *Glukokortikoidi* – više hormona koji djeluju na metabolizam ugljikohidrata. Najvažniji među njima je *kortizol*. On pojačava aktivnost enzima koji sudjeluju u *glukoneogenezi*, pojačava sintezu glikogena u jetri i razgradnju glikogena uz oslobađanje glukoze. Glukokortikoidi imaju lipolitičko djelovanje, potiču razgradnju spremišne masti uslijed čega se povećava koncentracija slobodnih masnih kiselina u krvi. U jetri potiču beta oksidaciju. Snižavaju sadržaj bjelančevina u većini tkiva i istovremeno povisuju koncentraciju aminokiselina u plazmi te povisuju sadržaj jetrenih bjelančevina i bjelančevina u plazmi.
3. *Androgeni* – kora nuzbubrežne žlijezde sintetizira ih u malim količinama i u muških i u ženskih životinja, a stimulatивно djeluje na rast i razvoj spolnih organa. Mnogo više ih sintetiziraju testisi.

25.9. Hormoni srži nuzbubrežne žlijezde

Adrenalin i *noradrenalin* – oba hormona djeluju na stezanje muskulature krvnih žila, izazivaju vazokonstrikciju i povišenje krvnog tlaka, ubrzavaju rad srca, povećavaju sekreciju probavnih sokova te stimuliraju opuštanje bronha. U manjoj mjeri djeluju na razgradnju masti i oslobađanje masnih kiselina i triglicerida.

Adrenalin ima hiperglikemični učinak jer dovodi do glikogenolize u jetri (djeluje na enzim fosforilazu) i mišićima (fosforilazu, ali nema fosfataze pa se G-6-P razgrađuje do mliječne kiseline te nastaje laktacidemija).

Adrenalin ima lipolitičko djelovanje, potiče razgradnju spremišne masti uslijed čega se povećava koncentracija slobodnih masnih kiselina u krvi. U jetri potiče beta oksidaciju.

25.10. Hormoni jajnika

1. *Estrogeni* – stimuliraju razvoj ženskih spolnih organa, vimena i različitih sekundarnih spolnih karakteristika. Oni ublažavaju sliku šećerne bolesti. Djeluju na otočiće u gušterači – potiču njihovu sekretornu aktivnost i dovode do intenzivnijeg odlaganja glikogena u jetri i mišićima, istovremeno inhibiraju lučenje adenohipofize. Organizam ženki sadrži više masti nego organizam mužjaka zbog stimulativnog djelovanja estrogena na lipogenezu.
2. *Progesteron* – stimulira izlučivanje „materničinog mlijeka“ iz endometrijskih žlijezda maternice i pomaže razvoj sekrecijskog aparata u vimenu.
3. *Relaksin* – stimulira dilataciju grlića maternice i priprema gravidnu životinju za porod (kod krava, svinja i štakora).

25.11. Hormoni sjemenika

1. *Testosteron* – stimulira rast muških spolnih organa, pomaže i u razvoju sekundarnih muških spolnih karakteristika. Uzrokuje pojačano odlaganje bjelančevina posvuda u tijelu, a osobito u mišićima.

2. *Androgeni* kod muških i ženskih životinja stimuliraju razvoj spolnih organa. Androgeni pojačavaju sliku šećerne bolesti.

25.12. Hormoni placente

1. *Estrogeni* – stimuliraju rast spolnih organa ženke i razvoj mekih tkiva ploda.
2. *Progesteron* – stimulira rast i razvoj mekih tkiva i organa ploda, pomaže razvoj sekrecijskog aparata bređe ženke.

25.13. Hormoni prsne žlijezde

Prsna žlijezda izlučuje četiri različite kemijske tvari koje imaju hormonsko djelovanje. Te tvari djeluju *antigonadotropno*, tj. sprečavaju prerani razvoj spolnih žlijezda u ženki i mužjaka. U pubertetu prsna žlijezda masno degenerira i dolazi do razvoja spolnih žlijezda.

26. ENDOKRINOLOGIJA I REPRODUKCIJA

26.1. Pubertet

Spolno sazrijevanje ženki i mužjaka započinje kada postignu veličinu i težinu određenu za svaku vrstu te masnom degeneracijom prsne žlijezde (*thymus*) čiji hormonski čimbenici svojim *antigonadotropnim* djelovanjem onemogućuju prerani razvoj spolnih žlijezda.

Sazrijevanjem hipotalamusa i hipofize, uz istovremeni razvoj spolnih žlijezda, u pubertetu započinju cikličke promjene na reproduktivnim organima koje nazivamo spolni ciklus, popraćene sekundarnim spolnim obilježjima.

Pothranjene životinje iskazuju vremenski pomak u pojavi puberteta i slabiju rasplodnu kondiciju tijekom životne spolne aktivnosti.

Fina hormonalna usklađenost regulativno je odgovorna za fiziologiju reproduktivnih procesa.

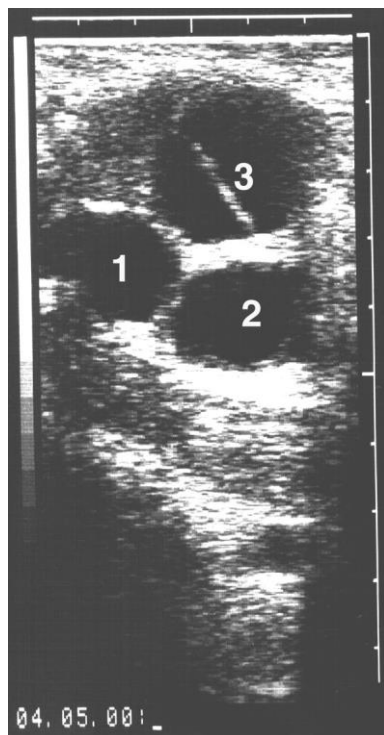
26.2. Hormonalna regulacija spolnog ciklusa u ženki

Spolni ciklus tvore četiri faze raspodijeljene u dva stadija, a očituju se određenim promjenama na spolnim organima izazvanim hormonskim djelovanjem.

U prvom stadiju spolnog ciklusa prevladava djelovanje folikulo-stimulirajućeg hormona (FSH) i folikulinskih hormona, a obuhvaćene su prve dvije faze, proestrus i estrus. Prvi stadij ciklusa nazivamo folikularnim ili stadijem uzbuđenja.

Hipotalamus pod utjecajem podražaja iz kore mozga počinje lučiti *releasing* hormone za gonadotropine (GnRH). Oni preko hipotalamičko-hipofizearnog portalnog krvotoka djeluju na sintezu FSH, LH (luteinizirajućeg hormona) i prolaktina u prednjem režnju hipofize (*adenohipofize*). Adenohipofiza izluči FSH u cirkulaciju kojom se transportira do jajnika (*ovarai*). Tamo se veže na specifični receptor koji stimulira rast folikula do stadija Graffovog folikula i sintezu steroidnih hormona (estrogena) u folikulu (Sl. 153).

Kada razina estrogena u krvi dosegne maksimalnu vrijednost, počinje se vezati na receptore u hipotalamusu, hipofizi i na stanice kore mozga, čime započinje druga faza spolnog ciklusa, nazvana estrus.



Slika 153: Ciklusne promjene izgleda površine lijevog jajnika kobile Ane 1 stare deset godina u vlasništvu Visokoga gospodarskog učilišta u Križevcima

1 Ehogram primarnog folikula; 2 ehogram sekundarnog folikula; 3 ehogram tercijarnog ili Graffovog folikula

U toj fazi, lokalnim djelovanjem estrogena na centralni živčani sustav, mijenja se ponašanje životinja (nemirne su, gube apetit, češće mokre, zaskakuju druge životinje u okolini), tipično za estrus ili gonjenje krava; opasivanje kobila; mrkanje ovaca i koza te bucanje u svinja. Djelovanje estrogena na receptore u samim spolnim organima očituje se u sintezi bjelančevina zbog čega oteknu stidne usne i odeblja sluznica genitalija, a iz grlića maternice (*cervix*) luči se estrusna sluz.

Visoka razina estrogena na receptorima u hipofizi i hipotalamusu počinje kočiti lučenje FSH (povratna kočeca sprega), a počinje se lučiti LH. Kada se u cirkulaciji izjednače razine FSH i LH, nastupa ovulacija ili pucanje Graffovog folikula i oslobađanje jajne stanice, čime završava folikularni stadij ciklusa.

Nakon ovulacije smanjuje se lučenje estrogena i gonadotropina, a LH u maloj količini pretvara granulozne stanice puknutog Graffovog folikula u lutealne stanice koje započinju lučenje progesterona (hormona žutog tijela poznatog pod nazivom „čuvar graviditeta”).

Hormon adenohipofize, prolaktin i hormon žutog tijela, progesteron, djeluju sinergistički (zajedno) stimulativno na razvoj žutog tijela (*corpus luteum*) i njegovo lučenje progesterona, čime započinje drugi dio spolnog ciklusa, nazvan lutealni stadij spolnog ciklusa. Ovim stadijem dominira djelovanje progesterona i LH, a sluznica maternice sprema se za prihvata zametka, uz istovremeno smirivanje kontrakcija ili stezanja mišićnog dijela maternice.

Lutealni stadij tvore dvije faze spolnog ciklusa, metestrus i diestrus. Tijekom metestrusa granulozne stanice puknutog Graffovog folikula, pod utjecajem gonadotropina, dijele se, rastu, pune lipidima i formiraju se u žuto tijelo, 7 – 8 dana nakon ovulacije. Žuto tijelo sintetizira i luči progesteron.

U diestrusu, oko desetog dana ciklusa, žuto tijelo postiže maksimalan rast i izlučuje najviše progesterona. Tu fazu spolnog ciklusa nazivamo „cvat žutog tijela”. Ukoliko životinja nije koncipirala ili nije pripuššana, naglo pada sinteza progesterona, a sluznica materničinih rogova započinje sintezu prostaglandina (PGF₂ alfa) koji unutarnjom cirkulacijom dolaze u jajnike i prekidaju sintezu progesterona i potiču regresiju žutog tijela do stadija ožiljkastog tkiva poznatog kao bijelo tijelo (*corpus albicans*).

Žuto tijelo, koje je bilo aktivno do regresije u bijelo tijelo, nazivamo *corpus luteum periodicum*. Ako životinja nakon parenja koncipira *corpus luteum periodicum*, ne regresira, već prelazi u *corpus luteum graviditatis*. U spolnim organima, a posebno u maternici za vrijeme lutealne faze, pojačava se sekrecija materničinih žlijezda, a sluznica se priprema za prihvata zametka. Prestankom funkcije žutog tijela započinje lučenje FSH i započinje proestrus novog spolnog ciklusa.

Spolni ciklus ženki između pojedinih vrsta domaćih životinja međusobno se razlikuje po pojavi, vremenskom trajanju spolnog ciklusa te trajanju estrusa (pregledno prikazano u tablici 15).

Tablica 15: Reprodukcijski parametri u ženki domaćih životinja

REPRODUKCIJSKI PARAMETAR	KOBILA	KRAVA	OVCA	KOZA	KRMAČA	KUJA	MAČKA	KUNIC
<i>Nastup puberteta (mjeseci)</i>	15-24	10-12	7-10	6-8	5-8	6-12	5-12	5-9
<i>Spolna zrelost (mjeseci)</i>	36	30 pripust 15-28	10	8	10	6-12	6-12	5-9
<i>Spolni ciklus</i>	S. P.	P.	S.P.	S.P.	P.	D.	S.P.	P.
<i>Trajanje spolnog ciklusa (dani)</i>	19-26 (21)	18-24 (21)	14-19 (17)	18-21 (21)	16-24 (21)	15-56 tjedana	*2-3 tjedna	**
<i>Trajanje estrusa</i>	2-10 dana (6 dana)	10-24 sata (18 h)	24-48 sati (36 h)	18-36 sati	48-72 sata	6-12 dana	3-6 dana	do 1 mjesec
<i>Optimalno vrijeme pripusta (sati nakon početka estrusa)</i>	48-72 ponavljati na 2 dana	10-16	18-24	***	12-30	48-96	za vrijeme estrusa	****
<i>Ovulacija</i>	spontana	spontana	spontana	spontana	spontana	spon- tana	induci- rana	induci- rana
<i>Nastup ovulacije (sati)</i>	24-48↑	4-16↓	24↔	12-36 ↔	24-42 ↔	1-3 dana ↔	25-50 ↔	10-13 ↔
<i>Putovanje jajašca po jajovodu (dani)</i>	4	3-4	3-4	3-4	2-3	6-8	4-8	/
<i>Implantacija (dani)</i>	25-56	10-12	14-18	10-11	11-16	17-21	11-14	/
<i>Trajanje graviditeta (dani)</i>	336 (264- 420)	280	145- 150	143- 157	115	59-68	58-65	30-32
<i>Broj mladunaca</i>	1	1	1-4	1-4	5-12	1-12	1-6	6-15

Legenda:

P. – poliestrična životinja

D. – diestrična životinja

S.P. – sezonski poliestrična životinja

* – ako nema parenja u mačke

** – nema redovitog ciklusa u kunića

*** svakog dana između estrusa u koze

**** – kada je stidnica u kunice povećana i punokrvna

↑ – sati prije svršetka estrusa

↓ – nakon estrusa

↔ – nakon početka estrusa

↔ – sati nakon parenja

/ – nema podatka

26.2.1. Sezonalni spolni ciklus ženki i mužjaka (Sl. 154)




















Pripitomljavanjem i domestikacijom životinja postignut je prijelaz sa divljeg oblika *monoestričnih* životinja (jednogodišnjih tjeranja) na *diestrične* (dva tjeranja u godini: psi), *sezonski poliestrične* (više tjeranja u sezoni – proljeće – jesen: mačke, konji i mali preživači) te *poliestrične* domaće životinje (tjeranja kroz cijelu godinu: svinje i goveda). Unatoč navedenom postignuću, domaći sisavci i perad ostaju čvrsto vezani za svoje divlje pretke preko fotoperioda i podijele na životinje kratkog i dugog dana.

Fotoperiod predstavlja izmjenu svjetla i tame u dnevnom ritmu od 24 sata. U fotoperiodu razdoblja svjetlosti i tame mijenjaju se ovisno o nagibu zemljine osi prema suncu. U području ekvatora, gdje zemljopisna širina iznosi nula, nalazimo ritmičnu izmjenu 12 sati svjetlosti i 12 sati tame. Kada se premjestimo s ekvatora na bilo koji od polova, razlike u ritmu izmjene svjetlosti i tame su izraženije, posebno na polovima, gdje nalazimo 24 sata svjetlosti ili tame, ovisno o godišnjem dobu.

Na varijacije svjetlosti, godišnjih doba i solarnog ciklusa, životinje reagiraju na fotoperiod, biološkim fenomenom koji se očituje u modifikaciji rasta, ponašanja i reprodukcije. U životinja je kontrola fotoperioda uglavnom hormonske prirode. Fotoperiod utječe na lučenje hormona melatonina epifize životinja u uvjetima tame, a njegovo lučenje inhibira razdoblje svjetlosti. Melatonin aktivira specifične receptore u mozgu i hipofizi životinja koji reguliraju ritam rasta, ponašanja i reprodukcije (spolno i reproduktivno sazrijevanje, parenje, porođaj, prvi estrus nakon porođaja i status sjemenika).

Životinje kod kojih bređost traje kratko ubrajamo u životinje dugog dana. Tako pse i mačke ubrajamo u životinje dugog dana, kao i konje kod kojih bređost traje 11 mjeseci, ali ždrebac donose na svijet u proljeće. Tipične životinje kratkog dana su ovce i koze kod kojih se spolni ciklus aktivira u jesen.

Mužjaci imaju dulju sezonu razmnožavanja od ženki. Oni će stoga biti u mogućnosti oploditi ženke bilo da se one počnu tjerati rano ili kasno u sezoni razmnožavanja. Izvan sezone parenja, mužjaci obično imaju manju proizvodnju testosterona pa je smanjena ili potpuno prestaje proizvodnja spermija.

	ZIMA		PROLJEĆE		LJETO		JESEN					
Pas												
Mačka												
Konj												
Koza i ovca												
Govedo i svinja												
	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac

Slika 154: Sezone parenja domaćih sisavaca ovisno o duljini dana (fotoperiodu)

26.3. Hormonalna regulacija spolnog ciklusa u mužjaka

Dužina dana, vlažnost zraka, temperatura i tlak zraka, kao čimbenici vanjskog utjecaja, stimulatивно djeluju na lučenje specifičnih oslobađajućih hormona hipotalamusa (RF) za gonadotropine (GnRH) koji potiču sintezu i oslobađanje FSH, LH i prolaktina (ICSH – hormon koji stimulira intersticijske stanice testisa) adenohipofize.

Oni djeluju na muške spolne žlijezde (testise) i dodatne spolne žlijezde (*prostata*, *glandulae bulbourethrales* i *glandulae vesiculosae*).

FSH potiče sazrijevanje spermija u testisima. LH povećava lučenje spermijske plazme dodatnih spolnih žlijezda, a pod utjecajem LH i ICSH povećava se količina muškog spolnog hormona (testosterona), čime se povećava spremnost mužjaka za parenje.

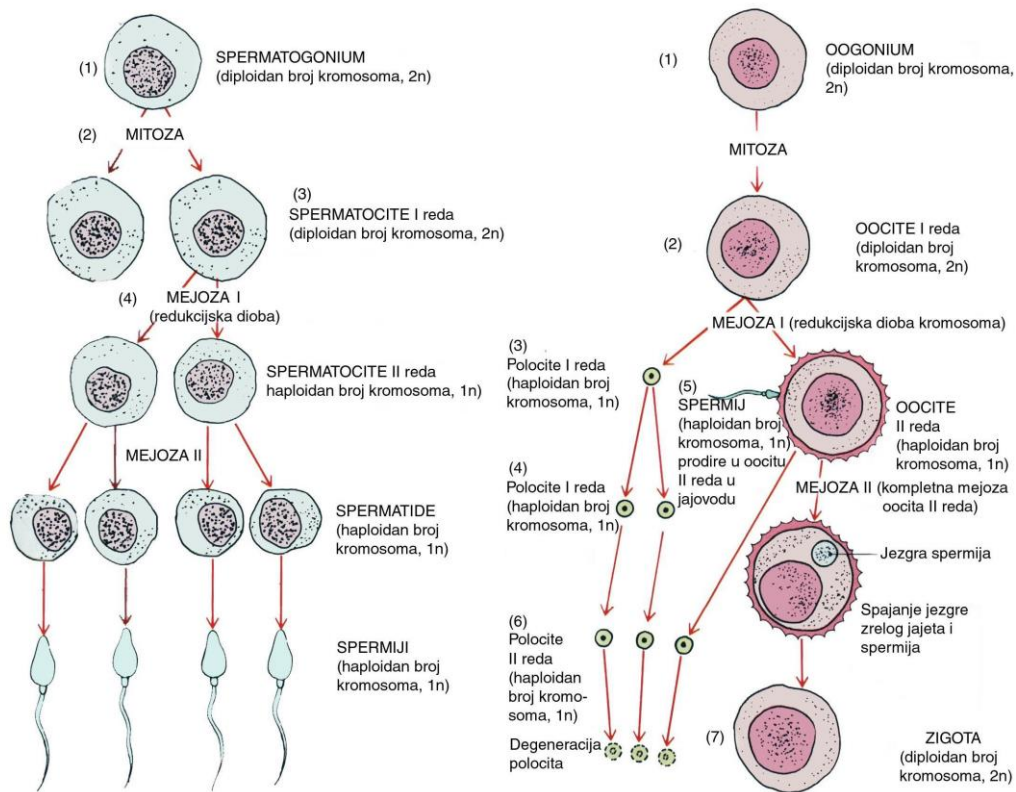
26.4. Spermatogeneza (Sl. 155)

Spermatogeneza se zbiva u svim sjemenim kanalićima testisa, od puberteta do kraja života, uslijed stimulativnog djelovanja gonadotropnih hormona adenohipofize, a predstavlja stvaranje spermija.

Sjemeni kanalići sadrže velik broj stanica zametnog epitela, nazivamo ih spermatogonije, a složene su u dva ili tri sloja duž vanjskog ruba epitela kanalića. Te stanice neprestano proliferiraju i na taj se način obnavljaju, a neke se diferenciraju kroz određene razvojne stadije sve do spermija. Ti razvojni stadiji rezultiraju umnažanjem diferenciranih stanica i redukcijom kromosoma mejotičkim diobama pri diferenciranju stanica u buduće spermije.

U prvom stadiju spermatogeneze, od spermatogonija koje leže neposredno uz bazalnu membranu zametnog epitela, a nazivamo ih *spermatogonije vrste A*, diobom prelaze u stanice višeg stupnja diferencijacije, *spermatogonije vrste B*. Nakon više daljnjih dioba od ovih stanica razvit će se veliki *primarni spermatociti*, oni su preteča spermija. Primarne spermatocite dijele se unutar nekoliko tjedana tako da od jedne primarne *spermatocite* nastanu dva *sekundarna spermatocita*, koji se također podijele, te nastanu četiri *spermatide*. Tijekom nekoliko tjedana postupno se pretvaraju u *spermije* na sljedeći način:

- a. gube dio citoplazme
 - b. reorganizira se kromatinski materijal jezgre u kompaktnu glavu i
 - c. skupljanjem preostale citoplazme i stanične membrane na jednom kraju, u obliku repića.
- Svi stadiji spermatogeneze zbivaju se pod kontrolom i u kontaktu sa *Sertolijevim stanicama*. Cjelokupno razdoblje spermatogeneze, od zametne stanice do spermija, traje kod ovna 49 dana, kod bika 60, kunića 52, a nerasta 34 dana. Za to vrijeme smatra se da, teoretski, iz svake matične stanice (*spermatogonije*) nastanu 64 *spermatide* od kojih dio, tijekom spermatogeneze, normalno degenerira. Sertolijeve stanice imaju trojaku ulogu u formiranju spermija tijekom spermatogeneze:
1. izlučuju tekućinu koja pogoduje razvoju zametnih stanica i nosi hranjive tvari za novostvorene i spermije u razvoju
 2. razgradni enzimi Sertolijevih stanica odstranjuju glavninu citoplazme *spermatida* i na taj način sudjeluju direktno u pretvorbi *spermatocita* u spermije u procesu koji nazivamo *spermijacija*, a imaju i fizičku ulogu u oblikovanju glave i repa spermija
 3. izlučuju hormone koji reguliraju spermatogenezu i to:
 - a) čimbenik koji koči Müllerove cijevi, a luči se u testisima muškog zametka za vrijeme fetalnog razvoja, sprečava stvaranje Fallopijevih cijevi (jajovodi) iz Müllerovih cijevi
 - b) estradiol, glavni ženski spolni hormon, kao stimulacijski čimbenik spermatogeneze
 - c) inhibin koji povratno koči lučenje FSH adenohipofize, potrebnog za tvorbu spermija.



Slika 155: Shematski prikaz spermatogeneze i oogeneze

26.4.1. Hormoni koji stimuliraju spermatogenezu

1. Luteinizirajući hormon (LH) adenohipofize stimulira *Leydigove* stanice testisa na lučenje testosterona.
2. Testosteron pobuđuje mejićku diobu kojom primarni spermatocit prelazi u sekundarne spermatocite.
3. Folikulo stimulirajući hormon (FSH) adenohipofize stimulira Sertolijeve stanice testisa na pretvorbu spermatida u spermije u procesu spermijacije.
4. Estrogeni, koje izlučuju Sertolijeve stanice testisa pod utjecajem FSH, imaju ulogu u spermijaciji i u sazrijevanju spermija.
5. Hormon rasta (STH) adenohipofize ima ulogu u kontroli metaboličkih funkcija u stanicama i specifično pomaže prve stadije u diobi spermatogojija.

26.5. Dozrijevanje spermija u nuzsjemeniku

Spermiji nastali u sjemenim kanalićima odlaze u nuzsjemenik gdje dozrijevaju, odnosno stječu sposobnost oplodnje jajne stanice. To je jednostavan proces vremenskog boravka od 18 sati do 10 dana. To je vrijeme potrebno da prođu 100 m dugi kanal nuzsjemenika i ostvare pokretljivost koju nemaju nakon nastanka u sjemenim kanalićima.

Tekućina koju izlučuju epitelne stanice nuzsjemenika sadrži hranjive tvari, enzime i hormone koji su važni u dozrijevanju spermija.

Stvoreni spermiji pohranjuju se u nuzsjemeniku, pri čemu ne gube *fertilnost* (sposobnost oplodnje). Za vrijeme normalne spolne aktivnosti to pohranjivanje ne traje duže od nekoliko dana.

26.6. Funkcija zrelog spermija

Morfološki normalni spermiji *flagelarnim* kretanjem (aktivno kretanje repom spermija) kreću se brzinom od 4 mm/min.

Aktivnost spermija povećava se u blago alkalnim i neutralnim sredinama, kao što je ejakulirana sperma, u blago kiselim sredinama je znatno oslabljena, a u jako kiseloj sredini ugibaju.

Za aktivnost spermija optimalna je tjelesna temperatura. Povećanjem temperature povećava se i njegova aktivnost, ali zbog istovremenog intenziviranja metaboličkih procesa, znatno se skraćuje život spermija.

Spermiji žive nekoliko tjedana u kanalićima testisa, a u ženskom spolnom traktu žive svega 1 – 3 dana.

26.7. Funkcija dodatnih spolnih žlijezda

Dodatne spolne žlijezde izlučuju sperminsku plazmu. Ona sadrži fruktozu, prostaglandine i alkalnu tekućinu koja sadrži limunsku kiselinu, kalcij i kisele fosfate. Sperminska plazma povećava volumen ejakulata, osigurava alkalni medij pogodan za aktivnost spermija te osigurava izvor energije za kretanje spermija.

Prostaglandini sperminske plazme povećavaju prijemljivost cervikalne sluzi za spermije i izazivaju antiperistaltičke kontrakcijske valove u maternici i jajovodima, što ubrzava prolaz spermija kroz ženski spolni trakt.

26.8. Sperma

Sperma (sjeme) koja se ejakulira prilikom parenja sastoji se od tekućine iz duktusa deferensa, sjemenih vrećica, prostate i bulbouretralnih žlijezda.

Prosječan pH sperme iznosi 7.5. Tekućina prostate spermi daje mliječni izgled, a tekućina sjemenih vrećica i bulbouretralnih žlijezda sluzavu konzistenciju.

Količina sperme u ml i broj spermija u ml varira ovisno o vrsti životinje, pregledno prikazano u tablici 16.

Tablica 16: Reprodukcijski parametri u mužjaka

Vrsta životinje	Prosječni volumen ejakulata u ml	pH ejakulata	Broj spermija u 1 ml (milijarde)
Bik	5-7	6,2-6,8	1-2
Ovan i jarac	1	6,2-7,0	2-5
Pastuh	120	6,8-7,5	0,1-0,2
Nerast	250	6,4-7,4	0,1-0,4
Pas	1-25*	6,0-6,8	0,020-0,540 (0,125)**

Legenda:

* volumen ejakulata ovisi o pasmini psa (velike i male pasmine pasa)

** raspon se odnosi na male i velike pasmine pasa, a vrijednost u zagradi prosjek je za pse bez obzira na pasminu.

Spermiji su građeni od glave, vrata, tijela i repa. Glavu tvori zgusnuta stanična jezgra obavijena tankim slojem citoplazme. Na vanjskoj strani prednje dvije trećine glave nalazi se debela kapica nazvana *akrosom*, a potječe od Golgijevog aparata. Sadrži brojne enzime od kojih *hijaluronidaza* otapa granulozne stanice oko jajne stanice i omogućuje prodor samo jednog spermija. On oplodi jajnu stanicu.

Tijelo repa sadrži mitohondrije u kojima nastaju energijom bogati spojevi (ATP). Oni omogućuju flagelarno kretanje spermija. Rep tvori 11 mikrotubula koje nazivamo *aksonema*, a struktura repa slična je strukturi cilija.

26.9. Kapacitacija spermija

Spermiji uzeti direktno iz mokraćnice penisa nisu sposobni za oplodnju jer ne mogu prodrijeti kroz sloj granuloznih stanica kojima je obložena jajna stanica. Ukoliko spermiji provedu nekoliko sati u ženskom spolnom traktu, stječu sposobnost oplodnje, a tu pojavu nazivamo *kapacitacija spermija*.

Akrosomi spermija posjeduju snažne hidrolitičke i proteolitičke enzime koji bi potpuno uništili muški spolni trakt kada bi se prije vremena oslobodili.

Sperminska plazma sadrži emulgirane vezikule ispunjene velikom količinom kolesterola. Taj se kolesterol neprestano dodaje staničnoj membrani u sastavu akrosoma spermija te je učvršćuje i sprečava otpuštanje enzima.

Prilikom parenja, nakon ejakulacije, spermiji unutar nekoliko sati otplivaju i udalje se od vezikula bogatih kolesterolom, čime membrana akrosoma postaje propusna za enzime neophodne za probijanje granuloznog sloja stanica oko jajne stanice. To osposobljavanje za proboj spermija naziva se *kapacitacija*.

26.10. Parenje

[Copulatio, coitus]

Uvođenje muškog spolnog uda u rodnicu i izbacivanje sperme (*ejaculatio sperme*) u reproduktivni trakt ženke nazivamo parenje.

Parenje može biti slobodno (divlje), u grupama (haremsko) i predvođenjem.

Selekcijski uzgoj stoke daje prednost umjetnom osjemenjivanju gdje se sjeme mužjaka umjetnim putem unosi u ženski spolni trakt. Sperma se pri parenju izbacuje u području grlića maternice (*cervix uteri*), na grlić maternice, a u krmače u grlić maternice.

Sam akt parenja traje kratko u preživača i kopitara, u svinje zbog gustoće ejakulata 10 – 15 minuta, a u pasa traje i do 30 minuta pri čemu, su životinje povezane spolovilima, a sperma utječe direktno u maternicu (*uterus*).

26.11. Fiziologija reprodukcije peradi

26.11.1. Spolni ciklus mužjaka

Pod stimulativnim djelovanjem prirodnog ili umjetnog svjetla aktivira se hipotalamus i preko RF FSH potakne hipofizu na sintezu i lučenje FSH. On pozitivno djeluje na funkciju testisa i aktivaciju spermatogeneze.

Testisi produciraju i hormon testosteron koji djeluje na razvoj i funkciju spolnih organa te ispoljavanje sekundarnih spolnih obilježja u mužjaka.

Spolni ciklus mužjaka započinje sa spolnom zrelošću koja nastupa u dobi od 4 do 8 mjeseci, ovisno o pasmini kokoši, načinu hranidbe i držanju.

Mužjaci pri aktu parenja naskoče na ženku, prislone svoju kloaku uz kloaku ženke i ubacuju spermu u završni dio jajovoda. U pijetla pri prirodnom skoku količina ejakulata iznosi 0.2 ml, a pri umjetnom dobivanju iznosi 3 – 4 ml.

Broj spermija u 1 ml iznosi 3 – 7 milijuna. Spermiji imaju izdužen oblik, glavu s akrosomom izduženom u šiljak i vrlo dugi rep.

Kod kokoši ide jedan mužjak na 15 nesilica, kod teških pasmina do 10, a kod pura na 10 – 12 ženki. Obično je odnos 6 – 10 ženki na jednog mužjaka kod kokoši, 5 – 7 ženki kod pataka i 3 – 5 ženki kod gusaka. Mužjak kokoši se može pariti više puta tijekom dana. Najbolja razdoblja za parenje su proljeće i ljeto. Tada su idealni uvjeti za inkubaciju i valjenje pilića, ali i za njihov rast i razvoj.

26.11.2. Spolni ciklus ženke

Spolni ciklus u kokoši zbiva se pod utjecajem svjetla. Istovjetna je hormonalna regulacija ovulacije kao u ženki sisavaca, s tom razlikom da je aktivan samo lijevi jajnik i lijevi jajovod. Spolna zrelost kokoši nastupa u dobi od 140 do 240 dana. Ovulacija se zbiva u kokoši 15 – 75 minuta poslije polaganja prethodnog jajeta (*ovipozicija*), tako je ovulacija, osim režimom osvjetljenja, uvjetovana i brojem te ritmom snesenih jaja.

26.11.3. Oplodnja i formiranje jajeta

Nakon ovulacije jajna stanica dopijeva u infundibulum jajovoda gdje nastupa oplodnja petnaestak minuta nakon parenja.

U pojedinim dijelovima jajovoda nakon parenja se zadržavaju spermiji 14 i više dana, pa je broj oplođenih jajnih stanica najveći u razdoblju od drugog do petog dana nakon parenja.

Tijekom prirodnog parenja bit će 80 % oplođenih jajnih stanica, preostalih 20 % predstavljaju konzumna (neoplođena) jaja. Nakon oplodnje jajna stanica prelazi u magnum. Tu žlijezde sluznice magna oblikuju bjelanjak sljedeća tri sata. Nakon toga prelazi u isthmus gdje se tijekom jednog sata oblikuju unutarnji i vanjski list vlaknaste membrane. Zatim prelazi u uterus gdje se iznad dvolisne membrane stvara kalcificirana ljuska jajeta. Kvalitetna kalcifikacija ljuske jajeta ovisi o primljenom kalciju i vitaminu D u hrani, njihovom povoljnom odnosu u hrani te resorptivnoj sposobnosti sluznice crijeva kokoši za kalcij i vitamin D.

Višak kalcija kokoš može odložiti u sržnom kanalu nekih dugih kostiju (*femur*) u obliku *medularne* kosti. Ona predstavlja normalnu fiziološku karakteristiku koja je vezana za reprodukciju peradi.

Estrogeni reguliraju promet i razinu kalcija u krvi. Ona je i do dva puta veća u nesilica u odnosu na nenesilice i mužjake. Nakon tvorbe ljuske, jaje se potiskuje u vaginu, odakle se potiskuje kroz kloaku napolje. To je nesenje jaja ili *ovipozicija*. Cijeli put kretanja jajeta, od infundibuluma do ovipozicije, traje 23 – 24 sata. Sam akt ovipozicije hormonalno regulira neurohipofiza preko hormona vazotocina koji stimulira kontrakcije uterusa i vagine.

Broj i kvaliteta snesenih jaja ovisi o pasminskim osobinama, načinu hranidbe i držanju nesilice, zdravstvenom stanju i hormonalnoj usklađenosti nesilice.

Nesivost se povećava od prvog do šestog mjeseca nesivosti, na toj razini zadržava se oko tri mjeseca, a zatim slijedi pad do dvanaestog mjeseca nesivosti. U drugoj godini nesivost je znatno manja.

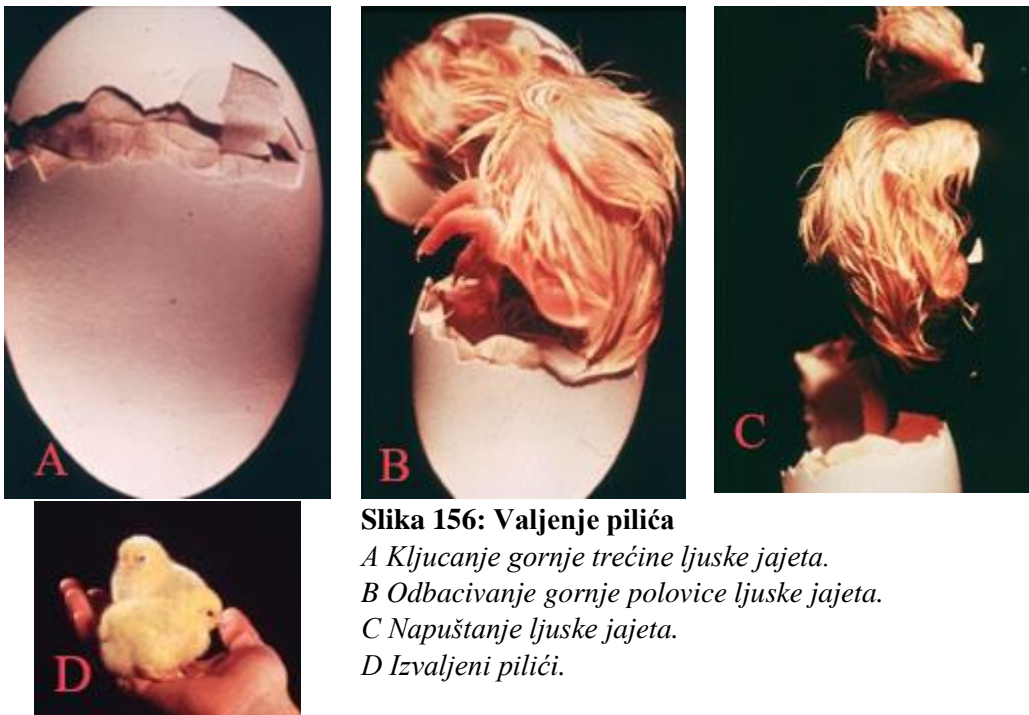
Prosječna težina jajeta kreće se u rasponu od 55 g na početku nesivosti do 65 g pri kraju nesivosti. Tijekom godine nastupa fiziološki prekid nesivosti nazvan *mitarenje*. Kokoš u to vrijeme intenzivno odbacuje perje, nema ovulacije i nesjenja, a zbiva se pod hormonalnom regulacijom hormona štitaste žlijezde te traje 34 – 50 dana. Dobre nesilice mitare se pred kraj jeseni, a slabije nesilice u mjesecu lipnju ili srpnju.

26.11.4. Razdoblje inkubacije

Jaja se inkubiraju u suvremenim inkubatorima u kojima se održavaju optimalni uvjeti razvoja embrija. U njih se stavljaju jaja čiste ljuske stara do četiri dana, a što su starija, to je postotak valjenja niži. Jaja kokoši inkubiraju se 21 dan, pataka i purana 27 – 28 dana, a gusaka 30 – 31 dan.

Za prirodan način inkubacije koriste se ženke koje se nalaze u fazi kvocanja ili kastrirani pijetlovi, kopuni. Pod jednu kvočku može se staviti 10 do 15 jaja, pod gusku 11 – 15, pod puru 13 – 19 jaja. Patke su problematične za prirodan pristup leženju jaja jer se događa da napuste gnijezdo, a pure su najpouzdanije i ispod njih se može staviti i do 25 kokošnjih jaja.

Valjenje pilića kokoši započinje kljućanjem vapnene ljuske iznutra nakon tri tjedna inkubacije jajeta u inkubatoru ili prirodnog načina inkubacije jajeta, sjedenja kvočke ili kopuna na jajima (sl. 156).



Slika 156: Valjenje pilića

A Kljućanje gornje trećine ljuske jajeta.

B Odbacivanje gornje polovice ljuske jajeta.

C Napuštanje ljuske jajeta.

D Izvaljeni pilići.

27. FIZIOLOGIJA GRAVIDITETA

27.1. Plodnost [Fertilitet]

Plodnost je sposobnost razmnožavanja, odnosno stvaranje sebi sličnog potomstva, a obuhvaća sposobnost začeca nakon parenja, održavanje graviditeta i rađanje živog, za život sposobnog mladunca.

Začecje ovisi o sposobnosti oplodnje jajne stanice. Nakon ovulacije, jajne stanice sposobne su za oplodnju unutar 24 sata, a kod kobila unutar 2 – 4 sata, nakon čega propadaju. Nakon parenja spermiji u ženskom spolnom traktu žive najdulje 72 sata. Stoga, da bi nastupila oplodnja jajne stanice, spermiji moraju biti na raspolaganju odmah nakon ovulacije.

Oplodnja se zbiva u gornjoj trećini jajovoda gdje jajna stanica dopijeva nakon ovulacije. Na mjesto oplodnje spermiji dolaze vlastitom pokretljivošću, pojačanom kemotaksičnom privlačnošću kemijskih tvari u jajnim stanicama.

Antiperistaltičke valovite kretnje stijenke rodnice, maternice i jajovoda, koje su izrazito naglašene nakon ovulacije, također ubrzavaju dolazak spermija na mjesto oplodnje. Na plodnost utječe više čimbenika: naslijeđe, fiziološki status organizma, uvjeti držanja i hranidbe.

Broj porođenih mladunaca dijeli domaće sisavce u dvije grupe:

1. *uniparne*, na svijet donose jedno mladunče (konj, govedo) i
2. *multiparne*, na svijet donose više mladunaca (svinja, pas i mačka), a ovce i koze su između ove dvije grupe jer na svijet donose jedno do četiri mladunca (tablica 15).

Od fiziološkog statusa organizma važno je napomenuti kako prvorotkinje i starije životinje na svijet donose manje mladunaca.

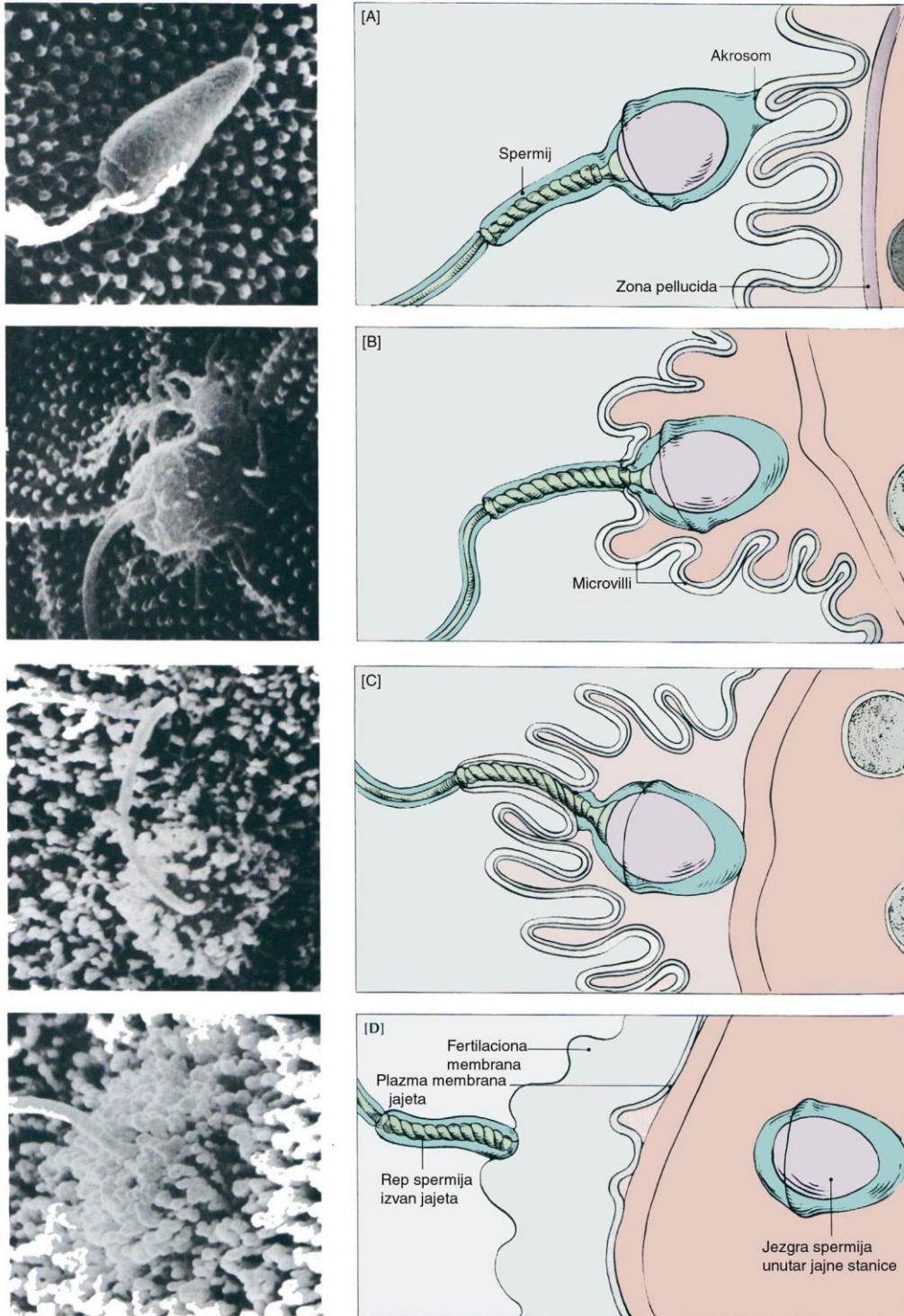
Pozitivan čimbenik povećanju plodnosti životinja je pravilna hranidba i držanje životinja, a očituje se u *poliestričnosti* domaćih životinja u odnosu na njihove divlje pretke.

27.2. Oplodnja

[Fecundatio] (Sl. 157)

Oplodnja započinje direktnim kontaktom jajne stanice i spermija, pri čemu u području dodira akrosome spermija i jajne stanice nastupa prodor spermija u jajnu stanicu.

Samo jedan spermij izvrši oplodnju jajne stanice. Oplodnja predstavlja spajanje muške i ženske spolne gamete (jezgre) u jednu stanicu koja se naziva zigota (*zygota*). Pri tome spolne gamete sadrže polovičan (*haploidan*) broj kromosoma i jedan spolni kromosom. Ženska gameta ima X spolni kromosom, a muška gameta ili X ili Y spolni kromosom. Ukoliko pri oplodnji nastane zigota sa XX kromosomima, razvit će se ženski plod, a ukoliko nastane zigota sa XY kromosomima, razvit će se muški plod.



Slika 157: Scanning i shematski prikaz oplodnje jajne stanice

27.3. Razvoj embrija

Nakon oplodnje jajna stanica određeni broj dana putuje jajovodom u smjeru maternice (tablica 12). Za to vrijeme oplođena jajna stanica brazda se ili dijeli, tako da nastane skup povezanih stanica bez uvećane mase, nalik na plod kupine, a naziva se *morula*. Transport takve jajne stanice potpomažu blage kontrakcije stijenke jajovoda i blaga struja jajovodne tekućine koja nastaje uslijed djelovanja trepetljivog epitela jajovoda, a ujedno i prehranjuje *zigotu*.

Kada *zigota* u stadiju *morule* dođe u maternicu, sljedeća dva do četiri dana pliva u sekretu sluznice maternice. Nazivamo ga „materničino mlijeko”, a služi kao izvor hrane.

Nakon što se *zigota* ugnijezdila u sluznicu maternice, slijedi diferencijacija *morule* u *blastulu* koja u preživača, kopitara i svinje ima izgled cijevi, a u mesoždera jajoliki izgled. *Blastula* se dalje brazda i diferencira u stadij *gastrule* koja posjeduje ishodišne slojeve stanica za razvoj budućih tkiva i organa ploda.

27.3.1. Ugnjezdavanje zigote u maternici [Implantacija, nidacija]

Zigota se nakon ovulacije *implantira* ili ugnijezdi u sluznicu maternice. *Implantacija* nastaje uslijed djelovanja stanica *trofoblasta*. On se razvija na površini *morule* pri njezinoj diferencijaciji u *blastulu*.

Te stanice izlučuju proteolitičke enzime koji probavljaju i otapaju stanice sluznice maternice i pospješuju *nidaciju zigote*.

Stanice *trofoblasta* presvlače u obliku sloja vanjsku površinu *blastule* na čijem se animalnom kraju smjestio embrionalni čvorić. Na unutrašnjoj strani šupljine *blastocela* diferenciraju se stanice i presvlače *trofoblast* sa unutrašnje strane, a iz njih će se razviti *endoderm* (iz kojeg se razvijaju meka tkiva). Nakon *implantacije*, stanice *trofoblasta* i one ispod njih počnu naglo bujati te oblikuju placentu i različite membrane koje postoje u vrijeme graviditeta.

Implantacija u domaćih sisavaca nastupa u različito vrijeme nakon ovulacije (tablica 15).

27.3.2. Posteljica [Placenta]

U sisavaca se jedan dio *gastrule* razvija u novu jedinku, a periferni dio se širi izvan embrija i od njega se razvijaju vanjski embrionalni omotači koji sudjeluju u stvaranju *placente*.

Posteljica se razvija tijekom *implantacije* i taj stadij nazivamo *placentacija*. Vanjski embrionalni omotači koji sudjeluju u stvaranju *placente* su žumanjčana vrećica, *alantois*, *amnion* i *korion*.

Amnion opkoljava plod, žumanjčana vrećica služi za prehranu ploda sisavaca u početku, a u peradi kroz cijelo vrijeme razvoja.

Žumanjčana vrećica i *alantois* mogu se povezati s *korionom* na četiri različita načina te razlikujemo četiri vrste posteljica, od kojih se u domaćih sisavaca razvila *placenta allanto-chorialis*. Ona uspostavlja neposredan kontakt između *koriona* i sluznice maternice.

Povezivanje embrionalnih omotača i sluznice maternice zbiva se u određenom stadiju graviditeta i specifično je za vrstu životinje. Tijekom *placentacije* razvijaju se *korionske resice*.

One povećavaju kontaktnu površinu placente i maternice u koju urastaju te se razvijaju kapilare u *alantoisu* koje prodiru između epitela *koriona*. Na taj način uspostavlja se veza između embrionalnog i majčinog krvotoka, pri čemu ne dolazi do miješanja krvi tih dvaju krvotoka. Razgranatost *korionskih* resica u sluznici maternice povećava intenzitet izmjene tvari i plinova između embrija i majke. Prema stupnju međusobne povezanosti *koriona* i sluznice maternice razlikujemo dvije vrste posteljice:

1. priljubljene posteljice i
2. srasle posteljice.

1. Priljubljene posteljice imaju rahlo povezan *korion* i sluznicu maternice pa ne nastaju jaka oštećenja i krvarenja pri izbacivanju posteljice nakon poroda, a nalazimo ih u kopitara, preživača i svinje.
2. Srasle posteljice imaju čvrsto i duboko urasle *korionske* resice u sluznicu maternice. Pri izbacivanju posteljice ovog tipa, nakon poroda zaostaju veća oštećenja sluznice maternice i jača krvarenja. Taj tip posteljice imaju mesožderi i kunići.

Osim uloge u izmjeni tvari i plinova između majke i embrija, odnosno ploda, *placenta* ima i endokrinu ulogu. U njoj se stvaraju gonadotropni hormoni (estrogen i progesteron). Estrogeni stimulativno djeluju na rast i povećanje mišićnog i vezivnog tkiva maternice. Njihovo pojavljivanje u krvi kobilica omogućuje rano utvrđivanje graviditeta (serum ždrebnih kobilica – SZK), a progesteron je poznat još i kao „čuvar graviditeta”.

Placenta domaćih sisavaca nije propusna za visokomolekularne spojeve kao što su imunoglobulini te mladunčad imunu zaštitu prima od majke nakon poroda uzimanjem prvog mlijeka ili mljeziva (*kolostrum*).

27.3.3. Pupkovina

Pupkovina nastaje tijekom razvoja embrija. U njoj se nalaze po dvije arterije i vene (*a.a. i v.v. umbilicales*). Jedna vena može degenerirati pa do porođaja ostaju dvije arterije i jedna vena. Pupkovina je u preživača kratka i iznosi 35 cm, u kopitara odgovara polovici dužine tijela same životinje, a u svinja je najduža i odgovara dužini tijela.

Prekratka pupkovina otežava porođaj, a duga se lako obavija oko dijelova tijela, posebno vrata, što dovodi do ugušenja ploda.

27.3.4. Razvoj ploda

[Fetus]

U velikih životinja 5 – 6 tjedana nakon oplodnje na *embriju* se raspoznaju specifični dijelovi tijela budućeg izgleda zbog diferencijacije tkiva i organa određenih budućih funkcija.

Nastupom ove diferencijacije ne govorimo više o *embriju*, već o plodu ili *fetusu*. Razvoj jedinke, od začeca do poroda, različito dugo traje ovisno o vrsti životinje (prikazano u tablici 15).

To vremensko razdoblje razvoja naziva se graviditet. Tijekom graviditeta stvara se enzim *oksitocinaza* koji razgrađuje *oksitocin*, a čija se razina stvaranja smanjuje s približavanjem poroda.

27.4. Porod

Na kraju graviditeta maternica postane podražljivija i počne se snažno i ritmički stezati dok ne nastupi snažno istiskivanje ploda, porod. Smatra se kako postoje dvije grupe uzroka koji dovode do snažnih i ritmičkih kontrakcija maternice, trudova (*dolores*), a to su:

1. hormonske promjene i
 2. mehanički čimbenici koji povećavaju podražljivost materničinih mišića.
1. Tijekom graviditeta u krv majke izlučuju se estrogen i progesteron. Naglašeno progesteronsko djelovanje očituje se u kočenju (*inhibiciji*) kontraktilnosti maternice. U zadnjoj trećini graviditeta pojačava se lučenje estrogena, a lučenje progesterona je konstantno ili umanjeno, čime se povećava kontraktilnost maternice. Hormon neurohipofize, oksitocin, stimulativno djeluje na pojavu trudova. Podražaj za njegovo lučenje predstavlja iritacioni pritisak ploda na grlić maternice za vrijeme porođaja. Plod podražuje majku na porod i hormonalnim putem. Hipofiza ploda izlučuje sve veće količine oksitocina, njegova nuzbubrežna žlijezda izlučuje sve veće količine kortizola, a plodne membrane luče prostaglandine koji udruženi stimuliraju kontraktilnost maternice majke.
 2. Mehanički čimbenici, kao težina i broj plodova te pokretanje ploda, dovode do istežanja glatkih mišića maternice što povećava njezinu kontraktilnost. Rastezanje ili iritacija grlića maternice plodom ima za posljedicu povećanu kontraktilnost maternice i konačno istiskivanje ploda kroz porođajni kanal.

28. FIZIOLOGIJA LAKTACIJE

Laktacija je razdoblje sinteze i lučenja mlijeka prvenstveno namijenjena potrebama podmlatka. Prva laktacija nastupa nakon prvog poroda. Vremensko trajanje laktacije ovisi o duljini sisanja mladunca i eksploataciji preko mužnje koja znatno produžava laktacijsko razdoblje, neovisno o fiziološkim potrebama mladunčeta. Vremensko trajanje jedne laktacije domaćih sisavaca izraženo u danima prikazano je u tablici 15.

Poticaj za sintezu mlijeka u žljezdanom tkivu vimena daje nakon poroda hormon adenohipofize, *prolaktin* (LTH). Pojedine komponente mlijeka pri tome nastaju direktno ili indirektno iz krvi. U laktaciji za potrebe sinteze 1 L mlijeka kroz krvožilni sustav vimena goveda procirkulira oko 670 L krvi.

Stvoreno mlijeko između sisanja ili mužnji pohranjuje se u mliječnoj cisterni vimena (optimalno vrijeme između dvije mužnje je 12 sati).

Podražaj na sise za otpuštanje mlijeka i pražnjenje mliječne cisterne nazivamo refleks sisanja. Tijekom sisanja mladunac smanjuje tlak u usnoj šupljini do podtlaka (0.533kPa), a istovremeno pritišće desnim osjetne završetke živaca u sisama. Osjet se prenosi na središnji

živčani sustav majke što uzrokuje reakciju neurohipofize u obliku sinteze i izlučivanja hormona *oksitocina*. Taj hormon djeluje na otpuštanje mlijeka iz sise, a podtlak u usnoj šupljini mladunca dovodi do izvlačenje mlijeka iz mliječne cisterne.

Lučenje hormona *oksitocina* je uvjetni refleks kojeg prilikom mužnje izazivamo predradnjama kao što su pranje, brisanje i masaža vimena pri pripremi vimena za mužnju.

Na sintezu i lučenje mlijeka, osim genetskih čimbenika i režima hranidbe, znatno utječe i postupak sa životinjom (grubo postupanje smanjuje količinu izmuzenog mlijeka). Prestanak sisanja i neizmuzivanje vimena dovodi do spontanog istjecanja mlijeka iz sisa zbog porasta tlaka nakupljenog mlijeka u mliječnoj cisterni koji savlada snagu mišićnog sfinktera sise zaduženog za zadržavanje mlijeka.

Ukoliko se vime duže vremena (tri dana) ne prazni, dolazi do resorpcije vode i mineralnih tvari iz mlijeka, pa se ono zgusne i postane slično kolostrumu. Taj proces nazivamo zasušivanje ili prestanak laktacije, a primjenjuje se pred kraj graviditeta, kako bi se vime pripremi za naredno laktacijsko razdoblje (tablica 17).

Tablica 17: Ravnoteža prometa vode (L/24 h) u krava tijekom suhostaja i laktacije

<i>Promet vodom/Unos vode</i>	<i>Suhostaj</i>	<i>Laktacija</i>
<i>Voda za piće</i>	23	84
<i>Voda u hrani</i>	15	11
<i>Metabolička voda</i>	2	5
<i>Ukupno</i>	40	100
<i>Promet vodom/Gubitak vode</i>		
<i>Urin</i>	21	23
<i>Feces</i>	11	28
<i>Evaporacija</i>	8	18
<i>Mlijeko</i>	0	31
<i>Ukupno</i>	40	100

Starenjem životinje nastupaju promjene u funkciji spolnih organa i hormonskoj aktivnosti. To postupno dovodi do *atrofije* (smanjenja) mliječne žlijezde i prestanka njezine funkcije.

28.1. Mlijeko

Mlijeko je specifičan sekret mliječne žlijezde u sisavaca. S fiziološkog stanovišta mlijeko predstavlja emulziju masti u koloidnoj otopini bjelančevina i u pravoj otopini mliječnog šećera i soli.

Sastav mlijeka određen je protokom krvi kroz mliječnu žlijezdu. Iako je osmotski tlak isti i u mlijeku i u krvi, postoji izrazita razlika u sastavu ovih dviju tekućina.

Mlijeko sadrži mnogo više šećera, masti, kalcija, fosfora i kalija, a manje proteina, natrija i klora.

Pored toga, u mlijeku je kazein osnovni protein, a u krvnoj plazmi su albumini i globulini. Isto tako, većina lipida mlijeka su trigliceridi, a fosfolipidi i kolesterol predstavljaju najvažnije lipide krvi.

Glavni ugljikohidrat mlijeka je laktoza koja se sintetizira u mliječnoj žlijezdi iz prekurzorne supstance glukoze, podrijetlom iz krvi.

Najvažniji minerali u mlijeku su kalcij, fosfor, natrij, klor i kalij, a izrazito je siromašno željezom, što je naglašeno u mlijeku svinja, a prasadi ga nema niti u depou (jetri) pa ga obavezno dobiva preventivno u prvom tjednu života (oralna pasta, injekciono).

Vjerojatno se svi poznati vitamini mogu naći u mlijeku, neki u velikim, a drugi u relativno malim količinama. Više zastupljeni su *liposolubilni vitamini* (A, D, E i K), a od *hidrosolubilnih vitamina* zastupljeniji su vitamin B₁ i B₂. Sastav mlijeka u domaćih sisavaca pregledno prikazuje tablica 18.

Tablica 18: Sastav mlijeka u domaćih sisavaca izražen u g/l i energije u MJ/L

Vrsta životinje	voda	masti	bjelančevine	laktoza	kalcij (mg/L)	fosfor (mg/L)	Energija* (MJ/L)
Krava	873	37	33	48	1 250	960	3,0
Kobila	890	16	27	61	1 020	630	2,3
Ovca	837	53	55	46	1 930	1 000	4,1
Koza	866	41	33	47	1 300	1 060	3,1
Krmača	788	96	61	46	2 100	1 500	5,9
Kuja	790	85	75	37	2 300	1 600	5,6
Mačka	820	50	70	50	350	700	4,4

Napomena: * – količina energije izračunata je kao $0,0385 \times \text{mast} + 0,0226 \times \text{bjelančevine} + 0,0172 \times \text{laktoza}$.

Bjelančevine u mlijeku djelomično predstavljaju neizmijenjene bjelančevine podrijetlom iz krvi (serum-albumini i serum-globulini), a djelomično se stvaraju u samoj mliječnoj žlijezdi (kazein, laktoalbumini i laktoglobulini).

Prema udjelu spomenutih bjelančevina razlikujemo albuminsko i kazeinsko mlijeko. Albuminsko mlijeko (albumini i globulini) pri kuhanju se grušava, a imaju ga kobila, krmača i kuja.

Kazeinsko se mlijeko pri kuhanju ne grušava, a imaju ga krave, koze i ovce.

Dio mliječne masti koji sadrži niže masne kiseline podrijetlom je od masti hrane, a dio kojeg tvore više masne kiseline, stvara se u samoj mliječnoj žlijezdi.

28.2. Mljezivo

[Colostrum]

Mljezivo je prvo mlijeko, ono mliječna žlijezda luči prva tri dana poslije poroda. Karakterizira ga visoka energetska vrijednost i visok sadržaj imunoglobulina važnih za pasivnu zaštitu novorođenčeta.

Zbog visokog sadržaja albumina i globulina lako se gruš. Visok sadržaj vitamina A u kolostrumu posebno je značajan za telad i prasad jer po dolasku na svijet imaju izuzetno malu rezervu tog vitamina.

Uočen je veći udio mineralnih tvari u mljezivu u odnosu na mlijeko. Smatra se kako veći udio soli u kolostrumu ima laksativni učinak u mladunaca jer ubrzava izbacivanje prvog crijevnog sadržaja (*meconium*). Razlike u sastavu kolostruma i mlijeka prikazuje tablica 19 i 20.

Tablica 19: Razlike u sastavu kolostruma i mlijeka izraženo u g/L

<i>Sastavne komponente</i>	<i>Kolostrum (0-48 h po porodu)</i>	<i>Mlijeko (72 h po porodu)</i>
<i>Suha tvar</i>	220	100
<i>Laktoza</i>	45	90
<i>Masti</i>	150	90
<i>Minerali</i>	120	100
<i>Kazein</i>	210	110
<i>Albumin</i>	500	120
<i>Globulin</i>	3 500	300

Tablica 20: Sastav u g/L pri prijelazu kolostruma u zrelo mlijeko kod krava

<i>Sastav/g/L</i>	<i>Pri porođaju</i>	<i>24 h nakon porođaja</i>	<i>Zrelo mlijeko</i>
<i>Suha tvar</i>	260	170	128
<i>Bjelančevine</i>	180	82	33
<i>Lipidi</i>	50	40	38
<i>Laktoza</i>	20	40	50
<i>Pepeo</i>	10	8	7
<i>Kalcij</i>	2,2	1,5	1,2

Važno je napomenuti kako mladunac mora posisati kolostrum što ranije po porodu (najbolje u prvih 12 h). Sluznica njegovih tankih crijeva najpropusnija je u to vrijeme i kompletni neprobavljeni bjelančevinski lanci imunoglobulina mogu proći kroz sluznicu crijeva u krv.

29. HORMONALNA REGULACIJA GRAVIDITETA I LAKTACIJE

29.1. Hormonalna regulacija graviditeta

Rast i razvoj ploda, odnosno plodova, pred gravidnu maternicu postavlja dodatne zahtjeve u svojstvu izvjesnih morfoloških i funkcionalnih promjena. Te promjene očituju se u hiperplaziji i povećanoj masi maternice, uz istovremeno smirivanje kontraktilnosti njezine mišićnice.

U regulaciji tih promjena ključnu ulogu imaju hormoni hipofize, jajnika i placente. Adenohipofiza tijekom cijelog graviditeta luči FSH i LH koji reguliraju aktivnost jajnika tijekom graviditeta. Jajnici pod utjecajem FSH počnu lučiti *estrogene*, a pod utjecajem LH *progesteron*.

Estrogeni stimuliraju morfološke promjene na maternici (hiperplaziju endometrija ili sluznice maternice te uvećavaju njezinu masu), a funkcionalno stimuliraju lučenje „materničinog mlijeka” potrebnog za prehranu embrija do placentacije.

Kako graviditet napreduje, lučenje *progesterona* se povećava da bi se smirila kontraktilnost maternične mišićnice i onemogućilo prerano istiskivanje ploda, pobačaj. U zadnjoj trećini graviditeta povećava se lučenje *estrogena*, a lučenje *progesterona* stagnira ili opada, čime se povećava kontraktilnost maternice.

Ulozi ovih hormona, tijekom graviditeta, nakon placentacije, pridružuje se i placenta sa svojim hormonima (*placentarni estrogeni i progesteron*) u ostvarenju morfoloških i funkcionalnih promjena gravidne maternice.

Povećanju kontraktilnosti maternice na kraju graviditeta svojim udjelom pridružuje se hormon neurohipofize majke, *oksitocin*, koji se počinje lučiti zbog iritacionog pritiska ploda na grlić maternice. Osim mehaničkog podražaja, plod podražuje majku na porod i hormonskim putem jer njegova hipofiza luči sve veće količine *oksitocina*, nuzbubrežne žlijezde luče *kortizol*, a plodne membrane *prostaglandine* koji udruženi pojačavaju kontraktilnost maternice i konačno dovode do istiskivanja ploda kroz porođajni kanal.

29.2. Hormonalna regulacija laktacije

Hipofizni hormoni koji se luče za vrijeme graviditeta (FSH, LH) djeluju specifično na morfološke i funkcionalne promjene mliječne žlijezde preko hormona jajnika (*estrogena i progesterona*).

Estrogeni stimuliraju razvoj mliječnih kanalića, a *progesteron* umnažanje alveola vimena. Do sinteze i lučenja mlijeka dolazi nakon porođaja kada padne razina *estrogena*, a posebno *progesterona* u krvi majke.

To predstavlja poticaj za lučenje *prolaktina* (LTH) hipofize. On stimulira mliječnu žlijezdu na sintezu mlijeka.

Akt sisanja ili pripreme za mužnju dovode do lučenja hormona neurohipofize, *oksitocina*, koji djeluje specifično na puštanje mlijeka unutar 30 – 60 sekundi od primanja podražaja u obliku sisanja ili masaže vimena prije mužnje.

Utjecaj *oksitocina* traje 10 – 20 minuta na mioepitelne stanice sisnog kanala i opuštanje njegovog mišićnog sfinktera, što ima za posljedicu puštanje mlijeka.

30. PRIKAZ ODABRANIH METODA MOLEKULARNE BIOLOGIJE

30.1. Povijesni razvoj molekularne biologije

Molekularna biologija je grana biologije koja biološke pojave tumači svojstvima molekula koje izgrađuju živa bića. Od samog naziva koji je prvi puta upotrijebio Warren Weaver, davne 1938. godine, trebalo je proći određeno vrijeme kako bi se došlo do novih spoznaja i otkrića. Tako je američki bakteriolog A. O. Theodore dokazao 1944. godine kako je DNA nositelj genetičke informacije. Molekularni biolozi J. D. Watson i F. H. C. Crick su 1953. godine objasnili građu molekule DNA (deoksiribonukleinske kiseline; engl. deoxyribonucleic acid) na temelju kristalografskih istraživanja M. H. F. Wilkinsa i Rosalind Franklin. Znanstvenici W. Gilbert i F. Sanger 1975. godine uvode tehniku određivanja redoslijeda nukleotida u molekuli DNA. Zahvaljujući ovim i brojnim drugim otkrićima, došlo je do razvoja nove moderne grane biologije, molekularne biologije koja je utemeljena polovinom XX. stoljeća. Istraživanja na području humane i veterinarske medicine, agronomije, botanike, farmacije i drugih znanstvenih grana te uvođenje sve većeg broja metoda molekularne biologije u rad medicinsko-biokemijskih, molekularno-dijagnostičkih, forenzičkih, industrijskih i analitičkih laboratorija pridonijela su boljem razumijevanju molekularne osnove nasljeđivanja, tj. molekularne genetike. Što je molekularna genetika, koji je njezin glavni cilj te koja su joj dostignuća i primjena, pojašnjeno je sljedećom definicijom.

30.2. Osnovna terminologija u molekularnoj biologiji

Molekularna genetika područje je genetike koje istražuje nasljedni materijal i nasljedne procese na razini molekule, ponajprije gena, odnosno molekule deoksiribonukleinske kiseline (DNA). Glavni je cilj molekularne genetike određivanje funkcije svih gena i ostalih dijelova genoma, ponajprije u modelnih organizama (pogodnih za genetička istraživanja) te u čovjeka i svih njemu zanimljivih vrsta. Isprva se funkcija gena određivala dugotrajnim praćenjem fenotipskih promjena i otkrivanjem mutiranih gena odgovornih za te promjene. Spoznaje o molekularnim mehanizmima temeljnih genetičkih procesa i razvoj novih tehnika molekularne biologije omogućili su obratan pristup u određivanju funkcije gena. Automatskim postupkom određivanja redoslijeda nukleotida molekule DNA (sekvenciranje) u razmjerno kratkom vremenu može se odrediti redoslijed nukleotida cijeloga genoma. Funkcija gena s poznatim redoslijedom nukleotida utvrđuje se njegovom namjernom inaktivacijom ili pojačavanjem njegove aktivnosti, nakon čega se prate posljedične promjene u fenotipu. Osim sekvenciranjem, takav pristup određivanju funkcije gena omogućen je nizom tehnika kojima se po želji može vrlo precizno promijeniti odgovarajući gen ili bilo koji dio genoma. Te se tehnike nazivaju tehnologija rekombinantne DNA ili genetičko inženjerstvo. Njihovom su primjenom u posljednjih 10 god. uspješno

promijenjeni gotovo svi geni u modelnih organizama. U ljudi se geni zbog etičkih razloga ne mogu prema potrebi aktivirati i inaktivirati pa se njihova funkcija određuje posredno:

a) utvrđivanjem funkcije gena ostalih sisavaca, primjerice miša, jer je ona u većine gena čovjeka i ostalih sisavaca ista

b) primjenom molekularne genetike u medicinskoj dijagnostici kojom je moguće izravno utvrditi koji je gen odgovoran za razvoj pojedine bolesti.

Dostignuća molekularne genetike primjenjuju se u mnogim područjima ljudske djelatnosti. U liječenju bolesti uzrokovanih genskim mutacijama primjenjuje se genska terapija koja se temelji na ugradnji funkcionalnoga gena u stanice s mutiranim genom. Tehnologijom rekombinantne DNA u mikroorganizmima se u terapijske svrhe proizvode mnoge ljudske bjelančevine u neograničenim količinama. Prvi je takav komercijalni proizvod bio ljudski inzulin koji se počeo proizvoditi u bakterijama 1980-ih, ubrzo nakon što je gen za inzulin izoliran iz ljudskoga genoma. Na isti se način proizvode različite bjelančevine u prehrambenoj industriji. Tehnikama molekularne genetike mogu se mijenjati određeni geni u organizmima koji su korisni čovjeku, a radi postizanja novih značajki. Primjerice, 1980-ih utvrđen je gen rajčice odgovoran za brzo mekšanje ploda nakon sazrijevanja. Genetičkim inženjerstvom smanjena je njegova aktivnost i time je postignuto novo svojstvo (plod sporije mekša, pa se rajčice mogu brati potpuno zrele, bez bojazni kako će do dolaska na tržište omekšati). Istim se postupcima gen može potpuno inaktivirati ili izrezati iz genoma. Tako su dobivene sorte soje, riže i pšenice iz kojih su odstranjeni najjači alergeni. U prosjeku se godišnje na tržištu pojavljuje 10 novih sorti različitih poljoprivrednih kultura koje su oplemenjene primjenom molekularne genetike. Postalo je uobičajeno takve organizme nazivati genetički modificirani organizmi (GMO). U većini je slučajeva u njihov genom ugrađen dodatni gen kojega je funkcija prethodno istražena i za koji je utvrđeno kako može poboljšati značajke organizma. Iako je metodama molekularne genetike omogućena najpreciznija promjena genetičkoga materijala u povijesti oplemenjivanja organizama, jasno su određeni rizici o kojima treba voditi računa prije njihove komercijalne uporabe. Zato takvi organizmi podliježu višegodišnjim istraživanjima kojima se utvrđuje njihova zdravstvena ispravnost i ekološka prihvatljivost, na temelju čega se dopušta ili zabranjuje njihova komercijalna uporaba. Molekularna genetika nezaobilazna je u istraživanju evolucije. Tako se uspoređivanjem redoslijeda nukleotida pojedinih gena i drugih dijelova genoma u različitim organizama stječe uvid u molekularne procese koji su doveli do raznolikosti živih bića na Zemlji. Primjerice, usporedbom genetičkih materijala fosilnih ostataka neandertalca i suvremenoga čovjeka utvrđeno je kako se suvremeni ljudi nisu razvili od neandertalaca, već su samo imali zajedničkog pretka. Isti su postupci molekularne genetike temelj moderne sudske medicine jer omogućuju razlikovanje dviju osoba na temelju vrlo male količine genetičkoga materijala. Osnova istraživanja u molekularnoj genetici je gen. Za bolje razumijevanje i lakše praćenje teksta slijede definicije koje pojašnjavaju što je to gen i koja mu je uloga te način na koji se analizira.

Gen (prema grč. γένος; podrijetlo, rod; lat. genus) je osnovna jedinica nasljeđivanja preko koje se nasljedne osobine prenose od roditelja na potomstvo. Na molekularnoj razini, gen je slijed određenog broja nukleotidnih parova uzduž molekule deoksiribonukleinske kiseline (DNA) ili, u nekim virusima, molekule ribonukleinske kiseline (RNA), koji kodira informaciju za protein procesima transkripcije (prepisivanja) u mRNA (messenger RNA ili glasnička RNA) i translacijom (prevođenjem) u protein. U određenim slučajevima gen daje informaciju za tRNA (transfer RNA), rRNA (ribosomska RNA) ili za druge strukturne molekule RNA. Svaka živa stanica u jezgri sadrži potpuni komplement gena tipičnih za vrstu koji se nalaze u linearnom slijedu u kromosomima jezgre. Geni su također nazočni i u citoplazmatskim organelima mitohondrijima svih eukariotskih organizama i kloroplastima u biljnim stanicama. Geni se uključuju (aktiviraju) u različito vrijeme u različitim stanicama organizma. Kada se geni repliciraju, dupliciraju, može se katkad dogoditi pogreška. To je nasljedna promjena slijeda nukleotida zvana mutacija. Tehnikama molekularne genetike mogu se sekvencionirati pojedini geni kao i cijela molekula kromosomske DNA. Njihove se sekvencije mogu analizirati i uspoređivati s RNA transkriptima i proteinskim produktima. Tako je utvrđeno da prokariotski gen sadrži približno 1 000 parova nukleotida koji svi kodiraju za aminokiseline u proteinu. Međutim, većina eukariotskih gena ima mnogo više DNA nego što je zaista potrebno za kodiranje aminokiselina u njihovim proteinskim produktima. Tako eukariotski geni sadrže kodirajuće sekvencije koje se nazivaju egzoni ili eksoni i nekodirajuću DNA, koja predstavlja introne. Po najnovijim rezultatima sekvencioniranoga ljudskoga genoma utvrđeno je kako on sadrži od 32 000 do 39 000 gena koji kodiraju za proteine, što je samo 1 do 2 % sveukupne humane DNA, ostalih je oko 98 % DNA ljudskoga genoma tzv. nekodirajuća DNA. Naziv gen uveo je Wilhelm Ludvig Johannsen (1909). Međutim, prva spoznaja o postojanju gena proizišla je od Gregora Mendela koji je prilikom interpretacije rezultata svojih eksperimenata križanja utvrdio kako postoje „stanični elementi“ ili „faktori“ koji određuju svojstva pojedinog organizma, a koji se nasljeđuju od svakoga svojeg roditelja. Walter Stanborough Sutton (1903.) povezuje Mendelove „faktore nasljeđivanja“ i kromosome. Th. H. Morgan je svojim pokusima dokazao kako je svaki pojedini gen smješten na određenome mjestu, tzv. lokusu (genski lokus) u kromosomu, i kako svaki kromosom nosi više gena koji se nazivaju vezani geni. Seymour Benzer (1957.) za gen je uveo pojam cistron kao jedinicu funkcije („unit of function“). Dva su gena različita ako utječu na nastanak različitih enzima.

Prema definiciji koja je sadržana u Genetičkom leksikonu, Genetikon *gen* (gene) je slijed nukleotida u molekuli DNA koji nosi informaciju za protein ili molekulu RNA.

Kako se u organizmu nalazi velik broj gena, koristimo se izrazom genom. *Genom* (prema gen), sveukupna je deoksiribonukleinska kiselina (DNA) nekog organizma. Obuhvaća sve gene, ali i ostale (nekodirajuće) nizove nukleotida. Pod strukturom genoma razumijeva se točan redoslijed nukleotida u nekom genomu. Danas su poznate strukture mnogih genoma, uključujući i ljudski, koji se sastoji od oko tri milijarde parova nukleotida u svakome setu kromosoma. To je poznavanje ključno za razumijevanje molekularne osnove svih bioloških procesa.

Iz svega što je gore navedeno proizlazi kako je *genomika* (genomics) grana genetike koja se bavi analizom genoma.

30.3. Primjena analize DNA u veterinarskoj medicini

Analiza animalne DNA našla je veliku primjenu u veterinarskoj medicini. Zahvaljujući znanstvenim istraživanjima na području veterinarske medicine došlo je do razvoja brojnih laboratorija koji koriste razne metode molekularne biologije kako bi analizirali DNA u različite svrhe.

Istraživanja su u početku bila usmjerena na konzervacijsku genetiku u svrhu zaštite i očuvanja biološke raznolikosti. Omogućila su razvoj brojnih metoda molekularne biologije među kojima je i *DNA* barkodiranje (DNA barcoding). Barkodiranje je metoda molekularne taksonomije za identifikaciju biljnih i životinjskih vrsta korištenjem slijeda nukleotida standardiziranog fragmenta mitohondrijskog gena za podjedinicu I citokrom okidaze (COI) duljine oko 650 pb. Primjena metode omogućila je razvoj i osnivanje tzv. banaka gena (DNA bank) koje imaju ulogu pohrane i čuvanja biološkog materijala za potrebe istraživanja, prikupljanja, identifikacije i klasifikacije.

Značajna je uloga analize DNA u dijagnostičke svrhe. Primjenom metoda molekularne biologije mogu se dijagnosticirati bolesti uzrokovane bakterijama, virusima te brojnim drugim uzročnicima kao i genetska oboljenja koja su uzrokovana mutacijama na jednom ili više gena. Prepoznati sklonost k razvoju neke nasljedne bolesti omogućava nam da pravovremeno pristupimo prevenciji i liječenju.

Bez molekularne genetike danas je nemoguće zamisliti selekciju i uzgoj domaćih životinja. Primjenom molekularnih metoda, tj. molekularnih biljega, moguće je sustavno pratiti i utjecati na postizanje boljih reproduktivskih svojstava koja će kroz selekciju imati utjecaj na željeni prirast i kvalitetu kao što je to slučaj npr. u proizvodnji mlijeka, mesa i sl.

U današnje vrijeme proizvodnja hrane našla se pred velikim izazovima. Porast populacije te čitav niz drugih čimbenika imaju značajan utjecaj i na proizvodnju hrane životinjskog podrijetla. Sva hrana, pa tako i ona koja potječe od životinja, ima na sebi istaknute oznake koje ukazuju na njezinu izvornost. S obzirom na sve učestaliju pojavu patvorenja mesa ukazala se potreba za utvrđivanjem njegovog podrijetla. Primjenom jednostavnih metoda molekularne biologije moguće je u mesu i mesnim proizvodima utvrditi je li došlo do patvorenja nedeklariranim vrstama mesa.

Animalna forenzika znanstvena je disciplina koja primjenjuje znanja i spoznaje o životinjama za razjašnjenje činjenica pri istragama i sudskim postupcima. U veterinarskoj praksi nerijetko se dešava da su životinje žrtve, ali isto tako mogu biti i počinitelji nekog kaznenog djela. U nekim slučajevima to je vrlo teško dokazati pa se u tu svrhu koriste specifične metode molekularne biologije kojima je moguće izdvojiti i analizirati DNA i na taj način detektirati DNA profile iz različitih bioloških tragova. Sve je učestalija primjena analize DNA u sprječavanju ilegalne trgovine životinjama i biljkama. To se posebno odnosi na one vrste koje

su prema Konvenciji o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divljih životinja i biljaka (CITES) ugrožene ili im prijete izumiranje.

30.4. Analiza DNA

30.4.1. Izdvajanje DNA

Za izdvajanje DNA iz uzoraka animalnog podrijetla koristimo genomsku i mitohondrijsku DNA eukariota. *Eukarioti* (eukaryotes) su jednostanični ili višestanični organizmi s kromosomima u jezgri odvojenoj membranom od citoplazme u kojoj su mnogobrojne organele omeđene membranom. *Genomska DNA* (genomic DNA), međunarodna kratica: gDNA, je ukupna DNA nukleotida ili DNA haploidnoga seta kromosoma eukariota. *Mitohondrijska DNA* (mitochondrial DNA) je dio genoma eukariota smješten u mitohondriju, međunarodna kratica: mtDNA.

30.4.2. Metode izdvajanja DNA

Za izdvajanje DNA iz uzoraka koristimo se sljedećim metodama:

- a. klasične metode
- b. komercijalni kitovi i
- c. roboti.

a. Klasične metode izdvajanja DNA

Iako su cijenom pristupačne, klasične metode danas se rjeđe koriste. Izvode se prema protokolima koji sadrže upute o tome kako uzeti i pripremiti uzorak te kako na kraju pohraniti izdvojenu DNA. U postupku izdvajanja koriste se po zdravlje štetna organska otapala (Sl. 158), izolacija vremenski traje duže, uzorak se više puta prenosi iz epruvete u epruvetu što može uzrokovati kontaminaciju (Butler, 2001.). Količina i kvaliteta izolirane DNA ovisi o uzorku, odabranoj metodi, ali i umijeću osobe koja provodi postupak izolacije. Neke od standardnih metoda koje se svakodnevno koriste u raznim laboratorijima su izdvajanje DNA iz krvi metodom isoljavanja pomoću zasićene otopine Na Cl, metoda izdvajanja DNA iz tkiva fenolom i kloroformom ili metodom pomoću Chelex reagensa za pročišćavanje ostalih spojeva putem izmjene iona.



Slika 158: Reagensi koji se koriste kod klasičnih izolacija DNA

b. Izdvajanje DNA komercijalnim kitovima

Cijenom su vrlo pristupačni, kao i kvalitetom izdvojene DNA. Postupak izdvajanja je brz i jednostavan, omogućava kvalitetno pročišćavanje, a količina izdvojene DNA dostatna je za umnažanje. U primjeni su komercijalni kitovi raznih proizvođača (Sl. 159) kao npr. QIAGEN DNeasy Blood and Tissue Kit (www.qiagen.com) ili Promega Wizard Genomic Kit (www.promega.com).



Slika 159: Komercijalni kitovi Qiagen i Promega

c. Izdvajanje DNA robotima

U usporedbi s prethodnim metodama daleko su najskuplji, ali prednost im je što u postupku izdvajanja pružaju maksimalnu sigurnost od kontaminacije, protokoli su pohranjeni na kartice, a vrijeme izdvajanja je programirano (Sl. 160).



Slika 160: Biorobot EZ1. Qiagen

30.4.3. Uzorci za analizu DNA

Uobičajeno je izdvajanje DNA iz krvi i tkiva životinja, ali isto tako i iz dlake, kosti, zuba, roga, izmeta, pera ptica, arheoloških uzoraka, muzejskih primjeraka te brojnih drugih uzoraka. Animalnu DNA moguće je izolirati i iz tkiva koje je uklopljeno u parafin, obojenih parafinskih rezova različitih tkiva. Kada se uzima uzorak za analizu od živih životinja, uvijek treba primijeniti tzv. neinvazivne metode uzorkovanja koje za razliku od invazivnih metoda, ne uzrokuju strah, bol i patnju. Izdvajanje DNA iz uzoraka zahtijeva određene postupke koji se međusobno razlikuju, ovisno o vrsti uzorka. Nakon pripreme uzorka slijedi postupak izdvajanja nekom od klasičnih metoda ili prema uputama iz protokola. Izolirana DNA čuva se na temperaturi hladnjaka ili se pohranjuje u ledenicu.

30.4.3.1. Izdvajanje DNA iz krvi

(Sl. 161)

Postupak izdvajanja DNA iz pune krvi sisavaca (eritrociti ne sadrže jezgru) ili ptica, riba i žaba, gmazova (eritrociti sadrže jezgru) zahtijeva da krv prethodno bude obrađena nekim od navedenih antikoagulanata (EDTA, citrat ili heparin). Količina krvi kod klasičnih izolacija kreće se, ovisno o vrsti reagensa od 1 μ l, 100 μ l do 5 ml. Količina krvi koja je dovoljna za izdvajanje DNA pomoću komercijalnih kitova kreće se u rasponu od 1 μ l do 100 μ l. DNA je

najbolje izdvojiti iz svježe krvi, ali se isto tako može koristiti i smrznuta krv. Razni komercijalni kitovi za izdvajanje DNA osim pune krvi koriste i limfocite u količini 5×10^6 i HeLa stanice u količini 2×10^6 .



Slika 161: Uzorci krvi za DNA analizu

30.4.3.2. Izdvajanje DNA iz tkiva

(Sl. 162)

Primjenom komercijalnih kitova količina tkiva za izdvajanje DNA vrlo je mala i iznosi 20 – 25 mg (slezene 10 mg). Ako smo u mogućnosti, poželjno je uzeti svježe tkivo u kojem nije došlo do razgradnje (degradacije) DNA. Uzorci koji se uzimaju na terenu vrlo često nisu zadovoljavajuće kvalitete i stoga treba obratiti pozornost na način kako se uzimaju. Tkivo se pohranjuje na način da se propisno zapakira, označi i smrzne ili se sprema u tubice u kojima se nalazi 96 % alkohol. Uzorak uzet na ovaj način može se pohraniti i čuvati na temperaturi ledenice. Neposredno prije izolacije tkivo je potrebno usitniti ili homogenizirati.



Slika 162: Uzorak tkiva za DNA analizu

30.4.3.3. Izdvajanje DNA iz kosti, zuba i roga (Sl. 163)

Za izdvajanje DNA iz kosti, zuba ili rogova komercijalnim kitovima potrebno je oko 100 mg uzorka, a kod klasičnih metoda 3 – 5 g. Uzorci se neposredno prije izolacije moraju obraditi na način da se izrežu na manje fragmente koji se nakon rezanja dobro očiste, operu i posuše, a nakon toga pomoću uređaja (grindera ili mlinca) samelju u nešto krupniji prah. Kod zuba treba obratiti pažnju na očuvanost pulpe.



Slika 163: Uzorci kosti, roga i zuba za DNA analizu

30.4.3.4. Izdvajanje DNA iz dlake (Sl. 164)

Za izdvajanje DNA iz dlake koristi se dlaka koja ima korijen. Od korijena dlake prema vrhu odreže se otprilike komadić duljine 0,5 – 1 cm. Prilikom postupka izdvajanja obavezna je prethodna upotreba DTT-a (dithiothreitol) kako bi se stabilizirali enzimi i njihovi proteini.



Slika 164: Uzorci dlake za DNA analizu

30.4.3.5. Izdvajanje DNA iz tkiva uklopljenog u parafin ili obojenih parafinskih rezova

(Sl. 165)

Tkivo koje je uklopljeno u parafinski blok prethodno se mora izvaditi iz bloka ili se mora narezati nekoliko rezova debljine 10 μm , a nakon toga ukloniti parafin organskim otapalom (npr. ksilolom), isprati u alkoholu i ostaviti da se osuši na zraku. Parafinske rezove sa predmetnih stakalaca potrebno je sastrugati u tubicu, isprati u alkoholu, osušiti i nakon toga pristupiti postupku izolacije nekim od spomenutih kitova. Kod obojenih preparata potrebno je prethodno istražiti metodu bojenja i mogućnost izdvajanja DNA iz takvih uzoraka.



Slika 165: Uzorci tkiva uklopljenih u parafin i obojenih parafinskih rezova za DNA analizu

30.4.3.6. Izdvajanje DNA iz perja ptica

(Sl. 166)

U slučaju kada je na temelju vanjskih obilježja ili izgleda pojedinih ptica teško odrediti spol, koristi se neinvazivna metoda određivanja pomoću svježe iščupanog perja. Ovisno o veličini ptice, potrebno je uzeti najmanje tri pera, a najviše do sedam (ako nismo sigurni u količinu i kvalitetu DNA). U donjem dijelu badrljice (scapus), točnije njezinom šupljem dijelu (calamus), nalazi se dovoljna količina svježe ili osušene krv iz koje se izdvaja DNA.



Slika 166: Uzorci pera za DNA analizu

30.4.3.7. Izdvajanje DNA iz izmeta

U postupku izdvajanja DNA iz izmeta pomoću komercijalnih kitova koristi se manja količina (180 – 220 mg) svježeg ili smrznutog izmeta. Kako se radi o onečišćenom uzorku, postupak uklanjanja inhibitora omogućen je pomoću tzv. inhibitEx tableta ili pufera koje imaju ulogu uklanjanja inhibitora PCR reakcije i vezanja inhibitora polimeraze kako bi se izbjegli lažno negativni rezultati.

Nakon postupka izdvajanja nekom od prethodno navedenih metoda, DNA je spremna za umnažanje ili se pohranjuje na temperaturu hladnjaka do daljnje upotrebe. Trajna očuvanost DNA postiže se čuvanjem na temperaturi od -20°C do -80°C . Tako pohranjena DNA može se koristiti tijekom dužeg vremenskog razdoblja.

30.5. Oprema potrebna za rad

Za postupak izdvajanja DNA iz uzoraka potrebna je oprema, tj. uređaji koji omogućavaju siguran rad. Osnovnu opremu čine: digestor opće namjene, centrifuga do 15 000 rpm – HAWK 15/5, SANYO, uređaj za zagrijavanje i miješanje uzoraka, Thermomixer comfort od Eppendorf tvrtke, uređaj za miješanje uzoraka, Vortex od Tehtnice, pipete, tubice, tipsevi i ostali potrošni materijal (Sl. 167). Isto tako potrebno je prilikom rada koristiti zaštitnu opremu (kuta, rukavice, naočale), papir za brisanje i sabirnu kantu za odlaganje biološkog otpada.



Slika 167: Digestor i sitni potrošni materijal

30.6. Provjera kvalitete izdvojene DNA

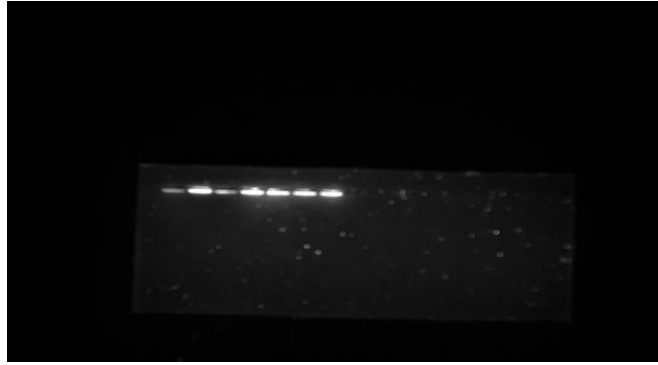
Neposredno prije umnažanja potrebno je odrediti kvalitetu DNA iz uzorka. To je iznimno važno u slučaju kada nismo sigurni jesmo li uspeli izdvojiti DNA koja će svojom kvalitetom i kvantitetom biti dostatna za umnažanje. U tu se svrhu koristimo sljedećim metodama:

A Metoda određivanja koncentracije DNA u uzorku nanošenjem uzorka na gel

Određivanje količine izdvojene DNA elektroforezom u 1 – 2 % agaroznom gelu metoda je u kojoj je, s obzirom na jačinu signala u poznatih koncentracija DNA, moguće sa sigurnošću odrediti koncentraciju DNA koja je izolirana iz različitih uzoraka (Sl. 168 i 169).



Slika 168: Oprema za elektroforezu SCIE-PLAS



Slika 169: Gel (2 %) s uzorcima različitih koncentracija

B Metoda određivanja koncentracije DNA u uzorku spektrofotometrom

Metoda mjerenja spektrofotometrom preciznija je metoda u odnosu na prethodnu, a temelji se na prolazu svjetlosti kroz tekućinu. Koncentraciju i čistoću DNA u uzorku moguće je odrediti mjerenjem apsorpcije na valnim duljinama 260 i 280 nm. Ovisno o količini, izdvojenu DNA možemo mjeriti koncentriranu ili razrijeđenu u različitim omjerima (Sl. 170).



Slika 170: Određivanje koncentracije i čistoće DNA biofotometrom plus (eppendorf)

C Metoda određivanja koncentracije DNA u uzorku NanoDrop™ One

Prednost ovoga uređaja je da se koncentracija i čistoća mjere u vrlo malim količinama. Samo jedna kapljica je dovoljna da se očitaju vrijednosti koncentracija i čistoće molekula DNA, RNA ili proteina (Sl. 171).



Slika 171: NanoDrop™ One

30.7. Umnažanje DNA

Lančana reakcija polimerazom (PCR, prema engl. polymerase chain reaction) postupak je umnažanja malih dijelova DNA ponavljanjem ciklusa sinteze in vitro s pomoću DNA-polimeraze. Polimeraze (prema polimeri) su enzimi koji kataliziraju biosintezu nukleinskih kiselina čime su odgovorni za prijenos genske informacije. Udvostručenje DNA kataliziraju DNA-polimeraze koje kao supstrate rabe deoksiribonukleozid-trifosfate, a nastanak RNA kataliziraju RNA-polimeraze koje kao supstrate rabe ribonukleozid-trifosfate. U tim je reakcijama sporedni proizvod anorganski pirofosfat koji se odmah hidrolizira na fosfat s pomoću enzima anorganske pirofosfataze; zbog toga su reakcije prijenosa genske informacije ireverzibilne. Obje skupine polimeraza prepisuju gensku informaciju s molekule DNA pa se nazivaju DNA-ovisnim polimerazama. Kod virusa, koji kao genski materijal sadrže RNA, postoje i RNA-ovisne polimeraze, npr. reverzna transkriptaza kod retrovirusa provodi reverznu (obrnutu) transkripciju, tj. sintezu DNA na osnovi RNA-kalupa (tzv. RNA-upravljana sinteza DNA), što je u suprotnosti s centralnom dogmom. DNA-polimeraze ujedno su i nukleaze jer uklanjaju krive, netom ugrađene nukleotide iz lanca DNA koji je u nastajanju; zbog toga je replikacija DNA najpreciznija reakcija u živom svijetu.

Za PCR reakciju možemo reći kako je jedna od najvažnijih metoda, a zbog svoje učinkovitosti i brzine izvođenja te isplativosti, i najviše korištena metoda u molekularnoj biologiji. Medicinsku dijagnostiku, sudsku medicinu, veterinarsku medicinu te arheologiju danas je nemoguće zamisliti bez primjene ove metode posebno kada se radi o vrlo malim ili nedostatnim količinama DNA uzoraka.

Transkripcija i translacija su pojmovi koji su neposredno vezani za PCR reakciju i opisuju što se događa s DNA tijekom PCR reakcije. Transkripcija (transcription) je proces kojim se informacija pohranjena u DNA prepisuje u mRNA (messenger ili glasnička ribonukleinska

kiselina) što predstavlja prvi korak ekspresije gena. Translacija (translation) je proces kojim se informacija koju prenosi mRNA koristi za specifično povezivanje aminokiselina u polipeptidni lanac.

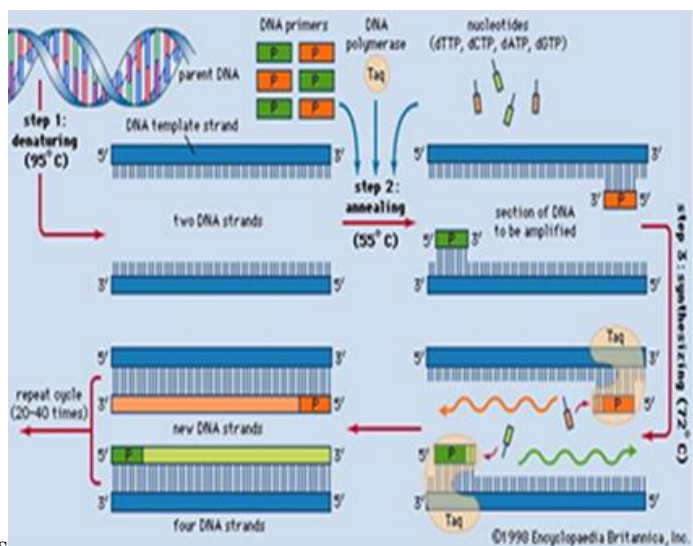
PCR reakciju moguće je izvesti na način da se prethodno pripremi PCR smjesa (tzv. master mix) koja uz deoksiribonukleotide (dATP, dCTP, dGTP i dTTP), pufer i vodu sadrži izdvojenu DNA koja predstavlja jednolančani kalup, enzim polimerazu (npr. Taq polimerazu; polimeraza izolirana iz soja YT1 termofilne arhebakterije *Thermus aquaticus*) i početnice (primers) koje moraju biti pažljivo odabrane i sintetizirane. *Primer* je kratki fragment DNA ili RNA od kojega započinje sinteza novoga lanca DNA. Priprema smjese izvodi se u PCR kabinetu kako bi se omogućio siguran rad i spriječila kontaminacija uzoraka.



Slika 172: PCR kabinet za pripremu PCR smjese

PCR reakcija najčešće se sastoji od 35 ciklusa u kojima se geometrijskom progresijom povećava broj odsječaka (fragmenata), a svaki ciklus PCR reakcije sastoji se od tri koraka. Prvi korak u kojem se reakcijska smjesa zagrijava na temperaturu od 94°C do 96°C zove se denaturacija (engl. denaturing). U ovom koraku dolazi do pucanja vodikovih veza između komplementarnih lanaca kalupa DNA. Nakon toga slijedi drugi korak u kojem dolazi do komplementarnog sparivanja početnica na temperaturi od 54°C do 58°C pri čemu dolazi do njihove hibridizacije (eng. annealing). U završnom koraku koji se zove ekstenzija (engl. extension) ili elongacija odvija se sinteza DNA na temperaturi od 72°C (Sl. 172).

Upotreba ove osnovne PCR metode danas je toliko učestala da je njezinom dugogodišnjom primjenom došlo do razvoja velikog broja modificiranih metoda.



Slika 173: Shema lančane reakcije polimerazom, PCR

Uzorcima se stavlja u PCR uređaj u kojem se odvija reakcija umnažanja fragmenata DNA (Sl. 173). Na slici 174 prikazan je GenAmp System 9700 (Applied Biosystems). Svaka reakcija u uređaju ima mogućnost programiranja ciklusa te optimiziranja uvjeta ovisno o fragmentu koji želimo dobiti umnažanjem.



Slika 174: Uređaj GenAmp System 9700 (Applied Biosystems, SAD)

30.8. Analiza i interpretacija rezultata

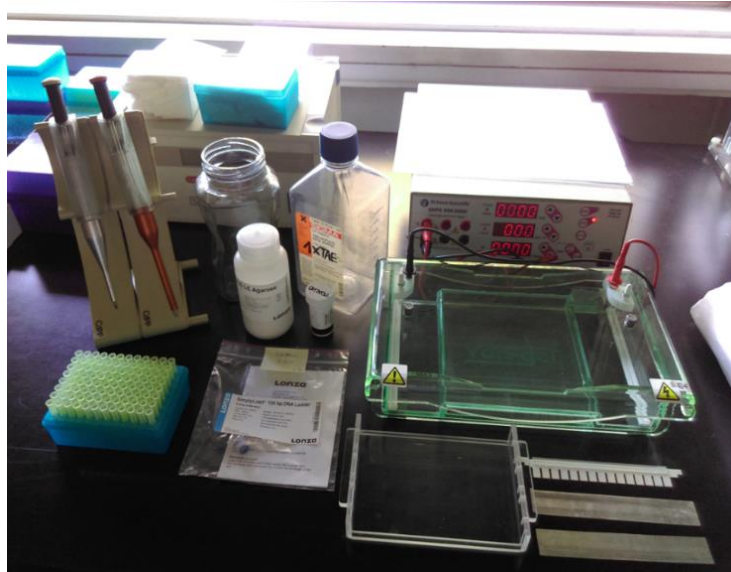
30.8.1. Elektroforeza

Za analizu uzoraka danas se koristimo brojnim vrstama elektroforetskih tehnika. Izbor metode ovisi prije svega o vrsti i veličini uzorka, njegovom sastavu i naboju, ali isto tako i o odabiru odgovarajućeg pufera te jakosti struje potrebne za provođenje elektroforeze. Što je to elektroforeza i kako se ona provodi opisano je sljedećom definicijom.

Elektroforeza (elektro + foreza) je kretanje električki nabijenih čestica u otopini pod djelovanjem električnoga polja. Predstavlja analitičku i preparativnu metodu koja se često primjenjuje u biokemiji. Smjer kretanja čestice ovisi o polaritetu njezina naboja, brzina kretanja povećava se s brojem naboja i s jakošću električnoga polja, a opada s veličinom čestice. Elektroforetska analiza bioloških makromolekula, osobito nukleinskih kiselina i bjelančevina, provodi se na gelovima agaroze ili poliakrilamida različite poroznosti, koji se biraju prema veličini čestica. Bojenjem, imunološkom reakcijom ili detekcijom radioaktivnosti te fotografiranjem gela nakon elektroforeze dobiva se elektroforetogram. Danas je elektroforeza nezamjenjiva metoda za analizu bjelančevina u serumu i u različitim tkivima, za određivanje čistoće pripravaka nukleinskih kiselina i bjelančevina te za određivanje redoslijeda nukleotida u nukleinskim kiselinama. Varijanta je elektroforeze izoelektričko fokusiranje. Obično se elektroforeza provodi u uvjetima koji omogućuju nativnu konformaciju makromolekula ili u uvjetima potpunog denaturiranja (prisutnost uree i tenzida). Kombinacija tih metoda na istom gelu rezultirat će dvodimenzionalnom elektroforezom kojom se na jednom elektroforetogramu može detektirati više tisuća bjelančevina, odnosno uočiti nedostatak jedne od njih.

30.8.2. Elektroforeza u agaroznom gelu

Elektroforeza u agaroznom gelu je metoda koja se najčešće koristi za analizu i pročišćavanje DNA i RNA fragmenata te PCR produkata. Ovom metodom razdvajaju se nukleinske kiseline velikih molekularnih masa. U osnovi, za razdvajanje i razlučivanje većih fragmenata DNA koriste se gelovi s manjim postotkom agaroze, a za manje fragmente koriste se gelovi s većim postotkom agaroze. Veličina fragmenata kreće se u rasponu od 50 do 30 000 pb (parova baza). Elektroforeza u agaroznom gelu izvodi se u vodoravnom položaju. Na slici 175 prikazane su oprema i kemikalije koje su potrebne za izvođenje metode. Od kemikalija potrebna je agarozna (polisaharid iz algi), pufer (TAE pufer), fluorescentna boja za detekciju (Nucleic Acid Dye) te biljeg za utvrđivanje dvolančanih DNA molekula (DNA Ladder). Od opreme potrebna je kadica sa sustavom za napajanje, posude za izlivanje gela s vratima od aluminijske, češljevi za jažice (bunariće), pipete i tipsevi.



Slika 175: Oprema i kemikalije za izvođenje elektroforeze u agaroznom gelu (SCIE PLAS, UK)

Gel se, ovisno o postotku, priprema na način da se u tikvicu stavlja određena količina agaroze na koji se izlije određena količina 1xTAE pufera, lagano se promiješa i otopi u mikrovalnoj pećnici. Kada se otopina djelomično ohladi, dodaje se boja, lagano se promiješa i izlije u posudu u koju smo prethodno stavili aluminijska vratašca i uronili češalj. U kadice u kojoj se nalazi 1xTAE pufer uroni se posuda s polimeriziranim gelom iz koje se prethodno uklone vratašca i češalj. U jažice na gelu nanose se uzorci i biljeg. Na sustavu za napajanje podesimo odgovarajuću jakost struje i vrijeme trajanja elektroforeze. Molekule DNA su negativno nabijene, kroz gel putuju od negativne katode prema pozitivnoj anodi na način da manje molekule putuju brže, a velike i srednje velike molekule putuju sporije. Nakon provedene elektroforeze slijedi analiza uzoraka. Gel iz kadice prenosimo u uređaj za osvjtljavanje gela. Na slici 176 prikazan je uređaj koji sadrži lampu s plavim svjetlom (Safe imager, invitrogen). U primjeni su i uređaji koji koriste UV svjetlo. Tako osvjtljen gel se fotografira, a rezultati se trajno pohranjuju na CF memorijsku karticu (compact flash card).



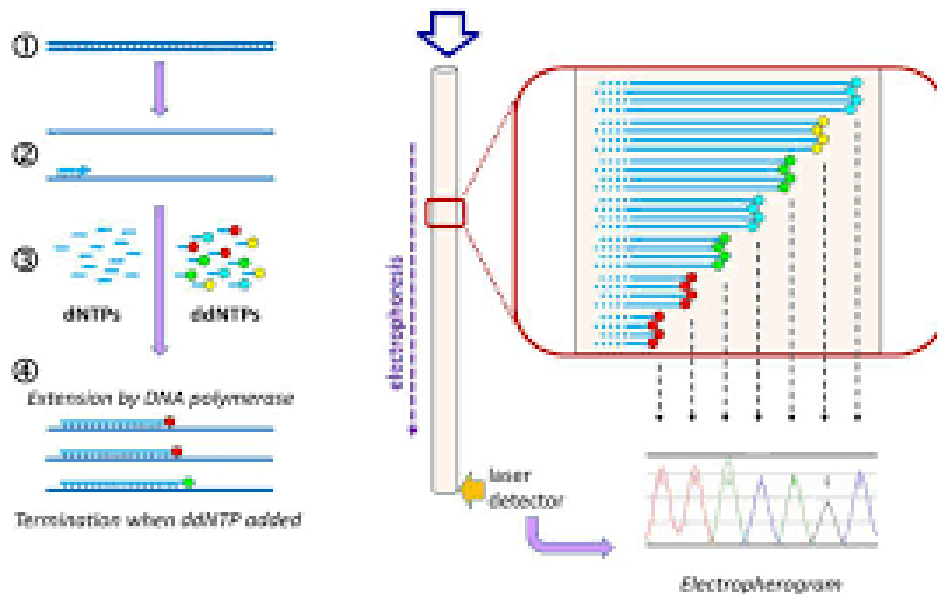
Slika 176: Sustav za fotografiranje i dokumentiranje gelova uvitec, UK s CF karticom

30.9. Sekvenciranje

Nakon provedene elektroforeze sljedeći korak u analizi i interpretaciji rezultata je sekvenciranje uzoraka. *Sekvenciranje* (sequencing) je metoda određivanja slijeda baza u molekuli DNA. Sekvencija DNA (DNA sequence) predstavlja redoslijed deoksiribonukleotida u molekuli DNA, a sekvenciju RNA (RNA sequence) predstavlja redoslijed ribonukleotida u molekuli RNA. Zahvaljujući znanosti i tehnološkom napretku, nastale su nove metode sekvenciranja koje su, uzimaju u obzir razdoblje razvoja, podijeljene na četiri generacije. Sekvenciranja prve generacije uključuju Sangerovu metodu te Maxam i Gilbertovu metodu. Sangerova metoda najznačajnija je i najviše korištena metoda sekvenciranja. Poslužila je kao osnova za razvoj tehnologija sekvenciranja druge, treće i četvrte generacije pod nazivom tehnologije sekvenciranja novih generacija (next generation sequencing; NGS). U metode sekvenciranja druge generacije ubrajaju se pirosekvenciranje i sekvenciranje reverzibilnom terminacijom. Sekvenciranje treće generacije odnosi se na tehnike sekvenciranja pojedinačnih molekula u stvarnom vremenu. Za razliku od prethodne, četvrta generacija sekvenciranja omogućava otkrivanje pojedinačnih molekula na bazi nanopora. Međusobno se razlikuju po svojstvima, pripremi uzoraka, načinu sekvenciranja, analizi rezultata te nizu drugih čimbenika. Sljedeći značajan korak u sekvenciranju je sekvenciranje genoma. Sekvenciranje ljudskog genoma po zahtjevnosti izvođenja i cijeni bilo je izuzetno dugotrajan proces. U budućnosti se teži k razvoju novih NGS tehnologija kojima će biti omogućeno dobivanje podataka o sekvenciji genoma izoliranog iz samo jedne stanice i to u vrlo kratkom vremenskom razdoblju uz relativno nisku cijenu.

30.9.1. Sangerova dideoksi metoda sekvenciranja DNA

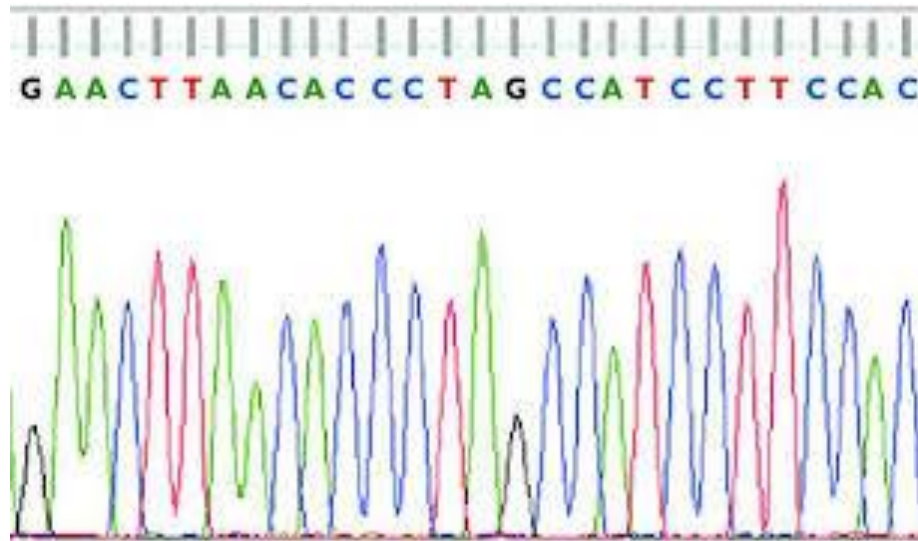
Razvijena je davne 1977. godine i kao jedna od uobičajenih metoda određivanja slijeda nukleotida u molekuli DNA ima široku primjenu i svakodnevno se koristi. Drugi naziv za ovu metodu je enzimatska dideoksi-metoda zbog toga što se određivanje slijeda nukleotida zasniva na zaustavljanju enzimatske sinteze lanca DNA ugradnjom dideoksiribonukleozid-trifosfata. (Sl. 177).



Slika 177: Sangerovo dideoksi automatizirano sekvenciranje

Za sintezu DNA koja ide u 5'-3' smjeru potrebni su: nukleotidi tzv. deoksiribonukleozid-trifosfati (dNTP) dATP, dCTP, dGTP, dTTP, njihovi analogi dideoksiribonukleozid-trifosfati (ddNTP), početnice koje imaju svoj slijed i produžavaju se tvoreći novi DNA lanac, enzimi koji sintetiziraju DNA tzv. DNA polimeraze, odgovarajući pufer u kojem se nalazi reakcijska smjesa i DNA uzorak. Sinteza se odvija u četiri odvojene reakcije. U lanac DNA, koji se produžava u svakom sljedećem koraku, polimeraza ugrađuje nukleotide (dNTP) i njihove analoge (ddNTP). Svaka reakcija sadrži sva četiri dNTP-a i samo jedan ddNTP. Sinteza DNA će se zaustaviti svaki puta kada se na kraju reakcije ugradi odgovarajući ddNTP. Na ovaj način nastaju fragmenti različitih duljina koji se razdvajaju pomoću elektroforeze. U početku su nukleotidi bili obilježavani radioaktivnim izotopima, a kasnije su zamijenjeni fluorescentnim biljezima koji imaju različitu fluorescenciju. Elektroforeza na poliakrilamidnom gelu zamijenjena je kapilarnom elektroforezom. Prilikom automatskog sekvenciranja svaka vrpca se odvaja pri čemu laser pobuđuje fluorescentnu boju, a detektor bilježi količinu emisije fluorescencije sve četiri vrste ddNTP-a (ddA, ddT, ddG i ddC) koji na sebi imaju pričvršćen

fluorescentni biljeg različite boje i fluorescencije. Nakon automatiziranog sekvenciranja dobivamo elektroforegram ili kromatogram (Sl. 178).



Slika 178: Kromatogram nakon automatiziranog dideoksi sekvenciranja

Nakon provedenog sekvenciranja dobivene sekvence obrađuju se u programima ovisno o vrsti analize koju želimo. U tu svrhu koristimo se bioinformatikom.

Bioinformatika (grč. bios: život, engl. informatics: informatika), istraživanje genetičkih i drugih bioloških informacija s pomoću računalne tehnologije i statističkih metoda.

Sljedovi nukleotida se provjeravaju na način da se poravnavaju u za to određenim programima npr. program BioEdit (HALL, 1999.). Prilikom pregledavanja provodi se višestruko sravnjenje sljedova DNA pri čemu se koristi npr. program ClustalW (THOMPSON i sur., 1994.). Nakon sravnjenja slijedi postupak identifikacije polimorfnih nukleotidnih mjesta.

Analiza pojedinih gena na razini proteina obuhvaćena je pojmom tzv. ekspresije ili izražajnosti gena.

Genska ekspresija je ostvarenje genske informacije proizvodnjom funkcionalnoga proteina ili ribonukleinske kiseline (RNA). U širem smislu obuhvaća transkripciju i translaciju, ali se uglavnom odnosi na proces nadzora transkripcije koji omogućuje da samo određeni geni dođu do izražaja. Tako se u organizmu, u kojem sve stanice sadržavaju iste gene, stvaraju različiti tipovi stanica (živčane, koštane, epitelne).

U procesu ekspresije gena informacije iz gena koriste se za sintezu proteina kao funkcionalnog produkta. Oni geni koji kodiraju funkcionalni protein nazivamo strukturnim genima. Za razliku od njih, nekodirajuća RNA (tRNA ili rRNA) koja se ne prevodi u aminokiselinski slijed funkcionalnog proteina, genetski su proizvodi ostalih gena. U ekspresiju gena uključeni su također i neki strukturni elementi oba tipa gena kao što su egzoni i introni.

Gen se sastoji od nukleotidne sekvence koja se sastoji od kodona koji predstavljaju svaku aminokiselinu funkcionalnog proteina.

Kodon (od kôd) je uzastopni niz triju nukleotida u glasničkoj ribonukleinskoj kiselini (mRNA) koji djeluje kao jedinica genetičkoga kodiranja specifikiranjem određene aminokiseline tijekom sinteze proteina u stanici. Kodoni koji određuju upute tijekom toga procesa jesu: početni kodon (AUG – kodira aminokiselinu metionin) koja označava početak stvaranja polipeptidnoga lanca i završni kodon koji označava kraj stvaranja polipeptidnoga lanca, ali ne kodira ni jednu aminokiselinu jer ne postoji ni jedan antikodon koji mu je komplementaran. Tri su završna kodona: UGA, UAA i UAG. Na slici 179 prikazani su kodoni.

		Drugo slovo					
		U	C	A	G		
Prvo slovo	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } Stop UAG } Stop	UGU } Cys UGC } UGA } Stop UGG } Trp	U C A G	
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G	
	G	GUU } Val GUC } GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G	

Slika 179: Genski kod u obliku mRNA tripleta ili kodona

Ekspresija gena odvija se u dva koraka. Prepisivanje ili transkripcija DNA u glasničku RNA (mRNA) je prvi korak. Drugi korak je prijevod ili translacija. U ovom koraku se mRNA prevodi u slijed aminokiselina polipeptidnih lanaca bjelančevina. U prokariota ili živih bića koja nemaju staničnu jezgru oba procesa odvijaju se unutar citoplazme. U eukariota proces transkripcije odvija se unutar jezgre, a postupak katalizira enzim RNA polimeraza.

31. EPIGENETIKA

Zahvaljujući novijim istraživanjima na području genetike došlo je do spoznaja kako na ekspresiju gena utječu brojni vanjski čimbenici. To je pridonijelo razvoju nove znanstvene discipline koja se zove *epigenetika*, a proučava njihov utjecaj na mijenjanje i izražajnost gena. Što je to *epigenetika*, čime se bavi i koji su mehanizmi, pojasnit ćemo u sljedećem tekstu.

Epigenetika je grana biologije koja proučava procese koji dovode do promjene ekspresije pojedinih gena i na taj način uzrokuju promjenu *fenotipa* (*fenotip* /*phenotype*/, skup uočljivih svojstava pojedinoga organizma koji nastaje interakcijom *genotipa* i okoliša) bez promjene genotipa (*genotip* /*genotype*/, skup gena određenoga organizma) tj. promjena u DNA sekvenci. Pojam potječe od grčke riječi *epi* – preko, iznad, izvan, što u prijevodu znači iznad gena. Pojam je osmislio davne 1942. godine britanski znanstvenik C.H. Waddington, a odnosi se na sve molekularne putove koji moduliraju ekspresiju genotipa u određeni fenotip.

Kako se genetika razvijala, tako se mijenjalo značenje i definicija *epigenetike* te je danas općenito prihvaćena kao „proučavanje promjena u funkciji gena koje su mitotički i/ili mejotički nasljedne i koje ne povlače za sobom promjenu sekvence DNA“. Poznato je kako sve somatske stanice imaju isti genotip, ali različit fenotip. Tijekom razvoja diferenciraju se u stanice različitih tkiva i organa pod utjecajem različitih čimbenika koji mijenjaju strukturu kromatina i ekspresiju pojedinih gena. Promjene koje se događaju u genotipu su ireverzibilne i trajne pa se stoga *genom* razlikuje od *epigenoma* po tome što je *epigenom* promjenjiv tj. može se mijenjati i prilagođavati na različite unutarstanične ili izvanstanične podražaje, bilo da se radi o promjenama uvjeta iz okoliša (zrak, voda, štetne tvari i sl.), promjenama životnih navika (prehrana, spavanje, nezdrave navike i sl.) ili promjenama u načinu razmišljanja i ponašanja.

31.1. Glavni epigenetski mehanizmi

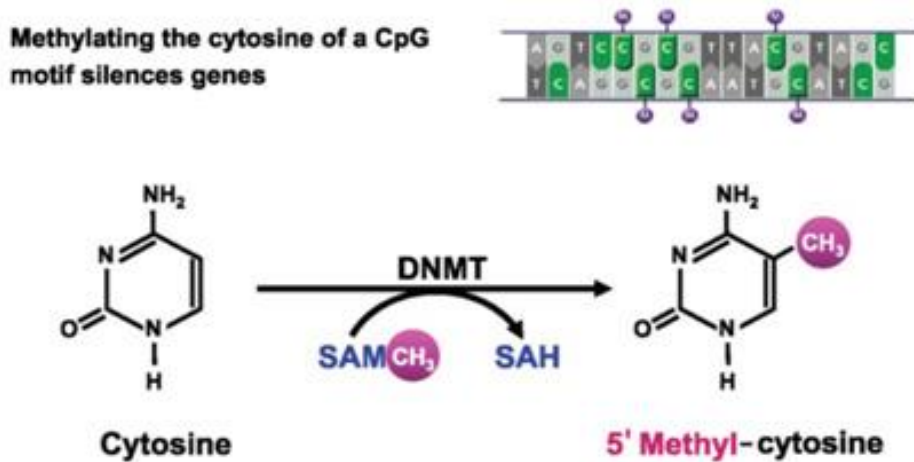
Postoji nekoliko glavnih epigenetskih mehanizama koji reguliraju ekspresiju gena:

- a) metilacija DNA
- b) modifikacija histona i
- c) RNA interferencija (RNAi).

a) Metilacija DNA

Na slici 180 prikazana je ova uobičajena modifikacija u genomu sisavaca. Značajna je po tome što stvara stabilan epigenetski biljeg koji se nakon diobe stanica prenosi na stanice kćeri. Uključuje kemijske spojeve koji se nazivaju metilne skupine, a koje se kovalentno veže na 5' poziciju citozina unutar citozin-gvanin dinukleotidne sekvence (CpG). Reakciju katalizira enzim iz skupine DNMT (DNA metiltransferaza). Kod biljaka je metilacija citozina prisutna na svim varijantama nukleotida. Prisutnost metilnih skupina na genu dovodi do njegovog

isključivanja ili utišavanja pa se iz tog gena ne proizvodi protein. Ima značajnu ulogu tijekom embrionalnog razvoja.

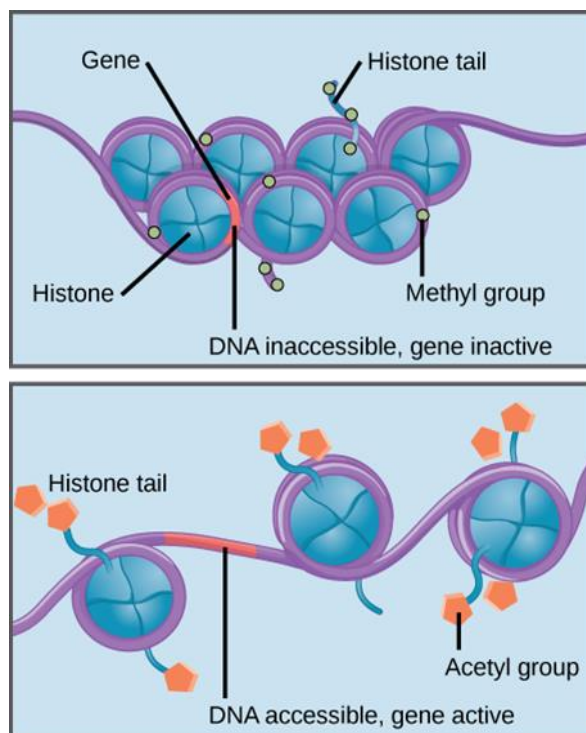


Slika 180: Shematski prikaz metilacije DNA

b) Modifikacija histona

Histoni (histones) su bazni proteini koji s DNA čine *kromatin (chromatin)* tj. strukturu koju čine molekula DNA i proteini. Modifikacija se odvija dodavanjem ili uklanjanjem metilnih ili acetilnih kemijskih skupina. Ove kemijske skupine imaju utjecaj na čvrstoću omatanja DNA oko histona što utječe na mogućnost uključivanja ili isključivanja gena. Metilacija DNA i histona uzrokuje čvrsto zbijanje nukleosoma. *Nukleosom (nucleosome)* je građevna jedinica eukariotskoga kromatina koju čini dvolančana DNA omotana oko oktamera histonskih proteina. Transkripcijski čimbenici ne mogu vezati DNA i geni se ne izražavaju. Acetilacija histona rezultira labavim pakiranjem nukleosoma. Transkripcijski čimbenici mogu vezati DNA i geni se izražavaju (Sl. 181).

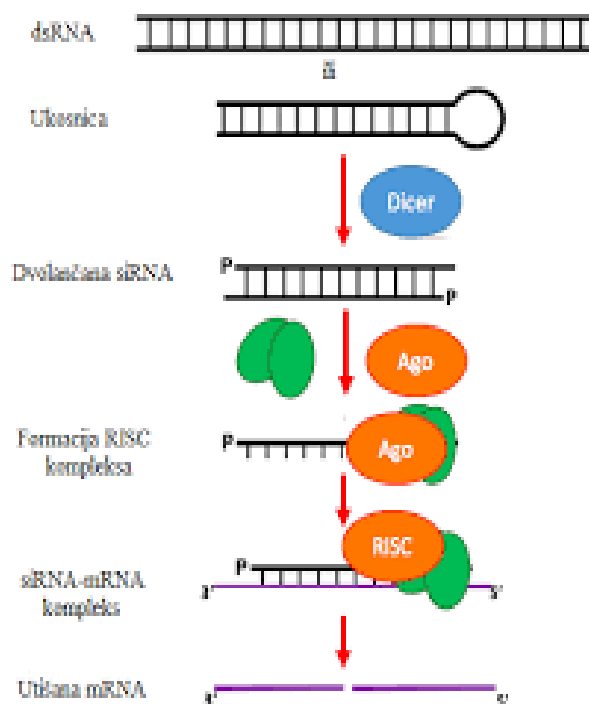
Abnormalne aktivnosti ili neaktivnosti gena moguće su uslijed nastanka pogrešaka u procesu, bilo da se radi o modifikaciji pogrešnog gena ili neuspješnom dodavanju kemijske skupine genu ili histonu. Utvrđeno je kako su ove epigenetske promjene povezane uz nastanak i razvoj tumora, metaboličke i degenerativne poremećaje.



Slika 181: Histonski tipovi i njegove funkcije

c) RNA interferencija (RNAi)

RNA-interferencija (RNA interference) je proces u kojemu dvolančana RNA cilja komplementarne molekule RNA u stanici zbog utišavanja ili degradacije. Utišavanje gena tako da potiče degradaciju ciljane mRNA (glasničke RNA) molekule. Utišavanje gena nastaje kao posljedica razgradnje RNA u kratke RNA pri čemu se aktiviraju ribonukleaze koje ciljaju mRNA. Na slici 182 je prikazan mehanizam utišavanja gena (ciljne mRNA) posredovan siRNA molekulom (mala interferirajuća RNA; eng. small interfering RNA): dsRNA (dvolančana RNA; eng. double-stranded RNA) (umjetno uvedena u stanice ili prepisana od staničnih gena) procesira se pomoću enzima Dicer-a (enzim iz obitelji Rnaza III) u siRNA molekulu koja se tada veže na kompleks RISC (RNA inducirani kompleks utišavanja; eng. RNA induced silencing complex). Protein Argonaut 2 (AGO2) cijepa prolazni lanac siRNA molekule, a vodeći lanac navodi RISC kompleks prema ciljnoj mRNA molekuli. Komplementarno vezanje između vodećeg lanca siRNA i ciljane mRNA dovodi do cijepanja mRNA molekule. RNAi ima značajnu ulogu u regulaciji ekspresije ciljnih gena i sudjeluje u obrani protiv nastanka različitih bolesti kao i liječenju različitih tipova tumora. Povezuje ih se sa procesima regulacije gena, modifikacije kromosoma kao i mehanizmima obrane od virusa.



Slika 182: Mehanizam utišavanja gena

Znanstveno je dokazano kako su brojne bolesti, kao i psihički poremećaji, jednim dijelom nasljedni i mogu se prenijeti s roditelja na potomstvo. Postojanje genetske predispozicije za neku bolest ne mora nužno i rezultirati nastankom iste. Do danas je utvrđeno kako postoji čitav niz epigenetskih i okolišnih promjena koje su vezane uz povećani rizik za nastanak neke bolesti ili psihičkog poremećaja.

Dosadašnjim istraživanjima otkriveno je nekoliko načina transgeneracijskog prijenosa epigenetskih utjecaja. Fetalno programiranje ili prenatalno programiranje podrazumijeva utjecaj čimbenika kojima je izložen embrij tijekom razvoja u maternici. Započinje epigenetskim promjenama u embrionalnom razvoju, nastavlja se tijekom fetalnog razdoblja i traje nakon rođenja. Jedan od primjera fetalnog programiranja je utjecaj promjena u prehrani majke tijekom trudnoće (pretjerana ili nedovoljna prehrana) koje mogu dovesti do razvoja pretilosti i dijabetesa u odrasloj dobi potomaka. Osim nutritivne i metaboličke ravnoteže izuzetno je značajna i hormonalna ravnoteža majke tijekom trudnoće. U primjer prenatalnog programiranja spada i utjecaj stresa na razvoj mozga u potomstva kao posljedica izloženosti majke stresu tijekom trudnoće. Znanstveno je utvrđeno kako je prenatalni stres u čovjeka povezan s nekim promjenama u ponašanju u ranoj životnoj dobi, ali i zreloj dobi (depresija, gubitak koncentracije, shizofrenia, autizam i sl.). Socijalni/biheviornalni transfer odnosi se na majčinsku brigu o potomcima koja ovisi o raznim okolišnim čimbenicima, a utječe na njihov

intelektualni i emocionalni razvoj. Transmisija germinativne linije podrazumijeva razvoj epigenetskih obilježja u germinativnim stanicama roditelja koja se u slijedećim generacijama prenose na potomstvo.

Epigenetski mehanizmi pojasnili su procese kojima je moguće povezati vanjske utjecaje s našim genetskim kodom, pri čemu dolazi do stvaranja epigenetskog koda koji će, ovisno o intenzitetu trajanja vanjskih čimbenika, biti podložan promjenama tijekom života. Dokazano je kako su te promjene reverzibilne i da na njih možemo utjecati na način da ih mijenjamo, a odluka o tome je isključivo na nama. Pravilnom i zdravom prehranom, izbjegavanjem štetnih utjecaja iz okoliša i štetnih životnih navika te brigom o mentalnom zdravlju možemo utjecati na kvalitetu našeg zdravlja i na taj način postići ravnotežu između onoga što smo naslijedili i onoga što smo stekli tijekom života. Daljnja istraživanja na području *epigenetike* i poznavanje mehanizama epigenetičkih modifikacija omogućit će u budućnosti bolje razumijevanje nastanka nekih bolesti, istražiti načine kako ih dijagnosticirati te pomoći u razvoju novih lijekova koji će doprinijeti njihovom izlječenju.

Brzi razvoj genetike i epigenetike, poznavanje epigenetičkih modifikacija te načina prijenosa epigenetskih utjecaja otkrili su mehanizme nastanka genskih mutacija kod ljudi zahvaljujući istraživanjima na pokusnim životinjama. Pretilost ili pretjerana debljina djece i odraslih osoba bilježi znatan porast, a znanstveno je dokazano kako je u neposrednoj vezi s nastankom brojnih metaboličkih oboljenja. Za brojne epigenetske studije temeljene na prehrani majki kao i njezinom utjecaju na epigenom potomaka korišteni su životinjski modeli poput miševa, štakora i drugih životinja.

Životinjski modeli poslužili su za otkrivanje brojnih utisnutih gena (engl. *genomic imprinting*) u genomu ljudi i životinja. Genetski otisak je epigenetička modifikacija koja podrazumijeva inaktivaciju jednog od naslijeđenih alela. Utisnuti gen je eksprimiran (izražen je) s jednog roditeljskog alela, a drugi roditeljski alel je utišan (inaktiviran je). Istraživanja su pokazala kako se u životinja takav utjecaj može odraziti na proizvodne i reproduktivne osobine, za što je potrebno poznavati građu genoma domaćih životinja. U tu svrhu koriste se *genske karte*. *Genska karta* je grafički prikaz položaja genskih lokusa na kromosomu. Identifikacija i determinacija relativnog, odnosno apsolutnog položaja gena na kromosomu zove se kartiranje gena. Za lokaliziranje gena na kromosomima koriste se brojne tehnike, kao što su in situ hibridizacija metafaznih kromosoma, uporaba seta staničnih hibrida, bojenje (pruganje) kromosoma, PFGE (*pulse field gel electrophoresis*) ili mikrodisekcija kromosoma. *Mikrodisekcija* (engl. – *microdissection*) je metoda kojom se izrezuje cijeli ili dio opruganog kromosoma (npr. GTG-pruge). Mikrodisekcijom kromosomskih preparata dobivaju se sonde koje služe za potrebe FISH-a i višebojnog oprugavanja kromosoma. Uz to, ova metoda primjenjuje se i za potrebe mapiranja i izolacije gena te za detekciju kromosomskih promjena. Gensku ekspresiju moguće je proučavati ugradnjom hibridnih konstrukcija (hibridnih promotora) u genom.

Genske karte domaćih životinja temelj su za bolje razumijevanje djelovanja genoma i primjenu zapaženih genskih markera u praktične uzgojno-seleksijske svrhe. Tipizacijom određenih

genskih lokusa moguće je djelovati na proizvodna svojstva. *Lokus (locus)* je mjesto određene sekvencije na kromosomu. Brojne studije bave se povezivanjem učinka određenih alelnih varijanti s proizvodnim svojstvima u kvalitativnom i kvantitativnim pogledu te uključivanjem u uzgojno-seleksijski rad. *Alel (allele)* je jedna od mogućih varijanti istoga gena na određenome lokusu. Zahvaljujući otkriću i usavršavanju brojnih markerskih sustava, utvrđeno je kako su među brojnim najznačajnijim mikrosatelitima i mtDNA. Mikrosateliti su našli svoju primjenu u identifikaciji alelnih varijanti vezanih za određene kvantitativne proizvodne značajke. Genski lokusi povezani su s proizvodnim odlikama primjenom kvantitativno genskih biljega (engl. *Quantitative Trait Loci, QTL*). Mitohondrijska DNA (mtDNA) značajan je markerski sustav u populacijskoj i evolucijskoj biologiji. Varijabilnost nukleotidnih mjesta mtDNA značajna je u filogenetskim istraživanjima u raznim vrstama domaćih životinja. Za analizu ekspresije gena često se koristi metoda hibridizacije s DNK-mikročipovima, a od novih tehnologija sekvenciranja analiza transkriptoma skupa svih RNK molekula: ribosomalna RNK (rRNK), informacijske RNK (mRNK), transportne RNK (tRNK) i ostalih nekodirajućih RNK. Zahvaljujući brojnim molekularno-genetskim istraživanjima danas su na tržištu dostupni genetski DNA testovi. Imaju značajnu ulogu u uzgoju i selekciji domaćih životinja. DNA testovi za testiranje nasljednih bolesti koje mogu biti uzrokovane promjenom jednog ili više gena omogućavaju nam da bolesne životinje isključimo iz daljnjeg uzgoja. Određenim testovima životinje možemo testirati na neku poželjnu nasljednu osobinu koju želimo zadržati u uzgojnom programu. Koristimo ih za identifikaciju uzročnika, a to nam omogućava brzu i preciznu dijagnostiku infektivnih bolesti. Utvrđivanje podrijetla životinje provodi se primjenom jednostavnih i neinvazivnih testova u svrhu utvrđivanja očinstva ili majčinstva, određivanja DNA profila za uzgojne potrebe i dokazivanja identiteta u slučaju gubitka ili krađe. Isto tako, primjenom spolno specifičnog testa moguće je odrediti spol životinja. Primjenom dosadašnjih spoznaja na području molekularne genetike, molekularne biologije, biokemije, mikrobiologije i drugih znanstvenih disciplina došlo je do razvoja nove discipline koja se zove genetičko inženjerstvo.

Genetičko inženjerstvo je najprije primijenjeno i usavršeno u bakterija i drugih mikroorganizama. Tako promijenjeni sojevi bakterija i kvasaca uporabljeni su za proizvodnju većih količina vrijednih proteina kao što su hormoni i enzimi, virusnih proteina za cjepiva, antibiotika i drugih proizvoda koje je bilo teško dobiti klasičnim postupcima. Geni (i fragmenti DNA) su se poslije unosili i u stanice biljaka, sisavaca i drugih životinja. Danas se genetičko inženjerstvo rabi rutinski u gotovo svim istraživanjima temeljnih bioloških mehanizama bakterija, biljaka i životinja te u biomedicinskim istraživanjima. Primjenu je pronašlo u biotehnologiji, bioprocenim inženjerstvu, medicini i agronomiji. Tako se metodama genetičkog inženjerstva proizvode lijekovi (*biofarmaceutici*), cjepiva (protiv hepatitisa B, herpesa, bjesnoće) i terapijski proteini (inzulin, interferon, hormon rasta, čimbenici rasta, čimbenici zgrušavanja), a sekvenciranjem humanih genoma nastoje se identificirati geni za različite bolesti radi njihova zaustavljanja ili liječenja. U poljoprivredi se genetičkim inženjerstvom stvaraju biljke otporne na herbicide, ekstremne vremenske uvjete, loše uvjete

skladištenja i transporta te se rabi za proizvodnju biljaka bolje prehrambene vrijednosti (genetika u poljoprivredi). U različitim industrijama primjenjuju se GM bakterije koje razgrađuju toksični otpad, GM kvasci koji iz celuloze stvaraju glukozu i alkohol za gorivo, u uzgoju alga u marikulturi i dr.

Tehnologija rekombinantne DNA (rDNA) često je sinonim za genetičko inženjerstvo. Ona obuhvaća niz molekularno-genetičkih metoda, gdje se za izdvajanje gena rabi enzim endonukleaza te za sintezu enzim DNA-ligaza, a uz pomoć kojih je moguće preinačiti DNA radi izradbe hibridne (*kimerne*) molekule DNA od posebnog interesa. Takva se hibridna DNA uz pomoć tzv. vektora (plazmida ili virusa s uklonjenim genom za virulenciju) kao prenositelja odsječka DNA i replikacije može ugraditi u genom stanice domaćina. Tako nastaju genetički modificirani organizmi (GMO). Kako GMO sadrži gen koji potječe iz nekog drugog organizma ili vrste (*transgen*), rabi se i naziv transgeni organizam. Metoda genetičkog inženjerstva je i kloniranje, postupak dobivanja skupa genetički jednakih molekula, stanica ili individua, identičnih (iako, zbog uobičajenih mutacija ne u potpunosti) nekoj prvobitnoj molekuli, stanici ili organizmu, nastalih diobom (nikako oplodnjom), i to nespolno (aseksualno), vegetativno ili na temelju diploidne partenogeneze (tj. razvojem zametka iz jajne stanice bez oplodnje). Tehnikama kulture biljnih stanica (stanična kultura) i tkiva u laboratoriju se primjerice iz pojedinih biljnih stanica ili malih dijelova biljke mogu uzgojiti čitave biljke, tj. klonovi majčinske biljke. Osim pod čovjekovim nadzorom, kloniranje se svakodnevno događa u prirodi, osobito u biljnih organizama (npr. rasađivanjem ogranaka materinskih biljaka pri razmnožavanju jagoda).

Jedna od mogućih primjena genetičkog inženjerstva je terapijsko kloniranje stanica, organa i tkiva za transplantaciju. Za razliku od reproduktivnoga kloniranja, gdje bi se novostvoreni embrij klona vratio u okoliš maternice i koje bi za cilj imalo stvaranje nove jedinke, terapijsko kloniranje rabi tzv. transfer jezgre *somatske stanice*. Taj proces zasniva se na izdvajanju DNA iz somatske (nespolne) stanice individue kojoj je potrebna transplantacija i umetanju u drugu jajnu stanicu iz koje su prethodno odstranjeni kromosomi. Jajašce sadrži pacijentov genski materijal te je stimulirano na diobu, tako formirajući blastocistu, a stanice iz blastociste se dalje rabe za dobivanje embrionalnih matičnih stanica, nediferenciranih stanica koje mogu tvoriti širok raspon različitih vrsta stanica. Podrazumijeva se kako je primjena takvih postupaka moguća tek nakon savladavanja mnogih imunoloških, metodoloških, tehničkih, etičkih i drugih prepreka.

Nakon što je u Edinburgu 1997. godine brojnim pokušajima transplantacije jezgre epitelne stanice vimena bređe ovce u enukleiranu oocitu klonirana prva životinja, ovca Dolly, otvorena su brojna pitanja i problemi s gledišta filozofije i etike. Na stručnoj i znanstvenoj osnovi vode se rasprave o tome što je pozitivno i smatra se uspjehom na području genetike i genetičkog inženjeringa, a što je neprihvatljivo te moralno-kategorički zabranjeno.

32. LITERATURA

- Babić, K., D. Mihelić (1997): Vodič za vježbe iz koštanog sustava domaćih sisavaca. 2. izdanje. Skripta. Sveučilište u Zagrebu Veterinarski fakultet, Zagreb.
- Baković, T. (2016): Najvažniji mehanizmi epigenetike. Diplomski rad. Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera. Osijek.
- Beck, E. W. (1971): The Horse in anatomical transparencies. Wirth Press Ltd., Wisconsin.
- Berns, M. W. (1980): Stanice. Moderna Biologija. Školska knjiga, Zagreb.
- Brinzej, M., P. Caput, Z. Čaušević, I. Jurić, G. Kralik, S. Mužić, M. Nikolić, A. Petričević, A. Srećković, Z. Steiner (1991): U: Stočarstvo. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Budras, K. D. (1994): Atlas der Anatomie des Hundes. 4. Auflage. Schlütersche, Hannover.
- Butler J. M. (2001): Forensic DNA Typing, Biology & Technology Behind STR Markers. London – San Diego: Academic Press.
- Clayton, Hilary M., P. F. Flood (1996): Color Atlas of Large Animal Applied Anatomy. Mosby-Wolfe, London-Weisbaden.
- Davson, H., J. F. Danielli (1943): The Permeability of Natural Membrans. Cit. po Timet, D. (1974): Biološke membrane. Medicinska enciklopedija. Jugoslavenski leksikografski zavod. Dopunski svezak I, 379-384. Zagreb.
- Dukes, H. H. (1970): U: Duke's Physiology of Domestic Animals. (Eighth edition). Cornell University Press, Ithaca – London.
- Dyce, K. M., W. O. Sack, C. J. G. Wensing (1987): Textbook of Veterinary Anatomy. W. B. Saunders Company, Philadelphia-Tokyo.
- Ellenberger, W. (1899): Leisering's Atlas der Anatomie des Pferdes und der Übrigen Haustiere. Druck und Verlag von B. G. Teubner, Leipzig.
- Ellenberger, W., H. Baum (1943): Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Haustiere. Springer Verlag, Berlin.
- Genetički leksikon (2018): Genetikon. HRZZ. Izvor pojmova: allele; chromatin; exons; eukaryote; phenotype; gene; genome; genomics; genomic DNA; genotype; histones; introns; locus; mitochondrial DNA; nucleosome; primer; RNA interference; sequencing; DNA sequence; RNA sequence; transcription; translation.
- Guyton, A. C. (1989): Medicinska fiziologija. Medicinska knjiga, Beograd – Zagreb.
- Hall, T. A. (1999): BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symposium Series. 41, 95-98.
- Herak, M. (1964): Prilog poznavanju permeabiliteta sluznice buraga u goveda. Disertacija. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Herak, M., Z. Makek, A. Tomašković, M. Cergolj (1998): Neurohormonalna regulacija spolnog ciklusa, umjetno osjemenjivanje, jalovost, porodništvo i dijagnostika graviditeta u krava i junica. Skripta. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Ivanković, A. (2005): Uporaba molekularne genetike u animalnoj proizvodnji. Stočarstvo. 59, 121-144.
- Ivčević J. (2016): Epigenetika i evolucija. Diplomski rad. Biološki odsjek. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

- Katedra za biologiju (2023): Carstvo Protista. Zoologija. Fakultet veterinarske medicine, Univerziteta u Beogradu. Beograd.
- Kolb, E. (1974): *Lehrbuch der physiologie der haustiere*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Martin, P. (1902): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*. Verlag von Schickhardt & Ebner, Stuttgart.
- Mc Lelland, J. (1990): *A Colour Atlas of Avian Anatomy*. Wolfe Publishing Ltd., London.
- Mitin, V. (1981): *Praktikum iz fiziologije*. Skripta. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Mustač, M. (2018): *RNA interferencija u genskoj terapiji*. Diplomski rad. Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera. Osijek.
- N. A. V. (1994): *Nomina Anatomica Veterinaria*. (Fourth edition). The International Comitees on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, Veterinary Histological Nomenclature and Veterinary Embryological Nomenclature under the financial responsibility of the World Association of Veterinary Anatomists. Zürich and Ithaca, New York.
- Nickel, R., A. Schummer, E. Seiferle (1986): *The Anatomy of the Domestic Animals*. Volume 1-5. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.
- Pastulović, K. (2015): *Značenje mikropopulacije buraga preživača*. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Popesko, P. (1990): *Atlas topografske anatomije domaćih životinja I-III*. Mladinska knjiga, Ljubljana-Zagreb.
- Randall, D., W. Burggren, Kathleen French, R. Fernald (1997): *Eckart Animal Physiology. Mechanisms and adaptations*. (Fourth edition). W. H. Freeman and Company, New York.
- Rebesco, B., L. Rigler, M. Zobundžija, Ž. Janković (1986): *Anatomiae animalium domesticorum manuale graphicum*. Državna založba Slovenije, Ljubljana – Zagreb – Beograd.
- Ross, M. H. i P. Wojciech (2015): *ROSS Histološki tekst i atlas*. Povezanost s molekularnom i staničnom biologijom 7. Wolters Kluwer.
- Sanger, F., S. Nicklen, A. R. Coulson (1977): *DNA sequencing with chain-terminating inhibitors*. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 74, 5463-5467.
- Schmaltz, R. (1927): *Atlas Anatomie des Pferdes IV*. Verlagsbuchh-andlung von Richard Schoetz, Berlin.
- Singer, S. J., G. L. Nicolson (1972): *The fluid mosaic model of the structure of cell membrans*. Science, 175, 720-730.
- Sisson, S. (1962): *Anatomija domaćih životinja*. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
- Straus, B. (1988): *Medicinska biokemija*. Jugoslavenska medicinska naklada, Zagreb.
- Struna/Hrvatsko strukovno nazivlje: epigenetika.
- Thompson, J. D., D. G. Higgins, T. J. Gibson (1994): *Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice*. Nucleic Acids Research 22, 4673-4680.
- Tušek, T. (1996): *Praktikum iz anatomije domaćih životinja*. Lokomotorni sustav. Skripta. Visoko gospodarsko učilište Križevci Sveučilišta u Zagrebu. Križevci.
- Tušek, T. (2000): *Fiziologija stoke*. Skripta. Visoko gospodarsko učilište Križevci. Križevci.
- Urednici hrvatskog izdanja: M. Zobundžija, K. Babić, V. Gjurčević-Kantura (2009): *Anatomija domaćih sisavaca*. Sveučilišni udžbenik i atlas u boji. Naklada Slap, Jastrebarsko.

Urednici hrvatskog izdanja: S. Milinković-Tur, M. Šimpraga (2017): Fiziologija domaćih životinja. Sveučilišni udžbenik. Naklada Slap, Jastrebarsko.

Vander, A. J., J. H. Sherman, Dorothy S. Luciano (1990): Human Physiology. (Fifth edition). Mc Graw-Hill Publishing Company, New York-Toronto.

Vlahović K., G. Gregurić Gračner, M. Pavlak, D. Špoljarić, L. Pajurin M. Popović (2020): Nova generacija sekvenciranja u veterinarskoj medicini-pregled II. dio. Veterinarska stanica 51, 305-315.

Vlahović, M., N. Sinčić (2012): Epigenetika: Mehanizmi genetske kontrole. Laboratorij za epigenetiku i molekularnu medicinu. Zavod za biologiju. Medicinski fakultet Zagreb.

Vraneković, J. (2004): Primjena tehnika molekularne citogenetike u detekciji kromosomskih promjena. Medicina 42, 247-255.

Waddington, C. H. (1942): The epigenotype. Endeavour 1:18–20.

Walton, J. C., Z. M. Weil i R. J. Nelson (2010): Utjecaj fotoperioda na hormone, ponašanje i imunološku funkciju. Granice u neuroendokrinologiji; 32 (3), 303-319.

Zakhari, S. (2013): Alcohol metabolism and epigenetics changes. Alcohol Res. 35, 6-16.

Zobundžija, M., V. Gjurčević-Kantura, D. Mihelić (1996): Kratki pregled anatomije domaće peradi. Skripta. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.

Mrežne stranice:

Animalna forenzika / Struna, Hrvatsko strukovno nazivlje <http://struna.ihjj.hr/naziv/animalna-forenzika/44665/>

<https://hr.battagliadifiori.com/44-zuby-u-korov-ih-kolichestvo-stroeniei-prichiny-vypadeniya-5896>

Bioinformatika / <https://hr.wikipedia.org/wiki/Bioinformatika>

Elektroforeza / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr>

Gen / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr>

Genska ekspresija / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://www.enciklopedija.hr>

Genska karta / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://www.enciklopedija.hr>

Genetičko inženjerstvo / Hrvatska tehnička enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://www.enciklopedija.hr>

Genom / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr>

Molekularna biologija / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr>

Molekularna genetika / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr>

Kodon / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.

Lančana reakcija polimerazom Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://www.enciklopedija.hr>

Pećina-Šlaus, N. (2009): Odabrane metode molekularne biologije. Medicinska naklada. Zagreb. <https://www.researchgate.net/publication/237860324>

Polimeraze / Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.

Tehnologija rekombinantne DNA (rDNA) / Hrvatska tehnička enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2022. <https://tehnika.lzmk.hr/geneticko-inzenjerstvo/>

Vojnović, R. (2022): Inkubacija jaja: Kako dobiti novu generaciju peradi? Agroklub.com „Stočarstvo“ / [Inkubacija jaja: Kako dobiti novu generaciju peradi? - Stočarstvo | Agroklub.com](#)

Izvori slika:

Prenesene slike iz tiskanog udžbenika 120 – 64 crno-bijelih i 56 kolor slika.

Vlastitih slika 8 (naslovnica i dvije pod naslovnice knjige, Sl. 6; 44; 134; 136 i 154).

Obrađenih slika 34 (Sl. 13; 18; 30-32; 36-37; 46; 49-50; 51 B; 52; 56; 61-63; 76 B; 84; 86; 88 B; 100; 108 B; 110 B; 112-114; 119; 123; 135; 137-140; 156) – internet javne slike 2006/2007; 2023.

Preuzetih slika 4 (Sl. 53-54; 83 i 85 B) – internet javne slike 2023.

Slika 139: Gljivice i Archaea buraga/obrađena slika.

slika A [slika neocallimastix sp. - Bing images](#)

slika B <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Methanosarcina>

Izvori slika poglavlja 30 i 31:

Slika 158: Reagensi koji se koriste kod klasičnih izolacija DNA. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 159: Komercijalni kitovi Qiagen i Promega. Preuzeto: (www.qiagen.com) (www.promega.com)

Slika 160: Biorobot EZ1. Qiagen. Preuzeto: www.qiagen.com

Slika 161: Uzorci krvi za DNA analizu. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 162: Uzorak tkiva za DNA analizu Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 163: Uzorci kosti, roga i zuba za DNA analizu. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 164: Uzorci dlake za DNA analizu. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 165: Uzorci tkiva uklopljenih u parafin i obojenih parafinskih rezova za DNA analizu. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 166: Uzorci pera za DNA analizu. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 167: Digestor i sitni potrošni materijal. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 168: Oprema za elektroforezu SCIE-PLAS. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 169: Gel (2 %) s uzorcima različitih koncentracija. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 170: Određivanje koncentracije i čistoće DNA biofotometrom plus (eppendorf). Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 171: NanoDrop™ One. Preuzeto: www.thermofisher.com

Slika 172: PCR kabinet za pripremu PCR smjese. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 173: Shema Lančane reakcije polimerazom, PCR. Preuzeto: www.britannica.com

Slika 174: Uređaj GenAmp System 9700 (Applied Biosystems, SAD). Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 175: Oprema i kemikalije za izvođenje elektroforeze u agaroznom gelu (SCIE PLAS, UK). Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 176: Sustav za fotografiranje i dokumentiranje gelova uvitec, UK s CF karticom. Izvor slike: Laboratorij za molekularnu dijagnostiku, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Slika 177: Sangerovo dideoksi automatizirano sekvenciranje. Preuzeto: PMF Metode sekvenciranja DNA.

Slika 178: Kromatogram nakon automatiziranog dideoksi sekvenciranja. Preuzeto: PMF Metode sekvenciranja DNA.

Slika 179: Genski kod u obliku mRNA tripleta ili kodona. Izvor: Preuzeto: NIH, <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/15-1-the-genetic-code>.

Slika 180: Shematski prikaz metilacije DNA. Preuzeto: Zakhari, S. 2013.

Slika 181: Histonski tipovi i njegove funkcije. Preuzeto:

<https://microbiologynotes.org/histones/>

Slika 182: Mehanizam utišavanja gena. Preuzeto:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Small_interfering_RNA\(9.7.2018\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Small_interfering_RNA(9.7.2018))

32.1. Indeks riječi

A

<i>abdomen</i>	12
<i>abduktore</i>	65
<i>aberantnim dugim kostima</i>	20
<i>abomasum</i>	83
<i>abomasus</i>	180
<i>acetil-CoA</i>	210
<i>acil-CoA</i>	210
<i>acropodium</i>	35, 42
<i>adduktore</i>	65
<i>agranulociti</i>	231
<i>aktivan prijenos</i>	161
<i>alel</i>	314
<i>amilaze</i>	190
<i>amilolitička zona</i>	174
<i>amilolitičke bakterije</i>	185
<i>amitoza</i>	163
<i>anabolizira</i>	164
<i>analiza animalne dna</i>	284
<i>analiza dna</i>	286
<i>anatemnein</i>	11
<i>angiologia</i>	11
<i>antikoagulansi</i>	234
<i>antropotomija</i>	11
<i>apparatus digestorius</i>	138
<i>apparatus digestorius</i>	71
<i>apparatus urogenitalis</i>	143
<i>apsorptivne stanice</i>	164
<i>arachnoidea</i>	118
<i>archeae</i>	182
<i>arcus vertebrae</i>	25
<i>arthrologia</i>	11, 55
<i>articulatio carpi</i>	59
<i>articulatio compositus</i>	56
<i>articulatio coxae</i>	62
<i>articulatio cubiti</i>	59
<i>articulatio delabens</i>	57
<i>articulatio femoropatellaris</i>	62
<i>articulatio femorotibialis</i>	62
<i>articulatio genus</i>	62
<i>articulatio humeri</i>	59
<i>articulatio plana</i>	57
<i>articulatio sacroiliaca</i>	61
<i>articulatio sellaris</i>	57
<i>articulatio simplex</i>	56

<i>articulatio spherioidea</i>	56
<i>articulatio spiralis</i>	57
<i>articulatio tarsi</i>	63
<i>articulatio temporomandibularis</i>	57
<i>articulatio tibiofibularis</i>	63
<i>articulatio trochlearis</i>	56
<i>articulatio trochoidea</i>	57
<i>articulationes cartilagineae</i>	55
<i>articulationes costovertebrales</i>	58
<i>articulationes fibrosae</i>	55
<i>articulationes membri pelvini</i>	61
<i>articulationes membri thoracici</i>	59
<i>articulationes sternocostales</i>	58
<i>atlas</i>	27
<i>autopodium</i>	35, 42
<i>axis</i>	27

B

<i>basipodium</i>	35, 42
<i>bazalni metabolizam</i>	220
<i>bazofilni leukociti</i>	231
<i>beta-glikozidička veza</i>	185
<i>bioenergetika</i>	219
<i>biosinteza</i>	188
<i>bjelančevine i neproteinske dušikove tvari</i> ..	202

C

<i>capsula articularis</i>	55
<i>caput</i>	12
<i>cardia</i>	148
<i>cartilago articularis</i>	55
<i>cauda</i>	12
<i>caudalis</i>	18
<i>cavum abdominis</i>	90
<i>cavum articulare</i>	55
<i>cavum corporis</i>	138
<i>cavum medullare</i>	22
<i>cavum nasi</i>	94, 141
<i>cavum oris</i>	72, 138
<i>cecum</i>	88
<i>cefalička faza</i>	175
<i>celulolitičke bakterije</i>	185
<i>centrioli</i>	160
<i>cerebellum</i>	118
<i>cerebrum</i>	118

<i>chondrologia</i>	11	<i>epigenetika</i>	309
<i>cingulum membri pelvini</i>	133	<i>epiphysis cerebri</i>	128
<i>circulus sanguinus major</i>	148	<i>eritrociti</i>	229
<i>circulus sanguinus minor</i>	148	<i>esophagus</i>	138
<i>circulus sanguinus portalis</i>	148	<i>esophagus</i>	81
<i>cis-konfiguraciju</i>	189	<i>esthesiologia</i>	11
<i>clavicula</i>	132	<i>eugopodium</i>	42
<i>clitoris</i>	105	<i>eukarioti</i>	155
<i>collum</i>	12	<i>extenzore</i>	65
<i>colon</i>	89	F	
<i>colostrum</i>	278	<i>fecundatio</i>	271
<i>copulatio, coitus</i>	268	<i>fertilitet</i>	271
<i>cor</i>	110	<i>fetus</i>	274
<i>cornu</i>	123	<i>fitotomija</i>	11
<i>corpus</i>	12	<i>fiziologija</i>	154
<i>corpus vertebrae</i>	25	<i>fiziologija bubrega</i>	243
<i>costae</i>	32	<i>fiziologija disanja</i>	246
<i>cranialis</i>	18	<i>fiziologija disanja peradi</i>	250
<i>crijevni sok</i>	192	<i>fiziologija krvi</i>	225
<i>cutis</i>	121	<i>fiziologija krvnih žila i kapilara</i>	241
D		<i>fiziologija limfnih žila i limfnih čvorova</i>	242
<i>deaminacija</i>	188	<i>fiziologija mokraćnog sustava peradi</i>	246
<i>deglutitio</i>	173	<i>fiziologija reprodukcije peradi</i>	268
<i>dekarboksilacijom</i>	188	<i>fiziologija srca</i>	235
<i>dentes</i>	76	<i>flexore</i>	65
<i>dijafiza</i>	22	<i>frekvencija disanja</i>	248
<i>disaharidi</i>	200	<i>funiculus spermaticus</i>	101
<i>discus et meniscus articularis</i>	55	<i>funkcija dodatnih spolnih žlijezda</i>	266
<i>distalis</i>	18	<i>funkcija jednjačkog žlijeba</i>	179
<i>dorsalis</i>	18	<i>furcula</i>	132
<i>dorsum</i>	12	G	
<i>dorzalne ravnine</i>	18	<i>gamete</i>	167
<i>duodenum</i>	86	<i>gametogeneza</i>	167
<i>dura mater</i>	118	<i>gastrička faza</i>	175
E		<i>gen</i>	283
<i>ekskretorne stanice</i>	164	<i>genomska dna</i>	286
<i>ekspresija gena</i>	307	<i>glad</i>	171
<i>ekstracelularna tekućina</i>	157	<i>gladovanje</i>	221
<i>elektroforeza</i>	301	<i>glandula adrenalis</i>	128
<i>encephalon</i>	118	<i>glandula parathyroidea</i>	128
<i>endocrinologia</i>	11	<i>glandula thyroidea</i>	128
<i>endomitosa</i>	163	<i>glandulae endocrinae</i>	128
<i>endosteum</i>	22	<i>glandulae salivales</i>	78
<i>enzimi tripsin i kimotripsin</i>	190	<i>glandulae sine ductibus</i>	150
<i>eozinofilni leukociti</i>	231	<i>glatka muskulatura</i>	166
<i>epididymis</i>	101	<i>glatka endoplazmatska mrežica</i>	159
<i>epifizama</i>	22	<i>glikoliza</i>	204

<i>glukoneogeneza</i>	207
<i>glukoneogenezom</i>	187
<i>glukoplastična tvar</i>	210
<i>glukoproteidi</i>	204
<i>gljivice buraga</i>	182
<i>golgijev aparat</i>	160
<i>gomphosis</i>	55
<i>granivora</i>	196

H

<i>hidrolitička razgradnja</i>	190
<i>hilomikroni</i>	209
<i>himus</i>	176
<i>hormon epifize</i>	254
<i>hormon nuzštite žlijezde</i>	255
<i>hormon srednjeg režnja hipofize</i>	253
<i>hormonalna regulacija graviditeta</i>	280
<i>hormonalna regulacija laktacije</i>	280
<i>hormonalna regulacija spolnog ciklusa u mužjaka</i>	262
<i>hormonalna regulacija spolnog ciklusa u ženki</i>	257
<i>hormoni jajnika</i>	256
<i>hormoni kore nuzbubrežne žlijezde</i>	255
<i>hormoni otočića u gušterači</i>	255
<i>hormoni placente</i>	257
<i>hormoni prednjeg režnja hipofize</i>	252
<i>hormoni prsne žlijezde</i>	257
<i>hormoni sjemenika</i>	256
<i>hormoni srži nuzbubrežne žlijezde</i>	256
<i>hormoni štitaste žlijezde</i>	254
<i>humerus</i>	36
<i>hypophysis</i>	128

I

<i>ileum</i>	86
<i>ili liquor cerebrospinalis</i>	118
<i>implantacija, nidacija</i>	273
<i>imunokompetentni sustav</i>	152
<i>ingesta</i>	178
<i>ingluvies</i>	139
<i>inkongruentni zglobovi</i>	56
<i>insulae pancreaticae</i>	128
<i>integumentum commune</i>	136
<i>interfaza</i>	162
<i>intestinalna faza</i>	175
<i>intestinum</i>	139
<i>intestinum c.</i>	88
<i>intestinum tenue</i>	86

<i>intracelularna tekućina</i>	157
<i>izdvajanje dna iz dlake</i>	292
<i>izdvajanje dna iz izmeta</i>	294
<i>izdvajanje dna iz kosti, zuba i roga</i>	291
<i>izdvajanje dna iz krvi</i>	289
<i>izdvajanje dna iz perja ptica</i>	293
<i>izdvajanje dna iz tkiva</i>	290
<i>izdvajanje dna iz tkiva uklopljenog u parafin</i>	292
<i>izlučivanje mokraće</i>	245
<i>izmet</i>	194
<i>izmjena plinova</i>	249

J

<i>jecur</i>	92, 140
<i>jednopolarni neuroni</i>	164
<i>jejunum</i>	86

K

<i>kapacitacija spermija</i>	268
<i>katabolizira</i>	164
<i>ketonska tijela</i>	209
<i>kinocilije</i>	160
<i>kodon</i>	307
<i>koloid</i>	156
<i>kongruentni zglobovi</i>	56
<i>kontrakcije gladi</i>	176
<i>kromosomi</i>	161
<i>krvne grupe i transfuzija krvi</i>	235
<i>kvantitativni metabolizam</i>	220

L

<i>laktacija</i>	275
<i>lančana reakcija polimerazom</i>	297
<i>larynx</i>	95, 141
<i>lateralis</i>	18
<i>leukociti</i>	230
<i>lien</i>	93, 140
<i>ligamenti</i>	55
<i>ligamentum nuchae</i>	57
<i>limfociti</i>	231
<i>lingua</i>	74
<i>lipidi</i>	201
<i>lipogeneza</i>	209
<i>lipolitička zona</i>	174
<i>lipolitički enzimi mikroflore</i>	189
<i>lipoliza</i>	210
<i>lympa</i>	115
<i>lymphonodi</i>	115

M

<i>M</i> stadij.....	162
<i>m. pectoralis profundus</i>	135
<i>m. pectoralis superficialis</i>	135
<i>macerira</i>	178
<i>mamma</i>	121
<i>medialis</i>	18
<i>medijana ravnina</i>	18
<i>medulla oblongata</i>	118
<i>mejoza</i>	163
<i>mekonium</i>	194
<i>membra</i>	12
<i>meninge</i>	118
<i>metabolizam</i>	202
<i>metabolizam minerala</i>	212
<i>metabolizam vitamina</i>	215
<i>metabolizam vode</i>	212
<i>metapodium</i>	35, 42
<i>mikrofauna</i>	182
<i>mikrofaune</i>	190
<i>mikrofilamenti</i>	160
<i>mikroflora</i>	182
<i>mikroflora u buragu</i>	190
<i>mikropopulacijom predželudaca</i>	182
<i>mišićni želudac</i>	196
<i>mitohondriji</i>	160
<i>mitoza</i>	162
<i>mlijeko</i>	276
<i>mnogopolarni neuroni</i>	164
<i>mokraćevina (urea)</i>	188
<i>molekularna biologija</i>	281
<i>molekularna genetika</i>	281
<i>molekularne genetike</i>	285
<i>monociti</i>	231
<i>monogastrične životinje</i>	185
<i>monosaharidi</i>	200
<i>mucinska zona</i>	174
<i>musculi abdominis</i>	67
<i>musculi capitis</i>	65
<i>musculi colli</i>	66
<i>musculi cutanei</i>	65
<i>musculi dorsi</i>	66
<i>musculi membri pelvini</i>	70
<i>musculi membri thoracici</i>	69
<i>musculi pectoris</i>	67
<i>myologia</i>	11, 64

N

<i>nepneumatizirane kosti</i>	130
<i>neurologia</i>	11
<i>neutrofilni leukociti</i>	230
<i>niže masne kiseline</i>	185
<i>nomenclator anatomicus</i>	18

O

<i>olakšana difuzija</i>	161
<i>omasum</i>	83
<i>omasus</i>	177
<i>omentum</i>	90
<i>opća fiziologija</i>	154
<i>oplodnja i formiranje jajeta</i>	269
<i>organa genitalia</i>	100
<i>organa genitalia feminina</i>	103, 144
<i>organa genitalia masculina</i>	143
<i>organa nervosum centrale</i>	118
<i>organa nervosum periphericum</i>	118
<i>organa respiratoria</i>	141
<i>organa respiratoria</i>	94
<i>organa sensuum</i>	151
<i>organa sensuum</i>	126
<i>organa uropoetica</i>	143
<i>organa uropoetica</i>	98
<i>organele</i>	158
<i>organum gustus</i>	152
<i>organum olfactus</i>	127, 152
<i>organum vestibulocochleare</i>	127, 152
<i>organum visum</i>	151
<i>organum visus</i>	126
<i>ornitinski ciklus</i>	188
<i>os coracoides</i>	132
<i>os femoris</i>	45
<i>osovina hipotalamus-hipofiza</i>	251
<i>osovinski ili aksijalni</i>	20
<i>ossa alae</i>	132
<i>ossa antebrachii</i>	38
<i>ossa brevia</i>	20
<i>ossa carpi</i>	39
<i>ossa cranii</i>	51
<i>ossa cruris</i>	47
<i>ossa digitorum manus</i>	40
<i>ossa digitorum pedis</i>	50
<i>ossa faciei</i>	51
<i>ossa irregularia</i>	20
<i>ossa longa</i>	20
<i>ossa membri</i>	42

<i>ossa membri thoracici</i>	35
<i>ossa metacarpalia</i>	39
<i>ossa metatarsalia</i>	48
<i>ossa plana</i>	20
<i>ossa tarsi</i>	48
<i>osteologia</i>	11
<i>ovarium</i>	103
<i>ovum avii</i>	146

P

<i>palmaris</i>	18
<i>pancreas</i>	93, 140
<i>pankreasne lipaze</i>	191
<i>parasimpatikus</i>	176
<i>pasivna difuzija</i>	161
<i>patella</i>	46
<i>pelvis</i>	43
<i>penis</i>	102
<i>pepsin</i>	196
<i>pericardium</i>	114
<i>periosteum</i>	22
<i>peristaltika</i>	175
<i>pharynx</i>	95, 138
<i>pharynx</i>	79
<i>pia mater</i>	118
<i>pinocitoza</i>	161
<i>placenta</i>	273
<i>plantaris</i>	18
<i>plućni volumeni zraka</i>	248
<i>pneumatične kosti</i>	22
<i>pokreti debelog crijeva</i>	194
<i>pokreti tankog crijeva</i>	193
<i>polisaharidi</i>	201
<i>porod</i>	275
<i>primarni lizosomi</i>	160
<i>privjesni ili apendikularni</i>	20
<i>probava</i>	171
<i>probava u debelom crijevu</i>	193
<i>processus</i>	26
<i>prokarioti</i>	155
<i>promet tvari za vrijeme mišićnog rada</i>	221
<i>proteolitička zona</i>	174
<i>provjera kvalitete izdvojene dna</i>	295
<i>proximalis</i>	18
<i>pubertet</i>	257
<i>pudendum femininum</i>	105
<i>puferski sustavi krvi</i>	228
<i>pulmones</i>	96, 141
<i>pupkovina</i>	274

R

<i>razdoblje inkubacije</i>	270
<i>rectum</i>	90
<i>redegluticija</i>	180
<i>regiones abdominis</i>	14
<i>regiones capitis</i>	12
<i>regiones colli</i>	13
<i>regiones dorsi</i>	15
<i>regiones membri pelvini</i>	15
<i>regiones membri thoracici</i>	15
<i>regiones pectoris</i>	14
<i>regiones pelvis</i>	15
<i>regulacija disanja</i>	250
<i>reinsalivacija</i>	180
<i>rejekcija</i>	180
<i>remastikacija</i>	180
<i>renes</i>	98
<i>resorpcija</i>	197
<i>reticulum</i>	177
<i>reticulum</i>	83
<i>rostralis</i>	18
<i>rotatore</i>	65
<i>ructus</i>	182
<i>rumen</i>	83
<i>ruminatio</i>	178

S

<i>sacci aerophori</i>	142
<i>sagitalne ravnine</i>	18
<i>saliva</i>	172
<i>sarkoplazmatska mrežica</i>	159
<i>sastav mokraće</i>	245
<i>saturira</i>	189
<i>scapula</i>	35
<i>scrotum</i>	100
<i>sekundarni lizosom</i>	160
<i>sekvenciranje</i>	303
<i>sezamoidne kosti</i>	20
<i>sezonalni spolni ciklus ženki i mužjaka</i>	261
<i>simpatikus</i>	176
<i>sinus paranasales</i>	95
<i>skeletna muskulatura</i>	166
<i>skeleton apendiculare</i>	35
<i>smrt stanice</i>	170
<i>specijalna fiziologija</i>	154
<i>sperma</i>	267
<i>spermatogeneza</i>	264
<i>spermogeneza</i>	170

<i>splanchnologia</i>	11	<i>truncus</i>	12
<i>srčana muskulatura</i>	166	<i>tuba uterina</i>	104
<i>stanica</i>	155	U	
<i>stanični glikokaliks</i>	159	<i>umnažanje dna</i>	297
<i>stereocilije</i>	160	<i>ungula</i>	122, 123
<i>sternum</i>	32	<i>ureteri</i>	98
<i>stylopodium</i>	35, 42	<i>urethra</i>	98
<i>subcutis</i>	121	<i>uterus</i>	104
<i>substantia compacta</i>	22	<i>utrobni, visceralni ili splahnhični</i>	20
<i>substantia spongiosa</i>	22	V	
<i>superficialis-profundus</i>	18	<i>vagina</i>	105
<i>sutura</i>	55	<i>vena jugularis</i>	118
<i>svojstva krvi</i>	226	<i>ventralis</i>	18
<i>symphysis</i>	55	<i>ventriculus</i>	81, 139
<i>synchondrosis</i>	55	<i>vertebrae caudales</i>	31
<i>syndesmosis</i>	55	<i>vertebrae cervicales</i>	27
<i>synovia</i>	55	<i>vertebrae lumbales</i>	29
<i>systema cardiovasculare</i>	148	<i>vertebrae sacrales</i>	30
<i>systema limphaticum</i>	148	<i>vertebrae thoracicae</i>	29
<i>systema nervosum</i>	150	<i>vesica urinaria</i>	98
<i>systema nervosum</i>	118	<i>vestibulum vaginae</i>	105
<i>systema nervosum autonomicum</i>	118	<i>voljka</i>	196
T		<i>vomitus</i>	176
<i>termogeneza</i>	223	Z	
<i>termoliza</i>	223	<i>zeugopodium</i>	35
<i>termoregulacija</i>	221	<i>zgrušavanje krvi</i>	234
<i>testis</i>	101, 129	<i>zonopodium</i>	35, 42
<i>thorax</i>	12	<i>zootomiju</i>	11
<i>thymus</i>	128	<i>zrnate endoplazmatske mrežice</i>	159
<i>tibia</i>	47	Ž	
<i>tipovi disanja</i>	248	<i>žed</i>	171
<i>toničke kontrakcije</i>	176	<i>žuč jetre</i>	191
<i>trachea</i>	96, 141		
<i>trans-konfiguracija</i>	189		
<i>transverzalne ili poprečne ravnine</i>	18		
<i>trombociti</i>	232		

32.2 Tehničko-urednički podaci udžbenika „Anatomija i fiziologija domaćih životinja“

Udžbenik kao elektronička publikacija obuhvaća sljedeće elemente:

- 317 stranica -znakova (bez praznina) 439 925/14,7 autorskih araka
- 73 728 riječi -znakova (s prazninama) 509 117/17 autorskih araka
- odlomaka 5 193
- slika 191 (182 + 3 naslovnice + 6 duplih slika A i B) – crno bijelih 64; kolor 127
- tablica 20
- formula 5
- literaturnih navoda 98 – 19 knjiga; 3 priručnika; 1 enciklopedija; 1 leksikon; 6 skripta; 9 časopisa; 7 atlasa; 1 disertacija; 4 diplomatska rada; 16 izvora s mrežnih stranica; 31 izvor slika s mrežnih stranica.



33. Biografije autora

Dr. sc. Tatjana Tušek, prof. struč. stud. rođena je 9. 06. 1962. godine u Zagrebu, općina Maksimir, Republika Hrvatska. Diplomirala je na Veterinarskom fakultetu u Zagrebu 1987. godine. Na istom fakultetu magistrirala je 1991. godine, znanstvena disciplina fiziologija životinja te doktorirala 2001. godine, znanstvena disciplina anatomija domaćih životinja.

U Poljoprivrednom institutu Križevci, potom Visokom gospodarskom učilištu (VGUK), a danas Veleučilištu u Križevcima, zaposlena je od 8. 10. 1992. godine, najprije kao asistentica, zatim kao viši predavač, a danas kao profesor stručnih studija u trajnom zvanju.

Nositelj je pet kolegija na stručnom prijediplomskom studiju *Poljoprivreda* (Anatomija i fiziologija stoke; Fiziologija probave i hranidba stoke; Pčelarstvo i medonosno bilje; Veterinarstvo; Veterinarstvo i promet animalnih proizvoda) i suradnik na jednom kolegiju (Promet stokom i animalnim proizvodima) te nositelj dvaju kolegija (Odabrana poglavlja iz animalne fiziologije i toksikologije; Utvrđivanje kvalitete, biodinamika animalnih proizvoda) na stručnom diplomskom studiju *Poljoprivreda*.

Tijekom dugogodišnjega neprekinutog nastavnčkog, stručnog i znanstveno-istraživačkog rada na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima, danas Veleučilište u Križevcima, prenosila je svoje stručno znanje i iskustvo na brojne generacije studenata, bila je mentor studentima pri izradi velikog broja završnih i diplomskih radova, objavila je tri skripta i jedan priručnik te 80-ak znanstvenih i stručnih radova u inozemnim i domaćim stručnim časopisima, zbornicima s međunarodnih i domaćih znanstvenih i stručnih skupova–savjetovanja, simpozija i konferencija. Bila je koautor na pet knjiga.

Tijekom dosadašnjeg rada usavršavala se na području sustava osiguranja kvalitete na visokim učilištima i postala stručnjak-auditor u postupku vanjske prosudbe AZVO-a (2012.) te se usavršavala u nastavnim metodama i metodama poučavanja (2013.-2021.).

Višegodišnji je član (2014.-2023.) Povjerenstva za utvrđivanje uvjeta i provedbu javnog natječaja za prikupljanje i odabir projekata primijenjenih istraživanja u pčelarstvu, Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju sektor tržišne potpore.

Upisana je u bazu potencijalnih vanjskih sektorskih stručnjaka u Registru HKO-a za Sektor I. Poljoprivreda, prehrana i veterina (2020/2021).



Dr. sc. Snježana Čurković, viša stručna suradnica rođena je 15.08.1964. godine u Novoj Gradiški, Republika Hrvatska. Diplomirala je na Veterinarskom fakultetu u Zagrebu 1990. godine. Na istom fakultetu magistrirala je 1995. godine i stekla zvanje magistar iz oblasti medicinskih znanosti područja veterine. Doktorirala je 2015. godine i stekla zvanje doktorice znanosti iz područja biomedicine i zdravstva, znanstveno polje veterinarska medicina, znanstvena grana temeljne i predkliničke veterinarske znanosti. Iste godine izabrana je i u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika u znanstvenom području biomedicine i zdravstva-polje veterinarske medicine.

Na Veterinarskom fakultetu zaposlena je od 1991. godine kao znanstveni novak. Od 1995. godine zaposlena je kao tehnički suradnik, zatim kao voditelj ustrojbene jedinice, nakon toga kao stručni suradnik, a danas kao viši stručni suradnik u sustavu znanosti i visokog obrazovanja.

Sudjeluje u preddiplomskom i diplomskom studiju u pripremi i praktičnom dijelu nastave iz kolegija: Anatomija s organogenezom domaćih životinja I., II. i III., Morfologija gmazova, Reptile Morphology, Molekularna biologija i genomika u veterini, Molecular Biology and Genomics in Veterinary Medicine, Anatomija laboratorijskih životinja, Anatomy of Laboratory Animals te doktorskom studiju Veterinarske znanosti iz kolegija Molekularna biologija u veterini. Povremeno sudjeluje u praktičnom dijelu nastave na stručnom diplomskom studiju *Poljoprivreda*, Veleučilišta u Križevcima i to u okviru kolegija Odabrana poglavlja iz animalne fiziologije i toksikologije.

Sudjelovala je na domaćim i međunarodnim projektima "Istraživanje i zaštita sisavaca Jadranskog mora" Ministarstvo znanosti Republike Hrvatske [MZRH/3-03-289], "Istraživanje sisavaca Jadranskog mora", [MZRH/053016], "Zdravstvene i biološke osobitosti populacija morskih sisavaca u Jadranu", Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske [MZOŠRH/053-0533406-3640], "Zdravstvene i ostale biološke osobitosti morskih sisavaca Jadranskoga mora", [MZOŠRH/0053317], "Rettung der letzten Adria-delfine", Društvo za spas dupina (Gesellschaft zur Rettung der Delphine) iz Münchena te na projektima Sveučilišne potpore „Ekspresija staničnih prijenosnika u jetri i bubrezima svinje“, "Istraživanje imunohistokemijskih i histokemijskih metoda u prijenosu tvari u stanicama unutarnjih organa svinja i peradi“, "Imunohistokemijske i histokemijske metode u prijenosu tvari u stanicama organa domaćih životinja“ i "Kontrola kvalitete in vitro formiranog korneoskleralnog tkiva in vitro uzgojenih stanica 3D metodom prethodno pohranjenih u animalnoj očnoj banci“.

Koautor i autor je na 16 radova objavljenih u časopisima, 6 radova objavljenih u zbornicima skupova te 57 sažetaka sa skupova.