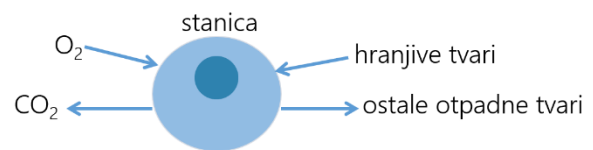


U organizmu svakog višestaničnog živog bića postoji suradnja između stanica, tkiva i organa, odnosno svih struktura koje grade određenu jedinku. Cilj te suradnje je održavanje stabilnosti svih tjelesnih funkcija odnosno pravilan rad i zdravlje organizma. Takvo uravnoteženo stanje u organizmu naziva se homeostaza. Na homeostazu mogu utjecati brojni vanjski čimbenici. Ako se pojavi neki nepovoljan utjecaj na organizam, organi svojim radom vraćaju organizam u uravnoteženo stanje, ali u slučaju dužeg i jačeg djelovanja nepovoljnog utjecaja može doći do određenog poremećaja, odnosno bolesti, a može biti ugroženo i preživljavanje jedinke.

Jedan od sustava koji sudjeluje u održavanju homeostaze organizma je **optjecajni sustav**. To je sustav čija je uloga prijenos plinova i ostalih tvari, u stanice i iz njih, a također sudjeluje u održavanju tjelesne temperature i pH-vrijednosti tjelesnih tekućina.

Optjecajni sustav

- prijenos plinova i ostalih tvari u stanice i iz njih



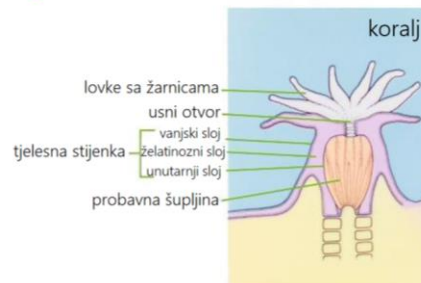
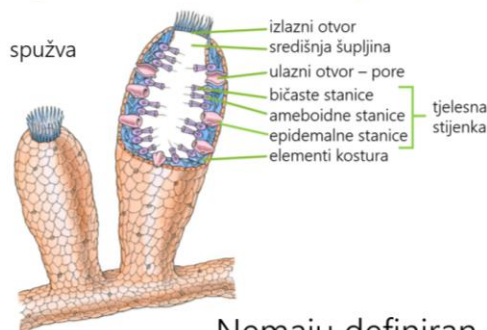
- održavanje tjelesne temperature
- održavanje pH-vrijednosti tjelesnih tekućina

ORGANIZMI U VODI

Jednostanični organizmi koji žive u vodi, kao što su zeleni bičič, ameba i papučica s obzirom da je njihovo tijelo jedna stanica pa tvari izmjenjuju neposredno s okolinom na temelju pasivnoga i aktivnoga prijenosa kroz membranu.

SPUŽVE I ŽARNJACI nemaju razvijen optjecajni sustav jer stanice kod njih nisu formirale tkiva ni organe. Prijenos tvari učinkovito se odvija difuzijom preko površine tijela s obzirom da imaju veći omjer površine i volumena tijela u odnosu na njihov volumen.

Prijenos tvari kod spužvi i žarnjaka



Nemaju definiran optjecajni sustav. Zašto?

-nemaju tkiva ni organe

Kako se kod ovih organizama odvija prijenos tvari i plinova?

-difuzijom preko površine tijela

Virnjaci također nemaju specijalizirani optjecajni sustav. Prijenos tvari tijelom odvija se difuzijom preko površine tijela (**mali organizmi - veći omjer površine i volumena**).

Povećanjem volumena tijela organizama došlo je do razvoja specijaliziranih sustava koji su omogućili prijenos i izmjenu tvari. **Difuzija više nije bila učinkovita** u prijenosu tvari na veće udaljenosti, pa je razvoj sustava rezultat potrebe za smanjenjem udaljenosti za učinkovitu difuziju plinova i drugih tvari u svim dijelovima tijela.

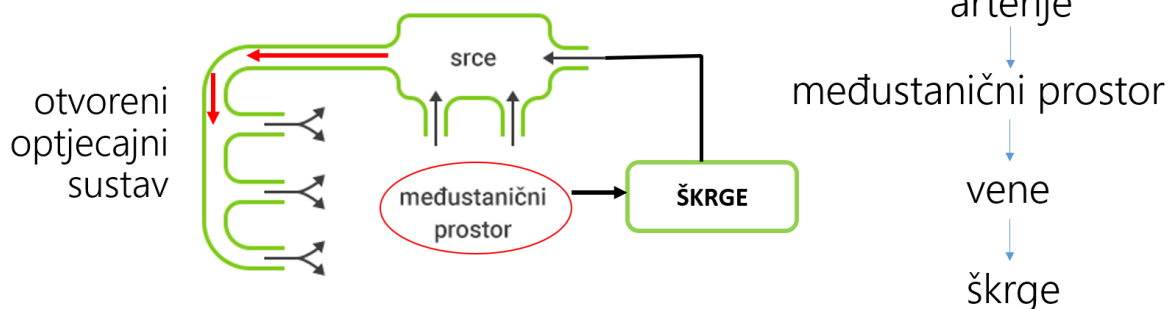
Tijekom evolucije razvila su se dva tipa optjecajnog sustava: otvoreni i zatvoreni.

OTVORENI OS - krvne žile međusobno **nisu povezane**, a tjelesna tekućina u tom sustavu naziva se hemolimfa. Dišni pigment u hemolimfi je hemocijan, protein koji sadrži bakar zbog čega je tekućina plavkaste boje.

Žile koje izlaze iz srca, arterije nose oksigeniranu hemolimfu, tj. hemolimfu bogatu kisikom prema tkivima. POTOM se hemolimfa izlijeva u međutkivne šupljine, odnosno međustanične prostore gdje se otpušta kisik, a prima CO₂ iz stanica. Prije povratka u srce hemolimfa žilama odlazi u škrge gdje se ponovno oksigenira.

OTVORENI optjecajni sustav

- Veće životinje – razvio se kao potreba za smanjenjem udaljenosti za difuziju plinova i drugih tvari u svim dijelovima tijela
- krvne žile **nisu međusobno povezane**
- **hemolimfa – pigment hemocijan**



ZATVORENI OS - tjelesna tekućina je **krv crvene boje** zbog pigmenta hemoglobina koji sadrži željezo. Iz srca se krv potiskuje u zatvoreni sustav krvnih žila. Arterije odvođaju krv iz srca, a vene vraćaju krv u srce. Kapilare su najtanji ogranci krvnih žila koje donose krv do svake stanice gdje se zbiva izmjena tvari. Zatvoreni krvotok pojavio se **kao rezultat potrebe za učinkovitijim prijenosom tvari na veće udaljenosti zbog povećanja volumena tijela životinja**. Krv se u zatvorenom sustavu prenosi pod većim tlakom jer se ne izlijeva kao u otvorenom.

ZATVORENI optjecajni sustav

- krv – pigment hemoglobin
- **Koja je uloga hemoglobina?**

zatvoreni optjecajni sustav

srce
arterije
kapilare
organi
vene
škрге

Prvi organizmi kod kojih se razvio specijalizirani optjecajni sustav su **mekušci**. Školjkaši i puževi imaju otvoreni, a glavonošci zatvoreni optjecajni sustav. U tijelu školjkaša i puževa hemolimfa se izliva iz arterija u međutkivne šupljine prema svim organima, a deoksigenirana krv skuplja se od organa u venu koja je vodi u škрге. Škрге su u neposrednoj blizini srca koje pumpa oksigeniranu krv u arterije.

Optjecajni sustav mekušaca

zatvoreni optjecajni sustav

otvoreni optjecajni sustav

Optjecajni sustav glavonožaca je zatvoren, tj. razvijen je kapilarni sustav između arterija i vena. Hemolimfa se iz srca pumpa u arterije koje dovode tekućinu do kapilara u tkivima gdje kisik prelazi u stanice, a CO₂ ulazi u hemolimfu. Deoksigenirana hemolimfa odlazi u škрге gdje se oksigenira.

Iako optjecajni sustav svih kralježnjaka funkcionira po sličnom principu, on je u evoluciji kralježnjaka od riba do sisavaca postajao sve složeniji. Taj razvoj rezultirao je **podjelom srca na dvije strane: lijevu i desnu**. Tako je oksigenirana krv kod evolucijski najrazvijenijih kralježnjaka u potpunosti odvojena od deoksigenirane krvi što je osiguralo prijenos isključivo oksigenirane krvi do svih stanica u tijelu.

Optjecajni sustav kralježnjaka

klijetka
pretklijetka
riba vodozemac gmaz ptica sisavac
pretklijetke
klijetke
srčana pregrada

- podjela srca na lijevu i desnu stranu

Srce riba građeno je od jedne pretklijetke i jedne klijetke pa kažemo da je **dvodijelno**. U srce ulazi deoksigenirana krv iz tijela, zbog čega ga nazivamo i **venskim srcem**. Krv se iz srca potiskuje prema škragama gdje se oksigenira. Sada je to arterijska krv koja iz arterija ulazi u kapilare gdje dolazi do izmjene tvari između krvi i stanica. Predajom kisika i preuzimanjem CO₂ prelazi u vensku krv koja se vraća u srce i odlazi ponovo u škrge. Dakle, kod riba krvotok ima samo jedan krug optjecanja: krv teče od srca prema škragama, od škrga prema tijelu i iz tijela opet u srce.



S optjecajnim sustavom usko je povezana i termoregulacija, odnosno održavanje tjelesne temperature i održavanje pH-VRIJEDNOSTI tjelesnih tekućina. **Termoregulacija** je jedan od najvažnijih homeostatskih mehanizama u tijelu svakog organizma. Toplina koja direktno utječe na temperaturu tijela je rezultat metaboličkih procesa, odnosno oslobađanja energije.

pH tjelesnih tekućina je važan čimbenik u homeostazi zbog električnih aktivnosti u organizmu i normalne enzimske funkcije. Enzimi djeluju samo u određenim pH vrijednostima (npr. pepsin u želucu može djelovati samo ako su želučani sokovi vrlo kiseli).

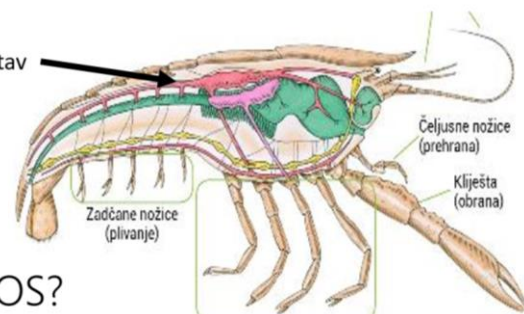
ORGANIZMI NA KOPNU

Otvoreni OS imaju i člankonošci. Dišni sustav člankonožaca građen je od uzdušnica - hitinskih cjevčica koje se granaju u sve sitnije i završavaju duboko u tijelu životinje prenoseći im tako plinove za disanje do svakog dijela tijela. Člankonošci su vrlo aktivne životinje čije tijelo zahtjeva brzu opskrbu tvarima pa im u prijenosu tvari pomažu i uzdušnice. To su životinje male veličine gdje je otvoren tip optjec. sustava uz uzdušnice dostatan za opskrbu tvarima.

- člankonošci

Zašto im je dostatan otvoreni tip OS?

-uz uzdušnice im nije potrebno više



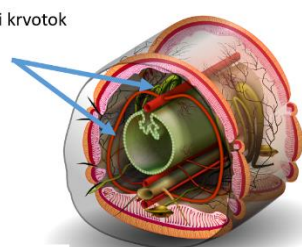
Zatvorenim optjecajnim sustavom teče krv kroz sustav međusobno zatvorenih žila koje se razlikuju po građi i ulozi – tu su arterije – koje provode krv od srca, vene koje dovode krv srcu i sustav kapilara čija je stijenka građena od jednog sloja stanica što osigurava difuziju tvari. Srce je snažan mišićni organ koji služi za pumpanje krvi u optok. **Krv je crvene boje** zbog bjelančevine hemoglobin koja se prvi put zajedno sa zatvorenim tipom OS javlja kod kolutičavaca.

Kolutičavci u svakom kolutiću imaju par srca međusobno povezanih žilama koje opskrbljuju kolutić tvarima omogućujući svakom kolutiću dovoljno tvari za proizvodnju energije za pokretanje i rad kolutića.

Daljnijim razvitkom životinja na kopnu koje postaju veće i aktivniji zatvoreni tip sustava osigurava najbolju opskrbu tvarima i regulaciju homeostaze, a sam sustav se najbolje razvija kod kralježnjaka.

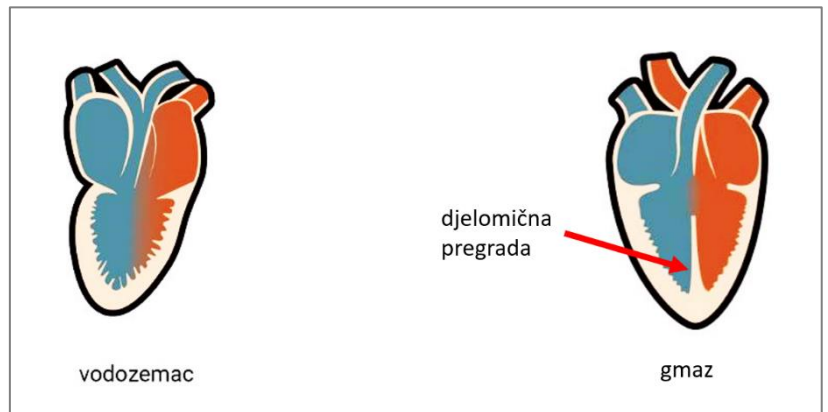
Zatvoreni optjecajni sustav

- **krv** → arterije, vene i kapilare
- srce - pumpa
- kolutičavci – hemoglobin
- **kralježnjaci – najbolje razvijen OS**

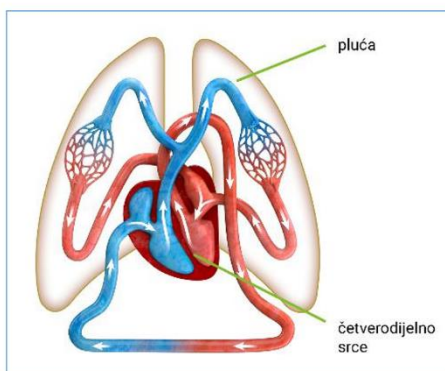
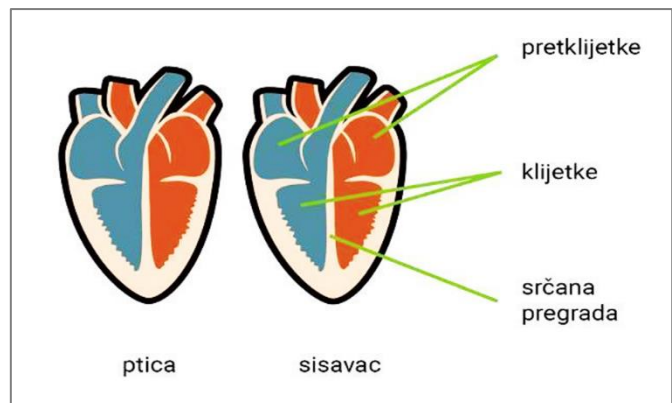


-u svakom kolutiću par srca povezanih žilama koje opskrbljuju kolutić tvarima -svaki kolutić ima dovoljno tvari za proizvodnju energije za pokretanje i rad kolutića.

Kod vodozemaca i gmazova srce je građeno od 2 pretklijetke i 1 klijetke. U klijetki se nalazi miješana krv, odnosno arterijska i venska krv se miješaju. Kod gmazova unutar klijetke se razvija pregrada, no klijetka nije pregrađena, osim kod krokodila kojima je ta evolucijska prednost korisna kod promjena metabolizma koji se odvija **kad krokodil miruje, kad je aktivan i kad roni i zadržava dah.**



Pregrada koja se počela razvijati kod gmazova, kod ptica i sisavaca je potpuno pregradila klijetku te je zbog toga srca ovih životinja **četverodijelno.** Sve **veća aktivnost i složenost životinja zahtijeva više energije** pa je odvajanje arterijske i venske krvi dovelo do veće energetske učinkovitosti. Također, uz razvoj centara u mozgu, odvajanje arterijske venske krvi osigurava stalnu tjelesnu temperaturu ovih životinja.



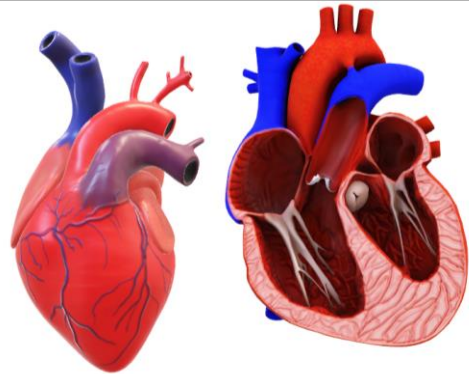
- optok krvi kod ptica i sisavaca
- oksigenirana i deoksigenirana krv se **ne miješaju**

Kod ptica i sisavaca oksigenirana i deoksigenirana krv se više ne miješaju. Krv ptica i sisavaca još bolje održava homeostazu tijela – prvi puta sudjeluje u održavanju stalne tjelesne temperature, te bolje održava stalan pH i izbacivanje štetnih tvari iz organizma.

SRCE ČOVJEKA je građeno od snažnog srčanog mišićnog tkiva naziva miokard. Nalazi se u sredini prsnog koša unutar opne – perikarda ispunjene tekućinom. Na taj način srce je zaštićeno od trenja s plućima i udaraca. Koronarne žile su žile koje donose kisik i hranjive tvari potrebne za rad srčanog mišića. Pregrada dijeli srce na dva dijela – desni dio kroz koji prolazi venska krv i lijeva strana srca kroz koju prolazi arterijska krv. Zalisci su čvrste opne između pretklijetke i klijetke te na ulazu srčanih arterija koje propuštaju krv u samo jednom smjeru. Srce radi samostalno putem specijaliziranih stanica sakupljenih u tkv.čvorove – sinus atrijski jer se nalazi u aatriju tj pretklijetki, te atrio ventrikularni jer se nalazi na

granici između atrija (pretklijetke) i ventrikule (klijetke). U sinus atrijskom čvoru se nalaze stanice koje su izrazito propusne za ione natrija – kad natrij nahrupi u stanice, mijenja se naboj što uzrokuje stezanje miokarda jer se impuls prenosi iz SA čvora preko atrio ventrikularnog čvora. Kako natrij izlazi iz stanica, stanicama se vraća redovan naboj i srce se opušta. Na taj način krv se potisukuje u optok.

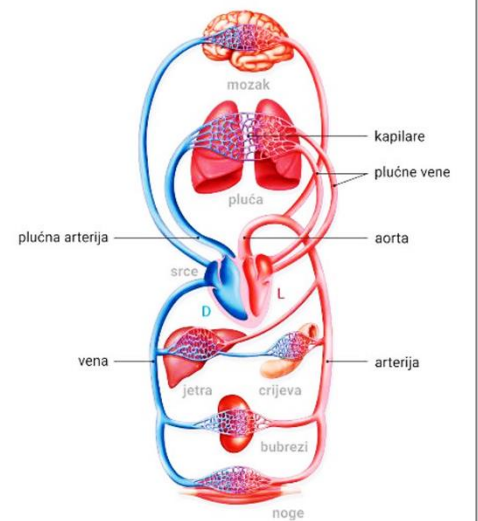
- miokard
- unutar perikarda
- koronarne žile
- zalisci
- samostalni rad srca
(sinus-atrijski i atrio-ventrikularni čvor)



Razlikujemo mali i veliki optok. **Mali optok** je na relaciji pluća srce. Krv iz desne klijetke plućnom arterijom prenosi vensku krv prema plućima – sustavom kapilara i plućnih mjehurića dolazi do izmjene plinova procesom difuzije. Kapilare se skupljaju u veće žile te naposljetku arterijska krv plućnim venama putuje do lijeve pretklijetke srca.

Veliki optok koji slijedi je na relaciji srce – svi organi. Arterijska krv nakon što dospije u lijevu klijetku ulazi snažnim potiskom u najveću žilu ljudskog tijela – aortu koja krv bogatu kisikom prenosi kroz sustav manjih arterija, arteriola i naposljetku kapilara do svih organskih sustava. Kapilare prikupljaju krv siromašnu kisikom u tijelu uljevajući se u venule

- mali optok: srce – pluća (plućna arterija – pluća – plućne vene)
- veliki optok: srce – svi organi (aorta – svi organi – gornja i donja šuplja vena)



pa u sve veće vene te se naposljetku uljevaju u gornju ili donju šuplju venu koje dolaze u desnu pretklijetku. Krv tada kroz desnu klijetku opet ulazi u mali optok.

KRALJEŽNJAK	BROJ PRETKLIJETKI	BROJ KLIJETKI
RIBE	1	1
VODOZEMCI	2	1
GMAZOVI	2	1 (2)
PTICE	2	2
SISAVCI	2	2