

# Fyziologie živočichů (a člověka)

Bi2BP\_FYZP

III. ročník 1/0/2 Zk

## II. část – metabolické funkce

Soustavy: **trávicí**

**dýchací**

**cévní**

**homeostatické mechanismy**

**osmoregulace**

**exkrece – vylučovací soustava**

**termoregulace**

**B. Rychnovský**

# Fyziologie trávení

**Potrava** – směs energeticky různorodých látek ve vstupní podobě nevyužitelných.

Nezbytnost rozkladu (až na molekuly) →

Zpracování **trávením** prostřednictvím

**trávicích enzymů** (chemické procesy).

Lepší průběh – rozmělněná (až tekutá) potrava

→ předchozí mechanické změny.

**Trávicí soustava.**

**Mechanické zpracování** potravy

- drcení, zvlhčování → kašovitá hmota

(většinou přední část trávicí trubice)

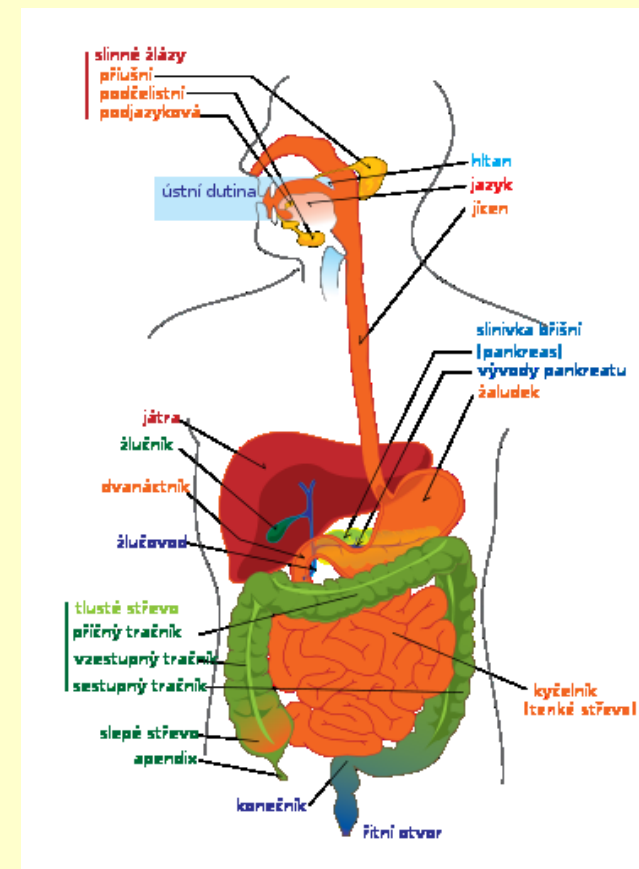
**Chemické zpracování** potravy –

chemický rozklad pro přechod z trávicí trubice

Intracelulární x extracelulární trávení (smíšené)

Mimotělní x vnitrotělní trávení

Holokrinní (morfokinetická) x apokrinní (morfostatická) sekrece



## Způsoby trávení

Prvoci - osmotický způsob (bičíkovci, parazitičtí prvoci, nižší "červi")

- fagocytóza (kořenonožci, ale i želvušky, mlži)
- cytostoma (obrvení) - i pro předchozí: vakuola, cyklóza - malý a velký oběh, kyselá x zásaditá reakce, cytopyge

Láčkovci - potravní váček

Měkkýši - modifikovaná trávicí trubice

Hmyz - ektodermální přední a zadní část s chitinem, entodermální s trávicími žlázami vystýlá peritrofická membrána - mechanicky zpracovává potravu a rezorbuje živiny

Obratlovci - a) přední část (mechanická funkce) - ústní dutina, hltan, jícn

b) žaludek + tenké střevo (chemické zpracování)

c) tlusté střevo + konečník

## Rozdíly v trávení mezi bezobratlými a obratlovci

Bezobratlí

- hodně intracelulární trávení
- nejsou odděleny okrsky secernující a rezorbující
- **u většiny trávicí enzymy pohromadě**
- **rozklad bílkovin probíhá za neutrální reakce** (u obratlovců za kyselá)
- vyšší stupeň specializace (přizpůsobené složení trávicích šťáv)

## Ústa

Zvláštnosti u bezobratlých (minerální kyseliny, antikoagulanty, jedovaté látky, sání šťáv, tyramín hlavonožců, hedvábí)

### Slinné žlázy

- a) příušní (*glandulae parotis*) - nejmohutnější, mucinózní sliny
- b) podčelistní (*g. submandibularis*) - serozní sliny
- c) podjazykové (*g. sublingualis*) - mucinozní sliny

Složení slin - 99,5 % vody, organické i minerální látky, různé pH

Význam slin

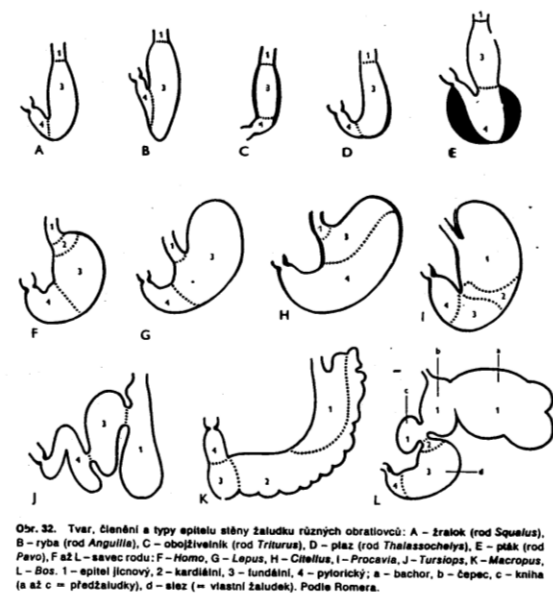
- a) zvlhčování dutiny
- b) potravu
- c) obalování hlenem, polykání
- d) rozpouštění pevných látek
- e) neutralizace kyselin, ředění zásad
- f) dezinfekce - lysozym
- g) termoregulace
- h) trávicí funkce - ptyalin = amyláza + maltáza

Inervace sympatikem (5.) a parasympatikem (7. a 9.)

### Jazyk

### Zuby

Polykání - transport sousta do zadní části hrdla, posun do jícnu a dál do **žaludku** (*ventriculus*) - prostorný vak (malé a velké zakřivení, jícnová část /česlo – *cardium*/, klenba /*fundus*/, tělo ž. a vrátník /*pylorus*/ se svěračem), stavba stěny jako u střeva (seróza, mezi podélnou a příčnou svalovinou Auerbachova myenterická pleteň, pod ní Meissnerova submukózní pleteň a submukóza se sliznicí – viz střevo).



Ve stěně množství žlázek produkuje žaludeční šťávy (2500 ml denně)

- a) hlavní (*adelomorfní*) b. – pepsinogen, katepsin, chymozin, keratináza
- b) krycí (*delomorfní*) b. - HCl (prekurzory),  
vedlejší b. – mucinózní hlen

Shromažďování potravy, různé vrstvení

Po napětí stěn (naplněním potravou) - peristaltické pohyby (promíchávání) od klenby. Přesun malých množství tráveniny (*chymu*) do tenkého střeva (dvanáctníku)

Dávení (*vomitus, emesis*) - odstraňování škodlivých látek ze žaludku

Přežvykování (*ruminance*) - potrava z bacheru přes čepce do úst - přeslinění - spolknutí přes knihu (prolistování, velké části zpět do bacheru) do **slezu** (vlastní trávicí žaludek)

## Enzymatické vybavení žaludku

**Pepsin** je aktivován HCl (nebo pepsinem - autokatalytická r.) štěpí bílkoviny na polypeptidy (molekul. hmotn. do 3000) – tzv. exopeptidáza

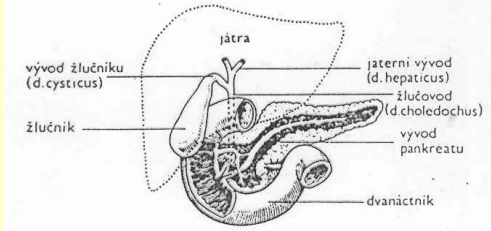
**Gastriscin** (katepsin, pepsin B) pH 3,8 - před pepsinem

**Chymozin** (chymáza) - u kojenců pro srážení mléka. Mladí savci mají víc chymázy a méně pepsinu, u dospělých je to opačně.

**Lipáza** - bez většího významu (kromě mláďat)

Produkce trávicích šťáv je řízena bloudivým nervem, stimulována **gastrinem**.

**Tenké střevo** - dokončení trávení, vstřebání  
**dvanáctník** (*duodenum*) - 25 cm - vývod trávicích žláz  
 vlastní střevo 3 - 5 m /**lačník** (*jejunum*) + **kyčelník** (*ileum*)



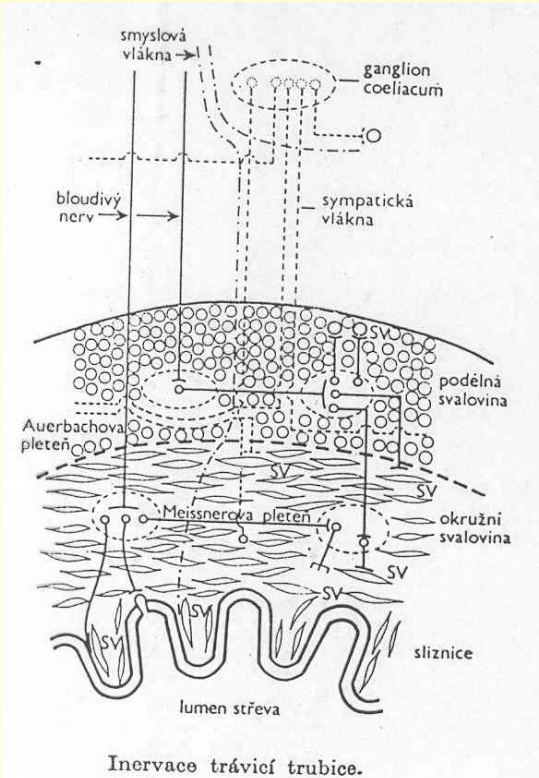
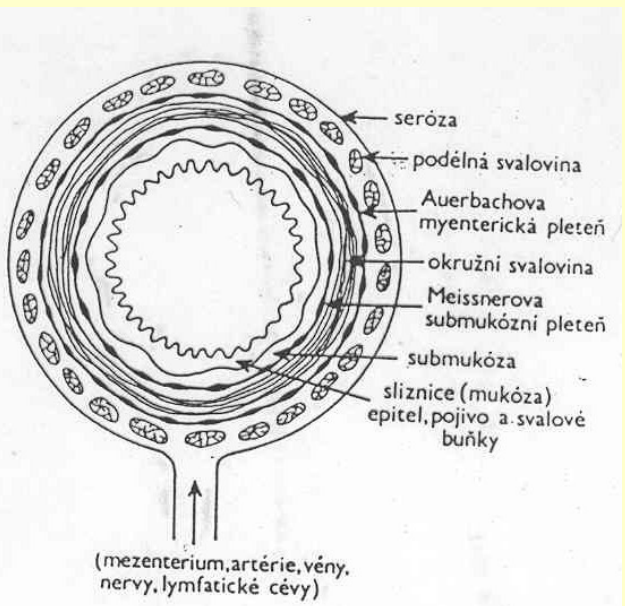
Společný vývod žlučníku a pankreatu do dvanáctníku.

Stavba stěny

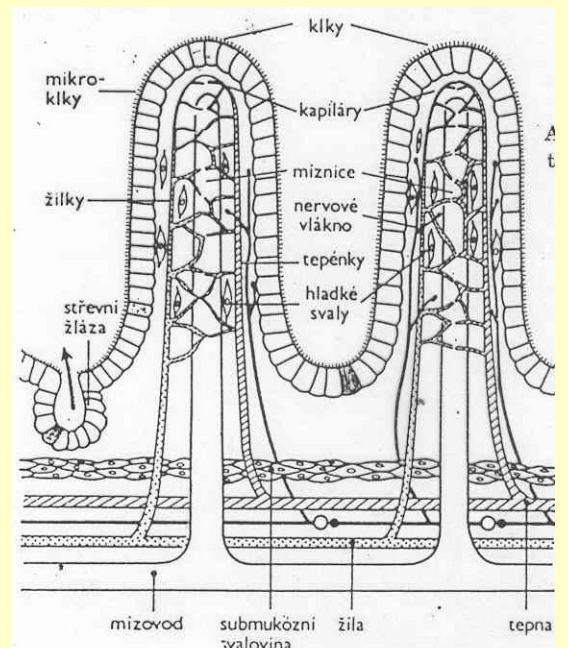
Sliznice střeva s příčnými záhyby, **klky** a mikroklky. Roztroušené hlenové buňky. Do klků tepénky a žilky → kapiláry, slepá miznice. Mezi základnami klků - *Lieberkühnovy* žlázy → střevní šťáva

Pohyby střev (**peristaltika**), inhibice pohybů

Anatomie tenkého střeva  
 obratlovců (na průřezu)



Anatomie tenkého střeva a klku





## Sekrece tenkého střeva a slinivky

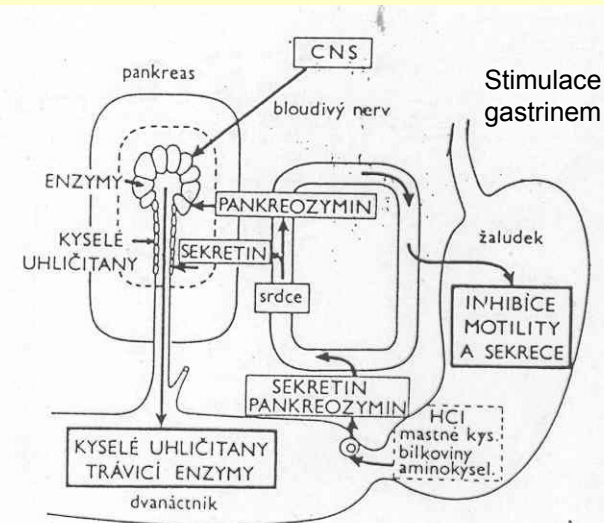
Slinivka břišní (*pankreas*) - 1000 ml, **bikarbonáty** neutralizují kyselou natráveninu. Z enzymů: **amylázy**, **lipáza** (steapsin), proteolytický erepsín (elastáza) s **trypsinem** a **chymotrypsinem**.

**Střevní šťáva:** - pepsidázy

- sacharáza, maltáza, laktáza
- lipáza
- nukleotidáza (nukleázy)
- enterokináza

**Luminární x kontaktní trávení.**

Produkce trypsinu je řízena **pankreozyminem**,  $\text{NaHCO}_3$  **sekretinem**.



Řízení produkce pankreatické trávicí šťávy.



## Játra - žluč jako emulgátor tuků

- přetváření živin (vrátnicová žíla ze střeva)
- řízení metabolismu sacharidů a tuků, ukládání glykogenu, tvorba ketonových látek
- tvorba bílkovin krevní plazmy
- močoviny (rozpad aminokyselin)
- rozklad steroidních a bílkovinných hormonů
- detoxikace škodlivých látek

Denně 500 ml žluče pH 7,4-8,0

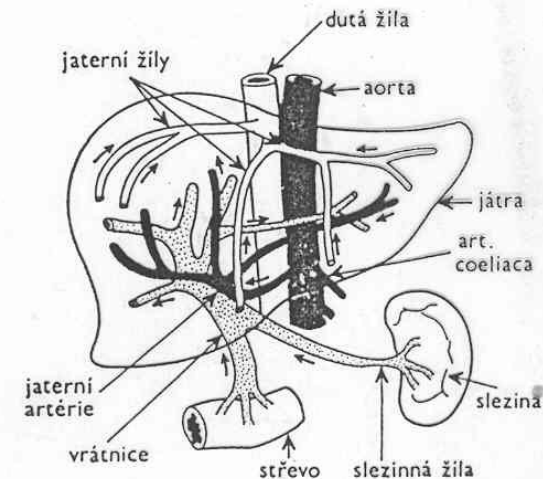
se žlučovými barvivy, solemi žlučových kyselin, lecitinem, cholesterolem

Sekrece žluče trvalá se stimulací hepatokininem (ze sliznice dvanáctníku). Při proniknutí tráveniny s tukovými látkami do dvanáctníku - produkce cholecystokininu, který krevním oběhem ve žlučníku vyvolá stah a vylití žluče

## Funkce žluči

- neutralizace tráveniny
- emulgace tuků (snižování povrchového napětí - žlučové kyseliny) umožnění vstřebávání tuků
- stupňování peristaltiky
- další sekrece žluče

Soli žlučových kyselin - zpětná rezorpce pinocytózou (komplex žlučany+mastné kyseliny), uvolnění žlučanů ve střevní sliznici, ty se opět vylučují žlučí - enterohepatální oběh žlučanů. Podobně bilirubin



Schematické znázornění cévního zásobení jater.

## Vstřebávání látek (rezorpce)

- převod látek z trávicí trubice do krevního oběhu a lymfy

Jednotlivé části: ústa – malá intenzita vstřebávání (vícevrstevný epitel)

žaludek - významnější, hodně léčiva a jedy (strychnin, HCN)

předžaludky - kyselina octová, propionová, máselná

tenké střevo - většina látek, zvětšení rezorpčního povrchu (spirální řasa až klky)

Vstřebávání **vody** - zákonitosti osmózy (až 10 l denně)

**solí** - poměrně rychle, pořadí:

$\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$

**monosacharidů a aminokyselin** –

do krevních vlásečnic v klcích

Nejsložitější vstřebávání **tuků** - nutnost emulgace žlučí

→ zvětšení plochy pro působení lipázy,

komplexy MK se žlučovými kyselinami - **micely**.

Resyntéza v miznici jako **chylomikron**.

Lymfatickým oběhem do krve v oblasti hrudního mizovodu

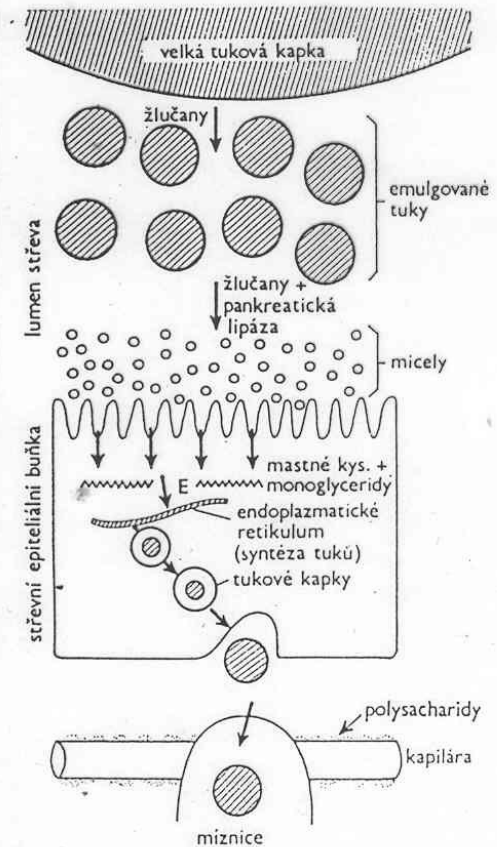
Vstřebávání vitamínů podle jejich rozpustnosti.

tlusté střevo - voda (500 ml za den), soli, i glukóza,

u přežvýkavců produkty trávení celulózy

(léky přes konečník). Fermentace. Secernace šťávy (pH 8)

pro neutralizaci produktů fermentace.



Obr. 67. Mechanismy, které se uplatňují při vstřebávání tuků.

**Výkaly** - za 12 h po přijetí potravy.

Denní produkce 300 g (57 % vody).

Nahromadění zbytků - defekace (řízena míchou), ale ovládána i vůlí.

Při tlaku 5,34 kPa (40 torr) - podráždění proprioreptorů vyvolá defekační reflex

### **Řízení příjmu potravy**

Nervová soustava - střední **hypotalamus**:

laterální oblast - centrum hladu

ventromediální oblast - centrum sytosti (nadřazené) přes glukózu v krvi

# Dýchání

Energie pro životní pochody - oxidace ( $O_2$ ) organických látek

Příjem  $O_2$  - dýchací mechanismy (+ výdej  $CO_2$ , udržování pH)

a) ze vzduchu (20,95  $O_2$ , 78,01  $N_2$ , 0,03  $CO_2$  + 0,9 Ar, Ne ...)

b) z vody – (závisí na t, salinitě, tlaku ...

- sladká, 15 °C - 0,7 %  $O_2$  + 1,36 %  $N_2$ )

Se zvětšováním tělesných rozměrů -> nedostatek  $O_2$

Fylogenetické tendence zvýšení výkonnosti výměny plynů:

1. zvětšení dýchacího povrchu

A) navenek - vodní živočichové - žábry

B) dovnitř - suchozemští živočichové

a) plíce

b) tracheje

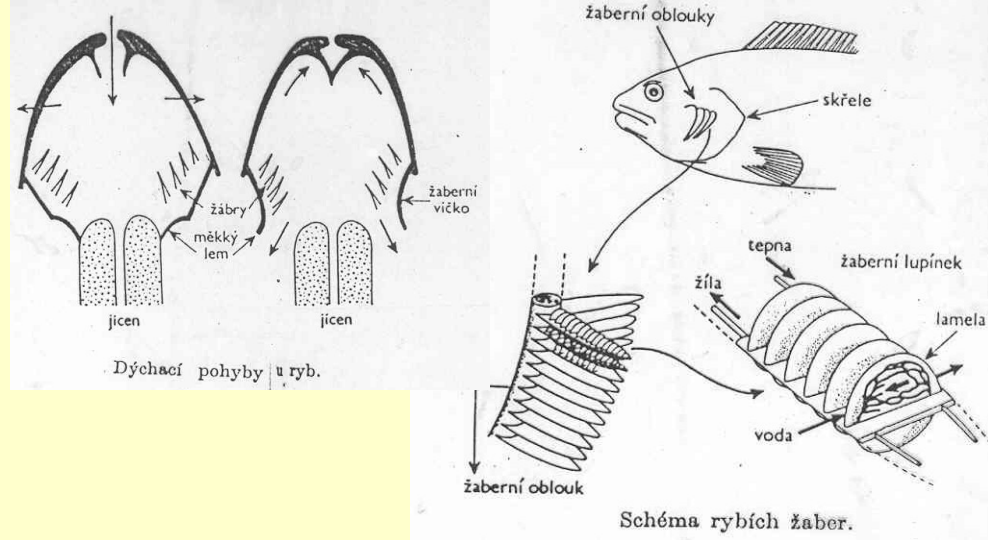
2. udržování vysokého difúzního spádu plynů na vnější dýchací ploše

3. přenos plynů tělní tekutinou s látkou s vysokou vázací schopností pro plyny

4. náhrada pomalé difúze plynů ve vodním prostředí tkání difúzí plynů ve vzduchu

Tři typy dýchacích orgánů:

**Žábry** - členovci, měkkýši, paryby, ryby  
Jiné způsoby dýchání ve vodě



## Vzdušnice (tracheje)

- rozvětvené trubice uvnitř s chitinovou blanou. U hmyzu zakončeny hvězdčovitou buňkou → **tracheoly** (5 ramen). Tekutina v tracheolách pulzuje podle botnací síly

Dýchací pohyby - pohyby tělní stěny (výměna až 2/3 objemu)

a) dorzoventrální zploštění abdomenu

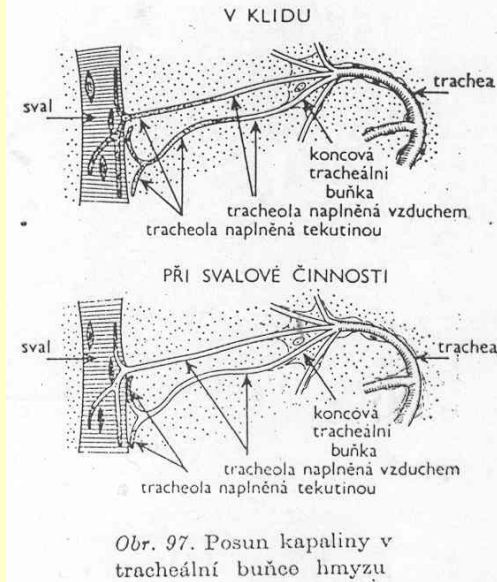
b) zasouvání a vysouvání abdominálních článků

c) regulace otevírání a zavírání stigmat - najednou x střídavě

Řízení dýchacích pohybů - abdominální ganglia.

Podněty pro zrychlení - chemický charakter přes protorakální g.

Řízení pohybů stigmat: hrudní a abdominální část nerv. systému



Larvy hmyzu ve vodě - uzavření trachejí vůči vodnímu prostředí, rozpad do sítě v pokožce nebo tělních vychlípeninách – **tracheální žábry**.

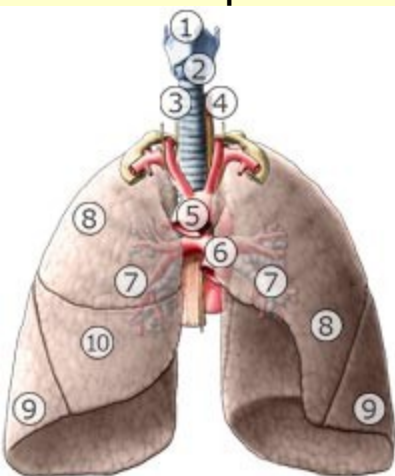


# Plíce

V hrudní dutině.

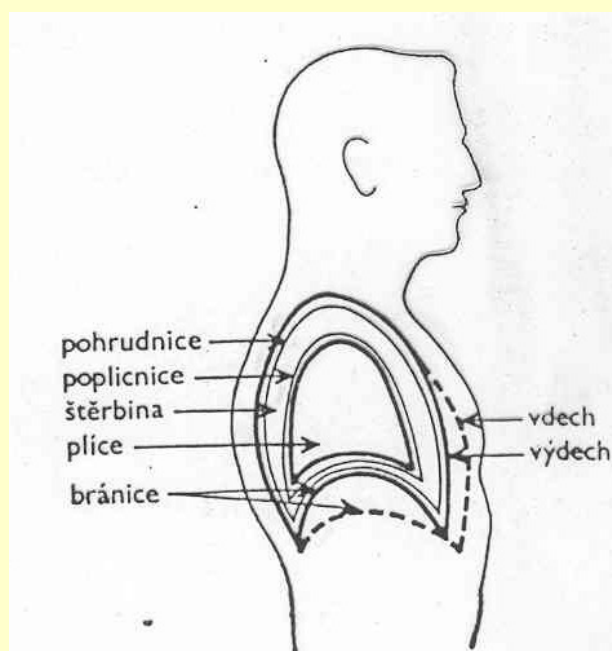
Přívodní cesty: nozdry, ústa, vlastní dýchací cesty – průdušnice, průdušky, průdušinky (trachea, bronchi, bronchioli) do plicních váčků savců (sklípků - alveolů - 1 mm, obetkané vlasečnicemi) - vlastní výměna plynů.

Epiteliální vrstva buněk váčků těsně přiléhá k endoteliálním buňkám krevních kapilár (**alveolokapilární stěna** - 1  $\mu\text{m}$ ) - plocha 90 m<sup>2</sup> (> 40krát). Rychlá difúze podle koncentračního spádu (1/1000 sekundy)



© Ivan Helekal

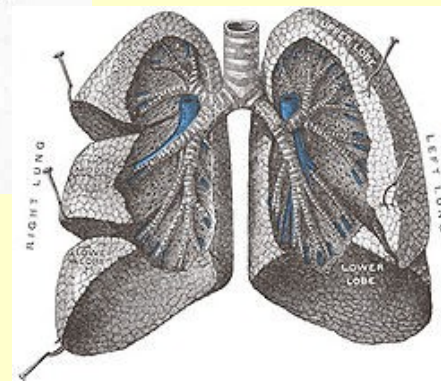
1. chrupavka štítná
2. chrupavka prstencová
3. průdušnice
4. jícen
5. srdečnice
6. cévní kmen plicnice
7. průdušky
8. horní plicní lalok
9. dolní plicní lalok
10. střední plicní lalok

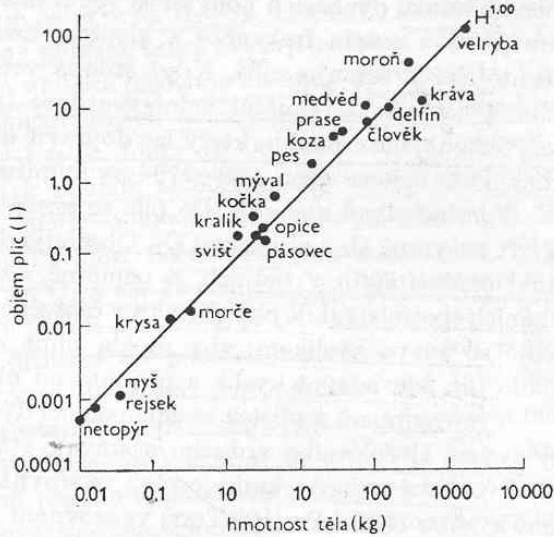


Přesun plynů - dýchací pohyby.

**Vdech** (inspirium) x **výdech** (ex-)

Žeberní (torakální) x brániční (břišní, abdominální) dýchání.

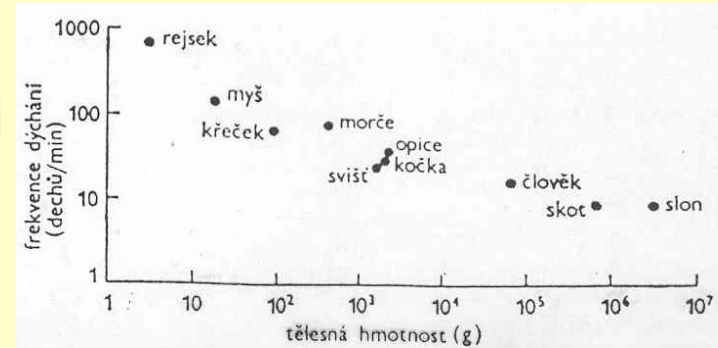




## Objem plic

je úměrný hmotnosti těla  
(velryby 100 l, drobní savci 1 ml)

**Frekvence dýchacích pohybů závisí na velikosti metabolismu (je nepřímo úměrná hmotnosti těla, i objemu plic)**



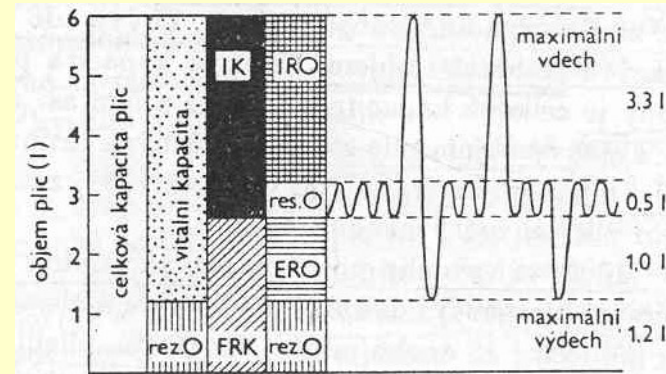
**Plicní objemy** - mrtvý prostor - 150 ml  
klidový dechový (respirační) objem (500 ml)  
inspirační rezervní objem (3,3 l)  
expirační rezervní objem (1 l) - dohromady **VKP**  
Vždy zbude v plicích reziduální objem (1,2 l).

## Minutová plicní ventilace

- respirační (dechový) minutový objem  
- u člověka v klidu - 7,5 l/min (500 ml \* 15 dechů).  
Zvětšení: prohloubení x zrychlení dechu.

Maximální volní ventilace (maximální dechová kapacita) 125 - 170 l.

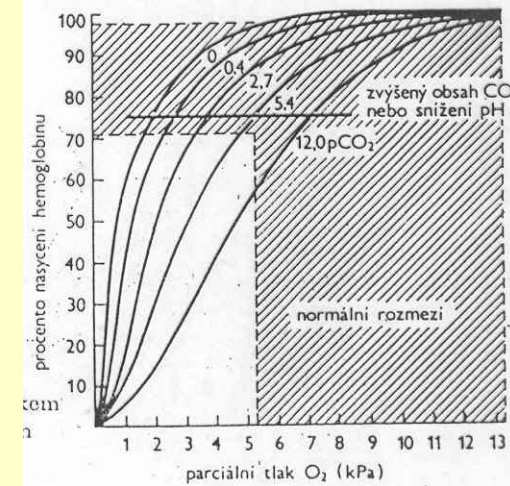
Krev z celého těla do plic - značný obsah CO<sub>2</sub>, málo O<sub>2</sub>. V plicích částečné odstranění CO<sub>2</sub>, sycení O<sub>2</sub>. Stálé složení alveolárního vzduchu.



Plicní objemy: IK – inspirační kapacita, FRK – funkční reziduální kapacita, IRO – inspirační rezervní objem, ERO - expirační r.o., rez.O – reziduální objem, res.O – respirační objem

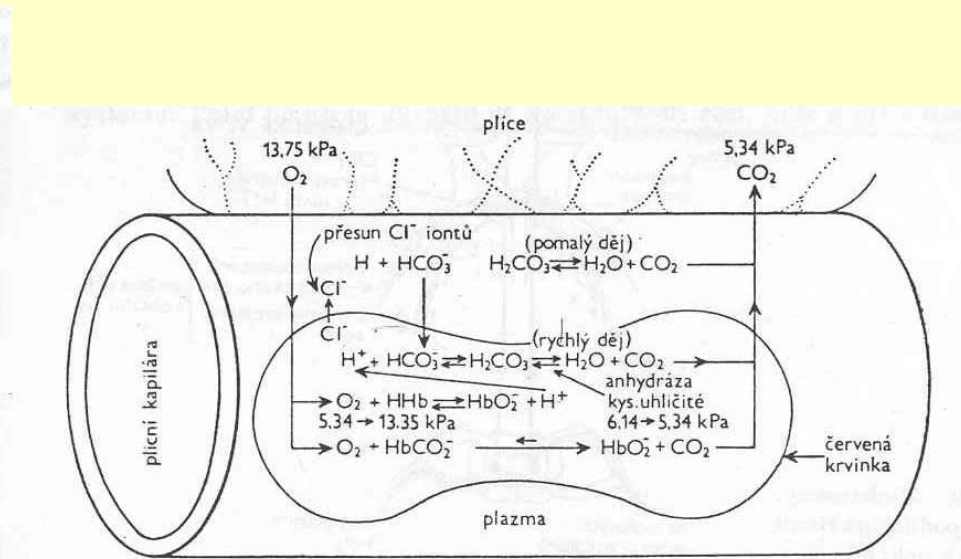
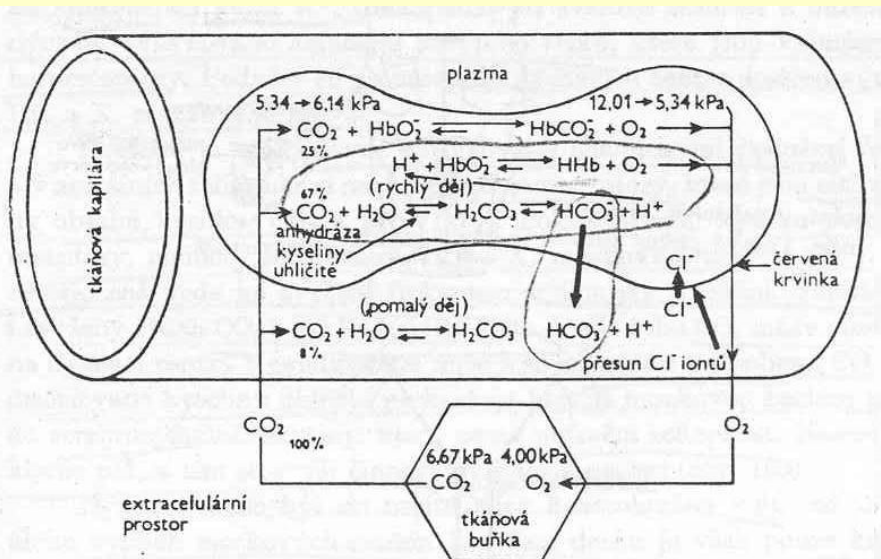


**Přenos O<sub>2</sub>:** oxyhemoglobin,  
rozpuštěný v plazmě nevýznamný (1 %)  
Sycení hemoglobinu kyslíkem



**Přenos CO<sub>2</sub>:** a) krevní plazmou (8 %)  
b) reakce s oxyhemoglobinem → karbaminohemoglobin (25 %)  
c) 67 % CO<sub>2</sub> v červených krvinkách → HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (anhydráza)

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{anhydráza}} \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$

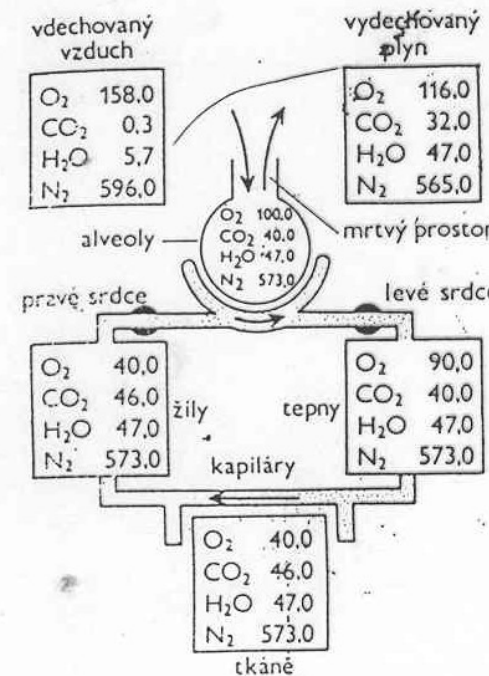
$$\text{H}^+ + \text{HbO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{HCO}_3^-$$


Obr. 104. Přesuny plynů v oblasti tkáňových vlásečnic.

Obr. 105. Přesuny plynů v oblasti plicních vlásečnic.

Podíly hlavních složek (%) a jejich parciální tlaky (kPa) ve vzduchu a krvi

|                   | Atmosfér.<br>v. | Alveolár.<br>v. | Tepenná<br>krev                | Žilná<br>krev | Vydech.<br>v. |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| % O <sub>2</sub>  | 20,95           | 14              | 11 – 13                        | 6             | 16            |
| kPa               | 19,95           | 13,3            | < o 1,3-2,6                    | 5,3 (2,0)     | 15,4          |
| torr              | 150             | 100             | < o 10-20                      | 40 (-15)      | 116           |
| % CO <sub>2</sub> | 0,03            | 5,5             | Jako<br>v alveolár.<br>vzduchu | 7             | 5             |
| kPa               | 0,04            | 5,33            |                                | 6,2           | 4,26          |
| torr              | 0,3             | 40              |                                | 46            | 32            |



## **Mezižební svaly a bránice – inervace somatickými nervy z míchy**

Dýchací pohyby - inervace z **dýchacího ústředí** (kaudální část **prodloužené míchy** (dno IV. mozkové komory).

**Centrum inspirační** (vdechové) (leží kaudálněji), **centrum expirační** (výdechové). Schopnost samostatné a cyklické tvorby vzruchů. Antagonisté.

**Pneumotaktické centrum** se zpětnovazebným působením na obě předchozí - mozkový kmen nad prodlouženou míchou, působí při intenzivním a hlubokém dýchání

Dostředivá složka regulace:

- plicní receptory citlivé na natažení
- proprioreceptory v mezižebních svalech
- svalové receptory citlivé na  $K^+$  z buněk

Další vlivy:

- změny krevního tlaku (registrovány baroreceptory)
- chemické vlivy (hlavní): chemoreceptory v karotidě a aortálních tělískách citlivé na obsah  $O_2$ ,  $CO_2$  a pH.

Kontrola vůlí (částečná) - krátkodobé zadržetí dechu (zvýšení  $CO_2$  a stimulační centrum překoná vliv vyšších pater - důležité při řeči, jídle, kašlání).

# Přenos látek

Trend fylogeneze: zvětšování složitějšího těla - uspokojování potřeb tkání

Realizace: přenos pomocí tělních tekutin – **hydrolymfa, hemolymfa,** soustava **krev - tkáňový mok - míza (lymfa)**

Prostřednictvím: **oběh tělních tekutin – cévní soustava**

## KREV – úkoly

1. Přívod živin a  $O_2$  k tkáním
2. Odvod odpadů k místu odstranění
3. Udržování stálosti vnitřního prostředí
4. Přenos účinných látek z místa tvorby na místa působení
5. Ochrana organismu před nákazou
6. Ucpávání poškozených cév

Složky krve: - voda 70 - 80 %

- sušina 30 - 20 %

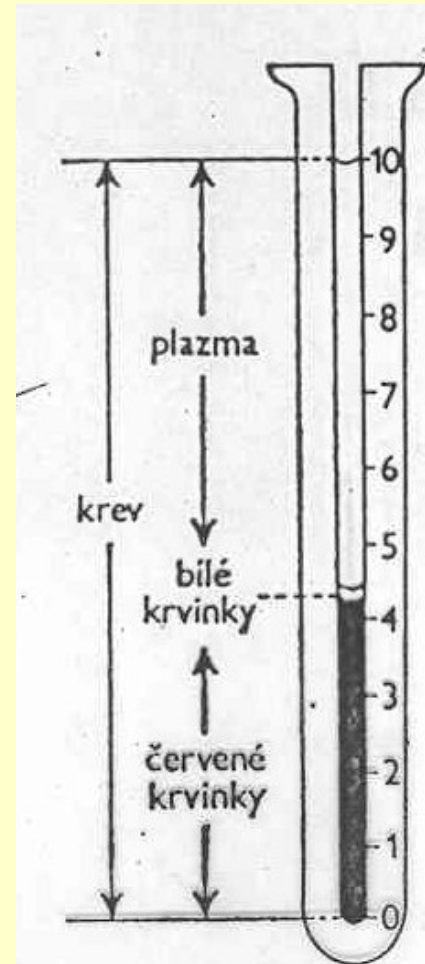
- tekutá složka (krevní plazma) muž 54, žena 59 %

- krevní buňky (krvinky) m. 46, ž. 41 %

**Hematokrit** - poměr krevní plazmy : krevním buňkám

U nižších obratlovců: objem buněk nad 15 %,

člověk 54(59) : 46(41)



**Krevní plazma** - >90 % vody, 7 - 8 % bílkovin

- albuminy (mol. hmotn. 69 000) - 60 % bílkovin
- globuliny (&,γ ,mol.hmot. 80 000 - 200 000) - 35 %
- fibrinogen (do 350 000 - 400 000) - 5 %

- tuky (5 - 7 g/l u člověka)

- fosfatidy (1,75 - 3,3 g/l)

- cholesterol (2,5 - 5,7 mmol/l)

- glukóza (x mmol/l)

- zplodiny rozpadu bílkovin

(močovina, kyselina močová)

- další organické látky

- anorganické látky

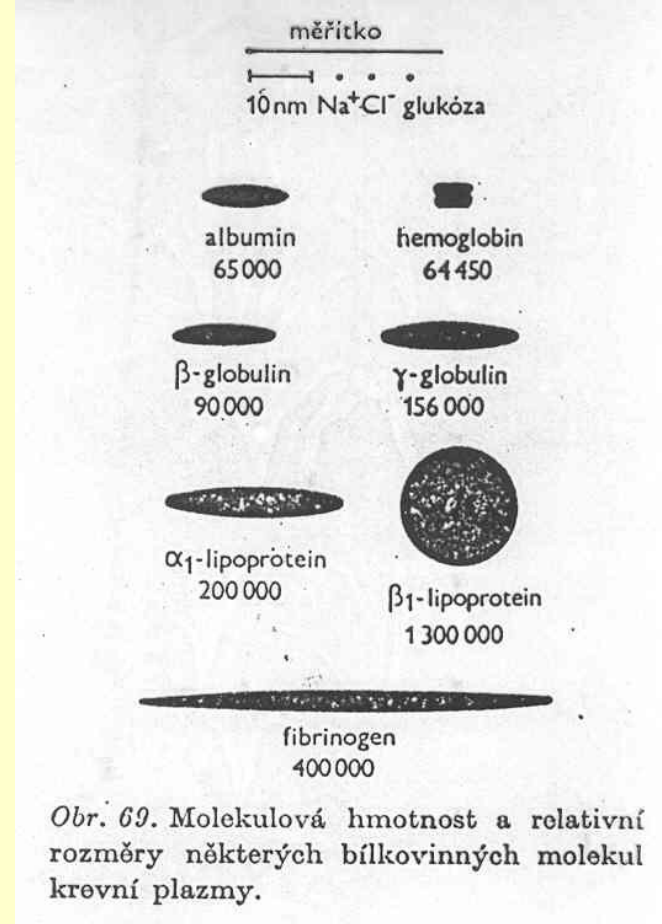
(NaCl - 6 g/l, kyselý uhličitany - 2g/l)

Plazmatické bílkoviny: ryby 1,4 – 4 %, obojživelníci 2,4 %, plazi 5 %, ptáci 4 – 5 %, savci 6 – 8 %.

Nárůst albuminů. Fyziologické funkce: doprava látek (minerál.), MK, tuků

(zvl. lipoproteinů), hormonů, ... γ-globuliny s protilátkami,

protrombinem...

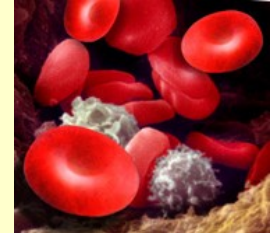




# Krevní buňky

## - červené krvinky (erythrocyty)

U obratlovců oválné s jádrem (3 – 9krát > než lidské), u savců okrouhlé (piškotovité) a zploštělé bez jádra (lidské Ø 6,7 - 7,7 µm, tl. 2µm).



Monomolekulární povrchové vrstvy, bílkovinné stroma s roztokem hemoglobinu(37%)

Množství erythrocytů - druhově stálé: **M.: 5,4 . 10<sup>12</sup> Ž.: 4,5 . 10<sup>12</sup> v litru**

Fyziologická funkce: zásadní význam pro přenos O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> (krevní barvivo) a H<sup>+</sup>.

Krevní (dýchací) barviva - proteidy s bílkovinnou a barevnou (s kovem) složkou.

**Hemoglobin** - globin (96 %) + nebílkovinný pigment hem (4 %). O<sub>2</sub> se váže na Fe<sup>2+</sup> bez změny mocenství (celkem tedy 4 O<sub>2</sub>)

**oxyhemoglobin** (HbO<sub>2</sub>), (max. 200 ml O<sub>2</sub> v 1 l krve). Uvolnění O<sub>2</sub> - "**redukovaný**" hemoglobin.

Silnými oxidačními činidly se mění Fe<sup>2+</sup> na Fe<sup>3+</sup> -> bezcenný **methemoglobin**.

Možná vazba s CO<sub>2</sub> - **karbaminohemoglobin**.

Silná vazba na CO (210krát větší než k O<sub>2</sub>) –

**karboxylhemoglobin** (nebezpečnost 0,1 % CO ve vzduchu)

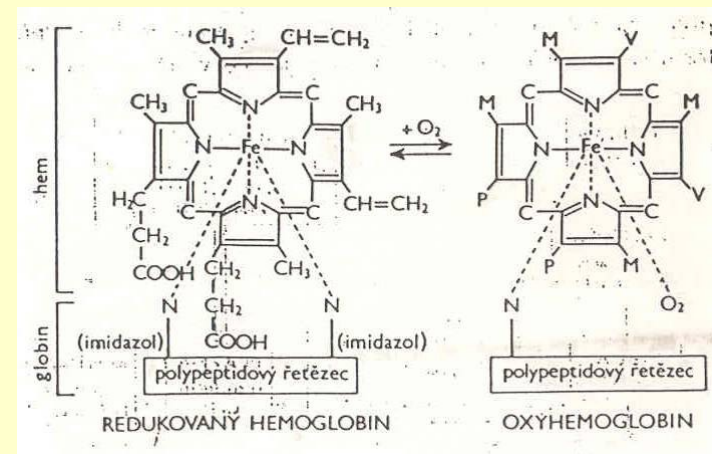
**Hemocyanin** - Cu, v hemolymfě (rak, škeble, hlemýžď, hlavonožci) - třetinová vázací schopnost (70 ml O<sub>2</sub> na 1 l krve) oproti hemoglobinu (200 ml)

**Chlorokruoriny** - mořští červi - Fe

**Hemerytriny** - *Sipunculidae* "

**Erytrokruoriny** - pakomár "

Bezbarvý hemovanadin – pláštěnci - vanad





Erythropoéza: embryonální vznik - játra a slezina, po narození v kostní dřeni.

Metabolismus železa - denní ztráty 1,5 mg - doplnění potravou

(a. → do zásob Fe /transferin+Fe=siderofilin/

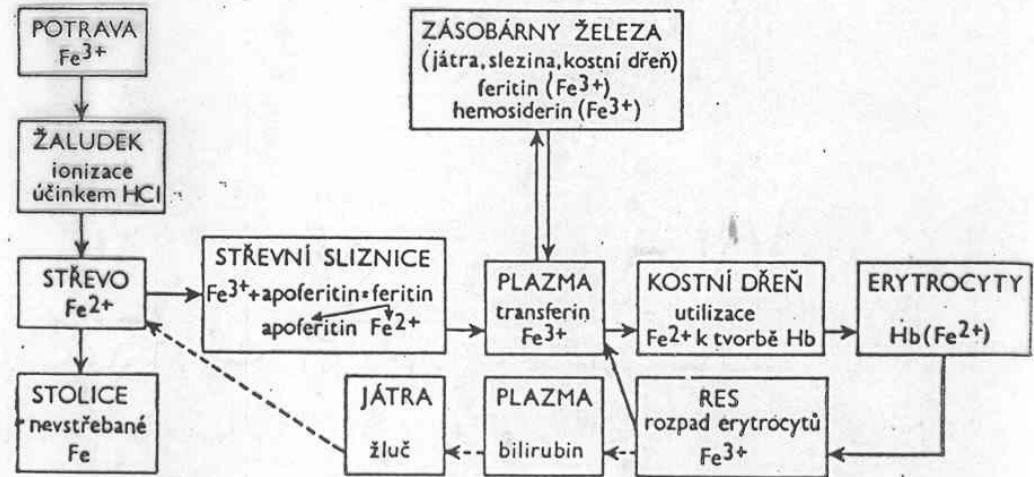
b. → do kostní dřeně).

Rozpad Hmgl v RES, Fe → transferin.

Bilirubin do krve,

vychytáván játry do žluče,

Vylučován stolicí.



Obr. 71. Přenos železa mezi jednotlivými tkáněmi organismu.

Červené krvinky se nemnoží (bezjaderné), po 120 dnech zanikají ve slezině (denně  $2 \cdot 10^{11}$ ), kde jsou pohlcovány buňkami RES.

## - bílé krvinky (leukocyty)

Volné jaderné buňky, rozmanitý tvar. Vznik - kostní dřeň

**Agranulocyty** - protoplazma bez granulace, nečlenité jádro

**lymfocyty** - velké kulaté jádro. Nefagocytují, tvorba protilátek

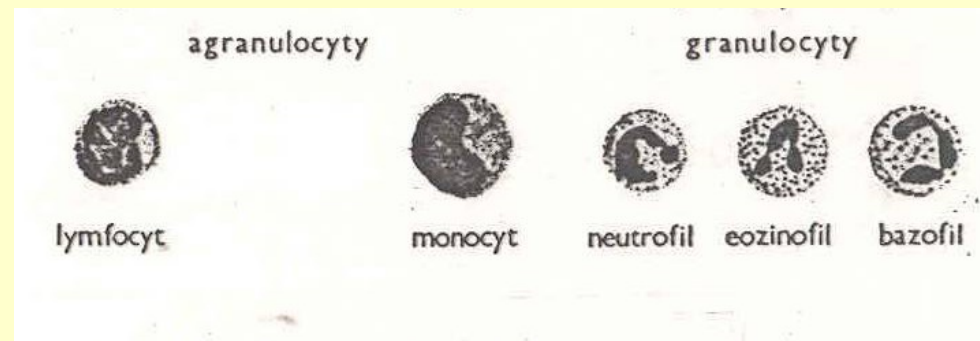
**monocyty** - největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocytují.

**Granulocyty** - granulovanou cytoplazmu, segmentované jádro (70 % bílých krvinek)

**neutrofily** s velkým nejvíce členěným jádrem, fagocytují

**eozinofily** pomnožují se za patolog. stavů, fagocytují (3% g)

**bazofily** s nejméně členěným jádrem. Transportní role - (1% g)



Počet:  $4 - 9 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$

Novorozenec  $15 - 40 \cdot 10^3$  v  $mm^{-3}$

Velký oxidativní metabolismus.

Krátkověké (lymfocyty 1, neutrofily 13 dní). **Diapedeza.**

Denní kolísání. Zmnožení po jídle, námaze (neutrofily) aj.

**Relativní (distribuční) leukocytóza** - vyplavení ze zásob, **absolutní**

**(dřeňová)** - zvýšení tvorby v dřeni. Snížení počtu - **leukopenie** - hladovění, pobyt v chladnu.

### **- krevní destičky (trombocyty)**

Nejmenší krevní b. Vřetenovité s jádrem (ptáci, obojživelníci ),  
u savců nepravidelného tvaru bez jádra.

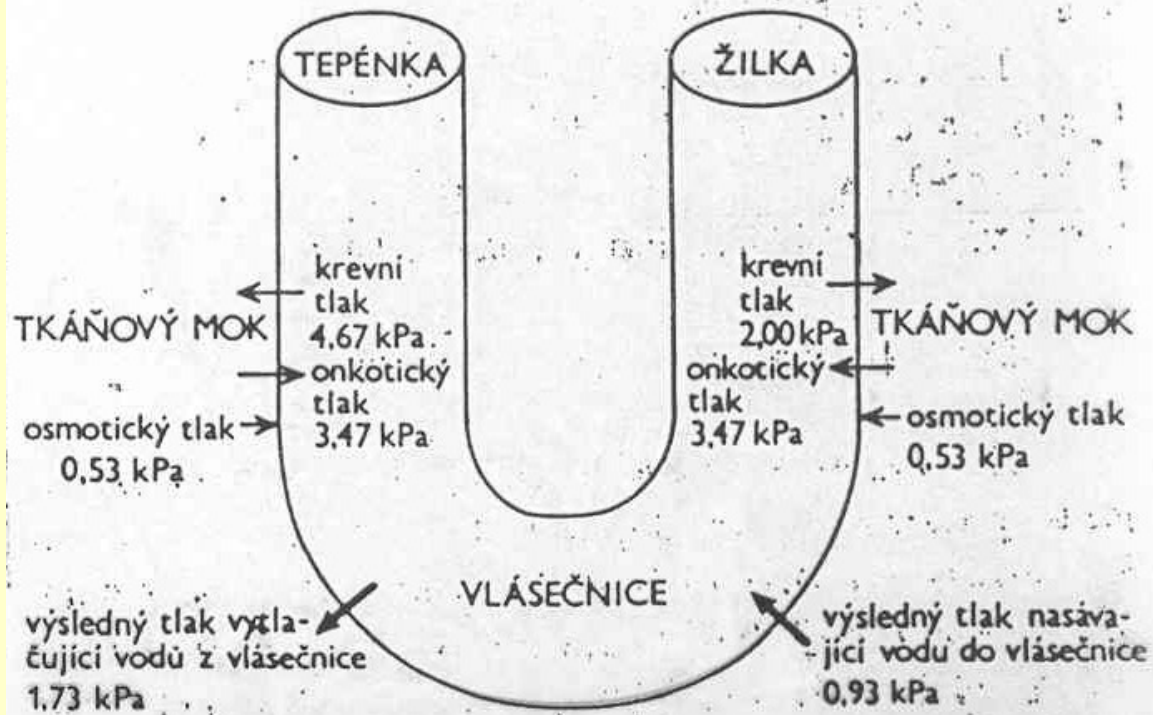
Vznik v kostní dřeni, po 3 – 5 dnech zánik ve slezině.

Člověk  $250 - 500 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ .

Zvyšování při namáhavé práci, ve vysokohorském prostředí.

Velká aglutinační schopnost (shluk, rozpad, zátka → serotonin  
a koagulační faktor). Nachytání krevních destiček na fibrin –  
stah.

## Krevní bílkoviny a udržování osmotické rovnováhy



Různá velikost osmotického tlaku krevních tekutin (člověk 707,55 kPa - 5300 torr). Odpovídá osmotickému tlaku tkáňového moku. Proto filtrace – podle hydrostatického tlaku krve - arteriální vlásečnice – 4,67 kPa (35 torr). Proti tlak onkotický (3,47 kPa = 26 torr) snížený o koloidně osmotický tlak tkáňového moku (0,53 kPa = 4 torr). Hydrostatický převažuje → voda přechází do tkáňového moku pod tlakem 1,6 kPa = 12 torr). V průběhu vlásečnic - pokles tlaku. Venózní vlásečnice - onkotický tlak převyšuje hydrostatický (2,0 kPa = 15 torr), voda přechází z tkáňového moku zpět do cév. **Množství přecházející vody** – za minutu tam i zpět množství celkového objemu plazmy.

## Úloha krve při udržování pH

pH krve obratlovců - přibližně neutrální (člověk 7,4).

H<sup>+</sup> - velmi nízká koncentrace, přesto vliv hlavně na aktivitu enzymů.

Vznik H<sup>+</sup>:

- H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, která disociuje na H<sup>+</sup> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- při uvolňování P a S ze složitých sloučenin (vznik anorganických kyselin, s následnou disociací)
- disociace mastných kyselin.

Udržování pH: soustava H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> alkalických kovů včetně bílkovin krevní plazmy a hemoglobinu.

Pufrovací schopnost soustavy: stálý poměr H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : NaHCO<sub>3</sub> = 1 : 20.

Alkalická rezerva. Při vyloučení mnoho CO<sub>2</sub> - možnost zvýšení Na<sup>+</sup> v krvi → vylučování ledvinami, snižování obsahu alkalií → pokles pufrovací schopnosti krve.

Část iontů pufrována rHb (rHb<sup>-</sup> + H<sup>+</sup>). V plicích - opačný proces.

## **Obranné reakce krve**

Proti průniku patogenních mikroorganismů nebo škodlivých látek.

## **Fagocytóza**

Schopnost bílých krvinek a buněk RES sleziny, jater, kostní dřeně a histiocytů pohltnout a rozložit enzymy.

## **Imunita**

Patogeny z vnějšku (mikroorganismy, cizorodé bílkoviny, polysacharidy - obecně antigeny) - tvorba protilátek.

Antigen určuje povahu protilátky (pozměněné globuliny krevní plazmy s jiným uspořádáním postranních řetězců - otisk antigenu)

Po vniku antigenu do organismu - přestavba často se zvýšenou odolností - **imunita**. Vrozená imunita na základě různých mechanismů. Získaná imunita.

Bezobratlí - hlavně fagocytóza

Infekce - tvorba i specifických protilátek

## **Aglutinace** (shlukování) krvinek

Reakce antigen-protilátka. Membrány erytrocytů - mohou mít antigen - **aglutinogen A nebo B** (mukopolysacharidy). Reaguje s protilátkou v plazmě - **aglutininem anti-A** (a.&) nebo aglutininem **anti-B** (a.β) (oba γ-globuliny). U jednoho jedince není nikdy stejný aglutinogen a antiaglutinin. Transfúze.

Krev člověka: 4 základní skupiny (podle aglutinogenu v membránách). Krvinky 0 (bez antigenu) neaglutinuje žádná plazma, krvinky A shlukuje plazma B a 0, krvinky B – shlukuje plazma A a 0, krvinky AB shlukují zbývající plazmy.

Tab. 10. Krevní skupiny u člověka

| Krevní skupina | Aglutinogen | Aglutinin      | Četnost výskytu v populaci |
|----------------|-------------|----------------|----------------------------|
| O              | žádný       | anti-A, anti-B | 45 %                       |
| A              | A           | anti-B         | 41 %                       |
| B              | B           | anti-A         | 10 %                       |
| AB             | A a B       | žádný          | 4 %                        |

Podskupiny A1 - A6, další aglutinogeny D(Rh) - systém 13 a-genů (C,D,E aj.). Nejvíce antigenní D. D přítomen = Rh+. Aglutininy anti-D normálně nejsou přítomny, tvoří se při setkání s krví Rh+.

Dědičnost krevních skupin.

Krevní skupiny u zvířat: více než u lidí. Vznik antigenů před vývojem primátů. Znány i u slepic, kachen, králíků, koz. Neidentifikovány u morčat, myší, koček a poikilotermů. Mezitaxonová aglutinace



## Regulace krvetvorby

Víceméně konstantní počet krvinek. Řízení tvorby - neurohumorální povaha přes hypotalamus. Plazmový **erythropoetin** podněcuje tvorbu erytrocytů a hemoglobinu.

## Srážení krve (hemokoagulace x hemostáza)

Tekutý stav krve - fyziologický, na vzduchu - tuhne.

Podstata: přeměna rozpustného **fibrinogenu** na nerozpustný síťový **fibrin**.

Aktivace: enzymatická bílkovina **trombin** (vzniká v játrech jako neaktivní prekursor **protrombin**). Přeměna protrombin → trombin - kaskádová teorie). Kofaktory: **tromboplastin** a  $\text{Ca}^{2+}$ , vitamín K (podporuje syntézu protrombinu v játrech) fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.

## Hemostáza

adheze trombocytů v poraněném místě – **primární destičková hemostatická zátka**

uvolnění serotoninu – **vazokonstrikční fáze**

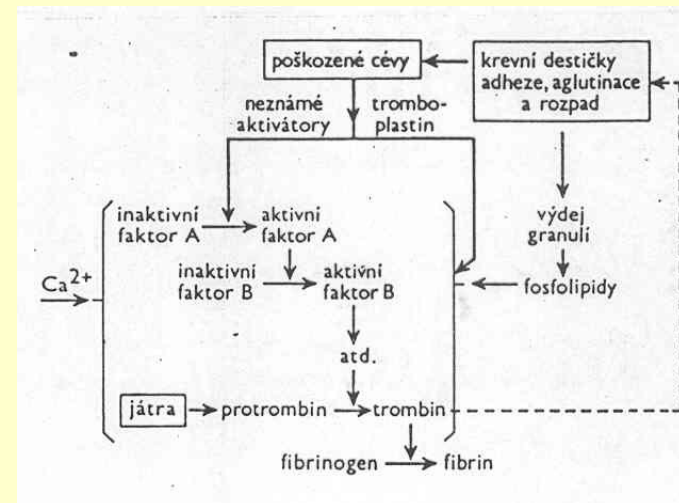
(smrštění cév v místě poranění)

přeměna fibrinogenu na fibrin (pomocí trombinu) –

vznik **sekundární fibrinové hemostatické zátky** - ucpe poraněnou cévu, smrštěním vytlačuje krevní sérum.

Heparin zabezpečuje nesrážení krve za normálních podmínek.

S albuminy krevní plazmy brání aktivaci protrombinu.



## Tkáňový mok

Podstatná část extracelulární tekutiny - 10 - 16 % hmotnosti (12 l u 75 kg muže). Složení závislé na krevní plazmě (bez bílkovin) - krevní ultrafiltrát + malé množství bílkovin z tkání. Tvoří životní prostředí tkání, zajišťuje látkovou výměnu.

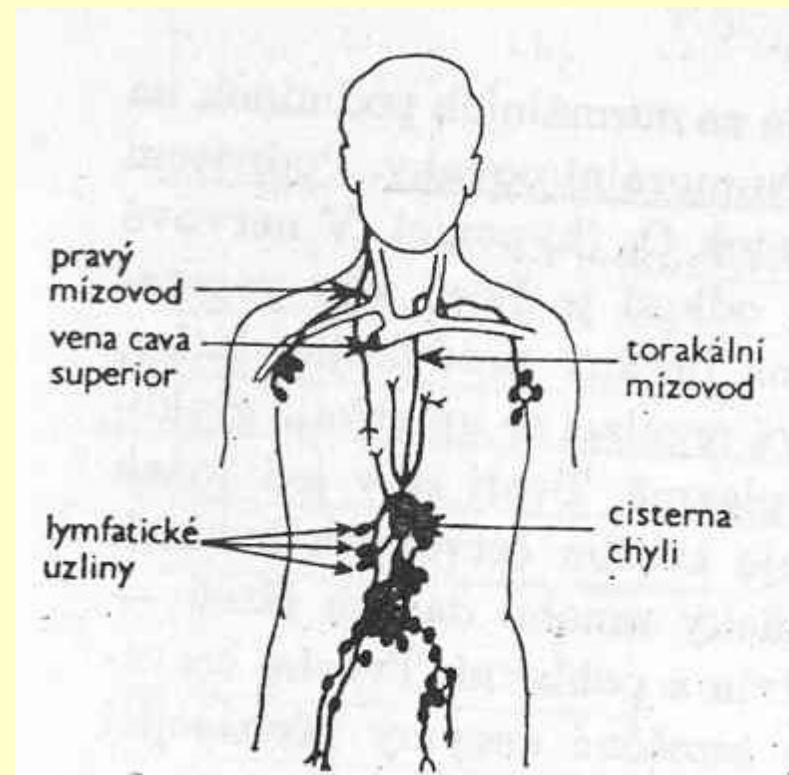
## Míza (*lymfa*)

Obratlovci, mízní cévy. Vzniká z tkáňového moku, přenos zplodin látkové přeměny a zažitéiny. Složení odpovídá krevní plazmě, poloviční obsah bílkovin, více lymfocytů ( $40 \cdot 10^9$  v l).

Mízní cévy ze štěrbin orgánů se spojují, v mízních uzlinách fagocytace zplodin a mikroorganismů. Spojování do mízních kmenů, ústí do žilného oběhu. Jednosměrný pohyb mízy (chlopně) - tlakové změny v těle - peristaltika střev, stahy klků.

Mízní srdce

(úhoř, obožživelníci, plazi, někteří ptáci).



# Přenos látek

je realizován prostřednictvím:

**oběhu tělních tekutin v cévní soustavě**

## **Oběh tělních tekutin - cévní soustava**

Zajišťování funkcí krve - nutnost průniku do všech částí těla.

Mnohobuněční - zvláštní cévní ústrojí. Nutnost pohonu tekutiny - úseky cév se schopností rytmických stahů (**pulzující cévy**).

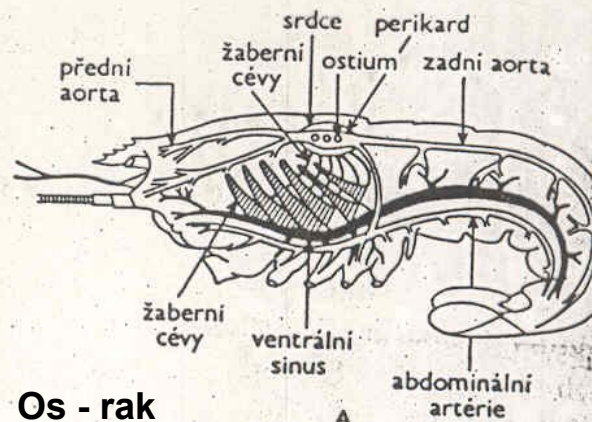
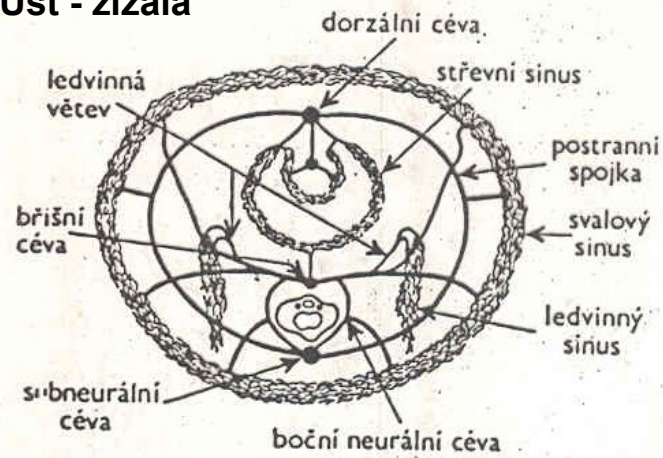
Nárůst rozměrů - výkonnější **srdce**.

Rytmická část **komora** doplňována zásobárnou (**perikardiální prostor** korýšů, **předsíň**).

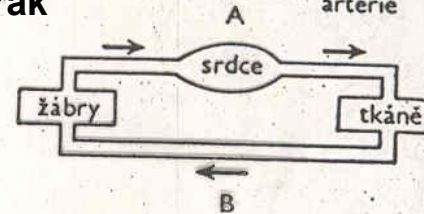
Směr toku krve - **chlopně**.

Zvýšený přívod krve k aktivním orgánům - **krevní splav** (**sinus**) (orgán oplachovaný krví), nebo protkán sítí **vlásečnic**

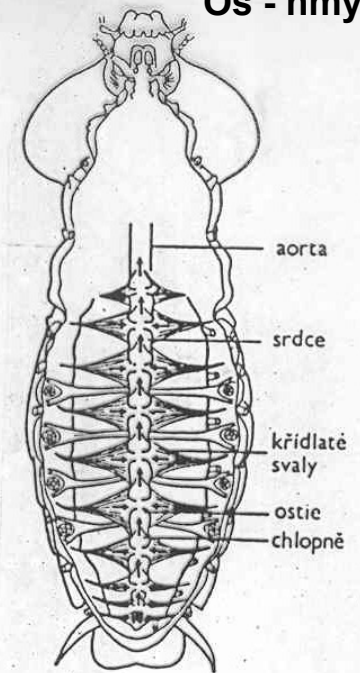
## Ust - žížala



## Os - rak



## Os - hmyz



Typy cévních soustav

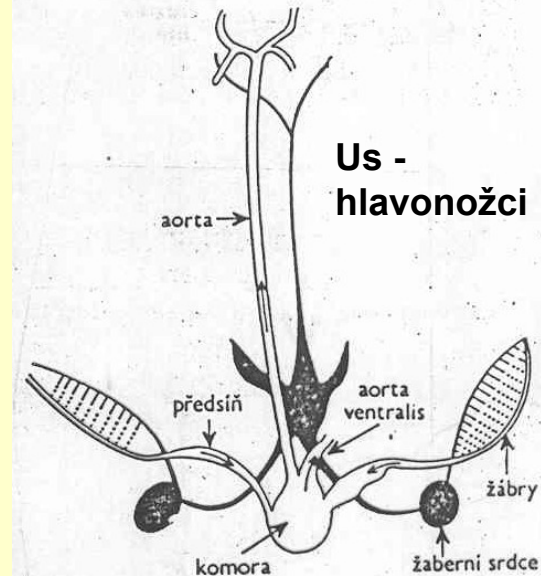
**Uzavřené soustavy trubic** – peristaltika cévních stěn (kroužkovci - žížala)

**Otevřené soustavy** se srdcem (vyšší korýši, hmyz)

**Uzavřené soustavy** - pohon krve srdcem v souvislé soustavě cév (hlavonožci, obratlovci)

Hlavonožci: **malý** (žaberní srdce - odkysličená krev do žaber) a **velký** (arteriální komorové srdce s předsíní - krev ke tkáním) **krevní oběh**. Příčně pruhovaná svalovina. V periferním oběhu vlasečnice. Cévní soustava téměř uzavřená (několik sinů)

## Us - hlavonožci



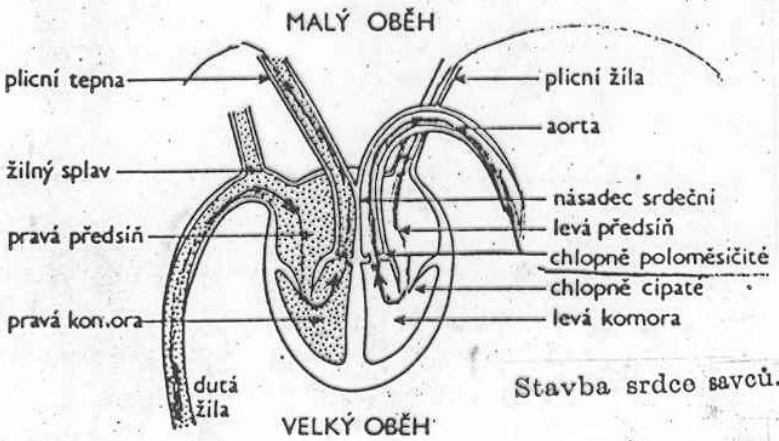
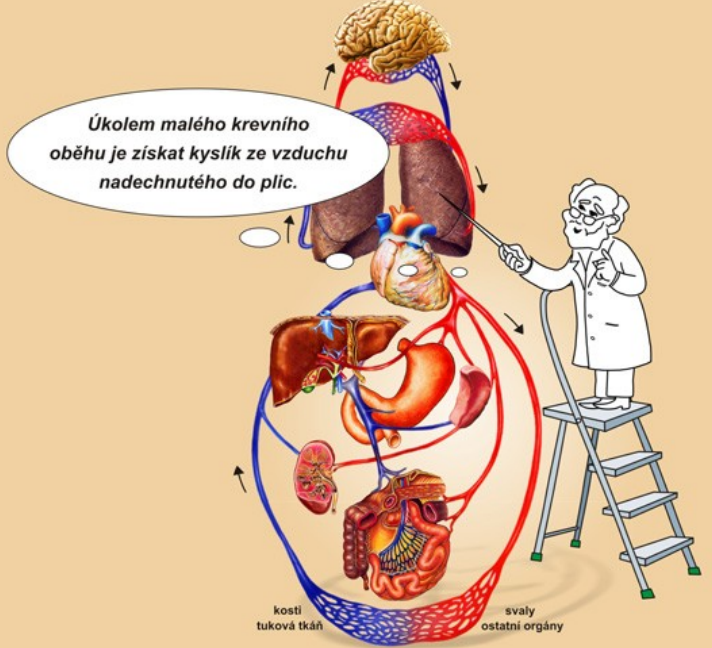


Obratlovci: změny s přechodem od žaberního k plicnímu dýchání.

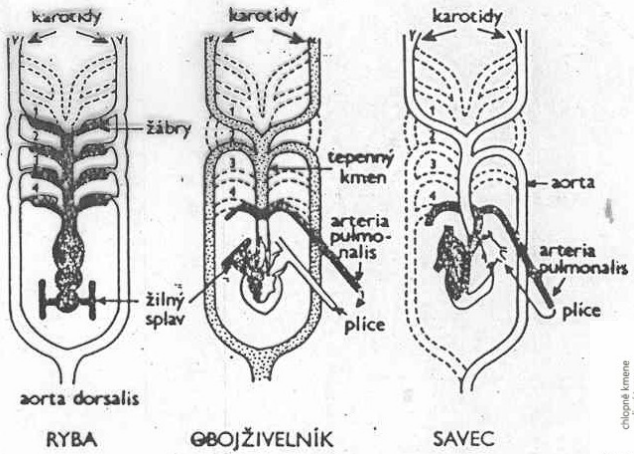
Jednotný základ, nejbližší cévní soustava ryb.

Plicnatí obratlovci: vývoj **malého a velkého** krevního oběhu. Srdeční přepážky.

Stavba srdce - nejdokonalejší - srdce ptáků a savců.



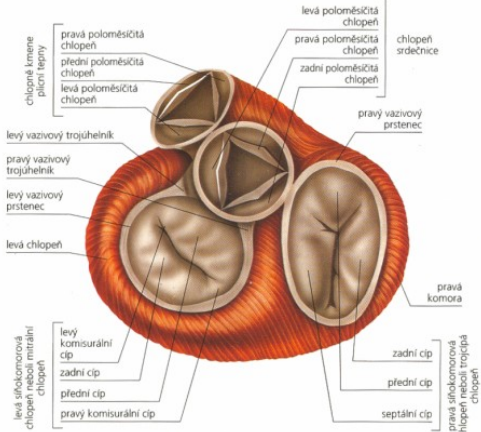
Stavba srdce savců.



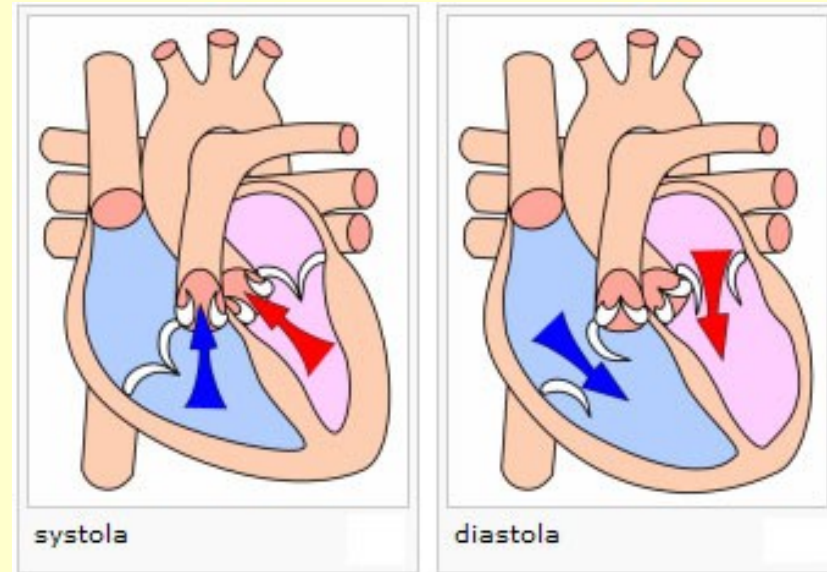
Známé oddíly:

1. **Žilný splav** (*sinus venosus*)
2. **Předsíň** (*atrium*)
3. **Komory** (*ventriculus*)
4. **Srdeční násadec** (*conus arteriosus, bulbus cordis*)
5. **Tepenný kmen** (*truncus arteriosus*)

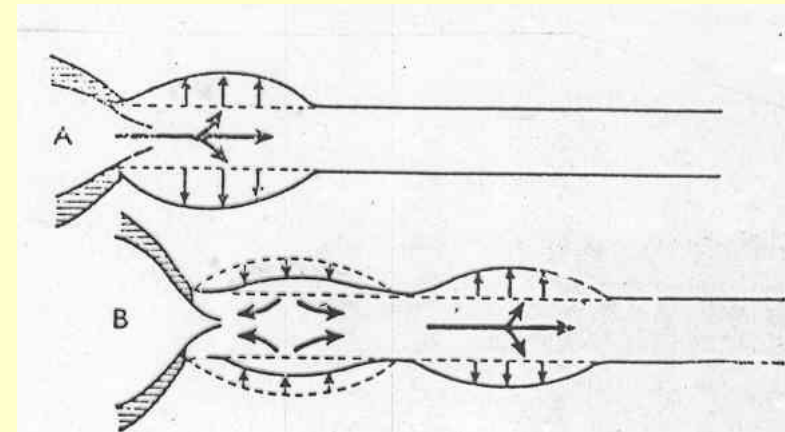
**Chlopně** - funkce: usměrňují proud krve: - **ch. cípaté** (ch. trojcípá, ch. dvojcípá) - **ch. poloměsíčitě**

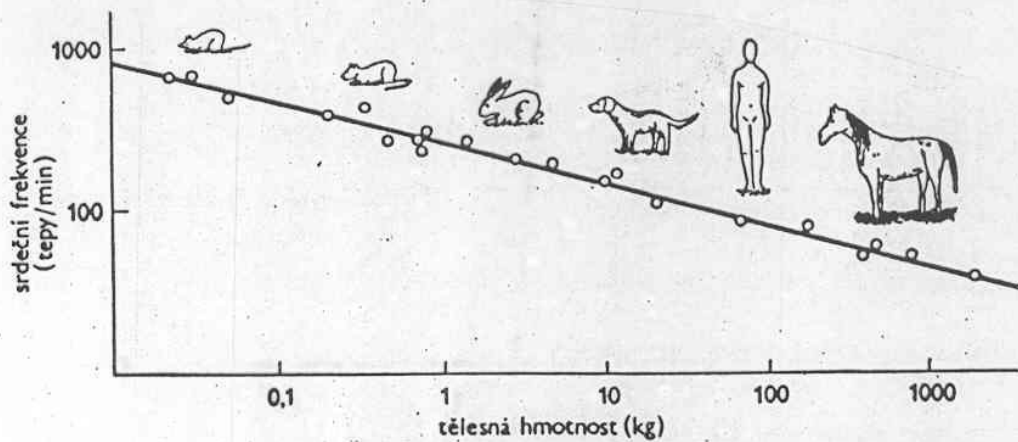


Činnost srdce: **stah** (*systola*) x **roztahování** (*diastola*). Přesný sled. Srdeční cyklus u člověka 0,8 s (systola 0,3 s, diastola 0,5 s).



Tlaková vlna v arteriální části cévního systému - tep (puls).  
Tep srdeční, periferní.

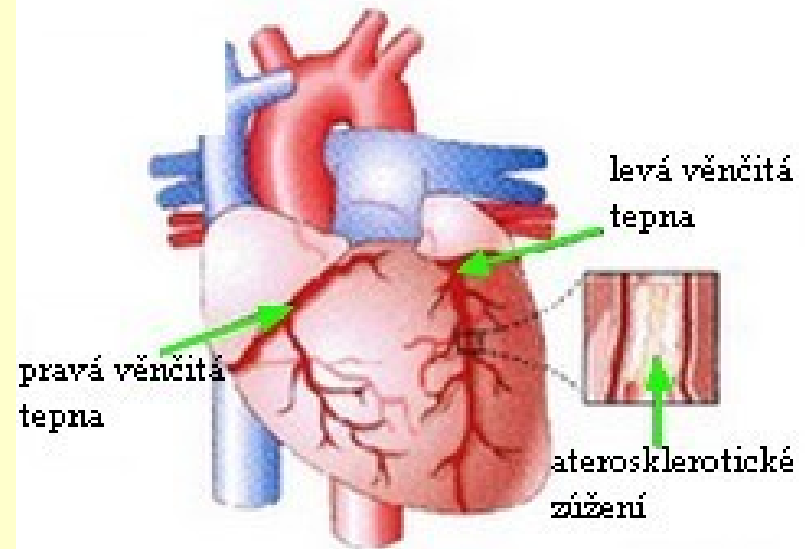
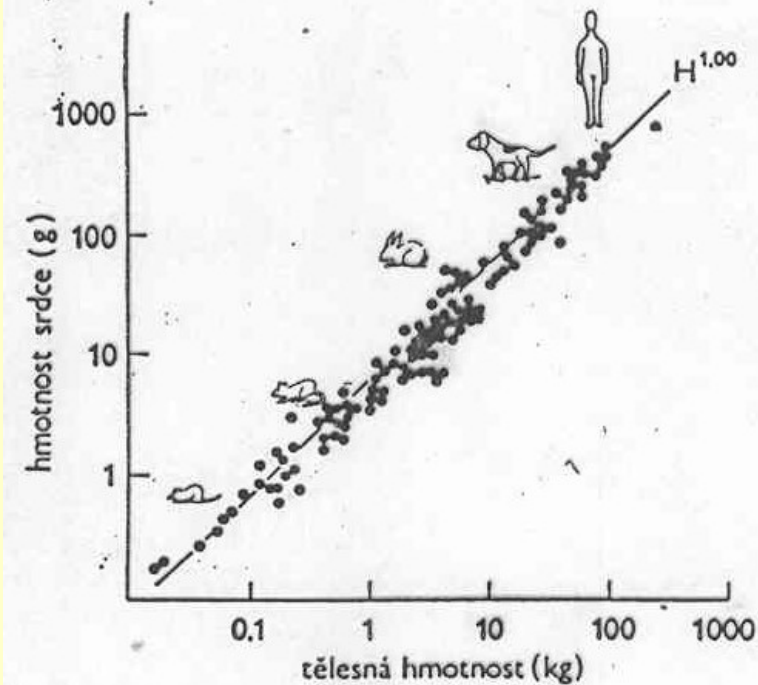




**Velikost srdce** podle stupně fylogeneze, velikosti živočicha, pohyblivosti (stoupá) – člověk 70-200 ml. **Počet tepů** za čas se snižuje s velikostí. Člověk – 70 tepů . min<sup>1</sup> . Vzestup při pracovní zátěži.

**Minutový objem** - klidový u člověka 5 l → zátěžový 30 - 40 l

Srdce - vysoká spotřeba O<sub>2</sub> - zvláštní zásobení - **věňčité (koronární) cévy** z aorty. 225 ml krve za min. v klidu, 2000 ml při námaze.





## Srdeční automatice

Srdce vyňaté z těla, může dál tepat (žáby).

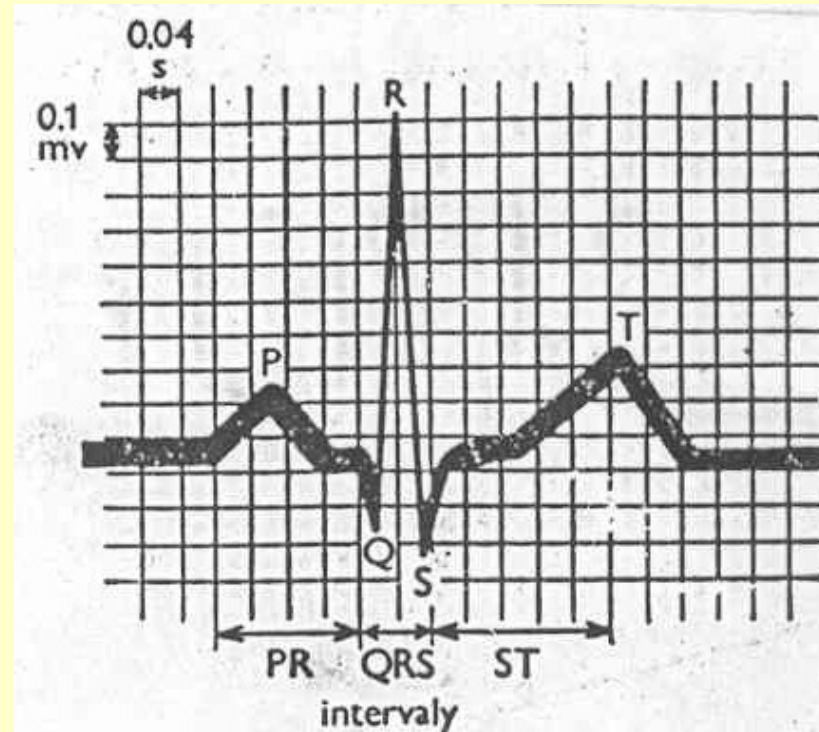
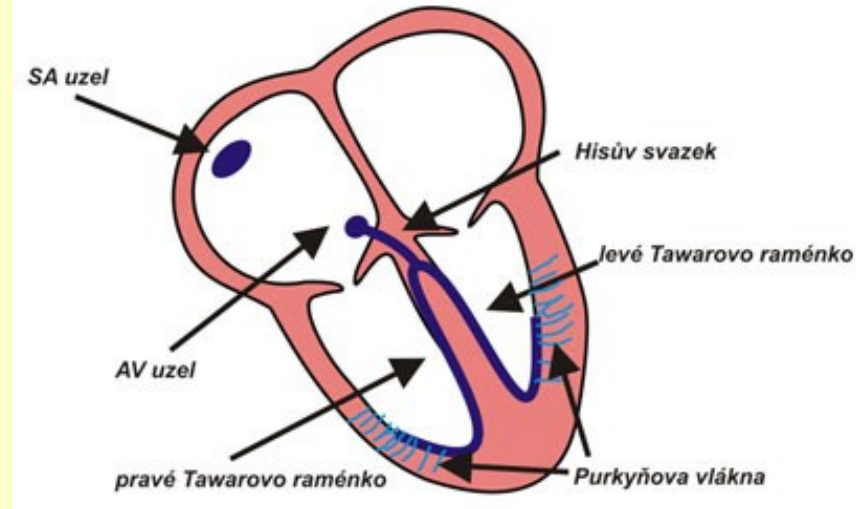
Podněty k činnosti - ze samotného srdečního svalu - **myogenní**.

Počátek stahů - v **splavovém (sinoatriálním) uzlu**. Uzel (srdeční **pacemaker**) je z pozměněných vláken srdečního svalu. Je inervován vlákny parasymptatiku i sympatiku.

Šíření vzruchu → postupný stah na syncyriu. Síňokomorová přepážka – překážka - **síňokomorový (atrioventrikulární) uzel**.

Přes komory - **Hisovým svazkem** rozvětveným v Purkyňova vlákna.

Činnost srdečního svalu - změny elektrického potenciálu (obecná vlastnost činnosti svalů). Záznam nejen ze povrchu srdce, ale i těla - **elektrokardiogram - EKG**. Několik vln.



**Řízení srdeční činnosti** především nervové vegetativní - parasympatikem i sympatikem (vagus + sympatikus z hrudních segmentů)

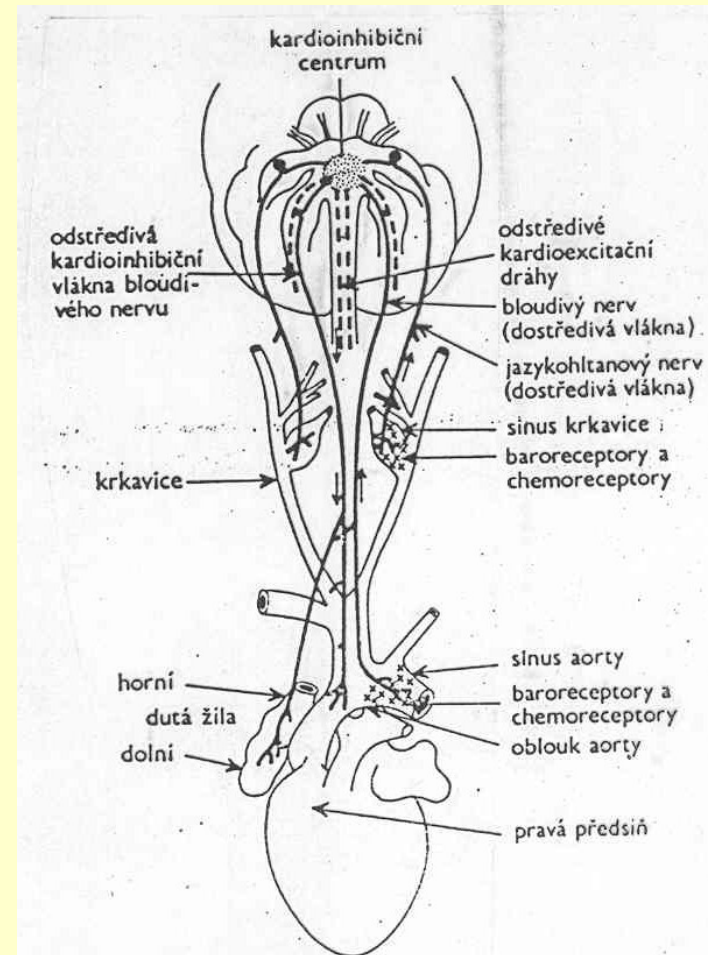
Vlivy nervových vzruchů:

1. změny frekvence srdečního tepu (chronotropní působení)
2. úprava síly a velikosti stahů (inotropní působení)
3. změny dráždivosti srdce (batmotropní působení)
4. ovlivnění rychlosti vzruchů v srdci (dromotropní p.)

Vliv **parasympatiku** – tlumivý, **budivý** vliv **sympatiku** (méně výrazný než vliv vagu).

Změny tepu - reflexní cesty. Podněty různé. Vlivy na srdeční činnost - **baroreceptory** - vzruchy - tlumivé vlivy - **kardioinhibiční centrum** (prodloužená mícha).

Zvyšování srdeční činnosti - **chemoreceptory** - snížení  $O_2$  - aktivace **vazomotorického centra**. Méně významné. Stimulace rychlosti a síly stahu adrenalinem (dřeň nadledvin).



## Oběh v cévách

1. **tepny (artérie)** - krev ze srdce do tkání

2. **spojovací cévy**

- arteriovenózní anastomózy
- arteriovenulózní spojky
- vlásečnice (kapiláry) - prokrvení tkání

3. **žilky (vény)** - krev z tkání k srdci

Vrstvy velké tepny:

- vnitřní výstelka - endoteliální epitel
- střední vrstva: okružní vlákna hladké svaloviny, elastická vlákna, kolagen
- zevní elastická vrstva.

Velké - střední tepny - **tepénky (arterioly)**

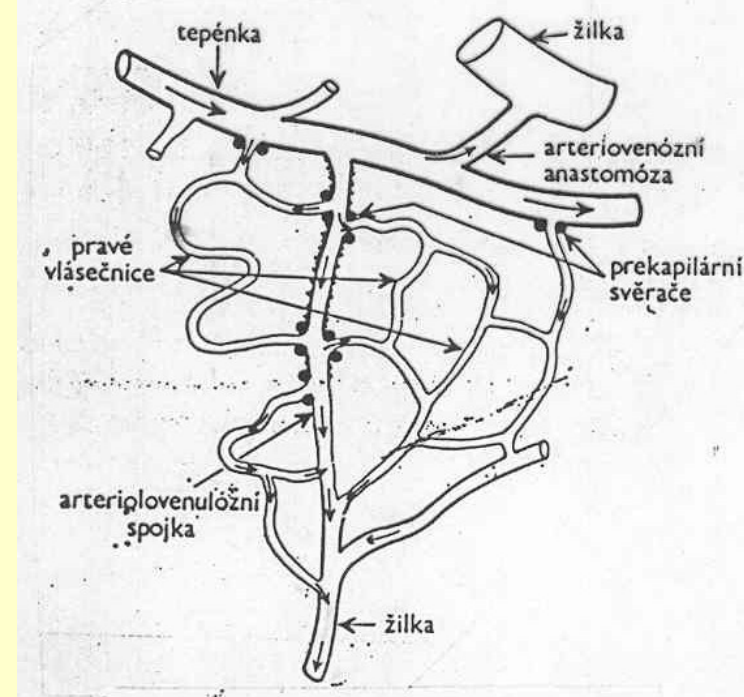
**Arteriovenulózní spojky** - málo svalových vláken, neměnný průsvit

**Vlásečnice (kapiláry)** - pouze jednovrstevný epitel s tmelovou hmotou (celistvost). Fagocytující buňky. Prekapilární svěrače.

Přímý zkrat tepénka-žilka - **arteriovenózní anastomóza** se stěnami s hladkými svaly pro otevírání - odvod tepla.

Tenčí stěny žil. Žíly z hlavy - málo svalových vláken - vlastní váha krve.

Žíly končetin - silnější. Chlopně (výrůstky vnitřní výstelky) - hodně v končetinách, chybí ve velkých a útrobních žilách.





Větvení cév - snižování průměru, nárůst plochy. Větvení vlásečnic podle intenzity metabolismu orgánu. Funkčnost podle zátěže.

Energie srdečního stahu - 1% pohybové energie - tlak krve.

Velikost tlaku závisí na velikosti srdeční práce, odporu stěn tepen, obsahu krve v tepnách a její vazkosti. Rozvětvení tepen - pokles tlaku. Tlak systolický **St** (nejvyšší), diastolický **Dt** (nejnižší), pulzový (rozdíl).

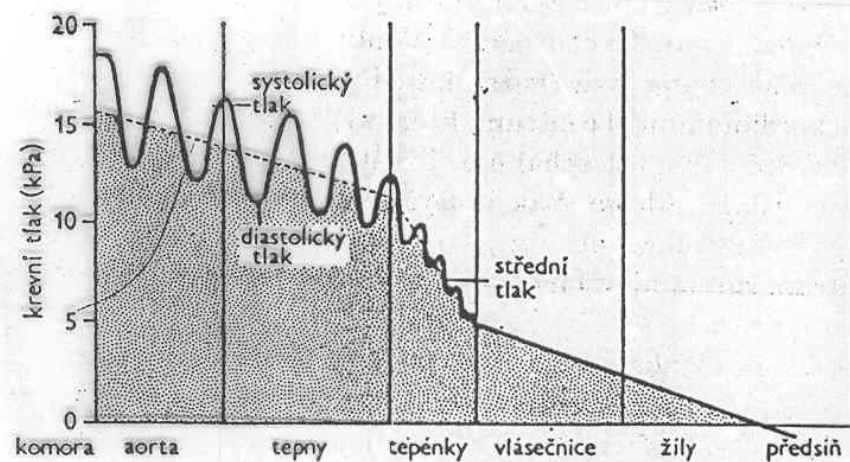
Končetinová tepna člověka - St 16,6-18,6 kPa (125 - 140 torr), Dt 10,6-11,9 (80-90). Pulzový tlak v arteriolách 1,33 kPa (10 torr), střední tlak 10,64 - 5,32 kPa (80-40), po průchodu kapilárami pod 2,66 (20). V žilkách 0,63 (4,7), nulový v hrdečních žilách, v pravé předsíni mírně záporné hodnoty.

Tab. 11. Vlastnosti různých cév u psa

| Druh cévy     | Průměr (mm) | Počet         | Celkový průsvit (cm <sup>2</sup> ) | Délka (cm) | Celkový objem krve (cm <sup>3</sup> ) |
|---------------|-------------|---------------|------------------------------------|------------|---------------------------------------|
| aorta         | 10          | 1             | 0,8                                | 40         |                                       |
| velké tepny   | 3           | 40            | 3                                  | 20         | 190                                   |
| tepenné větve | 1           | 2 400         | 5                                  | 5          |                                       |
| tepénky       | 0,02        | 40 000 000    | 125                                | 0,2        |                                       |
| vlásečnice    | 0,008       | 1 200 000 000 | 600                                | 0,1        | 60                                    |
| žilky         | 0,03        | 80 000 000    | 570                                | 0,2        |                                       |
| žíly          | 2           | 2 400         | 30                                 | 5          |                                       |
| velké žíly    | 6           | 40            | 11                                 | 20         | 680                                   |
| dutá žíla     | 12,5        | 1             | 1,2                                | 40         |                                       |

|           | tlak (kPa) | celkový průsvit (cm <sup>2</sup> ) | rychlost (cm.s) |
|-----------|------------|------------------------------------|-----------------|
| aorta     | 13,3       | 0,8                                | 40              |
| artérie   | 13,3-5,3   | 3                                  | 40-10           |
| arterioly | 5,3-3,3    | 125                                | 10 - 0,1        |
| kapiláry  | 3,3-1,6    | 600                                | méně než 0,1    |
| venu,     | 1,6-1,3    | 570                                | méně než 0,3    |
| veny      | 1,3-0,6    | 30                                 | 0,3 - 5         |
| vena cava | 0,2        | 1,2                                | 5 - 20          |

Obr. 91. Vztah mezi krevním tlakem, celkovým průsvitem cév a rychlostí toku krve v různých cévách.



Tlakové změny v různých oblastech cévního řečiště.

Rychlost proudění - podle tlaku a průřezu krevního řečiště (srdečnice -  $40 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ , vlásečnice -  $1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Mírné zvýšení rychlosti v žilách (duté žíly člověka -  $8 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Návrat krve žilami - mechanismy:

- tenké stěny a chlopně v blízkosti svalů
- změny tlaku uvnitř hrudní dutiny
- i slabé stahy svaloviny
- zemská přitažlivost

Proudění **laminární** (vrstevnaté) x **turbulentní** (vířivý) proud.

**Vlásečnice** - nejdůležitější - výměna látek mezi krví a tkáňovým mokem ( $\text{Ø } 5 - 20 \text{ }\mu\text{m}$ , člověk 90 km vlásečnic s plochou  $6300 \text{ cm}^2$ . Stěny vlásečnic: semipermeabilní membránové vlastnosti s rozdílnou propustností. Průchod látek.

## Řízení činnosti cév

Přesuny krve podle fyziologických potřeb (svalová práce, trávení, termoregulace) - **regulační mechanismy** – vliv sympatiku.

Sympatický (vazokonstrikční) tonus (noradrenalin) - stav stahu

Snížení aktivity sympatiku - dilatace. Parasympatikus do cév nezasahuje.

Vazodilatační vlákna sympatiku s acetylcholinem a adrenalinem.

**Centrum řízení činnosti cév** (vazomotorické c. s presorickou-*vazokonstrikční* a depresorickou-*vazodilatační* oblastí) v blízkosti centra řídicího činnosti srdce - celá oblast - **kardiovaskulární centrum** - prodloužená mícha.

Reflexní řízení (s lokálními mechanismy látkového charakteru).

- a) tlakové podněty z oblouku aorty - zvýšení tlaku krve vyvolá omezení sympatického tonu a tím roztažení cév
- b) chemoreptory reagují na snížení obsahu O<sub>2</sub> - zvýší aktivitu sympatiku, čím i vazokonstrikčního tonu, zvýší se tlak a omezí průtok krve
- c) sestupná vlákna z kůry a limbického kortexu (přes hypotalamus) vyvolávají vzestup krevního tlaku při hněvu a sexuálním vzrušení
- d) vlákna z retikulární formace dtto při bolestech



## Další lokální mechanismy

A) axonové reflexy - vazodilatační pochody bez průchodu CNS

B) látkový charakter

- histamin z žírných buněk způsobuje roztažení tepének a uvolnění prekapilárních svěračů
- vazodilatanty bradykinin a kalikrein (vznikají z globulinů krevní plazmy)
- vazokonstriktor angiotenzin (hypertenzin) (renin z plazmatického globulinu)
- serotonin z krevních destiček

C) místní autoregulační mechanismy

- vazodilatační působení kyselých zplodin látkové přeměny

# Udržování stálého vnitřního prostředí

**homeostatické** mechanismy pro

- stálou koncentraci rozpuštěných látek => osmotický tlak  
(**osmoregulační** funkce)
- pH (**exkreční** funkce)
- teplotu těla (**termoregulační** pochody)

## OSMOREGULACE

Vývoj (a vznik) živočichů v moři -> radiace do sladkých vod a souš.

|               | Koncentrace solí   | Hl. ionty  | Další  |
|---------------|--------------------|--|--|
| Mořská voda   | 3,5 % =1122 mmol/l | Cl <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>                                | Mg <sup>2+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Ca <sup>2+</sup> |
| Sladká voda   | 0 0                | Ca <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | dtto   |
| Brakická voda | 0,05-3% 10-1000    |  |  |

Tělní tekutina (většina) 300 mmol/l

Živočichové **euryhalinní** -  
**stenohalinní**

Mnozí bezobratlí - **izoosmotičtí**

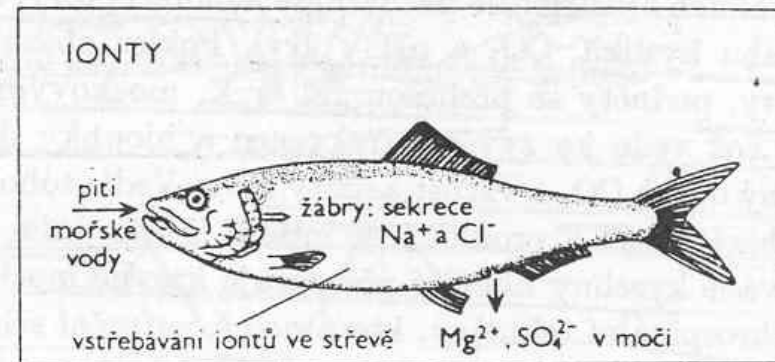
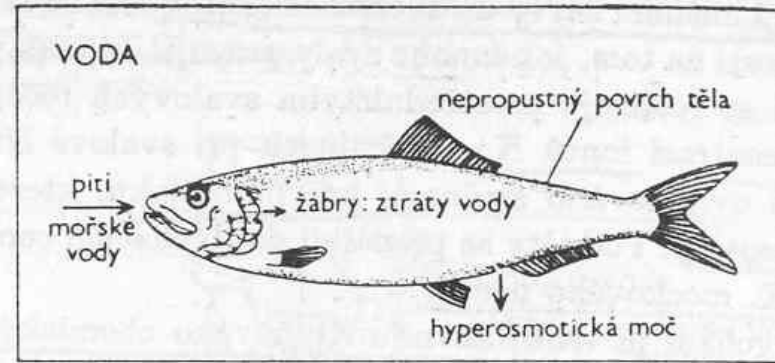
**osmokonformátoři (poikiloosmotičtí)**

- **osmoregulátoři (homoioosmotičtí živočichové)**

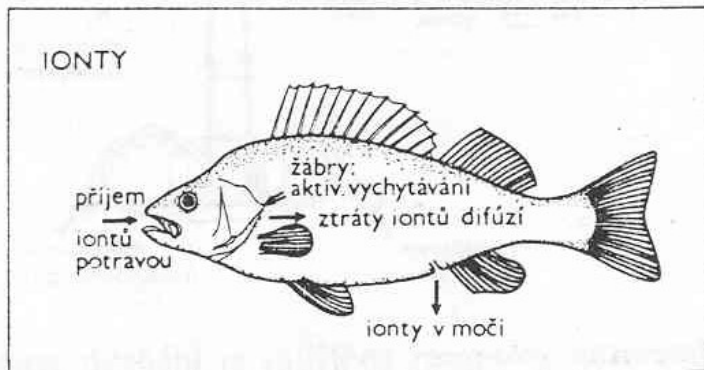
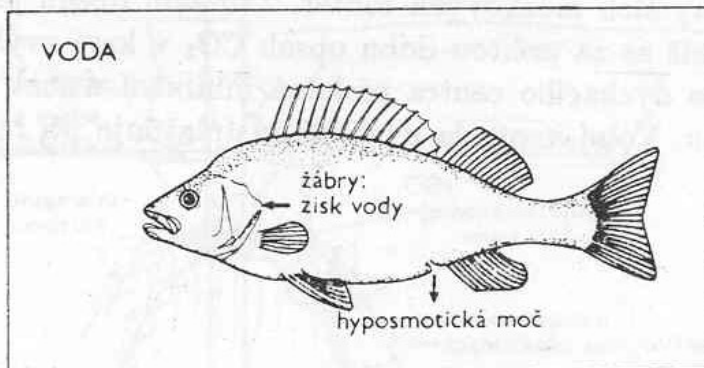
("vybírají si" - **iontová regulace**).

Výrazný vývoj selektivní schopnosti výměny některých iontů - **hyposmotičtí** živočichové - mořské kostnaté ryby - 3krát řidčí intersticiální tekutina => stálá regulace proti ztrátám vody. Hlavní cesty ztrát vody: žábry a ledviny => zlepšení jejich koncentračních schopností.

Mořské ryby kostnaté



Sladkovodní ryby kostnaté



Brakické a sladké vody - živočichové **hyperosmotičtí** (více solí v tělních tekutinách než ve vodním prostředí) => obrana proti ztrátám solí a vnikání nadbytečné vody dovnitř (přes žábry)

U suchozemských – nebezpečí vodních ztrát.  
Úkol: udržení vodní bilance (rovnováha ztrát  
vody x mechanismů regulujících příjem).

### **Mechanismy vodních ztrát**

Vypařování

Ztráty vody močí

Ztráty vody výkaly

### **Mechanismy příjmu vody**

Pití a příjem potravy

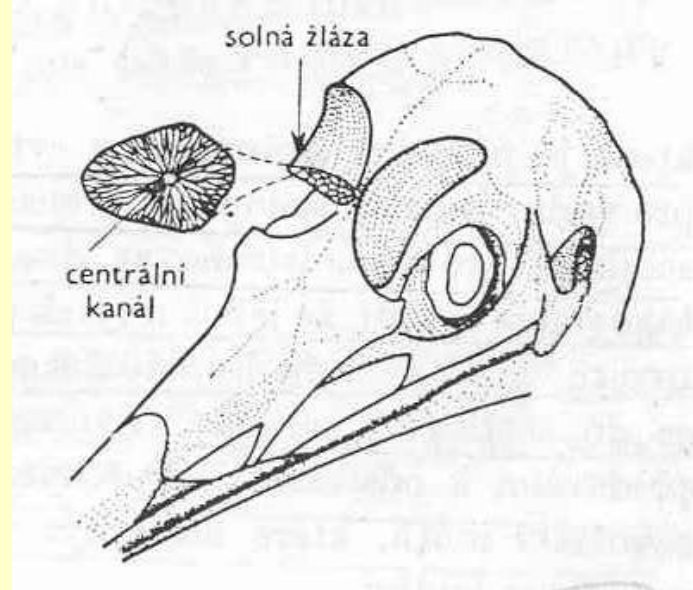
Metabolická voda (oxidační)



## Osmoregulační orgány

Těsné spojení exkreční a osmoregulační funkce.

Specializované orgány s osmoregulací –  
**solné žlázy** - ptáků a želv  
na vrcholu hlavy nad očima.  
Stejně slzné žlázy krokodýlů.



## Stažitelná vakuola prvoků

**Řízení přesunu iontů a vody – látkové:**

Bezobratlí (žížala, slimák) - nervové buňky produkují látky, které řídí obsah vody a iontů v organismu.

Obratlovci - z neurohypofýzy (ADH - antidiuretický hormon), z kůry nadledvin (aldosteron). Společné působení na úrovni povrchových membrán (žábry, kůže, močový měchýř žab) a ledvinných kanálků a na rektální a solné žlázy.

# EXKRECE

Spalování živin - produkty metabolismu z těla různými cestami:

- voda s močí, výkaly, výparem z kůže, plic
- CO<sub>2</sub> - v plicích, ale i moči, potu (jako kyselá uhličitany)
- N-sloučeniny – **exkreční orgány**

Tvorba exkrečních látek: deaminací aminokyselin → amoniak (jedovatý) - živočichové **amonotelní** (vodní).

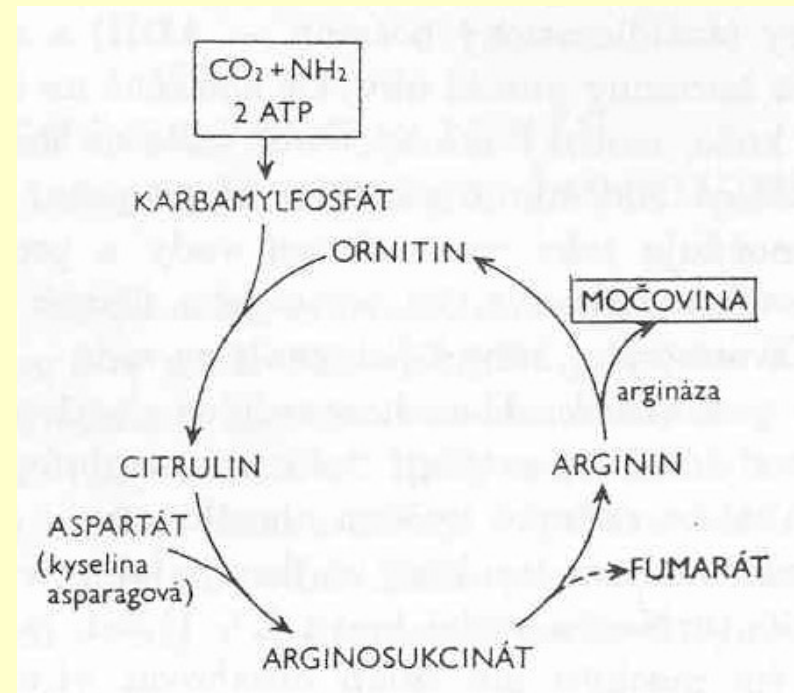
Suchozemští – přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

Živočichové **ureotelní** –

(korýši, měkkýši, ostnokožci, z obratlovců obojživelníci a savci)

**urikotelní**

(suchozemští bezobratlí – hmyz, plži, většina plazů a ptáků).



## **Odvod exkretů**

Exkreční ústroje morfologicky rozmanité, společné znaky:

1. kromě odstraňování nepotřebných (škodlivých) látek  
i regulace osmotického tlaku
2. vztah k tělní tekutině
3. podoba trubic, které jímají exkreční tekutinu (izotonickou)  
filtrací (hmyz ne).
4. resorpce a sekrece - proti koncentračnímu spádu, potřeba  
energie

Prvoci, houby, láčkovci, ostnokožci - bez exkrečních orgánů.

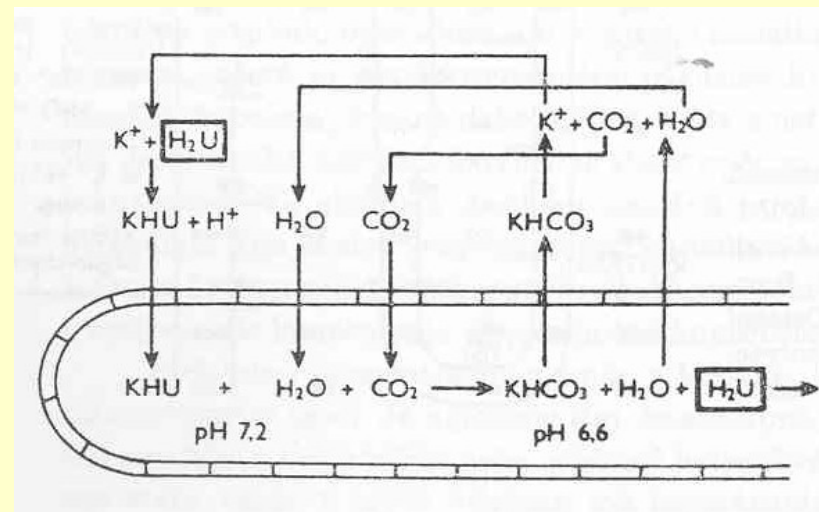
Vyšší živočichové - 4 typy vylučovacích orgánů:

1. nefridiální orgány hlístů, červů a měkkýšů

2. Antenální žlázy korýšů

3. Malpighické žlázy hmyzu

4. Ledviny obratlovců



Obr. 115. Přesun kys. močové (H<sub>2</sub>U) přes stěnu malpighických žláz u hmyzu.

## Ledviny obratlovců

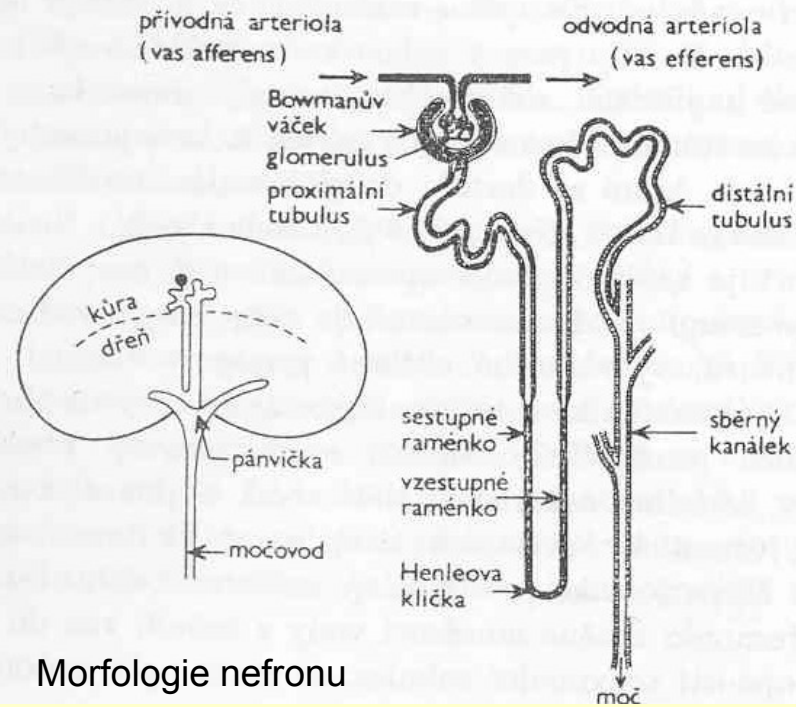
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů - pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

### Nefron:

**Bowmanův váček** v kůře, v něm klubičko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z B. v. - vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) - narovnání - přechod do dřeně - sestupná větev *Henleovy kličky*, vzestupná větev H. k. zpět do kůry, rozšířený zprohýbaný vinutý kanálek II. řádu (*distální tubulus*) → sběrný kanálek v dřeni s dalšími - společný vývod na vrcholu ledvinné pyramidy do pánvičky

a) **kortikální** nefron s krátkou H.k. - téměř celý v kůře

b) **juxtamedulární** nefron - glomerulus v kůře u hranice s dřením, dlouhá H.k.



Morfologie nefronu

### Člověk

- 7 kortikálních nefronů,  
1 juxtamedulární nefron,  
celkem 7 miliónů v 1 ledvině.  
Skot 4 mil., kočka 230000, myš 5000.



Krevní zásobení

- sestupná aorta →  
krátká **renální tepna** –  
rozpad na arterioly.

Ty vnikají do ledvin:

větve k Bowmanovým váčkům -  
**přívodné arterioly** (*vas afferens*),  
kapiláry v B.v.

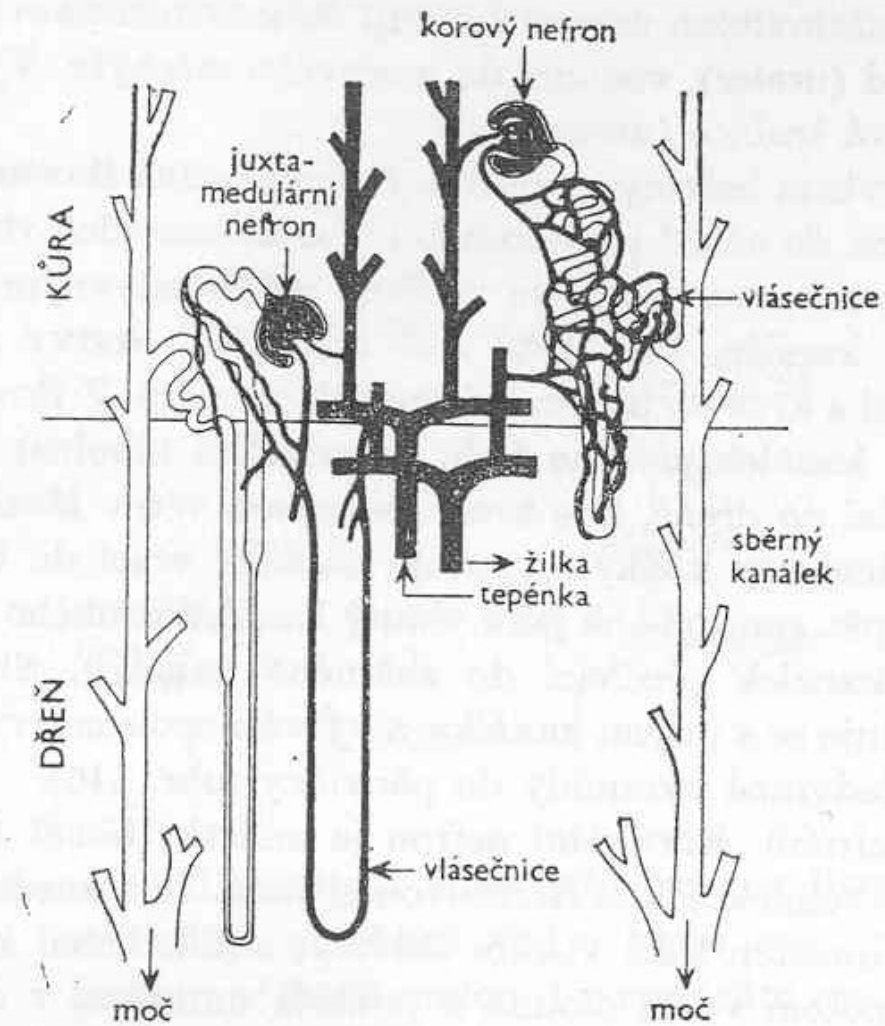
→ spojování v **odvodnou arteriolu**  
(*vas efferens*),

ty ke kanálkům,

rozpad na vlásečnice →  
žilky → renální žíla → dolní dutá  
žíla.

Průtoky: člověk 1 300 ml /min.

Práce - stah renálních cév - pokles  
průtoku, přesun krve ke svalům.



Obr. 117. Krevní zásobení nefronu.

## Funkce ledvin:

oddělení zatěžujících látek z krve -  
udržení stálého vnitřního prostředí

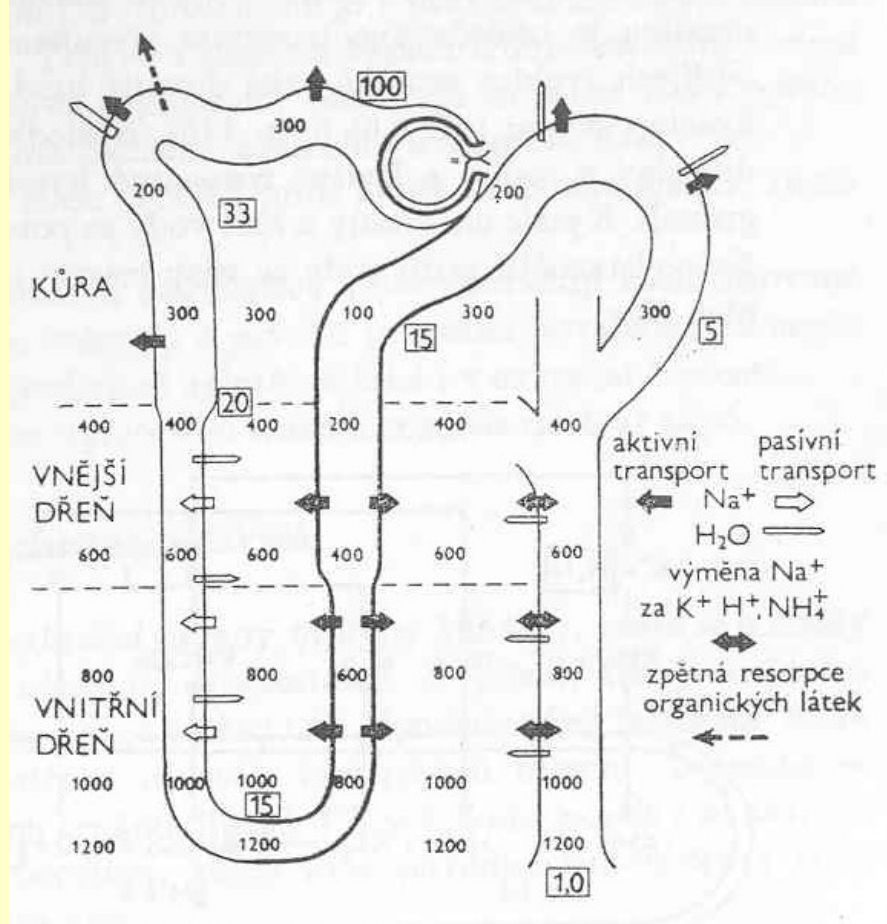
**Glomerulus:** - filtr – oddělí tekutinu od  
krevních buněk a bílkovin – **izotonický**  
filtrát s krevní plazmou

Vyšší tlak krve - vyšší filtrace.

Změny tlaku v Bowmanových váčcích –  
závislé na relativním stupni konstriktce  
přívodné a odvodné arterioly.

Intenzita glomerulární filtrace - v obou  
ledvinách **za den** člověk profiltruje **150 l**  
tekutiny – 1200 g NaCl, 200 g glukózy.  
Zpětná resorpce.

Účinnost: reabsorpce glukózy - 100 %,  
NaCl 99,5 %, vody 99 %. První dva:  
aktivní proces s enzymatickým nosičem  
+ energií, voda – pasivně osmotickým  
gradientem.



Obr. 118. Schéma procesů probíhajících v tubulech ledvin. Čísla v rámečku udávají procenta vody prošlé Bowmanovým váčkem. Ostatní čísla udávají koncentraci osmoticky aktivních částic v mmol/l.

Vstřebávané látky v  
předním úseku proximálních tubulů:

glukóza  
aminokyseliny  
kyselina askorbová (C)  
 $\text{Na}^+$   
jiné elektrolyty  
voda (80 %).

### Sestupné rameno Henleovy kličky

propustné pro vodu,

**vzestupné** nepropustné –

značná resorpce  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$

→ do vinutého kanálku II. řádu

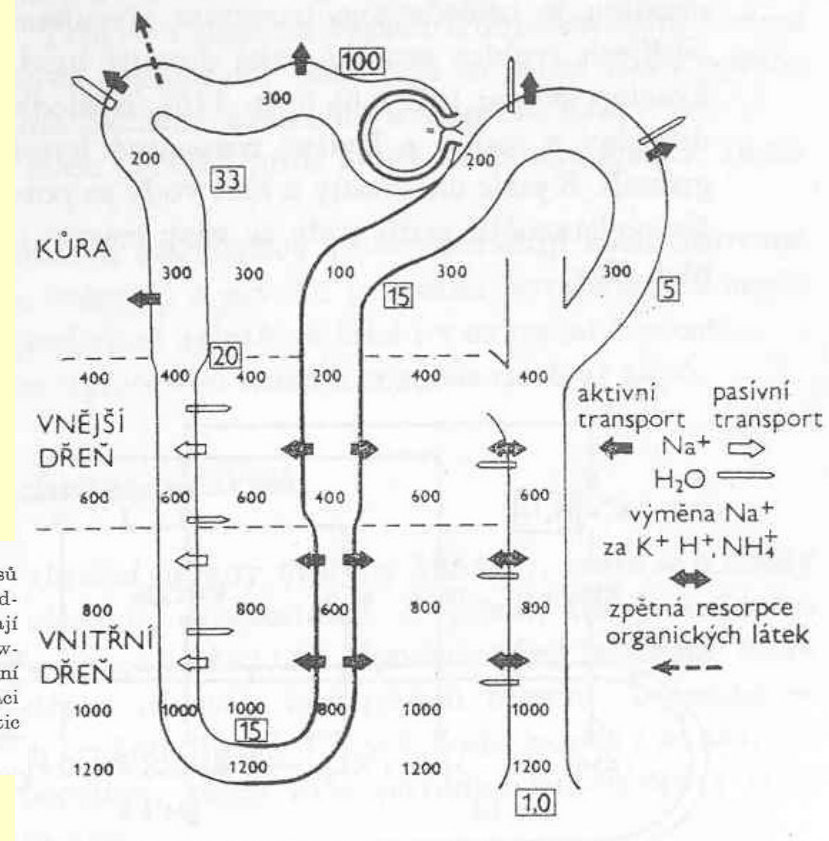
– hypotonická moč (100 mmol/l),

přesun dalších 10 % vody →

izotonická tekutina ve sběrném kanálku ledviny - další aktivní přesun  $\text{Na}^+$  ven - zahušťování, další difúze vody a koncentrace moči. Výsledek - 1200 mmol/l.

Podstata koncentračních změn v ledvině - protiproudový mechanismus tvorby moči.

Tvorba moči - člověk 1,5 l za den (50 g pevných látek - 30 g močoviny, 15 g NaCl, další anorganické látky, stopy hormonů, produkty rozpadu - kreatinin, k. močová aj.



Obr. 118. Schéma procesů probíhajících v tubulech ledvin. Čísla v rámečku udávají procenta vody prošlé Bowmanovým váčkem. Ostatní čísla udávají koncentraci osmoticky aktivních částic v mmol/l.

## Řízení činnosti ledvin

a) řízení průtoku krve - nervově - sympatikus

- průtok v kůře - bez výrazných změn, pouze změny krevního tlaku
- průtok dřeni - závislý na krevním tlaku - změny periferního odporu v přívodných a odvodných arteriolách a změny v počtech otevíraných kapilár v glomerulech

b) výměna látek v tubulech - humorální

- ADH (antidiuretický hormon) hypofýzy řídí zpětnou resorpci vody změnou velikosti pórů v proximálních tubulech
- aldosteron z kůry nadledvinek zvyšuje reabsorpci  $\text{Na}^+$  v distálních tubulech, zvyšuje vylučování  $\text{K}^+$  a  $\text{H}^+$
- paratyreoidní h. - snižuje zpětnou resorpci fosfátů

## Močení

Močový měchýř - shromažďování moči.

Plastické stěny se svalovými vlákny (hladká), autonomní nervový systém.

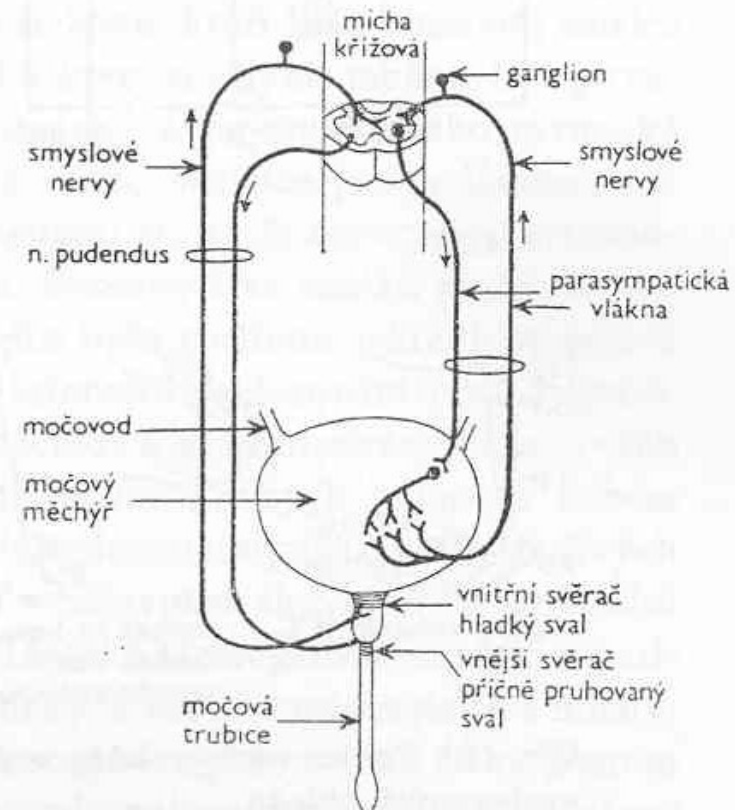
Překročení určitého tlaku - (po roztah) -

podráždění receptorů - reflex přes křížovou míchu - stah svalů močového měchýře -

parasymptikus. Současné uvolnění svěračů močové trubice (somatická nervová vlákna) -> vyprázdnění močového měchýře

- reflexní děj na úrovni míchy s ovládáním vyššími patry nervové soustavy (vůlí).

Obr. 119. Nervové děje řídící výdej moči.





# Hospodaření teplem

Teplota - faktor ovlivňující intenzitu fyziologických pochodů.

**Poikilotermní** (ektotermní, studenokrevní) x  
x **homoitermní** (endotermní, teplokrevní) živočichové.

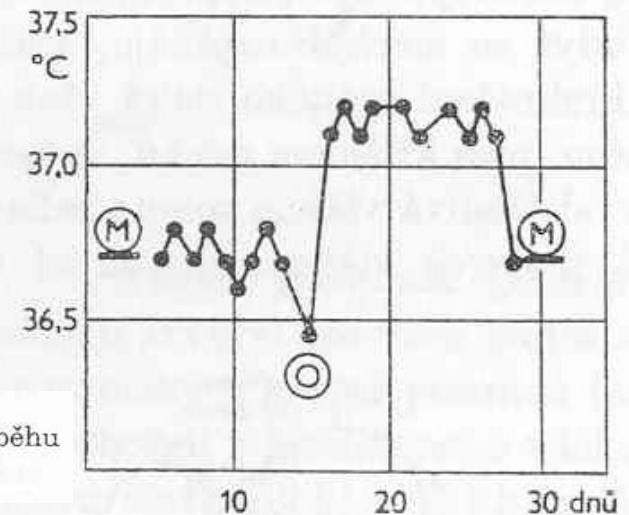
Silná závislost na teplotě prostředí

- ovlivnění aktivitou (zvýšení až o 12° C)
- ovlivnění energií slunečního záření
- aktivní ovlivňování tělesné teploty - včely v úlu

Specifické receptory na teplotní změny - až plazi

Teplota homoiotermů - okolo 37°C savci, ptáci vyšší.

Změny.



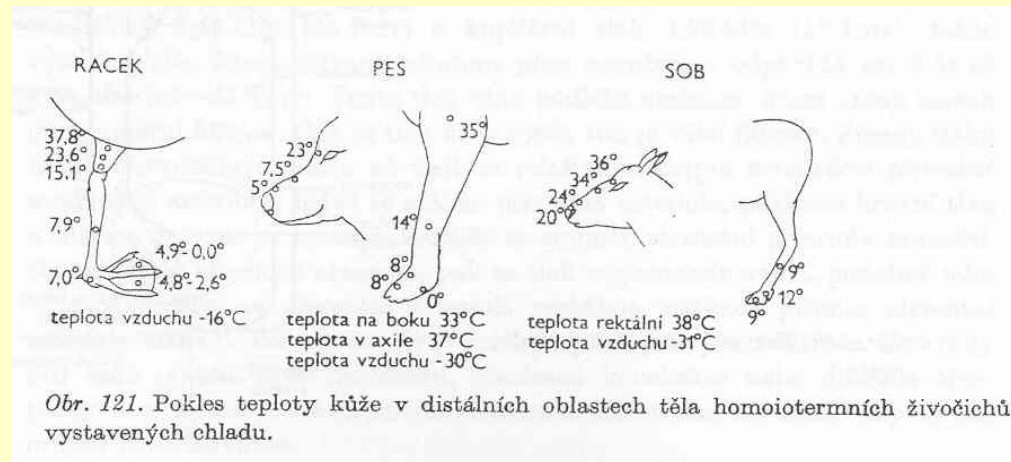
Obr. 120. Změny klidové teploty ženy v průběhu ovulačního cyklu.



Povrchové oblasti - většinou chladnější (i výrazně).

$T > 41^{\circ}\text{C}$  - smrt savců,  $T < 25^{\circ}\text{C}$  ireverzibilní poruchy srdeční činnosti (nepravidelnosti převodu vzruchů mezi předsíněmi a komorami).

Stálost tělesné teploty - regulační systémy (vznik x výdej tepla podle prostředí, izolační vrstvy, ...)



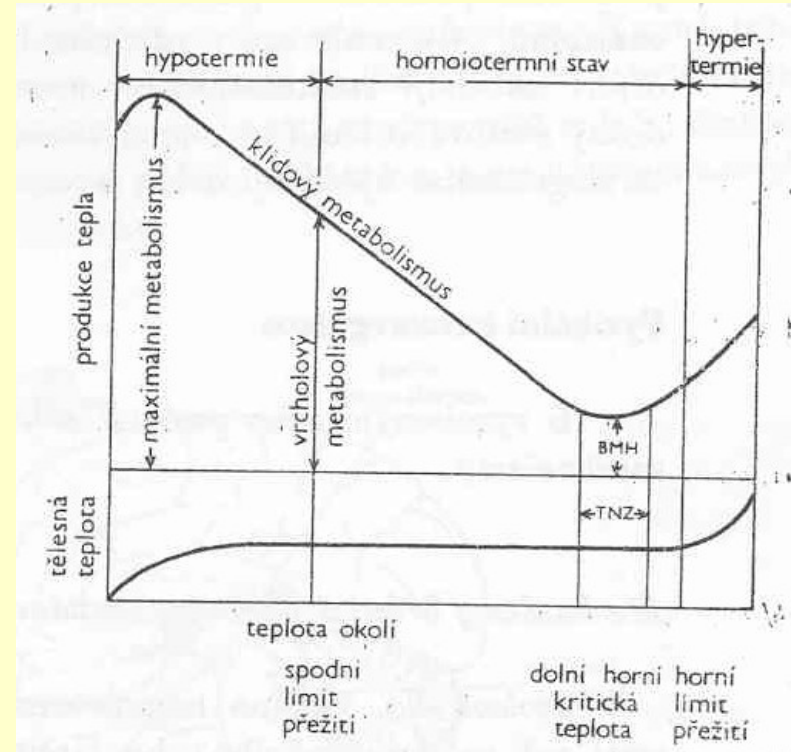
Zisk tepla:

- oxidace základních látek (cukry, tuky, bílkoviny) - spalování
- a) primárně vedlejší produkt 55 % cukrů - 2,88 kJ/mol (0,69 kcal/mol)
- b) štěpení ATP - zbytek (45 %) energie živin -> chemická energie  
fosfátových vazeb - využitelná pro všechny biologické děje
- c) teplo z prostředí - fyzikální cesty

Ztráty tepla: povrchem těla prouděním (*konvekce*), sáláním (*radiace*) - velikost ztrát stoupá se snižující se teplotou okolí. Význam vypařování - stoupá se zvyšující se  $t$  okolí. Ztráty tepla vedením (*kondukce*) jsou málo významné ve vzdušném prostředí.

## Mechanismy tepel. rovnováhy

Homoiotermové - při určité t okolí rovnováha mezi výdejem a příjmem tepla bez termoregulačních dějů - **zóna termoneutrality** - okolo 30°C. Různý rozsah. Přesáhnutí termoneutralní zóny - činnost termoregulačních mechanismů: chemické a fyzikální. Souhra: neurohumorální děje.



## Chemická termoregulace

Změny produkce tepla v těle. Nižší teplota (než termoneutralní zóna) - teplotní ztráty - kompenzace produkcí tepla (zvýšení metabolismu až organismus nestačí pokrýt tepelné ztráty a prochládá). Metabolický kvocient = 3 - 6.

## Chemická termoregulace

Produkce tepla v chladu: svalový třes, netřesová termogeneze.

**Svalový třes** - primární termoregulační význam. Rytmické nevolní oscilace příčně pruhovaných svalů. Jsou náhodné, nekoordinované končetin. Synchronizace do tzv. výbuchů

**Netřesová termogeneze** je vyvolána termogenním působením hormonů (noradrenalin) ze sympatického nervového systému a dřeně nadledvinek. Novorozenci a chladově adaptovaní živočichové, u větších (nad 10 kg) se nevyskytuje. U malých zvyšuje BMH až 5krát. Je lokalizována v hnědé tukové tkáni a částečně v kosterní svalovině.

## **Fyzikální termoregulace**

Mechanismy hospodaření s teplem (vyrobeným i získaným).

Tepelná obrana proti ztrátám

Izolace těla

Prokrvení kůže

Změny v chování

## **Tepelné ztráty**

**Pocení** – někteří, potní žlázy nerovnoměrně rozloženy.

Člověk denně až 10 l potu – neutrální - slabě kyselý,

2 % sušiny - kyselina močová, glukóza, NaCl,

nižší mastné kyseliny (zápach). Ztráty tepla dýchacími cestami.

**Vazodilatace** – při přehřátí - roztažení cév, zvýšení tepelných ztrát povrchem (teplé prostředí, práce, teplé jídlo a pití).

**Nepozorovatelné vypařování** (*perspiratio insensibilis*) – denní ztráty až 800 ml vody a 1884 J

## **Chování živočichů**

## Řízení hospodaření teplem

Fyzikální a chemická termoregulace - nervov

Termorecepce - termoreceptory v kůži

Další reakce:

změny t krve zásobující mozkový kmen.

Integrace - přední hypotalamus.

Nižší termoregulační centra –

segmenty míchy

(vazomotorické reakce, vylučování potu),

mozková kůra - podmíněné reflexy

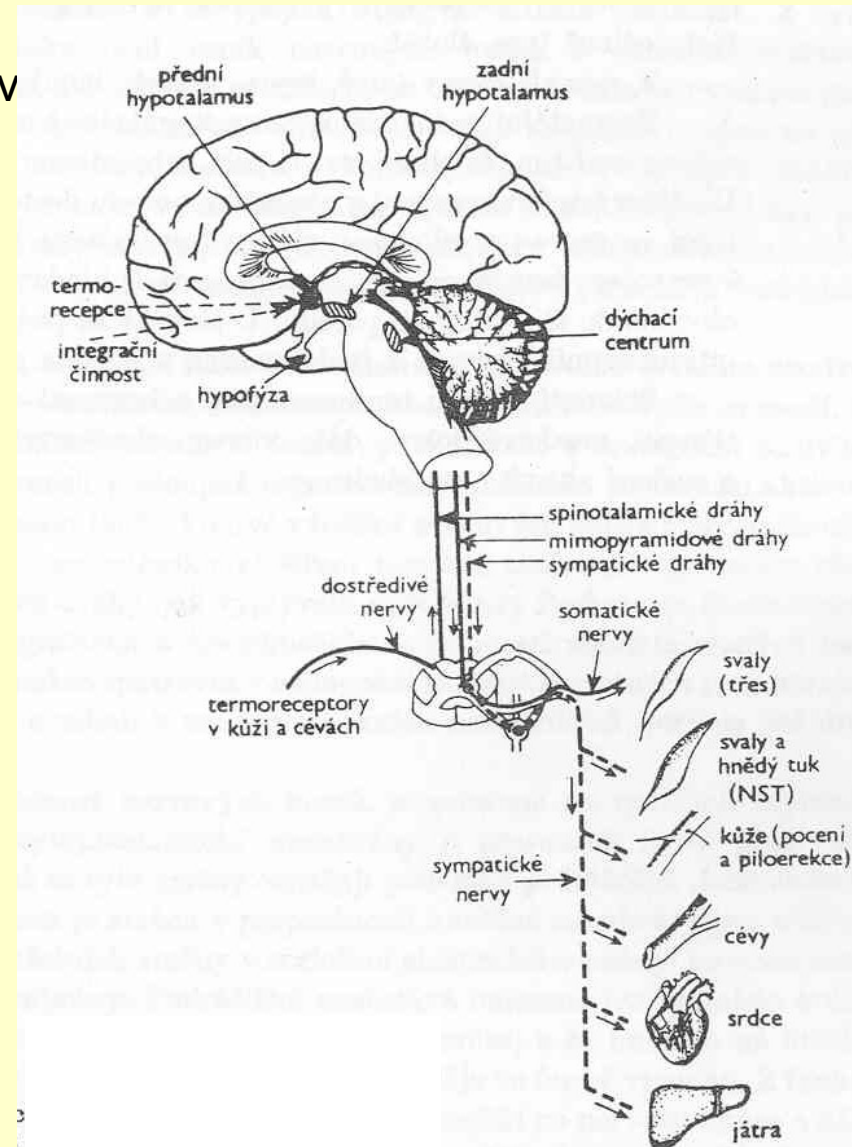
(vazodilatace, pocení - emoce

bez termoregulačního významu,

denní rytmy tělesné teploty).

Odstředivé dráhy

začínají v (zadním) hypotalamu,



## **Vývoj termoregulace v ontogenezi**

Podle kvality termoregulace v okamžiku porodu:

1. zralé formy (kuře, morče)
2. formy s termoregulací odlišnou od dospělců (pes, člověk)
3. nezralé formy (myš, krysa, křeček, holub aj.)

Stárnutí organismu - snižování termoregulačních schopností (menší funkční plastičnost mozkové kůry, zhoršení vazomotorických reakcí, snížení aktivity metabolismu aj.).