

# 15. CÉVNÍ SOUSTAVA

## FYLOGENEZE CÉVNÍ SOUSTAVY

### FUNKCE

Hlavní funkcí oběhových soustav je **transport živin** a **transport dýchacích plynů**. Úzce na její funkci navazuje soustava vylučovací, dýchací i trávicí. Dále potom transportuje **hormony**, a jiné produkty žláz s vnitřní sekrecí. Všechny transportované látky se váží buď na jiné rozpuštěné sloučeniny (krevní plazma) nebo transportované buňky (erythrocyty)

### TYPY OBĚHOVÝCH SOUSTAV

#### jednobuněční živočichové

- u **protist** prakticky oběhová soustava chybí, všechny její funkce zastává cytoplazma

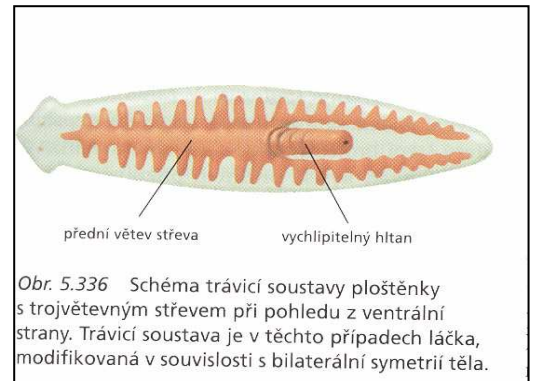
#### mnohobuněční živočichové

- u **živočišných hub** není vyvinuta, živiny a kyslík získávají přímo z vody, která prostupuje celé jejich tělo

#### a) gastrovaskulární soustava

##### žahavci, ploštěnci

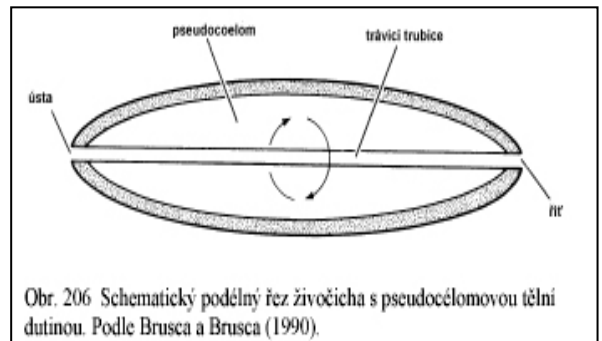
- tekutina zajišťuje jak trávení, tak rozvod živin po těle (dokonalejší láčka)



#### b) volná cirkulace v pseudocoelomu

##### hlístice

- živiny volně cirkulují mezi trávicí trubicí a povrchem těla, zásobují orgány
- pohyb tělní tekutiny zajišťují prosté lokomoční pohyby těla
- hlístice žijí většinou parazitickým způsobem života, proto **NEPOTŘEBUJÍ** dokonalejší trávicí soustavu



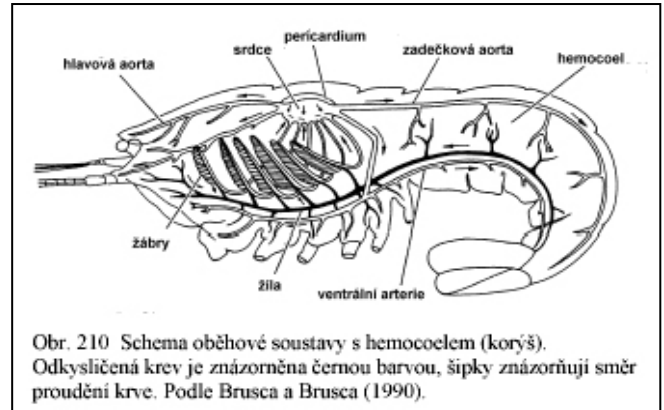
- se složitější strukturou těla je potřeba, aby živiny byly organizovaněji rozváděny po těle živočicha.
- vyvíjí se krev (nebo hemolymfa) která proudí tělem živočicha na základě určitých pravidel, vyvíjí se orgány, které pomáhají lepší cirkulaci krve (srdce, cévy..)

#### c) otevřená oběhová soustava

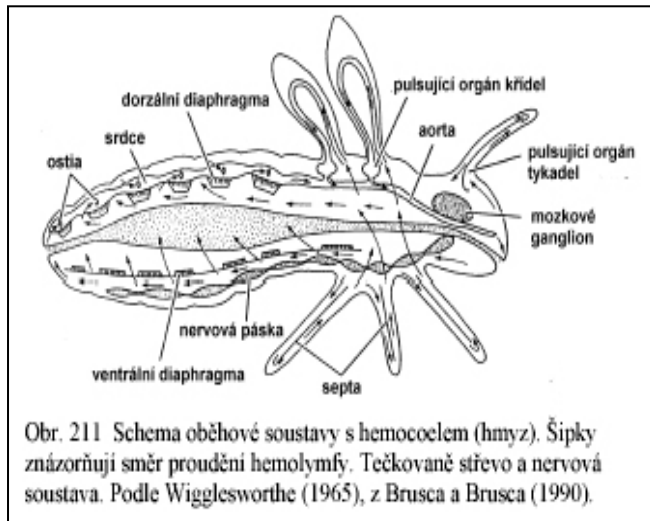
##### členovci, plži, mlži

- vznikla druhotně z uzavřené oběhové soustavy kroužkovců
- druhotným otevřením vznikl **hemocel** – část těla, kde se **hemolymfa** (tekutina má vlastnosti jak krve, tak coelomové tekutiny) vylévá volně do tkání.
- jelikož došlo a) k vyvinutí **krunýře** (aktivní pohyb tudíž přestal působit jako hnací síla) b) **velké pohybové aktivitě** (potřeba vyššího množství O<sub>2</sub>), vyvinulo se u členovců **srdce**, speciální orgán napomáhající rozvodu krve do těla

- u **korýšů** okysličená krev ze srdce, proudí zadečkovou nebo hlavovou aortou do těla, kde se potom rozlévá do hemocelu. Z hemocelu je posléze odčerpávána odkysličená krev ventrální cévou do **perikardiálního sinu** (zauzlení), ve kterém je uloženo srdce, do kterého vniká krev drobnými otvory - **ostii**



Obr. 210 Schema oběhové soustavy s hemocoelem (korýš). Odkysličená krev je znázorněna černou barvou, šipky znázorňují směr proudění krve. Podle Brusca a Brusca (1990).

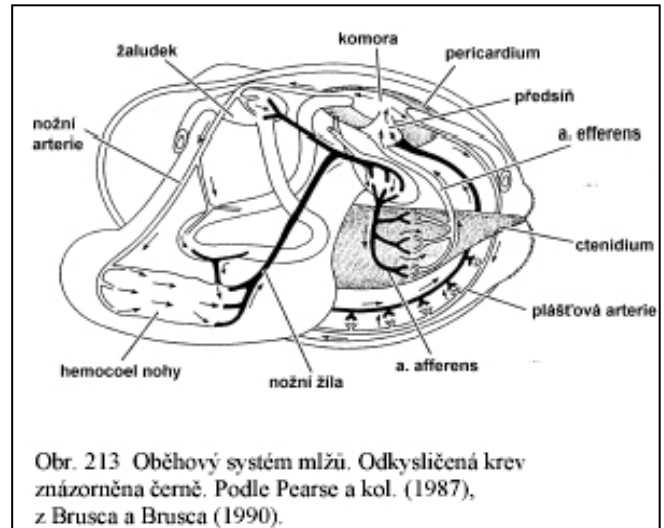
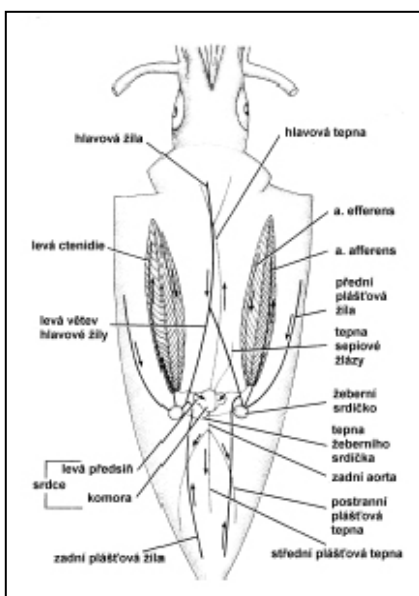


Obr. 211 Schema oběhové soustavy s hemocoelem (hmyz). Šipky znázorňují směr proudění hemolymfy. Tečkovaně střevo a nervová soustava. Podle Wigglesworthe (1965), z Brusca a Brusca (1990).

- u **hmyzu** je oběhová soustava velmi podobná jako u korýšů. Srdce hmyzu má devět segmentů, je z větší části kryto perikardiálním sinem, a k srdeční činnosti značně dopomáhají křídlaté svaly.
- v ohybech končetin a na bázi křídel se vyvinuly zvláštní **pulsující orgány** napomáhající lepší proudění hemolymfy v křídlech (končetinách). Hemocel hmyzu je rozdělen přepážkami **diaphragmami** na tři oddíly, jejichž zásobení zajišťuje vždy určitý sinus.
- zajímavé je, že menší druhy hmyzu mají oběhovou soustavu poměrně potlačenou, a jejich hemocel je poměrně veliký, kdežto u velkých druhů hmyzu je oběhová soustava vyvinuta dobře a hemocel se omezuje pouze na okolí důležitých orgánů

**plži a mlži** mají oběhový systém velmi podobný členovcům.

- mají **dokonalejší srdce** (dvě předsíně a komora), které je uloženo v **perikardiální komoře**
- do srdce je přiváděna z plicního vaku okysličená krev, která dále putuje z komory **hlavovou cévou**, otevírající se do hemocelu. Z něj je odváděna odkysličená krev **ktenidiálními cévami**.



Obr. 213 Oběhový systém mlžů. Odkysličená krev znázorněna černě. Podle Pearse a kol. (1987), z Brusca a Brusca (1990).

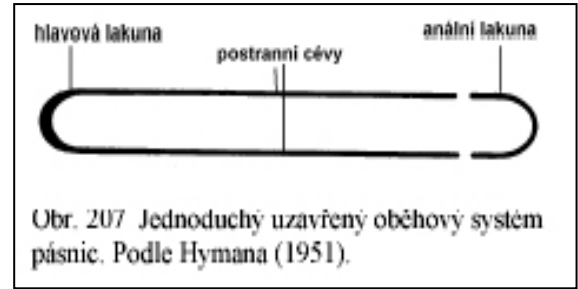
#### d) druhotně uzavřená oběhová soustava

- vznikla u **hlavonožců** druhotným zánikem hemocelu
- typické jsou dva typy cév – **žíly** a **tepny**, které vedou jen jeden typ krve (odkysličenou, okysličenou). Speciálním orgánem jsou **branchiální (žaberní) srdíčka**, vyrovnávající nízký tlak krve před vstupem do žaber.

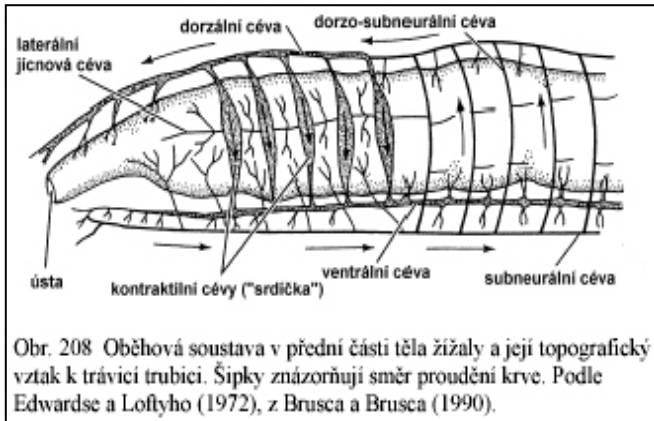
## e) uzavřená oběhová soustava

### pásnice

- nejprimitivnější typ uzavřené oběhové soustavy
- je složena z **lakun** (rozsáhlejších tenkostěnných prostor umístěných v hlavové a koncové části těla) spojených postranními cévami
- krev je poháněna peristaltickými pohyby cév
- tento nejjednodušší typ uzavřené oběhové soustavy se vyvinul u skupiny, kde je na nejjednodušším stupni vyvinuta průchozí trávicí soustava, což naznačuje úzkou korelaci mezi dosaženým stupněm vývoje trávicí soustavy a oběhové soustavy.



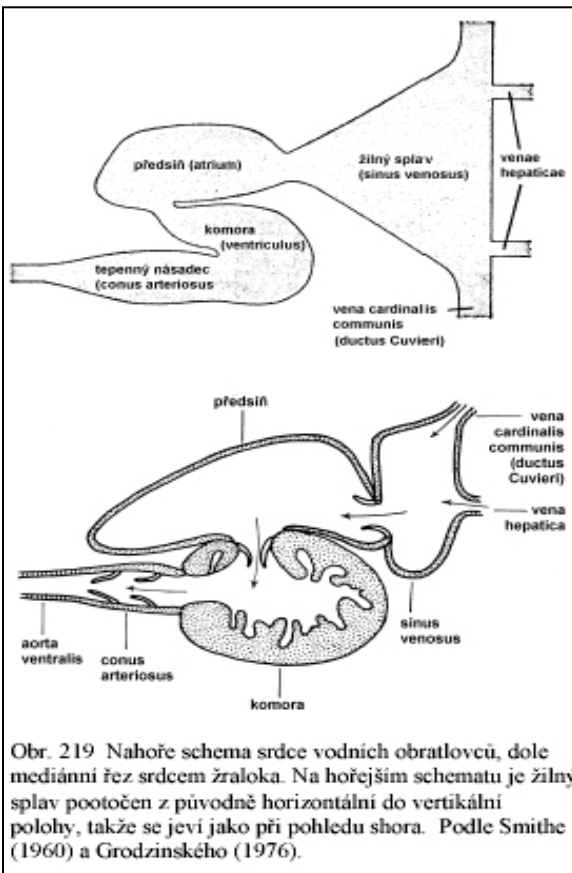
Obr. 207 Jednoduchý uzavřený oběhový systém pásnic. Podle Hymana (1951).



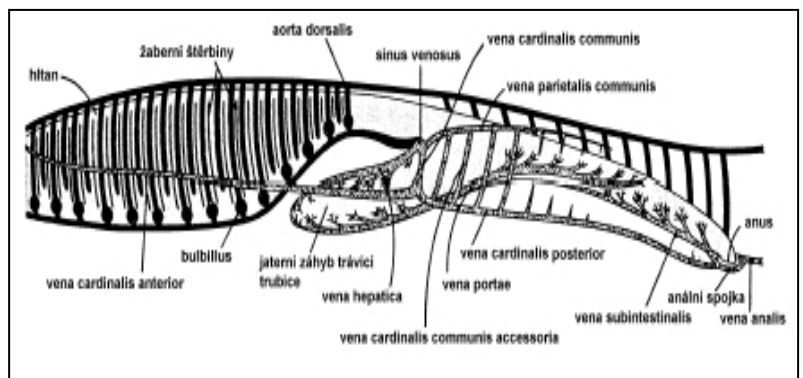
Obr. 208 Oběhová soustava v přední části těla žížaly a její topografický vztah k trávicí trubici. Šípky znázorňují směr proudění krve. Podle Edwardse a Lofyho (1972), z Brusca a Brusca (1990).

### kroužkovci

- markantní je vliv homonomní segmentace těla
- Základem oběhové soustavy kroužkovců je dorzální céva, která vede okysličenou krev ze zadních částí těla k hlavě, a ventrální céva, vedoucí odkysličenou krev zpět do zadních oddílů těla. Obě tyto hlavní cévy jsou propojeny vertikální cévní pletení, která svalovými kontrakcemi zajišťuje pohyb krve.
- zvláštní oddíly oběhové soustavy se vyvinuly okolo trávicí trubice a nervových ganglií



Obr. 219 Nahře schema srdce vodních obratlovců, dole mediální řez srdcem žraloka. Na hořejším schematu je žilný splav pootočen z původně horizontální do vertikální polohy, takže se jeví jako při pohledu shora. Podle Smitha (1960) a Grodzinského (1976).



### kopinatci

- odkysličenou krev sbírá **ventrální aorta**, odvádějící ji pod hltan, kde se pomocí **bulbillů** (malých pulzujících „srdcí“ které ženu odkysličenou krev do žaber) rozlévá do hltanového hemocelu (žaber) kde dochází k okysličení
- okysličená krev je rozváděna do těla **dorzální aortou**
- v **žilném splavu** je počátek ventrální aorty, dochází zde ke spojení všech hlavních žil těla

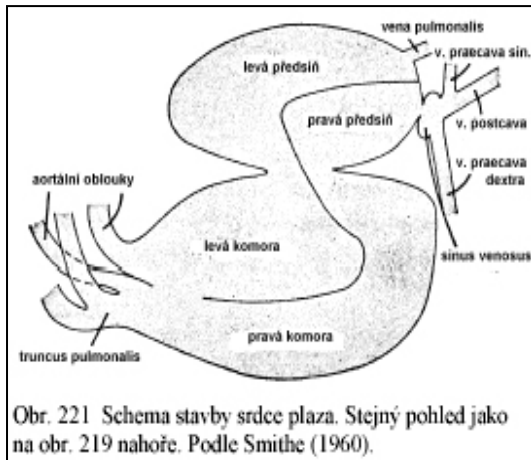
### kruhoústí, paryby, ryby, lalokoploutví

- u vodních obratlovců je **srdce** pouze zalomenou trubicí, která sestává z **žilného splavu**, kam ústí všechny cévy těla, které odvádějí odkysličenou krev. Z žilného splavu se krev

dostává do **předsíně**, která je stejně jako žilný splav tenkostěnná, aby kladla co nejmenší odpor a nezvyšovala tlak krve před vstupem do komory. **Komora** je vystužena silnou svalovinou, která pumpuje krev pod tlakem do žaber

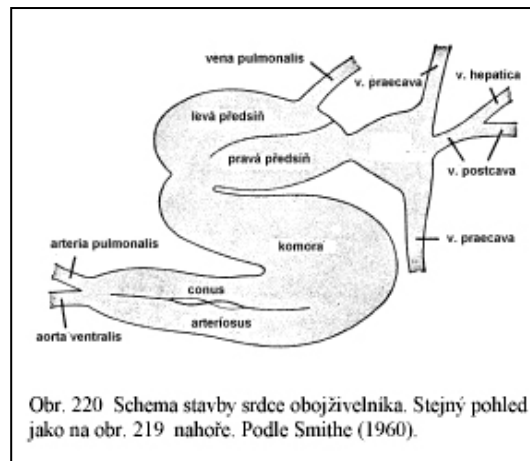
### obojživelníci, dvojdyšné ryby

• ruku v ruce se vznikem plic vyvstala potřeba efektivněji okysličovat krev. Vzniká tudíž tzv. **malý (plicní) oběh**. V těle a srdci obojživelníků proudí polookysličená krev, jelikož v srdci není vyvinuta srdeční přepážka mezi pravou a levou polovinou.



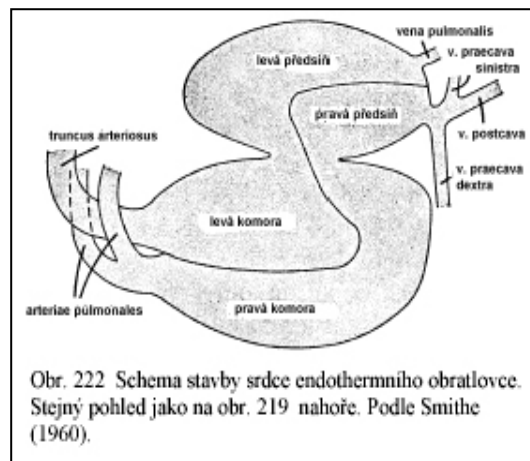
### plazi

• srdce plazů je dokonalejší než srdce obojživelníků. Je to způsobeno hlavně přechodem na souš a zdokonalením systému okysličení (plazi na rozdíl od obojživelníků nemají možnost kožního dýchání)



### ptáci, savci

• srdeční přepážka je u obou skupin již dokonale vyvinutá, dochází tudíž k dokonalému okysličení krve



Cévní soustava se skládá z cév, v nichž proudí **krev** (cévy krevní) nebo **míza** (cévy mízní) a ze **srdce**, které jak pumpa zajišťuje jak proud krevní (soustava krevní), tak proud mízní (soustava mízní)  
Cévní soustava zajišťuje pohyb krve po těle, přenos látek, termoregulaci

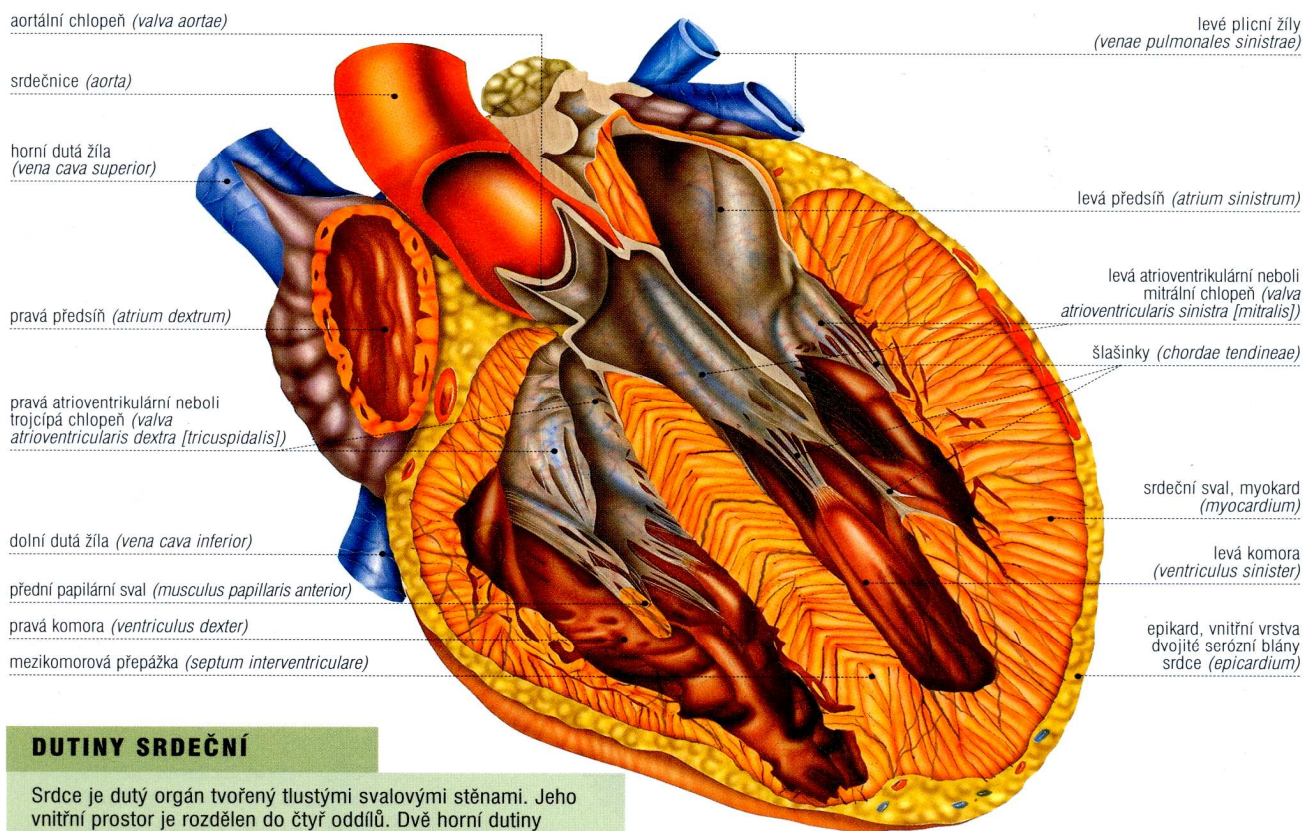
HARVEY- popsal pohyb srdce a krve, poprvé popsal činnost cévní soustavy, ještě ale nepopsal kapiláry  
MALPHIGY- poprvé popsal vlasečnice pomocí optického mikroskopu, dokončil tím představu cévní soustavy



# CÉVNÍ SOUSTAVA ČLOVĚKA

## SRDCE (cór)

### PODÉLNÝ ŘEZ SRDCEM



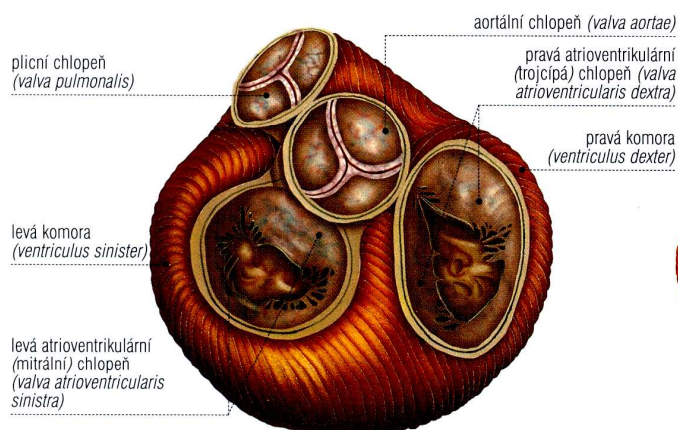
### DUTINY SRDEČNÍ

Srdce je dutý orgán tvořený tlustými svalovými stěnami. Jeho vnitřní prostor je rozdělen do čtyř oddílů. Dvě horní dutiny jsou předstíňe, dvě spodní komory.

- uloženo v hrudní dutině, kvůli uložení má levá plíce 2 laloky
- uloženo v osrdečníku- vazivová blána
- rozděleno přepážkou na levou a pravou polovinu
- mezi síněmi a komorami- CHLOPNĚ, mezi levou síní a komorou- DVOJCÍPÁ CHLOPNĚ, mezi pravými- TROJCÍPÁ CHLOPNĚ
- POLOMĚSÍČITÉ chlopně- ústí do velkých cév, vazivové, otevírají a zavírají se, zabraňují zpětnému toku krve
- ŠLAŠINKY- vazby, které jsou napnuté na drobné svaly, otevírají a zavírají chlopně
- Pravá síň- ústí horní a dolní dutá žíla- přivádí odkysličenou krev
- Pravá komora- vystupuje plicnice (plicní tepna), která vede krev do plic
- Levá síň- ústí plicní žíla
- Levá komora- vystupuje AORTA= srdečnice, která rozvádí krev do celého těla
- Žíly- odkysličené, vstupují do srdce; tepny- okysličené, vystupují ze srdce
- Srdce nemá všude stejně silnou svalovinu- nejsilnější u aorty, v levé komoře
- Povrch srdce: KORONÁRNÍ (věnčité) tepny- funkce vyživovat srdce kyslíkem
- Hmotnost srdce: 280-320 g, délka asi 14cm
- Mezi síněmi je otvor- krev, která přijde do levé části srdce není vypuzována do plic, krev z pravé do levé poloviny- z levé komory ven do těla
- V plicích krev neproudí
- Mezi plicnicí a aortou spojka= tepenná dučej (krev z pravé komory by chtěla plicnicí do plic, tak jde touto skratkou do aorty)

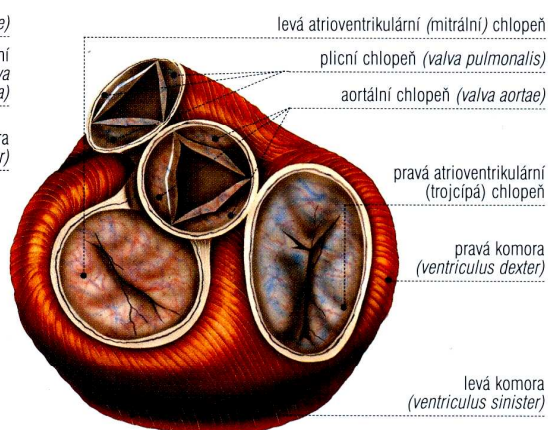
## SRDEČNÍ CHLOPNĚ

### DIASTOLA KOMOR



Krev srdcem proudí **jedním směrem**. Z předsíní přechází do stejnostranných komor a z komor je vypuzována do příslušných tepen. Plicní tepna je spojena s pravou komorou, aorta s levou. **Jednosměrný** proud je umožněn čtyřmi **chlopněmi**, jejichž pohyb je synchronizován s jednotlivými fázemi srdečního cyklu. Chlopně propouštějí krev

### SYSTOLA KOMOR



z jednoho oddílu do druhého a brání jejímu toku zpět. Srdce je vybaveno dvěma **atrioventrikulárními chlopněmi**, jednou vpravo (trojčípou) a jednou vlevo (dvojcípou, mitrální). **Poloměsíčitě chlopně** jsou uloženy mezi pravou komorou a plicní tepnou (plicní chlopeň) a mezi levou komorou a aortou (aortální chlopeň).

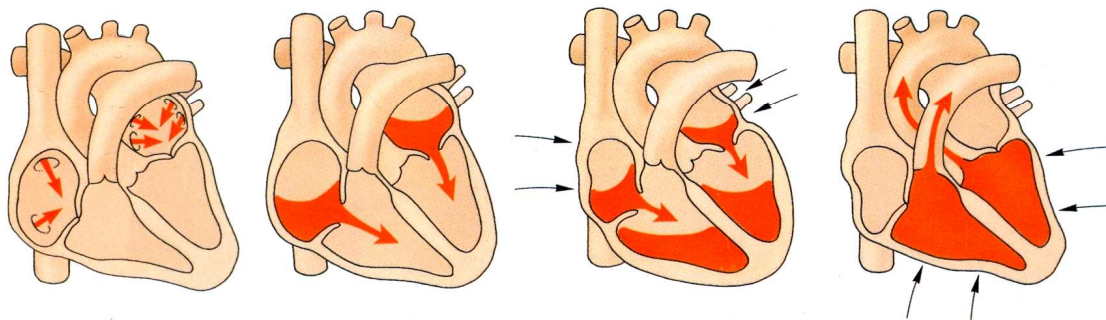
## Činnost srdce, srdeční cyklus

### SRDEČNÍ CYKLUS

#### DIASTOLA

#### SYSTOLA PŘEDSÍNÍ

#### SYSTOLA KOMOR



Při každém úderu srdce dochází k synchronní relaxaci (**diastole**) a kontrakci (**systole**) všech srdečních oddílů. Krev během cyklu, který se donekonečna samovolně opakuje, proudí z obou síní do komor a odtud do příslušných tepen.

Na krátkou dobu se změní propustnost buněk sinusového uzlíku pro sodné a draselné kationy- putují na opačná místa- nerovnováha- ta se převádí z buňky na buňku, až do Turkyňových vláken- signál na uzlík- stáhnou se síňe= SYSTOLA- krev se z pravé síně dostává stahem svaloviny do pravé komory, následuje systola pravé komory (0,3 s), následuje DYASTOLA, ochabnutí komory, relaxace srdce (0,5 s), uzavře se při ní poloměsíčitá chlopeň a zamezí zpětnému toku krve.

Síňe by se stahovat nemuseli, musí se stahovat hl. komory, ale srdce je tak výkonnější.

Činnost obou síní a obou komor je synchronizována. Ve stejnou dobu, kdy při diastole pravé síně do ní vtéká krev ze žil plicních, a ve stejnou chvíli, kdy z pravé komory je vypuzena krev do plicního kmene, z levé komory jde krev do srdečnice (aorty).

- **frekvence:** 70 tepů za minutu, při námaze 100-200, objem krve se může zvýšit na 100 ml, normální systolický objem srdeční je 60-80ml. Za minutu se tedy vypudí kolem 5 l krve
- srdce vždy pracuje za přístupu kyslíku a živin (glukóza)- aerobní, zásobují ho koronární tepny
- srdeční stah probíhá na základě akčního potenciálu
- buňky jsou schopny dráždivosti - 2 typy buněk: 1) **pracovní** - nejsou schopny se samovolně podráždit, 2) **převodní vlákna** - samovolně tvoří vzruchy, AP, ale velmi málo schopné práce, nestahují se
- Na základě impulzů z převodních vláken a jiných podmětů dochází k depolarizaci- Na do buňky- v buňce se zvýší koncentrace kladných iontů
- Poté repolarizace - otevřou se kanály pro draslík, buňka se schopna se podráždit, ale jen nadprahovým podměttem



## vývoj srdce

- při organogenezi, za pochodu z pracujících cév
- 2 cévy k sobě přilnou, mezi nimi vzniknou spojky- vz. rozšíření- různými záhyby, kroucením vz. postupně srdce
- Srdce se vytváří už 20. den těhotenství, už je funkční

## selhání srdce

- po infarktu
- MYOCYTY= srdeční buňky - když odumřou, začnou je likvidovat bílé buňky i hmotu okolo, jejich místo zaujímají fibroblasty
- Infarkt nezůstává jen v místě poruchy, ale zužuje se i stěna komory, infarkt se rozšiřuje, srdce se stává nefunkčním
- Bypass- vytváří se spojka ke zdravé svalovině, odumřelé místo se nenahradí, stává se nefunkčním
- 40% lidí o infarktu nepřežije déle jak 5 let

## MALÝ KREVŇÍ OBĚH (srdce – plíce – srdce )

## VELKÝ KREVŇÍ OBĚH (srdce – tkáň – srdce)

- začíná aortou- otáčí se a směřuje do spodní části těla, na oblouku aorty se začíná dělit na cévy do hlavy- KRKAVICE (levá a pravá), do horních končetin- PODKLÍČKOVÉ tepny, pak se aorta otáčí a mění se na HRUDNÍ aortu a poté na BŘIŠNÍ tepnu
- vytváří oběhy směrem k játrům- vrátnicový oběh, k ledvinám- ledvinový oběh, větví se až k trávicí soustavě a všem orgánům
- břišní tepna- na úrovni pánve se dělí na dvě tepny kyčelní, které se dělí na vnitřní a vnější tepnu, vnitřní zásobuje orgány pánevního dna
- krev postupně do dolních končetin, větví se až na drobné vlásečnice, ty se poté spojují ve **velké žíly** - kopírují cestu velkých tepen, jsou více u povrchu, jdou zpět do srdce
- hl. v končetinách v žil. Systému - CHLOPNĚ, které zabraňují zpětnému toku krve a napomáhají, aby se dostaly do srdce
- zpětnému toku krve napomáhají ještě svaly kosterního svalstva a záporný tlak nitrohruďní
- chlopně okolo žil- mohou se tvořit MĚSTKY =VARIXY- drobné sraženiny okolo žilných chlopní, projevují se křečovými žilami
- stěny žil netepou (tepou jen v otevřené soustavě)
- VLÁSEČNICE - dochází k filtraci krve, mají tepennou a žilnou část. tepenná část-krev přichází pod poměrně velkým tlakem- dochází k filtraci látek na základě difúze jsou přefiltrovány do tkáňového moku až do lymfatických cév; žilná část- malý tlak krve, na základě osmózy a difúze se filtrují látky z tkání do krve

## Stavba cév

Hladká svalovina, vazivo, epitel

- Tepny a žíly podobné: povrch- vazivo- četná kolagenní vlákna, pojivo; hladká svalovina; intima- hodně elastických vláken

Uvnitř: výstelka= ENDOTEL = 1 vrstva buněk, Lumen= vnitřek cévy

- vlásečnice- endotel

## Řízení činnosti srdce

Srdce je stejně jako jiné orgány inervováno( zásobováno nervovými vlákny) a to sympatikem a parasympatikem.

**Sympatikus** zvyšuje výkonnost srdce, obvykle zvyšuje počet systol (tachykardie)

**Parasympatikus** působí opačně, vede ke snížení počtu systol (bradykardie)

Inervace srdce slouží k regulaci srdeční frekvence podle potřeb organismu, podmínky ke kontrakci myokardu vznikají však ve vlastní svalovině

### Převodní soustava srdeční

Začíná sinusovým uzlíkem, odtud se šíří svalovinou síní k druhému uzlíku síňokomorovému. Pokračováním tohoto uzlíku je svalový můstek, který se dělí na dvě raménka. Poslední část převodní soustavy srdeční- Purkyňova vlákna

## Proudění krve v cévách

Srdce pracuje jako tlakové čerpadlo, získává energii z buněk, z ATP, ta se převádí na energii mechanickou, která způsobuje svalový stah.

- největší obsah energie má krev, když opouští srdce, zároveň i největší tlak= tlaková síla proudící krve, která působí na stěny cév
- tlakový spád- rozdíl tlaku v tepenné a žilné krvi
- tlak krve je všude jiný, v žilách je tlak nulový, v aortě je největší
- tlak se měří v torrech (milimetr rtuťového sloupce) nebo v kPa
- tlak je jiný v systole a diastole, měří se na pažní tepně, systolický tlak: 100-160 torr, diastolický tlak: 60-90, uvádějí se přes lomítko, normální tlak: 120/80, vyšší hodnoty- hypertenze, nižší- hypotenze

## HYPERTENZE (vysoký krevní tlak)

- hrozí onemocnění cévní soustavy, cévy se zanáší látkami z krve, hrozí infarkt, mozková mrtvice, trvalé zvýšení je škodlivé, na snížení se podávají léky

## HYPOTENZE (nízký krevní tlak)

- neprokrvování tkání, mozku, omdlévá se, na zvýšení: sport, panák, kafe
- krevní tlak je regulován z kardiovaskulárního centra v prodloužené míše
- v cévách čidla= BARORECEPTORY (smyslové nervové buňky), které měří aktuální hodnoty krevního tlaku, jsou v aortě, krkavicích, informace z nich jsou vysílány do prodloužené míchy- ta to analyzuje- pošle signál k srdci a cévám- srdce změní tepovou frekvenci.
- Když je tlak vysoký= VAZODILACE- rozšíření cév
- Nízký krev. tlak- srdce zvýší tepovou frekvenci= VAZOKONSTRIKCE- zúžení cév, smrštění

**NEGATIVNÍ ZPĚTNÁ VAZBA** - reguluje krevní tlak- když je tlak nízký, tak působí proti nízkému

**POZITIVNÍ ZPĚTNÁ VAZBA** - jen při porodu, hormon oxytocin - mozek ho produkuje více, aby byl silnější stah

Výsledek negativní zpětné vazby - **HOMEOSTÁZA** = stálost vnitřního prostředí, umožňuje, aby organismus dobře pracoval, regulováno: tlak, teplota, Na<sup>+</sup>, I, Mg, Ca, K, O, CO<sub>2</sub>

## EKG

- měří elektrickou aktivitu srdce, hl. impulzy vznikají na základě propustnosti membrán, snímají se pomocí diod
- PQRST křivka: P- el. Aktivita srdce při systole síní, QRS- systola komor, T- diastola
- Výška by měla být stále stejně vysoká, liší se u nemocných lidí

## ATEROSKLERÓZA

- onemocnění tepen v různých částech těla, tam, kde je vysoký krevní tlak
- s jejím vznikem souvisí hladina cholesterolu v krvi
- LDL cholesterol- špatný cholesterol, ta molekula, která koluje v krvi a ucpává cévy- chorobné změny na stěnách cév, nízká hustota: L-low
- HDL- dobrý cholesterol, putuje krví směrem k játrům- játra ho rozloží a zlikvidují, vysoká hustota: H-high
- Vz. chorobné změny na stěnách cév- začínají se tvořit pláty-ATEROMY- změni se průsvit cévy- vytvoří se ve stěně tukovitá hmota
- Sterém vzniká díky zanášení cév- nadbytek LDL navodí vznik aterosklerózy- hromadí se na stěnách cév- prosakuje stěnami dovnitř cév- pod výstelku cévní stěny- jsou tam četné změny a různé chemické reakce, hl. biologické oxidace, vz. spousta odpadních látek
- Tam, kde dochází ke změnám- buňky to místo označí- adhezní molekuly- rozpoznány bílými krvinkami- ty se dostanou pod výstelku cévy, kde dochází k zánětu- buňky bílých krvinek se mění v pěnové buňky- naplněny tukem
- Dochází k zúžení cév a zhoršení díky sraženině= trombus. Trombus postupně uzavírá cestu, oblast myokardu vyživována příslušnou větví věnčité tepny po jejím uzavěru odumírá, což se nazývá infarkt.