

Univerza  
v Ljubljani  
*Veterinarska*  
fakulteta



# **ANATOMIJA IN FIZIOLOGIJA SLADKOVODNIH RIB**

**Študijsko gradivo za študente veterinarske medicine**

**Vlasta Jenčič**

**Ljubljana, 2020**



## KAZALO VSEBINE

Uvod .....	6
Telo.....	7
Koža .....	10
Okostje .....	13
Mišice .....	16
Gibanje rib .....	17
Notranji organi .....	18
Prebavila.....	18
Prebava.....	23
Dihala.....	26
Škrge .....	26
Dihanje .....	27
Ribji mehur .....	31
Izločala.....	31
Osmoregulacija.....	34
Obtočila .....	35
Kri .....	38
Termoregulacija.....	40
Živčevje in čutila .....	41
Živčevje.....	41
Čutila.....	45
Oko .....	45
Čutili za zaznavanje kemijskih dražljajev .....	48
Čutilo za vonj .....	48
Čutilo za okus .....	50
Ravnotežno slušni organi, pobočnica in čutila na koži .....	51
Endokrini sistem .....	55
Spolni organi.....	57
Razmnoževanje.....	61
Imunski sistem.....	66
Nespecifična ali naravna obramba .....	67
Specifična obramba ali imunost .....	67
Literatura .....	69



## KAZALO SLIK

Slika 1: Ribje telo.....	8
Slika 2: Oblika ustnih rež.....	8
Slika 3: Oblike repnih plavutí.....	9
Slika 4: Koža.....	10
Slika 5: Luske pri gojenih krapih.....	11
Slika 6: Vrste lusk.....	12
Slika 7: Luska in rast rib.....	12
Slika 8: Namestitev zob pri roparicah in goltni zobje .....	14
Slika 9: Prsno in repno vretence.....	14
Slika 10: Okostje.....	15
Slika 11: Mišice.....	16
Slika 12: Gibanje jegulje, postrvi in skuše.....	17
Slika 13: Notranji organi.....	18
Slika 14: Črevo rib.....	18
Slika 15: Hrustančne žbice in škržne lamele.....	20
Slika 16: Pilorični podaljški pri menku in sulcu.....	22
Slika 17: Primarna in sekundarna škržna lamela.....	28
Slika 18: Polnjenje ribjega mehurja.....	30
Slika 19: Ledvica ribe pri samici in samcu.....	33
Slika 20: Srce pri ribah kostnicah.....	36
Slika 21: Krvotok.....	37
Slika 22: Odvzem krvi.....	40
Slika 23: Možgani.....	41
Slika 24: Ribje oko.....	46
Slika 25: Vidno polje ribe.....	48
Slika 26: Nosni odprtini in vohalni epitelij.....	49
Slika 27: Vonj ščuke in jegulje.....	50
Slika 28: Labirint in povezava z Webrovim aparatom.....	52
Slika 29: Dotik na daljavo preko pobočnice.....	54
Slika 30: Žleze z notranjim izločanjem.....	55
Slika 31: Postrvje ikre pred izvalitvijo.....	62
Slika 32: Razvoj ikre.....	64

# RIBE (PISCES)

## Uvod

Ribe (Pisces) živijo izključno v vodi in so najštevilčnejša skupina živali, saj obsegajo 48% vseh vretenčarjev. Najstarejši najdeni ribji fosili so stari 450 milijonov let, danes pa je poznanih 20 do 30 000 ali še več vrst rib. Še vedno ugotovijo kakšno novo, še več vrst rib pa za vedno izgine. Poleg morskih in sladkovodnih rib je še približno odstotek diadromnih rib, ki živijo v obeh okoljih. Diadromne ribe so bodisi anadromne in večino časa preživijo v morju, v sladko vodo pa potujejo na drst (lososi, jesetri) ali pa katadromne ribe, ki večino življenja preživijo v sladkih vodah, na drst pa potujejo v slano vodo (jegulje).

Vse naše sladkovodne ribe so v živalskem sistemu uvrščene v razred Osteichthyes (kostnice) in podrazred Actinopterygii. Sladkovodnih rib je približno 5000 vrst, med njimi jih je v Evropi 400, v Sloveniji pa 94 vrst, od tega je 77 vrst domorodnih, druge pa so bile v naše okolje vnesene skozi daljše obdobje.

Ribe so pomembne iz naravovarstvenega vidika, saj naseljujejo vse vode na zemeljski obli, živijo celo v morskih globinah, visokogorskih jezerih, podzemskih jamah in termalnih vodah. Nekatere ribe so zelo majhne in dosežejo le 9 mm, druge pa so velike tudi do 21 m.

Ribe so zanimive tudi iz gospodarskega vidika, saj imajo njihove mišice (meso) visoko hranilno vrednost, okus pa je odvisen od vrste rib in kakovosti vode, v kateri živijo. Ribje meso vsebuje med 70 in 80% vode, okrog 20% beljakovin in 1 do 10% maščob, ki odvisno od vrste rib vsebujejo tudi za življenje nujno potrebne omega-3 maščobne kislino, med njimi tudi EPA (eikosapentaensko) in DHA (dokosaheksaensko) kislino. Ribe za prehrano ljudi pridobivamo z ulovom rib v morju in v sladkih vodah ter z vzrejo rib, ki glede na dejstvo, da so naravni viri vedno bolj omejeni, pridobiva na pomenu. Ribe za prehrano lahko pod posebnimi pogoji pridobivamo tudi s športnim ribolovom, ki je pomemben del rekreativne dejavnosti ljudi po svetu.

Ribe so pomembne tudi kot ljubiteljske živali, bodisi kot akvarijske ribe ali ribe v vrtnih ribnikih. Po pogostosti ljubiteljskih živali so ribe na tretjem mestu takoj za psi in mačkami.

Ribe, ki imajo zaradi svojega razvoja veliko skupnih genov z vretenčarji in celo s sesalcimi, so pomembne v znanosti tako bazičnih kot aplikativnih raziskavah. V zadnjem času ribe uporabljajo tudi v kozmetiki.

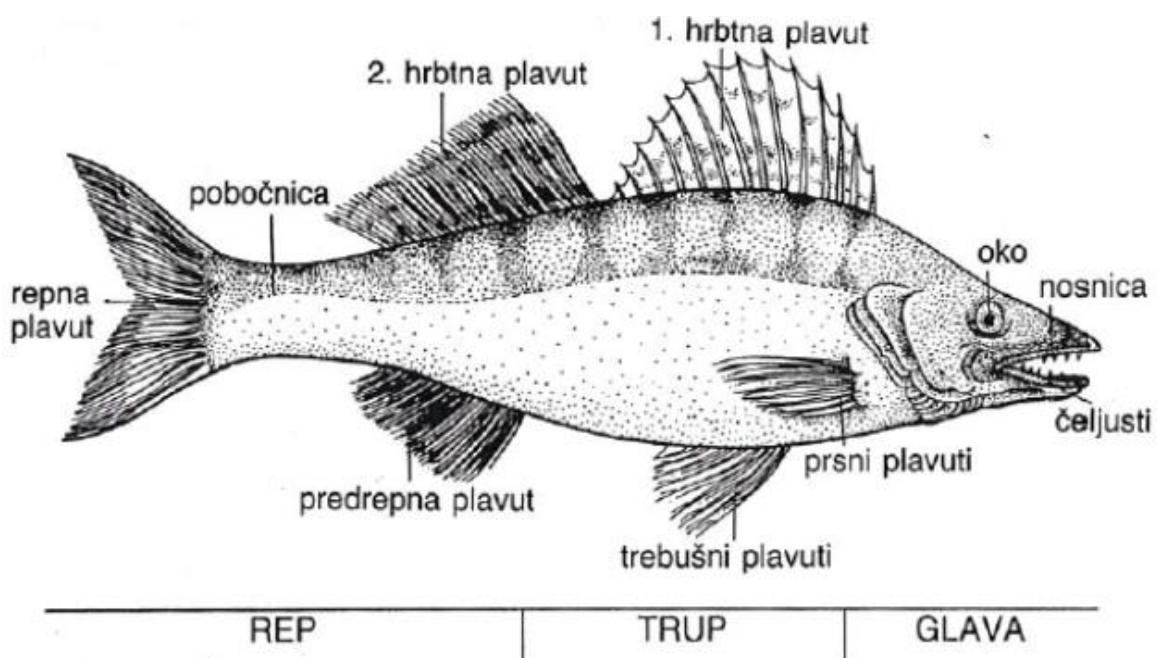
Nenazadnje imajo ribe tudi širšo družbeno in umetniško dimenzijo, saj so jih skozi zgodovino prikazovali kot različna božanstva in verske simbole, zelo pogost motiv pa so tudi v slikarstvu, kiparstvu, literaturi in drugih zvrsteh umetnosti.

## Ribe kostnice - Osteichthyes

### Telo

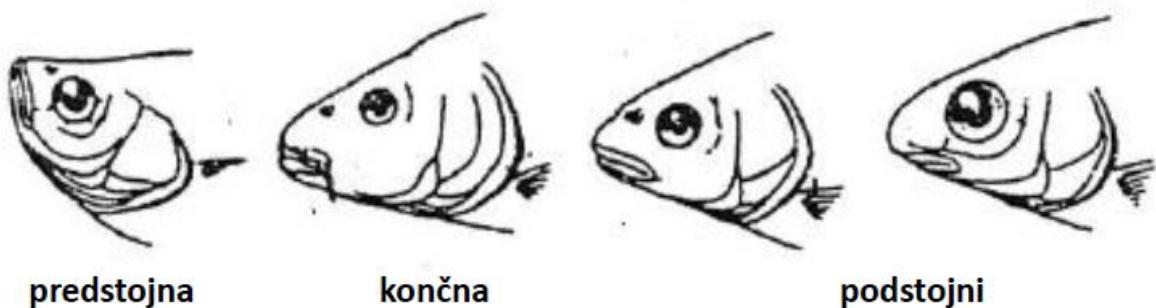
Telo sladkovodnih rib v naših vodah je bilateralno simetrično in je najrazličnejših oblik, saj se je njihovo telo prilagodilo okolju, v katerem živijo. Ribe v hitro tekočih vodah, ki so dobri plavalci, imajo za lažje premagovanje vodnega upora vretenasto telo, nasprotno pa imajo slablji plavalci in ribe v počasnih voda, ki so obrasle z rastlinjem, visoko in bočno sploščeno telo ter dobro razvit repni del telesa. Glavni predstavniki prve skupine so postrvi (Salmonidae), druge pa krapovci (Cyprinidae). V obeh skupinah so tudi številne druge vrste rib. Po obliki telesa lahko sklepamo, kje živijo ribe. Ribe, ki živijo pri dnu, imajo dorzoventralno sploščeno telo, ribe, ki živijo pod površjem, pa imajo raven hrbtni del. Razen omenjenih oblik je ribje telo lahko tudi valjasto, suličasto, iglasto in podobno. Ribe so lahko tudi različno velike in v naših vodah merijo od nekaj cm do metra in pol.

Ribje telo razdelimo na glavo (*caput*), trup (*truncus*) in rep (*cauda*), vse tri dele pa lahko med seboj razdelimo z dvema namišljenima linijama. Prva poteka za škržnim poklopcom, kjer se končuje glava in začenja trup, druga pa za analno odprtino, kjer se končuje trup in začenja repni del, razmerje pa je običajno 1:2:1 (slika 1).



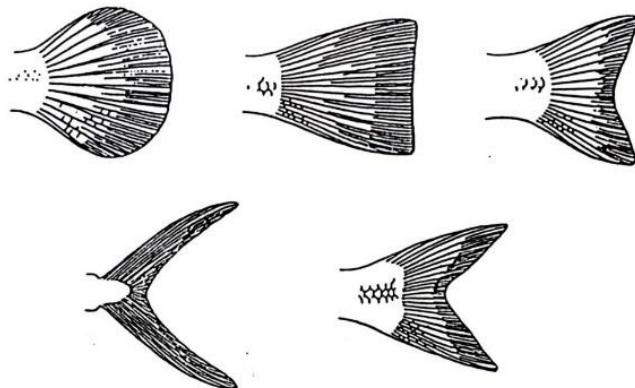
Slika 1: Ribje telo (Povž in Sket)

Glede na način življenja rib sta oblikovani tudi glava in ustna reža. Roparice imajo veliko glavo s široko razklanim gobcem, v katerem so zobe, ribe, ki se prehranjujejo s planktonom, pa imajo majhno glavo z nežnim gobcem. Po obliki ustne reže lahko sklepamo, kako se ribe hranijo. Ribe, ki pobirajo hrano s površja vode, imajo predstojno ustno režo, ribe, ki jemljejo hrano s tal pa podstojno ustno režo, končna usta pa imajo med drugimi tudi postrvi (slika 2).



Slika 2: Oblika ustnih rež (Povž in Sket, 1990)

Na trupu so plavuti (*pinnae*). Vse naše ribe imajo tri neparne plavuti in sicer hrbtno plavut (*pinna dorsalis*), predrepno plavut (*pinna analis*) in repno plavut (*pinna caudalis*). Salmonidi pa imajo še četrto neparno plavut tolščenko (*pinna adiposa*). Poleg neparnih sta še dva para parnih plavuti: prsni plavuti (*pinnae pectorales*) in trebušni plavuti (*pinnae ventrales*) (slika 1). V glavnem imajo plavuti na ribjem telesu svoje stalno mesto, od tod tudi njihova imena, vendarle pa njihov položaj pri posameznih vrstah rib lahko variira. Pri ščuki je na primer hrbtna plavut potisnjena povsem kavdalno, pri ostrižu sta trebušni plavuti takoj za prsnima in podobno. Prav tako variira tudi velikost plavut. Hrbtna plavut je navadno relativno kratka, zelo dolga pa je pri krapu in pri lipanu. Prav tako se plavuti razlikujejo tudi po obliki in barvi. Predvsem so razlike v repni plavuti. Ta je lahko nesimetrična (*hetreocerkna*) ali simetrična (*homocerkna*). Po obliki repne plavuti sklepamo, kakšen plavalec je riba. Ribe, ki imajo ozko repno deblo in vbočeno repno plavut, so dobre plavalke (slika 3).



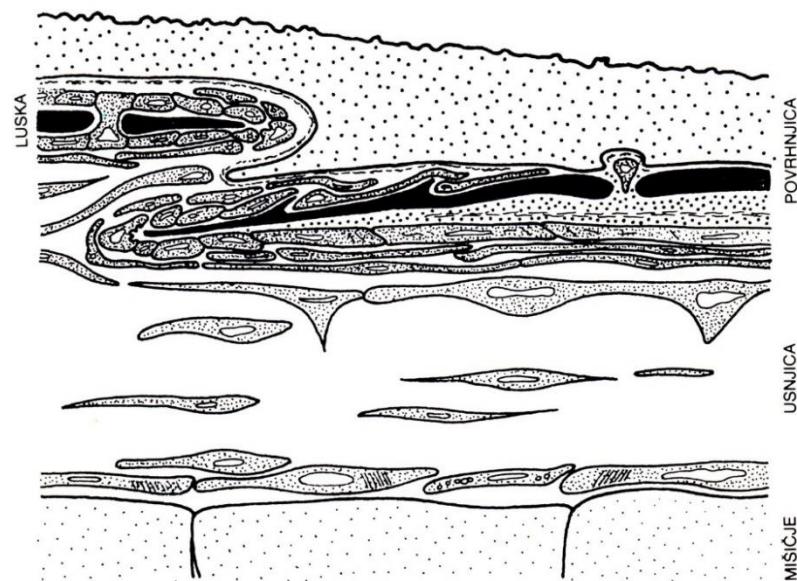
Slika 3: Oblike repnih plavut (Povž in Sket, 1990)

Plavutim nudijo podporo koščene plavutnice (*lepidotrichiae*), ki so lahko mehke ali toge. Edino tolščenka nima koščene opore.

Poleg naštetih morfoloških lastnosti v znanstvene namene za določanje vrst rib uporabljamo še druge pokazatelje kot na primer število hrustančnih žbic (*branhiospinae*) na sprednji strani škržnih lokov (slika 15), številu vretenc, številu žrelnih zob in piloričnih podaljškov (slika 16) pri postrvih. V novejšem času pa vrste rib poleg po fenotipskih lastnosti določamo tudi s serološkimi in molekularnimi metodami.

## Koža

Koža (*integumentum communae*) v prvi vrsti ščiti ribje telo pred mehanskimi, biološkimi in kemijskimi vplivi. Koža je sestavljena iz povrhnjice (*epidermis*) in usnjice (*dermis*). V obsežni povrhnjici, kjer je 10 do 30 plasti, so sluzne žleze, ki izločajo sluz, ki ima zaščitno in baktericidno vlogo ter zmanjšuje trenje, da riba lažje premaguje vodni odpor in hitreje plava. Sluz ima tudi vonj, po katerem se ribe orientirajo pri migracijah in ko med drstjo iščejo ribe nasprotnega spola. Sluz tudi preprečuje vdor vode in zaradi encima trombokinaze omogoča hitreže strjevanje krvi pri poškodbah. Intenzivnost izločanja sluzi je pri različnih vrstah rib različna in je odvisna tudi od fiziološkega stanja. Sluz nekaterih vrst rib je tudi prva hrana ribjega zaroda. V epidermisu so tudi celice, ki omogočajo odpornost na mehanične dražljaje in ribo ščitijo tudi pred okužbami. Pri nekaterih zlasti morskih ribah so v koži tudi celice, ki izločajo sluz.

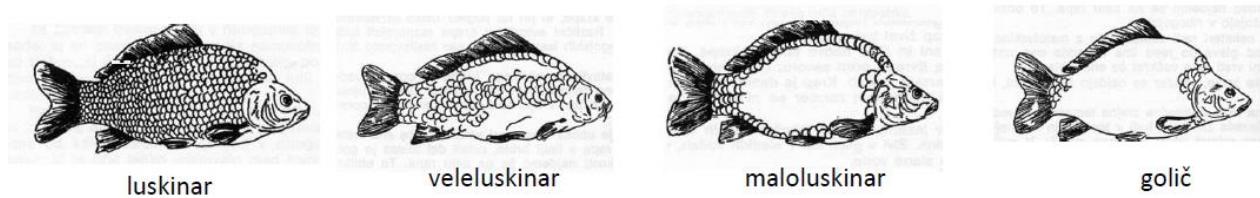


Slika 4: Koža (Povž in Sket, 1990)

Pri somiču so take celice v koži na področju škržnega poklopca in plavutih. Zaradi delovanja spolnih hormonov se v času drsti pri nekaterih krapskih vrstah rib po glavi in bokih dvignejo poroženeli deli epitelija povrhnjice, ki so videti kot biserne tvorbe in med drstjo služijo kot mehanski dražljaji. Te tvorbe imenujemo drstni izpuščaj.

Usnjica je še obsežnejša in je sestavljena iz vezivnega tkiva. Obsega štiri sloje: prvi sloj je vezivno tkivo, drugi sloj je dobro prekravljen *stratum vasculare*, tretji sloj je *stratum compactum* iz kolagenih vlaken, ki koži omogoča kompaktnost, četrti sloj pa je *subcutis*, ki kožo povezuje z mišicami, v njem pa so pigmentne celice in maščobno tkivo (slika 4).

Značilnost ribjega telesa so luske (*squamae*), prožne koščene tvorbe, ki učvrščujejo in varujejo kožo. Vse ribe razen redkih izjem so pokrite z luskami, njihova velikost in razporeditev pa sta pri različnih vrstah različni. Pri ščuki so na primer luske tudi na glavi, pri lipanu lusk ni na sprednjem delu telesa, itd. Pri gojenem krapu so štiri različice pokritosti telesa z luskami (slika 5). Lahko so v celoti prekriti z luskami (luskinar), le deloma (veleluskinar in maloluskinar ali zrcalar) ali pa so povsem brez lusk (golič).

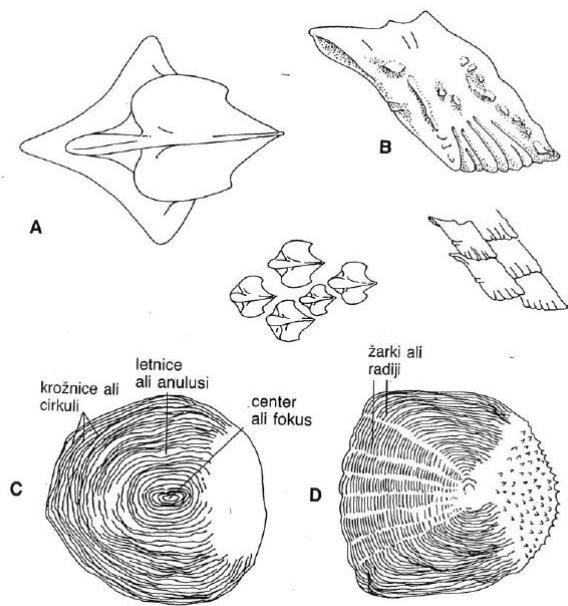


Slika 5: Vrste krapov (*Cyprinus carpio*) glede na pokritost z luskami (Antal in István, 1974)

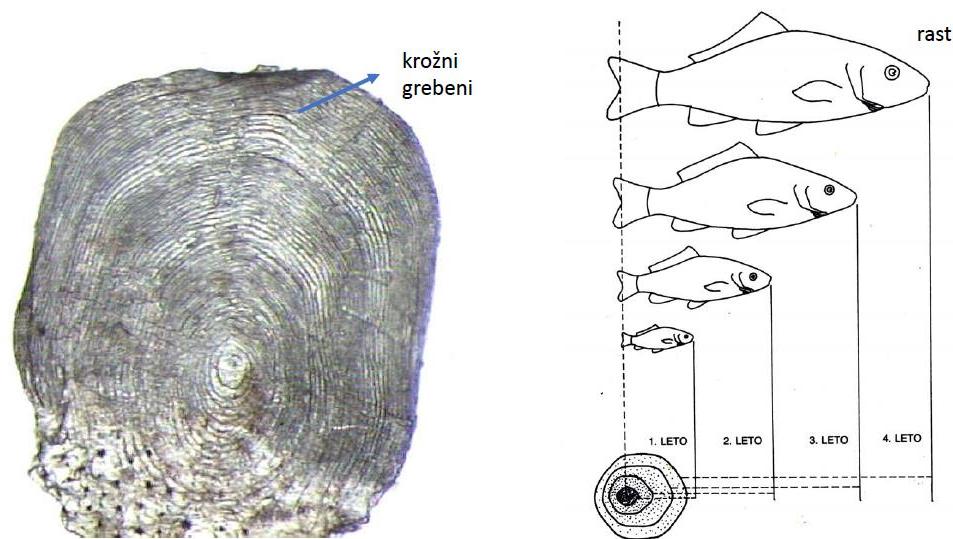
Razlikujemo štiri oblike lusk: cikloidne (kroglaste), ktenoidne (zobčaste), ganoidne (romboidne) in plakoidne (kožni zobec) luske (slika 6). Večina rib ima cikloidne in ktenoidne luske, ki ležijo v kožnem žepu in ribje telo prekrivajo kot se prekriva opeka na strehi. Del, ki gleda iz kožnega žepa, je pri cikloidni luski gladek, pri ktenoidni pa nazobčan. Jesetrovke imajo ganoidne - rombaste luske, plakoidne luske, nekakšne kožne zobce pa ima morski pes in njegovi sorodniki.

Luske rastejo v obliki krožnih grebenov (*circuli*) vse življenje, rast pa je odvisna od letnega časa. Poleti je rast intenzivnejša kot pozimi, tako da poleti nastane področje razširjenih, pozimi pa področje stisnjениh krožnih grebenov oba področja skupaj pa tvorita letnico (*anulus*). Ko prestejemo vse letnice, dobimo starost ribe (slika 7). Poleg po luskah starost ugotavljamo tudi po nekaterih kosteh, npr. na škržnem poklopcu, po vretencih in otolitih v slušnem organu.

Ribe imajo tudi določeno število lusk, te pa štejemo na pobočnici (*linea lateralis*) ter pod in nad njo.



Slika 6: Vrste lusk: plakoidna (A), ganoidna (B), cikloidna (C), ktenoidna (D) (Polž in Sket, 1990)



Slika 7: Luska in rast rib (Povž in Sket, 1990)

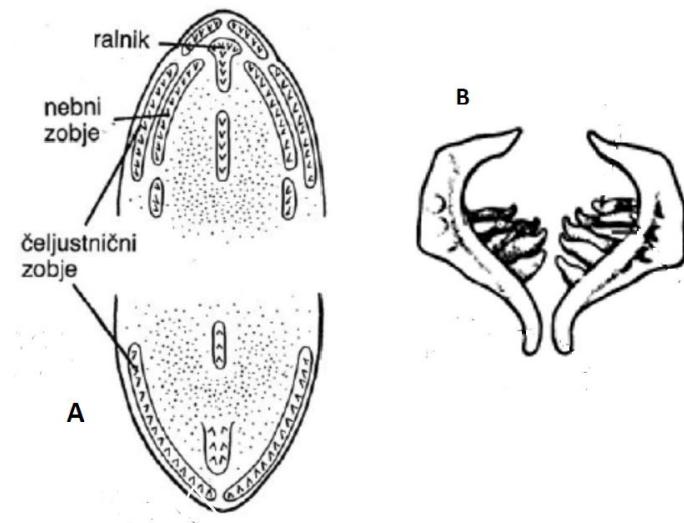
V spodnji plasti usnjice so pigmentne celice ali kromatofore, ki dajejo ribam barvo. Pigmentne celice so melanofore (črna barva), eritrofore (rdeča barva), ksantofore (rumena barva) in guanofore (svetleča srebrna barva). Po prisotnosti določenih pigmentnih celic in njihovi razporeditvi je odvisna obarvanost ribe. Melanofore so povezane z živčnim sistemom in se zato njihova intenzivnost spreminja. Ribe prilagajajo barvo okolju s pomočjo vida, spreminjanje obarvanosti rib pa je odvisna tudi od njihovega fiziološkega stanja. V času drsti barva samcev zaradi hormonov postane intenzivnejša. Tudi pri višjih temperaturah je barva rib intenzivnejša, pri pomanjkanju kisika pa ribe pobledijo. Tudi različna bolezemska stanja vplivajo na barvo. Slepé in ribe z okvaro ledvic so temne.

Koža ima še druge vloge. Sodeluje pri ekskreciji škodljivih metaboličnih izločkov v glavnem dušika. Sodeluje tudi pri dihanju. Pri različnih ribah se ta aktivnost zelo razlikuje, zanimivo je, da jegulja tri petine kisika lahko dobi preko kože. Koža v veliki meri sodeluje pri osmoregulaciji, to je vzdrževanju osmotskega ravnotežja med zunanjim svetom in organizmom. Pri sladkovodnih ribah voda v organizem neprestano vdira, pri morskih ribah pa je obratno in ribe vodo izgubljajo (poglavlje osmoregulacija).

Koža je zaradi številnih čutnih celic tudi čutni organ, zaradi razvejanega kapilarnega sistema pa sodeluje tudi pri termoregulaciji (poglavlje termoregulacija)

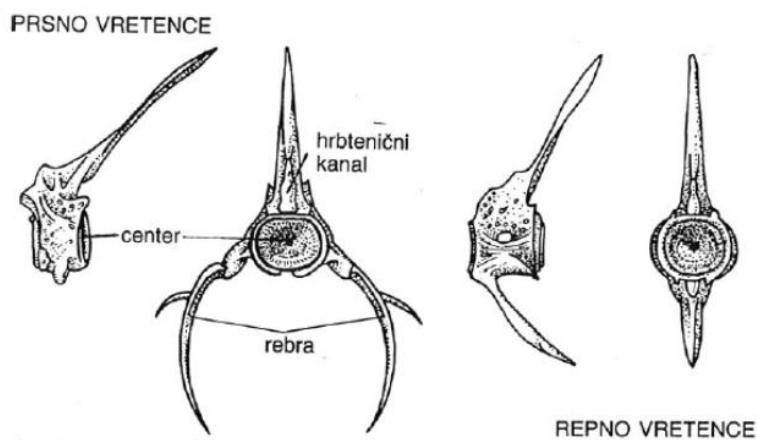
## Okostje

Okostje pri ribah sestavlja okostje glave (*cranium*), okostje trupa (*columna vertebralis*), okostje plavuti (*lepidotrichiae*), rebra (*costae*) in medmišične kosti. Okostje glave sestavljajo podobne kosti kot sestavljajo tudi okostje glave drugih vretenčarjev in iz okostja škržne votline. Okostje škržne votline sestavljajo štirje škržni loki, ki so obrnjeni navzven in navzdol, na zunanjem robu pa imajo žlebič, kjer potekajo žile in živci. Škržne loke pokriva škržni poklopeč (*operculum*) sestavljen iz štirih med seboj pomicnih kosti. Nekatere vrste rib, na primer postrvi imajo na kosteh ustne votline tanke in ostre zobe. Glede na lokacijo teh ločimo vrste rib. krapske vrste rib v ustni votlini nimajo zob, imajo pa v žrelni votlini goltne zobe (slika 8).



Slika 8: Namestitev zob pri roparicah (A) in goltni zobje pri rastlinojedih ribah (B) (Povž in Sket, 1990)

Okostje trupa sestavljajo vretenca (*vertebrae*). Posamezne vrste rib imajo različno število vretenc. Krap jih ima na primer 36 do 37, postrvi 56 do 59, jegulja pa 111 do 119. Vsako vretenec ima telo (*corpora vertebrae*), ki je ob straneh nekoliko konkavno. Iz telesa izhajata dorzalno dva podaljška (*nephraphophyses*), katera se kranialno, kavdalno in dorzalno združita in tvorita hrbtenjačni kanal (*canalis vertebralis*), kjer poteka hrbtenjača (*medulla spinalis*). Prav tako imajo telesa vretenec podaljške tudi ventralno (*haemophyses*), kateri na podoben način tvorijo kanal, kjer potekajo žile. Na prsnih vretencih so kratki podaljški, kjer se stikajo rebra (slika 9).

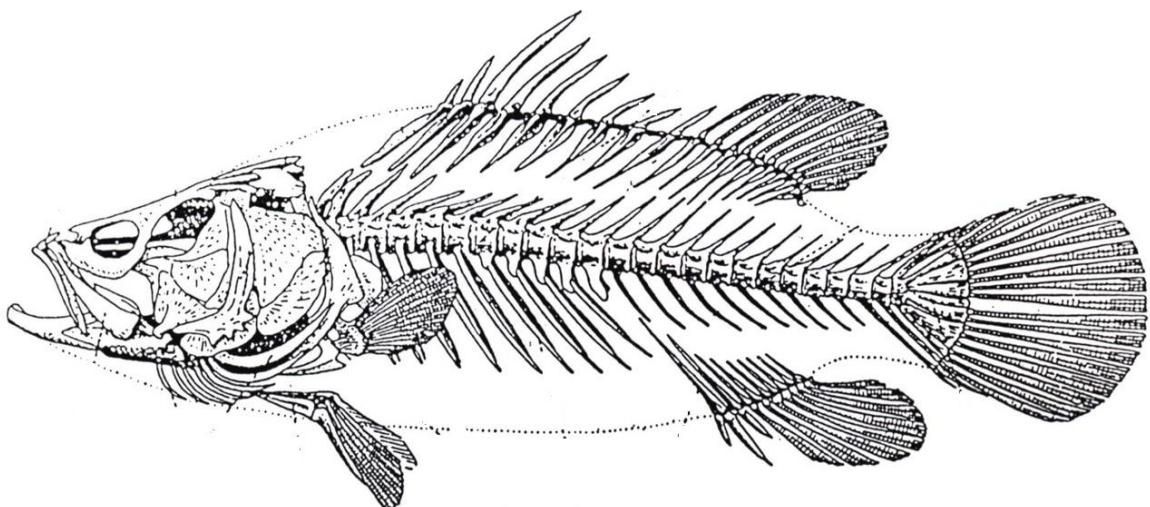


Slika 9: Prsno in repno vretence (Polž in Sket, 1990)

Okostje plavuti sestavlja žbice plavutnice (*lepidotrichiae*), ki so na mestu, kjer se ne dotikajo okostja, razcepljene. Plavutnice se pritrjujejo na ribje telo preko radijev, ki so podaljški vretenc (*procesus spinalis*). Med radiji in plavutnicami so sklepi, kar omogoča plavutim pomičnost. Ta lastnost uvršča vse naše ribe med mehkoplute ribe za razliko od trdoplutih, ki sklepov nimajo. Med trdoplute ribe pri nas spadajo ostriži. Hrbtna plavut se pritrjuje na telo preko dorzalnih radijev, predrepna plavut preko ventralnih radijev, repna plavut pa preko repnih radijev na več načinov. Bodisi preko dorzalnih in ventralnih radijev ali samo ventralnih radijev in je repni del hrbtnice dorzalno ukrivljen. Prsni plavuti se pritrjujeta na skelet glave preko ramenske opore (*omopterygium*), ki je sestavljena iz kosti ramenskega obroča pri vretenčarjih (*superclavica*, *clavica*, *scapula*, *os coracoides*), trebušni plavuti pa se pritrjujeta na trup preko košcene trioglate ploščice (*pelvoptyterygium*) v trebušnih mišicah.

Rebra (*costae*) so rahlo upognjena, v svojem proksimalnem delu nekoliko splošcene koščice, v distalnem zaobljenem delu pa se prosto končujejo v mišicah (slika 10).

Pri nekaterih ribah, na primer krapih vezivna vlakna med mišicami okostenijo v drobne dolge koščice imenovane srti ali ribje dlake.

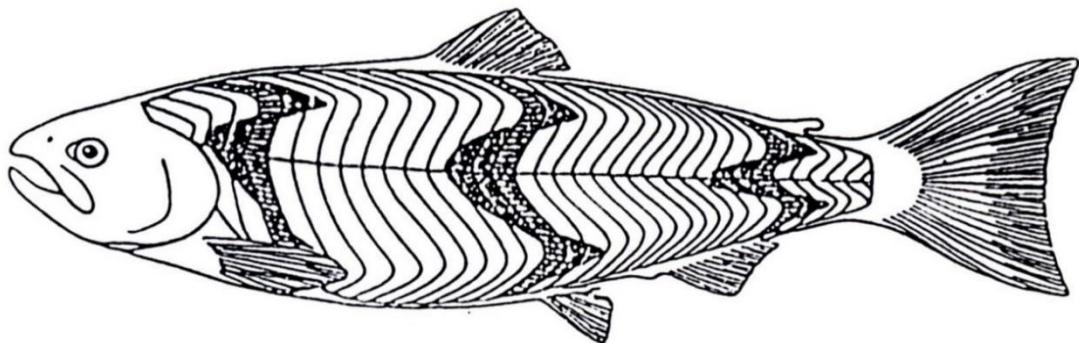


Slika 10: Okostje (Povž in Sket, 1990)

## Mišice

Naloga mišic je pomikanje telesa, pomoč pri cirkulaciji in prebavi. Razlikujemo prečno progaste - skeletne mišice, srčne mišice in gladke mišice notranjih organov.

Skeletne mišice sestavljajo bočne mišice, ki so iz *myomer*, drugo od druge pa ločijo *myosepta*. Število miomer je enako številu vretenc, miosepta pa tečejo poševno proti hrbtnici. Miomere so s pobočnico (horizontalni septum) razdeljene na zgornji večji *episom* in spodnji manjši trebušni *hyposom*. Dorzalni septum pa deli episom na levo in desno polovico (slika 11). Miosepta se med kuhanjem raztopijo, zato ribje meso razпадne. Bočne mišice so izredno močne, tako da ribe lahko plavajo tudi proti vodnemu toku in preskakujejo visoke vodne ovire. Pri tem je rep glavni lokomotorni organ, ki ga premikajo bočne mišice. Poleg bočne mišice so še mnoge druge manjše mišice, med njimi rdeča mišica tik pod pobočnico in mišice, ki premikajo škržni poklopec, čeljusti ter plavuti. Mišice plavuti ločimo na mišice parnih in neparnih plavuti in so nastale iz bočnih mišic. Ribje mišice so slabo prekrvavljeni.



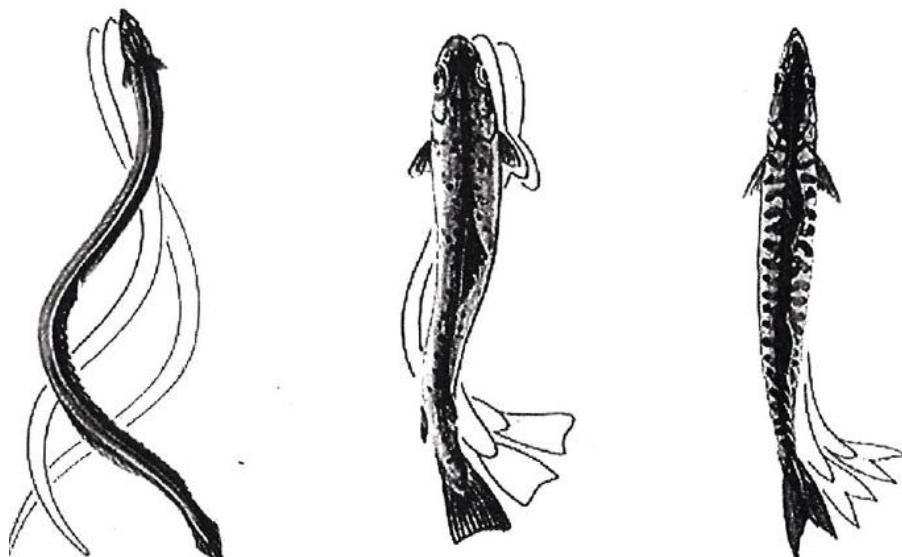
Slika 11: Mišice (Povž in Sket, 1990)

Mišice prebavil tvorijo gladke mišice prebavil in prečno progaste mišice glave, ki omogočajo gibanje ust, škrge in škržnih lokov. V črevesni steni so gladke mišice podolžno in krožno in se med seboj križajo, kar omogoča peristaltično gibanje in na ta način pomikanje hrane po prebavnem sistemu in izločanja neprejavljenih snovi iz organizma. Gladke mišice sodelujejo tudi pri zgradbi urogenitalnega sistema, nahajajo se v zračnem mehurju in očesu, kjer omogočajo gibanje leče.

## Gibanje rib

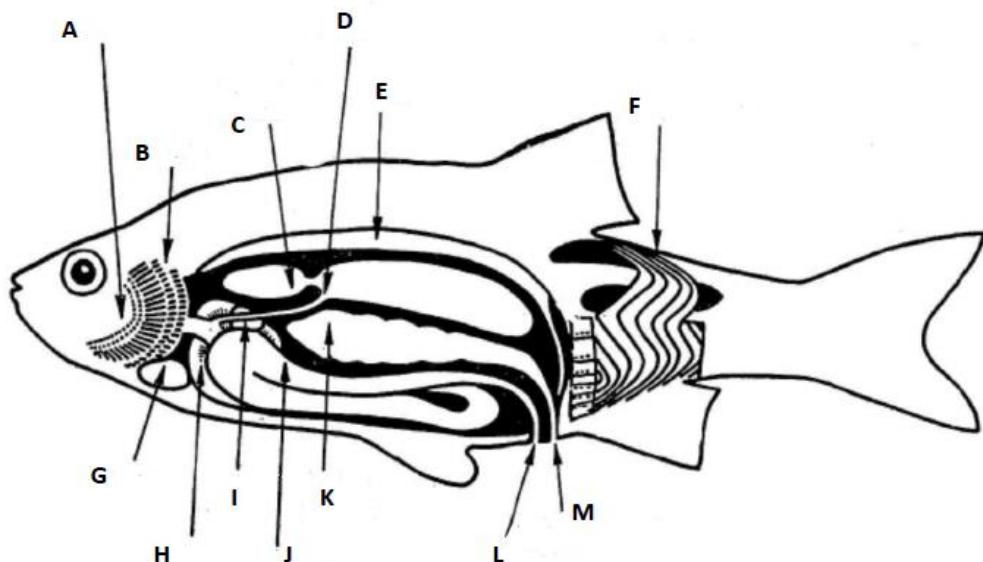
Glavni gibalni organ je repni del bočnih mišic in repna plavut, druge plavuti pa vzdržujejo ravnotežje. Plavalni gibi se začno z repnim delom, ki se upogne na eno, potem pa na drugo stran, posledica pa je valovito zvijanje repa, ki potiska ribo naprej, pri čemer se glava kot klin prebija skozi vodo. Valovitost telesa je najbolje izražena pri jegulji, sledi postrv, najslabša pa je pri skuši, kar je pogojeno s številom vretenc in pripadajočimi miomerami (slika 12).

Ribe, ki so dobre plavalke, imajo dogo torpedasto telo brez brkov, slabe plavalke pa imajo kratko telo z visokim hrptom in so bodisi lateralno ali dorzoventralno splošcene.



Slika 12: Gibanje jegulje, postrvi in skuše (Bogut in sod., 2006)

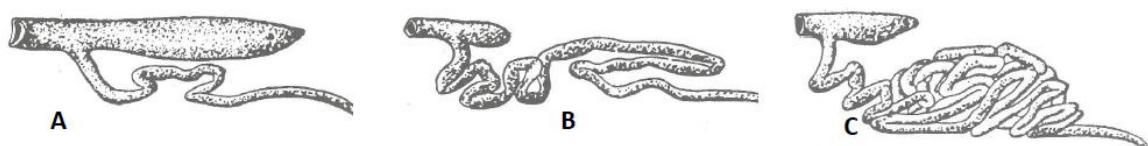
## Notranji organi



Slika 13: Notranji organi: žrelo (A), škrge (B), ribji mehur (C), *ductus pneumaticus* (D), ledvica (E), miomere (F), srce (G), jetra (H), žolčnik (I), črevo (J), spolna žleza (K), anus (L), spolno izvodilo (M) (Antal in István, 1974).

## Prebavila

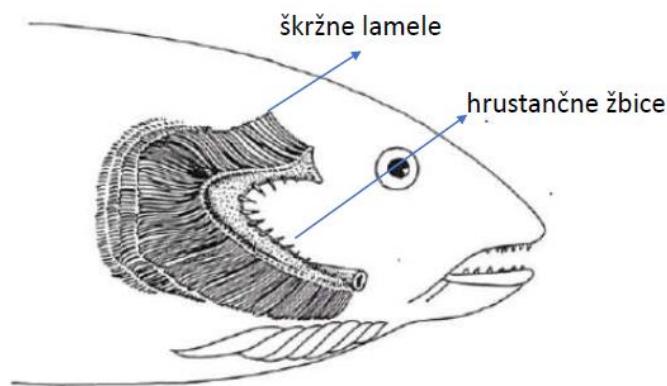
Prebavila so organski sistem za sprejemanje in izkoriščanje hrane, ki ga sestavlja ustno žrelna votlina, požiralnik, želodec, črevo z anusom ter prebavni žlezi jetra in trebušna slinavka. Med dolgotrajnem razvojem rib se je njihov prebavni sistem uspešno prilagodil različnim prehranjevalnim navadam.



Slika 14: Črevo rib: carnivor (A), omnivor (B), herbivor (C) (Povž in Sket, 1990)

Glede na način prehranjevanja ločimo ribe roparice (*carnivori*), ki se prehranjujejo izključno s hrano živalskega izvora, precej manj rib (*herbivori*) se prehranjuje izključno s hrano rastlinskega porekla, vsejede ribe (*omnivori*) pa se prehranjujejo z živalsko in rastlinsko hrano (slika 14). Glede na razlike v prehrani se razlikuje tudi prebavni sistem rib. Začetek prebavil je ustno žrelna votlina, ki ima poleg dihalne tudi prebavno vlogo. Začne se z podolžnimi ustimi, katerih položaj je najpogosteje končni, nadstojni ali podstojni, kar je odvisno od vrste in načina grabljenja oziroma jemanja hrane (slika 2). Malo bolj navzgor nameščena usta imajo ribe roparice, med tem ko imajo ribe, ki pobirajo hrano s tal, usta bolj spodaj. Pri nekaterih vrstah rib, kot so na primer krapovci in jesetri, se usta lahko podaljšajo v nekakšen rilec, s katerim lahko posrkajo hrano z dna. Velikost ust je odvisna od vrste hrane. Roparice imajo velika usta, ki se lahko široko razprejo, ribe, ki se prehranjujejo z rastlinjem in planktonom, pa imajo majhna usta. Ustnice so pri ribah razmeroma slabo razvite, njihova povrhnica pa takoj prehaja v ustno votlino, kjer so številne čutnice. Na ustih ali v ustnih kotičkih so lahko podaljški v obliki brk, na katerih so čutnice za otip in okus. Pri somu in jesetrih imajo brki hrustančno oporo, pri nekaterih ribah so brki koščeni, pri krapih pa nimajo nobene opore. Na začetku ustne votline rib kostnic sta dve dihalni loputi, ki zapirata usta in pri vdihu preprečujeta, da bi se voda skozi usta vračala. Nekateri ta organ imenujejo notranja usta. Jezik je pri ribah za razliko od drugih vretenčarjev trd, brez mišic in skoraj nepomičen, pri nekaterih ribah pa so po njem zobje. Na nebu je sluznica zadebeljena, na njej pa so številne čutnice. Ta organ imenujemo okušalna blazinica in razen okušanja pomaga tudi pri goltanju hrane. Okušalna blazinica je še posebej dobro razvita pri krapih. Ribe ne proizvajajo sline, saj ne bi imela nobenega pomena, ker bi se z vodo sproti izpirala. Zobje se pri ribah menjajo vse življenje. Novi zobje zrastejo bodisi na mestu, kjer so bili stari ali pa med bazama starih zobje. Oblika zob je odvisna od vrste hrane, ki jo ribe uživajo ter od njihove starosti in spola. Tudi razporeditev zob je zalo različna (slika 8/A). Zobje lahko prekrivajo večino kosti v ustni votlini ali pa so le na določenih delih ust kot so na primer goltni ali žrelni zobje pri krapih, nekatere ribe pa zob sploh nimajo. Posebej številni so ščetkasti zobje, som ima na primer 10 000 takih zobje. Zobje za grabljenje hrane so dolgi, ostri in zaobljeni, tako da roparice lahko plen zgrabijo in ga zadržijo.

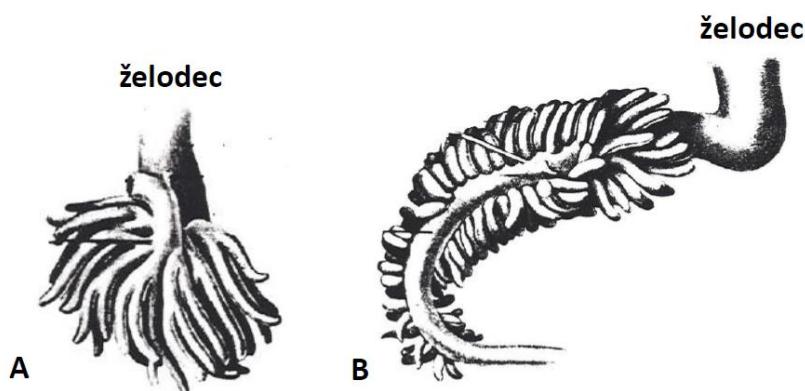
Ribe, ki se prehranjujejo z mešano hrano, imajo tope žrelne ali goltne zobe prilagojene za drobljenje hrane (slika 8/B). Za ustno votlino je žrelo, ki ga z zunanjih straneh obdajajo škržni loki. Na zunanji strani škržnih lokov so škržni lističi, na notranji pa so hrustančne žbice (*branchiospinæ*) ojačane z hrustancem ali kostjo (slika 15). Skozi njih se precejata voda in plankton ter ločujejo veliki in grobi delci hrane, ki bi lahko poškodovali nežno škržno tkivo. Posebej dobro je ta organ razvit pri ribah, ki se prehranjujejo s planktonom, slabo pa pri roparicah, ščuka pa jih nima.



Slika 15: Hrustančne žbice in škržne lamele (Polž in Sket, 1990)

Dolžina in gostota žbic je tudi pokazatelj, po katerem lahko ločimo križance sorodnih vrst rib. Žrelu sledi požiralnik, ki je pri večini rib širok in kratek, pri prehodu hrane pa se lahko razsiri. Stena požiralka je iz prečno progastih in gladkih mišic, v prednjem delu pa se izloča sluz, ki pomaga, da ribe hrano lažje pogoltnejo. Požiralnik se nadaljuje v želodec in v črevo. Vrste rib, ki imajo žrelne zobe, nimajo pravega želodca, žrelni zob je namreč zalogaj hrane zdrobijo do te mere, da v črevo ne pridejo veliki delci. Pri teh ribah, kamor sodijo tudi krapovci, je začetni del črevesa razširjen in tvori *bulbus intestinalis*, organ, ki ima vlogo želodca, čeprav se v njem ne izločajo prebavni sokovi. Črevesno steno sestavlja trije sloji in sicer notranji sloj (*tunica mucosa*), v sredini je mišični sloj (*tunica muscularis*), zunanji sloj pa je serozna ovojnica (*tunica serosa*). Vsak izmed teh slojev je razdeljen še na vmesne sloje, ki ima vsak svojo vlogo pri prebavi hrane in resorpciji prebavljenih snovi. Površina sluznica je zelo obsežna, saj ima razen tega, da je močno nagubana še črevesne resice (*villi intestinales*), ki za večkrat povečajo njen površino. V tem sloju so tudi celice, v katerih se tvori sluz in enterociti imenovane tudi absorpcijske celice, iz katerih se vsrkavajo hranilne snovi. Pri krapih so enterociti podobno zgrajeni kot pri novorojenih sesalcih, ki omogočajo, da se lahko vsrkajo tudi velike molekule

beljakovin. Mišični sloj črevesa je zgrajen iz vzdolžnega (*lamina longitudinalis*) in krožnega sloja (*lamina circularis*). Glede na različno zgradbo in fiziološko vlogo pri krapih ločimo tri dele črevesa. V prednjem delu se vrši razgradnja in vsrkavanje maščob, v srednjem se vsrkajo beljakovine, v zadnjem delu črevesa pa sposobnost vsrkavanja majhna, njegova glavna vloga je izmenjava ionov in osmotski transport vode. Pri ribah, ki imajo želodec, je požiralnik iz treh delov. V prednjem in srednjem delu so številne celice, ki izločajo kislo sluz, zadnji del požiralnika pa je po zgradbi že zelo podoben želodcu in se imenuje *oesogaster*. Požiralniku sledi želodec, ki se začne s kardio (*cardio*) in konča s pilorusom (*pylorus*), kjer želodec prehaja v črevo. Želodec, ki ga oživčuje *nervus vagus*, je pri različnih vrstah raztegljiv, najbolj pa pri roparicah. Tudi oblika želodca je pri različnih vrstah rib različna. Pri ostrižu ima na primer obliko slepe vreče, pri ščuki je valjasto razširjen, pri postrvih pa je zakriviljen. V želodcu se hrana kopici in deloma tudi prebavi ter postopno pomika proti črevesju. Stena je iz sluznice, mišičnega sloja in seroznega plašča. V sluznici so celice, ki izločajo sluz, ki jo ščitijo pred solno kislino (klorovodikova kislina) in pepsinom, ki ju izločajo želodčne žleze. Mišični del želodca je iz gladkih in prečno progastih mišic, vlakna notranjega dela želodca potekajo krožno, zunanjega pa podolžno. Zaradi delovanja krožnega in vzdolžnega sloja gladkih mišic, se želodčna stena začne ritmično krčiti (peristaltika) in potiskati hrano iz želodca proti črevesu. Kislost (pH) želodca se spreminja. V času, ko ribe ne jedo, je pH skoraj nevtralen, ko pa se hranijo, kislost doseže vrednost 2. Zgradba črevesja je na splošno podobna kot pri ribah brez želodca, so pa razlike med posameznimi vrstami. Pri ameriškem somiču je črevesje iz štirih, pri ostrižu iz treh, pri šarenki pa iz dveh delov. Pri ribah z želodcem so na začetnem delu črevesa pilorični podaljški (*appendices pyloricae*), ki so po zgradbi in namenu podobni črevesu, njihovo število pa je značilno za vsako ribjo vrsto. Potočna postrv ima 40 do 90 piloričnih podaljškov, soška postrv 150 do 284, lipan 23 do 25, smuč 7, ostriž 3 pilorične podaljške, menek 27, sulec pa 200 piloričnih podaljškov (slika 16). Pri križancih postrvi je število piloričnih podaljškov srednja vrednost obeh staršev. S piloričnimi podaljški se poveča površina črevesja in podaljša zadrževanje hrane v njem, s čimer se izboljša izkoristek hrane.



Slika 16: Pilorični podaljški pri menku (A) in pri sulcu (B) (Harder, 1975)

Pri šarenki težki 100 g je površina sluznice piloričnih podaljškov 1,8 kрат večja kot je površina črevesa. Pri nekaterih razvojno nižjih ribah, ki imajo krajše črevo, kot so to na primer pri sladkovodnih ribah jesetri, se površina črevesa poveča s spiralnimi resicami (*valvula spiralis*). Dolžina črevesa je odvisna tudi od vrste hrane, ki jo ribe uživajo. Najdaljše črevo imajo rastlinojede ribe, najkrajše ribe roparice, pri ribah, ki uživajo mešano hrano, pa je dolžina črevesa nekaj vmes (slika 14). Pri ščuki dolžina črevesa v razmerju z dolžino telesa znaša 1:1, pri ostrižu 1: 2:, pri krapu 2,5 - 3:1, pri belem amurju pa 5 - 6:1.

Sestavni del prebavil sta še prebavni žlezi jetra (*hepar*) in trebušna slinavka (*pancreas*). Jetra so največja žleza v telesu. Pri postrvih, ščuki in še nekaterih drugih ribah so kompaktna kot pri višjih vretenčarjih, pri kapih pa so jetra iz sedmih režnjev, ki so umeščena med črevesne vijuge. Velikost jeter se spreminja glede na vrsto in starost ribe ter glede na letni čas in intenzivnost hranjenja. Največja jetra imajo ribe iz družine trsk, od naših rib je to menek. Poznano je, da so menkova jetra zanimiva kulinarična poslastica. Pri kapih na jetra odpade med 5 in 6% celotne telesne teže. Pozimi, ko se kapi ne prehranjujejo, so jetra rumeno zelena, v času obilnega prehranjevanja pa so jetra temno rjavo rdeče, svetla barva pa je navadno znak, da so jetra zamaščena. V jetrnih celicah (*hepatociti*) se proizvaja žolč, ki se izloča v žolčne kanalčke, ti pa se združijo v *ductus hepaticus* in v kanal (*ductus cysticus*), ki vodi v žolčnik (*vesica felea*), iz njega pa se preko izvodila (*ductus choledocus*) žolč izliva v črevo. Menek, ki ima največja jetra, nima žolčnika in se žolč iz jeter izliva direktno v črevo. Žolč izboljšuje razgradnjo in prebavo maščob, pomembno vlogo ima pri razstrupljanju škodljivih snovi in pomaga pri metabolizmu beljakovin ter ogljikovih hidratov. Tkivo trebušne slinavke je pri nekaterih ribah, na primer tudi pri kapih, med jetrnimi celicami in zato ta organ imenujemo *hepatopankreas*. Pri postrvih, ščuki, jegulji in nekaterih drugih ribah je trebušna slinavka kompaktna in jo lahko vidimo s

prostim očesom, pri drugih ribah pa jo vidimo le pod lupo. Pri postrvih je trebušna slinavka v obliki trakov, ki so umeščeni med pilorične podaljške. Trebušna slinavka ima endokrino vlogo, pri kateri se proizvajata hormona glukagon in inzulin ter eksokrino vlogo, pri kateri se proizvajajo prebavni encimi tripsin, lipaza in amilaza.

## Prebava

Za življenje, rast in razmnoževanje potrebujejo ribe hranljive snovi kot drugi vretenčarji, vendar pa se glede prebave in potreb po določenih hranljivih snoveh za rasti in razvoj od toplokrvnih živali precej razlikujejo.

Pri prebavi sodelujejo mehanični, kemijski, sekrecijski in mikrobiološki dejavniki. Mehanični dejavniki so jemanje, drobljenje, mletje in goltanje hrane, tudi povračanje, gibanje želodca in črevesa ter iztrebljanje. Pri prebavi sodelujejo prebavne žleze s svojim izločki, dejavniki, ki s pomočjo encimov hrano kemijsko spremenijo ter bakterije, ki v prebavilih sodelujejo pri razgradnji hrane. Pri ribah te bakterije sicer niso pogoste, omenjajo se le pri krapu, koreslju in linju, kjer pomagajo pri razgradnji celuloze. Vse snovi razen anorganskih soli in vode ribe dobijo le preko hranjenja z živimi organizmi živalskega ali rastlinskega izvora. Roparice se prehranjujejo izključno s hrano živalskega izvora, precej manj rib se prehranjuje izključno s hrano rastlinskega porekla, nekatere ribe jedo vse vrste hrane, precej rib pa se prehranjuje s planktonom. Treba pa je poudariti, da ribe izkoristijo tisto hrano, ki jo imajo na razpolago. Torej se hranijo z glavno hrano, občasno hrano in hrano, ki jo jedo le zaradi nuje. Potreba po hrani je odvisna od časa zadrževanja hrane v želodcu, pri ribah brez želodca pa v prednjem delu črevesa. Hitrosti prehajanja hrane skozi črevo je odvisna tudi hitrosti vsrkavanje prebavljenih snovi v kri. Na splošno je pot hrane skozi črevo počasnejše kot pri višjih vretenčarjih. Glede na ta čas ribe razdelimo na tri skupine. V prvi skupini so roparice z velikim želodcem, ki se hranijo v največjih časovnih razmakih. V drugi skupini so ribe, ki se hranijo z mešano hrano in imajo slabše razvit želodec, v katerem se hrana ne zadržuje dolgo in se ne prebavi popolnoma. Interval med obroki traja 12 do 15 ur. V tretji skupini pa so ribe brez želodca, ki se hranijo skoraj neprekinjeno, hrana v razširjenem delu črevesja pa se zadržuje zelo kratek čas. Intenzivnost delovanje želodčno črevesnega sistema je odvisna tudi od temperature vode. Pri nizki temperaturi se hrana pomika počasi, pri višjih pa hitreje, stopnja prebavljene hrane pa je v obeh primerih enaka, saj se slabša aktivnost prebavnih encimov nadomesti z daljšem zadrževanjem hrane v prebavilih. Pri preobilnem hranjenju se izkoriščanje hrane zmanjšuje, ker zadrževanje

hrane v črevesu ni dovolj dolgo. Ločiti je treba prebavljenost in izkoristek hrane. Izkoristek hrane je vrednost, če od snovi v zaužiti hrani odštejemo enake snovi v iztrebkih. Krap in ščuka odvisno od hrane in starosti lahko izkoristita 50 do 95% hrane. Prehranjevalno vedenje se pri posameznih ribah bistveno razlikuje, kar izhaja iz sestave njihovih prebavil oziroma obratno, saj so se prebavila tekom razvoja prilagodila različnemu načinu prehranjevanja. Krap pri iskanju hrane uporabi številna čutila. V bistri vodi poišče hrano z otipom in vidom, njeni kakovosti pa preveri z okusom, v temni vodi pa za iskanje hrane uporabi tudi okus, kar so preverili pri slepih krapih. Krap zazna okus hrane tudi še, če je ta razredčena v razmerju 1:180. Nabor hrane, s katero se hrani krap, je zelo širok, v danih okoliščinah pa izberejo najprimernejšo hrano, ki jo imajo v izobilju. Poznano je, da ima krap od vseh ciprinidov ustni aparat najbolje prilagojen iskanju hrane na dnu in je sposoben najti hrano zelo globoko v mulju, kar je odvisno tudi od velikosti rib. Pri skupni naselitvi krapov različnih velikosti večji krapi izrabijo hrano globlje v mulju, manjšim krapom pa je dostopna hrana, ki je na površini. Večji krapi manjših delcev planktona ne morejo izrabiti, saj se ti pri hranjenju precedijo in odtečejo skoz skozi hrustančne žbice, te delce pa potem izkoristijo manjši krapi. Če se različne starostne kategorije rib naselijo v pravilnem razmerju, te bolje izrabijo naravno hrano v ribniku. Na tej osnovi skupaj vzugajajo dve ali tri kategorije rib, s čimer povečajo hektarski donos. Krap nerad ali sploh ne jemlje hrane, ki je ne more zdrobiti z žrelnimi zobmi, če pa že poje večje delce, se ti ne prebavijo v celoti. V suhi snovi nevretenčarjev, ki predstavljajo naravno hrano, je 40 do 60% beljakovin, kar ugodno vpliva na rast rib tudi pri relativno nizkih temperaturah. Odvisno od vrste in starosti ribe potrebujejo med 30 do 55% beljakovin, ki morajo vsebovati deset esencialnih aminokislin: arginin, histidin, izoleucin, leucin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan in valin. Za razgradnjo beljakovin ribe potrebujejo enake encime kot višji vretenčarji. Pri ribah, ki imajo želodec, se razgradnja beljakovin začne že v njem. V normalnih pogojih se hrana v želodcu ne zadržuje dolgo in se prebava nadaljuje v črevesu s pomočjo izločkov trebušne slinavke in črevesnih encimov, ki jih je več pri ribah brez želodca. Rezultat prebave so aminokisline, ki se vsrkajo skozi črevesno sluznico in s krvjo potujejo v jetra ter druge organe, kjer se iz njih gradijo telesne beljakovine ali pa se izkoristijo za energetske namene. Ribe za prebavo beljakovin v primerjavi z višjimi vretenčarji potrebujejo več energije. Aktivnost prebavnih encimov v črevesu je pri ribah roparicah intenzivnejša kot pri vsejedih, pri rastlinojedih pa je zelo slaba. Na prebavo beljakovin bistveno vplivajo tudi encimi, ki jih vsebuje naravna hrana, s katero se ribe prehranjuje. V zadnjem delu črevesa se lahko vsrkajo tudi večje molekule beljakovin v nespremenjeni obliki (pinocitoza), kar je zelo pomembno, če ribe stradajo in je izločanje prebavnih sokov omejeno. Ribe lahko dobijo tudi preveč beljakovin in jih ne morejo razgraditi,

kar se navadno zgodi pri visoki temperaturi vode in slabem izločanju prebavnih sokov. Posledica tega je hitrejši prehod hrane skozi črevo in izločenje neprebavljenih beljakovine, prekomerno onesnažujejo vodo, zmanjša pa se tudi izkoristek hrane oziroma se poviša prebavni koeficient. To dejstvo je treba nujno upoštevati pri intenzivni vzreji. Naslednja pomembna sestavina so maščobe, katerih prebava se pri ribah izključno vrši v črevesju, kjer jih žolčna kislina razcepi v manjše delce in s tem omogoči delovanje lipaze, da jih razgradi v glicerol in višje maščobne kisline. Prebavlјivost maščob doseže tudi 90%. Pri ribah so pomembne omega-3-maščobne kisline, med katerimi sta najbolj znani eikosapentaenska kislina (EPA) in dokosaheksaenska kislina (DHA). Ker sta obe zelo zaželeni v zdravi prehrani ljudi, so tudi zato ribe pomembne vir kakovostnega beljakovinskega obroka. Seveda je treba poudariti, da imajo različne vrste rib različne vrednosti teh kislin. Kadar vnos maščob prekorači dejanske energetske potrebe rib, se te nalagajo v mišicah, podkožnem tkivu in v manjših količinah tudi v vseh tkivih in organih. Ob pomanjkanju hrane pa se te zaloge zelo hitro potrošijo. Med stradanjem rib so maščobe tudi v krvi, s katero se uskladiščene maščobe tkivom dovajajo kot rezervna energija. Pomembna energetska zaloga je tudi glikogen, ki nastane z zapletenimi biokemijskimi procesi in se kopiči v vseh ribjih tkivih. Na primer pri krapih zaloga glikogena znaša 10% celotnega tkiva jeter ter trebušne slinavke (hepatopankreas) in med stradanjem predstavlja neobhoden vir energije. V naših temperaturnih razmerah se količina glikogen od septembra do januarja povečuje, februarja in marca popolnoma izgine, najnižje vrednosti glikogena pa so ugotovljene junija in julija. Tretja sestavina hrane so ogljikovi hidrati, katerih prebava je pri ribah precej slabša kot pri drugih vretenčarjih. Za njihovo razgradnjo so bistveni encimi eksogenega dela trebušne slinavke. Ribe, ki se hranijo z žuželkami, imajo tudi encim, ki njihov hitin razgradi do glukoze. Na fiziologijo in prebavo hranljivih snovi pri ribah poleg temperature vplivajo še vsebnost raztopljenega kisika v vodi, slanost in onesnaženje vode ter nenazadnje količina hrane v obroku. Veliki obroki povečujejo črevesno peristaltiko in s tem prehod hrane. Po dlje trajajočem stradanju, se učinek prehrane poveča, bolje od starejših hrano izkoriščajo mlade ribe. Pri postrvih je pri iskanju hrane najpomembnejši vid, sledita pa okus in vonj. V vedenju njihovega prehranjevanja razlikujemo dve faz. Prva faza vzdraženja (eksitacija) je povezana z iskanjem in najdbo hrane na osnovi negativnih ali pozitivnih dražljajev, ki se jih ribe spomnijo. Pri tem vidimo intenzivne telesne gibe, ribe trzajo s plavutmi in škržnimi poklopci ter premikajo brke. Druga faza je hranjenje, pri čemer ribe hrano vzamejo v usta, jo okusijo in pogoltnijo ali pa izpljunejo. Izbirčnost glede hrane je pri ribah odvisna od vrste in vonja posameznih aminokislin, pri čemer se vsaka vrsta rib odzove na posebno kombinacijo aminokislin. S poskusi so ugotovili, da ribe zelo privlačijo zmesi tripsina

fenilalanina in histidina. Potočna postrv se pozitivno odzove na alanin, arginin, prolin, glicin in histidin. Pri krapu so med 11 aminokislinami, ki so jih preskusili, pozitivne dražljaje izzvali le alanin, valin in glicin. Rezultati teh raziskav imajo veliko uporabno vrednost pri razvoju in izdelavi prehranskih mešanic za različne vrste rib pa tudi za športni ribolov. Treba pa je poudariti, da je vonjalna sposobnost zmanjšana ali povsem onemogočena v onesnaženi vodi. Ribe so vse življenje izpostavljene različnim mikroorganizmom, ki se nahajajo v vodi. Na gram črevesne vsebine so ugotovili od  $10^3$  do  $10^8$  bakterij, kar je veliko manj kot jih imajo v črevesju toplokrvni vretenčarji. Na sestavo in število bakterij vplivata tudi količina in vrsta zaužite hrane. Še največ bakterij najdemo v črevesju krapa med intenzivnim hranjenjem. Poznane so tudi številne bakterije, ki povečujejo prebavlјivost hrane in s tem izboljšujejo rast in sposobnost razmnoževanja ter višajo naravno odpornost proti povzročiteljem bolezni. Take bakterije so na primer *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp. in še mnoge druge, ki so znane kot probiotiki, od katerih si v sodobnem ribogojstvu veliko obetamo.

## Dihala

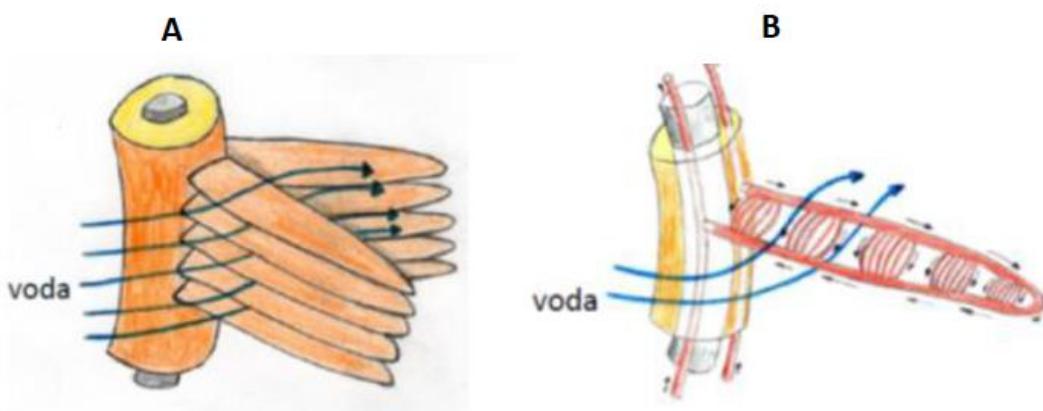
### Škrge

Čeprav se na prvi pogled zdi, da so ribe povsem drugačne živali od kopenskih, se v resnici od njih razlikujejo le po škrghah in načinu dihanja. Za življenje neobhodno potreben kisik iz vode preko krvi v škržnih lističih preide v telo, v obratni smeri pa se iz telesa v vodo izločijo škodljivi plini. Pri večini vrst rib so škrge (*branchiae*) za dihanje najpomembnejši organ. Škrge so endodermalnega izvora in izhajajo iz prednjega dela črevesa. Pri ribah kostnicah so osnova škržnega aparata širje pari škržnih lokov. Peti škržni lok je bodisi nepopolno razvit (rudimentaren) ali pa je razširjen in so na njem goltni zobje. Vsak škržni lok sestavlja širje deli: faringobranhialni, epibranhialni, ceratobranhialni in hipobranhialni del. Škrge so nameščene v škržni votlini, ki je z obeh strani zaščiten s škržnima poklopccema. Zadnji in spodnji del škržnega poklopca obdaja kožna membrana (*membrana branchiostegalis*), ki omogoča, da se škržna votlina popolnoma zapre. Na notranji strani škržnega poklopca so »lažne škrge« (*pseudobranchiae*), ki so sestavljene iz škržnih lističev, ki pri dihanju nimajo vloge. Na notranji strani vsakega od osmih škržnih lokov so v dveh vrstah razporejeni škržni lističi ali primarne lamele (slika 17/A). Vsak škržni listič je podprt s hrustančno ali kostno žbico, v kateri je mišica. Žbice učvrščujejo škržne lističe na škržnem loku in jim dajejo oporo, mišice pa jim omogočajo gibanje ter pospešujejo cirkulacijo krvi v dovodnih in odvodnih škržnih žilah. Pri

ribah, ki se prehranjujejo s planktonom, se z zunanje konkavne strani škržnih lokov nahajajo glavnikiasti podaljški (*branchiospinæ*), skozi katere se filtrira hrana. Površina škržnih lističev je povečana s prečnimi nabori ali sekundarnimi lamelami, katerih površina in število sta pri posameznih vrstah rib značilni (slika 17/B). Pri ščuki je na mm<sup>2</sup> 15 sekundarnih lamel. Nekaj primerov površine škrge v cm<sup>2</sup> na kg telesne mase: pri smuču 18 000, pri ščuki 14 400, pri linju 11 000, pri jegulji 9 800 in pri podusti 7000. Sekundarne škržne lamele so prekrite z enostavnim epitelom, pod katerim je gost splet kapilar, v katerih se vrši izmenjava plinov. Škržne lamele poleg epitelija pred zunanjimi vplivi ščiti tudi sloj sluzi. Razen sluzi so v škrghah še drugi obrambni mehanizmi, najpomembnejši je sposobnost obnove epitelija, če je sluznica zaradi mehaničnih poškodb nadražena. Površina škrge je zelo ranljiva in jih zelo hitro lahko nepopravljivo poškodujejo zunanji škržni zajedavci, bakterije in plesni ter prisotnost škodljivih snovi v vodi. Do neke mere se škržno tkivo zlasti pri mlajših ribah lahko obnovi. Na zunanji strani vsakega škržnega loka sta po dve krvni žili, spodnja je arterija (*arteria branchialis afferens*), po kateri v škrge iz telesa priteka iztrošena kri, pod njo pa je krvna žila (*arteria branchialis efferens*), po kateri z kisikom nasičena kri priteka v telo.

## Dihanje

Osnovni mehanizem dihanja je pri vseh ribah enak, nekatere posebnosti pa izhajajo iz načina plavanja posameznih vrst rib. Ribe, ki so neprestano v gibanju, imajo stalno na široko odprta usta in škržni poklopec, tako da voda škrge neprestano oplakuje. Ribe, ki pa so manj intenzivne plavalke, dihajo na osnovi tlačnega pritiska. Pri vdihu odprejo usta, da se razširi ustna votlina, in voda vdre vanjo, istočasno pa zaprejo škržni poklopec. Pri tem se škržni lističi med seboj stisnejo ter naredijo zaporo, da voda ne more skoznje. Tako za tem se škržna poklopca razpreta, škržna votlina pa se razširi, branhiostegalna membrana pa jo zapira navzven. Na ta način v škržni votlini nastane negativen pritisk, ki deluje kot sila za vsesavanje in se voda iz ustne votline prelije čez škržne lističe. Zatem sledi izdih, pri katerem so usta še naprej zaprta in škržna votlina stisnjena, dvigneta pa se škržna poklopca ter branhiostegalni membrani in voda zapusti škržno votlino. Ribe nimajo povsem pravilnega ritma dihanja. Po nekaj vdihljajih nastane premor, med katerim ribe vodo zavračajo iz ust in na ta način očistijo nečistoče, ki so se med dihanjem nabrale v ustih in na škrghah.

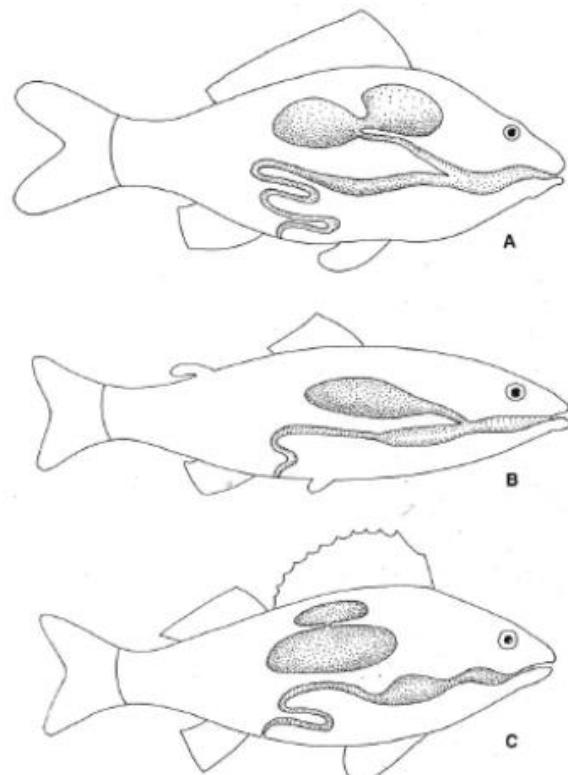


Slika 17: škržni lok s primarnimi škržnimi lamelami (A) in primarna lamela s sekundarnimi lamelami (B) (Jenčič)

Prehod raztopljenega kisika iz vode v škrge in izločanje ogljikovega dioksida iz škrge v vodo se vrši s pomočjo difuzije, ki jo omogočajo opisani dihalni gibi. Pline v vodi in v škržnih lističnih ločita enoslojni epitel in endotel krvnih kapilar, izmenjava plinov pa temelji na različnem pritisku v vodi in škržnih kapilarah. Na osnovi zakona o difuziji kisik z vode, kjer je pritisk višji, prehaja v škržne kapilare, kjer je nižji pritisk, dokler se pritiska ne izenačita. Drugače pa je z ogljikovim dioksidom. Parcialni tlak tega plina je v kapilarah višji kot v vodi, zato ogljikov dioksid iz krvi prehaja v vodo, dokler se koncentraciji ne izenačita. Kri iz škrge se po krvožilnem sistemu prenese do tkiv, kjer je tlak kisika v celicah nižji kot v arterijski krvi in zato kisik iz kapilar prehaja v tkivne celice. V celicah kisik reagira s hranljivimi snovmi, pri čemer nastaneta energija in ogljikov dioksid. Tlak ogljikovega dioksida v celicah narašča do visokih vrednosti in zaradi visokega delnega pritiska v celicah prehaja v krvne kapilare, po katerih je s krvjo odplavljen v škrge. Difuzija ogljikovega dioksida iz kapilar v vodo je hitra in se v normalnih pogojih vrši nemoteno. Tekom evolucije rib se je izoblikoval funkcionalni dihalni sistem, ki ribam omogoča, da dobro izkoristijo kisik iz vode. Pri normalnem zasičenju vode s kisikom škrge delujejo s 50% do 80% zmogljivostjo, srednje velika riba pa za dihanje v eni urri potrebuje 3 do 4 litre vode. Glede na potrebe po kisiku se riba odzove z ritmom dihanja oziroma gibanjem ust in škržnega poklopca. Pri povišani potrebi kisika in pri zmanjšani količini kisika v vodi se ritem dihanja pohitri. Na pogostost vdihljajev pomembno vpliva tudi temperatura vode. Krap ima pri temperaturi vode med 12°C in 16°C 20 do 40 vdihljajev, pri temperaturi vode 1°C pa le 3 do 4 vdihljaje na minuto. Potočna postrv pa pri temperaturi vode 10°C in koncentraciji kisika 7 mg/l vdihne 60 do 70 krat, pri enaki temperaturi in koncentraciji kisika 2 mg/l pa vdihne

140 do 150 krat na minuto. Pri pomanjkanju kisika se ribe, če imajo možnost, umaknejo na dotok ali plavajo proti toku vode. Pomanjkanje kisika se pozna tudi na zmanjšanem metabolizmu, aktivnosti plavanja in izgubi apetita. Znižanje zasičenosti vode s kisikom na polovico normalne vrednosti izzove hipoksijo, ki jo lahko spremiha otekanje eritrocitov. Če je riba izven vode, se škržni lističi zlepijo in riba se zaduši. Frekvenca dihanja je odvisna tudi od starosti in velikosti ribe. Mlajše in manjše ribe imajo večjo frekvenco in tudi večjo porabo kisika. Dokazano je, da 30 g težak klen (*Leuciscus cephalus*) v eni uri porabi 0,28 mg kisika na vsak gram telesne teže, klen težak 180 g pa v enakem razdobju na gram telesne teže 57% manj. Na hitrost dihanja vpliva tudi spol. Potrjeno je, da samci hitreje dihajo kot samice. Frekvenca dihanja in poraba kisika se povečata tudi pri povišani temperaturi, stresnih stanjih in pri povečani mišični aktivnosti. Krap pri temperaturi vode 8°C v eni uri porabi 70 mg kisika na kilogram, pri temperaturi vode 24°C pa okrog 105 mg kisika. Pri običajnem fiziološkem stanju rib je v krvi zelo malo ogljikovega dioksida, pri organskem onesnaženju vode ali eutrofifikaciji pa se te koncentracije lahko znatno povišajo, posledica pa je kopičenje kalcija v ledvicah (nefrokalcinoza) in v želodcu. Poleg dihalne pa imajo škrge pomembno vlogo tudi pri izločanju in osmoregulaciji. Pri metabolizmu dušika se 60% do 80% dušičnih snovi v obliki amonijaka iz organizma izloči skozi škrge in je zato urin zelo razredčen. Škrge sodelujejo tudi pri uravnavanju anorganskih ionov v organizmu ter vplivajo na izmenjavo toplotne med organizmom in okolico. Od skupne toplotne izmenjave organizma se je 10% do 30% opravi skozi škrge. Kisik iz vode ribe lahko deloma sprejemajo tudi skozi kožo. V resnici so ribe tekom svojega razvoja sprejemale kisik skozi kožo preden so razvile dihanje preko škrge. V kolikšni meri ribe sprejemajo kisik skozi kožo, pa je odvisno od vrste rib in njihove prilagoditve na pogoje z zmanjšano vsebnostjo kisika v vodi. Iz prakse poznamo, da krap in koreselj, odvisno od temperature, lahko več ur preživita izven vode samo v vlažnem okolju. Glede intenzivnosti kožnega dihanja ribe razdelimo na tri skupine. V prvi skupini so ribe, ki so prilagojene pogojem z nizko koncentracijo kisika, kot na primer jegulja, som in krap. Te vrste rib lahko preko kože sprejmejo med 17% in 22% kisika. Sledijo ribe, ki živijo na dnu, kot so na primer jesetri, ki lahko preko kože sprejmejo 10% do 13% kisika. Pri ribah, ki živijo v čisti in s kisikom bogati vodi, kot so na primer postrvi, pa je dihanje preko kože le med 3% in 9%. Poleg dihanja s škrsgami in kožo, ki se odvija v vodi, nekatere vrste rib lahko izkoriščajo tudi atmosferski zrak. Organi zračnega dihanja so črevo, zračni mehur in labirint, ki je v ustni votlini. Sprejem kisika preko prebavil imajo le redke ribe, omenili pa bi piškurje. Preko ribjega mehurja pa kisik sprejemajo ribe iz skupine rib *Physostomi*, ki imajo ribji mehur preko posebne povezave (*ductus*

*pneumaticus*) povezan s požiralnikom. Od naših rib so to postrvi in krapi. Ribe, pri katerih duktus pneumatikus zakrni, pa so *Physoclisti*, med našimi ribami so to ostriži (slika 18).



Slika 18: *Physostomi* (A,B), *Physoclisti* (C) (Povž in Sket, 1990)

Pogoltnjeni zrak gre iz požiralnika v ribji mehur in služi kot rezerva, ko primanjkuje kisika. Pri hitrih plavalkah je v ribjem mehurju 20% do 35% kisika, tako da na ta način roparice lahko povečajo vsebnost kisika v telesu, če škrge ne deluje optimalno. Labirint pa je poseben dihalni organ, ki je v nad škržni votlini nekaterih vrst rib, ki živijo v topnih in s kisikom siromašnih vodah. Ta organ je zgrajen iz koščenih lamel, ki so prekrite z dobro prekrvavljenim epitelom prilagojenim za sprejemanje kisika iz zraka. Dobro nam je poznano, da krapi pri pomanjkanju kisika izplavajo na površino vode in se postavijo poševno, da z usti sežejo izven vode in zajamejo zrak, kar imenujemo »hlapanje«. Škrge so deloma razvite že v obdobju razvoja. V embriih in ličinkah krapskih rib so med drugom tudi dobro razvit kapilarni splet na mestu, kjer se bodo razvile škrge. Pri ribah istega rodu so v razvoju škrge lahko razlike, ki so odvisne od vodnega okolja, kjer ribe živijo. Zaradi tega ima lahko po sistematiki oddaljena vrsta, če se

razvija v podobnih pogojih okolja, bolj podobno embrionalno sestavo škrg, kot ribe, ki so si po sistematiki sicer bolj blizu, pa se ne razvijajo v enakem vodnem okolju. Nižja koncentracija raztopljenega kisika v vodi ima za posledico tudi daljši embrionalni razvoj in počasnejšo preobrazbo dihalnega sistema.

## Ribji mehur

Ribji mehur imenovan tudi zračni mehur je neparni organ, ki leži nad črevesjem (slika 13). Ribji mehur je hidrostaticični organ in glede na pritisk v okolici uravnava specifično maso svojega telesa, kar doseže z večanjem in manjšanjem volumna ribjega mehurja. Oblika ribjega mehurja je pri različnih vrstah rib različna in je lahko je iz ene, dveh ali več komor. Ribji mehur iz skupine *Physostoma* je preko povezave *ductus pneumaticus* povezan s požiralnikom, pri ribah iz skupine *Physoclisti*, pa povezava zakrni (slika 18). Pri prvih se zrak v mehurju regulira in polni iz zraka in s sekrecije plinov, pri drugih pa se preko zraka polni le prve dni življenja, potem pa s pomočjo plinske žleze nameščene v kranoventralnem delu mehurja samo s sekrecijo plinov. Pri polnjenju se pomakne proti gladini vode, pri praznjenju pa gre v globino. Ribe, ki imajo zažet ribji mehur in zato videz dvodelnega mehurja kot na primer krapi, lahko ločeno regulirajo napolnjenost posameznega dela mehurja, lahko plavajo z glavo navzgor ali navzdol. Ribji mehur ima tudi vlogo čutila. Pri nekaterih vrstah rib, na primer krapih je mehur preko Webrovih koščic povezan z notranjim ušesom (slika 28). Nekatere ribe lahko z ribjim mehurjem do neke mere tudi dihajo in na ta način tudi ustvarjajo zvok, ki nastane, ko zrak sproščen preko *ductus pneumaticus*, na vodi povzroči resonanco.

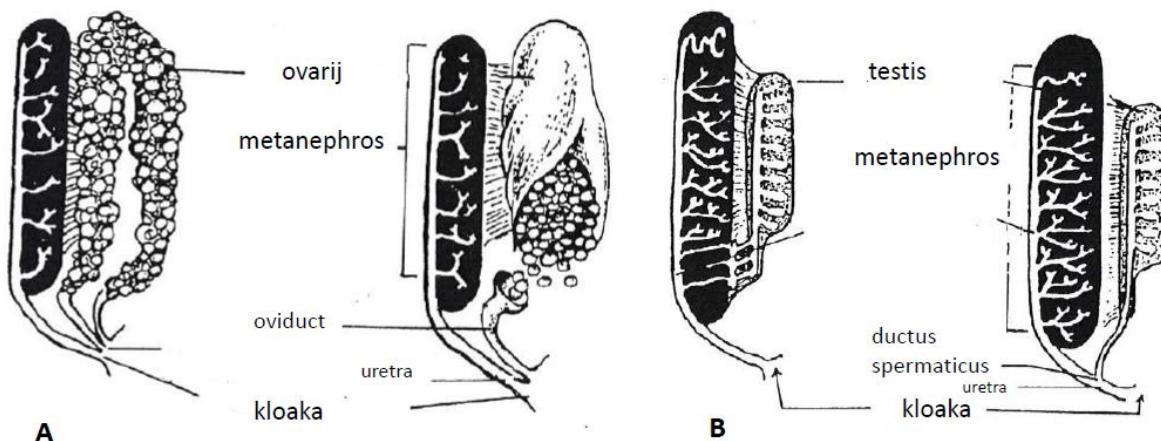
## Izločala

Pri presnovi v ribjem telesu nastajajo nepotrebne škodljive snovi, katere se izločajo s pomočjo prebavil, dihal in z urinom. Osrednji organ za izločanje urina so ledvica, ki imajo poleg ekskretorne še hematopoetsko in endokrino vlogo.

Ledvica so parni organ podolgovate oblike in temnordeče barve ter ležijo v trebušni votlini pod hrbtenico in se bistveno razlikujejo od značilno oblikovanih ledvic pri sesalcih (slika 13). Sestavljata jih levi in desni trak, ki pri večini rib kostnic potekata od začetka glave takoj za srcem do anusa, pri nekaterih ribah pa se podaljšujejo še naprej v repni del. Pri odraslih ribah ledvica po zgradbi in vlogi delimo na tri dele. Sprednji del ledvic (*pronephros*) imenovan tudi

glava ledvic leži pred pregrado, ki loči srčno od prsno trebušne votline, srednji del (*pronephros*) leži pod hrbtenico in se nadaljuje od že omenjene pregrade do anusa, od drugih organov trebušne votline pa jih loči trebušna stran potrebušnice (*peritoneum*). Oblika srednjega dela ledvic je odvisna od oblike ribjega mehurja. Zadnji del ledvic (*metanephros*), ki sega za anusom v repni del, pa ima le malo vrst rib in je nameščen bodisi v hrbteničnem kanalu, kjer potekajo žile ali pa v repnem delu telesa (slika 19). Vsi našteti po zgradbi in po vlogi različni deli ledvic so odvisno od vrste rib lahko med seboj združeni ali pa povsem ločeni, prav tako sta odvisno od vrste rib lahko združena ali razdvojena na levi in desni del. Pri krapu je srednji del ledvic iz treh delov, tako da sta dva kraka nameščena okrog zožitve ribjega mehurja in so ledvica videti kot dve nepravilni tristranični piramidi. Pri potočni postrvi in smuču pa se ledvica razdelijo na sprednji in srednji del. Pri ribah se tudi vloga ledvic bistveno razlikuje od vloge, ki jo imajo ledvica pri drugih vretenčarjev. Poleg ekskretorne vloge imajo ledvica še hematopoetsko in endokrino vlogo namesto nadledvične žleze, ki je ribe nimajo. Pri višjih vretenčarjih nadledvična žleza izloča hormone kortikosteroide, ki uravnavajo metabolizem natrija in kalija, ogljikovih hidratov in imajo pomembno vlogo v spolnem življenju organizmov. Obseg tkiva, ki ima eno od omenjenih vlog, je pri različnih vrstah različen, na splošno pa v prednjem delu ledvic prevladuje hematopoetsko, v zadnjem delu pa endokrino tkivo. Osnovo hematopoetskega tkiva tvori retikularno tkivo, ki ga sestavlja razvojne in zrele oblike krvnih celic, ribe namreč nimajo kostnega mozga, zato se kri v glavnem tvori v ledvicah in v vranici, v manjši meri pa tudi v črevesju. Hematopoetsko tkivo teh organov sestavlja torej razvojne in zrele oblike eritrocitov, granulocitov, limfocitov, monocitov in trombocitov. Ta del ledvic je nujen vzorec tkiva pri laboratorijskem ugotavljanju povzročiteljev bolezni rib. Poleg vranice, srca, včasih tudi možganov je obvezni del laboratorijske preiskave vzorec tkiva prednjega dela ledvic, v katerem so pri vsakem sistemskem obolenju zagotovo prisotni povzročitelji bolezni virusi ali bakterije. Ledvica imajo nalogo, da iz krvi odvajajo odvečne in škodljive snovi iz organizma v obliki urina. Pri vseh vretenčarjih je osnovna gradbena in funkcionalna enota ledvic kanal imenovan nefron, v katerem se v kapilarah glomerulov filtrira kri in zbira urin ter usmerja v sečevod. Vsi ti kanalčki, ki jih je nešteto, so povezani v tkivo, ki predstavlja eksokrini del ledvic. Odvisno od stopnje filogeneze in ontogeneze imajo ribe različne vrste ledvic. V času embrionalnega razvoja nastanejo pred - ledvica sestavljena iz več kanalčkov, ki se združijo in končajo v skupnem izvodilu, ki se konča v zadnjem delu črevesa. Iz pronefrosa se razvije mezonefros, ki ima pri večini rib kostnic vse življenje vlogo ledvic, pri višjih vretenčarjih pa se razvijejo prava ledvica ali metanefros. Nekatere živorodne vrste rib kot so na primer akvarijske ribe platiji (*Xiphophorus*) in gupiji (*Poecilia*) ter še nekatere druge ribe imajo

pronefros vse življenje. Pronefros pri večini rib zavzema sprednji del, mezonefros pa zadnji del in sestavlja glavno tkivo ledvic. Jegulje in še nekatere druge vrste imajo še zadnji del ledvic metanefros, ki je sicer značilen za višje vretenčarje.



Slika 19: Ledvica ribe pri samici (A) in samcu (B) (Bogut in sod., 2006)

Posamezni nefroni prednjega dela ledvic se združujejo v Wolff-ovo izvodilo (ductus Wollffi), ki predstavlja primarni sečevod. Če ribe nimajo sečnega mehurja (*vesica urinaria*), se primarna sečevoda obeh ledvic spojita v enega, ki se konča pri analni in spolni odprtini v urogenitalni papili (slika 19). Pri ribah iz skupine jesetrov (*Acipenseriformes*) so na primarne sečevode spojena tudi izvodila spolnih žlez. Za razliko od njih so pri pravih kostnicah sečevodi samostojni. Med prehodom skozi ledvične kanalčke se spremeni sestava primarnega urina, saj se v kanalčkih vsrkajo za organizem potrebne snovi. Snovi, ki nimajo vrednosti za organizem ali jih je v krvi preveč, pa se ne vsrkajo pa se izločijo z urinom. Ker različne vrste rib živijo v različnih vodnih sredinah, razlikujejo se tudi po načinu prehrane in drugih značilnostih, se primerno razlikuje tudi delovanje ledvic in razvitosti nefronov. Ledvica sladkovodnih rib imajo v razmerju z morskimi veliko večjo maso, saj skozi nje prehaja znatno več vode kot skozi ledvica morskih rib in je zato v eni ledvici čez 10 000 glomerulov. Ledvica izločajo tudi hormon renin, ki v ledvicah povečuje krvni pritisk. Pri morskih ribah je število sicer dobro razvitetih glomerulov precej manjše. Pri izločanju dušikovih snovi imajo pri ribah pomembno vlogo tudi škrge in se jih zato le 7 do 25% izloča z urinom.

## Osmoregulacija

Morske ribe živijo v hipertonični raztopini, zato izgubljajo vodo, sladkovodne ribe pa v hipotonični raztopini in zato voda vanje neprestano vdira. Voda, ki zaradi osmoze prispe v telo, po krvi potuje do ledvic in se z urinom izloča iz organizma. Pri sladkovodnih ribah je zato količina zelo razredčenega urina velika in se odvisno od vrste rib giblje od 40 do 400 ml na kg telesne teže. Dnevna količina izločenega urina pri jegulji je 3 do 7 ml na kg v morski in 60 do 140 ml na kg v sladki vodi. Sulec ima 70 do 95 ml urina na kg, krap 40 do 100, som od 50 do 110 in linj 35 do 110 ml na kg telesne mase urina. Urin je pri morskih in sladkovodnih ribah rahlo kisel do rahlo lužnat, saj se vrednost pH giblje med 6,4 in 7,4. Ribji urin vsebuje kreatinin, amonijak, aminokisline in sečno kislino. Kislost urina se poveča, ko so ribe v stresnem stanju, ko se poveča vsebnost mlečne kisline v krvi in posledično tudi v urinu. Relativno veliko količino urina je potrebno upoštevati pri vzreji rib ter pri njihovem transportu in poskrbeti za primerno in pravočasno izmenjavo vode, v kateri živijo ali jih prevažamo. Med izločki so najpomembnejše dušične snovi, ki nastanejo pri razgradnji beljakovin. Za osmoregulacijo ribe potrebujejo zelo veliko metabolične energije in jo zato nekatere ribe lažje, druge pa težje vzdržujejo. Da to lahko nemoteno potrebujejo življenske pogoje brez stresa in primerno prehrano. Pri sladkovodnih ribah se na zunaj posledice nepravilne osmoregulacije vidijo v nabiranju tekočin v telesnih votlinah. Eno najočitnejših znakov je eno ali obojestranska izbuljenosti oči (*exsophthalmus*), napihnjen trebuhu (*ascites*) in nasršene luske (*lepidortosis*). Največkrat gre za nepovratno poškodbo ledvic, ki nastane zaradi raznih bakterijskih in virusnih okužb. Opisani trije znaki so poleg pogina znaki, da so ribe zbolele. So pa ti znaki zelo neznačilni, saj se pojavijo skoraj pri vseh bakterijskih in virusnih boleznih rib. Na osnovi teh treh znakov ni mogoče postaviti diagnoze, povsem gotovo pa je, da gre za resno obolenje, za katerega je treba čim prej ugotoviti vzrok in pravilno ukrepati.

Za nemoteno osmoreregulacijo rib je problematična tudi nenadna sprememba osmotskega pritiska v vodi. Na to moramo misliti, ko premeščamo ribe v vodo, na katero niso vajene in jih je treba zato nanjo počasi privajati. Na osmoregulacijo je treba misliti tudi pri zdravilnih kopelih, pri katerih moramo ribe ves čas nadzorovati in kopel po potrebi pravočasno prekiniti. Ribam, ki so v neprimernih pogojih in pod stresom, pa z dodatkom majhnih količin soli lahko nekoliko pomagamo uravnavati osmoreregulacijo, kar pa deluje le kratek čas, dolgoročno pa je treba stres odpraviti ali pa vsaj zmanjšati. Nasprotno kot sladkovodne pa morske ribe vodo neprestano izgubljajo, ker je osmotska koncentracija v okolini višja kot je v ribjem telesu. Da bi to vodo nadomestile, morske ribe pijejo/goltajo vodo in resorbirajo med 50 do 80% te vode.

Da bi se zaščitile pred prevelikimi izgubami vode, je za razliko od sladkovodnih rib tudi količina urina znatno manjša, osmotska koncentracija pa znatno višja. Majhna potreba po izločanju vode preko ledvic je povzročila, da je število ledvičnih glomerulov pri morskih ribah precej manjše kot pri sladkovodnih ali pa jih sploh ni.

Skupina rib, ki jih imenujemo diadromne ribe, ki živijo v morju in se selijo v sladke vode ali obratno, pa imajo mehanizem za prilagajanje različnim osmotskim okoliščinam dobro razvit, za kar je zlasti odgovorna ledvica, ki imajo temu primerno razvite glomerule, ki se lahko odzovejo z različno količino urina. Skupino rib, ki se lahko prilagodijo različnim osmotskim koncentracijam, imenujemo eurihaline ribe, za razliko od stenohalidnih vrst rib, ki ne prenesejo večji nihanj. Poznano je, da anadromni (živijo v slani, razmnožujejo pa se v sladki vodi) salmonidi, kot je losos v fazi iker in mladic ne morejo živeti v morski vodi. Nasprotno pa katadromna (živi v sladki, razmnožuje pa se v slani vodi) jegulja v stadiju zaroda ne more živeti v sladki vodi. Pri nekaterih eurihalinih ribah migracije na kratke razdalje niso povezane s spolnim ciklusom.

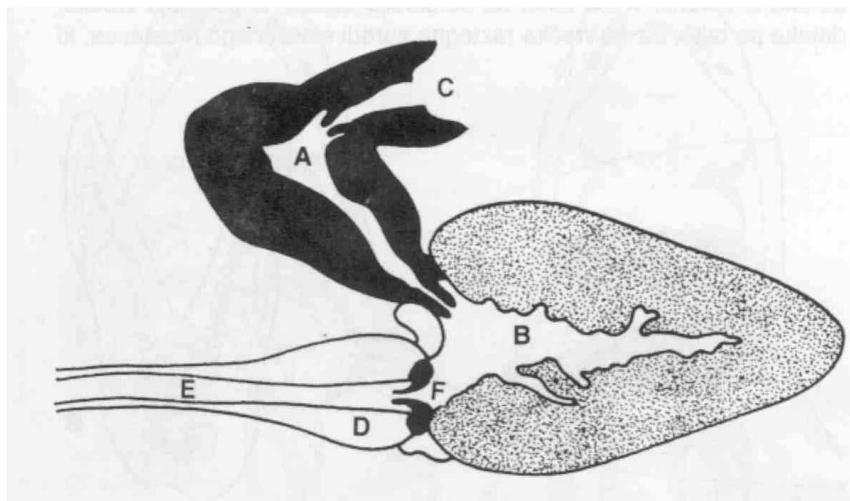
## Obtočila

Obtočila obsegajo srce, krvne žile, kri in limfa. Kri telesu dovaja kisik, hranljive snovi in hormone, odvaja pa ogljikov dioksid in druge škodljive snovi.

Središčni organ obtočil jesrce, ki je nameščeno za škrsgami v srčni votlini obloženi z osrčnikom, ki razdvaja srčno od trebušne votline in je dobro zaščitenega s kostmi prsnega obroča, na katerega se nasajata prsni plavuti (slika 13).

V primerjavi s srcem drugih vretenčarjev je pri ribah srce precej manjše in preprostejše. Pri sesalcih na srce navadno odpade okrog 4,6%, pri pticah 16%, pri ribah pa le med 0,33% do 2,5% telesne mase; pri krapu pa na primer 1,1% do 1,2%. Sladkovodne ribe imajo nekoliko večje srce od morskih, ker morajo zaradi zakonov osmoregulacije premagovati večje napore. Za razliko od višjih vretenčarjev, pri katerih ima srce dva preddvora in dva prekata, imajo ribe en preddvor (*atrium*) in en prekat (*ventriculus*). Posebnost ribjega srca pa sta venski sinus (*sinus venosus*) in arterijski betič (*bulbus arteriosus*) (slika 20). Kri iz venskega sinusa, katerega stena je zelo tanka, prehaja v preddvor skozi odprtino (*ostium venosum*), v prekat pa skozi odprtino (*ostium atrioventriculare*), ki ga obdajajo krožna mišična objemka in dve do štiri zaklopke. Prekat je najobsežnejši del srca in se v sprednjem delu nadaljuje v enako zgrajen kratek arterijski konus, ki se oba krčita ter nato v arterijski betič, ki se ne krči, je pa klub temu precej

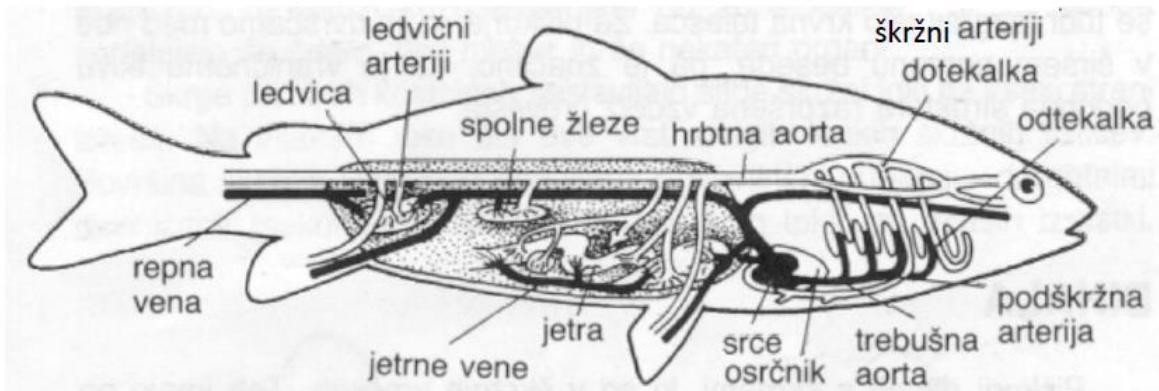
elastičen. Vloga arterijskega betiča skupaj z zaklopkami je, da preprečuje nihanje krvnega pritiska in umirja pretok krvi v aorto. Srce s krčenjem po arterijah potiska kri v telesne organe, iz oddaljenih delov telesa pa se po venah vrača venska kri. Arterije, ki prenašajo kri iz srca in škrge, se razvezajo v čedalje tanjše žile, ki se končajo kot tanke kapilare, kjer upočasnjen pretok krvi omogoča, da se skozi njihovo tanko steno izmenjujejo hranilne snovi in plini. Iz kapilar izhajajo drobne vene, ki se spajajo v *ductus Cuvieri*, ki se zliva v venozni sinus pred preddvorom.



Slika 20: Srce pri ribah kostnicah: atrij (A), ventrikkel (B), *sinus venosus* (C), *bulbus arteriosus* (D), aorta (E), *conus arteriosus* (F) (Povž in Sket, 1990)

Skozi srce prehaja samo venska kri, ki se pred vstopom v preddvor kopiči v venskem sinusu. Ko se preddvor opusti (*diastola atrija*), vanj vstopi kri iz venskega sinusa in ko se napolni, se preddvor skrči (*sistola atrija*), istočasno pa se zaklopke proti venskemu sinusu zaprejo, odprtina med preddvorom in prekatom se razširi in vanj iz preddvora steče kri (*diastola ventriculusa*). Ko se prekat napolni, se skrči (*sistola*) in nastane pritisk, zaklopke med preddvorom in prekatom se zaprejo, kri pa steče v arterijski betič. Število srčnih utripov je odvisno od vrste in starosti rib. Majhne in mlade ribe imajo bistveno hitrejšo frekvenco srčnih utripov od večjih in starejših rib. Na primer 10 cm velika zlata riba ima pri 20 °C 70 srčnih utripov, odrasla pa pri enaki temperaturi le 30 srčnih utripov na minuto. Na število srčnih utripov vplivajo še temperatura in kemijska sestava vode, še zlasti vsebnosti kisika v njej ter intenzivnost gibanja rib. Z višanjem temperature vode se viša tudi pogostost srčnih utripov. Na primer krapi imajo glede na maso poleti od 18 do 30, pozimi pa 1 do 3 utripe na minuto. Ko temperatura vode preseže 30 °C, je srčni utrip moten in je pod 4 utripe na minuto. Običajno je ritem srca enak kot

je ritem dihanja, vendar to ni nujno. Število srčnih utripov lahko spremljamo z opazovanjem pretoka krvi na repnih žilah ali posredno z oceno elektrokardiograma. Tudi minutni volumen krvi je odvisen od vrste rib in v veliki meri odvisen od aktivnosti rib ter se giblje med 15 ml do 30 ml na kg telesne mase rib na minuto.



Slika 21: Krvotok (Povž in Sket, 1990)

Zaprt krvožilni sistem se začne in konča v srcu, ki deluje kot ritmično utripajoča enosmerna črpalka, ki poganja kri po telesu (slika 21). Aorta (*aorta ascendens*) se pri kostnicah razdeli v štiri pare škržnih arterij (*arteriae branchiales afferentes*), ki vodijo proti škržnim lokom, kjer se namestijo v njihovih žlebovih, od tod pa vodijo v škržne lističe, kjer se razvezajo v tanko kapilarno mrežo, kjer ogljikov dioksid iz krvi preide v vodo, iz vode v kri pa kisik. S kisikom obogatena kri se zbira v odvodnih škržnih arterijah (*arteriae branchiales efferentes*), te pa se nad škrgami združijo v izhodno aorto (*aorta descendens*). Iz te arterije za področje glave izhajata dve karotidni arteriji (*arteriae carotides*), proti trupu hrbtna aorta (*aorta dorsalis*), proti repu pa repna arterija (*arteria caudalis*). Iz hrbtnne aorte vodijo številne arterije, ki oskrbujejo različne organe. Tako arterija *spermatica* s krvjo oskrbuje spolne žleze, *a. coeliaca* in *a. mesenterica* oskrbujeta želodec, jetra, trebušno slinavko in vranico, *a. renalis* oskrbuje ledvica, *a. illiaca* prekravavljuje trebušne plavuti, prsni plavuti pa *a. subclavia*, ki se oddvaja od karotidne arterije. Vene potekajo vzporedno ob arterijah, vendar so širše ter temnejše barve. Med arterijami in venami so kapilare, ki prehajajo v vene. Venski sistem tvorita prednji veni *v. facialis* in *v. cerebralis*, ki dovajata kri iz glave in dve kardialni veni (*v. cardiales*), ki dovajata kri iz trupa in repa. Te se združijo in tvorijo *ductus cuvieri*, ki vodi v venski sinus. Ribe imajo

jetrni in ledvični portalni sistem. Iz repne vene nastane ledvični portalni sistem. Iz prebavnega sistema pa se venska kri odvaja po venah, ki tvorijo veliko portalno jetrno veno ki se v jetrih razvejajo v številne kapilare, ki tvorijo jetrni portalni obtok, nato se spet združijo in vensko kri odvajajo v venski sinus. Krvni tlak je najvišji med srcem in škrgami, po prehodu v škržne kapilare pa se zmanjša. Pri krapu in potočni postrvi v škrgah pade krvni tlak do 50 % v primerjavi s sistoličnim pritiska izmerjenega v trebušni aorti.

## Kri

Količina krvi je pri ribah veliko manjša kot pri drugih vretenčarjih. Pri sesalcih se količina krvi giblje med 8% do 10%, pri ribah hrustančnicah znaša približno 6,6%, pri ribah kostnicah pa le okrog 3% skupne telesne mase. Več krvi imajo ribe, ki so hitre plavalke. Tako pri nekaterih ribah iz družine postrvi količina krvi doseže do okrog 6%, medtem ko je pri krapih le približno 2,2% skupne telesne mase. Kri v telesu prenaša hranljive snovi iz prebavil do tkiv, kisik iz škrg do tkiv, škodljive snovi iz tkiv do organov z izločanjem, prenaša izločke žlez z notranjim izločanjem do tarčnih tkiv, pomaga pri enakomerni razdelitvi vode v organizmu, sodeluje pri uravnavanju pH v telesu in pri prilagajanju telesne temperature temperaturi okolja ter pri obrambi telesa pred okužbami. Kri sestavljajo krvna plazma in celični elementi. Krvna plazma vsebuje 92% vode, beljakovine, glukozo, lipide, ione anorganskih snovi, raztopljene pline, encime, vitamine in hormone. Vsebnosti beljakovin in lipidov v krvni plazmi sta pomemben pokazatelj kondicije rib. Vsebnost sladkorja v krvi v nasprotju z višjimi vretenčarji precej niha, od mineralnih snovi pa so najbolj zastopani ioni natrija, kalija, kalcija, klora in karbonatni in fosfatni ioni. Razen redkih izjem je pri ribah sestava plazme podobna kot pri višjih vretenčarjih, so pa med različnimi vrstami velike razlike v količinskem razmerju posameznih komponent, ki izvirajo iz posebnosti in intenzivnosti presnove posameznih vrst. Od celičnih elementov so v krvi eritrociti, levkociti in trombociti. Najštevilčnejši so eritrociti, ki so ovalne oblike in imajo jedro. Od rib v naših vodah imajo največje eritrocite postrvi in jegulje, najmanjše pa ostriž in ščuka. Delež krvnih celic v krvi pokaže hematokrit in ker je v krvi največ eritrocitov, hematokrit dejansko pokaže volumen eritrocitov glede na volumen krvne plazme. Število eritrocitov v krvi je odvisno od vrste, spola, spolne aktivnosti in starosti rib, letnega časa, koncentracije kisika v vodi in pH vode. Ribe, ki so dobre plavalke, imajo več eritrocitov. V embrionalnem razvoju je eritrocitov manj, z rastjo pa se število veča. Pri intenzivni presnovi imajo samci več eritrocitov kot samice. Med drstjo se število eritrocitov zmanjša, nato pa se spet poviša. Do znatnega

znižanja eritrocitov pride tudi, če ribe stradajo, na število pa vpliva tudi kakovost zaužite hrane. Pri kratkotrajnem pomanjkanju kisika se število eritrocitov poviša, pri dolgotrajnem pomanjkanju, pa se število eritrocitov zmanjša in nastopi anemije. Glavna vloga eritrocitov je transport kisika in ogljikovega dioksida, pomembno vlogo pa imajo tudi pri prenosu beljakovin. Zanimivo je, da nekatere globokomorske ribe in ličinke jegulj, ki se zvalijo globoko v morju, nimajo eritrocitov. Drugi celični element so levkociti, ki jih je v krvi rib precej manj kot eritrocitov, njihovo število pa je odvisno od vrste, starosti, spola, spolne aktivnosti, prehranjenosti in zdravstvenega stanja rib ter letnega časa in temperaturnih sprememb vode. Podobno kot pri višjih vretenčarjih levkocite delimo na granulocite, limfocite in monocite, njihova glavna vloga pa je obramba organizma pred okužbami. Tretji celični element krvi so trombociti, ki so razmeroma številčni in sodelujejo pri strjevanju krvi. Kri po krvožilnem sistemu neprestano pod pritiskom kroži po telesu in bi pri poškodbah tkiv ribe lahko izgubile veliko krvi in celo poginile. Da do tega ne pride, imajo ribe dobro razvito sposobnost strjevanja krvi, praktično se kri strdi takoj, ko pride izven žilnega sistema. Če primerjamo čas strjevanja krvi pri ribah in pticah, se pri ribah kri strdi v 20 do 30 sekundah, pri pticah pa v 2 do 12 minutah. Strjevanje krvi pospešuje tudi encim trombokinaza. Hitrost strjevanja krvi se pri stresu poveča tudi za 45%. Za razliko od drugih vretenčarjev se kri tvori v hematopoetskem tkivu ledvic in v vranici, nimajo pa kostnega mozga. V manjšem obsegu se kri pri ribah tvori tudi v sluznici prebavil, v jetrih in celo v spolnih žlezah. Razgradnja krvnih celic poteka v vranici in tudi ledvicah. Pri ribah kostnicah je dobro razvit tudi limfni obtok, ki se slepo začenja v medceličnem prostoru z limfnimi kapilarami, ki se združujejo in oblikujejo limfne žile, katerih zgradba je podobna venam. Vloga limfe in limfnih žil je sprejemanje in odstranjevanje snovi, ki prispejo v medcelični prostor in ne morejo v venske kapilare ter snovi velikih molekul kot so na primer maščobne kisline in vitamini.

Celotno sestavo različnih krvnih celic imenujemo krvna slika in je pomemben pokazatelj fiziološkega stanja rib. Za določitev krvne slike zadostuje že nekaj kapljic strjene krvi na predmetnem stekelcu, ki jo pregledamo pod mikroskopom. Pogosto za različne raziskave potrebujemo večje količine krvi, ki jo lahko pridobimo na več načinov, najbolj uveljavljen način pa je punkcija v repno veno v hemalnem kanalu, ki poteka po celotni dolžini telesa pod hrbtenico (slika 22).



Slika 22: Odvzem krvi iz repne vene (Jenčič)

Na ta način se tudi pri zelo majhnih ribah v brizgalko dobi dovolj krvi za hematološke in biokemijske preiskave. Ribe, ki smo jih pred tem narkotizirali si po posegu precej hitro povsem opomorejo. Krvna slika je pri različnih vrstah rib zelo različna in se glede na različna fiziološka in patofiziološka stanja zelo spreminja, kar mora izkušen diagnostik dobro poznati.

## Termoregulacija

Ribe nimajo stalne temperature krvi, temveč so poikilotermne živali in temperaturo prilagajajo temperaturi vode, običajno pa je  $0,6^{\circ}\text{C}$  višja. Pri aktivnem gibanju rib se temperatura krvi lahko poveča tudi za  $1^{\circ}\text{C}$  do  $2^{\circ}\text{C}$ . Zaradi dobre topotne izolacije, ki jo omogoča debela plast maščobnega tkiva, je pri jeguljah telesna temperatura za  $2,5^{\circ}\text{C}$  do  $2,7^{\circ}\text{C}$  višja od okolja. Na telesno temperaturo vplivajo tudi frekvenca dihanja in srčnega utripa, oblika, velikost in aktivnost rib, zgradba krvožilnega sistema in gibanja vode. Ribe se sicer srečujejo z vodnimi okolji v temperturnih območjih od  $-2,5^{\circ}\text{C}$  do  $40^{\circ}\text{C}$ , vendar praviloma v teh skrajnih razmerah niso sposobne preživeti. Izjema so nekatere polarne rive, ki so s posebnimi beljakovinami zaščitene proti zmrzovanju, druga skrajnost pa so nekatere srednjameriške rive, ki lahko živijo med  $2^{\circ}\text{C}$  in  $44^{\circ}\text{C}$ . Optimalna temperatura vode pri naših ribah je na primer za krape  $21^{\circ}\text{C}$  do  $29^{\circ}\text{C}$ , za potočno postrv pa  $11^{\circ}\text{C}$  do  $19^{\circ}\text{C}$ . Velike in hitre spremembe temperature delujejo

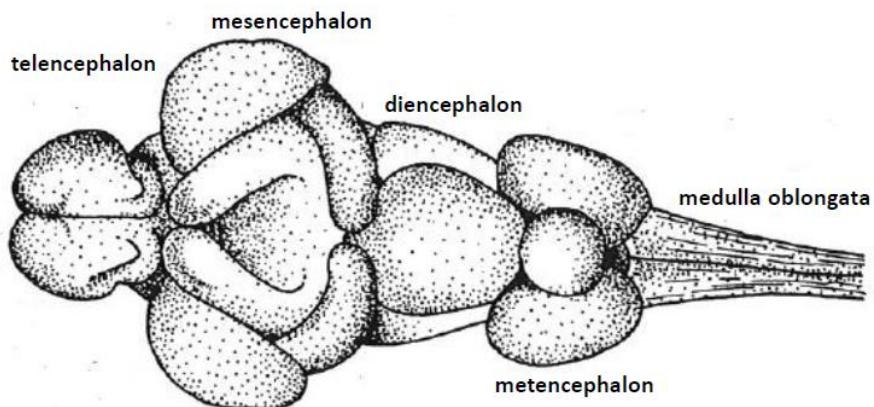
stresno ali povzročijo celo topotni šok in pogin rib. Predvidevajo, da nagle spremembe temperature blokirajo encime, ki sodelujejo pri dihanju. Dolgotrajnim in postopnim spremembam temperature vode se ribe lažje prilagodijo, na prilagodljivost pa vplivajo vrsta, starost in kondicija rib ter letni čas. V temperaturni toleranci se ribe razlikujejo tudi genetsko zaradi zemljepisnih razlik v populacijah rib iste vrste. Tak primer so zlasti lososi in nekatere druge postrvi.

## Živčevje in čutila

### Živčevje

Živčni sistem ali živčevje s pomočjo čutil iz oklice neprestano sprejema številna sporočila, se nanje ustrezeno odzove ter skupaj z endokrinnim sistemom uravnava in povezuje delovanje posameznih organov v harmonično celoto.

Živčevje obsega osrednji, periferni in vegetativni ali avtonomni živčni sistem. Osrednji živčni sistem (*systema nervosum centrale*) sestavlja možgani (*encephalon*) (slika 23) in hrbtenjača (*medula spinalis*). Možgani so v lobanjski votlini zaščiteni s kostmi in čvrstimi opnami ter oblogami iz maščevja.



Slika 23: Možgani (Povž in Sket, 1990)

V razmerju s celotno težo ribe na možgane odpade približno 0,07% teže, so pa med vrstami rib razlike. Na površini so možgani gladki, sestavlja pa jih pet delov. Prvi del so prednji ali veliki možgani (*telencephalon*), ki so pri ribah kostnicah precej manjši od drugih delov možganov. V velikih možganih je središče za voh. Iz tega dela izhajajo tudi vohalne alveole, ki so povezane z bočnimi komorami, njihova velikost pa je odvisna od vrste ribe in njihove potrebe po vohu. Drugi del možganov so medmožgani (*diencephalon*), ki uravnavajo delovanje živčnega in endokrinega sistema. Medmožgani so prav tako majhni, sestavlajo pa jih epitalamus, talamus in hipotalamus. Del epitalamusa je epifiza, ki se odziva na svetlobo in temo ter tako vpliva na obarvanost celic. Hipotalamus je dobro razvit, pod njim pa je v tako imenovanem »turškem sedlu« (*sella turcica*) hipofiza (*glandula pituitaria*), ki je pri krapu velika kot zrno in tehta med 2-4,5 mg. To je žleza z notranjim izločanjem, ki uravnava tudi delovanje drugih žlez. Hormoni hipofize tudi povzročajo hitrejšo dozorevanje iker in izločanje mlečka. Iz hipofiz, ki jih največkrat pridobijo pri kriplih, proizvajajo hormonske pripravke, s katerimi uravnavajo drst posameznih vrst rib pri intenzivni vzreji. Srednji del možganov (*mesencephalon*) je pri ribah kostnicah največji del možganov. Zgornji del srednih možganov (*tectum opticum*) je razdeljen na dva enaka dela in sicer je v zgornjem delu center za vid, skupaj z malimi možgani usklajuje tudi gibe in ravnotežje ter uravnava tonus mišic, iz spodnjega dela srednjih možganov pa izhajajo živci, ki oživčujejo oči in očesne mišice. Naslednji del so mali možgani (*metencephalon*), ki se po obliki in velikosti pri različnih vrstah rib razlikujejo, dobro pa so razviti pri ribah, ki so hitre in vztrajne plavalke. Velik pomen imajo pri orientaciji rib v prostoru, s pomočjo čutil pa ribam omogočajo tudi usklajeno gibanje telesa in napetost skeletnega mišičevja. Zadnji del centralnega živčnega sistema je podaljšana hrbtenjača (*medulla oblongata*), ki povezuje možgane s hrbtenjačo (slika 23). V njej so centri za dihanje, za uravnavanje kromatofor (barvne in odsevne celice odgovorne za obarvanost rib) za sluh, za delovanje prebavil, za srce in krvne žile ter za sprejem dražljajev, ki prihajajo iz pobočnice. Potrjeno je, da obstaja s centrom za dihanje povezava s koncentracijo ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) v krvi. Na visoke koncentracije  $\text{CO}_2$  je občutljiv tudi center za uravnavanje kromatofor, zato je posledica visoke koncentracije  $\text{CO}_2$  v krvi poleg zadušitve tudi bleda/svetla koža. Hrbtenjača (*medula spinalis*) se nahaja v hrbteničnem kanalu in usklajuje gibanje telesa. Če je hrbtenjača prekinjena ali poškodovana, ribe izgubijo ravnotežje. Hrbtenjačo sestavlja bela (*substancia alba*) in siva substanca (*substancia grisea*). Bela substanca je na zunanji strani in je iz številnih živčnih vlaken, iz sive substanco pa v parih izhajajo hrbtenjačni živci, ki se združijo v en živec iz motoričnih in senzoričnih vlaken. Periferno živčevje (*systema nervosum periphericum*) sestavljajo možganski in hrbtenjačni živci, ki možgane povezujejo s telesnimi

organi. Za razliko od sesalcev, ki imajo 12 parov možganskih živcev (*nervi cerebrales*), jih imajo ribe le 10. Prvi živec je vohalni živec (*nervus olfactorius*) in oživčuje sluznico vohalnih jamic. Drugi parni vidni živec (*nervus opticus*) poteka po lobanji in se končuje na očesni mrežnici, tako da levi živec oživčuje desno oko, desni pa levega. Tretji možganski živec je *nervus oculomotorius*, in oživčuje očesne mišice. Četrти živec je *nervus trochlearis* in prenaša dražljaje iz srednjih možganov v mišice očesnega zrkla. Peti živec *nervus trigeminus* je, kot pove tudi latinsko ime, iz treh delov in prenaša dražljaje od mišic glave. Šesti živec *nervus abducens* je živec zunanjih parnih očesnih mišic, sedmi živec *nervus facialis* (obrazni živec) oživčuje pobočnico, *nervus statoacusticus* (ravnotežno slušni živec) oživčuje organ sluha in ravnotežja, *nervus glossopharyngeus* oživčuje mišice prvega škržnega loka ter čutnice na koži in po ustnicah. *Nervus vagus* je zadnji deseti živec in oživčuje pobočnico, usta, mišice škržnega loka, notranje organe in omogoča občutek otipa na koži. Nekateri omenjajo še parni terminalni živec (*nervus terminalis*) na obeh straneh nosnega pretina, ki je pri drugih živalih namenjen za zaznavanje hormonov, pri ribah pa ta vloga še ni pojasnjena. Hrbtenjačni živci izhajajo iz hrbtnača in so iz ene motorične in ene senzorične veje, ki vodita skozi medvretenčne prostore ter se po spojivitvi razdelita v tri dele, ki oživčujejo kožo, mišice telesa, notranje organe in krvne žile. Vegetativni živčni sistem je del perifernega živčnega sistema in deluje izven volje ribe ter ga zato imenujemo tudi avtonomni živčni sistem. Delimo ga na simpatični in parasimpatični živčni sistem, ki imata v večini primerov antagonistično delovanje in se v svojem delovanju izmenjujeta, pri oživčevanju posameznih organov pa lahko delujeta samostojno. Vlakna simpatikusa in parasimpatikusa oživčujejo srce, del prebavil, barvne celice v koži kromatofore, krvne žile ter žleze z notranjim in zunanjim izločanjem, samo vlakna simpatikusa pa oživčujejo urogenitalni sistem, vlakna parasimpatikus pa škrge. S poskusi so ugotovili, da imajo ribe pogojne reflekse na osnovi izkušenj, ki pa so precej počasnejši kot pri višjih vretenčarjih. V rabištvu se izvajajo nekatere aktivnosti, ki temeljijo na osnovi živčnega sistema. S pomočjo električnih usmerjevalnikov ribe usmerjajo na ribje steze. Še bolj poznana aktivnost pa je elektroribolov. Istosmerni električni tok namreč pri ribah na živčnem sistemu izzove elektrotropizem (pomikanje proti električnemu toku), ki se odraža v mišičnih reakcijah in pomikanju ribe k anodi. Pri tem razlikujemo štiri faze. V prvi fazi je riba nemirna in poskuša zbežati iz električnega polja, v drugi fazi je riba vznemirjena in zavzame z električnim poljem paralelni položaj, v tretji fazi se obrne k anodi (galvanotaksija) in se pomika proti njej, v četrti fazi pa je povsem blizu anode (galvanonarkoza) in ima močno izražene kontrakcije mišic. Ko se delovaje električnega toka prekine, si riba po približno 20 sekundah opomore. Intenzivnost odziva rib na istosmeren tok je odvisna od vrste in velikosti rib, jakosti električnega toka in

velikosti elektrode ter vodnega okolja. Živčni dražljaji pri elektroribolovu se začnejo pri receptorjih v koži in se preko hrbtenjače nadaljujejo do centralnega živčnega sistema. Če je hrbtenjača poškodovana, elektroribolov ni učinkovit. Ena najobčutljivejših vrst rib na električni tok je podust (*Chondrostoma nasus*). Večje ribe so na električni tok občutljivejše kot manjše ribe iste vrste. Najodpornejši na električni tok so lososi, sledijo pa vrste rib, ki nimajo lusk. Na elektroribolov vplivata tudi metabolizem in kondicija rib in sicer se spolno zrele in izčrpane ribe nanj slabše odzovejo. Na učinkovitost elektroribolova vpliva tudi kakovost vode. Voda z visoko koncentracijo kalijevih ionov ( $K^+$ ) veča metabolizem rib in s tem njihovo občutljivost na električni tok, medtem ko ima prisotnost kalcijevih ionov ( $Ca^{2+}$ ) ravno obraten učinek. Zaradi vpliva na metabolizem rib na učinkovitost ribolova posredno vpliva tudi temperatura vode. Postrvi se zato na elektroribolov bolje odzovejo poleti kot pozimi. Poleg temperature pa na učinkovitost elektroribolova vplivajo še vidljivost, trdota, pH vrednost vode ter prevodnost dna in intenzivnosti električnega polja v vodnem okolju. Na živčni sistem rib lahko delujemo tudi tako, da zmanjšamo njegovo aktivnost. Z delovanjem nekaterih kemičnih snovi na centralni živčni sistem se ribe namreč povsem umirijo, kar imenujemo anestezija. Beseda anestezija izhaja iz grške besede »brez zaznavnosti« in pomeni reverzibilno omrtvičenje telesnih celic, ki jo dosežemo z različnimi kemičnimi sredstvi, ki imajo anestetično delovanje. Ribe anesteziramo na primer, ko jih tehtamo, označujemo, razvrščamo in še najpogosteje, ko jih smukamo, včasih pa tudi pri veterinarskih posegih. Pri tem jim preprečimo nelagodje in bolečino pa tudi poškodbe, ki bi lahko nastale, ko bi se nam ribe izmuznile iz rok. Kot pri elektroribolovu poznamo tudi pri anesteziji rib več faz. Najprej so ribe bolj aktivne, pohitreno plavajo, so nemirne in nepravilno dihajo. V drugi fazi se aktivnosti zmanjšajo, ribe izgubijo ravnotežje in upočasnjeni dihajo. V tretji fazi pa ribe ležijo na boku in izgubijo obrambne reflekse, v četrti fazi pa zelo plitvo dihajo in se ne odzivajo več na noben zunanjji dražljaj. Če se v tej fazi ribe vrne v tekočo vodo, se povsem opomorejo, le da okrevanje v obratnem vrstnem redu poteka nekoliko počasneje. Postopke, zaradi katerih smo ribe anestezirali, je treba hitro opraviti in ribe čim hitreje vrniti v tekočo vodo. Za anestezijo se uporabljam najrazličnejša bolj ali manj primerna sredstva, vsaka uporaba anestetika pa ribam predstavlja stres. Po anesteziji rib se povečata hematokrit in vsebnost laktata v krvnem serumu, anestetik pa vpliva tudi na osmotsko in ionsko ravnotežje. Anestetikov je več vrst in jih uporabljam po navodilu proizvajalca in pod nadzorom veterinarja. Za anestezijo rib, kis o v prehranski verigi ljudi, pa je treba izbrati za ribe registriran anestetik, ki ima določeno karenčno dobo izraženo v dnevnih stopinjah ( $^{\circ}D$ ). V novejšem času se za anestezijo uporabljam tudi pripravki iz nageljevih žbic.

V nasprotju z drugimi snovmi je olje iz nageljevih žbic za ribe relativno neškodljivo, okrevanje pa je nekoliko daljše.

## Čutila

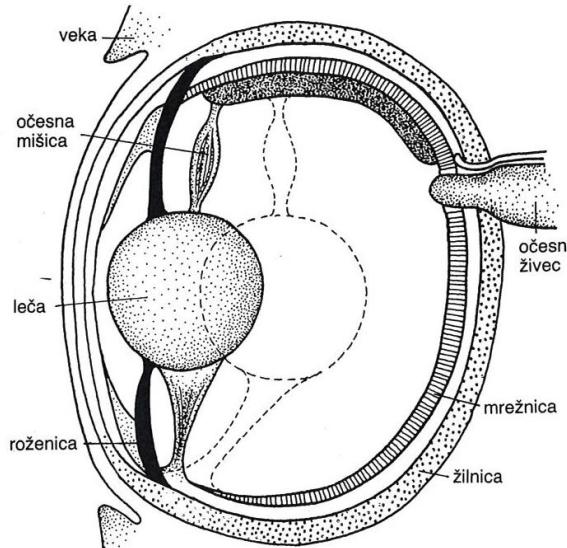
Čutila ribam omogočajo orientacijo v prostoru, iskanje hrane, zaznavanje nevarnosti in so nepogrešljiva pri njihovih selitvah ter pri razmnoževanju. Razlikujemo organe za vid, voh, okus, otip, ravnotežno slušne organe, pobočnico in celice za občutek bolečine.

Ribe neprestano dobivajo različne dražljaje iz okolice in notranjih organov, ki delujejo na njihove receptorje in predstavljajo mehansko, kemijsko, topotno, svetlobno in zvočno energijo. Organe, ki sprejemajo te dražljaje pa imenujemo čutila. Vsako čutilo ima prejemnik ali receptor, ki sprejema dražljaje iz okolice ali organizma in živčna vlakna, ki te dražljaje prenesejo do ustreznega živčnega centra, ki zazna čutni dražljaj. Če je poškodovan samo eden od teh treh elementov, ribe ne zaznajo čutnega dražljaja. Receptor ali prejemnik je lahko ena sama celica, včasih pa je samostojen čutni organ. Enostavni prejemniki dražljajev so po vsem telesu, čutni organi pa imajo svoj anatomske položaj na določenem delu telesa. Receptorji se delijo na »proprioceptivne«, ki sprejemajo dražljaje o položaju in gibanju telesa iz notranosti organizma, »intoreceptivne«, ki sprejemajo dražljaje iz notranjih organov, »eksteroreceptivne«, ki sprejemajo dražljaje iz neposredne okolice in so v glavnem na površini kože in sluznic ter na »teloceptivne« receptorje, ki sprejemajo oddaljene dražljaje iz okolice, to so na primer občutek za vid, sluh in vonj. Dolgo so menili, da so ribe gluhe, da ne vidijo barv, zamenjevali so tudi občutek za okus in vonj ter ju med seboj povezovali, tudi vloge pobočnice niso dobro poznali in so ji pripisovali različne vloge. S proučevanjem obnašanja rib v naravi in v poskusnih pogojih v laboratoriju pa je danes vloga čutil pri ribah bolj ali manj pojasnjena.

## Oko

Oko je čutilo za vid. Najpomembnejša naloga vida je sprejem svetlobe in orientacija v prostoru. Pri mnogih vrstah rib je vid najpomembnejše čutilo, ki jim omogoča da najdejo hrano ter mora imeti sposobnost zaznave gibanja, oblik in barv. Vid ima v življenju rib pomembno vlogo tudi pri razvoju spolnih žlez in razmnoževanju, saj na njihov razvoj vplivajo svetlobni dražljaji. Pri nekaterih vrstah rib je potrjeno, da se pri osebkih, ki jih intenzivno osvetljujejo, spolne žleze hitreje razvijejo. Oko (*oculus*) je elipsoidne oblike in se nahaja v očesni votlini. V resnici je

ribje oko zelo podobno očem drugih vretenčarjev, le da nimajo očesnih vek, čeprav pri nekaterih ribah lahko vidimo nekakšne kožne podaljške, ki prekrivajo del očesa (slika 24). Ribe tudi ne potrebujejo solznih žlez, saj njihove oči neprestano vlaži voda. Namesto solznih imajo sluzne žleze. Oči so za posamezno vrsto rib zelo značilne in se razlikujejo glede na način njihovega življenja.



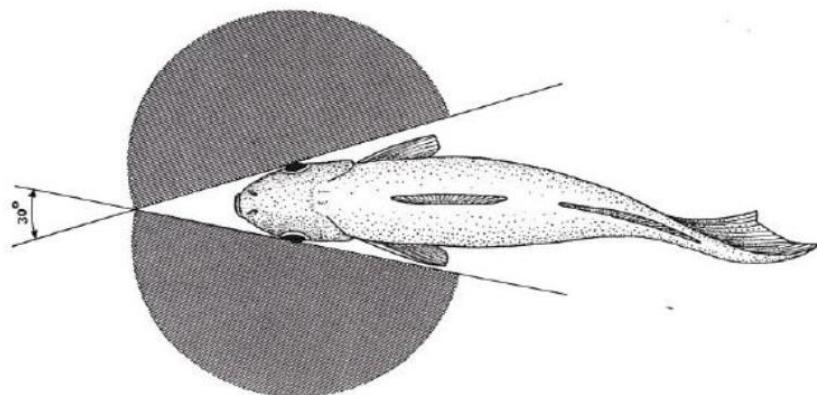
Slika 24: Ribje oko (Povž in Sket, 1990)

Sposobnost vida posamezne vrste rib lahko sklepamo že po njihovi velikosti. Relativno velike oči imajo ribe, ki hrano iščejo podnevi, kot so na primer ščuka (*Esox lucius*), smuč (*Stizostedion lucioperca*) in lipan (*Thymallus thymallus*). Majhne oči pa imajo nočne ribe, pri katerih je za iskanje hrane pomembnejše čutilo vonj, to pa sta na primer jegulja (*Anguilla anguilla*) in som (*Siluris glanis*). Vidljivost je v vodi slabša kot v zraku. Dokazano je, da ribe dobro vidijo do 1 m, po nekaterih virih do 5 m, najdlje, kar še lahko zaznajo z vidom, pa je v daljavi do 15 m, po drugih virih pa do 10 m.

Za razliko od sesalcev, leča ne spreminja oblike in je stalno okrogla, za boljše dojemanje okolice pa ribe oko izostrijo s premikanjem leče proti mrežnici s pomočjo mišice *musculus retractor lentis*. Ribje oči so nameščene ob straneh na glavi, zato le manjši del (okrog 30°) vidnega kota vidijo binokularno z obema očesoma. Položaj oči vpliva na širino vidnega polja, ki je pri ribah kar obsežen. V horizontalni ravnini je širina vidnega polja do 170°, v vertikalni ravnini pa do 150°. Na širino vidnega polja poleg položaja oči bistveno vplivata še gibljivost oči ter bližina leče in roženice. Glavni deli očesa so beločnica (*sclera*), roženica (*cornea*),

mrežnica (*retina*), žilnica (*chorioidea*), šarenica (*iris*) in leča (*lens*). Beločnica je zunanji sloj očesnega zrkla, ki ga ščiti in mu daje stalno obliko. Zgrajena je iz neprozornega vezivnega tkiva, obdaja pa ga hrustanec, ki ima pri ribah kostnicah eno ali dve podporni koščici. Roženica je prozorni sloj v sprednjem delu očesa in ga ščiti pred poškodbami. Pri kaplju (*Cottus gobio*), ki se običajno zadržuje na peščenem dnu, je roženica iz dveh slojev, med njima pa je tekočina, ki dodatno varuje oko pred mehanskimi poškodbami, pojav pa imenujemo »očala«. Pri ribah roženica ni izbočena kot pri drugih vretenčarjih. Mrežnica je iz štirih slojev na notranji strani očesa pod žilnico. Na njej so celice imenovane čepnice in paličnice, ki so občutljive na svetlobo, zato je mrežnica mesto za sprejem svetlobe. Paličnice omogočajo gledanje v temi, čepnice pa po dnevi in imajo tudi sposobnost razlikovanja barv. Na enaki površini mrežnice ima na primer menek (*Lota lota*), ki je nočna riba, 260 paličnic, ščuka pa le 18, ki pa so nekoliko večje. Število čepnic je odvisno od velikosti očesa, večje kot je, več ima teh celic. Nastavki obojih vrst celic vsebujejo fotolabilne vidne pigmente. Občutljiv del mrežnice se drži žilnice, oživčeni del pa je usmerjen proti steklovini (*corpus vitreum*), ki izpolnjuje notranji del očesa med mrežnico in lečo. V mrežnici so razvezana vlakna vidnega živca, ki iz očesa izhaja na mesto slepe pege. Med mrežnico in žilnico pa je sloj melanofor (*tapetum nigrum*), ki sprejema svetlobne žarke, ki so prešli mrežnico. Žilnica je med mrežnico in beločnico in je dobroobarvana in prekravljena ter oskrbuje oko s kisikom in hranljivimi snovmi. Pri nekaterih vrstah rib je med žilnico in beločnico sloj iz kristalov guanina (*argentea tapetum lucidum*), ki odbija svetlobo in jo usmerja na mrežnico, kar izboljša vid ribam, ki živijo globoko v vodi. Šarenica se nadaljuje v žilnico in se nahaja za roženico v sprednjem delu očesnega zrkla ter je tudi dobroobarvana ter prekravljena. V sredini šarenice je okrogla odprtina, ki jo imenujemo zenica, skozi katero v oko prihaja svetloba. Barva šarenice je pri različnih vrstah rib različna in nam lahko pomaga pri določanju vrst rib. Leča je okrogla in se nahaja za roženico med žilnico in šarenico. Zaradi oblike leče so ribe kratkovidne. Ostrenje očesa na večjo oddaljenost omogoča premikanje leče nazaj proti mrežnici s pomočjo mišice (*musculus retractor lentis*). To sposobnost imajo najbolj razvito ribe roparice, pri katerih je vid pri iskanju hrane glavno čutilo. Občutljivost vidnih celic za sprejem svetlobe temelji na fotokemijskih spremembah vidnega pigmenta. Proizvodi razgradnje fotolabilnih snovi izzovejo živčni impulz, ki se prenese do možganov. Vidni pigment je sestavljen iz proteina opsina in derivata vitamina A. Pri morskih ribah je v večji meri zastopan vitamin A, ki ga imenujemo rodopsin, pri sladkovodnih ribah pa derivat vitamina A, ki ga imenujemo porfiropsin. Pri diadromnih ribah (na drst se selijo iz morja v sladko vodo ali obratno) kot sta losos (*Salmo salar*) in jegulja (*Anguilla anguilla*) pa sta prisotni obe vrsti vidnega pigmenta. Pri anadromnih ribah (na drst se selijo iz slane v sladko vodo) prevladuje

porfiropsin, pri katadromnih ribah (na drst se selijo iz sladke v slano vodo) pa rodopsin. Ribe dobro zaznajo gibanje v okolici, razlikujejo oblike predmetov, prepoznavajo različne barve in celo ločijo posamezne odtenke enake barve. Ribe tudi dobro vidijo del ultravijoličnega in infrardečega spektra. Predmete izven vode ribe zaradi loma svetlobe vidijo drugače kot kopenske živali. Svetloba se ne lomi edino v primeru, če svetloba prehaja iz zraka v vodo ali obratno pod kotom  $90^\circ$ , vsi ostali žarki pa se lomijo. Lom svetlobe pa je tem večji, pod tem manjšim kotom padejo svetlobni žarki na mejno površino. Ribe zato predmete v bližini vidijo v stožčasti obliki manjše in bolj oddaljene (slika 25).



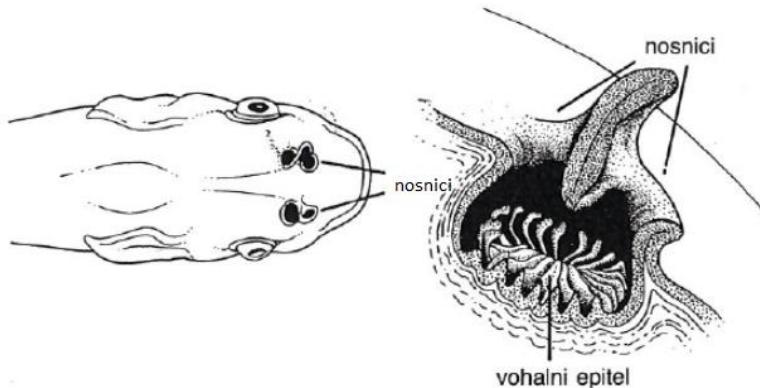
Slika 25: Vidno polje ribe (Povž in Sket, 1990)

### Čutili za zaznavanje kemijskih dražljajev

Kemijske dražljaje v vodi zaznavata čutilo za vonj in čutilo za okus. Vonj se v centralni živčni sistem prenaša iz nosne, okus pa iz ustne votline, pri nekaterih ribah pa so čutnice za okus po vsem telesu.

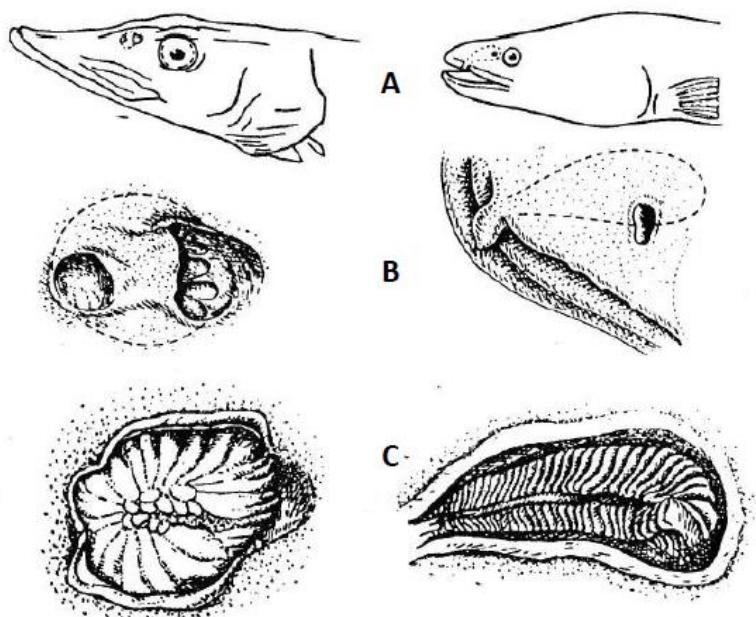
### Čutilo za vonj

Vonj ribam pomaga pri iskanju hrane, oblikovanju ribje jate, umikanju plenilcem in iskanju nasprotnega spola med drstjo v času migracij. Vonjalni organ je paren, nosni odprtini pa sta spredaj na zgornjem delu glave. Pri večini vrst rib je nosni organ s prečnim naborom razdeljen na dva dela, skozi enega voda v nosno votlino vstopa, skozi drugega pa izstopa (slika 26)



Slika 26: Nosni odprtini in vohalni epitelij (Polž in Sket, 1990)

Površina nosnih votlin je povečana s kožnimi nabori, ki so prekriti z vonjalnim epitelom in vohalnimi celicami, ki jih oživčujejo živci (*nervus olfactorius*). Zgradbi vonjalnega epitelia in vonjalnih celic omogočata, da ribe lahko zaznajo že nizke koncentracije vonjalnih snovi raztopljenih v vodi, kar je zelo pomembno pri iskanju hrane na večje razdalje. Ribe najbolje vonjajo v tekoči vodi med plavanjem. Po velikosti vonjalnih jamic lahko sklepamo, kako razvit vonj imajo ribe in na kakšen način si iščejo hrano. Ribe, ki za iskanje hrane uporabljajo vid, kot sta na primer ščuka in smuč, imajo vonjalno sluznico gladko in slabše vonjajo. Ribe, ki iščejo hrano ponoči kot na primer jegulja (slika 28), pa imajo večje število vonjalnih celic, njihov vonj pa označujemo kot hipersenzibilen. Lačna jegulja lahko zazna hrano nekaj deset metrov daleč. S poskusi so ugotovili, da jegulja zazna koncentracijo rožnega olja pri razredčitvi  $2857 \times 10^{-18}$ . Ker jegulja zna slediti vonju sklepajo, da ima to čutilo pomembno vlogo pri informirjanju. Jegulja tudi razlikuje privlačne in neprivlačne vonjave. Odvračajo jo vonji terpentina, petroleja, nikotina, industrijskih olj, amonijaka in podobno ter zato v bližini tovarn in rafinerij ni jegulj. Dnevne ribe kot na primer ščuka za iskanje hrane uporabljajo vid in imajo vonj slabše razvit (slika 27). V to skupino sodita še krap (*Cyprinus carpio*) in linj (*Tinca tinca*). S metodo pogojnih refleksov so ugotovili, da ribe po vonju razlikujejo druge vrste rib. Ribe, ki živijo v jati, poznavajo vonj svoje vrste in jim to služi kot orientacijo, če se oddaljijo od jate. Vonj ima tudi pomembno vlogo pri migracijah v času drsti. Zdi se, da ribe lahko zaznajo neznatne razlike vonja različnih voda in na ta način najdejo mesta za drst v vodah, kjer so se same zvalile. Ribe se naučijo vonjati tudi vodne rastline.



Slika 27: Vonj ščuke in jegulje; nosnice (A), nosni odprtini (B), vonjalno tkivo (C) (Svetina, 1982)

### Čutilo za okus

Za razliko od vonja, s katerim ribe zaznavajo snovi na daljavo, okus ribam služi za zaznavanje in razlikovanje kemijskih snovi raztopljenih v vodi v njihovi neposredni bližini. Dražljaje okusa ribe dobivajo z okušalnimi čutnicami, ki so zbrane v okušalnih brbončicah na brkih in ustnicah, v ustih in žrelu, na površini telesa, pri nekaterih ribjih vrstah tudi na prsnih plavutih in po bokih, pri ameriškem somiču (*Ictalurus nebulosus*) pa po vsem telesu. Ščuka, ki hrano poišče z očmi, ima v ustih manj okušalnih celic. Okušalne popke oživčujejo živci *neurus facialis*, *n. glossopharyngealis* in *n. vagans*.

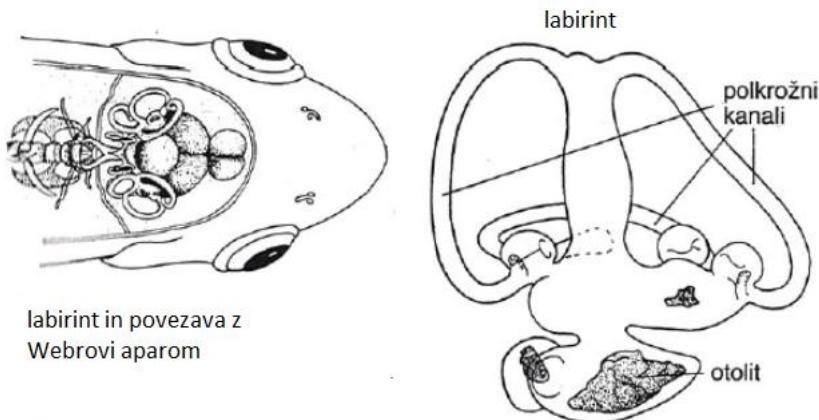
Ribe dobro prepoznajo štiri osnovne okuse: slano, sladko, kislo in grenko. Najslabše okušajo grenke snovi. Posebno dobro razvit čut za okus ima pisanec (*Phoxinus phoxinus*), ki zazna sladkor v 500 krat nižji, sol pa v 180 krat nižji koncentraciji kot človek. Krap okuša zaužito hrano na nebu, neprimerno hrano pa zavrača skozi škržne odprtine in usta. Som ima okušalne receptorje na ustnicah in brkih, v ustni votlini pa so slabo razviti.

Dobro razvit občutek za okus imajo tudi postrvi, čeprav imajo za iskanje hrane tudi dobro razvit vid. S poskusi so ugotovili, da v naravi obstaja veliko snovi, ki jih ribe zelo hitro zavonjajo. Ena takih so aminokisline, ki delujejo na ribe kot kemijski posrednik na daljavo. S poskusi na lososih in postrvih so ugotovili, da reagirajo že na zelo nizke koncentracije aminokislin. Vonjave nekaterih kemijskih snovi si ribe lahko tudi dolgo zapomnijo in jih imamo zato za dobre bioindikatorje onesnaženosti voda.

### Ravnotežno slušni organi, pobočnica in čutila na koži

Ravnotežno slušni organ je organ za sluh, vzdrževanje ravnotežja in uravnavanje položaja telesa. Ribe imajo samo notranje uho v zadnjem delu lobanje, sestavljeni iz parnega labirinta (slika 29). Pri ribah kostnicah je uho z zunanjim svetom povezano le v embrionalnem razvoju potem pa zakrni. V razvojnem pogledu pa je notranje uho specializirani organ pobočnice. Parni labirint ima zgornji del (*pars superior*) in spodnji del (*pars inferior*), oba dela pa sta pri večini vrst rib združena s kratkim kanalom (*ductus utriculosaccularis*), ki ga napolnjuje tekočina *endolimpha*, oživčuje pa ga živec *nervus acusticus*. *Pars superior* je glavni del statičnega organa in je sestavljen iz treh polkrožnih kanalčkov (*canales semicirculares*) in vrečaste tvorbe imenovane *utriculus*, v katerem je ravnotežni kamenček (statolit). Ko se riba premakne, se premakne tudi tekočina v polkrožnih kanalih, kar zaznajo živčni končiči in ribe refleksno spremenijo položaj ter obdržijo ravnotežje. *Pars inferior* pa je slušni organ, ki ga sestavlja dva dela imenovana *sacculus* in *lagena*, v njem pa sta dva statolita, ki ju imenujemo *sagitta* in *asteriscus*. Vsi trije statoliti so zgrajeni iz kristalčkov kalcijevega karbonata. Med letom se v organsko substanco statolitov bolj ali manj intenzivno odlaga kalcij, kar se vidi kot temna in svetla področja. Ta fenomen lahko podobno kot pri luskah uporabimo za določanje starosti rib. Pri večini vrst rib se za določanje starosti običajno uporabi največji statolit (*saggita*), ki ga v ta namen obrusijo. Statoliti so za posamezne vrste rib značilni in jih lahko uporabimo tudi za določanje vrst rib kostnic. Zvočne valove iz okolice sprejmejo kosti lobanje in jih prenesejo na labirint. Ko se riba premika, se preko gibanja glave in telesa giba tudi endolimfa v polkrožnih kanalčkih, kar zaznajo čutnice. Različne vrste rib imajo različno občutljiv slušni organ. Običajno ribe sprejemajo zvočne valove v razponu od 16 Hz do 3000 Hz. Približno 70 odstotkov rib, med njimi so tudi vsi krapovci, imajo slušni organ preko Webrovega aparata povezan z ribjim mehurjem in zato zelo dobro slišijo (slika 28). Ribji mehur deluje namreč kot rezonator, ki preko Webrovega aparata vibracije prenese v labirint. Webrov aparat sestavlja prostor, v katerem je endolimfa, okrog pa je perilitfatični prostor, deluje pa tako, da

sprememba zunanjega pritiska vpliva na spremembo prostornine ribjega mehurja, kar povzroči gibanje Webrovih koščic, s pomočjo katerih se pritisk prenese na perilimfo in endolimfo ter končno na labirint, v katerem nastanejo dražljaji, ki refleksno povečajo napetost mišic.



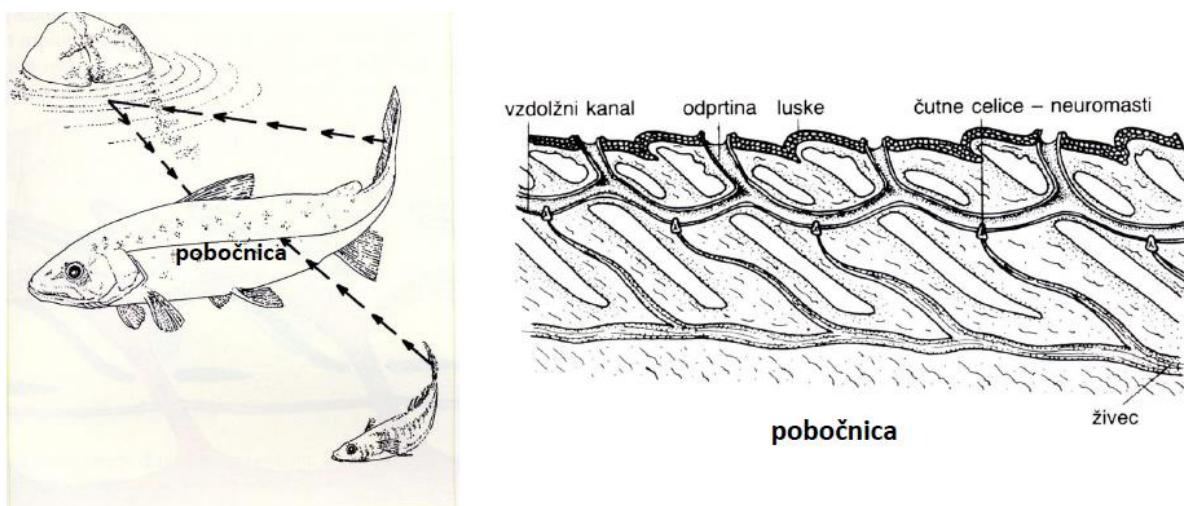
Slika 28: Labirint in povezava z Webrovim aparatom (Povž in Sket, 1990)

Ribe ki nimajo Webrovega aspartata so tako rekoč gluhe in se odzovejo le na intenzivne zvoke. Zelo dobro slišijo krapi in somi, slabše pa postrvi in ostriži. Povsem gotovo je, da ribe zaznavajo zvok, katerega hitrost je v vodi približno 4,5 krat hitrejša kot v zraku, se pa zato hitreje izgubi njegova intenzivnost. V zraku se zvok sliši približno 150 m, v vodi pa le 50 m daleč. Ribe imajo absolutni sluh in razlikujejo ne le posamezne tone, pač pa tudi različne jakosti enakega tona. Ribe si zvoke tudi zapomnijo. Somič, ki sliši najbolje, si zvok ob katerem je dobil hrano, zapomni še po 6 do 11 mesecih. Ribiči, ki jih zagotovo zanima, kako naj se obnašajo med ribolovom, lahko zaključijo, da je med ribolovom z izjemo ribolova na postrvi, potrebna tišina. Tudi življenjski prostor rib je prilagojen tem potrebam; krapi živijo v tihih, postrvi pa v bolj glasnih vodah. Če ribam odstranimo *pars inferior*, te ne zaznajo več visokih in srednjih tonov, slabše pa reagirajo le na nizke tone. Dejstvo, da ribe sprejemajo tone pod 16 Hz enako dobro tudi, ko jim odstranimo slušni organ, kaže na to, da ribe zvoke zaznavajo tudi preko pobočnice in kože. Pobočnica je specializirani čutni organ, ki v vodnem okolju sprejema informacije o gibanju vode in ovirah, ki jih ribe ne vidijo (slika 30). Pobočnica poteka po bokih trupa in glave in se zato imenuje tudi bočna linija (*linea lateralis*). Poleg drugih funkcij ima pobočnica tudi čutne celice podobne čutnim celicam slušnega organa. Tudi živci, ki oživčujejo pobočnico, se končujejo v istem predelu v podaljšani hrbitenjači kot čutilo za sluh. Enostavno zgrajeno pobočnico imajo ribe že v embrionalnem razvoju, ko so čutna telesca (*nevromasti*) prosto

umeščena med druge celice v podkožju in pri nekaterih ribah ostane taka vse življenje. Običajno pa so nevromasti v dveh zaprtih kanalih (*canalis lateralis*), ki potekata na obeh straneh ribjega telesa, z okolico pa sta povezana z drobnimi odprtinami (slika 29). Kanala se na glavi razdelita na štiri veje: temenski kanal (*canalis supertemporalis*), kanal nad očmi (*canalis supraorbitalis*), kanal pod očmi (*canalis infraorbitalis*) in škržno čeljustni kanal (*canalis operculomandibularis*). Pri ribah, pri katerih je glava pokrita z luskami, je mogoče videti samo odprtine po bočni liniji, ki so pri ribah roparicah precej večje kot pri drugih ribah. V zgradbi bočne linije in njenem položaju so tudi sicer pri posameznih vrstah rib razlike. Najpogosteje so ukrivljene navzdol, redko pa je pobočnica ravna. Pri ščuki je grajena v obliki kratkih segmentov, ki se po vsem telesu. Nevromasti, ki jih oživčuje *nervus vagans*, so iz posebnih čutnih celic v obliki nežnih vlaken. Pri gibanju vode se vlakna premikajo in preko sluzi, s katero so napolnjeni kanalčki, prenesejo dražljaje na nevromaste. Po tej lastnosti pobočnica spominja na slušni organ. Živci, ki oživčujejo slušni organ in pobočnico se končujejo na podaljšani hrbtenjači. Vloga pobočnice je bila dolgo nepojasnjena. Včasih so menili, da se v njej tvori sluz, v začetku prejšnjega stoletja pa so ugotovili, da je pobočnica čutni organ, ki zaznava pretok vode. Danes je povsem pojasnjeno, da bočna linija zazna strujanje vode in glede na to zavzame primeren položaj telesa. S pobočnico ribe zaznajo gibanje rib in drugih živali v okolini ter se orientirajo ponoči in v kalni vodi. S poskusi so dokazali, da lahko tudi slepe ribe zelo natančno lokalizirajo predmete in izvor strujanja vode. Pobočnico so zato znanstveniki upravičeno poimenovali čutilo za otip na daljavo. Ribe lahko do določene oddaljenosti objekte zaznajo tudi s pomočjo sprejemanja dražljajev pri odbijanju valov zaradi lastnega gibanja, podobno kot pri eholokaciji, to je vrsti navigacije, pri kateri žival oddaja visokofrekvenčne zvoke. Valovi teh zvokov se odbijajo od vseh predmetov iz okolice in ribe na ta način dobijo predstavo o okolici. Z eholokacijo žival ugotovi, kako oddaljen je določen predmet ali žival ter kakšne oblike in velikosti je. Pri ribah je nekakšen čutni organ tudi koža v celoti. Z receptorji, ki so v koži, ribe zaznavajo različne fizikalne dražljaje kot so mehanični dražljaji, temperaturne spremembe in tlak. Izjemno pomembna vloga kože je termo receptorska vloga, saj se na spremembo temperature vode ribe s prehranjevalnimi aktivnostmi odzovejo tudi do desetinke stopinje natančno. Ribe so tudi sposobne, da si poiščejo za življenje najbolj optimalno temperaturo. Poznam je odziv krapov, ki jih iz toplejše vode prenestimo v hladno vodo, ko pride lahko do temperaturnega šoka in sprememb po koži. V poskusih, pri katerih so kožo omrtvili, pa teh sprememb ni bilo, kar dokazuje, da so sprejemniki za zaznavanje temperature v resnici v koži. Kožni sprejemniki, ki se odzivajo na dotik, pa so pri ribah slabo razviti, še najbolj izraziti so na najbolj izpostavljenih delih telesa kot so usta, ustnice in brki. Občutek dotika je pri različnih

ribah tudi različno intenziven. Zelo razvit občutek za dotik ima ameriški somič (*Ictalurus nebulosus*), ki loči tudi gladko in hrapavo.

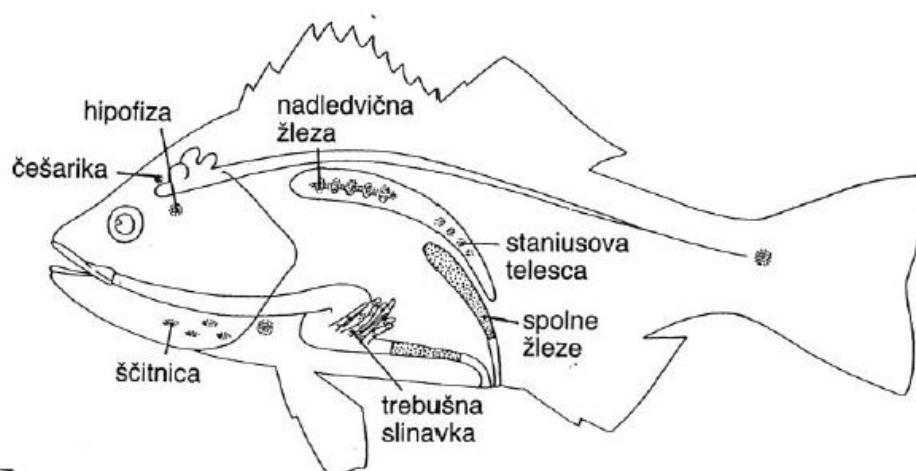
Sicer pa je zaznavanje dražljajev pri ribah kompleksno in uporabijo več čutil, ki se med seboj dopolnjujejo. Primer takega dopolnjevanja različnih čutil je vzdrževanje ravnotežja. Če močan tok premakne ribo iz običajnega položaja, se riba orientira s pomočjo vida, pobočnice, slušnih koščic v labirintu, včasih pa tudi s pomočjo ribjega mehurja. Pri dnevnih ribah v bistrih vodah je pomembno čutilo vid, pri ribah, ki so aktivne v mraku, pa sta osnovni čutili vonj in okus. Pri tem nekatere ribe bolj uporabijo vonj, na primer jegulja, druge pa okus. Pri roparicah je pomemben čutni organ pobočnica. Če ribi operativno ostranimo labirint, ga nadomesti z vidom in obratno, tudi slepa riba se v prostoru lahko orientira in zavzame določene položaje. Klub tem, da se čutila med seboj dopolnjuje, pa nekatera pri nekaterih vrstah v skladu z njihovim načinom življenja, prevladajo. Pri krapu in linju je hrانjenje vezano na okus, čeprav pa pri kriplih, ki jih gojimo v ribnikih vidimo, da pri prehranjevanju uporabijo tudi sluh in pobočnico. Pogosto krape celo naučijo, da na pridejo na mesta, kjer jih hrani po zvočnih in vibracijskih signalih. Postrvi pri jemanju hrane uporabijo vid, okus vonj in včasih tudi pobočnico. Pri ribah roparicah je važen organ pobočnica, na primer pri ščuki, ki pa ji dobro služi tudi vid.



Slika 29: Dotik na daljavo preko pobočnice (Bogut in sod., 2006; Povž in Sket, 1990)

## Endokrini sistem

Endokrini sistem sestavlja žleze z notranjim izločanjem, ki svoje izločke - hormone sproščajo direktno v kri, ti pa se preko krvožilnega sistema raznesejo do ustreznih organov in skupaj z živčnim sistemom usklajujejo delovanje celega organizma. Z izjemo nekaj žlez, katerih vloga še ni pojasnjena, se endokrini sistem pri ribah se ne razlikuje bistveno od endokrinega sistema drugih vretenčarjev. (slika 30).



Slika 30: Žleze z notranjim izločanjem (Povž in Sket, 1990)

Najpomembnejšo vlogo ima hipofiza (*hypophysis cerebri*), ki s svojimi hormoni vpliva na delovanje drugih žlez in leži pod možgani. Vloga hipofize je v veliki meri podrejena hipotalamusu, preko katerega je tudi vzpostavljena povezava med živčnim in endokrinim sistemom. Hipofiza izloča (a) gonadotropne hormone (FSH in LH), ki delujejo na spolne žleze, ki niso specifični za spol, folikulostimulirajoči hormon, ki stimulira razvoj jajčnih foliklov pri samici in sememenskega epitelija pri samcih. Luteinizirajoči hormon povzroči ovulacijo in razvoj rumenega telesa pri samici in razvoj intersticialnih celic v testisu samca. V praksi pogosto ekstrakt hipofize uporabimo za pospešitev razvoja spolnih žlez in ovulacijo pri nekaterih vrstah rib. To imenujemo hormonalna stimulacija ali hipofizacija. Hipofiza izloča tudi (b) somatotropne hormone ali hormone rast, ki vplivajo na razgradnjo masti, pospešujejo sintezo beljakovin, povišujejo sladkorje v krvi in na ta način povečujejo mišično maso. Hormon vpliva tudi na rast kostnega in hrustančnega tkiva. Naslednji hormon hipofize je (c) tirotropin, ki stimulira ščitnico, da z izločanjem tiroksina akumulira jod. (d) Adrenokortikotropni hormoni

(ACTH) hipofize stimulirajo skorjo nadledvične žleze, da proizvaja glukokortikoide. Vloga hormona (e) vazotocina pa še ni povsem pojasnjena.

Ščitnica (*glandula thyreoidea*) leži na področju ventralne aorte (*aorta ventralis*) in na pobudo hipofize izloča hormon tiroksin, ki vpliva na metabolizem in razvoj organizma. Če je tiroksina preveč, je preveč intenziven metabolizem in s tem povečana potreba po kisiku, premalo tega hormona pa ima za posledico zastoj v rasti in razvoju.

Epifiza (*epiphysis cerebri*) imenovana tudi česarika, ki leži pod lobanjskimi kostmi pokritimi s tanko kožo brez kromatofor, je občutljiva na svetlobo. Izloča hormona serotonin in melatonin, katerih vloga ni povsem poznana, dokazano pa je, da je njuno delovanje odvisno od svetlobe in zato vplivata na dnevni bioritem rib.

Ultimobranhialna žleza (*glandula parathyreoida*) je skupek celic pod požiralnikom in izloča hormon paratirin, ki regulira metabolizem kalcijevih in fosfornih ionov v krvi in tkivih. Če je hormona v telesu premalo, se mišice krčijo, če pa ga je preveč, pride do novotvorb in demineralizacije kosti, povečane vsebnosti kalcija v krvi in izločanje preko ledvic. V sečilih se lahko pojavijo kamni fosfatnega izvora.

Trebušna slinavka (*pancreas*) je sestavljena iz Langerhansevih otočkov, ki jih predstavljajo alfa in beta celice žlezognega tkiva. V alfa celicah se proizvaja hormon glukagon, v beta celicah pa inzulin, oba pa uravnava nivo sladkorja v krvi. Prvi koncentracijo sladkorja povečuje, drugi pa jo znižuje. Glukagon tudi uravnava zalogo glukoze, da je na razpolago, ko jo telo potrebuje. Trebušna slinavka se pri različnih vrstah rib nahaja na različnih mestih v telesu. Na primer pri krapih so Langerhansovi otočki razporejeni med jetrnimi celicami in gre za hepatopankreas, pri postrvih je trebušna slinavka v obliki trakov med piloričnimi podaljški, pri nekaterih drugih ribah pa so celice pankreasa po mesenteriju ali vranici.

Nadledvična žleza (*glandula suprarenales*) se pri ribah nahaja v obliki adrenalnega in kromafinskega tkiva razporenega v tkivu prednjega dela ledvic. Kromafino tkivo podobno kot nadledvična žleza proizvaja kateholamin, adrenalin in noradrenalin. Povečano izločanje teh hormonov povzroči spremembo cirkulacije, osmoregulacije in metabolizma. Pride tudi do povečanega metabolizma glikogena, sprememb v delovanju srca kot sta bradikardija in tahikardija ter razširitve škržnih arterij in povečane propustnosti vode, kar pri sladkovodnih

ribah privede do demineralizacije. Poleg suprarenalnega tkiva je še interrenalno tkivo, ki izloča kortikosteroide, ki so neobhodni za metabolizem proteinov, vode, lipidov in soli. Povečano izločanje zavira proizvodnjo protiteles in niža število levkocitov, kar privede do zmanjšane odpornosti na okužbe.

Skupino celic z notranjim izločanjem predstavljajo tudi Staniusova telesca, ki vplivajo na osmoregulacijo in metabolizem.

## Spolni organi

Pri večini rib sta spola ločena, oplodnja pa je zunanja. Spolni organi so parni, izjema je le ostriž, ki ima neparno spolno žlezo. Zelo redke, v glavnem morske ribe, pa so tudi hermafrodi. Spolne žlezne pri samcih so testisi, pri samicah pa ovariji (slika 13). Razvojno višje kostnice imajo za razliko od hrustančnic samostojna izvodila spolnih žlez, ki niso povezana z izvodili ledvic. Izvodila testisov (*ductuli efferentes testis*) so povsem samostojna, levo in desno pa se združita v skupni semenovod (*ductus spermaticus*), ki se konča v urogenitalnem sinusu (*sinus urogenitalis*). Spolne celice samcev imenujemo mleček, samic pa ikre. Mleček je različno gosta tekočina, ki jo sestavlja veliko število mikroskopsko majhnih spermijev in spermalna tekočina. Spermiji rib so izjemno majhni in spadajo med najmanjše telesne celice. Po izgledu so podobni spermijem višjih vretenčarjev in jih sestavljajo glava, vrat in rep. Dolžina spermijev se odvisno od vrste rib v povprečju giba med 20 do 60  $\mu\text{m}$ ; na primer pri ostrižu 20  $\mu\text{m}$  in pri ščuki 45  $\mu\text{m}$ . Glava je najmanjši del spermija in doseže dolžino približno 2  $\mu\text{m}$ . Kakovost mlečka se določa glede na gostoto in barvo, kakovosten mleček pa je goste konsistence, bele barve z dobro gibljivimi spermiji. V 1  $\text{mm}^3$  spermalne tekočine je na primer pri krapu okrog 25 milijonov, pri ščuki 20 in pri postrvi 10 milijonov spermatozoidov. Spermiji postanejo gibljivi šele v vodi, njihova gibljivost pa je zelo kratka s tem, da je gibljivost spermijev hladnovodnih rib še krajša kot pri toplovodnih. Pri potočni postrvi je gibljivost spermijev 25 sekund, pri šarenki 40 sekund, pri lipanu 90 sekund, pri ostrižu 1 do 2,3 minute, pri ščuki 2 minuti, pri koreslju 1 do 2 minuti, pri krapu 2 do 3 minute, pri rdečeoki 2 do 4 minute, pri jesetru 4 do 5 minut, pri morskih ribah pa je gibljivost spermijev precej daljše in traja kar 1 do 2 uri. S poskusi so ugotovili, da se gibljivost spermijev lahko podaljša, če mlečku dodamo fiziološko raztopino (0,9% natrijevega klorida v destilirani vodi). Za prakso v vzreji rib je zelo pomemben podatek, da spermiji pri temperaturi 4°C ne izgubijo gibljivosti. Na ta način je v intenzivni vzreji mogoče mleček postrvi shraniti za 5 dni, krapa 8 do 9 dni, jesetra 10 do 14 dni, gibljivost spermijev v globoko

zamrznjenem mlečku v kontejnerjih s tekočim dušikom pa je neomejena. Jajčniki so podobno kot testisi v zgodnji mladosti parni organ, v odrasli dobi pa se pri nekaterih vrstah rib pojavi asimetrija. V jajčnikih so folikli, kjer iz zarodnih celic nastajajo oogenije, iz njih pa jajčeca, ki jih pri ribah imenujemo ikre. Jajcevod (*oviductus*) je pri razvojno višjih ribah zrasel z resicami peritoneuma, ki obdajajo jajčnik in tvori peritonealno cev. Pri postrvih sta jajcevoda oblikovana v kratki lijakasti tvorbi ali na trebušni oziroma genitalni pori, ki se nahajata za analno odprtino. Pri večini vrst rib so na koncu spolnih izvodil dodatne spolne žleze, katerih izločki ščitijo spolne celice. Spolna izvodila so pri večini vrst rib za analno odprtino ali pa skupaj z sečnimi izvodili v skupnem urogenitalnem sinusu (*sinus urogenitalis*) v obliki spolne bradavice ali pa so samostojna. Za razliko od spermijev, ki so najmanjše celice v organizmu, so ikre največje telesne celice. Površina iker je prekrita z večslojnim epitelom in elastično ovojnico, ki ima običajno tri sloje. Na zgornjem sloju so številne mikroskopske pore z navznoter obrnjenimi ozkimi kanalčki imenovanimi mikropapile, skozi katere pri oplodnji vstopijo spermiji. Pod ikrino ovojnico je rumenjakova vrečka. Ribja ikra ima animalni in vegetativni pol. Animalni pol je v zgornjem delu ikre, kjer sta mikropapila in zametna kal, iz katere v oplojeni ikri nastane zametek. Vegetativni pol pa je v spodnjem delu ikre in ga tvori rumenjak, ki predstavlja hrano med razvojem zametka. V ikri je veliko maščob v obliki maščobnih kapljic, v katerih so raztopljena različna barvila, največkrat rdeča, rumena in oranžna. Pri ribah iz družine postrvi je v ikri v povprečju 58% vode, 29% beljakovin, 11% maščob in 2% suhe snovi. Zaradi prepustnosti površinske ovojnice ikre, voda vstopa vanjo in zapolnjuje prostor med zunanjim rumenjakovo membrano ter tvori tako imenovani perivitelinski prostor, kar v praksi preprosto imenujemo, da ikra nabrekne, oziroma se poveča. S pomočjo encimov v perivitelinski tekočini se postopoma utrdi zunanja ovojnjica jajčnika (*conus pellucida*) in vstop vode ni več mogoč. Z nabrekanjem ikre se zaprejo mikropapile in je tako onemogočen vstop spermijev oziroma oplodnja. V primerjavi s sladkovodnimi imajo ikre morskih rib daljšo sposobnost oploditve. Posamezne vrste rib imajo različno velike ikre, velikost pa je odvisna od rumenjaka. Oblika iker je okrogla ali rahlo ovalna. Vrste rib, ki živijo v manj ugodnih temperturnih pogojih, imajo manjše število večjih iker, da bi bila možnost razvoja in preživetja rib večja. Celo iste vrste rib imajo v hladnejših predelih večje iker. Glede na količino iker sta dve skupini rib. Pri prvi skupini se sorazmerno s povečevanjem teže rib veča tudi število iker. V to skupino spadata na primer ščuka in krap. Pri drugi skupini rib pa število iker na kg telesne teže rib s starostjo upada, kar je primer pri postrvih in ostrižih. Pri postrvih se z manjšanjem števila iker povečuje njihova velikost. Največje iker, ki v premeru dosežejo 6 mm, ima losos, od naših vrst rib pa ima največje iker s premerom 4 - 5,5 mm potočna postrv. Navajamo velikost še nekaterih vrst rib: iker lipana

v premeru merijo 3,2 do 4 mm, kečige 2,5 mm, ostriža 2,0 do 2,5 mm, pisanega tolstolobika 1,3 mm, krpa 1,2 do 1,5 mm, belega tolstolobika 1,2 mm in menka 0,7 do 0,8 mm. Tudi barva iker je različna in je značilna za določeno vrsto rib. Losos ima značilno rumeno do oranžno obarvane ikre, ker rumenjak vsebuje karotinoide, ikre belega amurja pa so brez barve. Mrtve ikre pa so zaradi razgradnje beljakovin bele barve. Glede na maso iker razlikujemo ikre, ki prosto lebdijo v vodi ali pelagične ikre, take ikre imajo večinoma morske ribe, večina vrst rib pa ima ikre, ki so težje od vode (demerzalne ikre). Poznamo tri podvrste takih iker: proste, zlepljene (aglutinirane) in pričvršcene (fiksirane) ikre. Proste ikre, ki se ne dotikajo med seboj in okolice, imajo postrvi in trske. Med seboj in s podlogo zlepljene ikre imajo ostriži. V gmoti zlepljenih iker pa so prazni prostori, tako da ikre lahko oplakuje voda. Pri ostrižu so iker včasih nanizane v cilindričen trak dolg 2-3 m in širok 3-4 cm. Fiksne ikre pa se pričvrstijo na rastlinje in dno. Pri večini vrst rib je zunanja oplodnja v času drsti. Zelo redko se pri ribah pojavi tudi ginogeneza, pri kateri gre za nepopolno oploditev, pri kateri spermiji le aktivirajo jajčno celico, ne pride pa do njune združitve. Od rib, ki živijo v naših vodah, se ta pojav spontano javlja pri srebrnem koreslju imenovanem babuška (*Carassius auratus gibelio*).

Nastanek in razvoj spolnih celic samcev (spermatogeneza) in samičk (oogeneza) ima tri stopnje: razmnoževanje, rast in dozorevanje. Poznamo tudi hermafroditizem ozziroma dvospolnost, pri katerem gre bodisi za sinkrone ali asinkrone hermafrodite. Pri prvih se razvijejo moške in ženske spolne celice, pri drugih pa se pojavi inverzija spola. Zoper imamo dve vrsti takih rib in sicer se pri prvih najprej razvijejo jajčniki in živijo kot funkcionalne samičke, kasneje pa se spremenijo v samčke, pri drugih pa so ribe najprej funkcionalni samčki, kasneje pa se spremenijo v samičke. Poleg razmnoževanja z ikrami se pri nekaterih vrstah rib javlja tudi živorodnost. Pri ribah kostnicah so živorodne ribe iz skupine srednjameriških zobatih krapov (*Cyprinodontidae*), ki jih dobro poznajo akvaristi. Pri samčkih teh vrst rib se žbica na trebušnih plavutih spremeni v kopulacijski organ, pri samičkah pa se razširjen spodnji del jajcevoda spremeni v maternico. Nastanek in dozorevanje spolnih celic je odvisno od sprememb spolnih žlez rib in ju razdelimo na šest stadijev. Prvi stadij je značilen za mlade spolno nezrele ribe, kjer so spolne žleze slabo razvite in imajo obliko ozkih trakov vzdolž trebušne votline, samcev in samic pa s prostim očesom ni mogoče določiti. Naslednji stadij je stadij mirovanja, pri katerem so spolne žleze majhne, spolne celice pa se še ne tvorijo. Testisi imajo obliko ozkih trakov in so bele barve, robovi pa ostri. V njih se oblikujejo ozke cevke v katerih se vrši spermatogenija. Jajčniki pa so svetlo rumene barve in imajo zrnato strukturo, v njih pa rastejo oocite. V tretjem stadiju se spolne žleze naglo večajo in zavzemajo okrog 35 % trebušne votline. Ovariji so rumene barve, v njih se razvijajo oocite nameščene v obliki grudic, ki jih dobro

vidimo že s prostim očesom. Testisi spremenijo barvo in postanejo prozorni do bledo rožnate barve. Na prerezu so robovi ostri. Pri večini vrst rib v tem stadiju spolne žleze ostanejo do zgodnjega poletja. V četrti fazi so spolni organi dozoreli, spolne žleze so dobro razvite in zavzemajo 75 % trebušne votline. Ikre so velike in prozorne in jih je mogoče ločiti med seboj. Iz testisov steče mleček, v katerem so lahko pojavijo sledovi krvi. Ta stadij navadno ne traja dolgo. Kmalu mu sledi obdobje drsti, ko v jajčnikih pride do ovulacije iker, v testisih pa do razredčitve mlečka/sperme s semensko tekočino. Že pri rahlem pritisku na trebušno steno se spolne celice obeh spolov lahko stisnejo iz telesa. Zadnji stadij procesa dozorevanja spolnih celic je obdobje po drsti, ko so spolne žleze prazne, njihov obseg in teža se zmanjšata, trebušna stena pa je sproščena in mlahava. V jajčnikih zaostane nekaj iker, v testisih pa nekaj mlečka, urogenitalna papila pa je še vedno rožnata. V zelo kratkem času se spolne žleze povrnejo v drugi stadij, to je stadij mirovanja. Spolne žleze z zreliimi spolnimi celicami v drstnem obdobju dosežejo optimalno velikost in pri samicah zapolnjujejo obsežen del trebušne votline. Za objektivno presojo razvoja spolnih žlez pri obeh spolih se pri ribah uporablja koeficient zrelosti iker, ki se izraža v razmerju mase spolnih žlez in celokupne mase rib. Za oceno plodnosti pa uporabljam koeficient plodnosti in gonadosomatski indeks. Koeficient plodnosti se izračuna, da se dolžina telesa ribe v cm pomnoži z maso telesa v gramih, rezultat pa deli s številom zrelih iker. Število zrelih iker pa ocenimo tako, da preštejemo 5 g iker in število preračunamo na celotno težo spolne žleze. Gonadosomatski indeks pa se izračuna, da se masa spolnih žlez v gramih deli s telesno maso v gramih in množi s 100. Pri nekaterih vrstah rib, spolne celice dozorijo samo enkrat v življenju in po drsti umrejo. Tak primer so jegulja in nekateri salmonidi. Spolna zrelost rib je ozko povezana s hitrostjo rasti in večanjem telesne mase posameznih vrst rib. Ribe, ki nimajo dolge življenjski dobe in so majhne lahke spolno dozorijo že v drugem letu starosti, nasprotno pa ribe z dolgo življenjske dobo dozorijo šele v starosti 3 do 5 let, nekatere pa še kasneje. Največja vrsta jesetrov (*Huso huso*) dozori šele, ko je stara 15 do 20 let. Losos (*Salmo salar*) dozori v starosti 3 do 6 let, krap med 3 in 5 leti ter ostrž v starosti 2 do 3 leta. Samci večine vrst rib spolno dozorijo z manjšo telesno maso in leto do dve prej kot samice, kar je povezano tudi z njihovo običajno krajšo življenjsko dobo. Samci ščuke denimo dozorijo že v prvem letu starosti. V primerjavi s samicami so samci tudi prej godni za drst, ki pri njih tudi dlje traja. Na dozorevanje spolnih celic poleg temperature vpliva tudi svetloba in sicer daljši dan spodbuja dozorevanje spolnih žlez. Na dozorevanje spolnih žlez vpliva tudi prehrana. Z raziskavami so ugotovili, da so pri krapih hranjenimi z naravno hrano ikre prej dozorele kot pri enako starih krapih, ki so jim dodajali hrano, še posebej sojo. Izjema so postrvi, pri katerih je najintenzivnejši razvoj spolnih celic takrat, ko povsem stradajo.

## Razmnoževanje

Vsaka vrsta ribe ima svoje optimalno obdobje razmnoževanja pogojeno z letnim časom, ko so temperatura, kisik, svetloba in še nekateri drugi dejavniki najugodnejši za razvoj njihovih spolnih celic, ki jih prav tako odvisno od vrste odlagajo na različne načini in v različnih časovnih razmakih. Ribe so sezonske drstnice.

Skoraj vse ribe, ki živijo pri nas, so policistične in se, ko spolno dozorijo, v pravilnih časovnih razmakih drstijo nekajkrat v življenju. V toplejših področjih se ribe drstijo v krajših časovnih intervalih pogosteje, v hladnejših področjih pa so časovni intervali med dvema drstema daljši. Ribe, ki se drstijo le enkrat v življenju in po drsti poginejo, pa so monociklične ribe. V tej skupini je najbolj poznan losos iz rodu *Oncorhynchus*, ki je značilna diadromna riba in se na drst seli nekaj tisoč kilometrov daleč. Na tej dolgi poti se ne prehranjuje in po drsti zaradi izčrpanosti in včasih tudi poškodb pogine. Od rib, ki živijo v evropskih vodah, pa sta taki ribi jegulja in velika senčica (*Umbra crameri*). Glede načina izločanja spolnih celic razlikujemo vrste rib, pri katerih vse spolne celice dozorijo istočasno in jih tudi naenkrat odložijo. V to skupino spadajo lipan, ščuka, ostriž in mnoge druge. Pri drugih vrstah pa spolne celice dozorevajo postopoma, zato te ribe ikre odlagajo večkrat v razdobju nekaj tednov, izjemoma tudi nekaj mesecev. Take ribe so mrena, linj in ploščič. Večkratna drst je zaščitni mehanizem, ki ribam omogoči lažje preživetje. V večini primerov so ikre okrogle, vendar različno velike, kar je odvisno od velikosti rumenjakove vrečke in količine rezervne hrane v njej. Tudi barva iker je za vsako vrsto rib značilna. Pri postrvih so ikre rumeno oranžne, pri ščuki temno sive in pri krapu zelenkaste barve. Plodnost je odvisna od vrste, starosti in velikosti ribe, njene kondicije, velikost iker in kako razvito imajo ribe skrb za ikre in potomstvo. Postrvje ikre v povprečju v premeru merijo 4 mm (slika 31), ikre krapov pa 1,4 do 1,5 mm. Število iker se giblje od nekaj deset pri pezdirku (*Rhodeus sericeus*), pa do milijon pri krapu, jegulji in menku. Nekatere morske ribe pa imajo tudi nekaj deset milijonov in več iker.



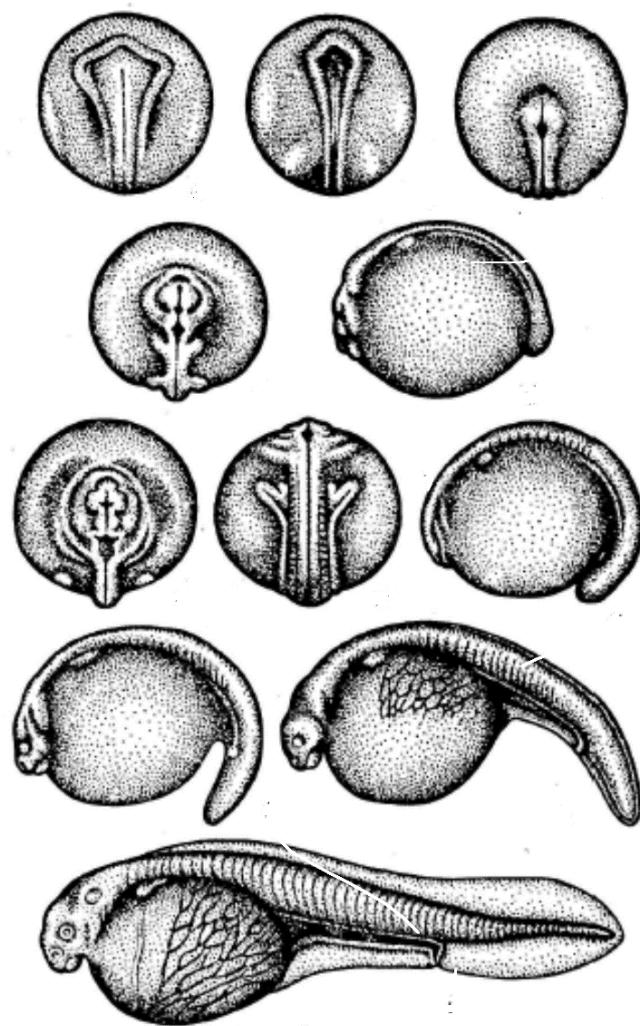
Slika 31: Postrvje ikre pred izvalitvijo (Jenčič)

Glede velikosti razlikujemo več vrst iker. Oligolecitalne ikre imajo malo rumenjaka in v stadiju nabreklosti dosežejo v premeru 1,5 mm, razmerje med plazmo in rumenjakom pa se giblje 1:2,2. Mezolecitalne ikre imajo srednje veliko rumenjaka, v premeru merijo 1,5 do 4 mm, razmerje s plazmo pa znaša od 1:2 do 1:50. Polilecitalne ikre so po velikosti in vsebnosti rumenjaka podobne mezolecitalnim, vendar je razmerje med plazmo in rumenjakom več kot 1:50. Glede na lepljivost razlikujemo nelepljive ali proste in adhezivne ali lepljive ikre. Proste ikre ležijo na dnu in niso zlepljene na podlago niti ne med seboj. Take ikre imajo postrvi. Lepljive ikre pa se zlepljajo med seboj, med njimi pa je prostor, kamor dostopa voda in jih oplakuje. Razen med seboj se te iker lepijo tudi na vodne rastline, veje in korenine. Take ikre imajo krap, ščuka in ploščič. Za dozorevanje iker in mlečka, drst, razvoj oplojenih iker in valjenje zaroda imajo posamezne vrste rib posebne zahteve, od katerih so med najvažnejšimi temperatura vode, vsebnost kisika, svetloba, primerna podlaga in strujanje vode. Glede teh pogojev pa zopet ribe delimo na stenoekne ribe, ki so zelo zahtevne in povsem odvisne od teh pogojev ter euriekne ribe, ki se uspešno razmnožujejo tudi v spremenjenih pogojih. Optimalna temperatura vode za drst je značilna za vsako vrsto rib posebej. Na primer ščuka, ostrž in smuč se drstijo zgodaj spomladi, krapske vrste konec pomladi ali na začetku poletja, postrvi pa v jesensko zimskem času. Drst se začne, ko se ugodna temperatura ustali, če pa temperatura pada, se drst prekine.

Proces dozorevanja spolnih celic poteka pod nadzorom centralnega živčnega sistema in žlez z notranjim izločanjem, zato spremembu dnevne svetlobe kot enega od aktivatorjev dozorevanja spolnih celic, lahko prekine ovulacijo in razvoj spermijev. Vendar pa se na spremembo dolžine dnevne svetlobe ali fotoperiode vse vrste rib ne odzovejo enako. Potočna postrvi se na skrajšanje dnevne svetlobe odzove s hitrejšim dozorevanjem spolnih celic, pri ploščiču pa se ta proces povsem zavre. Pomemben dejavnik za drst je tudi strujanje vode. Pri nekaterih ribah, ki živijo v čistih, hitro tekočih vodah bogatih s kisikom (reofilne ribe), že zadrževanje v toku vode izzove spontano ovulacijo. Glede zahtev za primerno podlogo, kamor ribe odložijo ikre, delimo ribe na več ekoloških skupin. Litofilne vrste odlagajo ikre na čisto kamnito podlago ali na prodnato dno. Fitofilne ribe lepijo ikre na potopljeno vodno rastlinje, včasih pa tudi na dno in se sploh ne drstijo, če nimajo primerenega okolja. Indiferentne ribe so podobne fitofilnim in ikre lepijo na potopljeno rastlinje in izjemoma tudi na potopljeno vejevje in kamenje. V tej skupini rib so klenič, zelenika, okun, platnica in ostrž. Pelagofilne ribe imajo majhne oligolecitalne ikre, ki prosto plavajo v vodi. Te ikre bodisi vsebuje maščobne kapljice ali pa zelo nabreknejo in tako za večkrat povečajo obseg in zmanjšajo specifično težo. Maščobne kapljice pa so izvor energije in kot hidrostatičen organ, zato jih vodni tok običajno odnese daleč od mesta, kjer so se ribe drstile. Taki ribi sta na primer beli amur in stebnici tolstolobik, največ pa jih je med morskimi ribami. Polopelagofilne ribe so vrste z različnimi stopnjami prehoda med litofilnimi in pelagofilnimi, nekateri pa jih uvrščajo kar v litofilno skupino rib. Te ribe odlagajo ikre na kamnito rečno dno, kjer so določen čas prilepljene, kasneje pa jih odnese vodni tok. V to skupino spadajo jesetri in menek. Psamofilne ribe imajo zelo majhne in lepljive ikre podobne fitofilnim vrstam, drstijo pa se na peskovnih površinah tekočih vod. Od naših rib sta taki globoček in babica. Pri ostrakofilnih vrstah pa se samičkam med drstjo podaljša urogenitalna papila, s pomočjo katere malo število polilecitalnih iker odlagajo v škržno votlino školjk. Pri nas je taka riba pezdirek.

V času drsti samci izločajo mleček, ki ga sestavlja semenska tekočina in spermatozoidi. Pri krapih je v  $1\text{ mm}^3$  kakovostnega mlečka 25 milijonov spermatozoidov, pri postrvih pa v enaki količini 10 milijonov. V mlečku spermiji postanejo gibljivi šele v stiku z vodo, gibljivost pa je časovno omejena in traja pri krapih 2 minuti, pri šarenki 87 sekund, pri jesetrih pa do pet ur. V mlečku, ki ga hranimo v suhi posodi pri sobni temperaturi, spermiji ohranijo aktivnost do 24 ur, če mleček hranimo pri temperaturi  $4^\circ\text{C}$  pa spermiji različno od vrste rib ostanejo aktivni od pet do štirinajst dni, zamrznjeni pa so aktivni neomejeno dolgo, kar učinkovito uporabljamo v intenzivni vzreji rib. Ontogeneza rib poteka po utečenem vrstnem redu. Čeprav so med posameznimi vrstami rib razlike, imajo nekaj skupnih značilnosti. Pri vseh ribah ločimo pet

različno dolgih obdobij: embrionalno obdobje, obdobje ličinke, obdobje mladice in odraslo ter starostno obdobje. Prvo embrionalno obdobje traja od nekaj minut do nekaj ur in se začne z oplodnjo ikre. Jedro ikre se iz sredine pomakne proti polu, ki mu rečemo animalni pol in iz njega nastane zarodek (embryo), nasprotni pol pa je vegetativni pol in služi za prehrano zarodka. Po oplodnji ikre začnejo nabrekati, ker se v vmesnem prostoru med notranjo in zunanjim opnom, ki jih pravimo perivitelinski prostor začne nabirati voda. Oplojena ikra linja se poveča do 2x, krpa do 5x, pri rastlinojedih ribah pa do 40x. Nato sledijo različna obdobia, v katerih se celice delijo, tako da nastane blastodisk z nekaj tisoč celicami, sledita gastrulacija in organogeneza, v kateri se že oblikujejo posamezni organi. Kasneje se razvije repni del in zarodek se začne premikati, kar je znak, da bo kmalu prišlo do izvalitve (slika 32).



Slika 32: Razvoj ikre (Svetina in sod., 1982)

V zadnji fazi embrionalnega razvoja se začne premikati škržno ustni aparat in razvijejo se neparne plavuti. Obdobje zaroda se začne, ko osebki začnejo jemati hrano iz okolice in se konča, ko se povsem oblikujejo organi za prebavo, dihanje, izločanje in plavanje, osebek pa dobi videz odrasle ribe. To obdobje lahko razdelimo na zgodnje obdobje, ki traja od porabe hrane v rumenjakovi vrečki in pozno obdobje. V zgodnjem obdobju zaroda so ličinke stare med 4,5 in 7 dni in dolge med 6,5 in 7,8 mm. Se samostojno gibajo, plavajo v globoki vodi, porabljajo še s hrano iz rumenjakove vrečke, istočasno pa se tudi že samostojno hranijo. Obdobje pozne ličinke se začne, ko so stare med 7 in 18 dni in velike med 8,5 mm do 16 mm. V tem času se oblikujejo podporne kosti plavuti (lepidotrihije), čeljustni in škržni organi pa so gibljivi. Dobro sta razvita tudi oba dela plinskega mehurja, po videzu pa je ličinka povsem podobna odrasli ribi. Trajanje in kompleksnost tega obdobja sta odvisni od velikosti iker in hranljivih snovi v rumenjakovi vrečki. Iz večjih iker se izvali zarod že podoben odraslim ribam, iz majhnih iker pa se vali zarod, ki prehaja skozi proces preobrazbe. Prehod od stopnje zaroda do mladic je lahko hiter kot na primer pri jegulji od leptocefalne ličinke do steklaste jegulje, lahko pa je preobrazba postopna. Obdobje mladic se začne, ko se oblikujejo vsi telesni organi, ki ga pri krapih spremlja pojav lusk in traja do spolne zrelosti. Za odraslo obdobje rib pa so značilni spolna zrelost in razmnoževanje ter telesna rast. Ribe v nasprotju s toplokrvnimi živalmi rastejo vse življenje, čeprav, ko dosežejo spolno zrelost, počasneje. Na rast rib vplivajo temperatura, količina hrane, vsebnost kisika, kakovost vode in gostota populacije. Ker so ribe poikilotermne živali, ki se prilagajajo temperaturi vode, je prav temperature tista, ki uravnava vse fiziološke procese in posledično tudi dinamiko rast, pri višji temperaturi ribe rastejo hitreje, pozimi pa počasneje. Obdobja intenzivne in počasne rasti vidimo na kosteh in luskah, kar uporabljamo za določanje starosti rib. Ribe so zelo različno velike, nekatere dosežejo le 1,2 cm, druge pa zrastejo do nekaj metrov. Sladkovodni som doseže velikost do tri metre in težo do 100 kg. Večina naših sladkovodnih rib z velikostjo do približno metra spadajo med majhne ribe. Starostno obdobje rib se začne z upadanjem števila in kakovosti spolnih celic ter s tem pešanjem plodnosti in se konča s smrtjo. Tudi življenjsko doba različnih vrst rib je različno dolga in je odvisna od velikosti rib. Ribe velike do 30 cm živijo do pet let, manjše pa veliko manj. Nekatere ribe v naravi dosežejo starost 20 let, krap živi 50, nekateri jesetri pa celo 100 let. Na življenjsko dobo rib vplivajo različne bolezni, ribojede živali in človek s posegi v naravo.

## **Imunski sistem**

Imunski sistem pri ribah je dobro razvit in uspešen pri obrambi pred okužbami. Osnovne zakonitosti imunskega sistema so zelo podobne tistim pri višjih vretenčarjih, še zdaleč pa imunost pri ribah ni tako raziskana, kot je raziskana pri sesalcih. Proučevanje obrambnih mehanizmov rib poteka v dveh smereh in sicer v primerjavi s sesalci ter v povezavi z razvojem ribogojsstva in njegovih potreb za preprečevanje bolezni.

Limfatični organi pri ribah so ledvica, vranica in timus (glej izločala in krvožilni sistem)

Celice v limfatičnih organih in krvi so levkociti ter so po morfoloških značilnostih podobni ustreznim celicam pri sesalcih, sestavlajo pa jih mali in veliki limfociti, plazmatske celice, monociti, makrofagi, granulociti, polimorfonuklearne celice in mastociti.

Limfociti so kot pri sesalcih limfociti B in T. Limfociti T so v glavnem v timusu. S poskusi na različnih vrstah rib so ugotovili, da limfociti T pri ribah delujejo podobno kot pri sesalcih.

Limfociti B so nosilci humoralne imunosti in so pri ribah precej dobro raziskani.

Granulociti pri ribah so zelo podobni sesalskim. Razlikujemo štiri različne tipe in sicer nevtrofilne, heterofilne, eozinofilne in bazofilne granulocite. Pri različnih vrstah rib so bili opisani številni morfološko različni granulociti. Eozinofilni granulociti imajo pomembno vlogo pri baktericidnih mehanizmih, nevtrofilni granulociti pa pri fagocitozi.

Monociti in makrofagi so mononuklearne celice, ki so tudi odgovorne za fagocitozo. Monociti krožijo po telesu, makrofagi pa so fiksirani in jih lahko najdemo v vranici, ledvicah in srcu.

Melanomakrofagi so makrofagi, ki vsebujejo različne pigmente, kot je melanin, lipofuscin, ceroid in hemosiderin in so posebnost v obrambnem sistemu rib. Melanomakrofagi so v glavnem v vranici, ledvicah in jetrih, včasih pa tudi v drugih organih. Pri zdravih ribah se te celice akumulirajo s starostjo in tvorijo melanomakrofagne centre, katerih vloga je kompleksna in še ne povsem raziskana.

## Nespecifična ali naravna obramba

Koža je pri ribah pomemben organ zunanje nespecifične obrambe. Rane se pri ribah hitreje zacelijo kot pri sesalcih. Ta lastnost se je verjetno razvila zaradi prilagoditve rib življenju v vodi in uravnavanju osmotskega tlaka. Dodatno obrambno sposobnost ima tudi sluz, ki na koži in škrgh zavira kopičenje bakterij. Podobno vlogo ima tudi sluz v črevesju. V sluzi rib so ugotovili tudi naravna protitelesa, ki so nastala ob stikih z epitopi v okolju običajnih snovi. Naravna protitelesa so ugotovili tudi v serumu. V sluzi in serumu so različni encimi na primer lizocim in bakteriolizini ter tudi beljakovine komplementnega sistema, ki pri ribah še ni dovolj raziskan. Nekatere komponente so bile opisane pri postrvi in morskem psu in so podobne sesalskim. Na splošno pa je sistem bolj občutljiv, kar zadeva topoto. Pravimo, da ima nižjo optimalno temperaturo kot sesalski. Komplement ima baktericidno vlogo, pomen pri inaktivaciji virusov, deluje citotoksično in kot opsonin.

V naravni obrambi so pomembni tudi interferoni.

Obrambna mehanizma rib sta tudi fagocitoza in vnetje, ki se ne razlikujeta bistveno od drugih vretenčarjev.

## Specifična obramba ali imunost

Za specifično obrambo ali imunost so značilni vnos antiga, prepoznavna, antigenska specifičnost in imunski spomin. Imunski odgovor je razdeljen na dve poglaviti kategoriji, to je humoralno in celično imunost. Humoralna imunost je odvisna od sposobnosti imunoglobulinov, da se vežejo na antigen. Celična imunost pa je neposreden napad limfocitov T na celice tarče.

Na imunski odziv v veliki meri vplivajo različni dejavniki okolja, ki jih razdelimo na naravne dejavnike in tiste, ki so povzročeni umetno, oziroma jih je povzročil človek. K slednjim sodijo kisel dež, težke kovine in organske substance. Največ vemo o vplivih onesnaženja, vplivih ravnjanja z ribami v procesu zreje, vplivih življenja v zaprtem prostoru ter vplivih nizkih temperatur. Vsi ti dejavniki delujejo supresivno tako na nespecifični kot specifični obrambni sistem. Ker sta oba sistema med seboj povezana, je povsem gotovo, da akutni in kronični stres pomenita za ribe predispozicijske okoliščine za izbruh kužnih bolezni. Signalni mehanizmi, ki so odgovorni za vpliv na imunski sistem pa še niso povsem poznani. Vemo le, do so pri stresu v serumu povečane količine ATCH in kortizola. Temperatura je po vsej verjetnosti največji

zunanji dejavnik, ki vpliva na imunski odgovor rib. Kot vsi drugi fiziološki in metabolični procesi se tudi imunski procesi odvijajo v temperaturnih mejah, ki so tudi sicer optimalne za življenje posameznih vrst rib. Znano je, da nizka temperatura deluje imunosupresivno. Hitre temperaturne spremembe ali nagel padec temperature lahko resno prizadenejo imunski odgovor. Pri temperaturah, ki so nižje od optimalnih, je imunski odgovor upočasnjen. Tudi vrsta antigena je pri tem pomembna, saj imajo posamezni antigeni različne optimalne temperature. Pri raziskavah krvnih celic in morfoloških sprememb v limfoidnih organih so ugotovili, da so celice timusa za temperaturo še prav posebej občutljive.

Nespecifični obrambni sistem je relativno neodvisen od temperature. Fagocitoza, funkcije komplementnega sistema in naravni aglutinini so lahko sicer nekoliko prizadeti, v glavnem pa delujejo v širokih temperaturnih razponih. Vnetni procesi pri nižjih temperaturah potekajo počasneje, pri višjih pa se poveča proizvodnja interferonov.

Specifični imunski mehanizem pa je lahko zelo prizadet. Izločanje protiteles je namreč zelo odvisno od temperature. Predelava in prezentacija ali predstavitev antigena tečeta tudi pri nizkih temperaturah. Hiter spust temperature prizadene T celični odgovor, kot tudi proizvodnjo protiteles.

Letni časi tudi vplivajo na imunsko odzivnost različnih vrst rib. Ti sezonski efekti se nanašajo na temperaturo in koncentracijo kisika v vodi.. Mnogi patogeni mikrobi so povezani z letnimi časi, saj se nekatere bolezni pojavljajo poleti, druge pa pozimi. Izbruh bolezni je posledica oslabelosti obrambnega sistema, oslabelost pa povzročajo spremembe v okolju.

Starost je pomemben dejavnik, ki vpliva na imunski odgovor. Pri zarodu imunski sistem še ni razvit, zato tedaj izbruhnejo mnoge bolezni. Morfološke modifikacije so opisane pri starejših ribah, predvsem akumulacija melanomakrofagov in zakrnitev timusa.

Kot zunanje dejavnike bi lahko omenili še fotoperiode, slanost in stres zaradi socialnih razmer, se pravi zaradi hierarhije v ribji jati.

## **Literatura**

Antal A, István T. ABC ribnjačarstva. Osijek : Glas Slavonije, 1974.

Bogut I, Novoselić D, Pavličević J. Biologija riba. Osijek : Poljuprивredni fakultet, 2006.

Bogut I, Horváth L, Adámek Z, Katavić I. Ribogojstvo. Osijek : Poljuprивredni fakultet, 2006.

Fijan N. Anatomija, histologija, fiziologija i embriologija riba: predavanja »Ribogojstvo i bolesti riba, III. stupanj. Zagreb : Veterinarski fakultet, 1963.

Harder W. Anatomy of fishes. Stuttgart : E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1975.

Jenčič V. Dihanje pri ribah. Ribič 2018; 77: 10–1.

Jenčič V. Obtočila pri ribah. Ribič 2018; 77: 52–3.

Jenčič V. Anatomija prebavil. Ribič 2018; 77: 98–9.

Jenčič V. Fiziologija prebave. Ribič 2018; 77: 132–3.

Jenčič V. Izločala pri ribah. Ribič 2018; 77: 174–5.

Jenčič V. Spolni organi pri ribah. Ribič 2018; 77: 206–7.

Jenčič V. Razmnoževanje rib. Ribič 2018; 77: 250–1.

Povž M, Sket B. Sladkovodne rive. Ljubljana : Založba Mladinska knjiga, 1990.

Snoj N. Anatomija in gojitev sladkovodnih rib: za slušatelje veterine. Ljubljana : Biotehniška fakulteta, VTOZD za veterinarstvo, 1984.

Svetina M. Sladkovodno ribištvo na Slovenskem. Ljubljana : Ribiška zveza Slovenije, 1982.

Treer T, Safner R, Ančić I, Lovrinov M. Ribarstvo. Zagreb : Nakladni zavod Globus, 1995.

