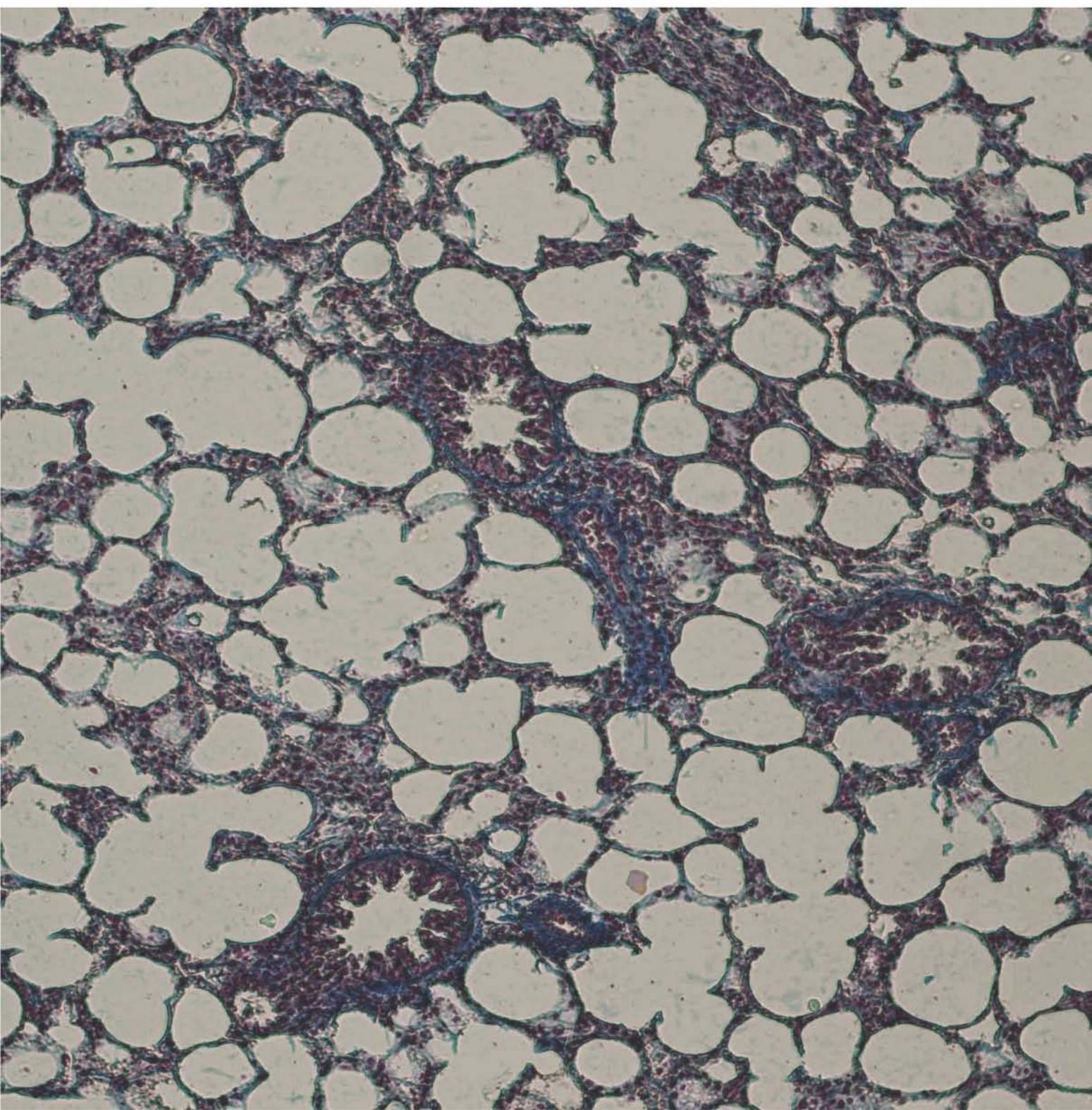


# SPLOŠNA ZOOLOGIJA

## biologija

Tina Klenovšek

Saša Lipovšek





---

Fakulteta za naravoslovje  
in matematiko

# SPLOŠNA ZOOLOGIJA

## Kompendij z navodili za vaje za študijski program Biologija

**Tina Klenovšek in Saša Lipovšek**

Maribor, 2013

## **Splošna zoologija: Kompendij z navodili za vaje za študijski program Biologija**

**Tina Klenovšek in Saša Lipovšek**

Oddelek za biologijo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Maribor 2013

Avtorica fotografij	Tina Klenovšek
Strokovni recenzenti	prof. dr. Tone Novak, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru prof. dr. Franc Janžekovič, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru doc. dr. Tanja Pipan, Inštitut za raziskovanje krasa, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
Jezikovna recenzentka	Mojca Garantini, univ. prof. slov. j. in knjiž.
Oblikovanje ovtika	prof. dr. Samuel Grajfer, akad. slikar Ivo Vek
Tipologija dokumenta po COBISS	2.05 Ostalo učno gradivo
Založnik	Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor
Kraj izida	Maribor

© Vse pravice pridržane. Reproduciranje in razmnoževanje v kakršnikoli obliki po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah ni dovoljeno.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

591(075.8)(076)

KLENOVŠEK, Tina

Splošna zoologija : kompendij z navodili za vaje za študijski program Biologija / Tina Klenovšek in Saša Lipovšek ; [avtor fotografij Tina Klenovšek]. - Maribor : Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2013

ISBN 978-961-6657-38-9

ISBN 978-961-6657-39-6 (pdf)

1. Lipovšek Delakorda, Saška

COBISS.SI-ID 74473473

## Predgovor

V obdobju predavanj in vaj je redko dovolj časa, da se študent pripravi na vaje s študijem obsežnih učbenikov. Za uspešno izvedbo vaj iz splošne zoologije je potrebno jedrnato poznavanje bistvenih informacij v zvezi z obravnavano tematiko. V ta namen so učbeniki praviloma preobsežni, zato se študentje redko uspejo primerno teoretično pripraviti na izvedbo vaj. Zaradi potrebe po poznavanju in razumevanju osnovne problematike in za uspešno izvedbo vaj sva navodila za vaje razširili s potrebnimi jedrnatimi priročnimi informacijami iz splošne zoologije. Tako je nastal ta kompendij splošne zoologije z navodili za vaje. Prvenstveno je namenjen študentom prvega letnika študijskega programa Biologija ter Ekologija z naravovarstvom na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru, čeprav meniva, da bo priročen tudi za vse, ki jih zoologija zanima.

Namen vaj iz splošne zoologije je pregledna seznanitev z organskimi sistemi, njihovo raznolikostjo in kompleksnostjo na izbranih primerih živalskih organizmov od enoceličarjev do človeka. Na začetku se študentje seznanijo z zunanjimi značilnostmi živali iz najpomembnejših debel, pri katerih v nadaljevanju spoznavajo zgradbo posameznih celic, tkiv, organov in organskih sistemov. Pri vsaki temi so uvodoma podana osnovna teoretična znanja o obravnavanih značilnostih in navodila za izvedbo posameznih vaj. Laboratorijsko delo obsega makroskopsko in mikroskopsko opazovanje živalskih tkiv, organov in celotnih organizmov ter seciranje. Opisom opazovanih objektov sva dodali izvirne fotografije mikroskopskih preparatov z označenimi specifičnimi strukturami, ki so ključne za prepoznavanje zgradbe in razumevanje funkcij obravnavanih delov in celotnega organizma. Mikroskopski preparati so del zoološke zbirke Oddelka za biologijo, Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru.

Zahvaljujeva se recenzentom, dr. Tonetu Novaku, dr. Francu Janžekoviču in dr. Tanji Pipan, za strokovni pregled besedila. Brez pomoči in vztrajnosti dr. Toneta Novaka priročnika najverjetneje sploh ne bi bilo. Zahvaljujeva se tudi vsem kolegom in sodelavcem, ki so z idejami in nasveti pomagali pri nastajanju vaj in besedila. Iskrena hvala tudi dr. Samuelu Garfonerju in Ivu Veku za oblikovanje naslovnice.

Študentom želiva uspešen in prijeten študij!

Avtorici

## KAZALO VSEBINE

OSNOVNE ZUNANJE ZNAČILNOSTI NAJPOMEMBNEJŠIH SKUPIN ŽIVALI .....	8
Praživali (Protozoa).....	8
Spužve (Porifera) .....	8
Ožigalkarji (Cnidaria) .....	8
Ploskavci ali ploski črvi (Plathelminthes).....	9
Valjavci ali valjasti črvi (Aschelminthes) .....	9
Mehkužci (Mollusca) .....	9
Kolobarniki (Annelida).....	9
Členonožci (Arthropoda) .....	9
Iglokožci (Echinodermata).....	10
Strunarji (Chordata) .....	10
Opis zunanjih značilnosti organizmov .....	10
INTEGUMENT .....	12
Epidermis vrtinčarja.....	12
Hipoderms s kutikulo gliste .....	13
Epidermis noge polža.....	13
Kromatofore navadne sipe .....	14
Kutikula členonožcev in levitev .....	15
Koža vretenčarjev .....	16
OGRODJE .....	18
Ogródje spužev .....	18
Hidrostatsko ogrodje .....	19
Ogródje kamenih koralnjakov .....	19
Zunanje ogrodje školjk in polžev .....	19
Kožni skelet morskega ježka.....	19
Zgradba kosti .....	20
GIBALA IN GIBANJE .....	21
Sekcija noge piščanca .....	21
Kožemiščnica deževnika .....	23
Gibanje nekaterih nevretenčarjev .....	23
PREBAVILA .....	24
Cikloza pri parameciju .....	24
Prebavilo ščurka .....	25
Ustne žleze slinavke .....	26
Želodec .....	26
Dvanajstnik .....	27
Trebušna slinavka .....	28
Jetra .....	28
DIHALA .....	30
Traheje in trahealne škrge .....	30
Škrge raka deseteronožca .....	31
Škrge ribe hrustančnice .....	31
Zunanje škrge ličinke močerada .....	32
Sapnik (traheja) sesalca .....	32
Pljuča sesalca .....	33
Dihala svinje .....	34
SEKCIJA RIBE .....	34

IZLOČALA.....	35
Metanefridiji deževnika .....	35
Malpighijeve cevke .....	36
Ledvice.....	36
OBTOČILA IN VRANICA .....	38
Srce .....	38
Srčna mišica .....	39
Vranica.....	39
Bezgavke.....	40
ENDOKRINI SISTEM.....	41
Hipofiza.....	41
Ščitnica.....	43
Nadledvična žleza .....	44
ŽIVČEVJE.....	46
Živčevje deževnika .....	46
Živčevje šcurka .....	48
Periferni živec .....	48
Mali možgani .....	49
Veliki možgani sesalcev.....	50
ČUTILA.....	52
Oceli.....	52
Čašasto oko .....	52
Mehurčasto oko .....	53
Sestavljeni oko .....	54
Oko vretenčarja .....	54
Vohalni epitel.....	56
Kemoreceptorske dlačice .....	57
Okušalni brstiči .....	57
Cortijev organ sesalcev .....	58
Lamelarna telesca v kljunu race .....	60
RAZMNOŽEVANJE IN ZGODNJI EMBRIONLANI RAZVOJ.....	61
Moda .....	61
Jajčniki .....	62
Maternica .....	63
Zgodnji embrionalni razvoj.....	64
LITERATURA .....	65

## KAZALO SLIK

Slika 1: Prečni prerez vrtinčarja .....	12
Slika 2: Prečni prerez integumenta gliste .....	13
Slika 3: Prerez noge polža .....	14
Slika 4: Prerez kože sipe .....	14
Slika 5: Kromatofora .....	15
Slika 6: Tanka koža človeka I .....	16
Slika 7: Tanka koža človeka II .....	17
Slika 8: Debela koža človeka .....	17
Slika 9: Spikule različnih vrst spužev .....	18
Slika 10: Prečni prerez kompaktnega kostnega tkiva .....	20
Slika 11: Kožemiščnica deževnika .....	23
Slika 12: Ustna žleza slinavka .....	26
Slika 13: Prerez stene želodca .....	27
Slika 14: Prerez stene dvanajstnika .....	27
Slika 15: Trebušna slinavka .....	28
Slika 16: Jetra .....	29
Slika 17: Jetrna kepica (levo) in interlobularni prostor (desno) .....	29
Slika 18: Cevaste zračnice .....	30
Slika 19: Škržna komora (levo) in škržne lamele .....	32
Slika 20: Prečni prerez sapnika sesalca .....	33
Slika 21: Pljučna sesalca .....	33
Slika 22: Prečni prerez deževnika z metanefridiji .....	35
Slika 23: Skorja ledvice .....	37
Slika 24: Sredica ledvice .....	37
Slika 25: Vzdolžni prerez srčne mišice .....	39
Slika 26: Vranica .....	40
Slika 27: Bezgavke .....	41
Slika 28: Hipofiza .....	42
Slika 29: Adenohipofiza .....	42
Slika 30: Nevrohipofiza .....	43
Slika 31: Ščitnica .....	43
Slika 32: Ščitnica .....	44
Slika 33: Nadledvična žleza .....	45
Slika 34: Skorja nedledvične žlez .....	45
Slika 35: Prečni prerez deževnika s trebušnjačo .....	47
Slika 36: Prečni prerez trebušnjače deževnika .....	47
Slika 37: Prečni prerez periferjnega živca .....	48
Slika 38: Prečni prerez snopa živčnih vlaken .....	49
Slika 39: Prerez malih možganov .....	49
Slika 40: Skorja malih možganov .....	50
Slika 41: Prerez velikih možganov .....	51
Slika 42: Čašasto oko polža latvice .....	53
Slika 43: Mehurčasto oko vrtnega polža .....	53
Slika 44: Sestavljenko oko čebele .....	54
Slika 45: Prerez glave vretenčarja v višini oči .....	55
Slika 46: Mrežnica vretenčarskega očesa .....	55
Slika 47: Vohalno področje v nosni votlini kunce .....	56

Slika 48: Vohalni epitel.....	56
Slika 49: Kemoreceptorske dlačice .....	57
Slika 50: Prečni prerez jezika.....	58
Slika 51: Okušalni brstiči .....	58
Slika 52: Prerez membranskega polža .....	59
Slika 53: Cortijev organ s pripadajočimi strukturami .....	59
Slika 54: Prerez kljuna race.....	60
Slika 55: Herbstova telesca .....	60
Slika 56: Modo sesalca .....	62
Slika 57: Jajčnik sesalca.....	63
Slika 58: Maternica .....	64
Slika 59: Različni razvojni stadiji embrijev morskega ježka (stadij štirih blastomer, morula, blastula, gastrula, ličinka) .....	64

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Zunanje značilnosti organizmov .....	10
Preglednica 2: Primerjava značilnosti kutikule različnih členonožcev .....	15
Preglednica 3: Lastnosti sestavnih delov okončine vretenčarjev .....	22
Preglednica 4: Gibanje nekaterih nevretenčarjev .....	23

# OSNOVNE ZUNANJE ZNAČILNOSTI NAJPOMEMBNEJŠIH SKUPIN ŽIVALI

Živali so zelo raznolika skupina živih bitij. Po starejših klasifikacijih razlikujemo glede na število celic enocelične živali ali praživali (Protozoa) in mnogocelične živali (Metazoa). Mnogocelične živali delimo na neprave mnogoceličarje (Parazoa), ki so brez pravih tkiv, iz med seboj rahlo povezanih, a sicer samostojno delujočih celic; ter prave mnogoceličarje (Eumetazoa). Med neprave mnogoceličarje uvrščamo spužve (Porifera). Danes praživali skupaj z nekaterimi drugimi enoceličnimi evkariotami uvrščamo v kraljestvo proktistov. Prave mnogoceličarje taksonomsko delimo na okrog 30 debel. Najnovejše klasifikacije, ki temeljijo na molekularnih metodah, praživali ne uvrščajo med živali, ampak v več samostojnih kraljestev. Živali (Animalia) delijo na spužve (Porifera), ožigalkarje (Cnidaria), dvobočno somerne živali (Bilateria), Placozoa, Ctenophora in Myxozoa.

## NAMEN VAJE

Namen vaje je spoznati osnovne zunanje značilnosti in zgradbo najpomembnejših (najštevilčnejših) taksonomskih skupin živali.

**Material:** paramecij, spužva, vrtinčar, polip morske vetrnice, klobučnjak, človeška glista, veliki vrtni polž, deževnik, ščurek, morska zvezda, riba.

## Praživali (Protozoa)

Praživali so pretežno mikroskopsko majhni organizmi, katerih telo je ena sama evkariotska celica s celičnimi strukturami – organeli, ki opravljajo osnovne življenske funkcije, primerljive z vlogami organov ozziroma organskih sistemov pravih mnogoceličarjev. Parameciji za razliko od ameb oblike ne spreminja, saj imajo na površini celice celično skorjo, pelikulo ali korteks. Premikajo se z mitgalkami, ki so enakoverno razporejene po vsej površini celice. Mnogi sprejemajo hrano skozi celična usteca (citostom) in celični požiralnik (citofarinks).

**Material:** paramecij

**Naloga** Na objektno stekelce kanite kapljico vode iz kulture paramecijev in jih opazujte. Bodite pozorni na telesno zgradbo in obliko. Paramecija narišite pri največji povečavi in označite pelikulo, mitgalki, celična usteca in celični požiralnik.

## Spužve (Porifera)

Spužve so nepravi mnogoceličarji. Nimajo dobro razvitih tkiv, nimajo organov in organskih sistemov. Telo večine spužev je nesimetrično in zelo različnih oblik. Zgrajeno je iz sistema votlin, kamric in kanalov. Na površini spužve so številne pore (dotekalke), skozi katere voda priteka v telo in ena ali manjše število odprtin (odtekalki), skozi katere voda telo zapušča.

**Material:** prava spužva

**Naloga** Oglejte si spužvo, jo narišite in označite dotekalke in odtekalke.

## Ožigalkarji (Cnidaria)

Ožigalkarji so zvezdasto (radialno) somerni pravi mnogoceličarji. Osnovna gradbena tipa ožigalkarjev sta polip in meduza. Telo polipa je cilindrične, telo meduze zvonaste oblike. Imajo eno, ustno–zadnjično (poenostavljeno: ustno), odprtino in značilne lovke z ožigalkami. Lahko so posamični ali kolonijski. Polip je pritrjen na podlago s pedalno ali nožno ploskvijo, ki se nadaljuje v pecljatega dela. Na vrhu pecljatega dela je ustno polje, ki ga obdaja

venec lovki. Pri meduzi razlikujemo klobuk, lovke in ustni stožec. Lovke so na robu klobuka. Ustni stožec je cevasta izboklina na vbočenem delu meduze z ustno odprtino na koncu.

**Material:** morska vetrnica, klobučnjak

**Naloga** Morsko vetrnico in klobučnjaka opazujte in narišite. Označite osnovne telesne dele morske vetrnice (pedalno ploskev, pečljati del, venec lovki, ustno polje) in klobučnjaka (klobuk, lovke, ustni stožec) ter ustno–zadnjično odprtino.

## Ploskavci ali ploski črvi (*Plathelminthes*)

Ploskavci so pravi mnogoceličarji, večinoma s ploskim, dvobočno somernim, hrbtno–trebušno (dorzoventralno) sploščenim telesom listaste, trakaste ali nitaste oblike. Telo je enotno, nečlenjeno (pri trakuljah lažno členjeno). Prebavilo ima le eno (ustno) odprtino na trebušni strani telesa (trakulje so brez prebavila). Vrtincarji so majhni ploskavci z ustno odprtino, ki vodi v izvihljivo žrelo na ventralni strani telesa. Črevo je brez zadnjične odprtine (črevo je aprofitsko). Na sprednjem delu telesa so oči in pri nekaterih vrstah tudi ušesasti izrastki (avrikli) z receptorsko funkcijo.

**Material:** vrtincar

**Naloga** Opazujte vrtincarja pod lupo. Narišite ga, označite sprednji in zadnji del telesa, oči, izvihljivo žrelo ter ustno odprtino.

## Valjavci ali valjasti črvi (*Aschelminthes*)

Telo je enotno, dolgo, cilindrične ali vretenaste oblike in na obeh koncih šilasto. Prednji del telesa je radialno someren, preostalo telo pa zaradi rahle sploščenosti dvobočno somerno. Imajo ustno in zadnjično odprtino (črevo je evproftno).

**Material:** človeška glista

**Naloga** Narišite glisto in označite sprednji in zadnji del telesa. Pod lupo poiščite ustno odprtino z ustnicami.

## Mehkužci (*Mollusca*)

Telo mehkužcev je dvobočno somerno ali drugotno nesomerno (asimetrično). V osnovi razlikujemo noge in drobovnjak. Noga je pri različnih skupinah različna, prilagojena za različne načine gibanja. Pri mnogih mehkužcih je sprednji del telesa oblikovan v glavo.

**Material:** veliki vrtni polž

**Naloga** Narišite polža in označite hišico, nogo, rob plašča, glavo, tipalke, oči in usta.

## Kolobarniki (*Annelida*)

Telo kolobarnikov je cilindrične oblike, dvobočno somerno in enakomerno členjeno na telesne člene (segmente, »kolobarje«). Členjena je tudi notranjost telesa. Na začetku telesa je prostomij, na koncu pigidij, ki nista telesna člena. Na prvem telesnem členu (peristomiju) so na trebušni strani usta. Na pigidiju je zadnjična (analna) odprtina.

**Material:** deževnik

**Naloga** Opazujte deževnika pod lupo. Narišite ga s trebušne strani in označite sprednjo in zadnjo ter zgornjo in spodnjo stran telesa. Označite telesne člene, prostomij, peristomij in pigidij ter usta, zadnjično odprtino, ščetine in sedlo.

## Členonožci (*Arthropoda*)

Telo členonožcev je členjeno in dvobočno somerno. Telesni členi so združeni v telesne regije (pri pajkovcih npr. v glavoprsje in zadek, pri žuželkah v glavo, oprsje in zadek). Za členonožce so značilne parne, členjene, segmentalno nameščene okončine in zunanje ogrodje iz hitina.

**Material:** ščurek

**Naloga** Narišite ščurka s trebušne strani in označite glavo, tipalnice, oči, oprsje, okončine (z vsemi členki) in zadek.

## Iglokožci (Echinodermata)

Telo iglokožcev je večinoma zvezdasto (radialno) – petersomerno. Na telesu razlikujemo zgornjo (apikalno) stran z zadnjično odprtino in spodnjo (oralno) stran z ustno odprtino. Premikajo se s pomočjo vodovodnega (ambulakralnega) sistema.

**Material:** morska zvezda

**Naloga** Narišite morsko zvezdo in označite apikalno in oralno stran, ustno odprtino, zadnjično odprtino, sitasto ploščico, krake, radialni kanale, ambulakralne nožice in bodice.

## Strunarji (Chordata)

Bistvene značilnosti strunarjev so hrbtna struna, hrbtenjača in škržno črevo. Najpomembnejši predstavniki strunarjev so vretenčarji. Na telesu vretenčarja razlikujemo glavo, trup s parnimi okončinami in rep. Telo je dvobočno somerno. Rep je del telesa za analno odprtino. Telo je v hrbtnem delu členjeno (vretenca, hrbtenjačni živci, segmentirano mišičje).

**Material:** riba

**Naloga** Narišite ribo in označite glavo (na glavi oči, usta in nosnice), škržni poklopec, plavuti (par prsnih, par trebušnih ter hrbtnih, podrepno in repno plavut), trup, rep, zadnjično odprtino in pobočnico.

## Opis zunanjih značilnosti organizmov

**Naloga** Po vzoru izpolnjenih značilnosti klobučnjaka dopolnite preglednico za ostale organizme.

Preglednica 1: Zunanje značilnosti organizmov

Organizmi	Deblo	Oblika telesa	Somernost telesa	Členjenost telesa	Odpertine prebavila	Osnovni telesni deli
Paramecij						
Spužva						
Klobučnjak	ožigalkarji	zvonasta ali dežnikasta	zvezdasta (radialna)	ni prisotna	ustno-zadnjična odprtina	klobuk, lovke, ustni stožec
Morska vetrnica						

Vrtinčar						
Človeška glista						
Vrtni polž						
Deževnik						
Ščurek						
Morska zvezda						
Riba						

## INTEGUMENT

Integument je zunanji sloj živali. Pri večini nevretenčarjev je iz ene plasti celic ektodermalnega izvora, povrhnjice ali vrhnjice (epidermis). Pri vretenčarjih je integument večplasten in iz različnih vrst tkiv in ga imenujemo koža. Sestavni deli integumenta so tudi njegovi derivati (npr. kutikula in derivati kože, kot so luske, lasje, nohti, perje, sluzne žleze, mlečne žleze, pigmentne celice itd.). Integument ščiti žival pred mehanskimi in kemijskimi dejavniki okolja ter mikroorganizmi. Pri različnih skupinah živali ima integument še mnoge druge vloge: uravnava telesno temperaturo, izloča odpadne snovi, ščiti pred izsušitvijo, omogoča gibanje (z mitalkami) ter prenos hranil in dihalnih plinov, opravlja čutilno funkcijo, sintetizira vitamin D, lahko ima tudi kriptično ali komunikacijsko funkcijo itd.

### Namen vaje

Spoznavati osnovno zgradbo in nekatere derivate integumenta pri nevretenčerjih in vretenčarjih.

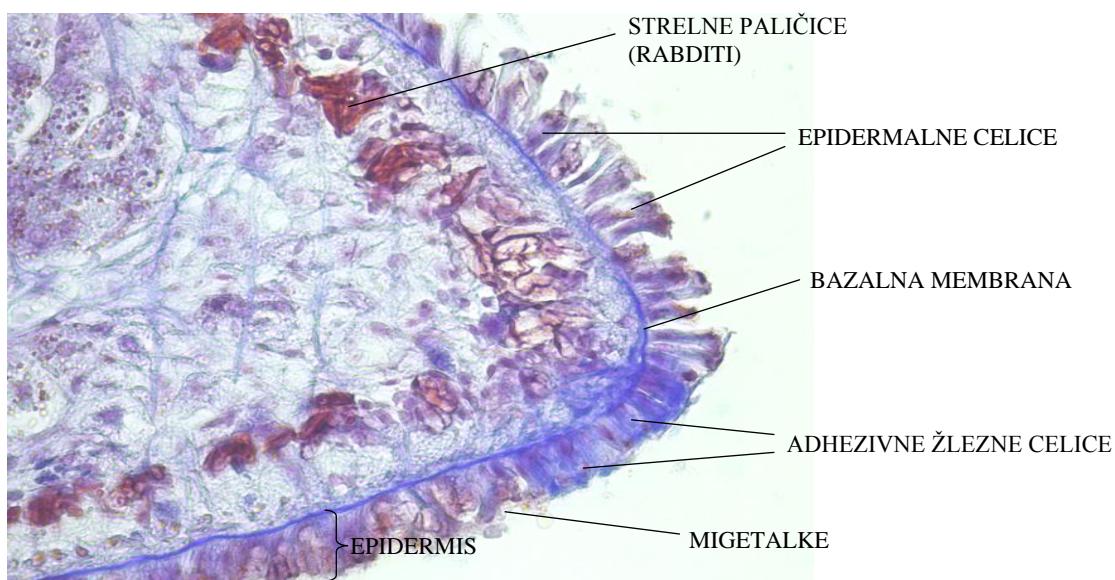
**Material:** vrtinčar (mikroskopski preparat), glista (mikroskopski preparat), noga polža (mikroskopski preparat), navadna sipa (mikroskopski preparat), različni členonožci, tanka in debela koža človeka (mikroskopski preparat)

## Epidermis vrtinčarja

Integument vrtinčarja *Planaria* sp. je iz ene plasti celic, ki tvorijo povrhnjico (epidermis). Med epidermisom in notranjostjo telesa je basalna membrana. Epidermalne celice na ventralni (trebušni) strani imajo mitalke, s katerimi se vrtinčar premika, tako da drsi po sluzni sledi. Med epidermalnimi so tudi številne specializirane žlezne celice. Mukozne žlezne celice izločajo sluz (mukus) in jih je največ na ventralni strani telesa. Adhezivne žlezne celice so ob robu ventralne strani in izločajo lepljivo snov, ki vrtinčarju omogoča, da se oprime podlage. Žlezne celice, ki proizvajajo strelne paličice (rabdite), so ugreznjene v parenhim pod basalno membrano. Ko vrtinčar izloči strelne paličice, te v vodi nabreknejo in tvorijo zaščitni sluzni ovoj okoli telesa.

**Material:** prečni prerez vrtinčarja (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte prerez vrtinčarja. Epidermis vrtinčarja narišite pri 400-kratni povečavi in označite basalno membrano, epidermis, strelne paličice (rabdite), mitalke in adhezivne žlezne celice.



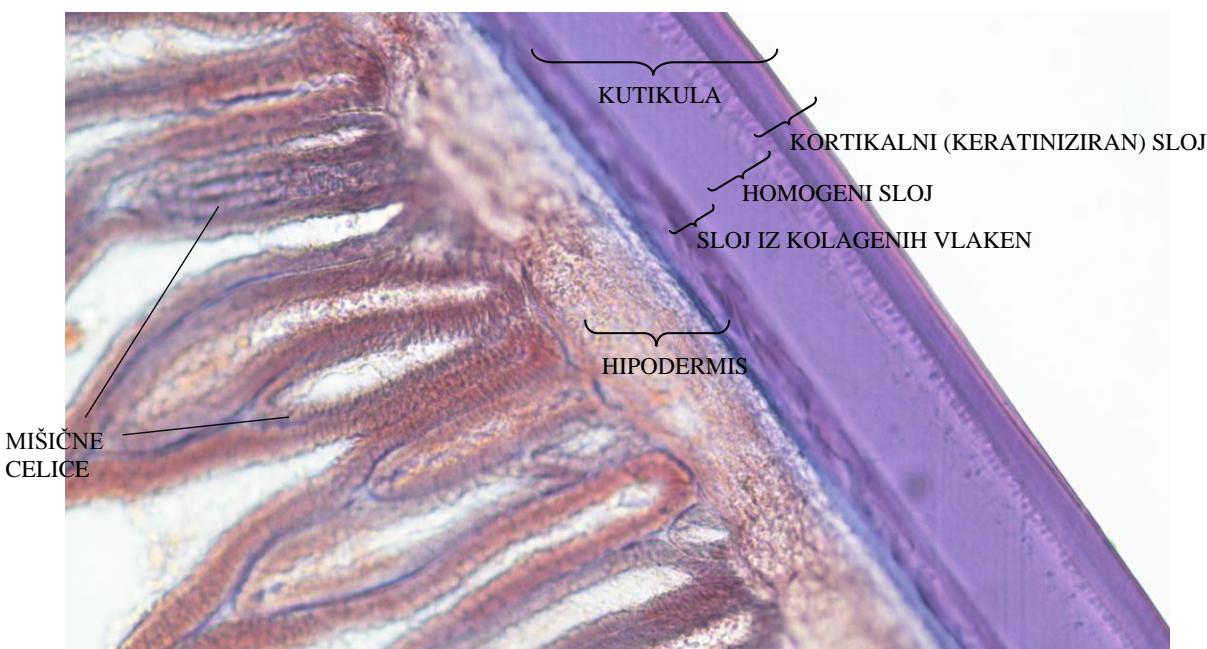
Slika 1: Prečni prerez vrtinčarja

## Hipodermis s kutikulo gliste

Integument gliste tvorita sincicialni epidermis, imenovan tudi hipodermis, in večslojna kutikula. Sincij je mnogo jedrna tvorba, ki nastane z medsebojno spojivijo celic. Jedra so ugreznjena v notranjost telesa v predelu štirih epidermalnih letev (hrbtne, trebušne in stranskih), ki potekajo vzdolž celotne dolžine telesa. Hipodermis izloča debelo, a prožno kutikulo, ki je iz proteinov (pretežno keratina in kolagena). Kutikula glist, kljub enakemu imenu kot pri členonožcih, ne vsebuje hitina, ki je polisaharid. Med rastjo žival kutikulo večkrat odvrže, se levi. Čvrsta kutikula ima pomembno vlogo pri vzdrževanju hidrostatskega tlaka v telesni votlini gliste, ki daje telesu obliko in skupaj z mišicami omogoča gibanje.

**Material:** prečni prerez gliste (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite glisto v prečnem prerezu in označite kutikulo, hipodermis, epidermalne letve in sloj vzdolžnih mišic. Del integumenta narišite tudi pri največji povečavi in označite hipodermis ter vse tri plasti kutikule.



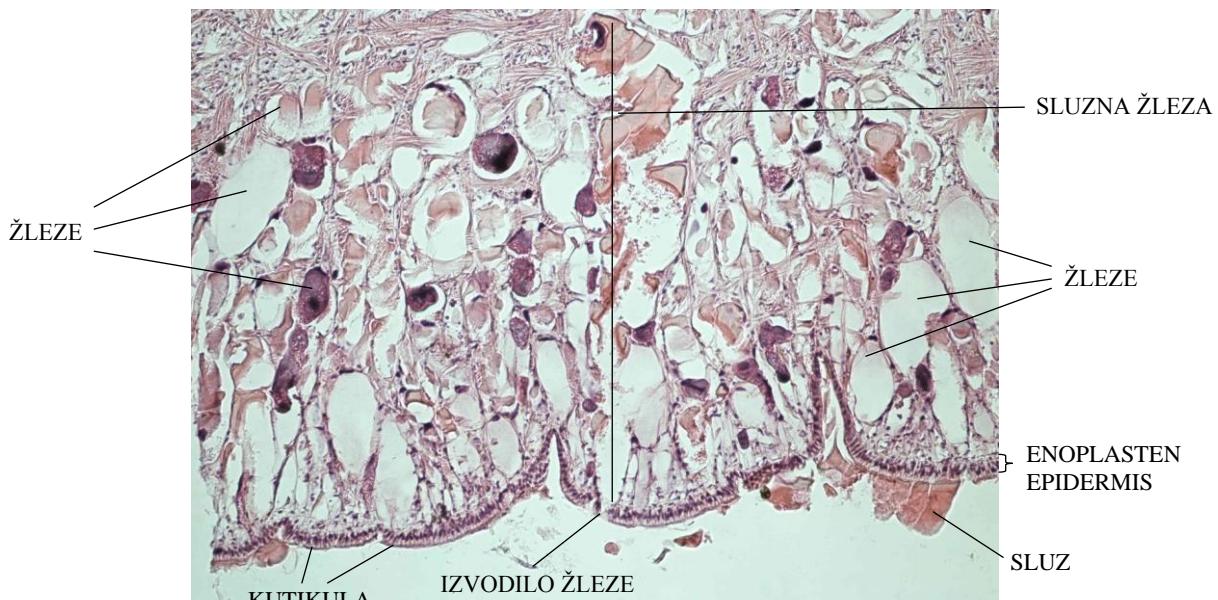
Slika 2: Prečni prerez integumenta gliste

## Epidermis noge polža

Integument polžev je na različnih delih telesa različno debel. Pri polžih s hišico je najtanji na notranjih zavojih drobovnjaka, najdebelejši pa na izpostavljenih delih telesa. Ne glede na debelino je povsod zgrajen iz enoslojnega cilindričnega epidermisa, ki izloča tanko kutikulo. Epidemis je lahko predvsem pri vodnih polžih mitalkast. V vezivnem tkivu pod epidermisom so številne specializirane žlezne celice (sluzne, apnenčaste, pigmentne, beljakovinske itd.), katerih izvodila segajo skozi epidermis in kutikulo. Koncentracija in lokacija žleznih celic je različna, saj je odvisna od funkcije določenega dela telesa. V robu plašča, ki izloča lupino, so številne apnenčaste in pigmentne žlezne celice, na podplatu noge pa so najštevilčnejše sluzne žlezne celice.

**Material:** prečni prerez noge polža (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite integument noge polža in označite kutikulo, epidermis, epidermalne celice, sluzne žlezne in izvodila žlez.



Slika 3: Prerez noge polža

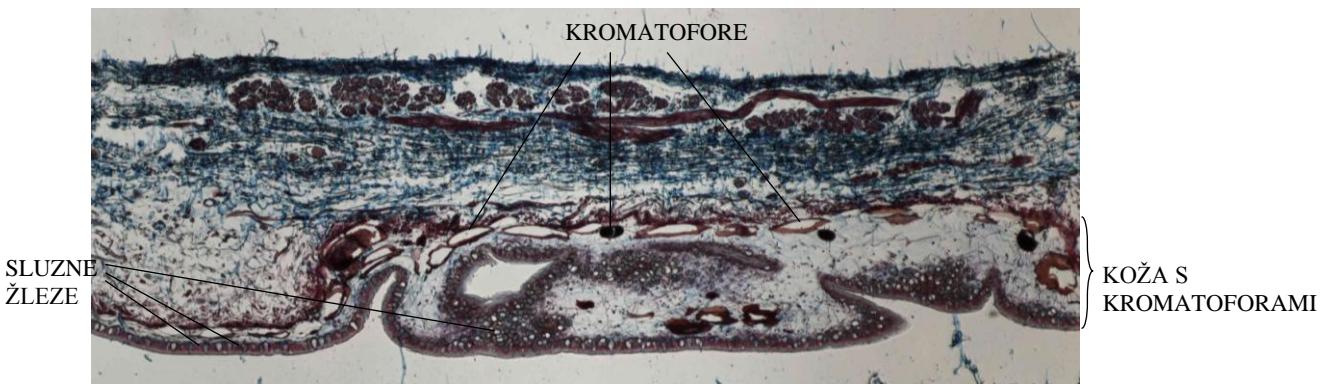
## Kromatofore navadne sipe

Kromatofore so večcelične strukture v koži sipe, ki vsebujejo pigment in omogočajo spremembe barve. Sprememba barve pri sipah je lahko morfološka ali fiziološka. Pri morfološki spremembi se spremeni število kromatoforov. Take spremembe so zelo počasne in trajajo več dni ali tednov. Pri fiziološki spremembi barve kože sipe se spremeni oblika kromatoforov, in s tem položaj pigmentnih zrnec. Ta sprememba je zelo hitra, neredko traja manj kot sekundo. Kromatofore so zgrajene iz središčne pigmentne celice in številnih žarkastih mišičnih celic pod nadzorom živcev, ki raztegnejo pigmentno celico. Membrana pigmentne celice je zelo nagubana in raztegljiva. Večino pigmentne celice zapoljuje elastična pigmentna vrečka s pigmentnimi zrneci.

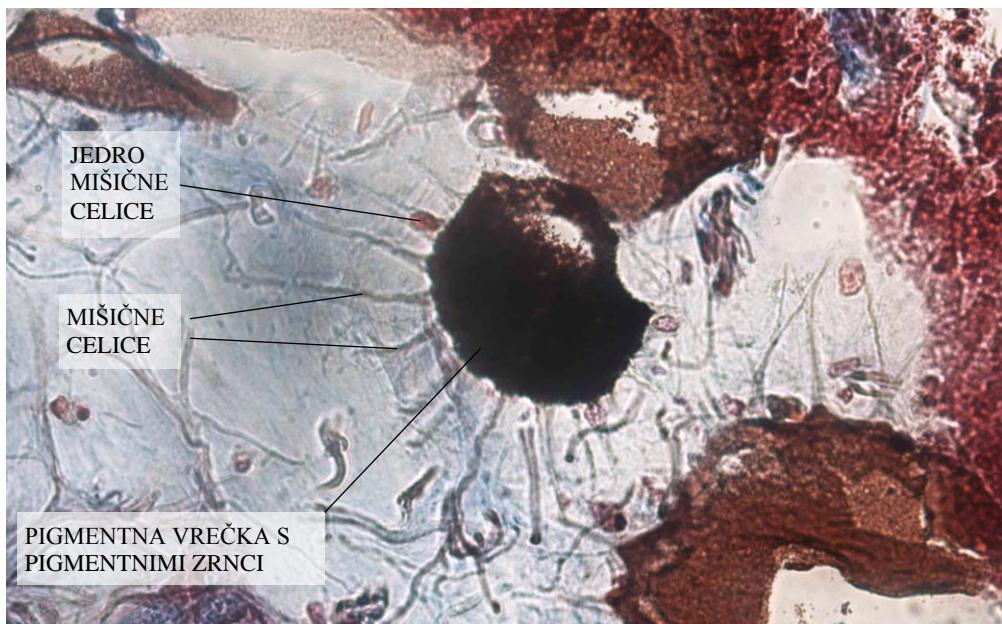
**Material:** prečni prerez kože navadne sipe (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite del sipine kože z raztegnjenimi in skrčenimi kromatofori. V skrčeni kromatofori označite pigmentno vrečko, pigmentna zrnca, nagubano membrano pigmentne celice in žarkaste mišične celice z jedri.

**Vprašanje** Opišite mehanizem delovanja kromatoforov ter razložite, kaj se zgodi, ko so mišična vlakna sproščena, in kaj, ko so skrčena? Kdaj je sipa temnejše barve?



Slika 4: Prerez kože sipe



Slika 5: Kromatofora

## Kutikula členonožcev in levitev

Enoslojni epidermis členonožcev izloča večslojno kutikulo, hitinjačo. Ta je v glavnem iz hitina (polisaharid) in različnih proteinov. Kutikula členonožcev je neraztegljiva, zato z rastjo živali postane premajhna in žival se občasno levi. Pri tem se stara hitinjača odlušči s telesa, pod njo je mlada, ki je takoj po levitvi še zelo tanka in prožna ter omogoča povečanje velikosti živali. Pri rakih je prepojena z minerali (inkrustirana), v glavnem s kalcijevim karbonatom, in zato okrepljena. V kutikuli so številne luknje (pore in kanali), skozi katere se izločajo različne snovi.

**Material:** različni členonožci

**Naloga** Primerjajte kutikule različnih členonožcev glede na barvo, prosojnost, trdoto in debelino ter izpolnite preglednico.

Preglednica 2: Primerjava značilnosti kutikule različnih členonožcev

Organizem	Značilnosti kutikule (barva, trdota, debelina, prosojnost itd.)

**Vprašanja** Katere vloge ima kutikula? Zakaj je po vašem mnenju pri rakih mineralizirana (kalcificirana), pri žuželkah pa ne? Katera snov v kutikuli ščiti kopenske žuželke pred izsušitvijo? Ali prekriva kutikula celotno površje telesa?

## Koža vretenčarjev

Koža vretenčarjev je iz dveh vidno razmejenih plasti. Zgornja je vrhnjica (epidermis), spodnja pa usnjica (dermis). V koži so, ali iz nje izraščajo, različne kožne tvorbe: žleze (mukozne, strupne, mlečne, feromonske, znojnice, lojnice), luske, koščene plošče, perje, dlake, nohti, kremlji, rogorvi itd. Pod usnjico je pri večini vretenčarjev podkožno tkivo (subcutis), ki povezuje kožo z mišicami in drugimi tkivi v notranosti telesa.

Vrhnjica (epidermis) je iz naslednjih štirih plasti:

- Poroženela plast (stratum corneum)
- Svetleča plast (stratum lucidum) – samo v debeli koži
- Zrnata plast (stratum granulosum)
- Trnasta plast (stratum spinosum)
- Zarodna plast (stratum germinativum ali stratum basale).

Usnjica (dermis) je iz dveh plasti:

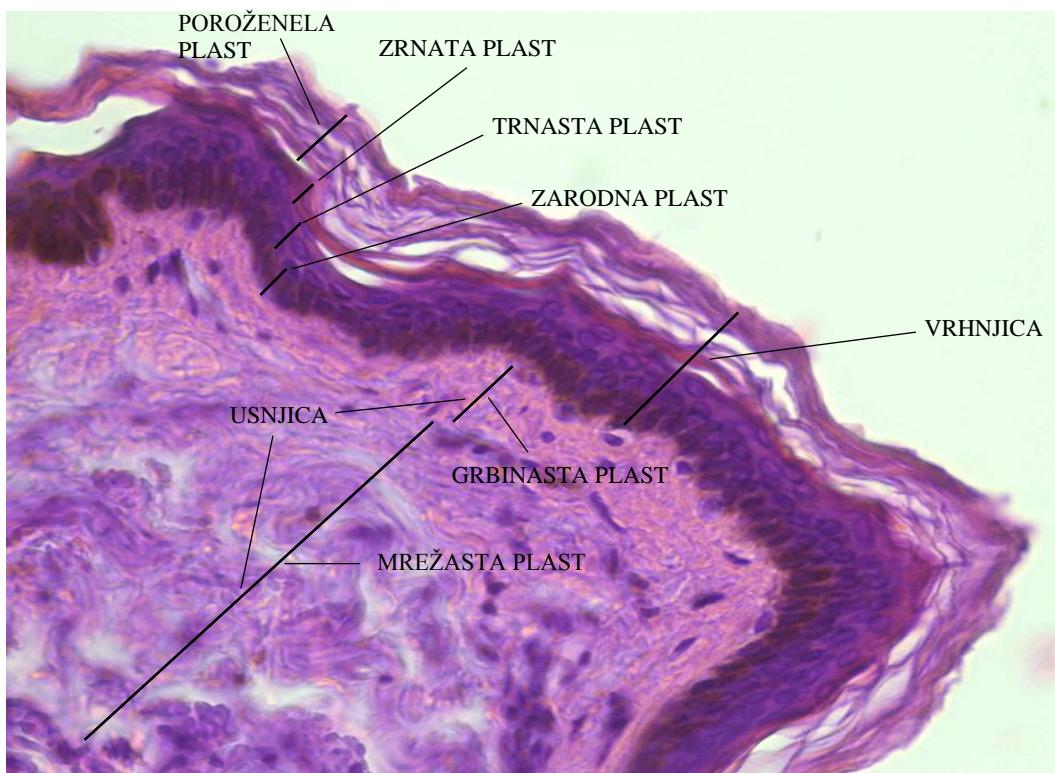
- Grbinasta plast (stratum papillare)
- Mrežasta plast (stratum reticulare).

**Material:** tanka koža človeka (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite preparat kože ter označite in pojmenujte vse strukture, označene na sliki tanke kože.



Slika 6: Tanki koži človeka I

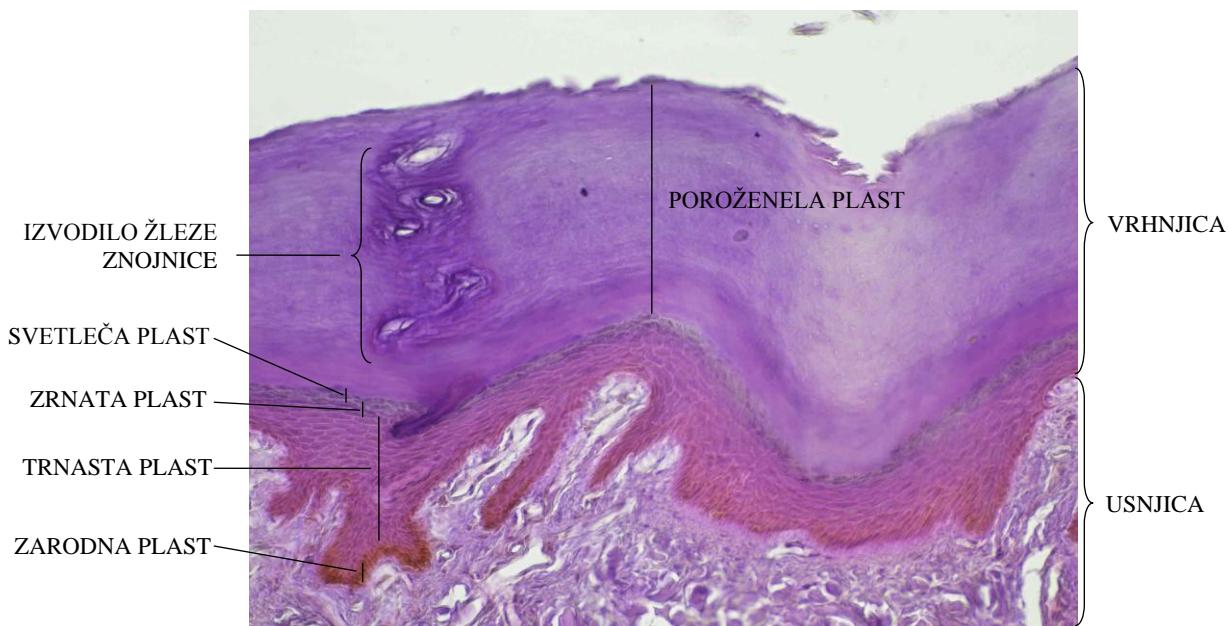


Slika 7: Tanka koža človeka II

**Material:** koža dlani človeka – debela koža (mikroskopski preparat)

**Naloga I** Narišite mikroskopski preparat kože dlani ter označite in poimenujte vse strukture, označene na sliki debele kože.

**Naloga II** Naštejte bistvene razlike med tanko in debelo kožo.



Slika 8: Debela koža človeka

## OGRODJE

Ogrodje daje telesu osnovno obliko in ščiti druge organske sisteme ter jim daje oporo. Nanj so priraščene mišice; skupaj z njimi tvori gibala. Pri vretenčarjih je ogrodje tudi vir in skladišče mineralnih snovi, zlasti kalcijevih in fosforjevih, ter mesto tvorbe krvničk. Ogrodje ni nujno trdno. Večina nižjih nevretenčarjev ima hidrostatsko ogrodje (s tekočino napolnjen votel del telesa z mišičastim ovojem). Trdno ogrodje je lahko prožno ali togo. Togo trdno ogrodje je lahko zunanje (lupina, hišica, oklep, plošče) ali notranje (spikule, kapsule, ploščice, okostje). Najpogosteje je iz kalcijevega karbonata (ogrodje nevretenčarjev) in hidroksiapatita (okostje vretenčarjev), kremena (nekatere praživali in spužve) in organskih snovi, kot sta hitin (kutikula pri členonožcih) in kolagen. Ogrodje je pogosto kombinirane zgradbe iz organskih in anorganskih komponent.

### Namen vaje

Spoznavati različne tipe ogrodja nekaterih nevretenčarjev in zgradbo kosti vretenčarjev.

**Material:** spikule spužev (mikroskopski preparat), orjaška spužva *Geodia* sp., podolgovat balon (rekvizit za vajo o hidrostatskem skeletu), kamene korale, lupine školjk, hišice polžev, ogrodje morskih ježkov, stegnenica svinje, demineralizirana piščančja kost, kompaktna kost (mikroskopski preparat)

## Ogrodje spužev

Ogrodje spužev je v osnovi iz organske snovi spongina (podtip proteina kolagena), zaradi katerega je telo spužve stisljivo in prožno. Ob sponginu vsebujejo mnoge spužve še kremenaste ali apnenčaste spikule. Spikule nastajajo v mezohilu (srednja plast telesa spužev) v posebnih celicah – skleroblastih, spongin pa v spongocitah. Spikule so različnih oblik in velikosti in so pomemben taksonomski znak pri določanju spužev.

**Material:** spikule različnih spužev (mikroskopski preparat), orjaška spužva *Geodium* sp.

**Naloga I** Oglejte si spikule različnih spužev, jih narišite in poimenujte.

**Naloga II** Na objektno stekelce nanesite nekaj delcev notranjega ogrodja orjaške spužve. Poiščite in narišite spikule, ki so značilne za orjaško spužvo, in jih poimenujte.



Slika 9: Spikule različnih vrst spužev

## Hidrostatsko ogrodje

Hidrostatsko ogrodje (hidroskelet) je značilno za živali z mehkim telesom. Osnova hidroskeleta je tekočina (npr. voda iz okolja, kri, hemolimfa) v zaprtem telesnem prostoru (npr. v osrednji telesni votlini, v celomu itd.), s steno iz vzdolžnih in krožnih mišic ali z ovojnico iz trdnega vezivnega tkiva. Tekočine so nestisljive in delujejo v zaprtem prostoru po hidravličnem principu: ko se del prostora skrči, se njegova prostornina zmanjša in tekočina se tlačno prelije v preostali del prostora, ki se zato poveča – lahko se odebeli ali podaljša. Tekočina nudi oporo mišicam, ki z nadzorovanim krčenjem (s kontrakcijo) omogočajo premikanje. Hidroskelet imajo nekateri vrtinčarji (Turbellaria), ožigalkarji (Cnidaria), gliste (Nematoda), nitkarji (Nemertini), kolobarniki (Annelida) in drugi.

**Material:** podolgovat balon

**Naloga I** Balon napolnite s vodo. Z rokami poskusite posnemati delovanje krožnih in vzdolžnih mišic. Kaj se dogaja z obliko balona?

**Naloga II** Poskusite posnemati premikanje hipotetičnega črva, in sicer z ustreznim delovanjem mišic, spremenjanjem oblike telesa in pritrjanjem na podlago. Dogajanje shematsko prikažite in opišite.

## Oogradje kamenih koralnjakov

Kameni koralnjaki so ožigalkarji, ki imajo samo polipno generacijo, in so po zgradbi podobni morskim vetrnicam. Živijo v kormih. Epidermis na bazi polipa izloča ogrodje iz apneca v obliki čaše, v kateri je polip. Na dnu čaše so tanke, žarkasto (zvezdasto) razporejene sklerosepte – apnenčaste pregrade med pravimi septami telesa polipa. Žival se lahko potegne v čašo s pomočjo vzdolžnih mišic in ponovno iztegne s črpanjem vode v telo in skrčenjem krožnih mišic. Dokler je kolonija kamenih koralnjakov živa, lahko odlaga debele plasti apnenčastih ogrodij, ki tvorijo koralne grebene.

**Material:** ogrodja kamenih koralnjakov – korale

**Naloga** Narišite korm kamenih koralnjakov in označite čaše s skleroseptami.

## Zunanje ogrodje školjk in polžev

Oogradje večine školjk tvorita bolj ali manj enaki, konveksni, pretežno ovalni lupini. Lupino izločajo žlezne celice v epidermisu plašča. Lupina je trislojna. Zunanji del je iz glikoproteinov in ni mineraliziran (roževinasti sloj). Notranja sloja sta kalcificirana. Levo in desno lupino povezuje elastična vez iz proteinov (ligament), ki ju razpira, medtem ko ju prednja in zadnja mišica zapiralca zapirala. Najstarejši del lupine je grbina (umbo) ob sklepku. Od tod lupina raste v koncentričnih pasovih.

Oogradje polžev je enodelna, največkrat spiralno ali vijačnično zavita hišica. Hišica je lahko bolj ali manj reducirana ali je sploh ni (npr. pri lazarjih ali morskih golih polžih). Hišica varuje polža pred plenilci in mehanskimi poškodbami, kopenske polže tudi pred ultravijoličnim sevanjem in izsušitvijo. Je tudi prirastišče za mišice. Tipična polžja hišica ima obliko stožca, ki se zavija okoli središčne osi. 90 % vrst polžev ima desnosučne hišice (če hišico postavimo pokonci in ustje obrnemo proti sebi, je ustje na desni strani). Najstarejši del hišice je njen vrh, število zavojev je med 2 in 16. Mlajši zavoji so vedno večji od predhodnih. Oblike hišic različnih vrst polžev se zelo razlikujejo.

**Material:** lupina školjke, polžja hišica

**Naloga I** Narišite lupino školjke in označite umbo, ligament, sklepne zobce, prirastišči mišic zapiralk, prirastišče roba plašča in črte prirasta.

**Naloga II** Narišite polžjo hišico, obrnjeno z ustjem proti sebi, in označite vrh, embrionalni zavoj, svitek, zavoje in šiv, telesni zavoj, ustje, zunanjost ustnico, notranjo ustnico in sifon.

## Kožni skelet morskega ježka

Iglokožci imajo notranje ogrodje (dermalni endoskelet) iz apnenčastih ploščic, ki ga prekriva mitalkasta povrhnjica. Gibanje omogoča vodovodni (ambulakralni) sistem, ki sestoji iz radialnih kanalov in ambulakralnih

nožic. Ogrodje ježka je iz dveh tipov radialno razporejenih ploščic, ki so med seboj zrasle. Na ploščice so sklepno pritrjene bodice, skozi podialne pore segajo navzven ambulakralne nožice.

**Material:** ogrodje morskega ježka

**Naloga** Narišite ogrodje morskega ježka z apikalne strani in označite analni predel, ambulakralne ter interambulakralne ploščice, izbokline (tuberkle), na katere so pritrjene bodice, in podialne pore.

## Zgradba kosti

Kost je zgrajena iz kostnih celic (osteocit) in trdne – mineralizirane medceličnine. Medceličnina je organska in anorganska. Organski del so kolagenska vlakna, mineralni del pa iz hidroksiapatita – minerala iz kalcijevih, magnezijevih, fosfatnih in nekaterih drugih ionov, ki omogoča trdnost kosti. Če iz kosti odstranimo anorganske snovi, je ta upogljiva, če odstranimo organske, pa je kost krhka in drobljiva.

Zunanja površina kosti je tanka plast vezivnega tkiva, pokostnica (periost). V njej so krvne žile in živci. Pod pokostnico je kompaktno kostno tkivo iz značilnih osnovnih enot kostnega tkiva, osteonov. Vsak osteon je sestavljen iz 10 do 15 koncentrično razporejenih plasti medceličnine (lamel), ki obdajajo osrednjo cevasto votlino, osrednji ali Haversov kanal. Vsaka lamela je iz kolagenskih vlaken in kostnih celic (osteocit), ki so med seboj povezane s številnimi tankimi citoplazmatskimi izrastki. Haversovi kanali so prečno povezani s stranskimi ali Volkmannovimi kanali. V obojih so žile in živci. V okrajkih (epifizah) kosti je gobasto kostno tkivo. V njem je medceličnina razporejena v trabekulah – v smereh (progah, linijah) največjih obremenitev. V prostorih med trabekulami je pretežno rdeči kostni možeg. V kostni votlini sredi dolgih kosti je pretežno rumeni kostni možeg. V rdečem kostnem možgu nastajajo krvničke.

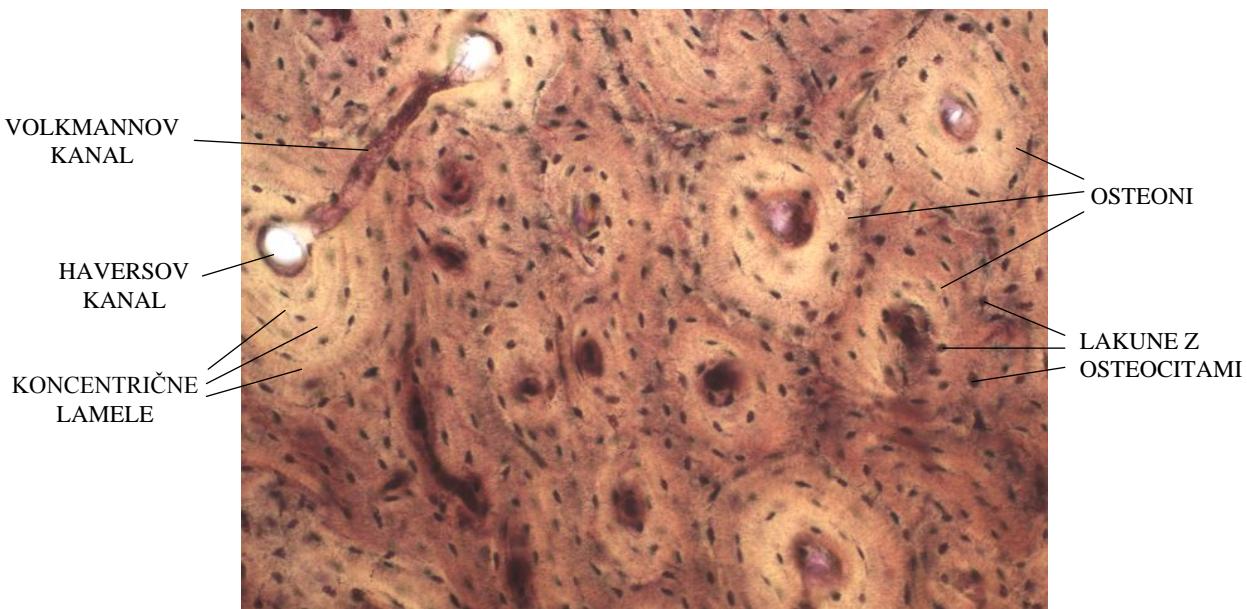
**Material:** vzdolžno prerezana stegnenica svinje, demineralizirana piščančja kost

**Naloga** Oglejte si zgradbo dolge kosti svinje. Narišite in označite okrajka, kostno deblo, pokostnico, kompaktno kostno tkivo, gobasto kostno tkivo, rdeči in rumeni kostni možeg ter sklepni in rastni hrustanec.

**Vprašanje** Zakaj je demineralizirana piščančja kost upogljiva?

**Material:** kompaktno kostno tkivo (mikroskopski preparat)

**Naloga** Oglejte si kompaktno kost pri 40-kratni povečavi. Narišite ter označite osteone, Haversove kanale, Volkmannove kanale, lamele ter lakune z osteocitami.



Slika 10: Prečni prerez kompaktnega kostnega tkiva

## GIBALA IN GIBANJE

Praživali se lahko aktivno gibljejo s pomočjo organelov (bički, mitetalke, panožice, ciri), živali s pomočjo bičkov ali mitetalk ali s kontrakcijami mišičnih celic oziroma mišic. Z mitetalkami se premikajo predvsem majhni vodni organizmi, kopenski drsijo po sluzni podlagi (npr. vrtinčarji, polži). Večje živali se gibljejo s pomočjo mišic. Za delovanje potrebujejo mišice antagonistične (nasprotno delujoče) sile (npr. antagonistične mišice, hidrostatski tlak) in oporo oziroma prirastišče (npr. ogrodje, druge mišice). Mišične kontrakcije omogočajo premikanje živali s spremenjanjem oblike telesa (npr. deževniki, polži, klobučnjaki), z zvijanjem telesa (npr. valjasti črvi, pijavke, ribe, kače) oziroma s premikanjem okončin (plavuti, noge, krila, prhuti).

### Namen vaje

Spoznavati osnovno zgradbo okončine vretenčarjev in osnovne lastnosti struktur in tkiv, ki jo sestavljajo. Spoznati zgradbo kožemiščnice in načine gibanja nekaterih nevretenčarjev.

**Material:** noga piščanca, deževnik (mikroskopski preparat), žive živali: deževnik, polž, pijavka, vodna bolha, dvojnonoga

## Sekcija noge piščanca

Gibala vretenčarjev so zgrajena iz kosti, sklepov in skeletnih mišic. Skeletne mišice so iz mišičnih vlaken, združenih v snope. Mišična vlakna, snope mišičnih vlaken in celotno mišično tkivo mišice obdajajo vezivne ovojnice, ki na vsakem koncu mišice prehajajo v kito, s katero je mišica pritrjena na kost. Sklep utrjujejo sklepne veži (ligamenti).

Zgornji del noge ptičev je iz stegnenice (*femur*), ki je s kolenskim sklepom povezana z goleničnonartno kostjo (*os tibiotarsus*) in mečnico (*fibula*).

**Material:** piščančja noge

**Naloga** Po spodnjem postopku razčlenite piščančjo nogo, poiščite omenjene strukture in vpišite opažanja (lastnosti tkiv) v preglednico.

**Opozorilo** Zaradi morebitne nevarnosti okužbe s salmonelo med sekциjo ničesar ne vnašajte v usta (pijača, hrana, pisalo itd.). Previdni bodite med delom z ostrimi predmeti (skalpel, škarje). Režite stran od sebe oziroma roke. Po končanem delu si dobro umijte roke s toplo vodo in z milom. S toplo vodo in z detergentom za pomivanje posode umijte tudi ves pribor in kadico.

### Postopek sekcije piščančje noge

1. Piščančjo nogo položite v kadico.
2. Z noge potegnite kožo, ki je na mišice pripeta z rahlim vezivnim tkivom.
3. Primite za prednji in zadnji del noge ter pregibajte kolenski sklep. Ga lahko premikate na stran?
4. Na mečih s palcem predrite mišične ovojnice in s prsti ločite posamezne mišice tako, da s prsti sledite vezivnim ovojnicam posameznih mišic. Lastnosti mišičnih ovojnic opišite v preglednici.
5. Dobro si oglejte mišice (polozaj, barvo, vlknasto zgradbo, potek mišičnih vlaken) in opažanja vpišite v preglednico.
6. Dobro si oglejte kite, s katerimi so mišice pritrjene na kosti. Kite so iz čvrstega vezivnega tkiva z velikim deležem kolagenskih vlaken. V preglednico vpišite lastnosti kit.
7. Poiščite izhodišče (origo) in prirastišče (insertio) mišic na kost.
8. Med mišicami poiščite večje in manjše žile in jim sledite, kolikor daleč lahko.
9. V predelu med mišicami in kostjo poiščite živec (tanek, belkast, nitast organ).
10. S škarjami prerežite kite okrog gležnja. Proste mišice previdno potegnite navzgor, kot bi lupili banano.

11. S kolenskega sklepa in stegnenice previdno odstranite čim več mišičnega tkiva. Režite vzporedno s kostmi, da ne zarežete v sklepno ovojnicu (kapsulo).
12. Na obeh straneh kolenskega sklepa poiščite zunanj sklepno vez (ligament).
13. Na stegnenici zarežite v zgornji del kapsule kolenskega sklepa. Prerežite kito stegenske mišice in jo odvihajte s pogacico in maščobnim tkivom navzdol tako, da odkrijete notranjost sklepa. V notranosti sklepa najdite križni vezi, ki povezujeta stegnenico in goleničnonartno kost. Lastnosti vezi vpišite v preglednico.
14. Oglejte si sklepni hrustanec na obeh kosteh v predelu sklepa. Hrustanec omogoča, da kosti ob gibanju gladko drsita ena ob drugo. Lastnosti hrustanca vpišite v preglednico.
15. Prerežite vse sklepne vezi in kosti ločite. Goleničnonartno kost zavijte v papirnato brisačo in jo na robu mize prelomite na pol.
16. V notranjosti kosti je rdeči kostni mozeg. Tukaj nastajajo krvničke. Pod lupo si oglejte pokostnico, zgradbo kompaktne kostnine (poiščite Haversove kanale) in rdečega kostnega mozga. Lastnosti kompaktne kostnine in rdečega kostnega mozga vpišite v preglednico.
17. Po končanem delu si dobro umijte roke in ves pribor ter počistite za seboj.

Preglednica 3: Lastnosti sestavnih delov okončine vretenčarjev

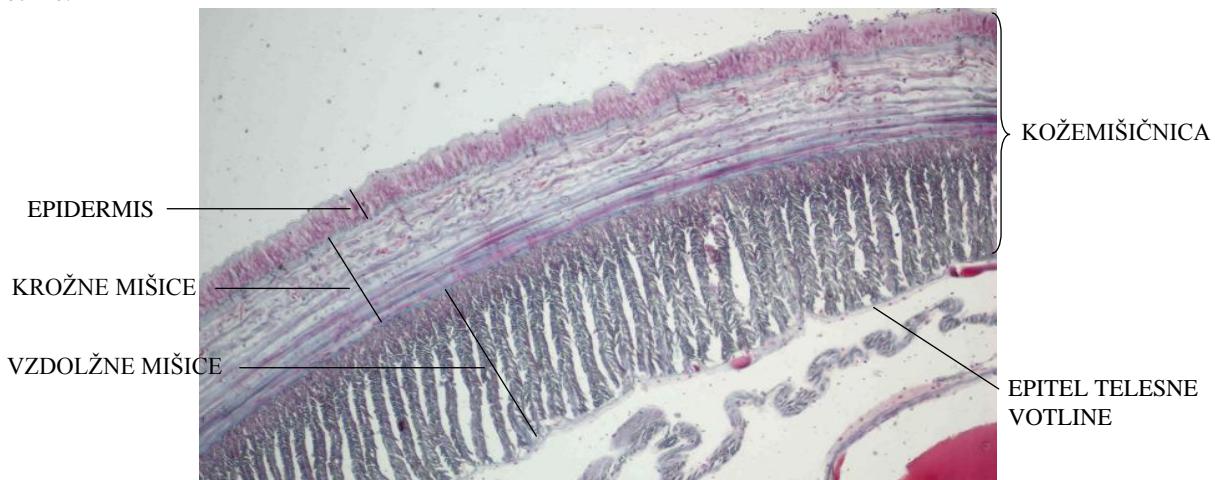
	Barva	Razteznost	Trdost	Vrsta tkiva	Funkcija
Skeletne mišice				Prečno progasto mišično tkivo	
Mišične ovojnice				Fibrilarno (gosto) vezivno tkivo	
Kite				Fibrilarno (gosto) vezivno tkivo	
Vezi				Fibrilarno (gosto) vezivno tkivo	
Sklepni hrustanec				Hrustančno tkivo (hialini hrustanec – kolagena vlakna)	
Kostna skorja				Kompaktno kostno tkivo	
Rdeči kostni mozeg				Hematopoetsko tkivo (krvničke, maščobne celice)	

## Kožemišičnica deževnika

Kolobarniki se premikajo z izmeničnim krčenjem krožnih in vzdolžnih mišic v steni telesa (peristaltično gibanje). Te mišice so tesno povezane z enoslojno povrhnjico (epidermom), s katero tvorijo tako imenovanu kožemišičnico. Pijavke imajo ob krožnih in vzdolžnih mišičnih vlakih še diagonalna mišična vlakna, ki jim omogočajo zvijanje telesa.

**Material:** prečni prerez deževnika (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite kožemišičnico deževnika in označite epidermis, krožne mišice, vzdolžne mišice in epitel telesne votline.



Slika 11: Kožemišičnica deževnika

## Gibanje nekaterih nevretenčarjev

Polži se premikajo z valujočim gibanjem mišic noge. Žival se pomika v isti smeri kot valovi mišičnih kontrakcij. Pri deževniku posamezni členi delujejo kot hidrostatski sistemi, ki ob krčenju krožnih in vzdolžnih mišic spremiňajo obliko ob ohranjanju enake prostornine. Gibanje deževnika je peristaltično – v obliki valov. Pri tem se del telesa izmenično stanjša in podaljša, kar omogoča skrčenje krožnih mišic, nato pa se odebeli in skrajša, kar omogoča skrčenje vzdolžnih mišic. Nazaj obrnjene ščetine (hete) ob krčenju dela telesa omogočajo pomikanje samo naprej. Pijavke se s priseski izmenično pritrjajo na podlago s prednjim in zadnjim priseskom – gibljejo se s pednjanjem. S hitrim zvijanjem telesa lahko tudi plavajo. Vodne bolhe se premikajo z zamahi velikih, razvejenih tipalnic. Dvojnonoge imajo na večini telesnih segmentov po dva para kratkih nog, nameščenih tesno skupaj. Noge se med hojo usklajeno gibajo v valovih, ki se pomikajo vzdolž telesa.

**Material:** žive živali: deževnik, pijavka, polž, vodna bolha, dvojnonoga

**Naloga** Opazujte gibanje živih živali in izpolnite preglednico.

Preglednica 4: Gibanje nekaterih nevretenčarjev

	Način in vrsta gibanja	Življensko okolje	Strukture, ki sodelujejo pri gibanju
Polž			
Deževnik			

Pijavka			
Vodna bolha			
Dvojnonoga			

## PREBAVILA

Živali so heterotrofni organizmi, ki dobijo snovi za sintezo lastnih sestavin in sproščanje energije za svoje delovanje s prehranjevanjem z drugimi organizmi ali njihovimi produkti. Prebava se prične z vnosom hrane v prebavni sistem (ingescija), se nadaljuje z mehansko in kemijsko razgradnjo ter absorpcijo hranil v organizmu in se konča z izločanjem neprebaavljenih snovi (egescija). Prebava je lahko zunanja (žival izloči prebavne encime v plen, npr. pajek) ali notranja (v prebavilih, pri večini živali). Notranja prebava lahko poteka zunaj celic (ekstracelularno, v prebavni cevi) ali znotraj celic (intracelularno, npr. pri praživalih, ožigalkarjih). Zgradba prebavil je tesno povezana z načinom prehrane. Prebavila večine nevretenčarjev (npr. valjasti črvi, mehkužci, mnogočlenarji) in vretenčarjev so v osnovi zgrajena iz prebavne cevi (črevo) in prebavnih žlez. Prebavna cev se začne z ustno in konča z zadnjično odprtino.

### Namen vaje

Spoznati proces cikloze, zgradbo prebavil žuželk in zgradbo nekaterih delov prebavne cevi in prebavnih žlez pri sesalcih.

**Material:** paramecij, ščurek, ustna žleza slinavka (mikroskopski preparat), želodec (mikroskopski preparat), dvanaestnik (mikroskopski preparat), trebušna slinavka (mikroskopski preparat), jetra (mikroskopski preparat)

## Cikloza pri parameciju

Paramecij se hrani z bakterijami in drugimi mikroorganizmi. Ob ustni vdolbini (peristomu) je valujoča mrenica (undulirajoča membrana), ki je nastala iz zaporedja zraslih mitgalk. Mrenica z valovanjem ustvarja vodni tok in dovaja v vodi razpršene delce hrane skozi celična usteca (citostom) v celični požiralnik (citofarinks). Na koncu citofarinka nastaja vstopni prehranski mehurček (endocitotska vakuola), ki s sprejemanjem hrane raste do določene velikosti in se nato odcepi. Ko se v endoplazmi združi z lizosomi, v katerih so prebavni encimi, nastane prebavna vakuola. Vakuola se med prebavo približno krožno pomika skozi endoplazmo po točno določeni poti pod površjem paramecija. Takšno pomikanje vakuole imenujemo cikloza. Po združitvi z lizosomi postane notranjost vakuole kisla. Encimi razgradijo (hidrolizirajo) makromolekule na mikromolekule, ki z difuzijo preidejo v citoplazmo paramecija. Neprebaavljeni ostanki hrane se iz izločalne (eksocitotske) vakuole izločijo na prosto po principu eksocitoze na mestu celične zadnjice (citopiga ali citoprokt), ki je blizu celičnih ustec.

Kongo rdeče je bravilo, ki spada v skupino azo barvil (z  $-N=N-$  skupino). Uporabljamo ga lahko kot pH indikator. V kislem mediju je modro, v bazičnem rdeče. V območju pH 3,0–5,2 spremeni barvo od vijoličastomodre do oranžnordeče. Hranljive snovi, obarvane s Kongo rdečim, omogočajo ugotavljanje pH spretetih in prebavljenih snovi v živem parameciju od endocitoske eksocitotske vakuole.

**Material:** živi parameciji

**Naloga** Opazujte prehranjevanje in prebavo paramecijev (sprejem hrane skozi celična usteca, tvorba in potovanje prebavne vakuole, spreminjanje barve prebavne vakuole, izločanje) ter narišite vse faze dogajanja.

## Prebavilo ščurka

Prebavilo različnih žuželk je sestavljeno iz enakih osnovnih organov, ki pa so lahko prilagojeni različnim načinom prehrane. Sestavni deli prebavila ščurka so naslednji:

Sprednje črevo (stomodeum):

- Ustna votlina z žlezami slinavkami
- Požiralnik
- Golša.

Srednje črevo (mezenteron):

- Prednji ali prežvekovalni želodec
- Vretenasto nameščeni slepi izrastki na začetku srednjega črevesa
- Črevo
- Malpighijeve cevke (izločalna funkcija) – izrastki zadnjega dela srednjega črevesa.

Zadnje črevo (proktodeum):

- Črevo
- Danka.

Hrana, prepojena s slino iz žlez slinavk, se shranjuje v golši, ki omogoča zaužitje velike količine hrane naenkrat in njeno delno prebavo oziroma mehčanje. V prežvekovalnem želodcu se prebavna kaša mehansko obdela – drobi in gnete. Spleti izrastki srednjega črevesa povečajo površino za prebavo in absorpcijo. V zadnjem črevesu se tvorijo iztrebki.

**Material:** ščurek

**Naloga** Po spodaj navedenem postopku izolirajte prebavilo ščurka. Prebavilo narišite najprej v telesu ščurka, nato prebavilo izpreparirajte in ga narišite raztegnjenega zunaj telesa ščurka. Označite in poimenujte vse zgoraj naštete dele.

### Postopek sekcije ščurka

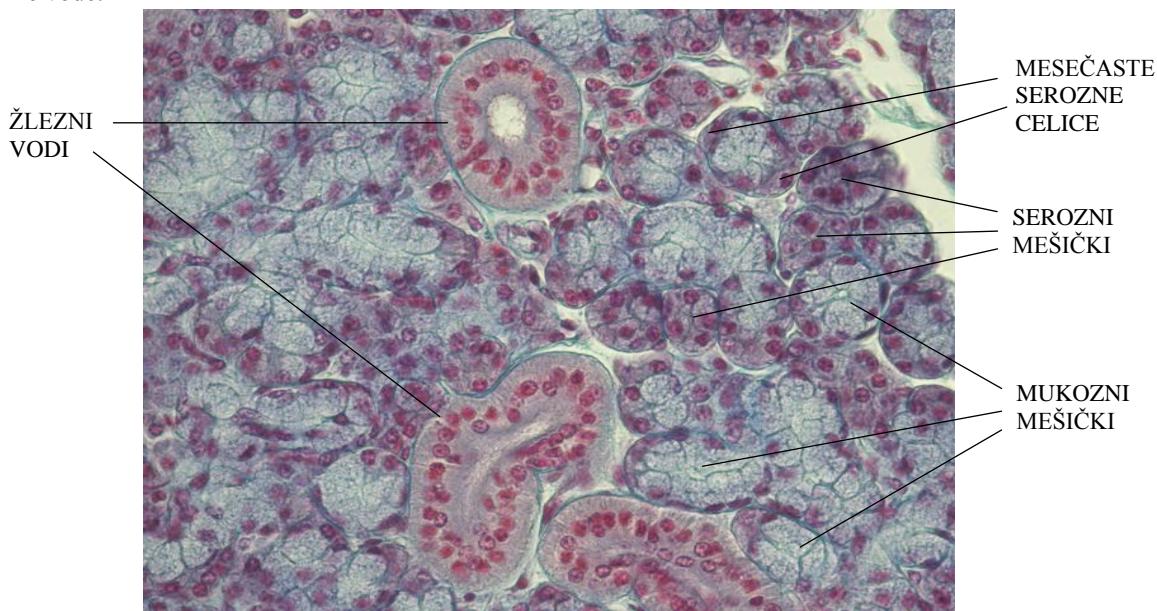
1. Ščurka položite na plutovinast podstavek s hrbotom navzgor.
2. S škarjami odstranite krila in hitinast ščit nad oprsjem in glavo.
3. Previdno (plitvo) zarežite v hitinjačo desno od zadnjične odprtine in režite ob robu telesa vse do glave. Enako storite na levem robu telesa, da dobite široko odprtino na dorzalni strani telesa. Pazite, da s preglobokimi rezmi ne poškodujete notranjih organov.
4. Odstranite tudi maščobo, ki prekriva prebavilo.
5. Oglejte si položaj prebavila v anatomske legi (v telesu ščurka) in ga skicirajte.
6. Po skiciranju prebavilo previdno dvignite in raztegnite zunaj telesa.
7. Poiščite vse dele prebavila, jih skicirajte, označite in poimenujte.
8. Poiščite še trebušnjačo (živčno vrvico z ganglijami).

## Ustne žleze slinavke

Ustne žleze slinavke so ob ustni votlini in vanjo izločajo svoje proizvode skozi izvodila (eksokrine žleze). Žlezno tkivo je iz številnih temnejših seroznih ter svetlejših mukoznih mešičkov. Serozni mešički so iz manjših celic s temno citoplazmo in okroglimi jedri. Izločajo encime, predvsem  $\alpha$  amilazo (razgrajuje škrob). Mukozni mešički so iz večjih celic s svetlo citoplazmo in sploščenimi, bazalno ležečimi jedri. Izločajo sluz (mukus). Mesečaste serozne celice na površju mukoznih mešičkov izločajo encim lizocim, ki razgrajuje celične stene bakterij. Mioepitelne celice stiskajo žlezne mešičke in pospešujejo izločanje sline.

**Material:** ustna žleza slinavka človeka (mikroskopski preparat)

**Naloge** Narišite del žleze slinavke in označite serozne in mukozne celice ter mešičke, mesečaste serozne celice in žlezne vode.



Slika 12: Ustna žleza slinavka

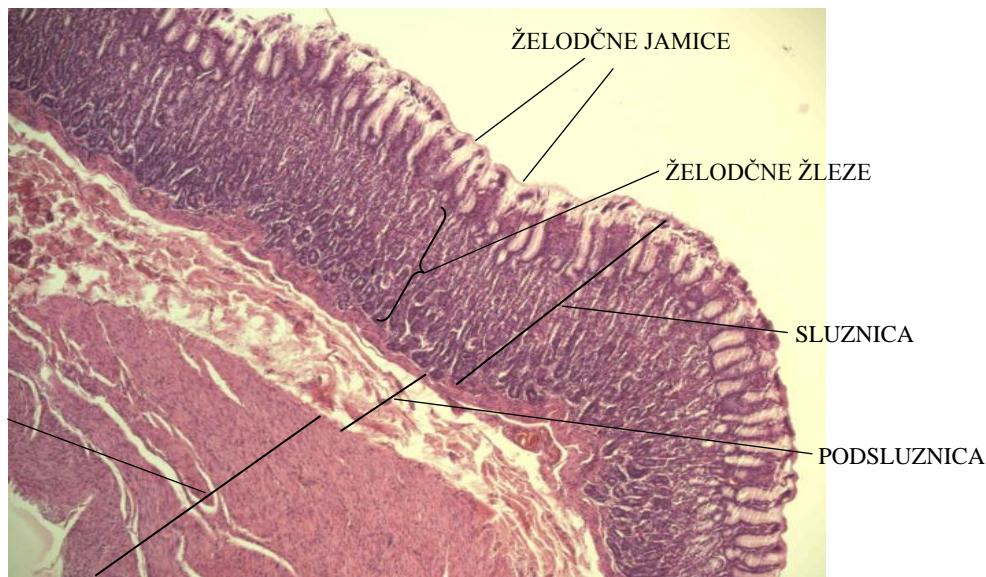
## Želodec

Želodec je razširjen del prebavne cevi med požiralnikom in tankim črevesom. Ko je prazen, sta notranji plasti želodca (sluznica in podsluznica) nagubani. V sluznici želodca so številne jamice, na dnu katerih so izvodila cevastih želodčnih žlez. V želodčnih žlezah razlikujemo tri tipe žleznih celic.

- Mukozne celice izločajo sluz. So nepravilnih oblik, posamič ali v skupinah med kloragogenimi celicami. Jedra mukoznih celic so nameščena bazalno.
- Kloragogene celice izločajo klorove ( $Cl^-$ ) in vodikove ione ( $H^+$ ), iz katerih nastane klorovodikova kislina ( $HCl$ ). Prevladujejo v osrednjem delu želodčne žleze. Kloragogene celice so okrogle ali piramidaste. Centralno ležeče jedro je okroglo.
- Pepsinogene celice proizvajajo pepsinogen, najpogosteje so v spodnjem delu želodčne žleze. Pepsinogen se pod vplivom kislega pH v želodcu pretvori v aktiven encim za razgradnjo beljakovin, pepsin.

**Material:** osrednji del želodca (mikroskopski preparat)

**Naloge** Narišite steno želodca in označite želodčno sluznico, podsluznico, mišično plast, želodčne jamice, želodčne žleze in v njih vse tri tipe žleznih celic.



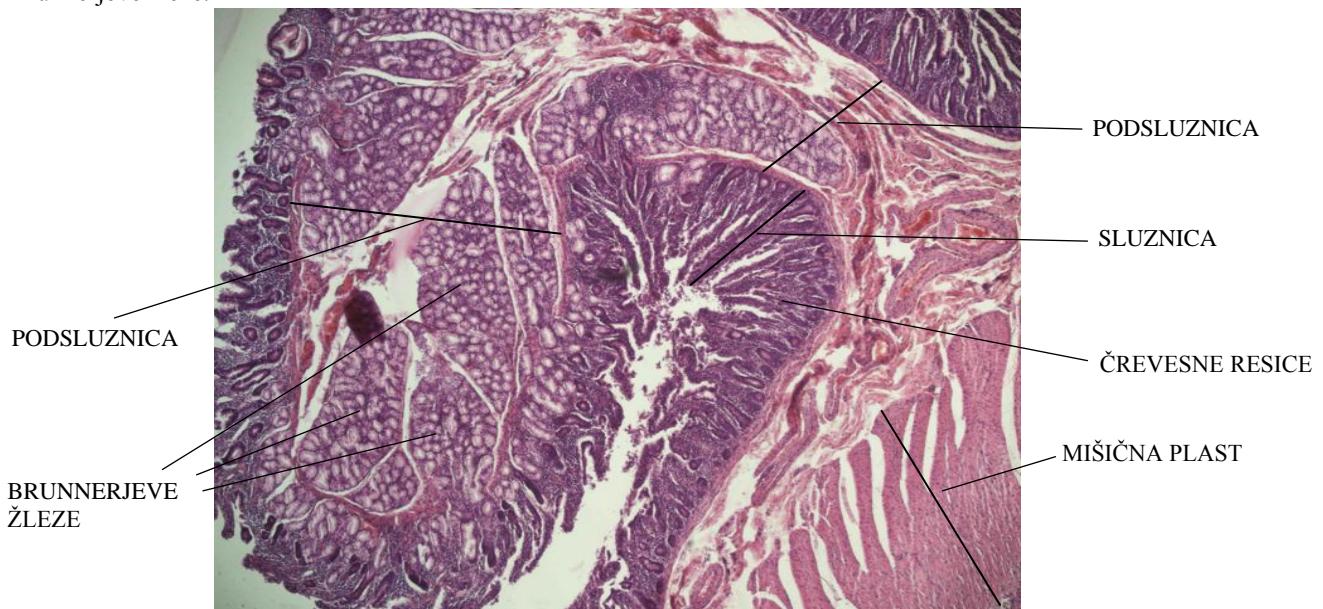
Slika 13: Prerez stene želodca

## Dvanajstnik

Dvanajstnik je prvi, najkrajši odsek tankega črevesa. Notranja plast tankega črevesa, kjer poteka absorpcija, je oblikovana v izrastke, imenovane črevesne resice (vili), zaradi česar je absorpcijska površina črevesa izjemno povečana. Tudi posamezne epitelne (absorpcijske) celice imajo na apikalnem delu, ki je obrnjen v notranjost črevesa, majhne izrastke (mikrovile), ki še dodatno povečajo absorpcijsko površino. Med epitelnimi celicami so enocelične čašaste žleze, ki izločajo sluz (mukus). V vezivnem tkivu podsluznice so Brunnerjeve žleze (tubuloalveolarne žleze), ki so značilne za dvanajstnik, in izločajo alkalno sluz (vsebuje hidrogenkarbonat). Ta nevtralizira kislo prebavno kašo, ki pride iz želodca. V dvanajstnik se izlivajo proizvodi trebušne slinavke ter žolč.

**Material:** dvanajstnik (mikroskopski preparat)

**Nalogă** Narišite del dvanajstnika. Označite sluznico, podsluznico, mišično plast, črevesne resice (vile) in Brunnerjeve žleze.



Slika 14: Prerez stene dvanajstnika

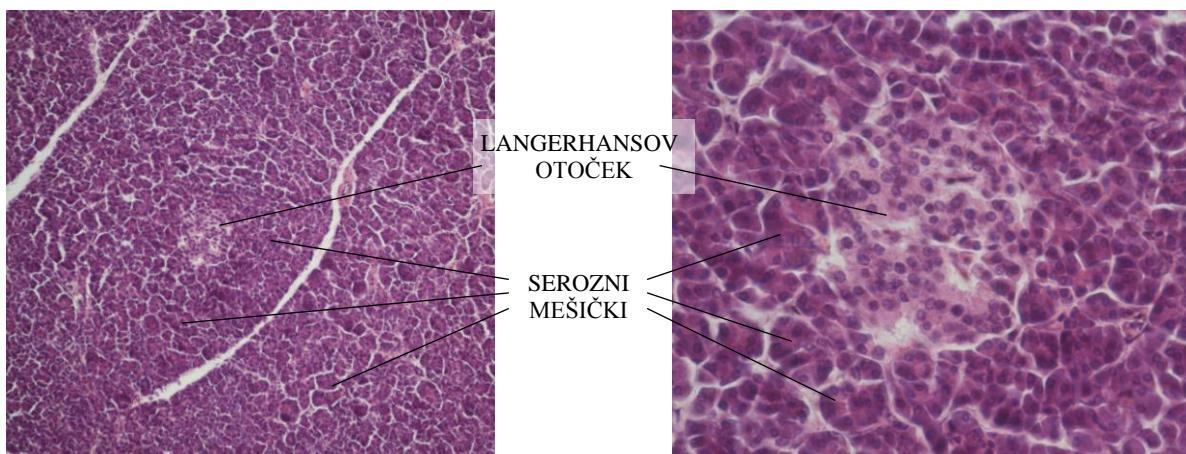
## Trebušna slinavka

Trebušna slinavka je žleza z zunanjim (eksokrinim) in notranjim (endokrinim) izločanjem. Eksokrini del žleze je serozna cevasto–grodasta (tubuloacinozna) žleza, ki sestoji iz grozdastih žleznih delov (acinov) in cevastih izvodil (tubulov). Zunanje žlezne celice acinov imajo v apikalnem delu acidofilna zrna (granule), v bazalnem delu je okroglo jedro. Acini odraslega človeka producirajo dnevno do dva litra prebavnega soka, ki se po sistemu cevastih izvodil izloči v dvanajstnik. V prebavnem soku so številni encimi (pankreasni lipaza in amilaza, tripsin, nukleidaza itd.), ki omogočajo prebavo lipidov, ogljikovih hidratov, beljakovin in nukleinskih kislin.

Endokrini del trebušne slinavke tvorijo svetli Langerhansovi otočki, ki so med acini. Nimajo izvodil, proizvode izločajo v kri. V Langerhansovih otočkih razlikujemo več tipov celic:  $\alpha$  celice (izločajo glukagon),  $\beta$  celice (inzulin) in  $\delta$  celice (somatostatin). Glukagon in inzulin uravnavata koncentracijo glukoze v krvi ("krvni sladkor"), somatostatin lokalno inhibitorno vpliva na izločanje gastrointestinalnih hormonov. S svetlobnim mikroskopom posameznih tipov endokrinskih celic v Langerhansovih otočkih ni mogoče razlikovati.

**Material:** trebušna slinavka (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite in označite eksokrini del trebušne slinavke s seroznimi mešički (acini) in endokrini del trebušne slinavke z Langerhansovimi otočki.



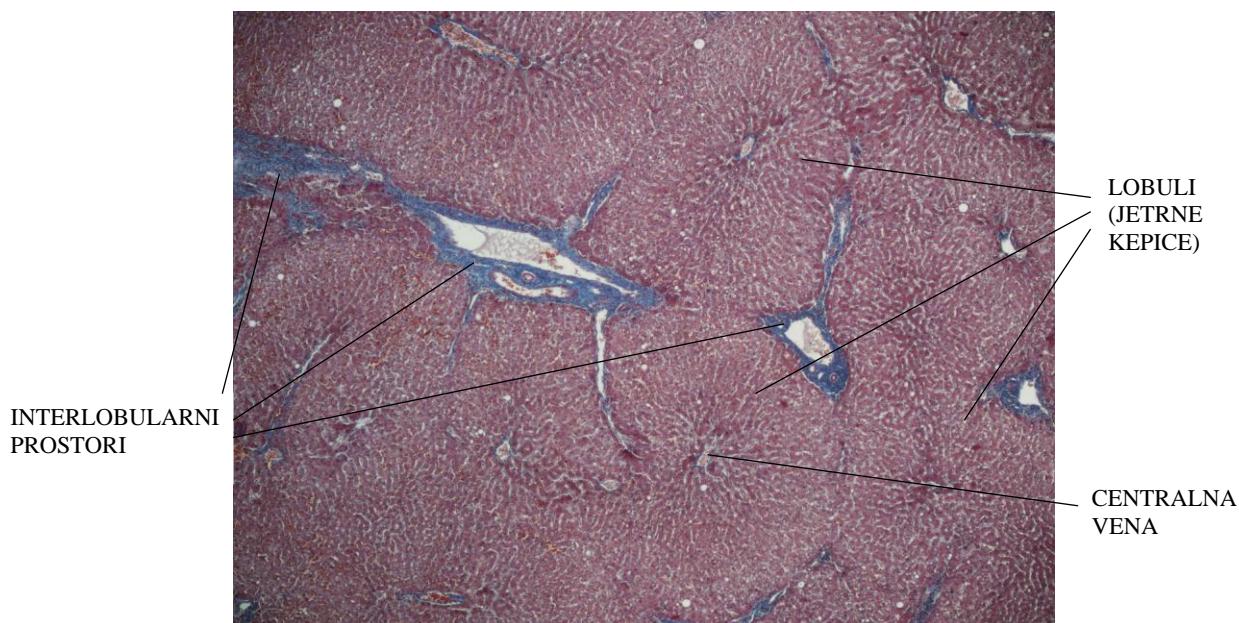
Slika 15: Trebušna slinavka

## Jetra

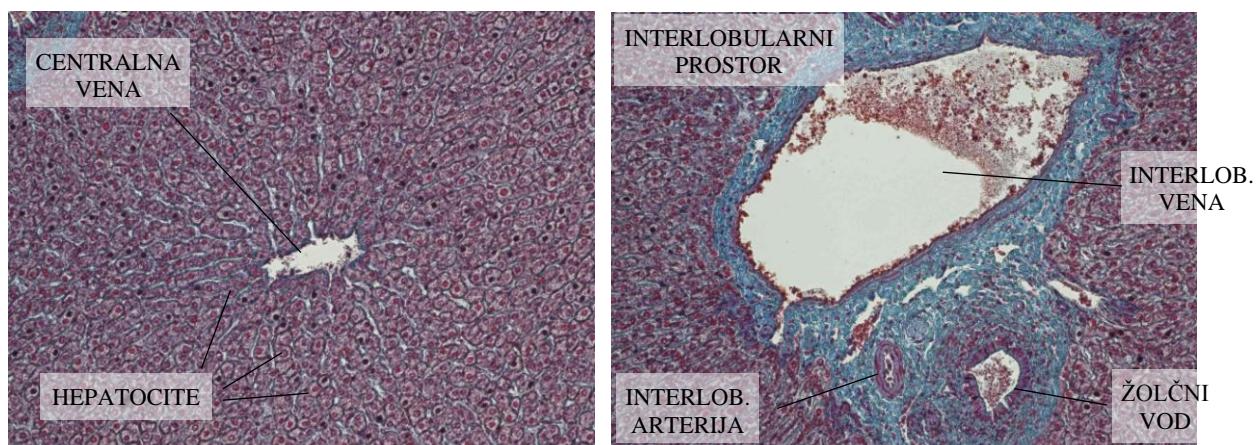
Jetra so zgrajena iz jetrnih kepic (lobulov). Lobuli so iz jetrnih celic (hepatocit), ki so žarkasto razporejene okrog osrednje zbiralne vene. Med lobuli so interlobularni prostori. Vsakem so interlobularna arterija, interlobularna vena in žolčni vod. Interlobularna arterija je veja jetrne arterije. Prepoznamo jo po relativno majhnem lumnu in debeli steni z močno razvito mišično plastjo. Interlobularna vena je veja vratarice (portalne vene). Ima relativno obsežen lumen in tanko steno. Stene žolčnih vodov so iz značilnega kubičnega do visokoprizmatskega epitelja. Kri priteka v jetra po jetrni arteriji in portalni veni, teče po interlobularnih arterijah in venah do jetrnih kepic in nato po razširjenih kapilarah med jetrnimi celicami v osrednjo zbiralno veno. Osrednje zbiralne vene vodijo v hepatično veno, po kateri teče kri v spodnjo veno kavo. Žolč, ki nastaja v jetrnih celicah, odteka po žolčnih kapilarah, ki so med jetrnimi celicami, v žolčne vode v interlobularnih prostorih in nato v žolčni vod. Žolč se zbira v žolčniku, odteka pa po žolčevodu v dvanajstnik. V stenah razširjenih kapilar v jetrnih kepicah so tudi Kupfferjeve celice, ki so sposobne fagocitoze.

**Material:** jetra (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite jetrne kepice s pripadajočimi interlobularnimi prostori ter označite jetrne celice, osrednjo zbiralno venu, interlobularno venu, interlobularno arterijo in žolčni vod.



Slika 16: Jetra



Slika 17: Jetrna kepica (levo) in interlobularni prostor (desno)

## DIHALA

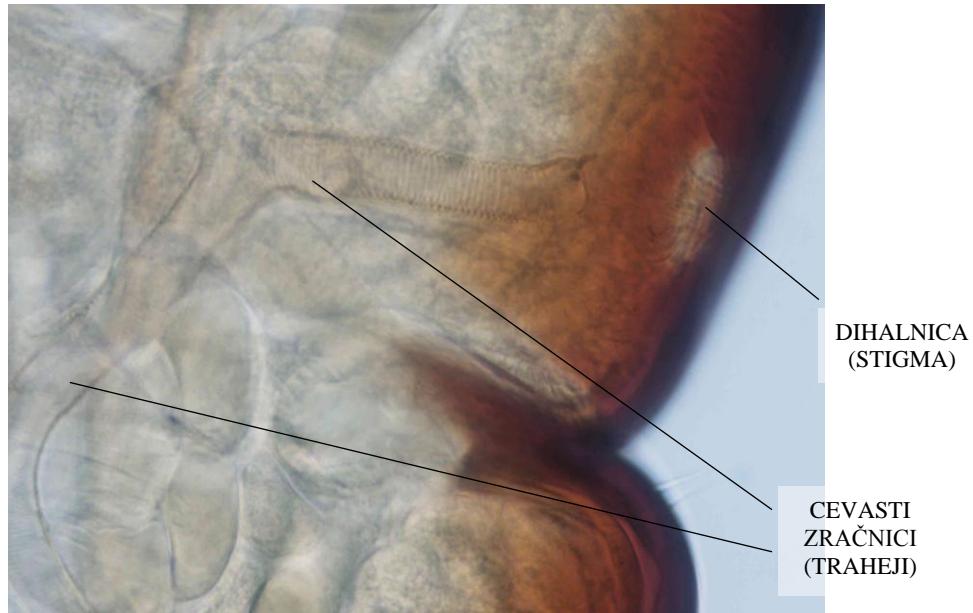
Dihanje je proces, ki sestoji iz izmenjave dihalnih plinov med organizmom in okoljem v dihalnih organih (zunanje dihanje), med krvjo v kapilarah in oskrbovanimi celicami/tkivi (notranje dihanje) ter oksidacijskih procesov v celici (celično dihanje). Zunanje dihanje poteka s procesom difuzije plinov skozi celično membrano ozziroma dihalno površino. Majhne živali z do 2 mm debelim telesom (razmerje med telesno površino in prostornino še omogoča učinkovito izmenjavo dihalnih plinov z difuzijo) ozziroma s počasno presnovo nimajo posebnih organov za dihanje in dihajo skozi telesno površino (npr. praživali, spužve, ožigalkarji, vrtinčarji, gliste, kolobarniki). Ostale živali imajo specializirane dihalne površine, ki so tanke in povečane ter pri vodnih živalih ponavadi izvihane (evaginirane; npr. škrge) in pri kopenskih uvihane (invaginirane; npr. vzdušnice, pljuča). Za učinkovito izmenjavo dihalnih plinov večje živali ventilirajo dihalne površine z ustvarjanjem vodnega toka skozi škrge ozziroma s širjenjem in oženjem pljuč z dihalnimi gibi mišic prsnega koša.

### Namen vaje

Spoznavanje zgradbe dihal žuželk, rakov, dvoživk, rib in sesalcev; učenje seciranja in spoznavanje notranje zgradbe rib.

**Material:** naglavna uš (mikroskopski preparat), živa ličinka enodnevnice, škamp, riba hrustančnica (mikroskopski preparat), postrv, živa ličinka močerada, sapnik sesalca (mikroskopski preparat), pljuča sesalca (mikroskopski preparat), dihala svinje

## Traheje in trahealne škrge



Slika 18: Cevaste zračnice

Dihalni sistem žuželk je zgrajen iz sistema številnih cevk, imenovanih zračnice (traheje). Zračnice so ugreznitve (invaginacije) povrhnjice (integumenta), v njih je zrak. Sistem cevastih zračnic se začenja na oprsuju in zadku s parnimi bočnimi odprtinami, dihalnicami (stigmami). Stene cevastih zračnic so hitinske in okrepljene z vijačničnimi ali obročastimi odebilitvami, ki preprečujejo, da bi se cevke stisnile. Proti notranjosti telesa so zračnice vse tanjše in vse bolj razvajene, končne (traheole) imajo tanko steno in so napolnjene s tekočino. Segajo do večine celic, kjer med njimi in traheolarno tekočino poteka izmenjava O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> s pomočjo difuzije. Mnoge vodne žuželke dihajo zrak, ki ga zajemajo nad vodno površino. Nekatere ličinke žuželk lahko dihajo v vodi, in sicer s trahealnimi škrzgami na zadku ali oprsuju. V teh škrzah so zaprte traheje, izmenjava plinov med vodo in trahejo poteka difuzijsko skozi površino škrge.

**Material:** naglavna uš, živa ličinka enodnevnice

**Naloga I** Na zadku uši poiščite dihalnice in pri največji povečavi sledite sistemu cevastih zračnic (trahej) v notranjost telesa. Sistem zračnic tudi narišite.

**Naloga II** Pod lupo si oglejte trahealne škrze ličinke enodnevnice in jih narišite.

## Škrge raka deseteronožca

Raki so večinoma vodni organizmi in dihajo s škrzgami. Nekateri mikroskopsko majhni raki nimajo škrge, dihalna plina difuzijsko prehajata skozi tanko kutikulo celotne površine telesa. Kopenski raki (na primer kočiči) prav tako nimajo škrge, ampak dihajo s trahejam podobnimi dihalni (psevdotrahejami). Škrge rakov so zelo različnih oblik, a so v osnovi vse derivat okončin. Okončine rakov so členjene ter dvovejnate. Iz kolčka – bazalnega členka – izraščata dve veji, notranja (endopodit) in zunanja (eksopodit). Notranja je pri oprsnih nogah priejena za hojo (hodilka), zunanja veja pa je običajno reducirana. Na bazalnem členku so lahko tudi stranski izrastki (epipoditi), ki so na oprsnih (torakalnih) nogah preoblikovani v škrge. Njihova površina je na različne načine povečana, kutikula je tanka. V notranjosti je votlina, ki je zapolnjena s hemolimfo (votlina je v tem primeru imenovana hemocel), ali pa je votlina dobro ožiljena. Pri večini deseteronožcev prekriva škrge koš, tako da so mehansko zaščitene. Vodni tok skozi škržno votlino ustvarjajo podaljšanje zunanje veje zadnjih čeljusti (II maksil), ki delujejo kot črpalke. Voda doteka v škržno votlino pod zadnjim robom koša in odteka v bližini ust.

**Material:** škamp

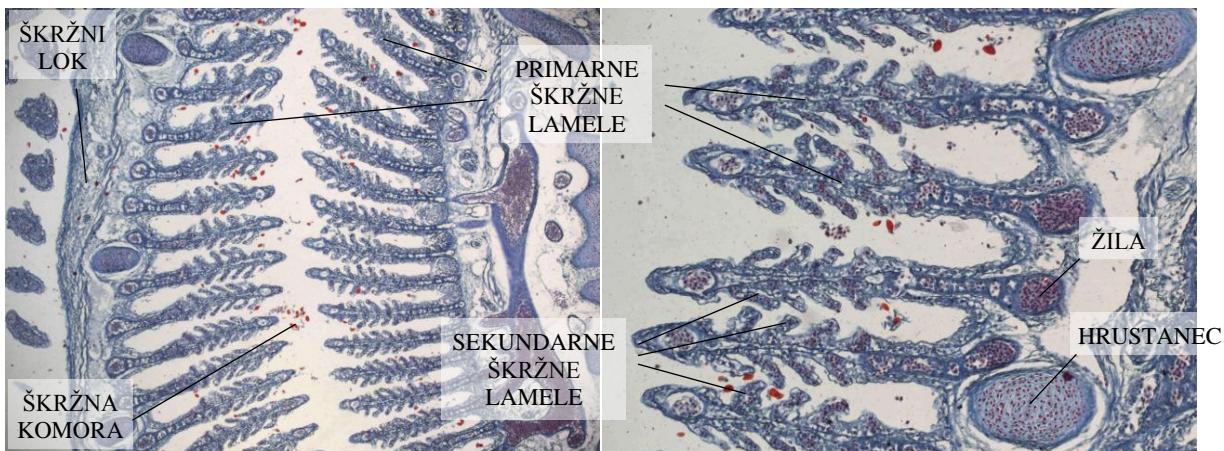
**Naloga** Oglejte si namestitev škrge pri škampu. Pod lupo si oglejte tudi nogo škampa in zgradbo škrge. Škrge z britvico prečno prerežite, da boste videli žile. Nogo in škrge tudi skicirajte.

## Škrge ribe hrustančnice

Škrge rib so derivat sprednjega dela črevesa. V osebnem (ontogenetskem) razvoju nastanejo iz epitela škržnih lokov. Med dihanjem voda doteka skozi usta ribe ter odteka med škrzgami. Škrge so dobro prekrvljene in imajo veliko površino, ki omogoča učinkovito izmenjavo dihalnih plinov. Ribe hrustančnice imajo običajno pet parov škržnih rež, ki niso pokrite s škržnim poklopcom. Škržne reže vodijo v škržne komore, ki so pri hrustančnicah ločene z medškržnimi pregradami (interbranhialnimi septi). Škrge so sestavljene iz škržnih lokov, iz katerih izraščajo primarni, iz teh pa sekundarni lističi (lamele). Skozi tanek epitel lamel poteka difuzija dihalnih plinov. V lamalah je gosto omrežje kapilar. Kri v kapilarah ter voda, ki obliva lamele, tečeta v nasprotni smeri (protitočni princip), kar ribam omogoča maksimalen izkoristek kisika, raztopljenega v vodi.

**Material:** prečni prerez ribe hrustančnice (mikroskopski preparat)

**Naloga** Oglejte si prečni prerez ribe hrustančnice. Narišite in označite žrelo, škržne loke, škržne komore ter primarne in sekundarne škržne lamele.



Slika 19: Škržna komora (levo) in škržne lamele

## Zunanje škrge ličinke močerada

Ličinke dvoživk živijo v vodi in dihajo s škrsgami. Ličinke brezrepih dvoživk (žabe) dihajo najprej z zunanjimi škrsgami, ki pa jih pri starejših ličinkah nadomestijo notranje škrge. Ličinke repatih dvoživk (močerilarjev, pupkov in močeradov) dihajo samo z zunanjimi škrsgami. Zunanje škrge so peresasto razrasle, s čimer je difuzijska površina dihalnih plinov povečana. Odrasle dvoživke, ki živijo na kopnem, dihajo s pljuči ali skozi kožo, nekatere ohranijo zunanje škrge vse življenje (npr. človeška ribica).

**Material:** živa ličinka močerada

**Naloga** Pod lupo si oglejte zunanje škrge ličinke močerada in jih narišite.

## Sapnik (traheja) sesalca

Sapnik je cevast organ kopenskih vretenčarjev med grлом in pljuči oziroma pri ptičih žrelom in pljuči, ker nimajo grla. Je del sistema dihalnih poti, po katerih prehajajo dihalni plini. Stena sapnika je iz nesklenjenih obročastih hrustancev (v obliki črke C), z vezivnim tkivom zadaj, ki preprečujejo stisnjene. Sluznica sapnika je iz mitetalčnega epitelja. Mitetalke nenehno potiskajo sluz in vanjo prilepljene tujke proti grlu. V epitelu sapnika so med mitetalčnimi celicami še basalne in čašaste sluzne (mukozne) celice. Sluz izločajo tudi mukozno-serozne žlezne v podsluznici sapnika. Obročasti hrustanci sapnika so iz hialinega hrustanca, za katerega so značilne gradbene enote hrustanca, hondroni, iz večjega števila hrustančnih celic (hondrocyt). Med hondroni je medceličnina iz proteoglikanov, kolagenskih vlaken in vode. Površje hrustanca tvori hrustančna ovojnica (perihondrij) iz vezivnega tkiva, ki difuzijsko oskrbuje hrustanec s kisikom in hranljivimi snovmi.

**Material:** prečni prerez sapnika sesalca (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite sapnik v prečnem prerezu. Poiščite in označite sluznico sapnika, podsluznico z žlezami, hrustanec, hondrone s hondroцитami ter hrustančno ovojnico (perihondrij).



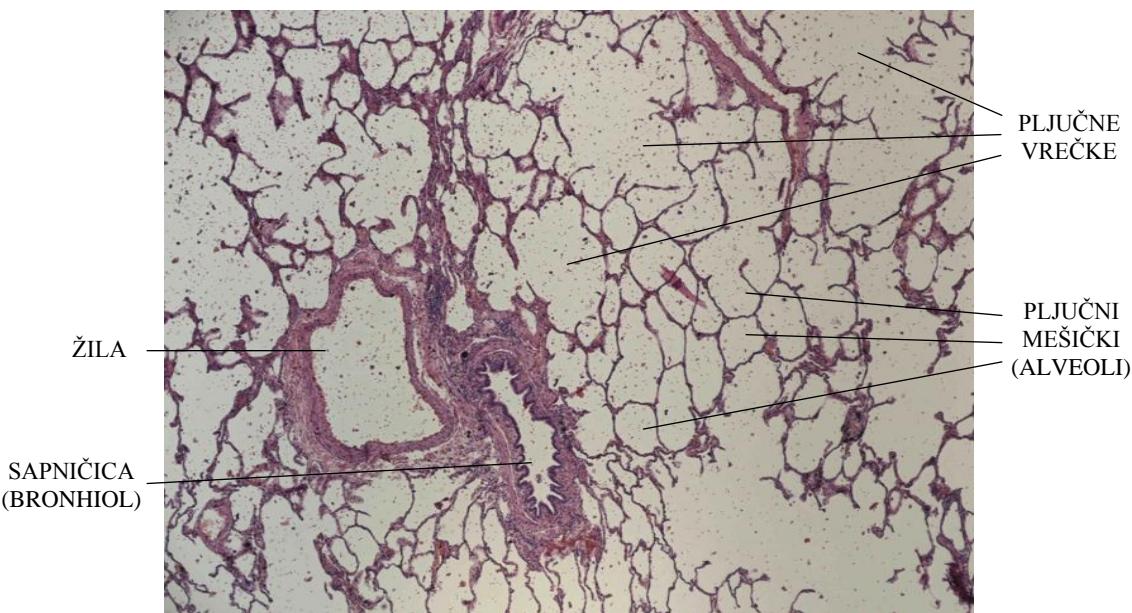
Slika 20: Prečni prerez sapnika sesalca

## Pljuča sesalca

Pljuča so dihalni organ, od prvega vdiha naprej so napolnjena z zrakom. Funkcionalna enota pljuč je pljučni mešiček (alveoli). Pljučni mešički so izboklinice pljučnih vrečk, ki so za najtanjšimi sapničicami (respiratorični bronhioli). Stena pljučnih mešičkov je iz enoslojnega ploščatega epitela, ki omogoča izmenjavo dihalnih plinov med zrakom v alveolih in krvjo v kapilarah, ki pljučne mešičke obdajajo. Zrak prehaja v pljuča in izhaja iz njih skozi nosno in ustno votljino, žrelo, grlo, sapnik ter po razvejanem sistemu dihalnih cevi (sapnice in sapničice). Površje pljuč je popljučnica, ki prehaja v rebrno mreno (porebrnico) v notranjost prsne votline. Obe sta serozni mreni – izločata serozno tekočino, ki omogoča gladko drsenje pljuč v prsnici votlini med dihanjem.

**Material:** pljuča (mikroskopski preparat)

**Naloge** Narišite preparat pljuč in označite pljučne vrečke, pljučne mešičke (alveole), sapničice (bronhiole) in žile.



Slika 21: Pljuča sesalca

## Dihala svinje

**Material:** sveža dihala svinje

**Naloga** Oglejte si dihala svinje (grlo, sapnik, glasilke, glavni sapnici, pljuča, popljučnico), jih narišite in označite osnovne dele ter prepoznane podrobnosti (pljučne režne, hrustančne obročke in polobročke ter vezivno opno).

## SEKCIJA RIBE

**Material:** sveža postrv

**Naloga** Po spodaj navedenem postopku odprite trebušno votlino ribe in poiščite ribji mehur, želodec, črevo, jetra, žolčnik, vranico, ledvice in spolne žleze (testise ali ovarije). V osrčniku pred trebušno votlino poiščite srce. Organe izpreparirajte, narišite in poimenujte.

Postopek sekcije ribe

1. Ribo bočno položite na plutovinast podstavek.
2. Z bucikami jo pritrdite na podlago, tako da bucike pod kotom  $30^{\circ}$  zapičite skozi baze trebušne, hrbtne in repne plavuti čim bližje telesu.
3. S škarjami ali skalpelom odprite trebušno votlino. Z rezanjem pričnite na grlu na mestu pod škržnima poklopčema in režite do zadnjične odprtine. Režite plitvo, da ne poškodujte notranjih organov (predvsem prebavil).
4. Ko ste odprli trebušno votlino, odstranite plast kosti in mišic na boku tako, da od zadnjične odprtine previdno režete navzgor proti hrbtnu do hrbtenice in ob hrbtenici proti glavi. Režite previdno, da ne predrete ribjega mehurja.
5. Oglejte si položaj posameznih organov in jih poimenujte.
6. Organe izpreparirajte in jih smiselno razporedite ob telesu ribe – kot ležijo v telesu ribe. Narišite jih in poimenujte.
7. S škarjami odstranite en škržni poklopec in izrežite škrge. Škrge narišite. Nato odrežite en škržni lok, ga položite v petrijevko z vodo in si ga oglejte pod lupo. Narišite in označite škržni lok, škržne trne ter primarne in sekundarne škržne lamele.

**Vprašanja** Koliko škržnih lokov imajo škrge? Kakšno vlogo imajo škržni trni? So primarne škržne lamele na škržni lok pritrjene posamezno ali v paru?

## IZLOČALA

Organi za izločanje s svojim delovanjem vzdržujejo homeostazo telesnih tekočin, izločajo nerabne proizvode metabolizma (npr. metabolite dušikovih spojin) in odvečno vodo. Praživali izločajo z eksocitozo in s kontraktilnimi vakuolami (tudi npr. spužve, trdoživi), ostali mnogoceličarji imajo izločalne organe. Osnovni izločalni organi so protonefridiji (ploski črvi), metanefridiji (mehkužci, kolobarniki), antenalne žleze (nekateri raki), Malpighijeve cevke (kopenski členonožci) in ledvice (vretenčarji). Procesi v protonefridijih, metanefridijih in ledvicah so podobni: med tokom tekočine skozi nefridije se resorbirajo voda in uporabne snovi, ostale se izločijo z iztekajočim urinom. Pri Malpighijevih cevkah vodo in uporabne snovi resorbirajo rektalne žleze.

### Namen vaje

Spoznavati dva tipa izločal nevretenčarjev ter zgradbo ledvic.

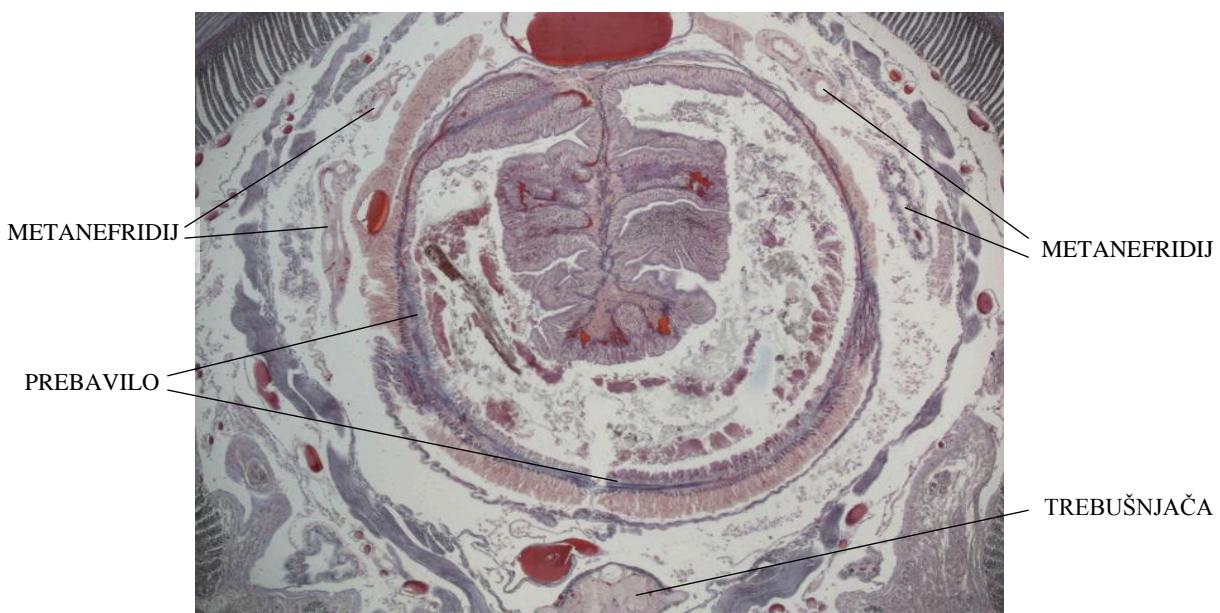
**Material:** deževnik (mikroskopski preparat), ščurek, ledvica človeka (mikroskopski preparat), sveža ledvica svinje

## Metanefridiji deževnika

Metanefridiji so tip cevastih izločal, ki so pri deževniku v parih razporejeni v večini členov – razen v prvih in zadnjih – vzdolž telesa. Posamezen metanefridij se začenja z lijakastim migetalčnim ustjem (nefrostomom) v celomski vrečki enega člena (segmenta, "kolobarja") in se nadaljuje v zvito cevko (tubulus), ki prehaja skozi steno (disepiment) v celomsko vrečko naslednjega člena. Tam se cevka tik pred koncem razširi v mehur in se nato nadaljuje v kratko končno cevko z izločalno odptino (nefroporom), skozi katero seč izteka na prostoto. Migetalke nefrostoma usmerjajo celomsko tekočino skozi lijak v tubulus, ki ga obdajajo krvne žile. Uporabne snovi se resorbirajo v kri, neuporabne pa izločijo.

**Material:** prečni prerez deževnika (mikroskopski preparat)

**Naloga** Oglejte si deževnika v prečnem prerezu. Narišite in označite metanefridije ter nefroporus (če je viden).



Slika 22: Prečni prerez deževnika z metanefridiji

## Malpighijeve cevke

Malpighijeve cevke so izločala žuželk in mnogih drugih kopenskih členonožcev. So cevasti, slepo zaprti izrastki srednjega črevesa tik pred zadnjim črevesom. Zaradi višjega osmotskega tlaka v notranjosti (v lumnu) Malpighijevih cevk, v cevke iz hemolimfe pasivno prehaja voda z raztopljenimi solmi sečne kisline (druge soli vstopajo z aktivnim transportom, torej se v cevke črpajo). Malpighijeve cevke se praznijo v črevo. V zadnjem črevesu se ioni in voda resorbirajo v hemolimfo, sečna kislina pa se skupaj z neprebavljenimi ostanki hrane izloči na prosto.

**Material:** ščurek

**Naloga** Oglejte si navodila za sekcijo ščurka pri vaji o prebavilih ščurka in natančno označite namestitev Malpighijevih cevk.

## Ledvice

Ledvice so izločala vretenčarjev, ki so pri različnih skupinah različno zgrajene. Človeške ledvice so paren organ. Zunanji del ledvice je vezivna ovojnica (kapsula), pod katero je mehko tkivo (parenhim) iz temnejše skorje (korteksa) ter svetlejše sredice (medule). Na medialni, vbočeni strani ledvice je ledvični meh (pielon, pelvis renalis). Ledvična lina je predel, v katerem iz ledvice izhaja sečevod in kjer so največje ledvične žile in živci.

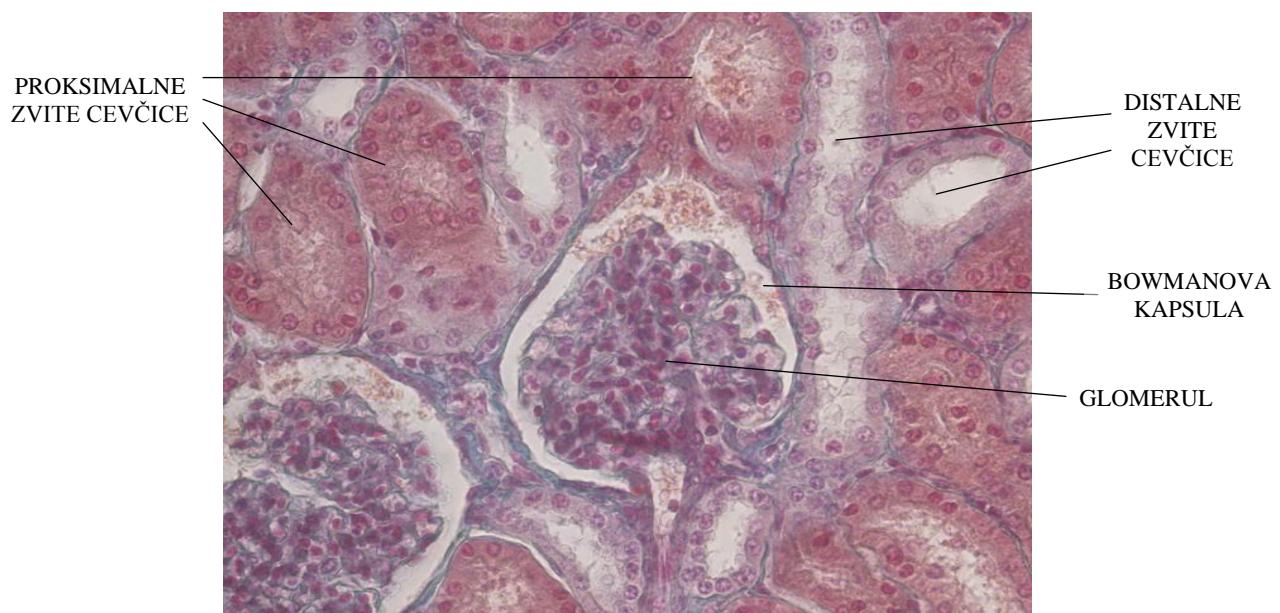
Funkcionalna enota ledvice je nefron. Vsak nefron je iz glomerularnega aparata ali Malpighijevega telesca in ledvične cevke (tubula). Malpighijev telesce sestoji iz kapilarnega prepleta (glomerula) in Bowmanove kapsule. V ledvični cevki razlikujemo več odsekov: bližnjo (proksimalno) zvito cevčico, Henlejevo zanko in daljno (distalno) zvito cevčico. V glomerulu poteka precejanje ozioroma odcejanje (ultrafiltracija) krvi. Filtrirana tekočina je skoraj enaka krvni plazmi in odteka v tubulus, kjer se koristne snovi (npr. glukoza,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) ponovno vsrkajo v kapilare (resorpcija), medtem nekatere snovi (npr.  $H^+$ ) celice tubula aktivno izločajo (sekrecija). Škodljive (npr. sečnina) in nerabne snovi (npr. odvečna voda) odtekajo v zbirni vod ozioroma cedilce. Iz slednjega odteče tekočina v ledvični meh in naprej po sečevodu (ureter) v sečni mehur in skozi sečnico (uretra) navzven.

V ledvični skorji so glomerularni aparati in (bližnje in daljne) zviti deli ledvičnih cevčic. Epitel ledvičnih cevčic je enoslojen kubični epitel. Apikalna plazmalema epitelnih celic bližnjih zvitih cevčic je diferencirana v mikrovile, zato je meja med epitelom in svetlino (lumnom) cevk pod svetlobnim mikroskopom nerazločna. Daljne zavite cevčice so ožje, svetlejše, z večjo svetlino, ker so epitelne celice brez mikrovilov. V ledvični sredici so Henlejeve zanke in zbirni vodi. V zbirnih vodih je enoslojni kubični epitel s svetlejšimi celicami. Meje med celicami so razločne.

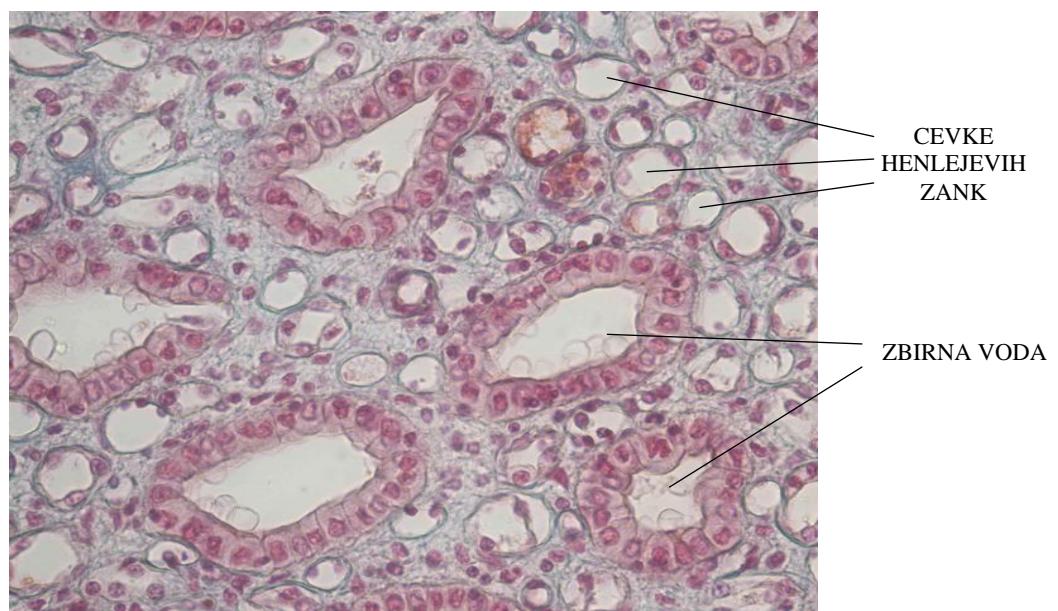
**Material:** ledvica sesalca (mikroskopski preparat), ledvica svinje (sveža)

**Naloga I** Narišite preparat ledvice pri najmanjši povečavi in označite kapsulo, skorjo in sredico. Skorjo in sredico narišite tudi pri največji povečavi. V skorji poiščite Malpighijeva telesca (iz Bowmanove kapsule in glomerula), proksimalne zvite cevčice, distalne zvite cevčice ter žile. V sredici poiščite cevke Henlejevih zank in zbirne vode.

**Naloga II** Oglejte si zgradbo cele in vzdolžno prerezane ledvice svinje, jo skicirajte in označite ledvično lino, sečevod, žile, ledvični meh, kapsulo, skorjo in sredico.



Slika 23: Skorja ledvice



Slika 24: Sredica ledvice

## OBTOČILA IN VRANICA

K obtočilom spadata srčno–krvožilni in mezgovni (limfnii) sistem. Srčno–krvožilni sistem gradijo srce kot centralni organ ter krvne žile, po katerih poteka transport dihalnih plinov, hranljivih snovi, odpadnih metabolitov, hormonov itd. Krvožilni sistem je lahko nesklenjen (pri večini nevretenčarjev) ali sklenjen (kolobarniki, glavonožci, vretenčarji). V sklenjenem krvožilnem sistemu teče kri iz srca po odvodnicah (arterijah), v srce pa po dovodnicah (venah). Arterijski in venozni sistem sta med seboj povezana z lasnicami (kapilarimi). Manjši organizmi (praživali, ploski črvi, ožigalkarji, gliste) nimajo krvožilnega sistema, saj snovi z okoljem izmenjujejo z difuzijo in aktivnim transportom. Pri nekaterih nevretenčarjih opravljajo vlogo krvožilnega sistema drugi organski sistemi (npr. gastrovaskularni, trahelani sistem, celomsko omrežje pri pijavkah).

Limfnii sistem je zgrajen iz limfnih kapilar, žil in vodov, ki tkivno tekočino odvajajo v kri (drenažna vloga). Sestavni del limfnega sistema je limfatsko tkivo – bezgavke, ki imajo v organizmu obrambno vlogo (makrofagi, imunski odziv organizma).

### Namen vaje

Spoznavati zgradbo srca, srčne mišice, vranice in bezgavk.

**Material:** srce svinje, srčna mišica človeka (mikroskopski preparat), vranica človeka (mikroskopski preparat), bezgavka (mikroskopski preparat)

## Srce

Srce je mišičast organ, ki se ritmično krči in potiska kri (oziroma hemolimfo pri nevretenčarjih z nesklenjenim krvožilnim sistemom) po žilah. Prisotno je pri vseh živalih z razvitim obtočili. Sesalci in ptiči imajo srce predeljeno s srčnim pretinom v dve tlačilki (leva in desna polovica srca) ter skupno v štiri komore: levi in desni preddvor (atrij) ter levi in desni prekat (ventrikel). Pri človeku doteka s kisikom revna (deoksigenirana) kri iz telesa po zgornji in spodnji veliki dovodnici v desni preddvor. Od tod teče v desni prekat, ki iztisne kri v pljučno deblo in po dveh pljučnih arterijah v pljuča. S kisikom obogatena (oksigenirana) kri se vrne v srce, v levi preddvor, po pljučnih venah, od koder teče v levi prekat. Ta ima močno mišično steno, ki kri iztisne v glavno telesno arterijo, aorto, iz katere izhajajo arterije, ki vodijo do posameznih organov. V vsakem delu srca je med preddvorom in prekatom zaklopka, dvoloputasta (bikuspidalna, mitralna) v levi in troloputasta (trikuspidalna) v desni polovici srca. Prosti rob zaklopke je z vezivnimi nitmi pripet na steno prekata in na bradavičaste mišice (dejansko prstasti odrastki srčne mišice v notranjosti prekator). V ustju aorte in pljučnega debla sta aortna in pljučna žepasta zaklopka. Srce obdaja osrčnik (perikard) iz serozno–vezivnega tkiva. Srce ima svoj krvni obtok, venčni (koronarni) obtok, ki oskrbuje srce s kisikom in hranili. Je del velikega krvnega obtoka, saj sta venčni arteriji prvi, ki se odcepita od aorte.

**Material:** srce svinje

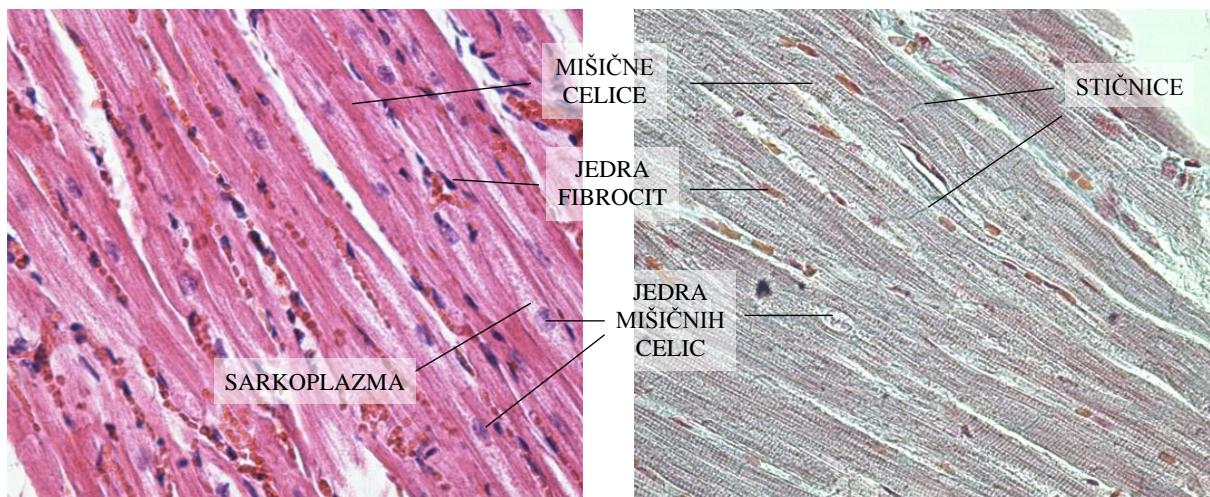
**Naloga** Oglejte si zgradbo srca svinje, ga narišite ter poimenujte dele srca in izhajajoče žile in označite smer toka krvi.

## Srčna mišica

Steno srca sestavljajo tri plasti: notranja srčna opna (endokard), mišična stena (miokard) in posrčnica (epikard). Najdebelejši je miokard, ki ga sestavljajo srčne mišične celice, imenovane tudi srčnomišična vlakna. Srčne mišične celice so progaste, kot mišična vlakna skeletnih mišic, vendar miofibrile niso pravilno urejene. Celice z enim, centralno ležečim jedrom so tanjše in krajše od mnogo jedrnih mišičnih vlaken skeletnih mišic. Okoli jedra je svetleje obarvana sarkoplazma brez miofibril. Na koncih je večina celic razvezanih in povezanih s sosednjimi celicami s stičnicami v enotno funkcionalno omrežje, srčni sincicij. Med srčnimi mišičnimi celicami je dobro prekryljeno vezivno tkivo, pogoste so celice vezivnega tkiva (fibrocyte) z dobro vidnim jedrom.

**Material:** vzdolžni prerez srčne mišice (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite vzdolžni prerez srčne mišice. Označite mišične celice z jedri, sarkoplazmo okoli jeder ter jedra celic vezivnega tkiva (fibrocyt).



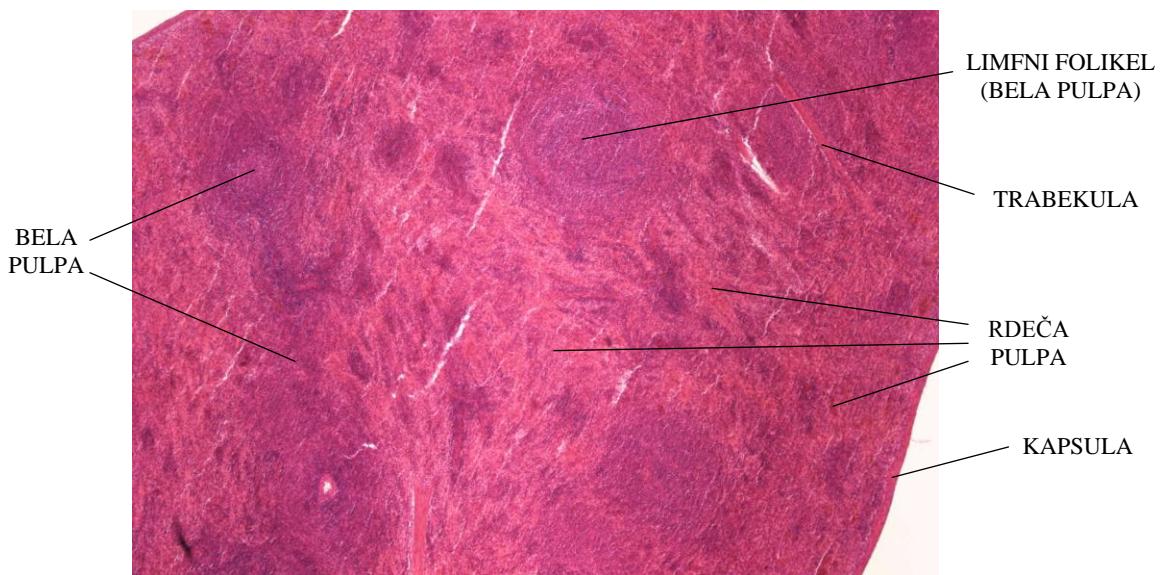
Slika 25: Vzdolžni prerez srčne mišice

## Vranica

Vranica je največji limfatski organ in edini, ki je vključen v krvni obtok. V vranici se odstranjujejo tujki, toksini, mikrobi, razgrajujejo se izrabljeni eritrociti ter nastajajo specifična protitelesa, spominske celice in celice ubijalke, ki uničujejo tuje celice. Pred rojstvom (v prenatalnem obdobju) je vranica krvotvoren (hemopoetski) organ za vse krvne celice. Kasneje to vlogo prevzame kostni mozek. Vranica je tudi shramba za kri. Omrežje krvnih žil v vranici se lahko izdatno razširi, vranica se poveča. To kri vranica po potrebi znova prepusti v krvni obtok. Kri v vranici je zgoščena, ker del krvne plazme odteče. Vranica pri človeku leži v zgornjem levem predelu trebušne votline za želodcem. Ovojnica (kapsula) vranice je iz čvrstega vezivnega tkiva iz kolagenskih in elastičnih vlaken ter z gladkimi mišičnimi celicami. Iz kapsule so v funkcionalno, mehko tkivo (parenchym) vranice ugreznjeni številni vezivni pretini (trabekule). Parenchym gradita rdeča in bela pulpa. Rdeča pulpa je iz žilnih razširitev, v katerih so eritrociti ter številni makrofagi, ki okvarjene eritrocite in trombocite razgrajujejo. Belo pulpo gradijo limfní folikli in limfní omoti okrog arterij. V njih poteka proliferacija limfocitov in proizvodnja protiteles.

**Material:** vranica človeka (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite del vranice in označite kapsulo, trabekule, rdečo in belo pulpo ter žile.



Slika 26: Vranica

## Bezgavke

Bezgavke so sestavni del limfatskega sistema in opravljajo vlogo filtriranja celičnih delcev (fragmentov) ter okvarjenih celic. Limfa priteče po dovodnih mezgovnicah (limfnih žilah) v sinusni sistem bezgavke. Organizmu tuje substance in bolezensko spremenjene celice, npr. rakaste celice, se ob mreži vlaken zaustavijo. Makrofagi tujke polovijo, limfociti pa sprožijo specifično imunsko reakcijo. Bezgavke so fižolaste do kroglaste oblike, s premerom od nekaj mm do 3 cm. Posamezne bezgavke ali skupine bezgavk (limfatski centri) so v podkožju in jih lahko otipamo (npr. pod spodnjo čeljustjo, ključnico, v dimljah), druge so globlje v telesu.

Iz vezivne ovojnice (kapsule) segajo proti centru bezgavke stebrički (trabekule). Limfa priteka v bezgavko na konveksnem delu bezgavke, teče skozi sistem votlin (sinusni sistem) iz rahlega limfatskega tkiva in odteka na konkavni strani bezgavke.

Pri bezgavki razlikujemo:

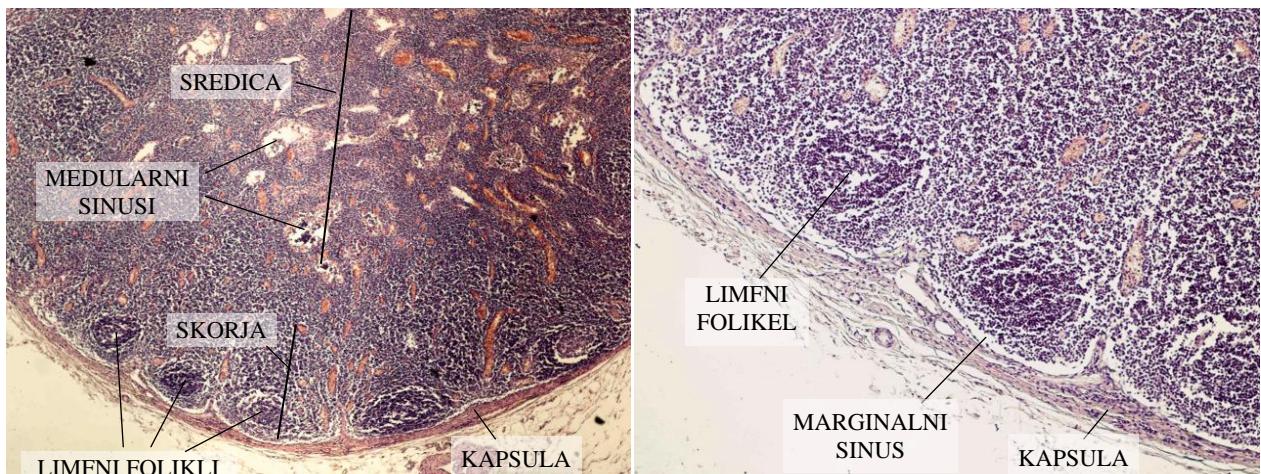
- skorjo (korteks) iz difuznega limfatskega tkiva, v katerem je večina limfnih foliklov;
- parakortikalno plast med skorjo in sredico iz difuznega limfatskega tkiva;
- sredico iz stebričkov limfatskega tkiva (medularnih povezkov).

Sinusni sistem bezgavke tvorijo:

- marginalni sinus, v katerega priteka limfa po dovodnih limfnih žilah;
- intermediarni sinus, ki je v skorji in parakortikalni plasti;
- medularni sinus v sredici, iz katerega odteka limfa po odvodnih limfnih žilah.

**Material:** bezgavka (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte del bezgavke in označite kapsulo, skorjo, limfne folikle, marginalni sinus, sredico in medularne sinuse.



Slika 27: Bezgavke

## ENDOKRINI SISTEM

Endokrini sistem je skupina žlez, ki proizvajajo hormone in jih izločajo v kri oziroma druge telesne tekočine, ki prenašajo hormone do ciljnih oziroma tarčnih tkiv. To so žleze z notranjim izločanjem (endokrine žleze). Hormoni so organske spojine, ki v organizmu regulirajo kontinuirane procese (rast, metabolizem, homeostazo, reprodukcijo). V primerjavi z drugim regulacijskim sistemom, živčnim sistemom, je delovanje endokrinega sistema mnogo počasnejše. Endokrine žleze so na splošno dobro prekravljene, nimajo izvodil in v njih so prisotne intracelularne vakuole ali granule, v katerih so shranjeni hormoni. Hormoni delujejo na tarčne celice v organizmu tako, da se vežejo na hormonske, predvsem nevrosekretorne celice – nevroni, ki proizvajajo hormone. Najpomembnejše endokrine žleze vretenčarjev so hipofiza, epifiza, ščitnica, obščitnica, trebušna slinavka, nadledvična žleza, spolne žleze in posteljica.

### Namen vaje

Namen vaje je spoznati zgradbo pomembnejših endokrinih žlez vretenčarjev.

**Material:** hipofiza (mikroskopski preparat), ščitnica (mikroskopski preparat), nadledvična žleza (mikroskopski preparat)

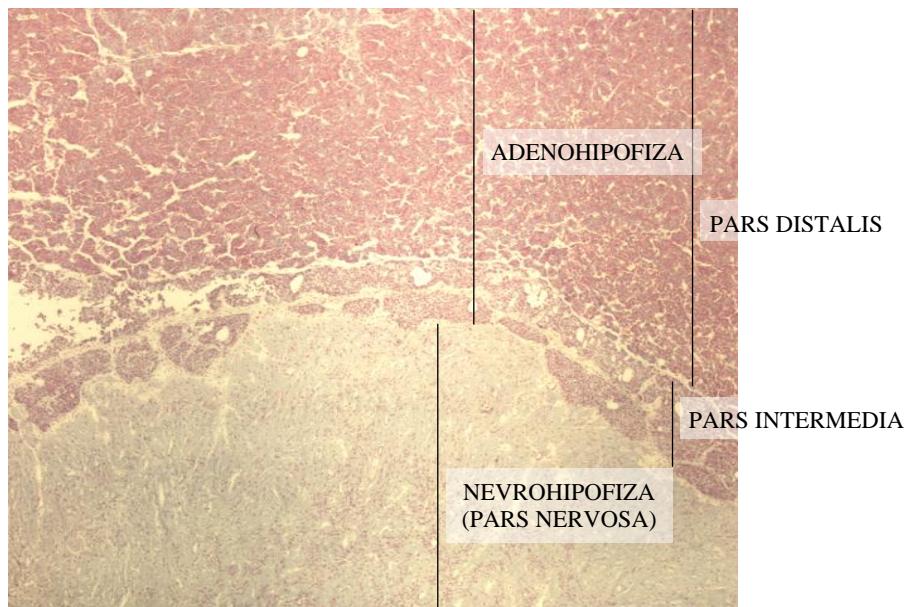
## Hipofiza

Hipofiza ali možganski privesek je najpomembnejša žleza z notranjim izločanjem. Pri večini vretenčarjev je zgrajena iz prednjega, zadnjega in srednjega režnja. Pri človeku in nekaterih drugih vretenčarjih je iz dveh režnjev, prednjega (adenohipofiza) in zadnjega (nevrohipofiza). Hipofiza je v koščeni vdolbini lobanjskega dna, tako imenovanem turškem sedlu. Hipofiza je s hipofiznim pecljem povezana s hipotalamusom; hipotalamus ima nevrosekretorno vlogo. V embrionalnem razvoju nastane adenohipofiza iz ektodermalnih celic prvotne ustne votline, ki se pomaknejo navzgor, nevrohipofiza pa z izvihanjem (evaginacijo) nevrotoderma možganske baze navzdol v predel turškega sedla. Hipofiza uravnava delovanje večine drugih endokrinih žlez, med njimi ščitnice, skorje nadledvične žleze in spolnih žlez (gonad). V sprednjem režnju hipofize razlikujemo celice z acidofilnimi in bazofilnimi zrnji ter kromofobne celice. Z imunocitokemijskim barvanjem, s katerim dokazujemo posamezne

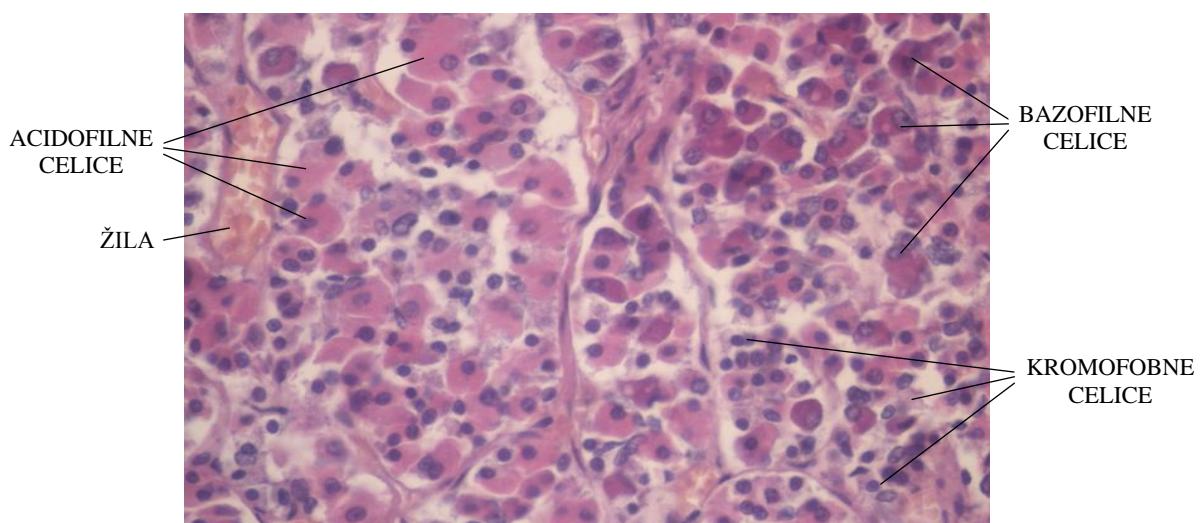
hormone v celicah, razlikujemo pet vrst hipofiznih celic, ki izločajo šest hipofiznih hormonov. Ti so rastni hormon ali somatotropin (GH ali STH; spodbuja rast organizma), tirotropni hormon (TSH; spodbuja ščitnico), prolaktin (PRL; spodbuja mlečne žleze), adrenokortikotropni hormon (ACTH in sorodni peptidi; spodbuja skorjo nadledvične žleze) ter gonadotropna (spodbujata spolne žleze) hormona folikel stimulirajoči hormon (FSH; spodbuja rast in razvoj spolnih celic) in luteinizirajoči hormon (LH; spodbuja razvoj ženskih spolnih celic ter spolnih hormonov). V zadnjem režnju hipofize so glia celice, žile in živčna vlakna (aksoni) endokrinih živčnih celic hipotalamus s Herringovimi telesci ob koncu aksona. Ta telesca vsebujejo nevrosekrecijska zrnca, v katerih sta hormona oksitocin (OKS; spodbuja porodne krče) in antidiuretični hormon ali vazopresin (ADH ali VP; regulira zadrževanje vode).

**Material:** hipofiza (mikroskopski preparat)

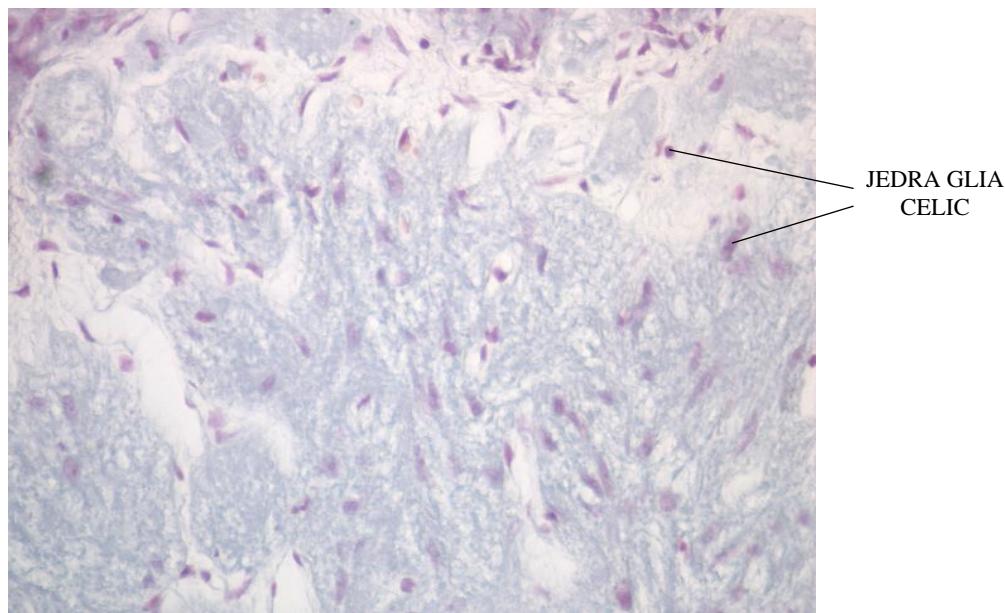
**Naloga** Narišite hipofizo in označite adenohipofizo in nevrohipofizo. Pri največji povečavi narišite del adenohipofize in označite bazofilne, acidofilne in kromofobne celice. V nevrohipofizi poiščite in označite aksone, glia celice in Herringova telesca.



Slika 28: Hipofiza



Slika 29: Adenohipofiza



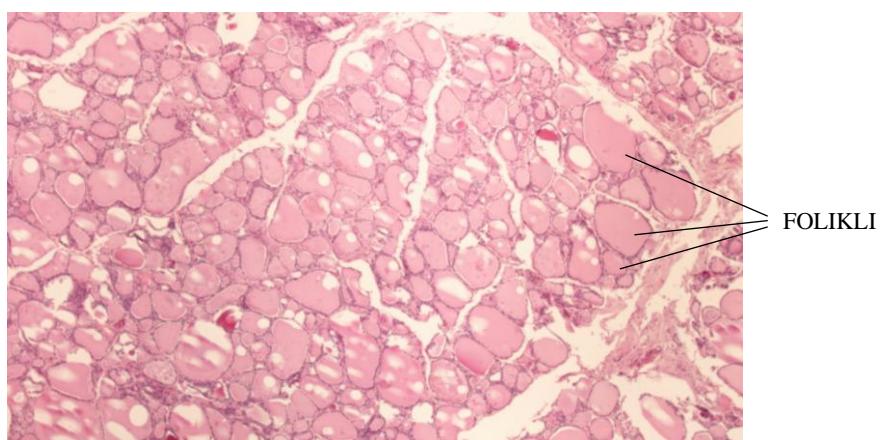
Slika 30: Nevrohipofiza

## Ščitnica

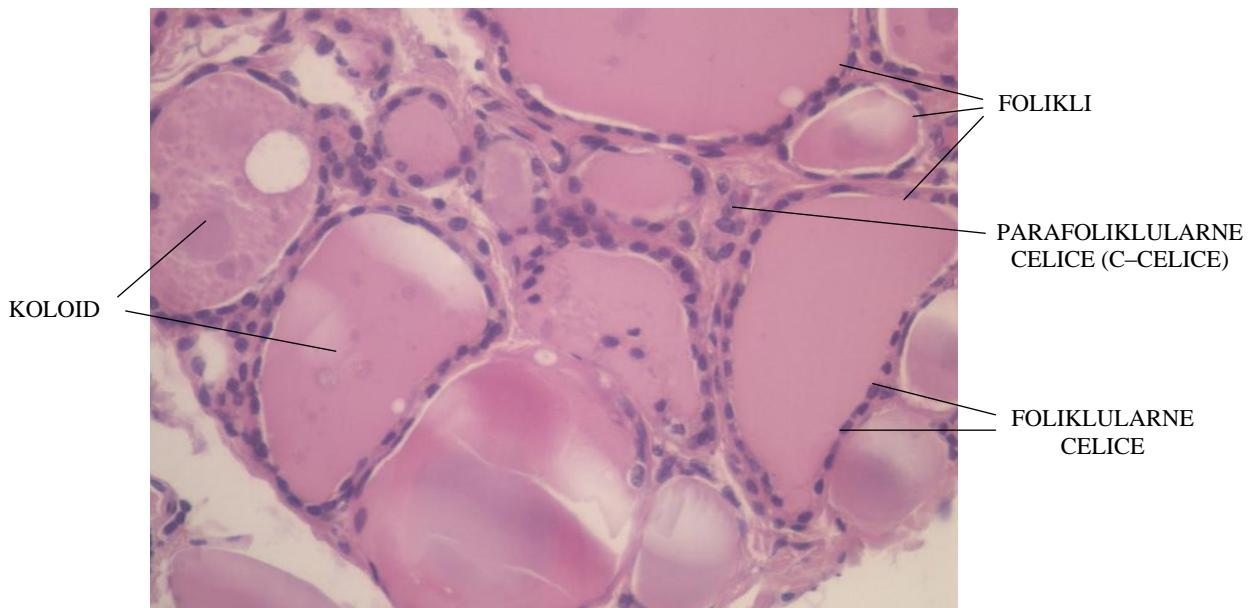
Ščitnica (glandula tir(e)oidea) je endokrina žleza v predelu vratu in obdaja zgornji del sapnika od spredaj ter od strani. Pri človeku je sestavljena iz levega in desnega režnja, ki ju spredaj veže ščitnični mostiček. Zunanji del žleze tvori vezivna ovojnica (kapsula), iz katere potekajo v notranjost vezivni pretini (septe), ki delijo mehko žlezno tkivo v manjše režnje. Osnovna gradbena in funkcionalna enota ščitnice so mešički (folikli). Folikle tvori enoplasten kubični epitel iz folikularnih celic, ki proizvajajo ščitnična hormona trijodtironin ( $T_3$ ) in tetrajodtironin ali tiroksin ( $T_4$ ). V notranjosti folikla je koloid, ki je vir snovi za sintezo ščitničnih hormonov in v manjši meri tudi rezervoar teh hormonov. V prostorih med folikli so parafolikularne ali C-celice, ki izločajo hormon kalcitonin. Ščitnični hormoni uravnavajo rast in razvoj organizma; tiroksin in trijodtironin pospešujejo metabolizem ogljikovih hidratov, lipidov in beljakovin, kalcitonin pa aktivira procese, ki znižujejo količino kalcija v krvi. Pri dvoživkah sproži povečanje količine tireoidnih hormonov preobrazbo ličink (npr. žabnjih paglavcev) v odrasle živali.

**Material:** ščitnica (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite in označite folikle, koloid, folikularne celice in parafolikularne celice (C-celice).



Slika 31: Ščitnica



Slika 32: Ščitnica

## Nadledvična žleza

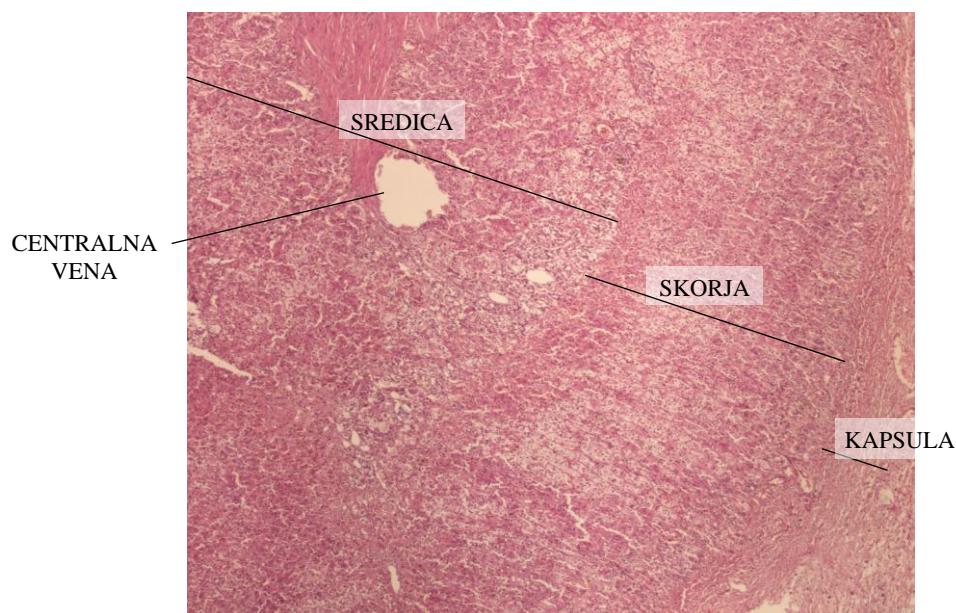
Nadledvična žleza (glandula suprarenalis) je ob ledvici, pri sesalcih v maščobni ovojnici na zgornjem ali sprednjem delu ledvice. Morfološko in funkcionalno sestoji iz dveh delov, skorje (korteks) in sredice (medula), ki pri nižjih vretenčarjih nista natančno razmejeni. Sredica je del nevroendokrinega sistema, ki tvori in izloča adrenalin (vpliva na oksidativni metabolizem, pospešuje srčni utrip ter pripravi organizem na obremenitev), noradrenalin (stimulira možgane, zvišuje krvni tlak ter pripravi organizem na obremenitev) in nekatere (vazoaktivne) amine (vplivajo na krčenje in sproščanje žilnega mišičja). Skorja nadledvične žleze je sestavljena iz naslednjih treh plasti:

- Klobčičasta plast (conae glomeruloza) je zunanjja plast skorje in izloča mineralokortikoide (vplivajo na vsebnost vode in soli v telesnih tekočinah).
- Snopičasta plast (conae fascikulata) izloča glukokortikoide (stimulirajo razgradnjo energijsko bogatih snovi) in manjšo količino spolnih hormonov. Celice so razporejene v snopičih.
- Mrežasta plast (conae retikularis) meji na sredico in izloča predvsem spolne hormone ter manjšo količino glukokortikoidov. Celice so razporejene mrežasto.

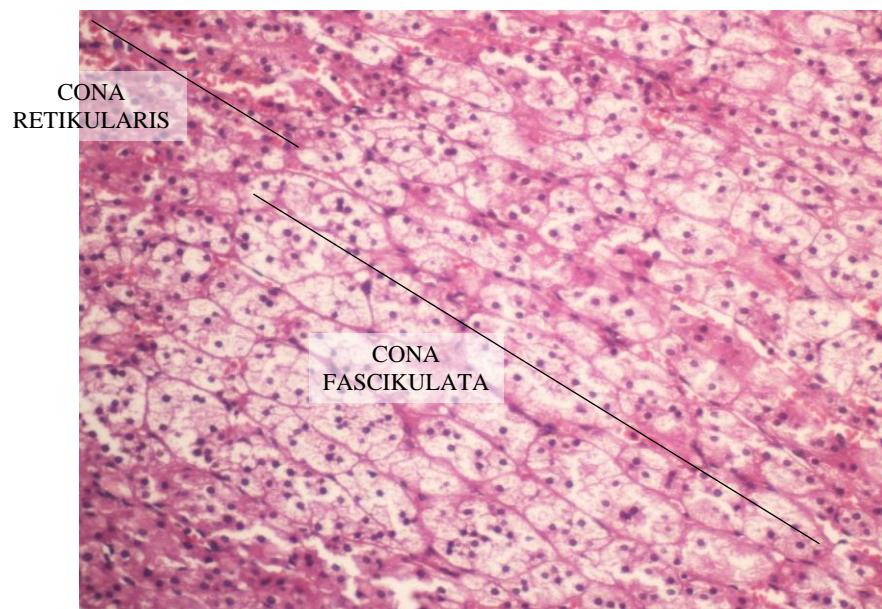
V sredici so kromafine celice, ki izdelujejo adrenalin in noradrenalin, ter ganglijske celice simpatika, ki so razpršene po tkivu sredice.

**Material:** nadledvična žleza (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite in označite kapsulo, skorjo in sredico nadledvične žleze. V skorji označite vse tri plasti (klobčičasto, snopičasto in mrežasto plast), v sredici pa kromafine celice in centralno veno.



Slika 33: Nadledvična žleza



Slika 34: Skorja nedledvične žleze

## ŽIVČEVJE

Živčevje je organski sistem iz živčnih celic (nevronov) in pomožnih celic. Nevrone zaznavajo dražljaje, jih procesirajo in prevajajo do živčnih centrov ter od njih do efektorjev, kar omogoča ustrezni odziv organizma na dražljaje. Pravi mnogoceličarji imajo tri osnovne funkcionalne tipe nevronov: senzorične in motorične nevrone ter internevrone. Najpreprostejši živčni sistem je difuzno (mrežasto) živčevje brez centralizacije (ožigalkarji, vrtinčarji, iglokožci). Dvobočno somerne in bolj aktivne živali imajo bolj kompleksne živčne sisteme, za katere je značilno več internevronov, koncentracija živčnih celic v osrednje (centralno) živčevje ter funkcionalna povezanost živčnih celic v refleksne loke. Centralno živčevje višjih nevretenčarjev in vretenčarjev je iz možganov in ene ali več vzdolžnih živčnih vrvic. Obrobno (periferno) živčevje je iz možganskih in hrbtenjačnih živcev, ki prevajajo živčne impulze med centralnim živčnim sistemom in ostalimi deli telesa.

### Namen vaje

Spozнатi zgradbo trebušnjače deževnika in šcurka ter osnovno zgradbo perifernih živcev, malih in velikih možganov človeka.

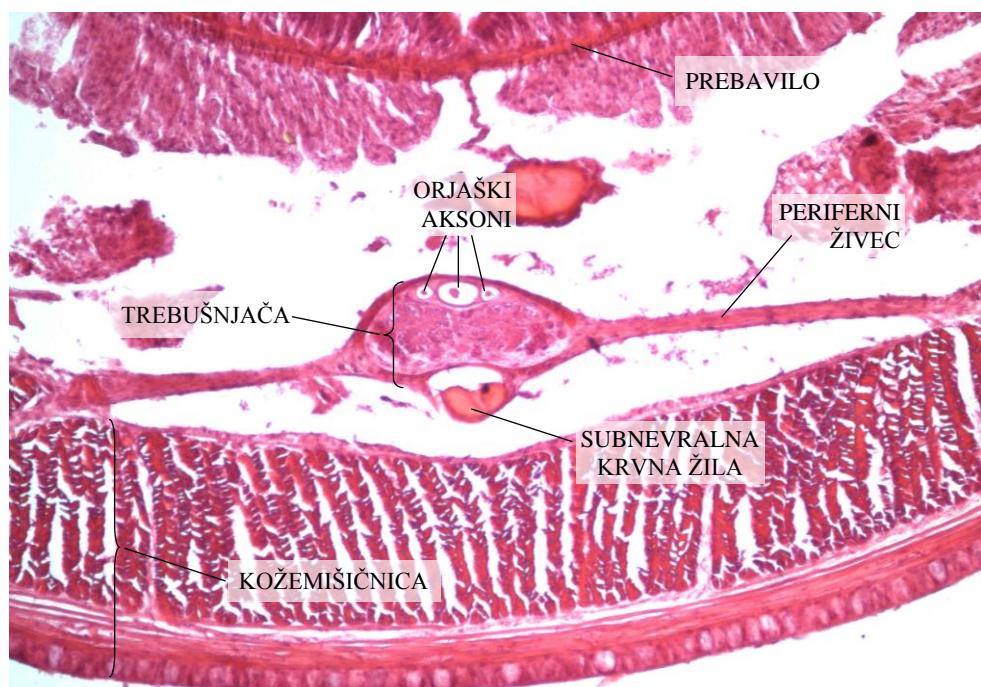
**Material:** deževnik (mikroskopski preparat), ščurek, periferni živec (mikroskopski preparat), mali možgani (mikroskopski preparat), veliki možgani (mikroskopski preparat)

## Živčevje deževnika

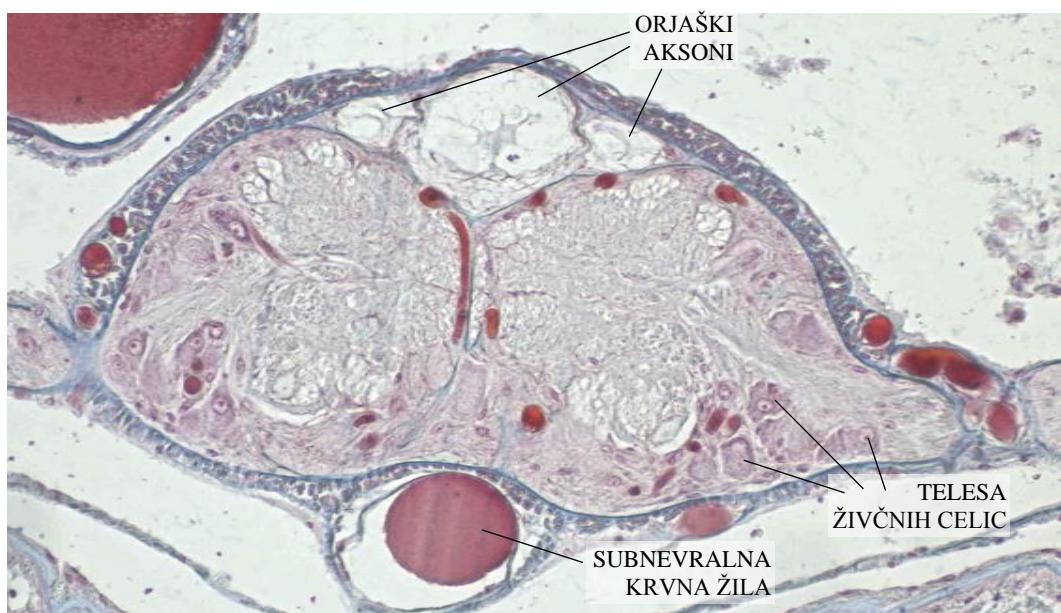
Centralno živčevje deževnika je v prednjem delu telesa sestavljeno iz nadžrelnega (ali cerebralnega) ter podžrelnega ganglija. Obstransko povezujeta ta ganglia dva živca (konektiva), tako da je okrog žrela obroč iz živčevja. Centralno živčevje se iz podžrelnega ganglia v obliki živčne vrvice (vrvičaste trebušnjače) nadaljuje pod prebavno cevjo vzdolž celotne trebušne strani telesa. Centralni živčni sistem kolobarnikov in členonožcev vsebuje nekaj aksonov, ki so precej večji od ostalih. Ti orjaški aksoni omogočajo hitro širjenje živčnega vzburenja (akcijskih potencialov) in hiter, refleksi beg. Pri vretenčarjih omogočajo hitro širjenje akcijskih potencialov Ranvierjevi zažetki v mielinski ovojnici; to tvorijo Schwannove celice, ki so ovite okrog aksonov. V trebušnjači deževnika so trije orjaški aksoni; sredinski in dva stranska. Vsak akson je sestavljen iz zaporedja celic (v vsakem segmentu je ena), ki so med seboj povezane s presledkovnimi stiki; ti omogočajo, da delujejo ta zaporedja celic kot ena celica. Lateralna aksona sta prečno povezana še z anastomozami in tako delujeta kot ena enota. V trebušnjači so ob aksonih še telesa živčnih celic. Iz trebušnjače izhajajo periferni živci z motoričnimi in s senzoričnimi živčnimi vlakni.

**Material:** prečni prerez deževnika (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite in označite živčno vrvico (trebušnjačo), orjaške aksoni (srednjega in dva stranska), telesa živčnih celic, periferni živec in podtrebušnjačno (subnevrально) krvno žilo.



Slika 35: Prečni prerez deževnika s trebušnjačo



Slika 36: Prečni prerez trebušnjače deževnika

## Živčevje ščurka

Centralno živčevje ščurka je, tako kot pri deževniku, zgrajeno iz nadžrelnega in podžrelnega ganglja ter vrvičaste trebušnjače. Najbolj razvit del živčevja je nadžrelni (cerebralni) ganglij, ki je pri žuželkah sestavljen iz treh delov. Prvi del (protocerebrum) je center številnih živčnih povezav in je najbolje razvit pri socialnih kožekrilcih (npr. čebelah, mravljah), mnogo bolje pri delavkah kot pri matici in trotih. Iz nadžrelnega ganglja izhajajo med drugim vidni živci, ki zaradi sestavljenih oči tvorijo obsežne vidne režne. Za žuželke je značilen tudi hipocerebralni ganglij, ki je povezan z endokrinim sistemom žuželk, ki nadzoruje rast, preobrazbo in druge procese. Podžrelni ganglij je enostavnejši in bolj podoben trebušnim ganglijem. Oživčuje čeljusti in spodnjo ustno. Trebušnjača je pri ščurkih iz dveh živčnih vrvic ter treh torakalnih in šestih abdominalnih ganglijev. Iz teh ganglijev so oživčena krila, okončine, spolni organi, trahealni sistem in zadnji del prebavila.

**Material:** ščurek

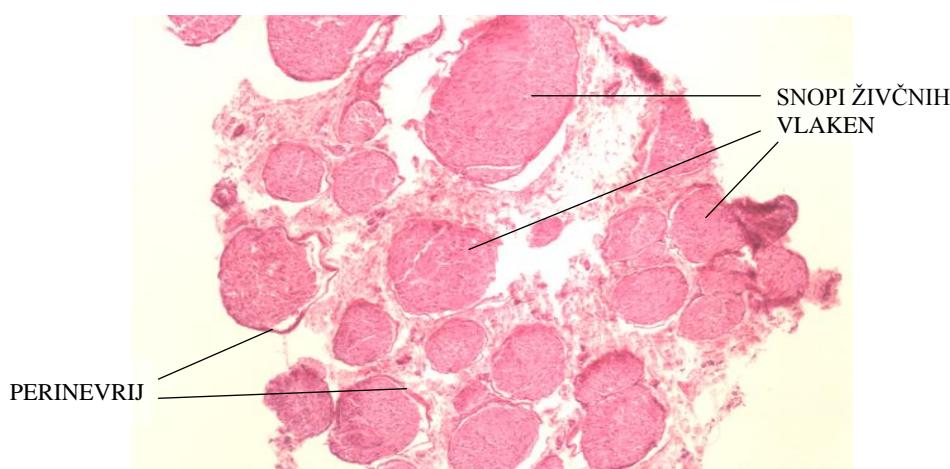
**Naloga** Oglejte si navodila za sekcijo ščurka pri vaji o prebavilih ščurka in natančno označite trebušnjačo, živčni vrvici ter torakalne in abdominalne ganglige.

## Periferni živec

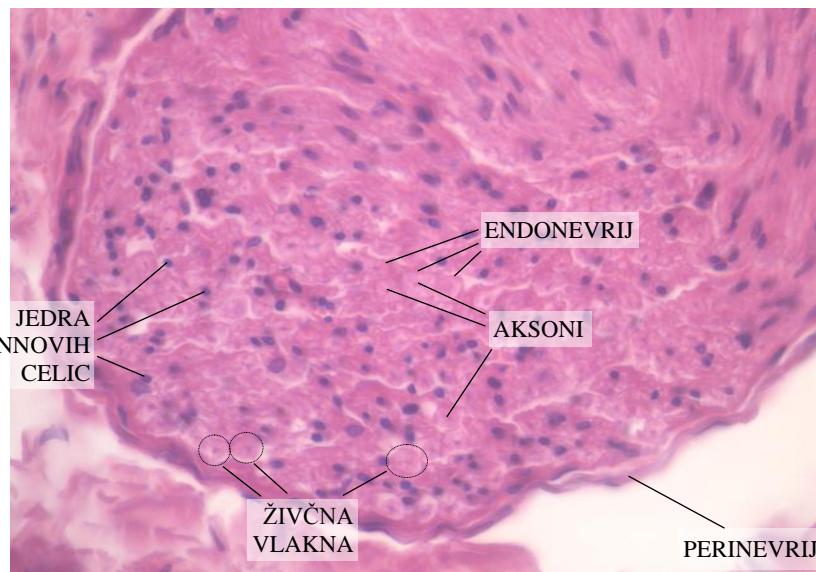
Iz centralnega živčnega sistema (možganov in hrbitenjače) izhajajo periferni živci, ki so iz aksonov senzoričnih (afferentnih) in motoričnih (efferentnih) nevronov. Zunanji del perifernega živca je vezivna ovojnica (epinevrij). Živec je iz snopov živčnih vlaken, obdanih z vezivno ovojnico (perinevrij). Živčna vlakna so aksoni (nevriti) živčnih celic, obdani z mielinsko ovojnico. Mielinsko ovojnico tvorijo Schwannove celice, katerih jedra so v zunanjem delu ovoja. Vsako živčno vlakno obdaja notranja živčna ovojnica (endonevrij). V živcu so tudi žile in rahlo vezivno tkivo.

**Material:** prečni prerez perifernega živca (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite periferni živec in označite snop živčnih vlaken, živčno vlakno, akson z mielinsko ovojnico, jedro Schwannove celice ter epinevrij, perinevrij in endonevrij.



Slika 37: Prečni prerez perifernega živca

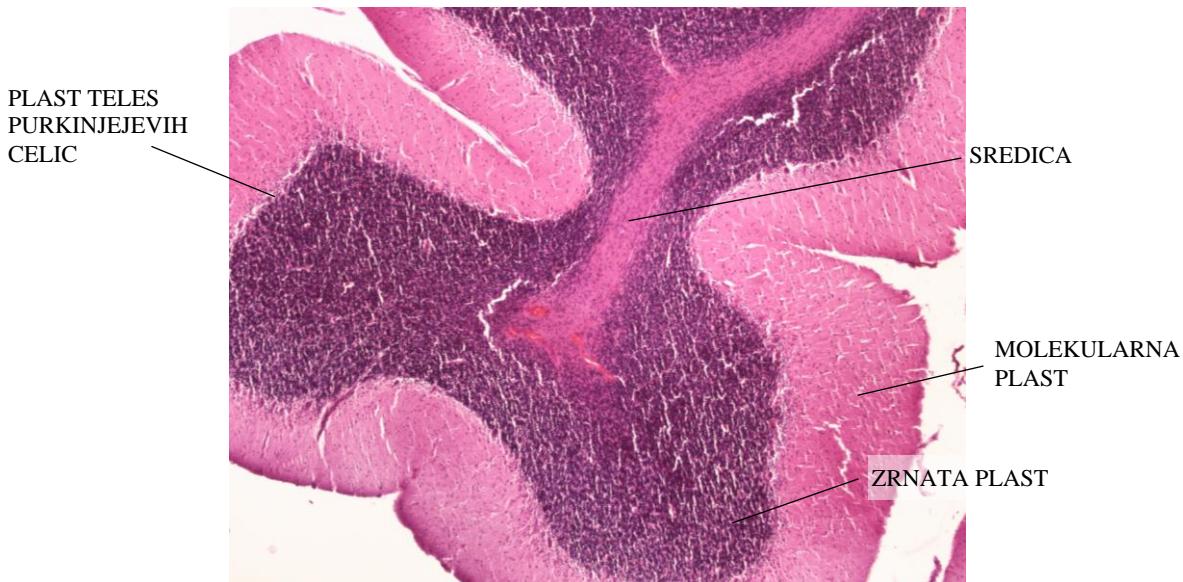


Slika 38: Prečni prerez snopa živčnih vlaken

## Mali možgani

Mali možgani (cerebellum) so med velikimi možgani in možganskim debлом. Sestojijo iz dveh polobel (hemisfer). Njihova površina je močno nagubana. Zunanje gube so, za razliko od vijug velikih možganov, vzporedne. Mali možgani so sestavljeni iz skorje, sredice in globokih cerebelarnih jeder. Skorja je iz sivine in obsega tri plasti:

- zunanj, svetlejšo, molekularno plast iz vzporednih aksonov bipolarnih nevronov zrnate plasti, dendritov Purkinjejevih celic in glia celic;
- srednjo plast iz teles Purkinjejevih celic ter
- notranjo temnejšo zrnato plast iz bipolarnih nevronov.



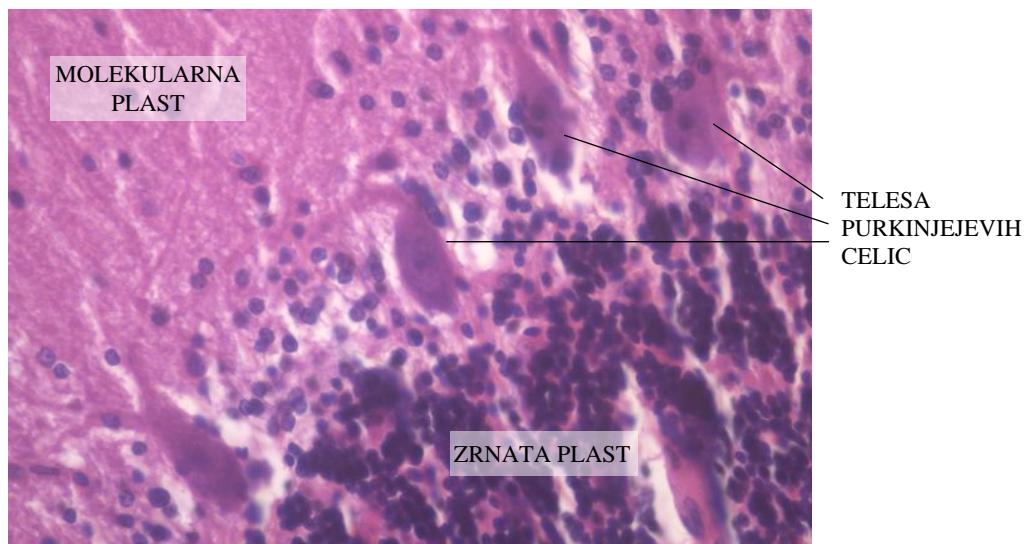
Slika 39: Prerez malih možganov

Sredica malih možganov je iz beline, v prerezu v obliki drevesa. V belini so mielinizirana živčna vlakna vzpenjajočih se in mahastih vlaken, ki dovajajo podatke Purkinjejevim celicam, ter aksoni Purkinjejevih celic, ki

prenašajo podatke do globokih cerebelarnih jeder. Mali možgani nadzorujejo ravnotežje, koordinirajo hitrost gibanja ter sinergijo, smer in silo telesnih gibov. Opravljajo še druge funkcije.

**Material:** mali možgani (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite preparat malih možganov in v skorji ter sredici označite vse plasti in pripadajoče strukture.



Slika 40: Skorja malih možganov

## Veliki možgani sesalcev

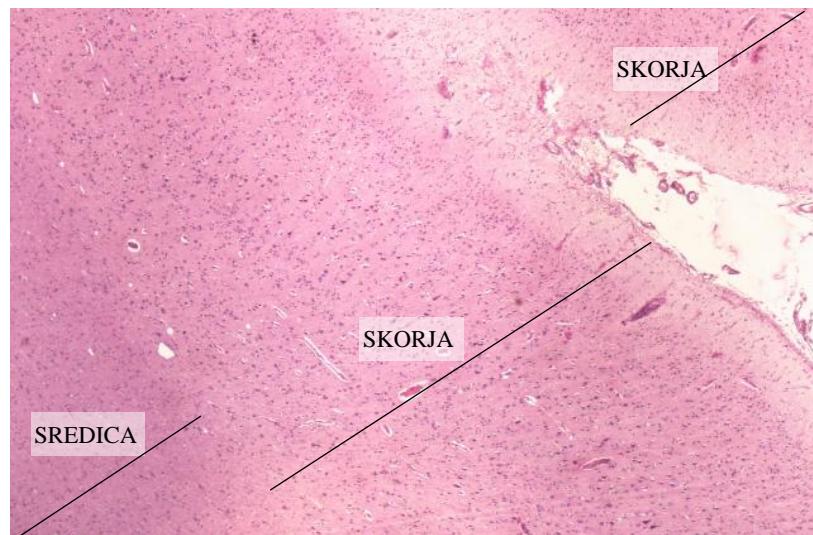
Skorja velikih možganov je nagubana v številne vijke. V njej je večina teles živčnih celic, ki tvorijo sivino. Sestavljena iz šestih plasti ali skladov. V vsaki plasti prevladuje določen tip celic:

- Molekularna plast (I), ki je iz maloštevilnih, majhnih ganglijskih celic;
- Zunanja zrnata plast (II) iz številnejših, večjih ganglijskih celic;
- Zunanja piramidalna plast (III) iz številnih majhnih piramidalnih celic, katerih velikost proti notranjosti možganov narašča;
- Notranja zrnata plast (IV) iz številnejših manjših, bolj okroglih ganglijskih celic;
- Notranja piramidalna plast (V) iz številnih velikih piramidalnih celic;
- Polimorfna plast (VI) iz številnih vretenastih in polimorfnih ganglijskih celic.

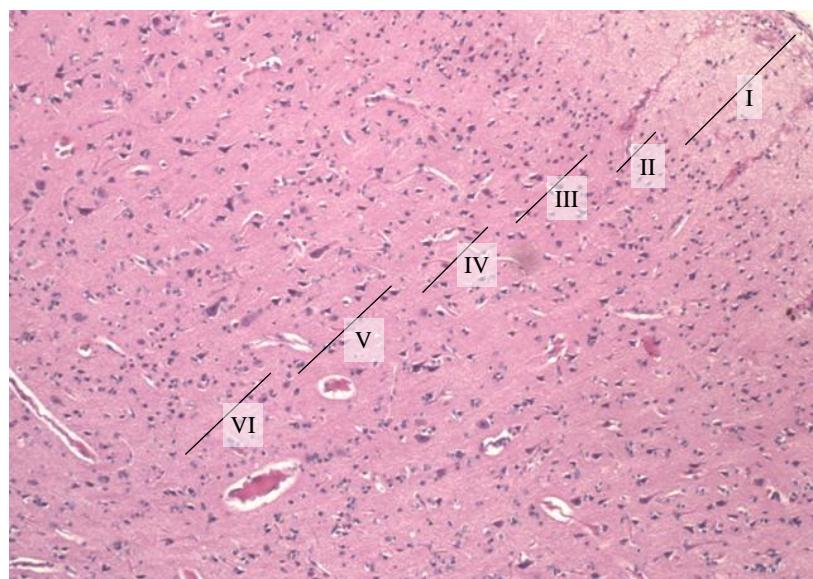
Sredica ali belina je iz mieliniziranih aksonov in nevroglijskih celic (te so astrocite, mikroiglijske celice in oligodendrocyti). Jedra astrocit so velika, okrogle in svetla. Jedra mikroiglijskih celic so podolgovata, temna, pogosto v bližini žil. Jedra oligodendrocytov so majhna, okrogle in temna.

**Material:** veliki možgani (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite preparat velikih možganov in označite skorjo ter sredico. V skorji označite vseh šest plasti in piramidalne ter ganglijske celice.



Slika 41: Prerez velikih možganov



Slika : Skorja velikih možganov

## ČUTILA

Čutila zaznavajo dražljaje iz notranjega in zunanjega okolja, jih pretvarjajo v živčne impulze in posredujejo v centralni živčni sistem. Preprosta čutila so čutilne živčne celice (senzorični nevroni), katerih dendriti dražljaje zaznavajo, akson pa jih prenaša proti živčnim centrom (npr. čutilo za toplovo v koži vretenčarjev). Primarne čutilne celice ali čutnice (receptorji) imajo lasten akson, po katerem se prevaja dražljaj proti čutilnim centrom v živčevju, medtem ko sekundarne čutnice zaznajo dražljaj, vzbujenje pa se prenese na aferentno živčno vlakno, s katerim so povezane. Številne čutnice so razpršene v telesu, druge so združene in povezane z drugimi tkivi v kompleksne čutilne organe. Glede na vrsto energijske spremembe, ki jo receptor zazna in prevede v živčne impulze, razlikujemo kemoreceptorje (npr. čutila za okus, voh), mehanoreceptorje (čutila za tip, ravnotežje, sluh), fotoreceptorje (čutila za vid), termoreceptorje (čutila za toplovo) in druge. Mnoga čutila (npr. različni tipi čutil za vid) so se pri različnih živalskih skupinah razvila neodvisno.

### Namen vaje

Spoznati osnovno zgradbo različnih tipov fotoreceptorjev, kemoreceptorjev in mehanoreceptorjev pri vretenčarjih in nevretenčarjih.

**Material:** mikroskopski preparati: škrigoustka, latvica, tentakel vrtnega polža, glava čebele, glava vretenčarja, nosna votlina, tipalnica sviloprejke, jezik kunca, notranje uho sesalca, račji kljun

## Oceli

Škrigoustka (*Branchiostoma lanceolatum*) je majhna bentoška žival. Živi tudi v Jadranu. V morskih plitvinah je vkopana v mulj in filtrira vodo. Glava ni razvita, oporni organ je hrbitna struna. Telo je delno prosojno. Vzdolž trebušne strani hrbtenjače ima preproste fotoreceptorje (ocele ali pikčaste oči). Vsak ocel je zgrajen iz receptorske in pigmentne celice (melanocite). Večje število ocelov na sprednjem delu hrbtenjače tvori pigmentno pego.

**Material:** škrigoustka (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite škrigoustko in označite sprednji, zadnji, trebušni in hrbitni del telesa. Poiščite in označite pigmentno pego ter ocele vzdolž hrbtenjače.

## Čašasto oko

Polž latvica (*Patella* sp.) ima preproste čašaste oči, s katerimi lahko zaznava prisotnost in moč ter do določene mere tudi smer svetlobe. To omogoča čašasta oblika očesa s čutilnimi celicami, ugreznjenimi v notranjost, ker svetloba, ki vstopa pod določenim kotom, ne osvetli vseh celic enako. Med čutilnimi celicami očesa so pigmentne celice. Na površini čutilnega epitela je kompaktna sluz, ki zbira svetlobo in opravlja vlogo primitivne leče.

**Material:** latvica (*Patella* sp.) (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite čašasto oko latvice, označite čutilni epitel in sluz.



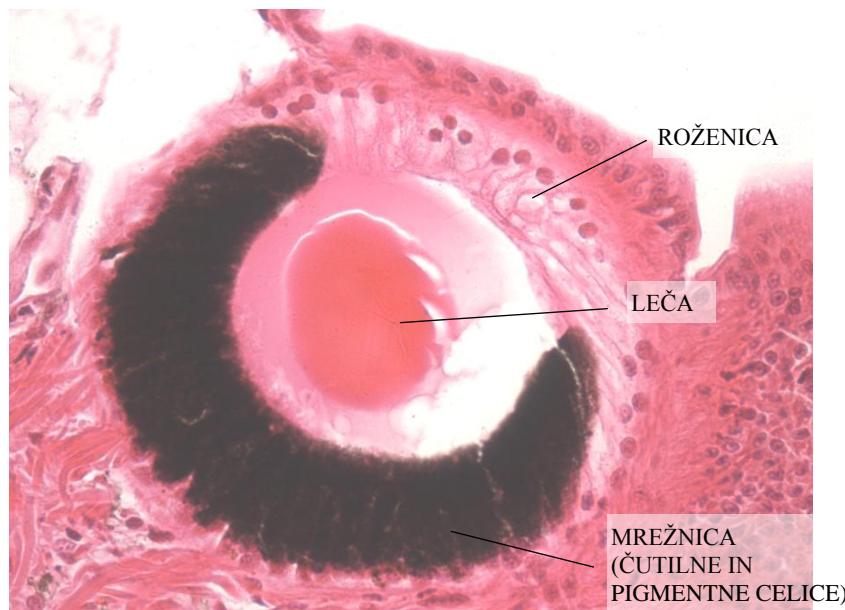
Slika 42: Čašasto oko polža latvice

## Mehurčasto oko

Vrtni polž (*Helix pomatia*) ima na glavi na koncu tentaklov mehurčasto oko z lečo. Mrežnica mehurčastega očesa sestoji iz ene plasti čutilnih in pigmentiranih celic. Vsaka čutilna celica ima paličast izrastek in je obdana s pigmentimi celicami. Na sprednjem delu očesa so celice prosojne in tvorijo roženico. V sredini očesa je okrogla leča, ki izostri sliko, ki pade na mrežnico.

**Material:** tentakel vrtnega polža (*Helix pomatia*) (mikroskopski preparat)

**Naloga** Pri največji povečavi narišite oko vrtnega polža in označite mrežnico, roženico in lečo.



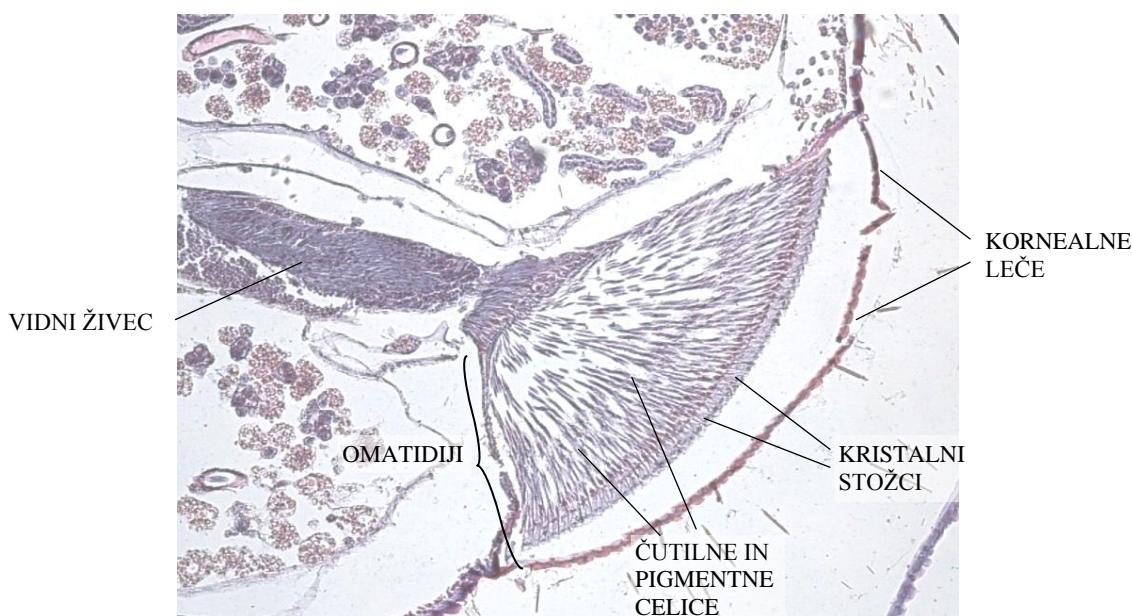
Slika 43: Mehurčasto oko vrtnega polža

## Sestavljeni oko

Sestavljeni (fasetno) oko členonožcev je sestavljeni iz številnih očesc (omatidijev). Vsak omatidij je zgrajen iz treh do enajstih (pretežno osmih) čutilnih celic, katerih lateralni del je izoblikovan v vrsto mikrovilov, ki tvorijo čutilni del celice, rabdomero. Rabdomere čutilnih celic omatidijs so razporejene v osi omatidijs in tvorijo njegov osrednji čutilni del, rabdom. Med čutilnimi so pigmentne celice. Svetloba vstopa skozi roženično (kornealno) leče in skozi kristalni stožec prehaja do fotopigmentov v rabdomu. Razlikujemo apozicijsko in superpozicijsko oko. Pri apozicijskem so posamezne čutnice v omatidiju povsem ločene s pigmentnimi celicami, tako da se posamezne celice samostojno vzdražijo, medtem ko pri superpozicijskem očesu zaradi nepopolne svetlobne izolacije prehaja svetloba iz vsake leče v omatidiu v vse čutnice. S sestavljenimi očmi členonožci zaznavajo tudi polarizirano svetlobbo.

**Material:** glava čebele (*Apis mellifera*) (mikroskopski preparat)

**Naloga** Pri največji povečavi narišite sestavljeni oko in označite omatidijs, kornealne leče, kristalne stožce, čutilne in pigmentne celice ter vidni živec.



Slika 44: Sestavljeni oko čebele

## Oko vretenčarja

Vretenčarji imajo mehurjasto oko z lečo. Oko sestavljajo zrklo in pomožni očesni organi (npr. očnica, zrklene mišice, veke). Stena zrkla je na kavdalnem delu iz beločnice, žilnice in mrežnice. Na sprednjem delu je zrklo iz roženice in šarenice, ki s prostim robom omejuje zenico, ter leče s ciliarnikom. Mrežnica (retina) je notranji, čutilni sloj očesnega zrkla. Sestavljena je iz pigmentnih, fotoreceptorskih, bipolarnih, ganglijskih ter opornih celic. Fotoreceptorske celice so paličice in čepki. So sekundarne čutilne celice, od njih prenašajo vzburenje do možganov bipolarne in ganglijske živčne celice. Čepki zaznavajo različne valovne dolžine svetlobe, kar je osnova za barvno gledanje. V distalnem delu čepka je fotosenzibilni pigment iodopsin. Mesto z največjo gostoto čepkov na mrežnici je rumena pega, na mestu izhajanja vidnega živca pa čutnic ni in tam slika ne nastaja – slepa pega. Paličice so fotoreceptorji, ki omogočajo črno–belo gledanje pri šibki svetlobi, fotosenzibilni pigment je rodopsin. Mrežnica je zgrajena iz desetih slojev:

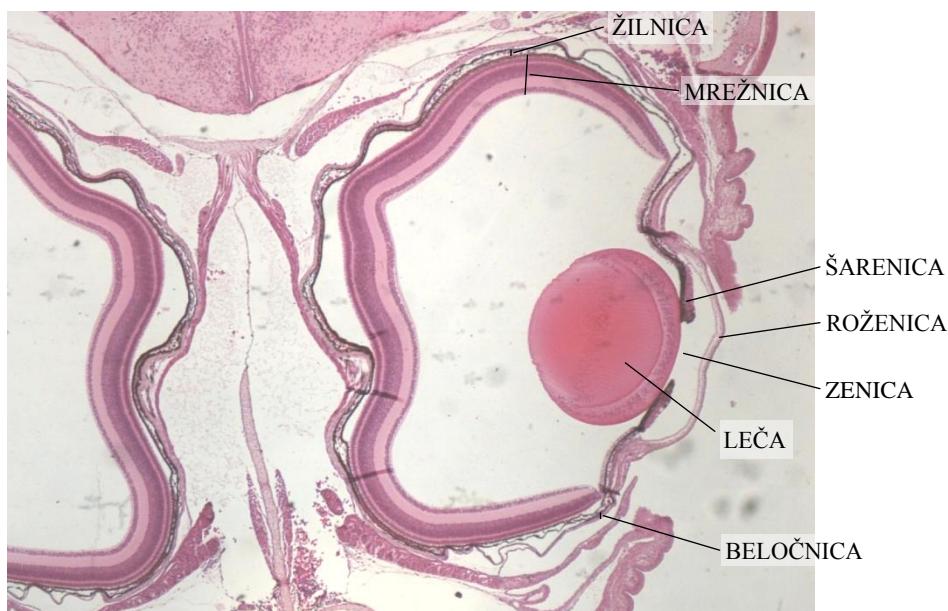
- Mejna membrana (I)
- Sloj aksonov multipolarnih nevronov (II)
- Sloj teles multipolarnih nevronov (III)
- Sloj dendritov multipolarnih nevronov in aksonov bipolarnih nevronov (IV)
- Sloj teles bipolarnih nevronov (V)

- Sloj dendritov bipolarnih nevronov in aksonov čutilnih celic (VI)
- Sloj teles čutilnih celic (VII)
- Zunanja mejna membrana (VIII)
- Sloj paličastih in čepkastih delov čutilnih celic (IX)
- Pigmentni epitel (X)

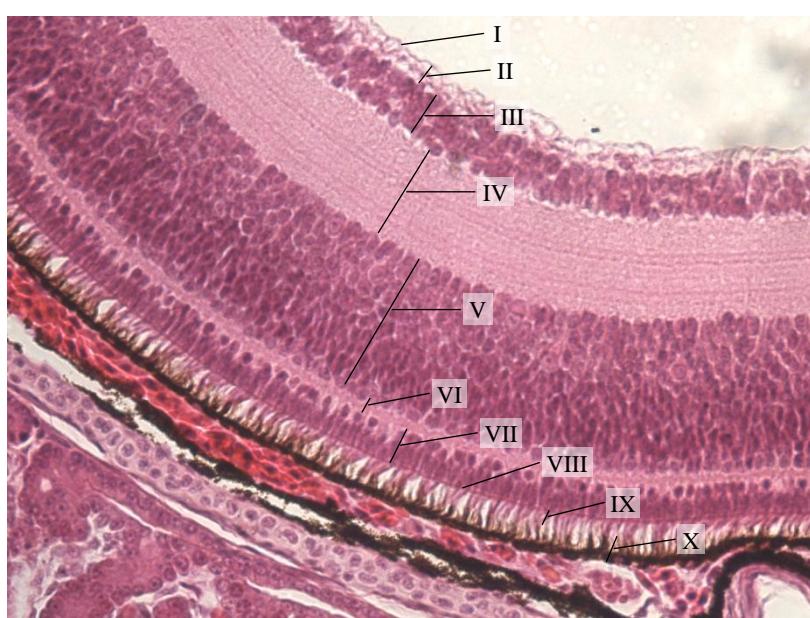
Oči mnogih, zlasti nočno aktivnih živali (govedo, psi, mačke, srnjad itd.), so zelo občutljive na svetlobo. V očesnem ozadju v žilnici imajo ob temnem melatoninu tudi pigment, ki odbija svetlobo. Ta odbojni sloj imenujemo sijajna tapeta (tapetum lucidum). Svetloba tako skozi čutilne celice potuje dvakrat, to pomeni, da je izkoristek svetlobe maksimalen, vendar je nočni vid manj oster. Zaradi odboja svetlobe, se oči nočno aktivnih živali v temi bleščijo, če jih osvetlimo.

**Material:** vzdolžni prerez glave vretenčarja (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte oko in označite roženico, zenico, šarenico, beločnico, lečo, žilnico in mrežnico. Pri največji povečavi narišite del mrežnice in označite ter poimenujte vse sloje. Označite tudi smer vpadanja svetlobe.



Slika 45: Prerez glave vretenčarja v višini oči



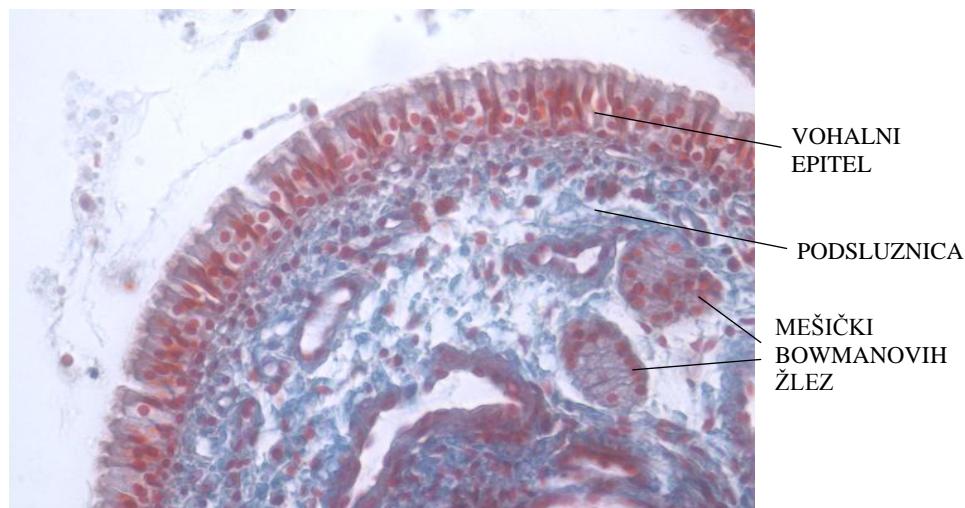
Slika 46: Mrežnica vretenčarskega očesa

## Vohalni epitel

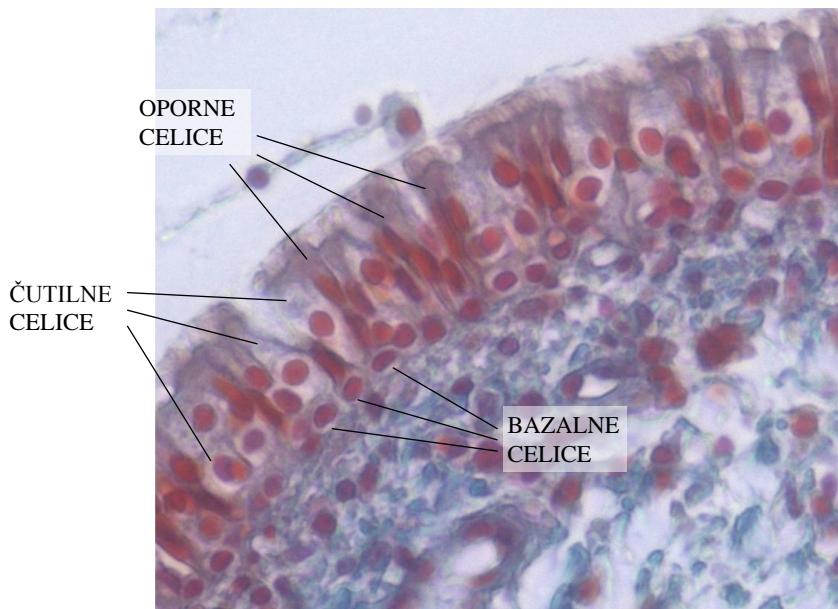
Pri kopenskih vretenčarjih je v dorzalnem delu sluznice nosne votline vohalni (olfaktorni) epitel iz čutnic (čutilnih celic) z dolgimi cilijami, ki so prekrite s sluzjo. Med njimi so oporne celice (z mikrovili na apikalni strani), na bazi pa so majhne bazalne celice. Vohalne čutilne celice so primarne čutnice, kar pomeni, da njihova živčna vlakna (aksoni) neposredno tvorijo vohalni živec, ki prenaša dražljaje v možgane. V podsluznici so številne mukozne (Bowmanove) žleze.

**Material:** nosna votlina (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte preparat in poiščite vohalni epitel. Vohalni epitel narišite tudi pri največji povečavi in označite vse tri type celic.



Slika 47: Vohalno področje v nosni votlini kunka



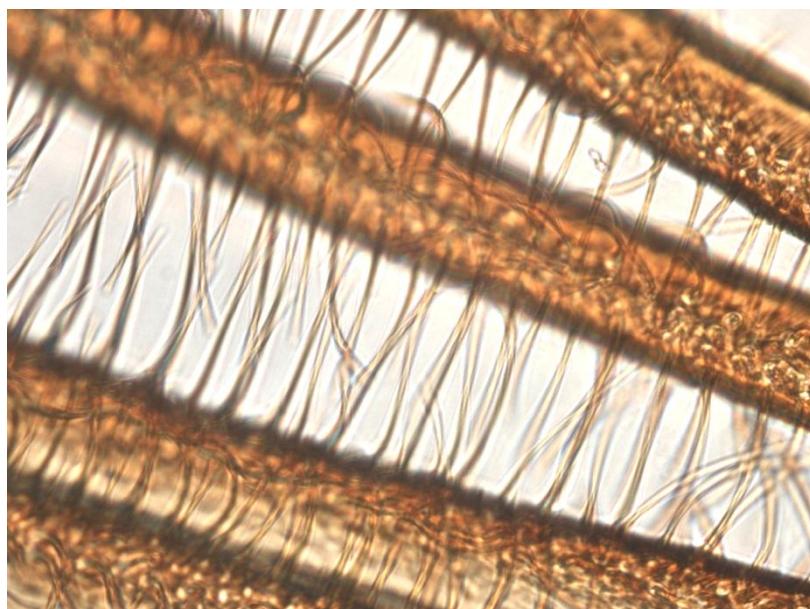
Slika 48: Vohalni epitel

## Kemoreceptorske dlačice

Žuželke zelo dobro vohajo. Z vohom si med drugim pomagajo pri iskanju spolnega partnerja. Samice mnogih vrst izločajo spolne feromone – specifične snovi, ki so podobno učinkovite kot hormoni, a delujejo na drug osebek iste vrste – medtem ko imajo samci zelo dobro razvite kemoreceptorje za njihovo zaznavanje, torej za zaznavanje »vonja po samici«. Ta način iskanja samic je dobro znan pri nočnih metuljih. Kemoreceptorji žuželk so pretežno bipolarne čutilne celice, senzile, ki so v dlačici podobnem kutikularnem izrastku ali v kutikularni izboklini z luknjicami (s porami). Takšne čutilne dlačice so pri žuželkah pogoste na tipalkah in nogah.

**Material:** peresasta tipalnica sviloprejke (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte peresasto tipalnico sviloprejke in označite kemoreceptorske dlačice.



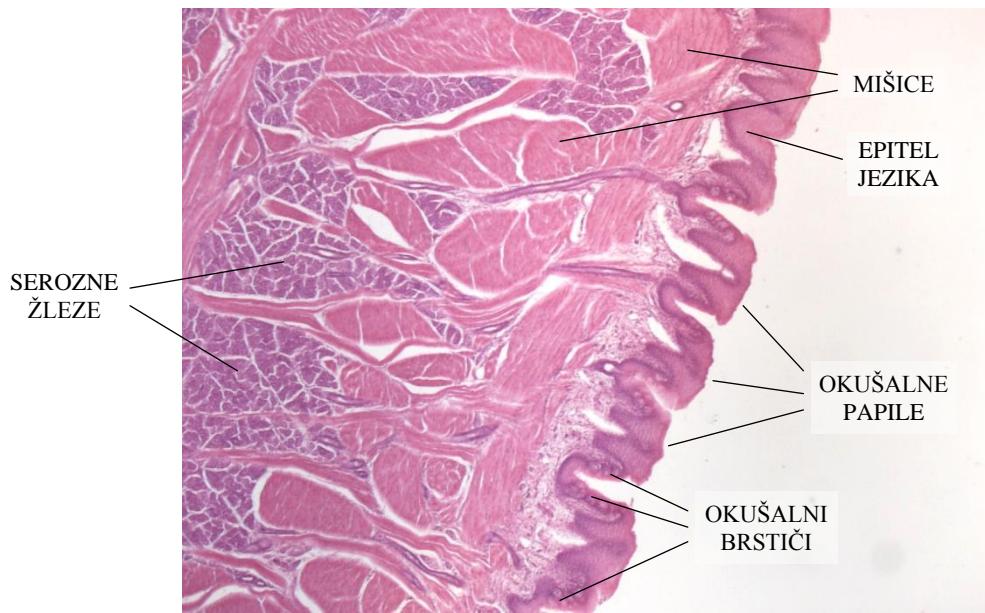
Slika 49: Kemoreceptorske dlačice

## Okušalni brstiči

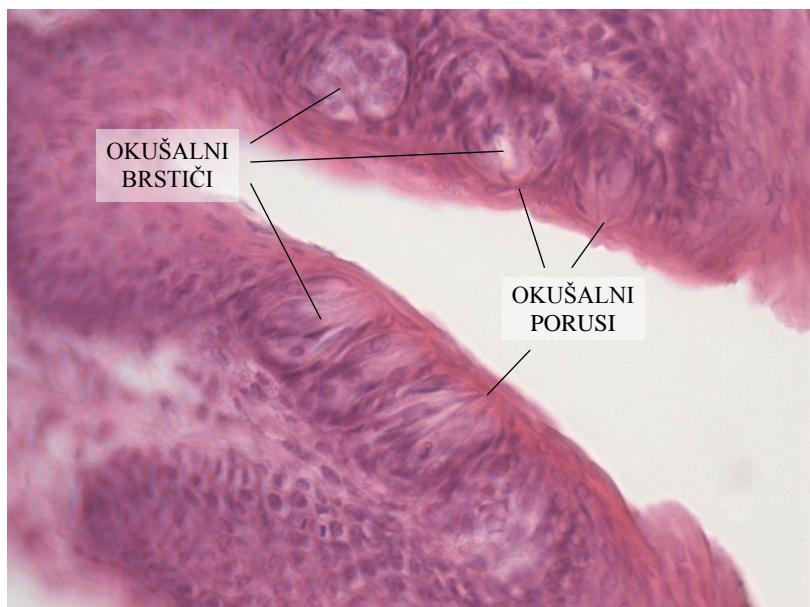
Pri vretenčarjih so receptorji za okus v okušalnih brstičih, ki so pri kopenskih vretenčarjih predvsem na jeziku. Okušalni brstiči jezika so v večslojnem epitelu grebenastih, listastih in gobastih papil. Brstiči so ovalne oblike, s povprečnim premerom od 50–70 µm. Okušalni brstič ima na apikalnem delu odprtino, okušalni porus. Čutilne celice imajo na apikalnem delu mikrovile. So sekundarne čutnice, ker so na bazальнem delu povezane z vlakni živčnih celic, ki odvajajo dražljaje v možgane.

**Material:** jezik (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite jezik in označite mišice, žleze, okušalne papile, večslojni epitel in okušalne brstiče. Pri največji povečavi si oglejte okušalni brstič in narišite ter označite čutilne in oporne celice ter okušalni porus.



Slika 50: Prečni prerez jezika



Slika 51: Okušalni brstiči

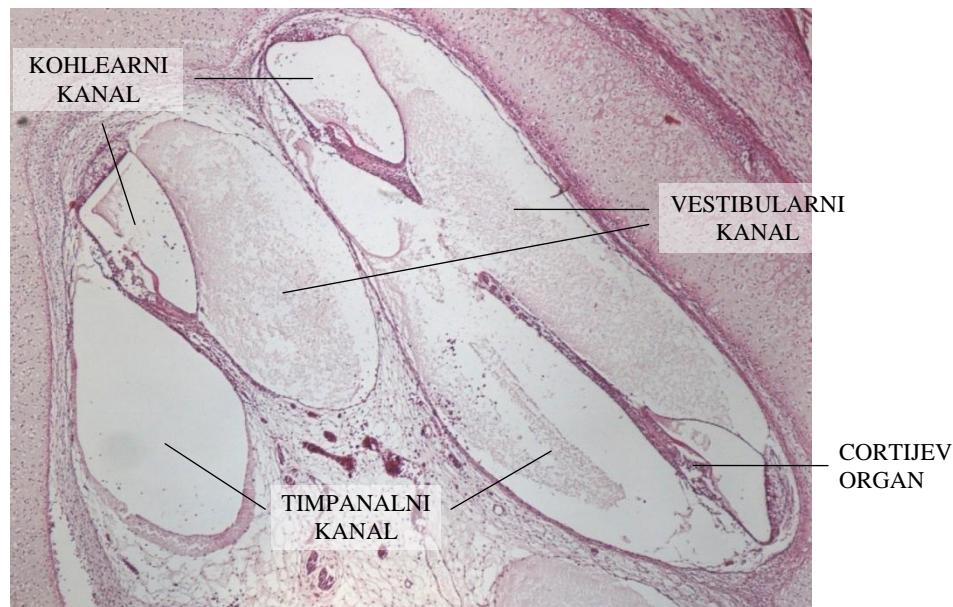
## Cortijev organ sesalcev

Cortijev organ je čutilo za sluh v srednjem hodniku (kanalu) membranskega polža (kohlea) v notranjem ušesu. Membranski polž, ki je v koščenem polžu, sestoji iz treh hodnikov: preddvornega (vestibularnega), polževega (kohlearnega) in bobničnega (timpanalnega) hodnika. Napolnjen je s tekočino (polžev hodnik z endolimfo, preostala dva s perilimfo). Preddvorni in polžev kanal sta razmejena s tanko vestibularno ali Reissnerjevo membrano iz vezivnega tkiva. Polžev in bobnični kanal sta razmejena z bazilarno membrano, na kateri so čutilne celice za sluh Cortijevega organa. Nad čutilnimi celicami je krovna membrana. Zvočne vibracije (transverzalno valovanje) potujejo po sluhovodu do bobniča in ga zanihajo. Vibracije se s slušnimi koščicami prenesejo na ovalno okence, s čimer sprožijo gibanje perilimfe v polžu, kar zaniha bazilarno membrano. Stereocilije čutilnih

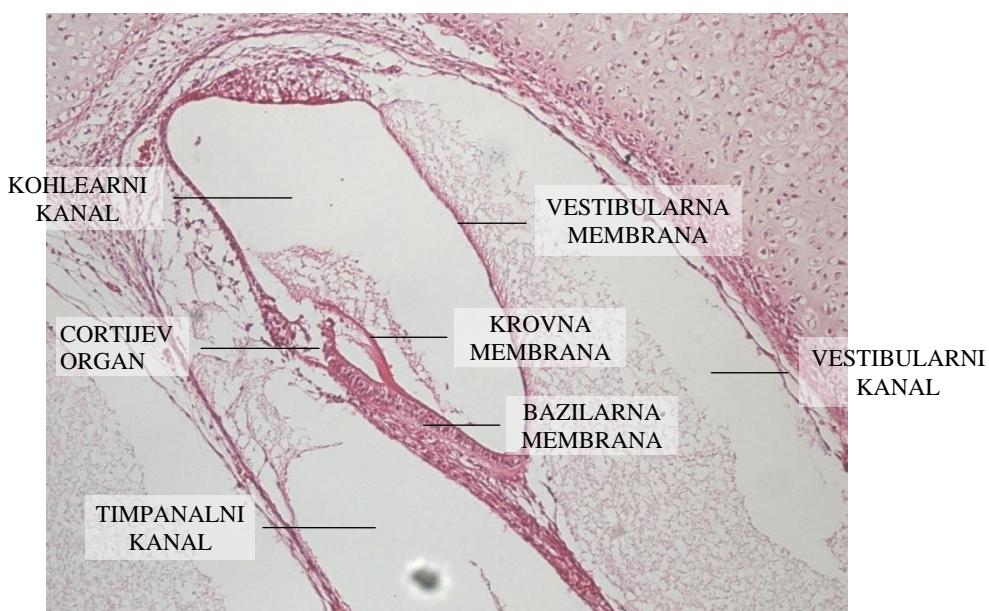
celic se s frekvenco vibracij dotikajo krovne membrane oziroma pritisnejo ob njo in se ob tem vzdražijo. Vzburjenje se po senzoričnih nevronih, ki ozivčujejo čutilne celice, prenese v slušne centre v možganih.

**Material:** notranje uho (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite del polža in označite vse tri kanale (vestibularni, kohlearni in timpanalni kanal), vse tri membrane (vestibularno, bazilarno in krovno membrano) ter Cortijev organ s čutilnimi celicami.



Slika 52: Prerez membranskega polža



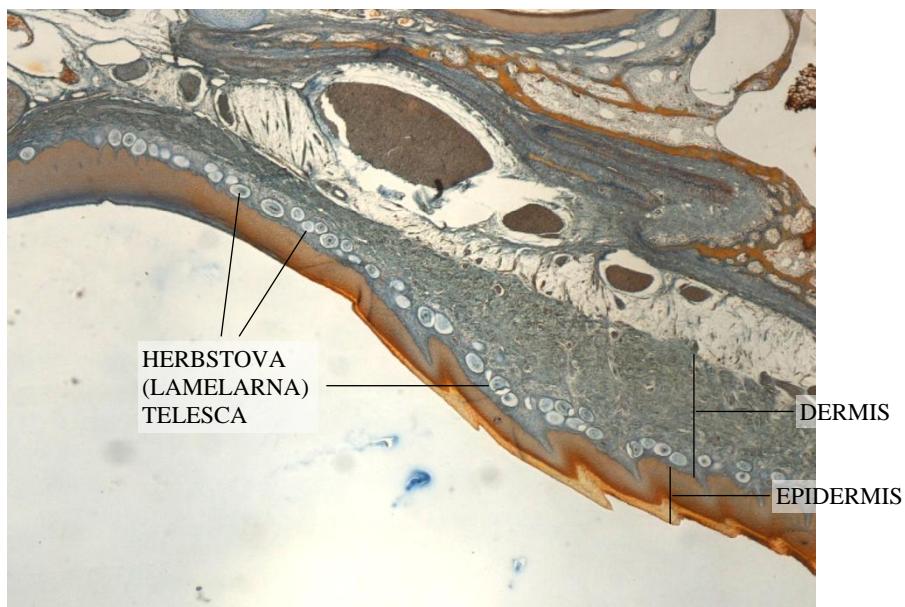
Slika 53: Cortijev organ s pripadajočimi strukturami

## Lamelarna telesca v kljunu race

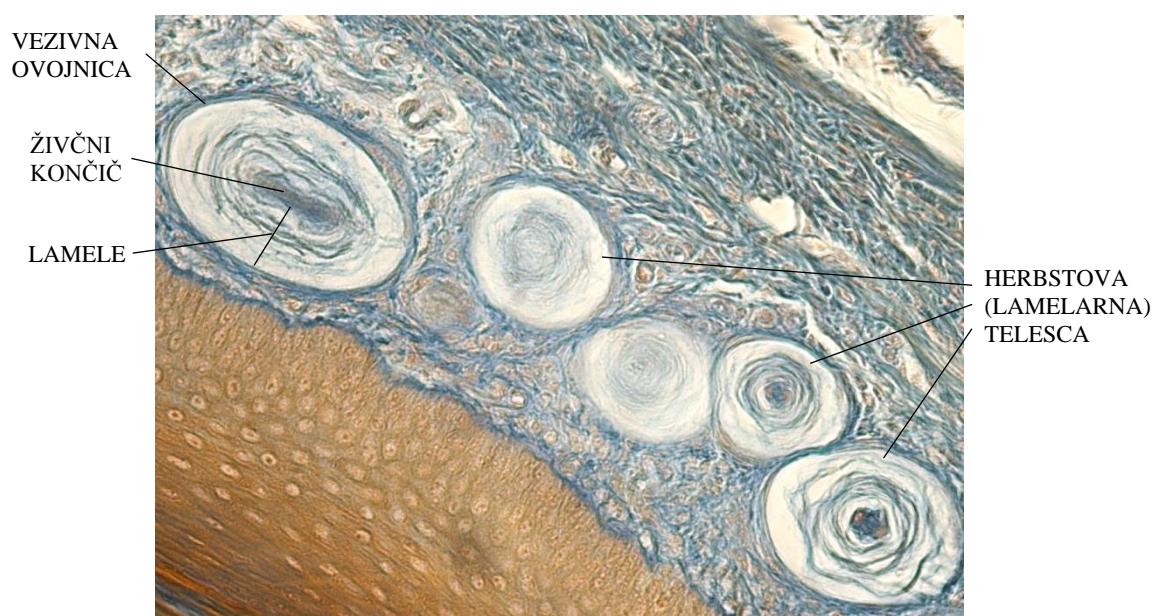
Race imajo na robu kljuna dobro razvita čutila za tip (tangoreceptorje), s pomočjo katerih v plitvi vodi in med rastlinjem lažje najdejo majhne živali, s katerimi se hrani. Čutila za tip v račjem kljunu so ovalna lamelarna telesca (Herbstova telesca), ki so po zgradbi in funkciji podobna Paccinijevim telescem v podkožju sesalcev. Zgrajena so iz živčnega končiča, obdanega s ploščatimi, lamelarno razporejenimi opornimi celicami. Ptiči imajo Herbstova telesca tudi v peresnih foliklih in sklepih kril.

**Material:** prečni prerez račjega kljuna (mikroskopski preparat)

**Naloga** Skicirajte račji kljun in poiščite Herbstova telesca. Nekaj Herbstovih telesc narišite (v različnih prerezih) tudi pri največji povečavi in označite živčni končič, oporne celice lamele in vezivno ovojnico.



Slika 54: Prerez kljuna race



Slika 55: Herbstova telesca

## RAZMNOŽEVANJE IN ZGODNJI EMBRIONALNI RAZVOJ

Razmnoževanje je proces nastajanja novih istovrstnih organizmov. Med razmnoževanjem se prenaša dedni material s staršev na potomce, pri spolnem razmnoževanju pa pride ob tem tudi do različnih rekombinacij dednega materiala. V osnovi razlikujemo nespolno in spolno razmnoževanje. Izvorno in najenostavnnejše je nespolno (vegetativno) razmnoževanje, ko osebek proizvede potomce brez vključitve drugega osebka iste vrste, na primer z delitvijo, brstenjem, gemulacijo itd. V spolnem razmnoževanju navadno sodelujeta dva osebka nasprotnega spola iste vrste, pri čemer se združita haploidni raznospolni spolni celici (gameti, npr. jajčna celica in semenčica), pri čemer nastane spojek (zigota) novega organizma z genetsko kombinacijo genov obeh staršev. Spolne celice dozorevajo v spolnih žlezah (gonadah – ovarijih in testisih). Živali so običajno ločenih spolov (so gonohoristi). Osebki pritrjenih in parazitskih vrst živali imajo pogosto obe vrsti spolnih žlez, so torej dvospolniki (hermafroditji). Oploditvi (kopulaciji) in nastanku zigote sledijo številne celične delitve ter diferenciacija tkiv in organov (embrionalni razvoj).

### Namen vaje

Spoznati osnovno zgradbo spolnih žlez sesalcev (moda, jajčniki), maternice in zgodnje razvojne stadije embrijev.

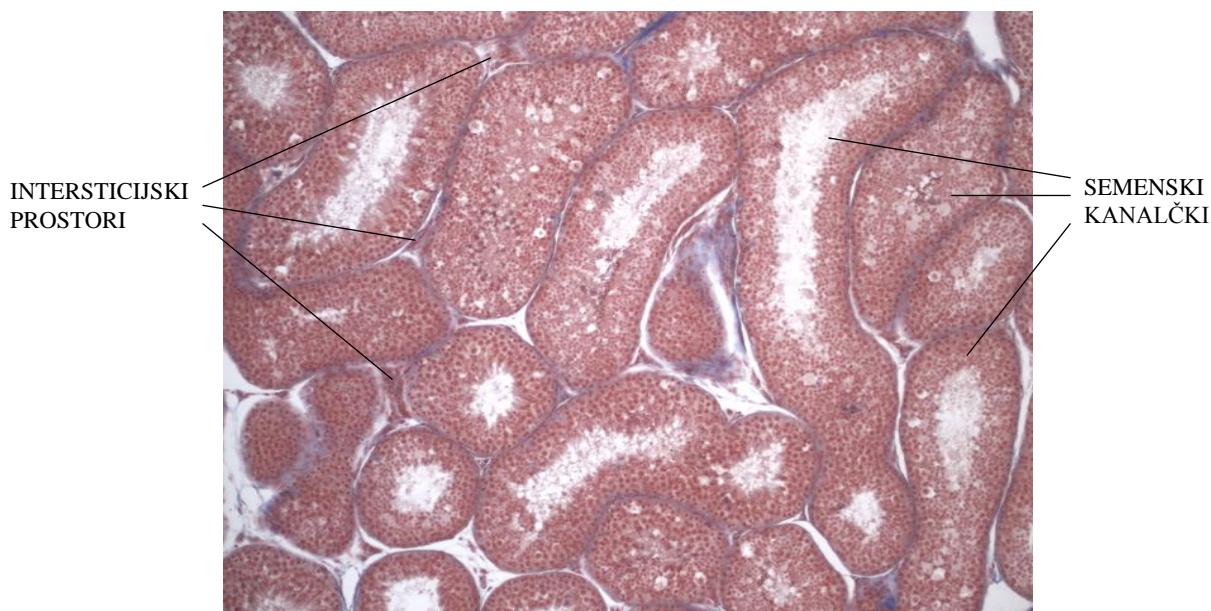
**Material:** moda (mikroskopski preparat), jajčnik (mikroskopski preparat), maternica (mikroskopski preparat), sveža rodila svinje, zgodnji razvojni stadiji embrijev morskega ježka (mikroskopski preparati)

## Moda

Zunanji del moda (testisa) človeka obdaja ovojnica (tunika albuginea) iz vezivnega tkiva in gladkih mišičnih celic. Iz nje segajo proti notranjosti predelki (septe), ki moda delijo v piramidasto oblikovane režnje (lobule). V režnjih so številni zaviti semenski kanalčki. V prostorih med njimi (v intersticijskih prostorih) je rahlo vezivno tkivo z Leydigovimi celicami, žilami in živci. Leydigove celice proizvajajo moške spolne hormone, androgene (najpomembnejši med njimi je testosteron). V zarodnem epitelu semenskih kanalčkov so spolne celice na različnih stopnjah zrelosti. Ob zunanjem robu stene kanalčka so zarodne celice (spermatogoniji), ki se delijo in diferencirajo v spermatocite I. reda (mitoza). Te se z reduksijsko delitvijo (mejoza I) razvijejo v spermatocite II. reda, te pa v spermatide (mejoza II). Iz spermatid nastanejo semenčice (spermiji, spermatozoidi). Razvijajoče se spolne celice so pogosto pritrjene na prehranjevalne Sertolijeve celice.

**Material:** moda (mikroskopski preparat)

**Naloge** Narišite preparat moda in označite ovojnico, semenske kanalčke, intersticijske prostore, Leydigove celice in v zarodnem epitelu spermatogonije, spermatocite, spermatide in spermije.



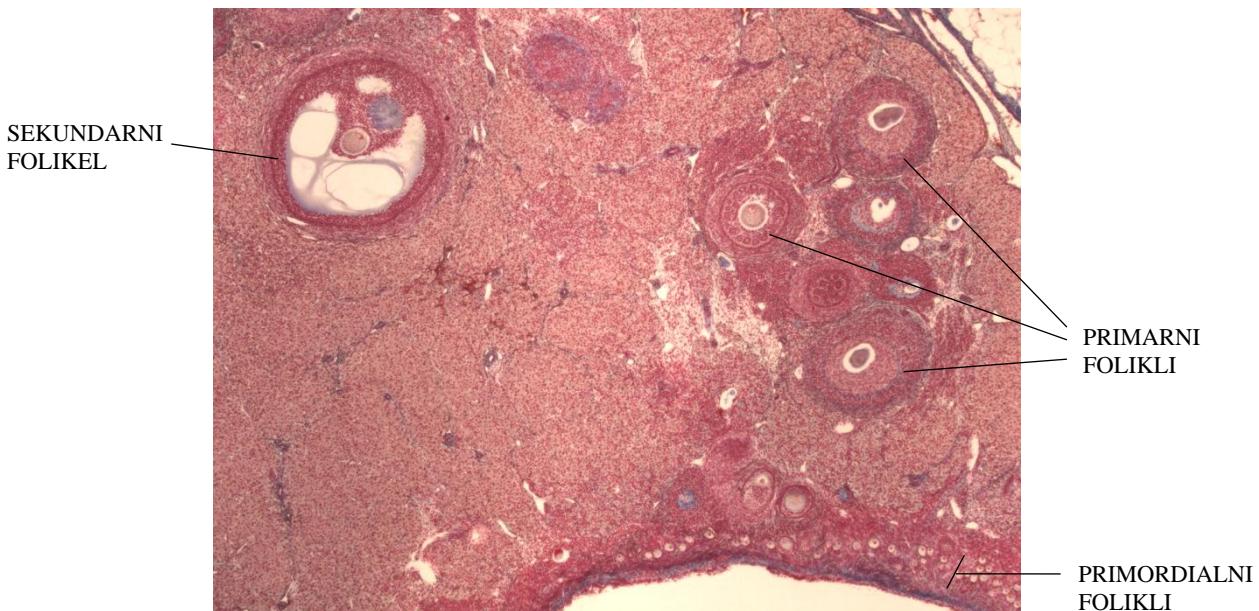
Slika 56: Modo sesalca

## Jajčniki

Zunanji del jajčnika (ovarija) je iz enoslojnega epitelja, pod katerim je tanka vezivna ovojnica (tunika albuginea) iz čvrstega vezivnega tkiva. V parenhimu jajčnika razlikujemo skorjo (korteks) in sredico (medulo). V sredici so v vezivnem tkivu večje žile, ki se razvijejo v omrežje tanjših žil in oskrbujejo skorjo. V skorji so folikli v različnih razvojnih stadijih. Primordialni folikli so najštevilčnejši in so na robu skorje pod vezivno ovojnico. V njih so začetne razvojne stopnje jajčnih celic (primarne oocite). Hormoni hipofize vplivajo na celice folikla, da se delijo in tvorijo več plasti; nastane primarni folikel. Folikularne celice se postopoma delijo naprej in na določeni razvojni stopnji začnejo izločati eozinofilno tekočino (folikularni likvor). Nastane sekundarni folikel, ki tvori estrogene hormone (najpomembnejši med njimi je  $\beta$ -estradiol), ki vzpodbujujo sluznico maternice, da se debeli. Votlinice z likvorjem se zlijejo v enotno votlino (folikularni antrum), folikel se močno poveča in nastane zrel ali Graafov folikel. Tik pred ovulacijo se zrel folikel pritisne ob vezivno ovojnico in tam onemogoči preskrbo s krvjo. Nastane izboklina (stigma), ki poči in jajčna celica, obdana s folikularnimi celicami, se izplavi. Po ovulaciji se v Graafovem foliklu nekaj žil pretrga, nastane krvni strdek. S tem iz preostanka Graafovega folikla nastane rdeče telesce, ki se kmalu pretvori v rumeno telesce. Rumeno telesce deluje kot endokrina žleza in izloča estrogene in androgene hormone (najpomembnejši je progesteron). V kolikor ne pride do zanositve, delovanje rumenega telesca 2–3 dni pred koncem menstrualnega cikla nenadoma usahne in rumeno telesce se zabrazgotini (nadomesti z vezivnim tkivom); nastane belo telesce. Hkrati začne dozorevati več primordialnih foliklov, a redko dozori več Graafovih foliklov – običajno le eden, torej le eden ovulira, ostali propadejo (atretični folikli).

**Material:** jajčnik (mikroskopski preparat)

**Naloga** Narišite jajčnik in označite skorjo in sredico ter različne razvojne faze foliklov (primordialne folikle, primarne folikle, sekundarni folikel, Graafov folikel, rumeno telesce).



Slika 57: Jajčnik sesalca

## Maternica

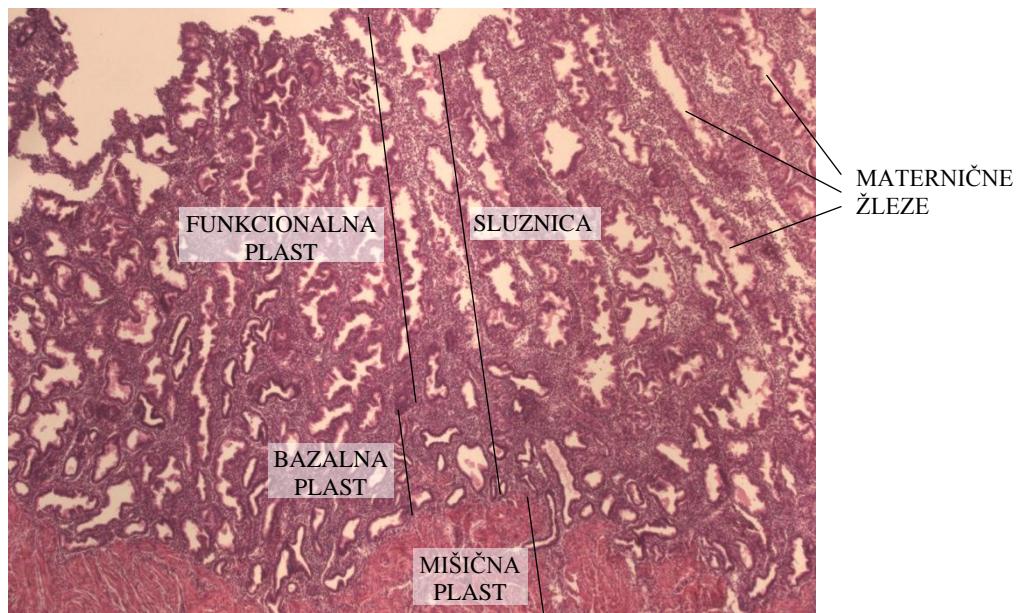
Stena maternice (uterus) je zgrajena iz sluznice (endometrij), mišične plasti (miometrij) ter vezivne plasti (perimetrij). Sluznica, ki je v stiku z maternično votljino, je iz treh plasti: enoslojnega epitelja, funkcionalne (povrhnje) in bazalne (osnovne) plasti. Bazalna plast se med menstrualnim ciklom ne spreminja, medtem ko se funkcionalna plast in povrhnjica ciklično luščita in obnavljata. Epitel sluznice je na mnogih mestih ugrezjen v sluznico in tvori maternične žleze, ki se v fazi obnavljanja (poliferacije) podaljšajo in pomnožijo, v fazi izločanja (sekrecije) pa razširijo in zvijejo ter napolnijo s hranljivimi izločki, bogatimi z ogljikovimi hidrati. V funkcionalni plasti sluznice so številne vijugave arterije, ki so zelo občutljive na količine progesterona in estrogena v krvi. Ob znižanju njune koncentracije te žile propadejo in funkcionalna plast sluznice se odlušči. Ob povišani koncentraciji estrogena se sluznica obnovi in pod vplivom progesterona pripravi na sprejem oplojenega jajčeca.

**Material:** prečni prerez stene maternice (mikroskopski preparat), sveža rodila svinje

**Naloga I** Narišite preparat maternice in označite mišično plast in sluznico. V sluznici označite epitel sluznice, funkcionalno plast, bazalno plast in maternične žleze.

**Vprašanje V** kateri fazi menstrualnega cikla je sluznica na preparatu?

**Naloga II** Oglejte si rodila svinje in skicirajte阴道, maternični vrat, dvorogo maternico, jajčnik in jajcevod.



Slika 58: Maternica

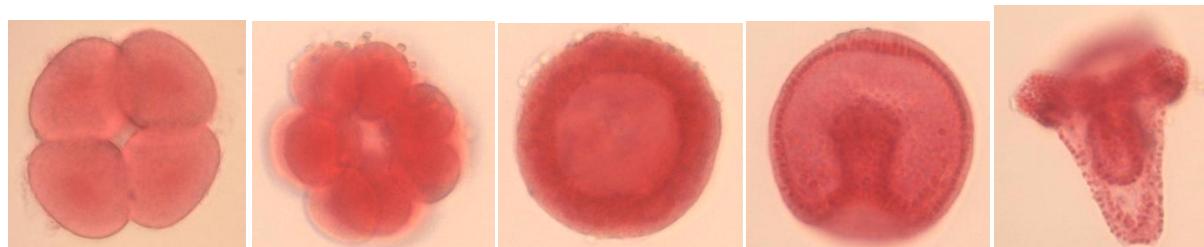
## Zgodnji embrionalni razvoj

Tako po oploditvi se zigota začne hitro deliti v številne majhne celice, blastomere. Začetek delitve zigote imenujemo brazdanje. Prve, iz zigote nastale celice so tesno ena ob drugi in tvorijo murvinemu plodu podobno tvorbo, morulo, ki je enako velika kot prvotna zigota. Morula se razvije v blastulo, ki je votla (votlina je blastocel). Potek brazdanja je odvisen od količine in razporeditve rumenjaka v jajčni celici. Sledi gastrulacija – faza, v kateri se celice diferencirajo in premeščajo – in nastane gastrula. Ta ima že vse tri zarodne plasti (ektoderm, mezoderm in endoderm). Za morske ježke je značilen tip gastrulacije z uvihanjem (invaginacijo) stene blastule (blastoderma). Z invaginacijo nastane dvoslojna gastrula s primarno telesno votlino in pračrevesom (arhenteron), ki se navzven odpira s prousti (blastoporus). Pri vretenčarjih z nevrulacijo, kakor imenujemo nastanek zasnove živčevja, nastanejo nevralne letve in nevralni žleb. Organi nastajajo v procesu organogeneze, ki pri različnih živalskih skupinah poteka različno.

Faze razvoja embrija: zigota → (brazdanje) → morula → blastula → (gastrulacija) → gastrula → (nevrulacija) → nevrula → (organogeneza) → kasnejši stadiji embrija z zasnovami organov.

**Material:** zgodnji razvojni stadiji embrijev morskega ježka (mikroskopski in sveži preparati)

**Naloga** Narišite embrije morskega ježka in poimenujte stadije: stadij štirih blastomer, stadij morule, blastula in gastrula. Pri blastuli označite blastoderm in blastocel, pri gastruli pa pračrevo in prausta.



Slika 59: Različni razvojni stadiji embrijev morskega ježka (stadij štirih blastomer, morula, blastula, gastrula, ličinka)

## LITERATURA

- Brusca R C, Brusca G J (2003) *Invertebrates*. Sinauer Associates, Sunderland
- Carola R, Harley J P, Noback C R (1992) *Human Anatomy and Physiology*. McGraw Hill, New York
- Edwards C A, Bohlen P J (1996) *Biology and ecology of earthworms*. Chapman & Hall, London
- Eroschenko V P (2008) *Di Fiore's atlas of histology with functional correlations*. Lippincott Williams & Wilkins: Wolters Kluwer, Philadelphia
- Kalezić M (2001) *Osnovi morfološke kičmenjaka*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd
- Liem K F, Bemis W E, Walker W F, Grande L (2001) *Functional anatomy of the vertebrates : an evolutionary perspective*. Harcourt College Publishers, Fort Worth
- Matoničkin I, Erben R (1994) *Opća zoologija*. Školska knjiga, Zagreb
- Pechenik J A (2010) *Biology of the invertebrates*. McGraw-Hill Higher Education, Boston
- Ross M H, Kaye G I, Pawlina W (2003) *Histology: A Text and Atlas*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- Ruppert E E, Fox R S, Barnes R D (2004) *Invertebrate zoology : a functional evolutionary approach*. CA: Thomson: Brooks/Cole, Belmont
- Stephen A M, John P H (2010) *Zoology*. McGraw-Hill Higher Education, Boston
- Štrus J, Drobne D, Zidar P (2002) *Navodila za vaje iz splošne zoologije*. Študentska založba, Ljubljana
- Štrus J (2002) *Splošna zoologija*. Študentska založba, Ljubljana