

# **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

**Mechanické zpracování** potravy - drcení, zvlhčování -> kašovitá hmota  
(většinou přední část trávicí trub.)

**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

c) tlusté střevo + konečník

## **Rozdíly 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 - ptaylin = amyláza + maltáza

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

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 Meissnerova submukózní pleteň a submukéza se sliznicí) 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 bachoru přes čepec do úst - přeslinění - spolknutí přes knihu (prolistování, velké části zpět do b.) do slezu (vlastní trávicí žaludek)

## Enzymatické vybavení žaludku

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

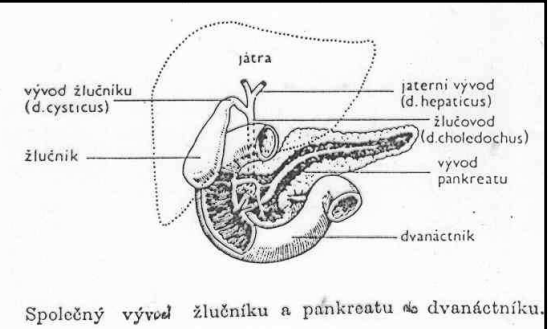
**Gastriscin** (katepsin, pepsin B) pH 3,8 - před pepsinem

**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**.

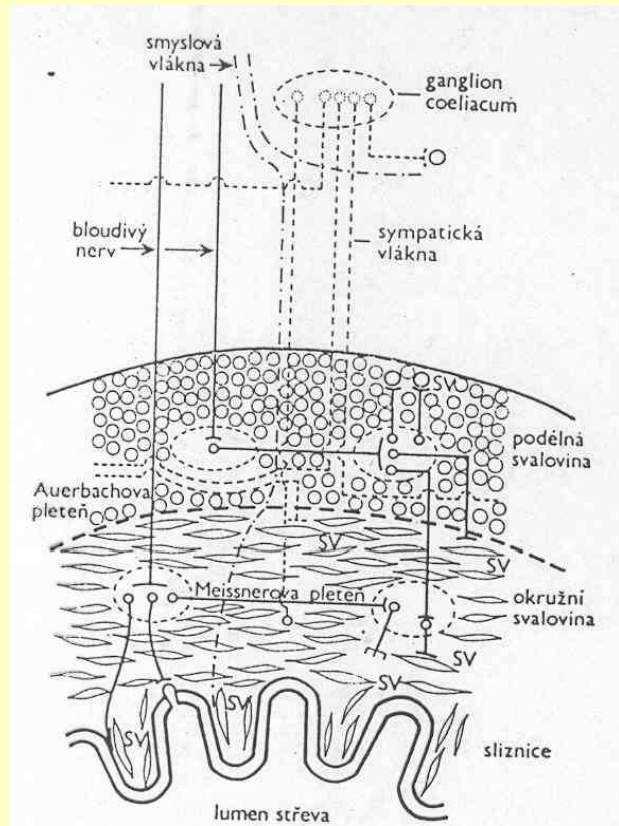
**Tenké střevo** - dokončení trávení, vstřebání  
 dvanáctník (*duodenum*) - 25 cm - vývod trávicích žlaz  
 vlastní střevo 3 - 5 m / lačník (*jejunum*) + kyčelník (*ileum*)



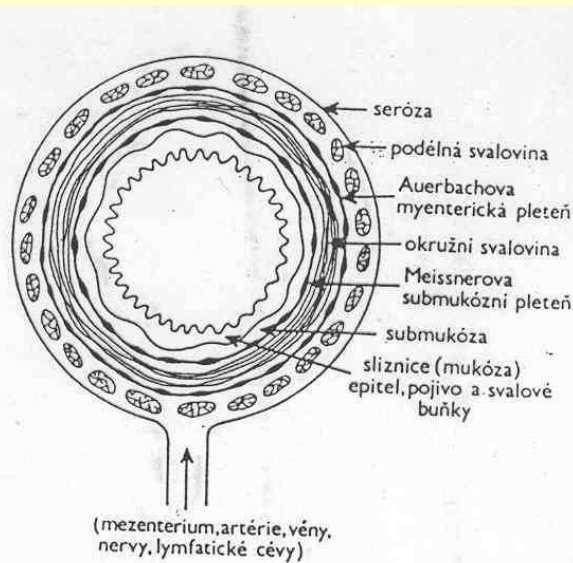
Stavba stěny

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

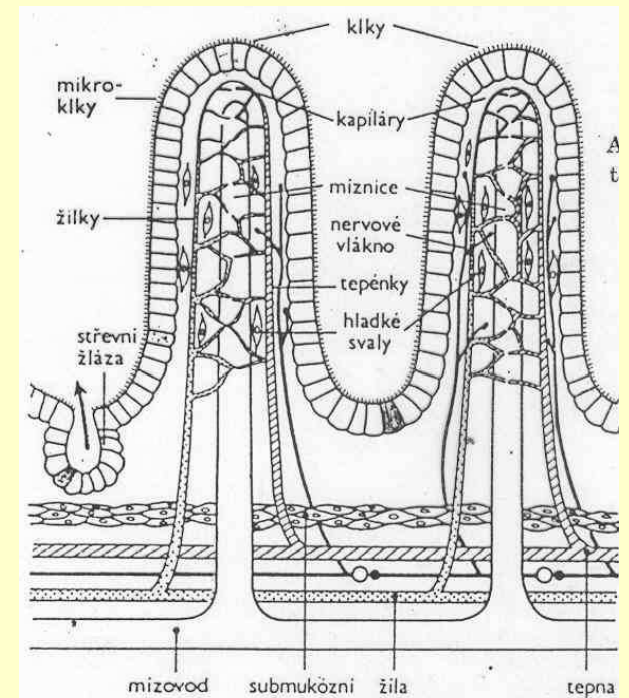


Inervace trávicí trubice.



Anatomické poměry v tenkém střevě obratlovců.

### Anatomie tenkého střeva a klku





## Sekrece tenkého střeva a slinivky

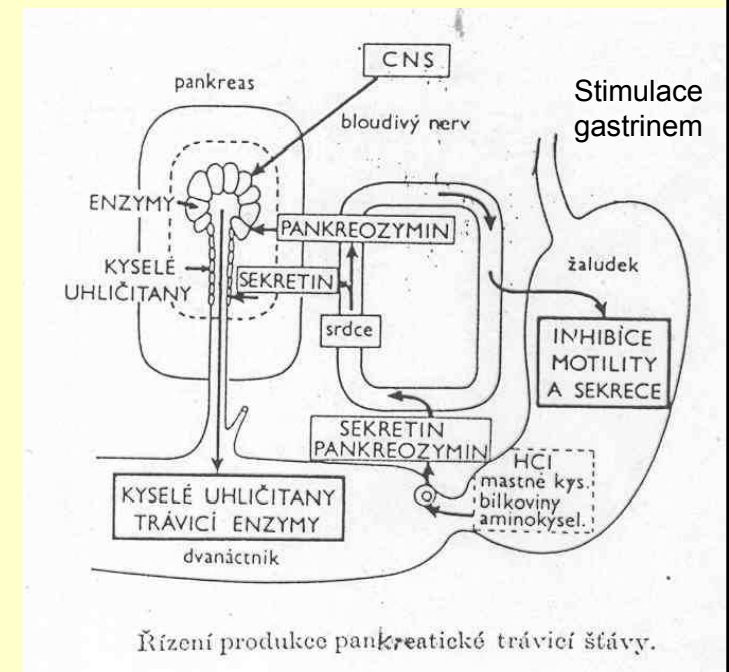
Slinivka břišní (*pankreas*) - 1000 ml, bikarbonáty neutralizují kyselou natráveninu. Z enzymů: amylázy, lipáza (steapsin), elastáza (erepsín) a proteolytické trypsin a chymotrypsin.

Sřevní šťáva: - pepsidázy (dříve erepsin)

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

## Luminární x kontaktní trávení.

Produkce trypsinu je řízena pankreozyminem,  $H_2CO_3$  **sekretinem**.





## 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

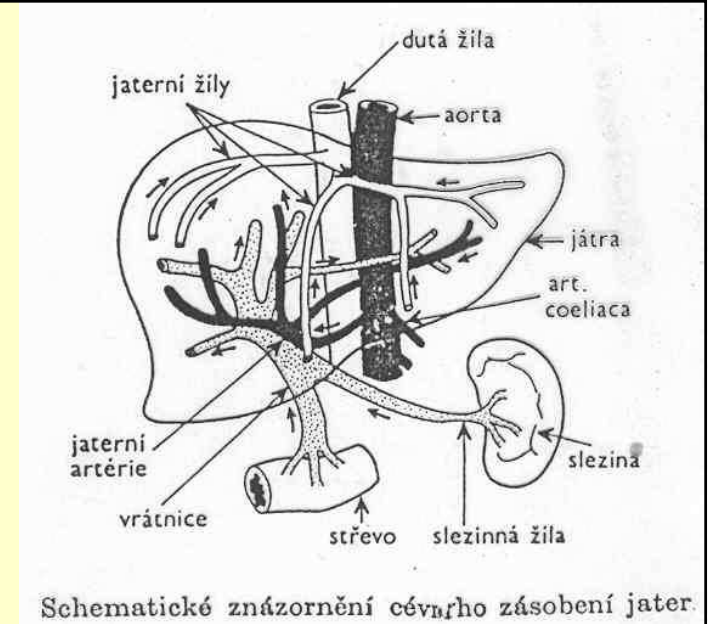
se žlučovými barvivy, solemi žlučových kyselin, lecitinem, cholesterolem

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



## 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

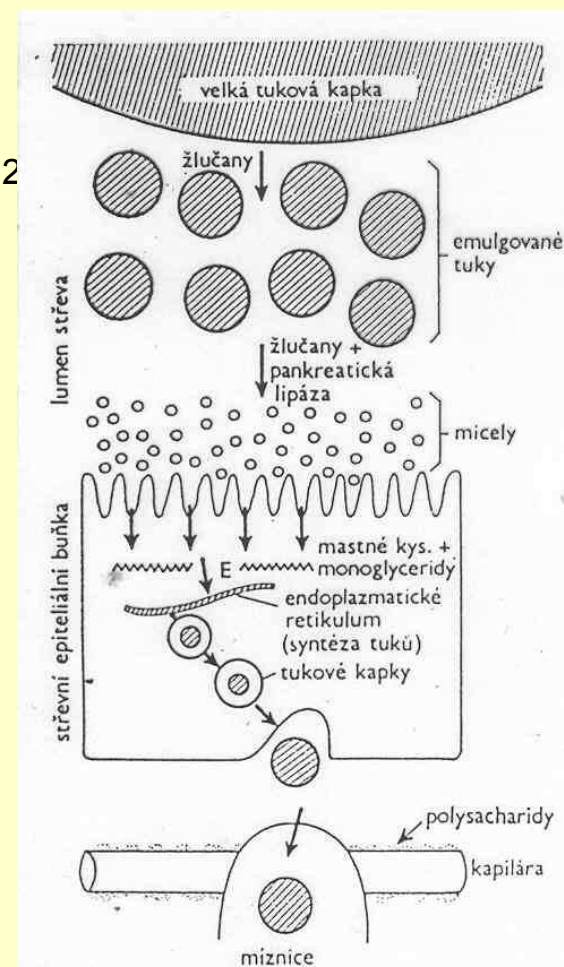
Vstřebávání vitamínů podle jejich rozpustnosti.

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)

## 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

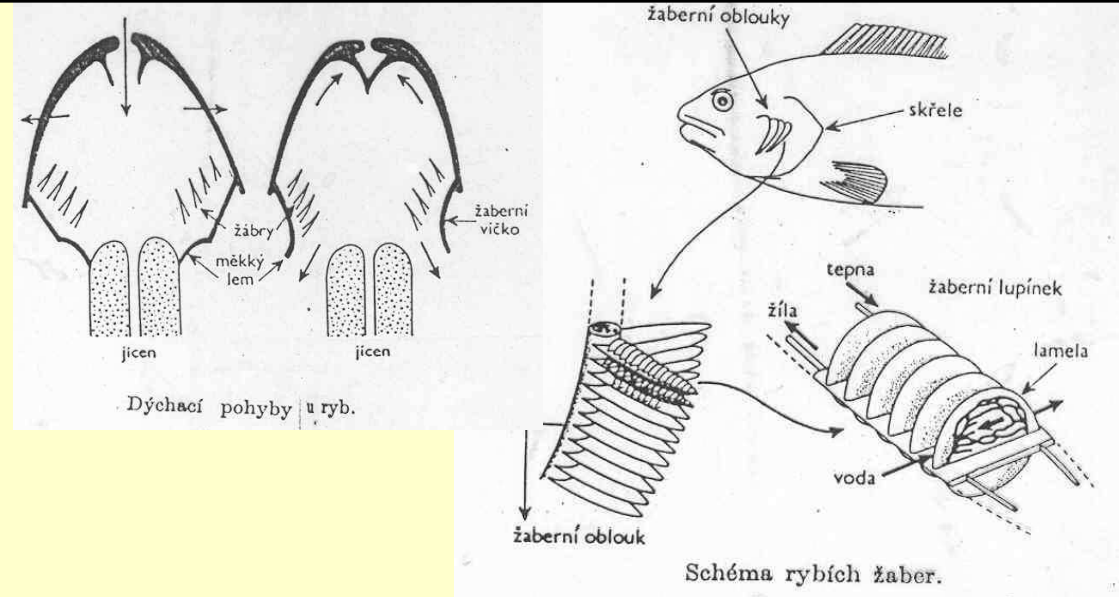
2. udržování vysokého difúzního spádu plynů na vnější dýchací ploše

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 hvězdicovitou buňkou → **tracheoly** (5 ramen). Tekutina v tracheolách pulzuje podle botnací síly

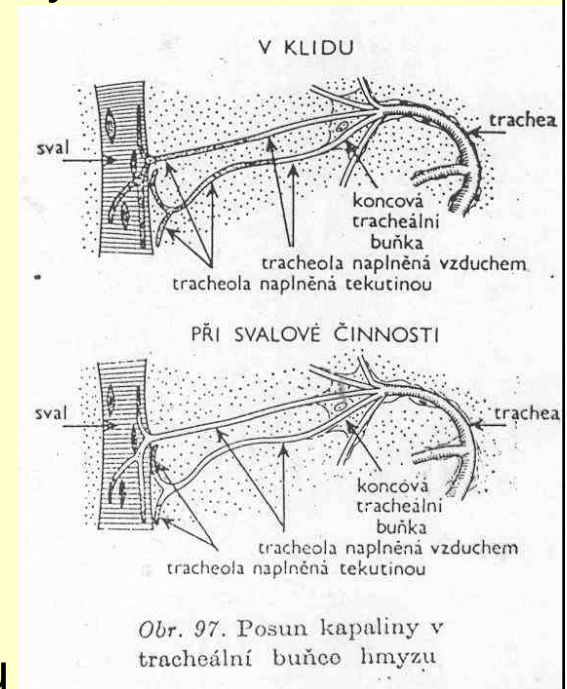
koloidní hmoty stěn tracheol a okolní cytoplazmy

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

- dorsoventrální zploštění abdomenu
  - zasouvání a vysouvání abdominálních článků
  - 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**.

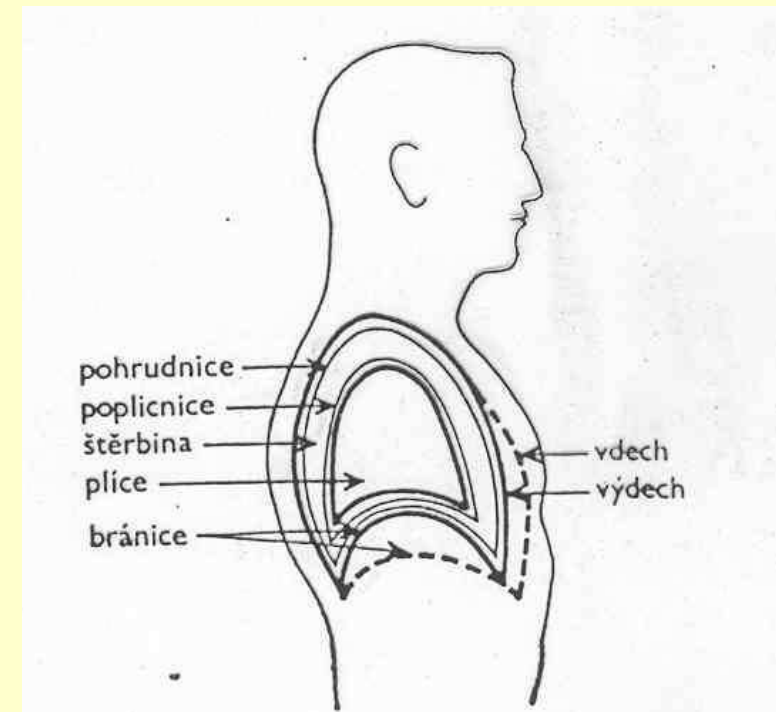


# Plíce

V hrudní dutině.

Přívodní cesty: nozdry, ústa, vlastní dýchací cesty – průdušnice, průduškyx, průdušinky (trachea, bronchi, bronchioli) do plicních váčků savců (sklípků - alveolů - 1 mm, obetkané vlásečnicemi) - 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)



Přesun plynů - dýchací pohyby.

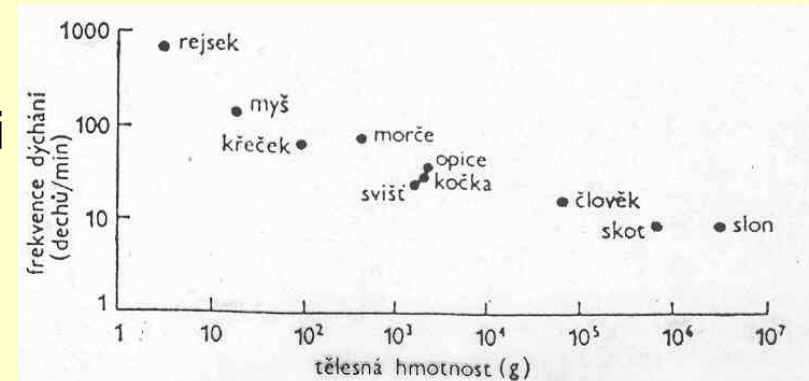
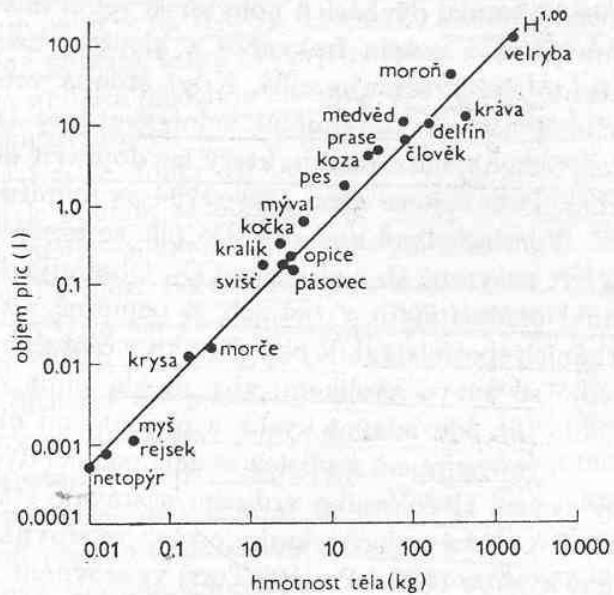
**Vdech** (inspirium) x **výdech** (ex-)

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)



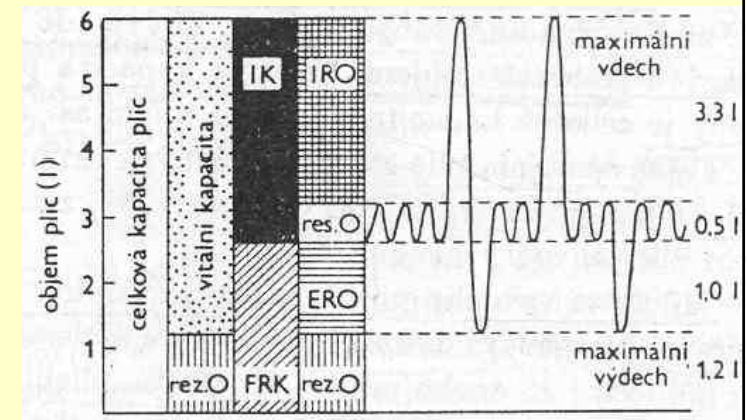
**Plicní objemy** - mrtvý prostor - 150 ml  
klidový dechový (respirační) objem (500 ml)  
inspirační rezervní objem (3,3 l)  
expirační rezervní objem (1 l) - dohromady **VKP**  
Vždy zbude v plicích reziduální objem (1,2 l).

## 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.

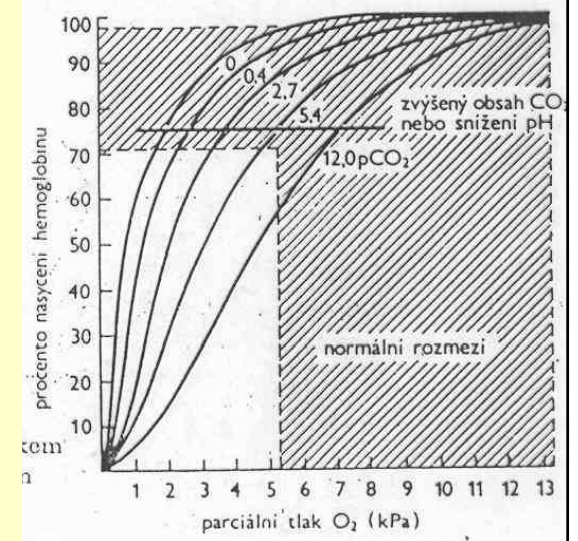
Krev z celého těla do plic - značný obsah CO<sub>2</sub>, málo O<sub>2</sub>. V plicích částečné odstranění CO<sub>2</sub>, sycení O<sub>2</sub>. Stálé složení alveolárního vzduchu.



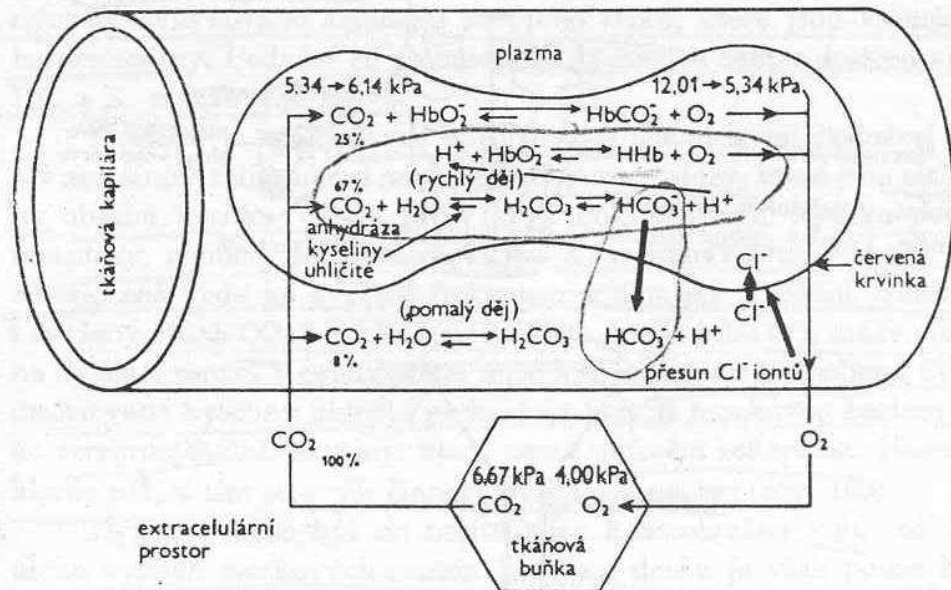
Plicní objemy: IK – inspirační kapacita, FRK – funkční reziduální kapacita, IRO – inspirační rezervní objem, ERO - expirační r.o., rez.O – reziduální objem, res.O – respirační objem



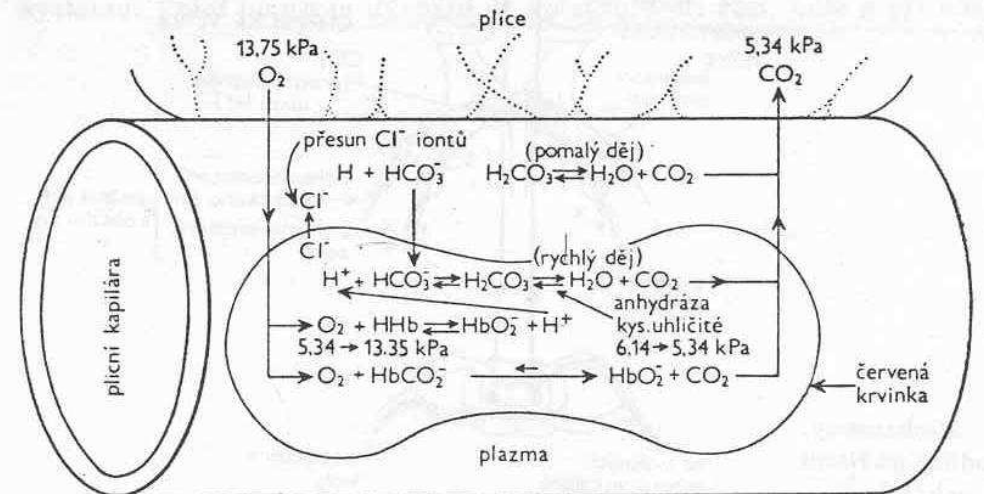
**Přenos O<sub>2</sub>:** oxyhemoglobin,  
rozpuštěný v plazmě nevýznamný (1 %)  
Sycení hemoglobinu kyslíkem



**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)  
**CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O -(ah)->H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-> H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> H<sup>+</sup> + HbO<sub>2</sub> ->O<sub>2</sub> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**



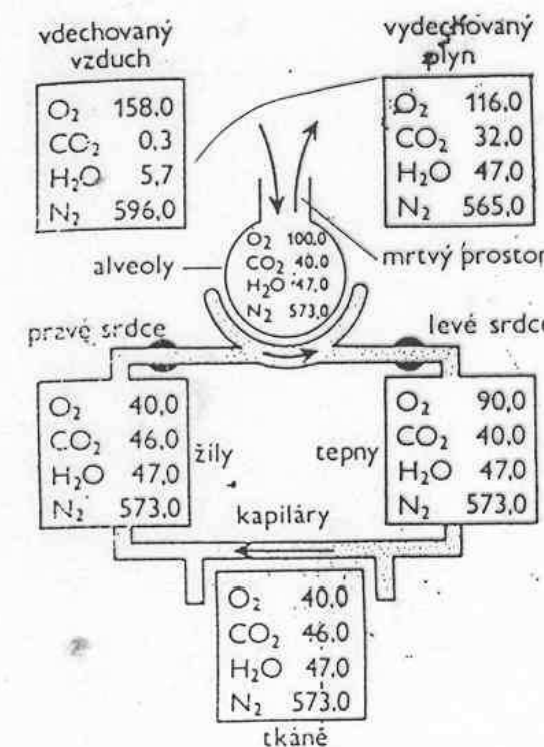
Obr. 104. Přesuny plynů v oblasti tkáňových vlásečnic.



Obr. 105. Přesuny plynů v oblasti plicních vlásečnic.

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

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

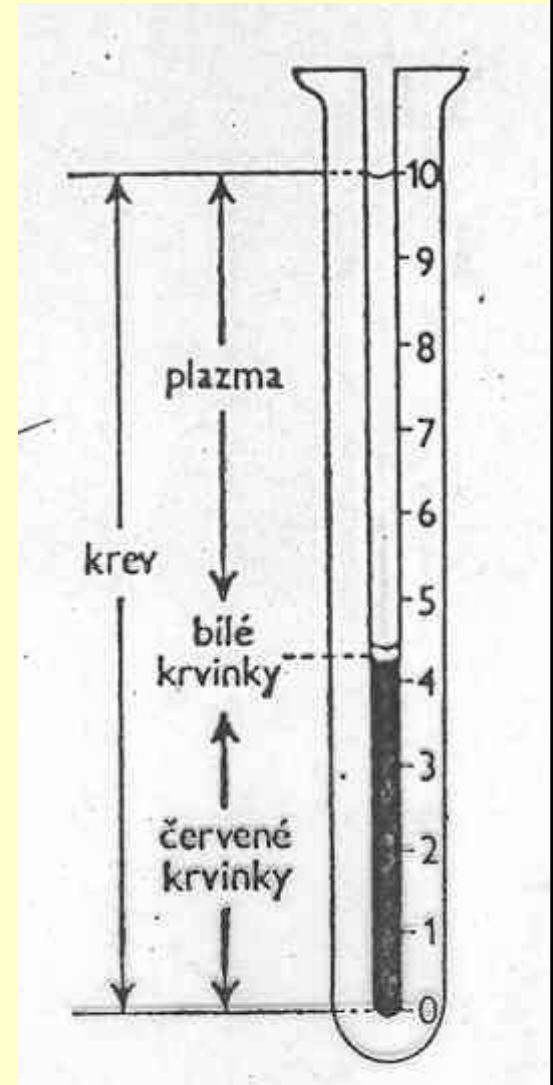
- tekutá složka (krevní plazma) muž 54, žena 59 %

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

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

U nižších obratlovců: objem buněk nad 15 %,

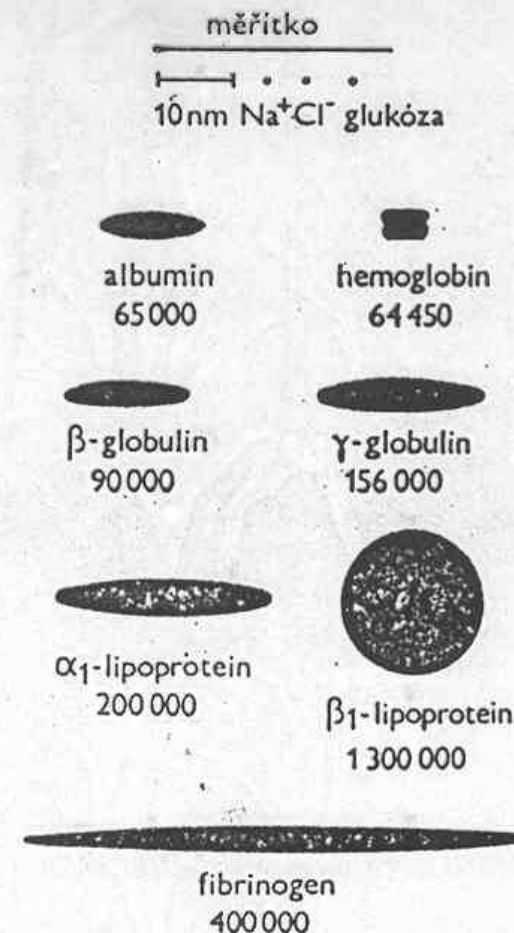
člověk 54(59) : 46(41)





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

- albuminy (mol. hmotn. 69 000) - 60 % bílkovin
- globuliny ( $\alpha$ ,  $\gamma$ , - - 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)



Obr. 69. Molekulová hmotnost a relativní rozměry některých bílkovinných molekul krevní plazmy.

## Krevní buňky

### - červené krvinky (erytrocyty)

U obratlovců oválné s jádrem (3 - 9krát > než lidské), u savců okrouhlé (piškotovité) a zploštělé bez jádra (lidské  $\varnothing$  6,7 - 7,7  $\mu\text{m}$ , tl. 2 $\mu\text{m}$ ). Monomolekulární povrchové vrstvy, bílkovinné stroma s roztokem hemoglobinu (37 %)

Množství erytrocytů - 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)

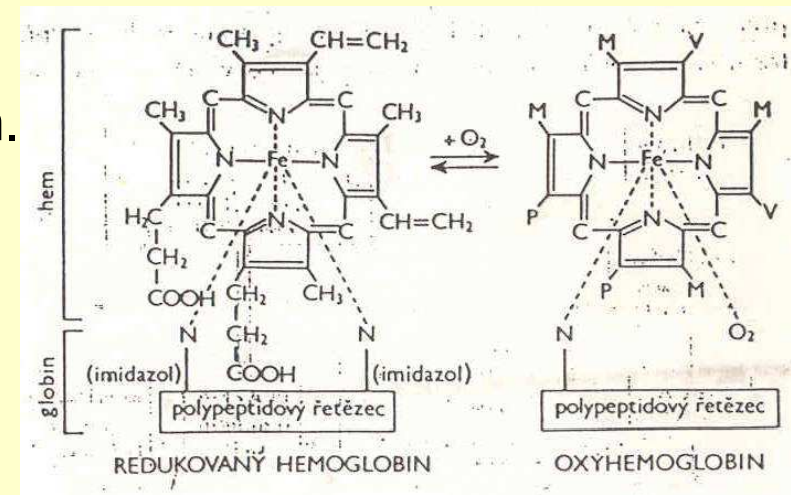
**Hemocyanin** - Cu, v hemolymfě (rak, škeble, hlemýžď, hlavonožci) - třetinová vázací schopnost (70 ml O<sub>2</sub> na 1 l krve) oproti hemoglobinu (200 ml)

**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/

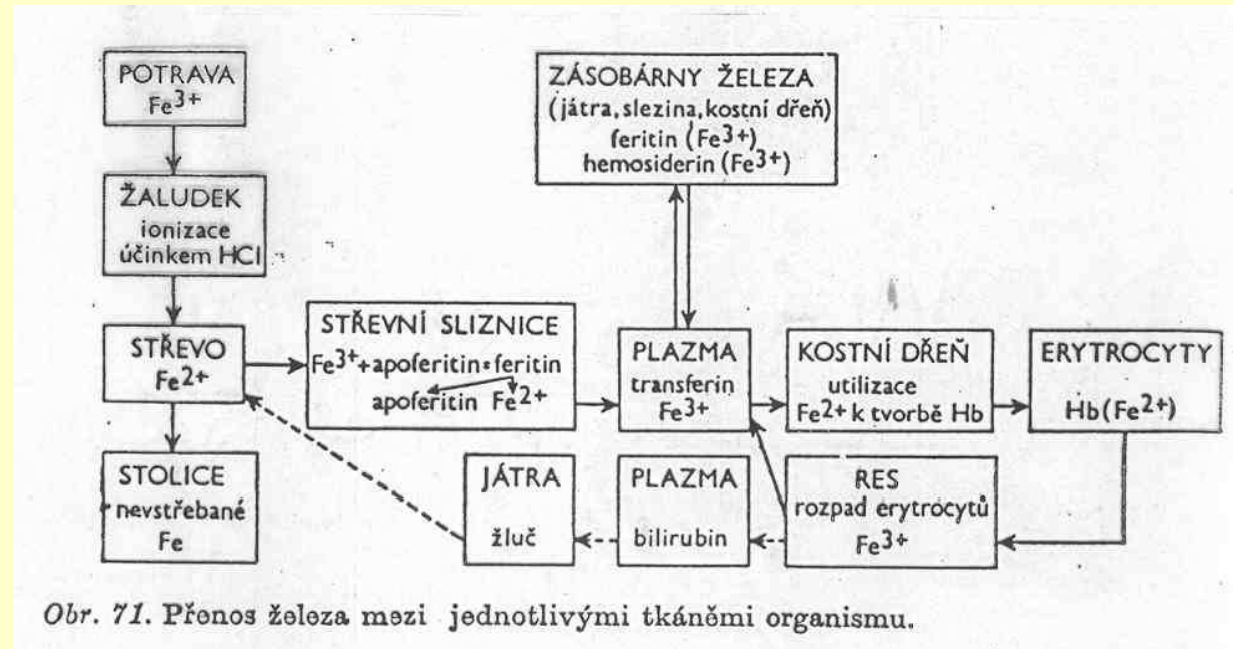
b. → do kostní dřeně).

Rozpad Hmgl v RES, Fe →transferin.

Bilirubin do krve,

vychytáván játry do žluče,

Vylučován stolicí.



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. Nefagocyty, tvorba protilátek

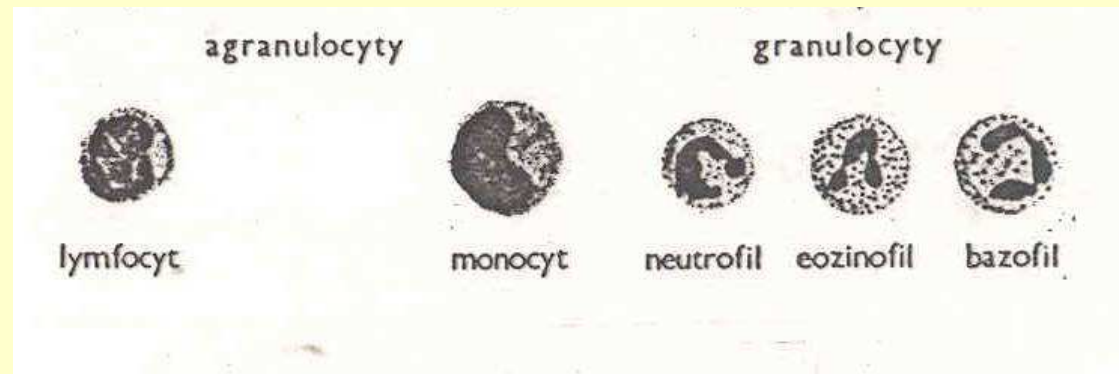
**monocyty** - největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocyty.

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

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

**eozinofily** pomnožují se za patolog. stavů, fagocyty (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.

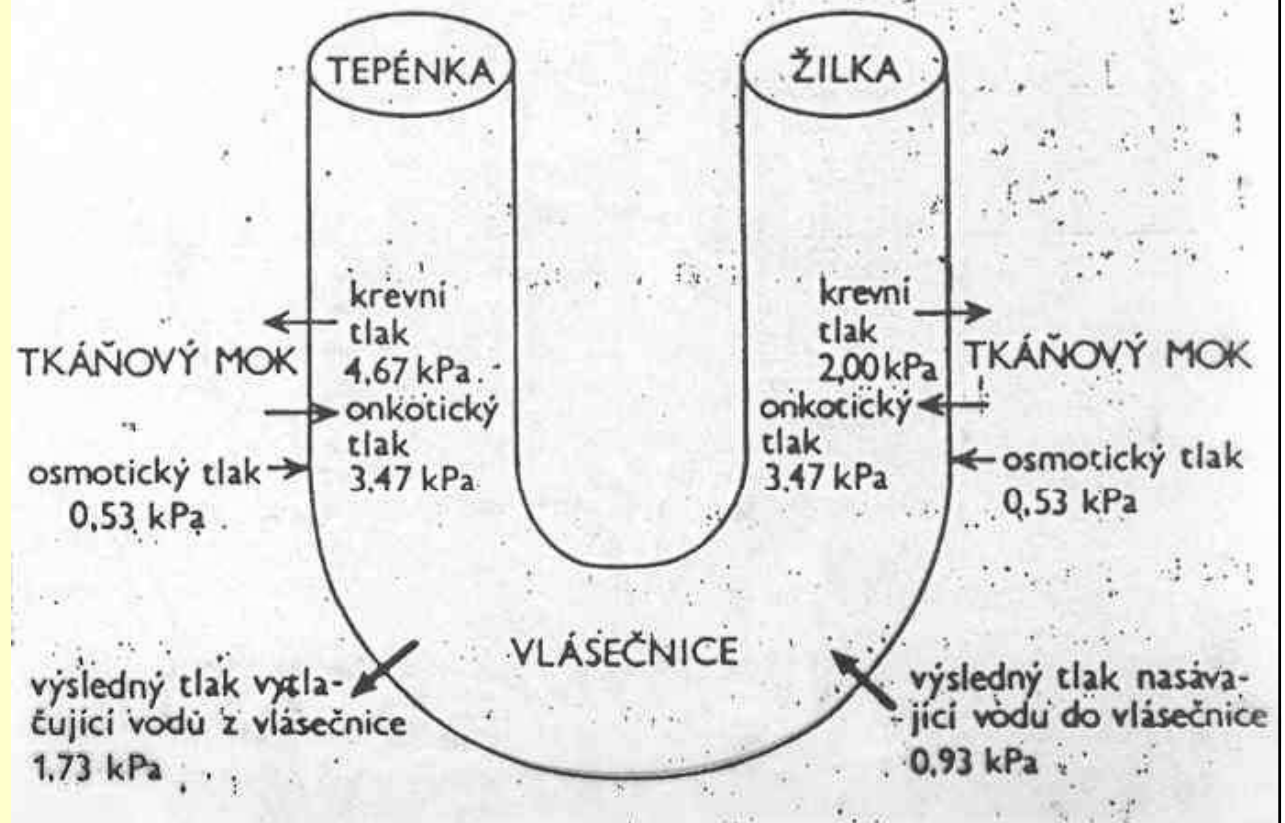
**- krevní destičky (trombocyty)**

Nejmenší krevní b. Vřetenovité s jádrem (ptáci, obojž. ), 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).  $H^+$  - velmi nízká koncentrace, přesto vliv hlavně na aktivitu enzymů.

Vznik  $H^+$ :

- $H_2CO_3$ , která disociuje na  $H^+$  a  $HCO_3^-$
- při uvolňování P a S ze složitých sloučenin (vznik anorganických kyselin, s následnou disociací)
- disociace mastných kyselin.

Udržování pH: soustava  $H_2CO_3$  a  $HCO_3^-$  alkalických kovů včetně bílkovin krevní plazmy a hemoglobinu. Pufrovací schopnost soustavy: stálý poměr  $H_2CO_3 : NaHCO_3 = 1 : 20$ . Alkalická rezerva. Při vyloučení mnoho  $CO_2$  - možnost zvýšení  $Na^+$  v krvi → vylučování ledvinami, snižování obsahu alkalií → pokles pufrovací schopnosti krve.

Část iontů pufrována rHb ( $rHb^- + H^+$ ). 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 antigenů 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. Známý 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  $Ca^{2+}$ , vitamín K (podporuje syntézu protrombinu v játrech) fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.

## Hemostáza

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

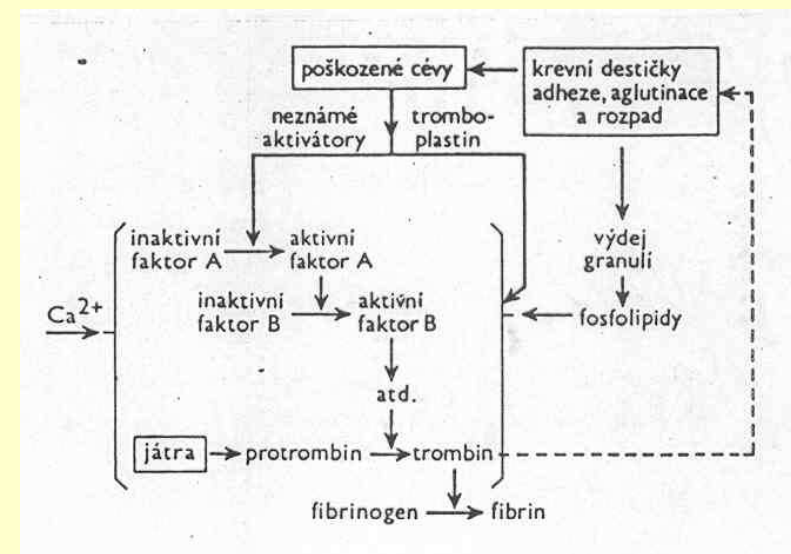
uvolnění serotoninu – **vazokonstrikční fáze**

(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.

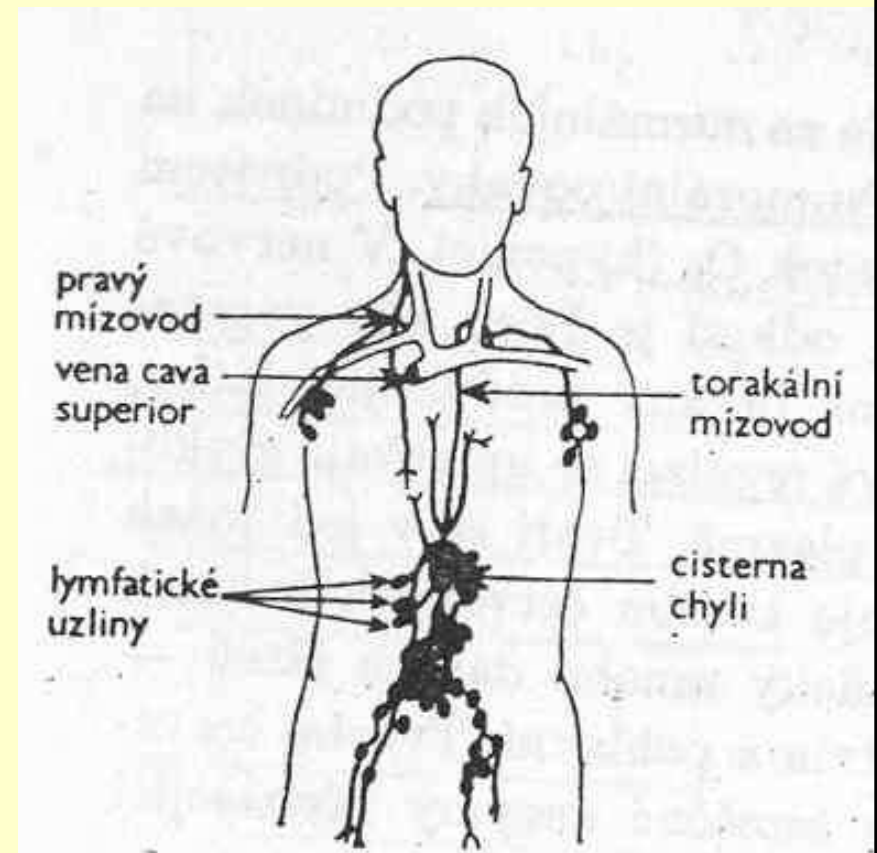
## Míza (*lymfa*)

Obratlovci, mízní cévy. Vzniká z tkáňového moku, přenos zplodin látkové přeměny a zažítiny. 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, obojživelníci, 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**).

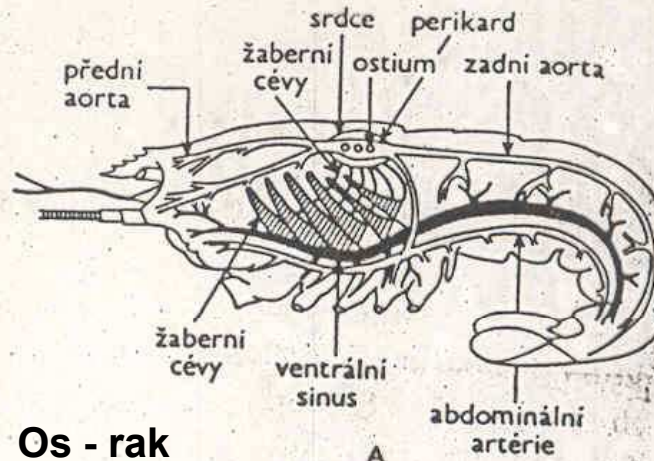
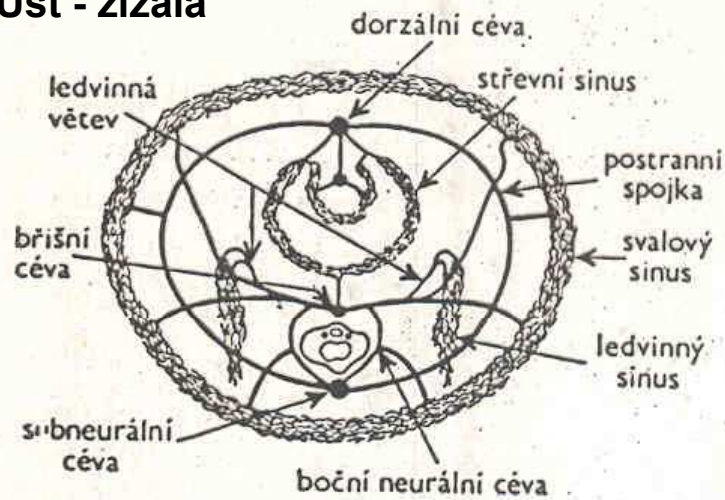
Směr toku krve - **chlopně**.

Zvýšený přívod krve k aktivním orgánům - **krevní splav**

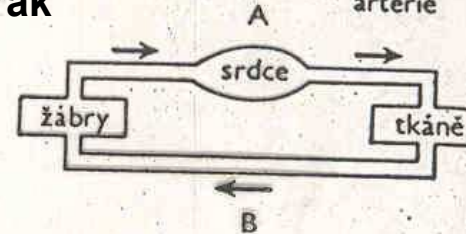
(**sinus**) (orgán oplachovaný krví), nebo protkán sítí

**vlásečnic**

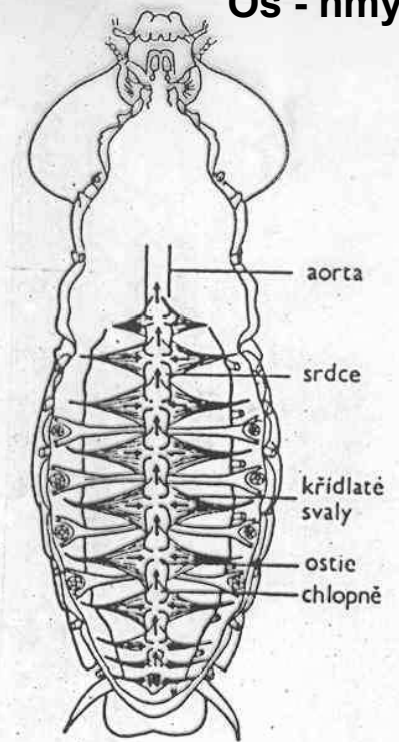
## Ust - žížala



## Os - rak



## Os - hmyz



Typy cévních soustav

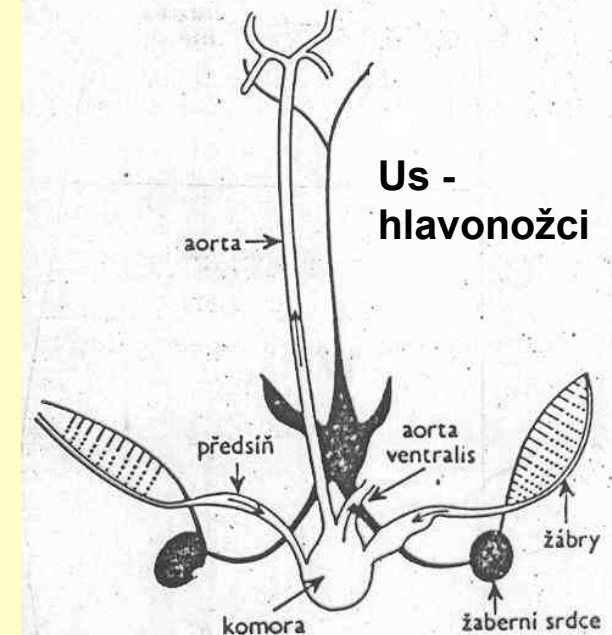
**Uzavřené soustavy trubic** – peristaltika cévních stěn (kroužkovci - žížala)

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

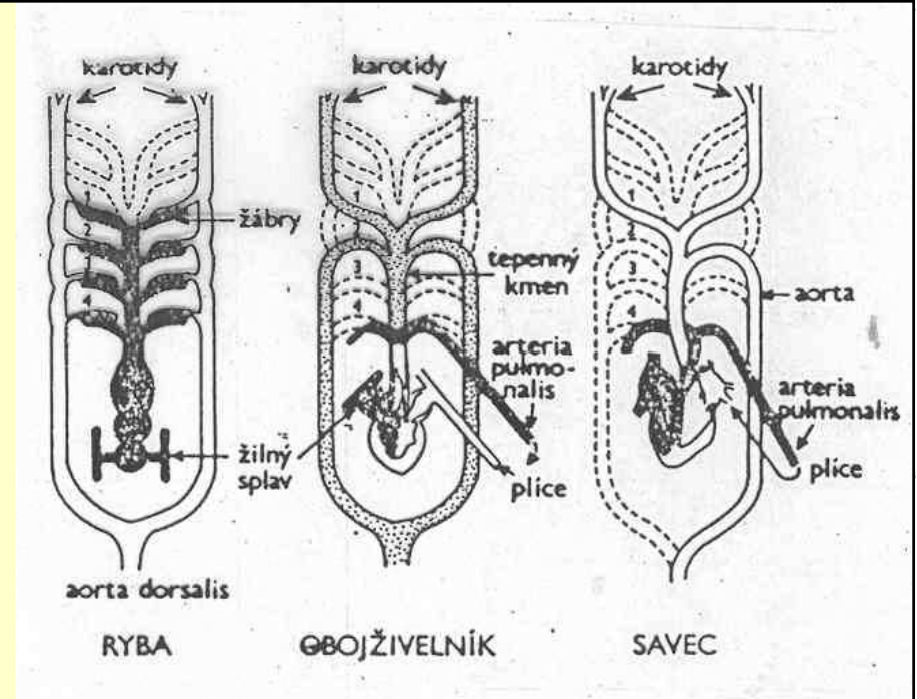
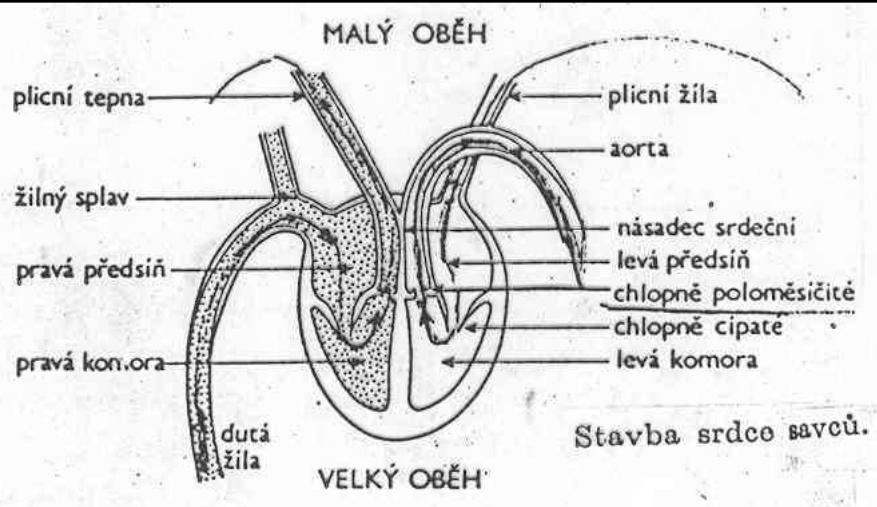
**Uzavřené soustavy** - pohon krve srdcem v souvislé soustavě cév (hlavonožci, obratlovci)

Hlavonožci: **malý** (žaberní srdce - odkysličená krev do žaber) a **velký** (arteriální komorové srdce s předsíní - krev ke tkáním) **krvní oběh**. Příčně pruhovaná svalovina. V periferním oběhu vlásečnice. 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.

Známé oddíly:

1. **Žilný splav** (*sinus venosus*)

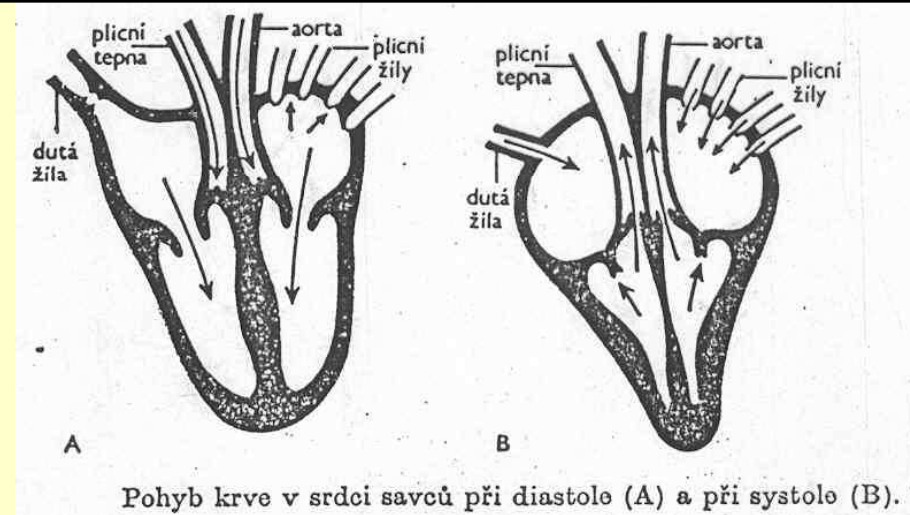
2. **Předsíň** (*atrium*)

3. **Komory** (*ventriculus*)

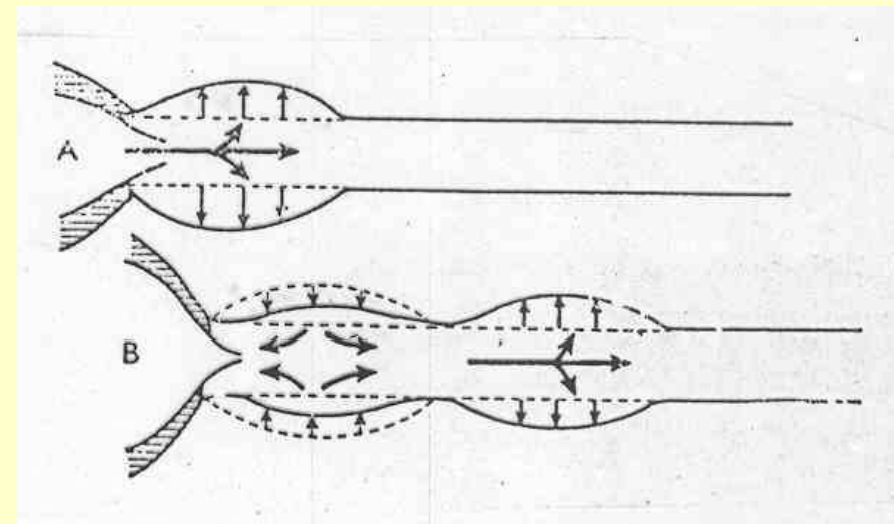
4. **Srdeční násadec** (*conus arteriosus, bulbus cordis*)

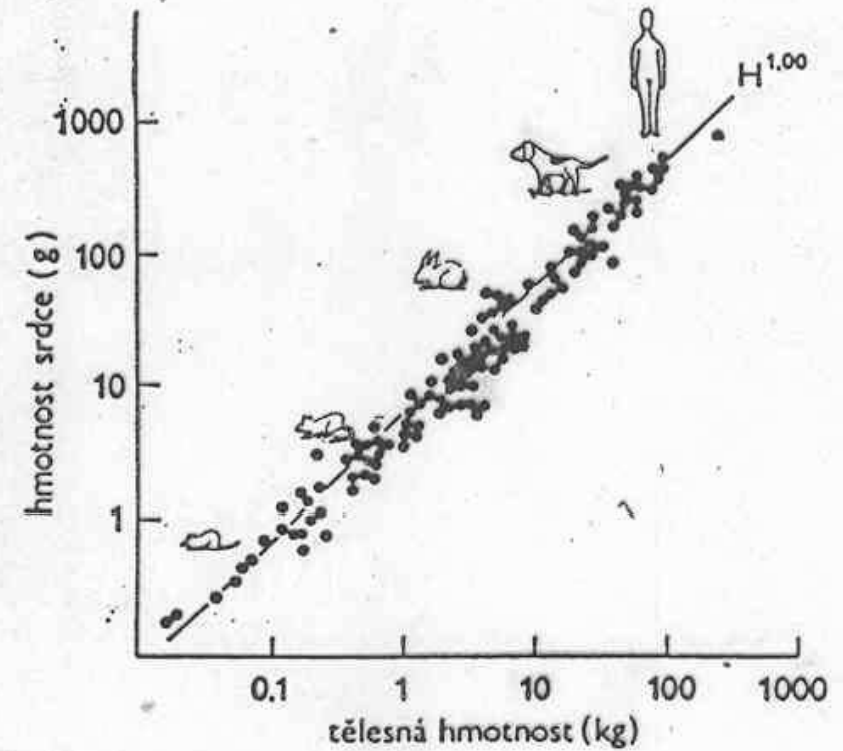
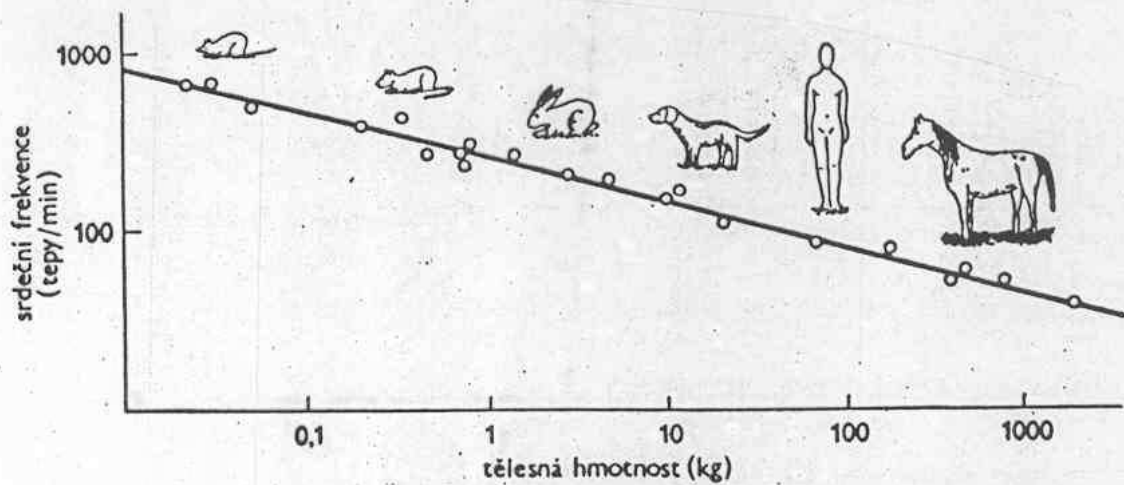
5. **Tepenný kmen** (*truncus arteriosus*)

**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.

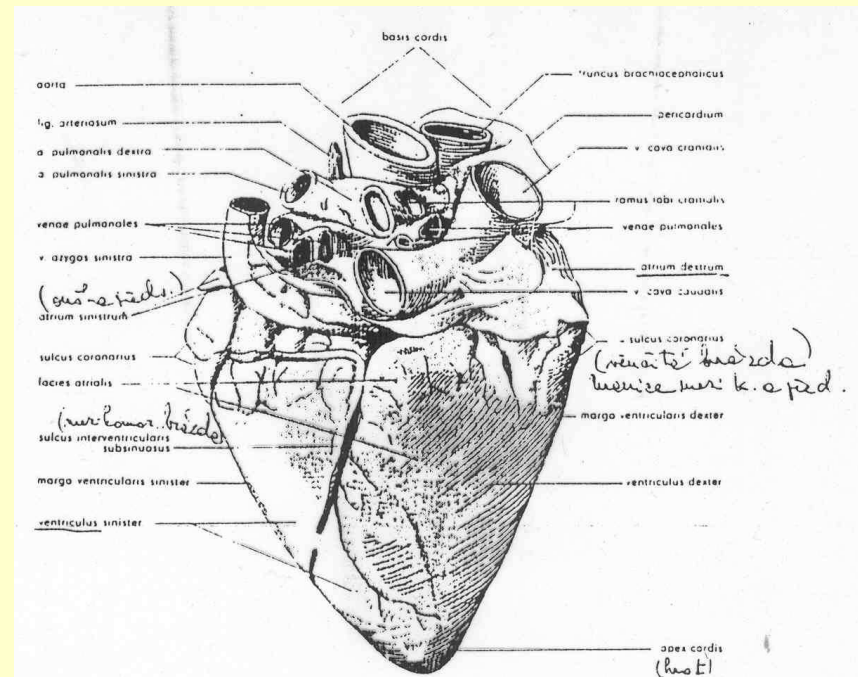




**Velikost srdce** podle stupně fylogeneze, velikosti živočicha, pohyblivosti (stoupá) – člověk 70-200 ml. **Počet tepů** za čas se snižuje s velikostí. Člověk – 70 tepů  $\cdot$  min<sup>-1</sup>. Vzestup při pracovní zátěži.

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

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





## Srdeční automacie

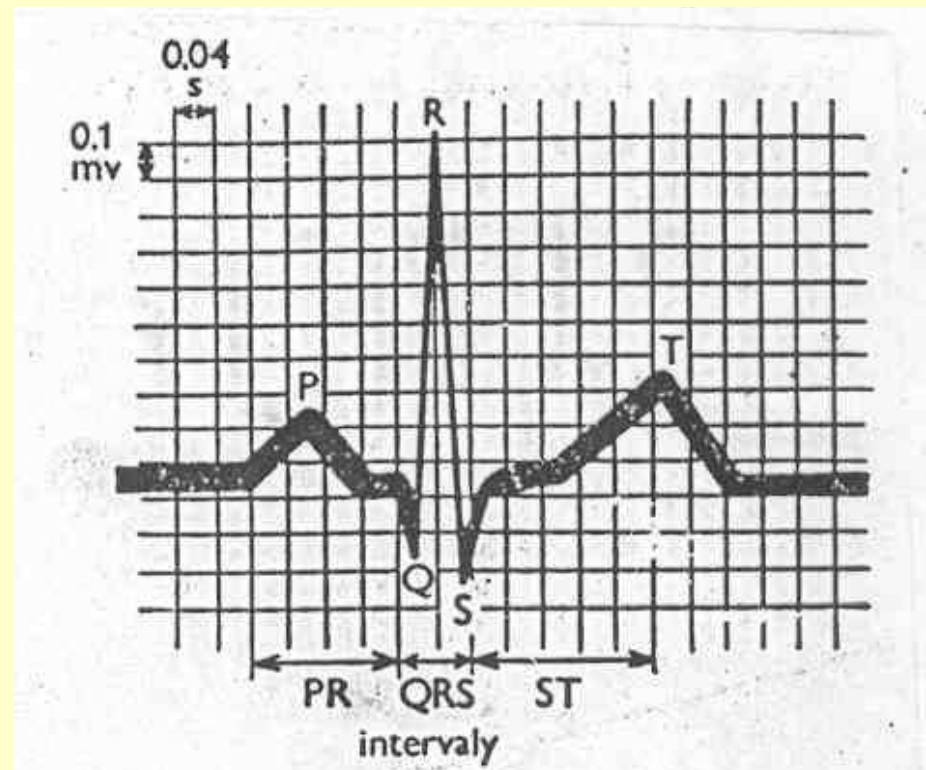
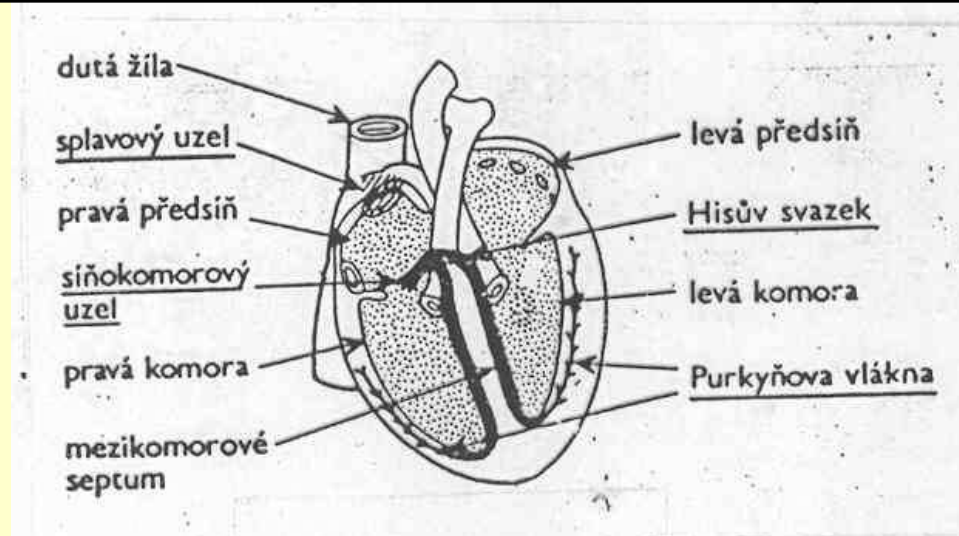
Srdce vyňaté z těla, může dál tepat (žáby).  
Podněty k činnosti - ze samotného srdečního svalu - **myogenní**.

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

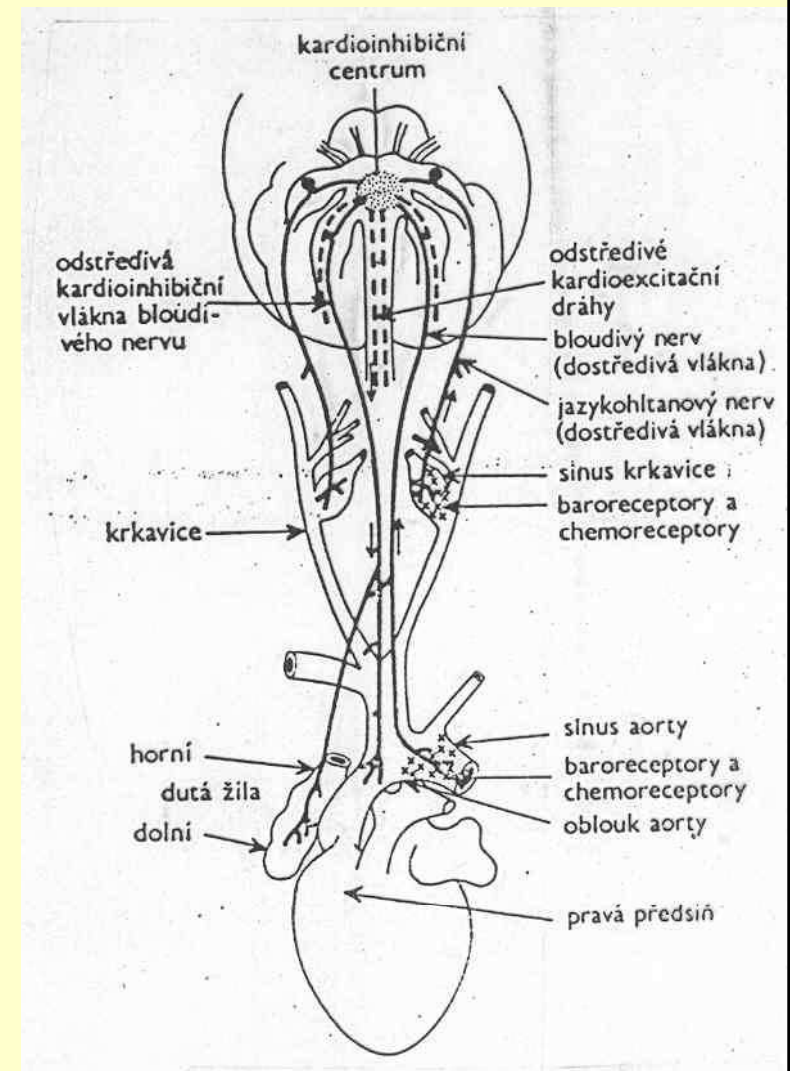
Vlivy nervových vzruchů:

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.

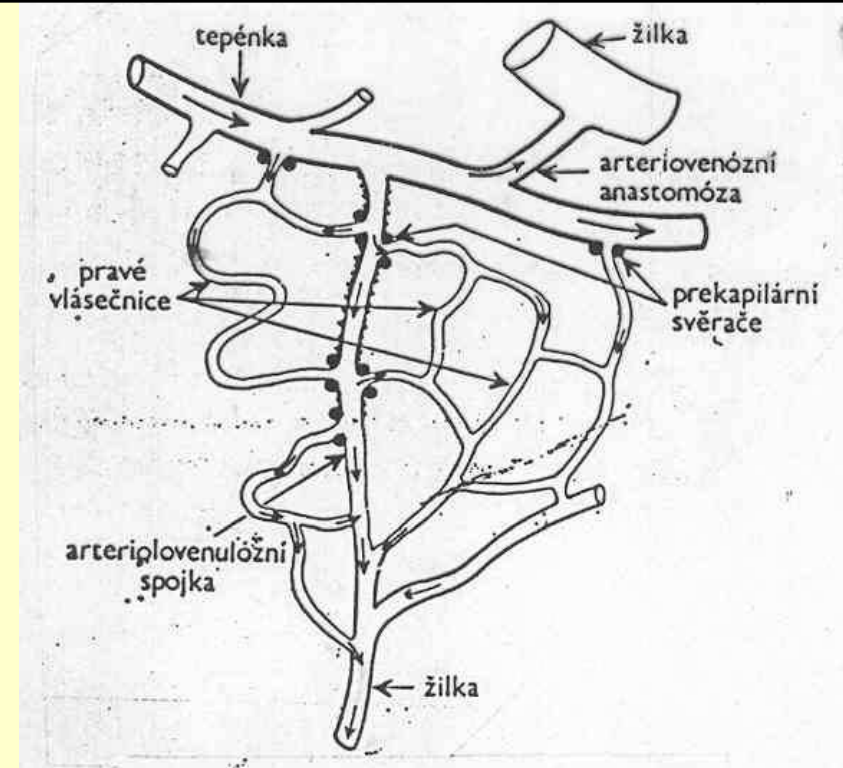
Velké - střední tepny - **tepénky (arterioly)**

**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.

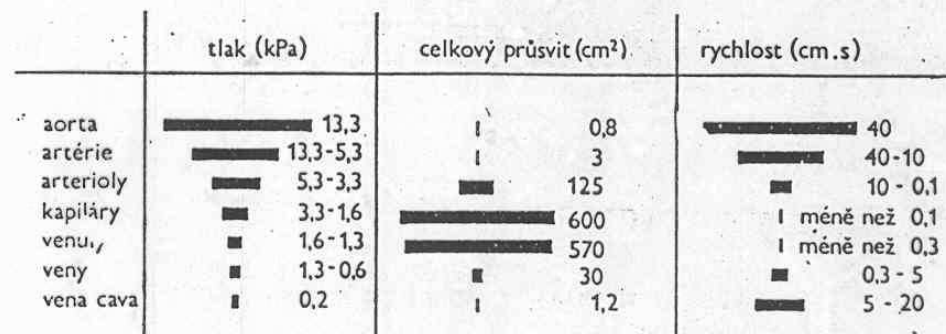
Energie srdečního stahu - 1% pohybové energie - tlak krve.

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

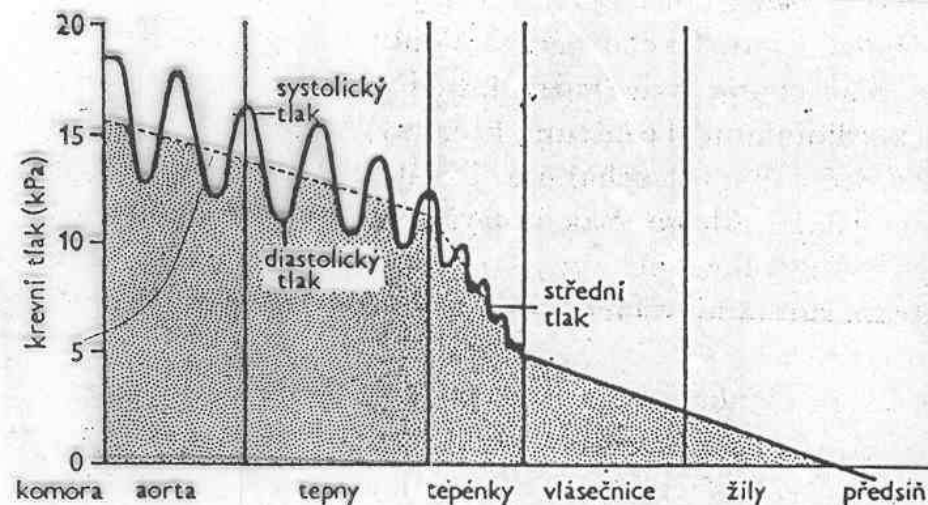
Končetinová tepna člověka - St 16,6-18,6 kPa (125 - 140 torr), Dt 10,6-11,9 (80-90). Pulzový tlak v arteriolách 1,33 kPa (10 torr), střední tlak 10,64 - 5,32 kPa (80-40), po průchodu kapilárami pod 2,66 (20). V žilkách 0,63 (4,7), nulový v hrdečních žilách, v pravé předsíni mírně záporné hodnoty.

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	
tepenné větve	1	2 400	5	5	190
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	
žily	2	2 400	30	5	
velké žily	6	40	11	20	680
dutá žíla	12,5	1	1,2	40	



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 ( $\varnothing 5 - 20 \mu\text{m}$ , 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- Na+	Mg <sup>2+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Ca <sup>2+</sup>
Sladká voda	0 0	Ca <sup>2+</sup> Na+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**

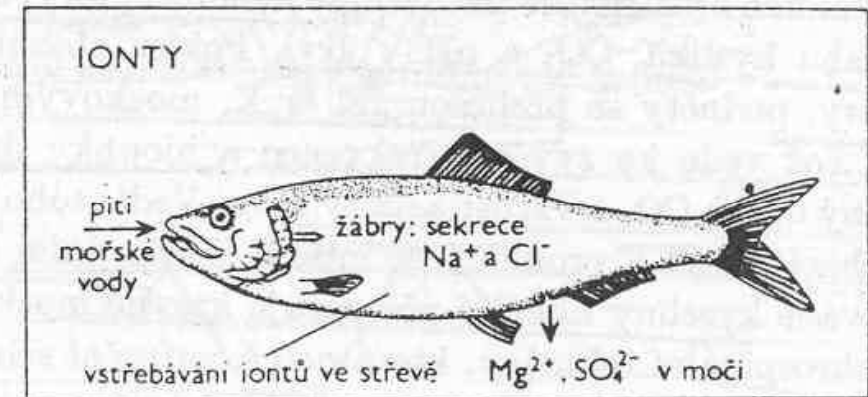
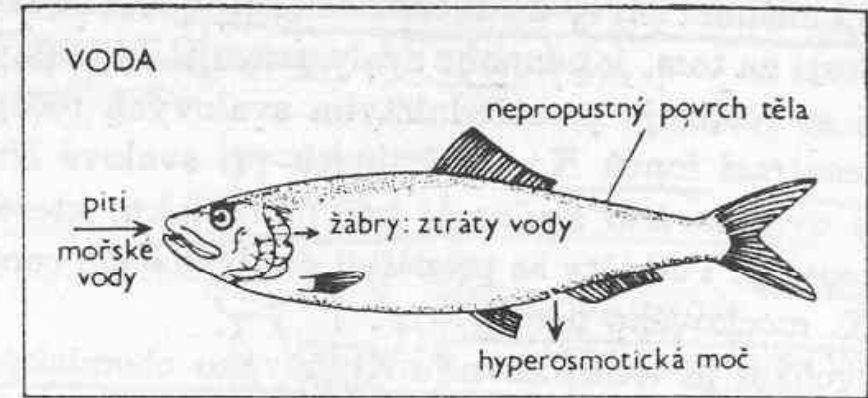
**osmokonformátoři (poikiloosmotičtí)**

- **osmoregulátoři (homoioosmotičtí živočichové)**

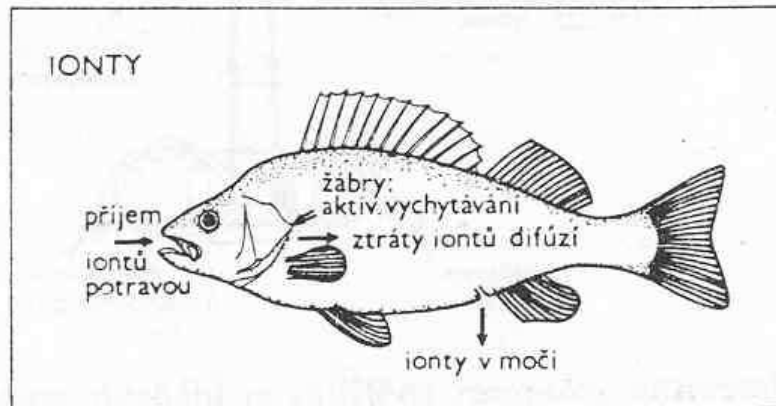
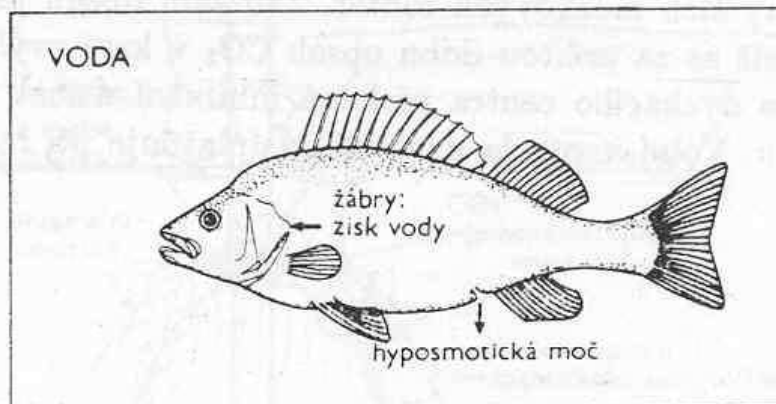
("vybírají si" - **iontová regulace**).

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**

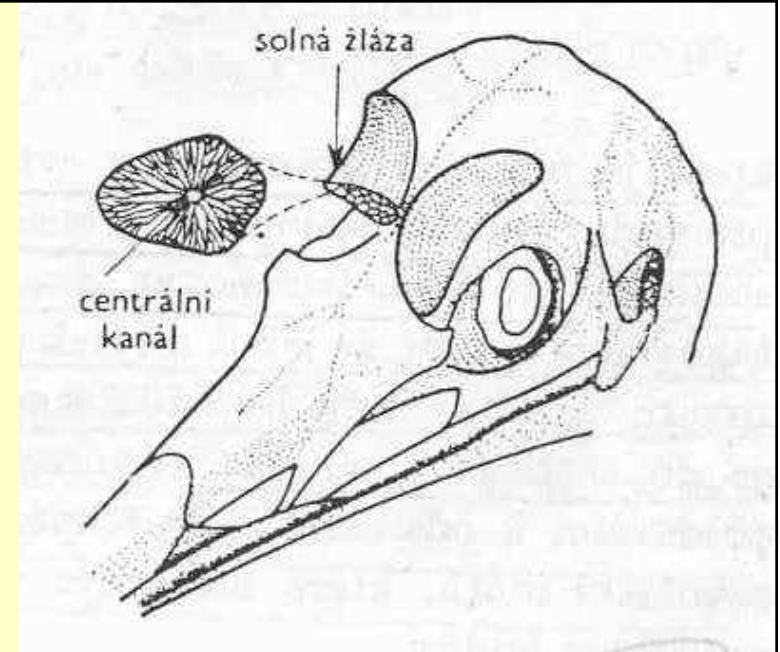
Pití a příjem potravy

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 kanálek 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).

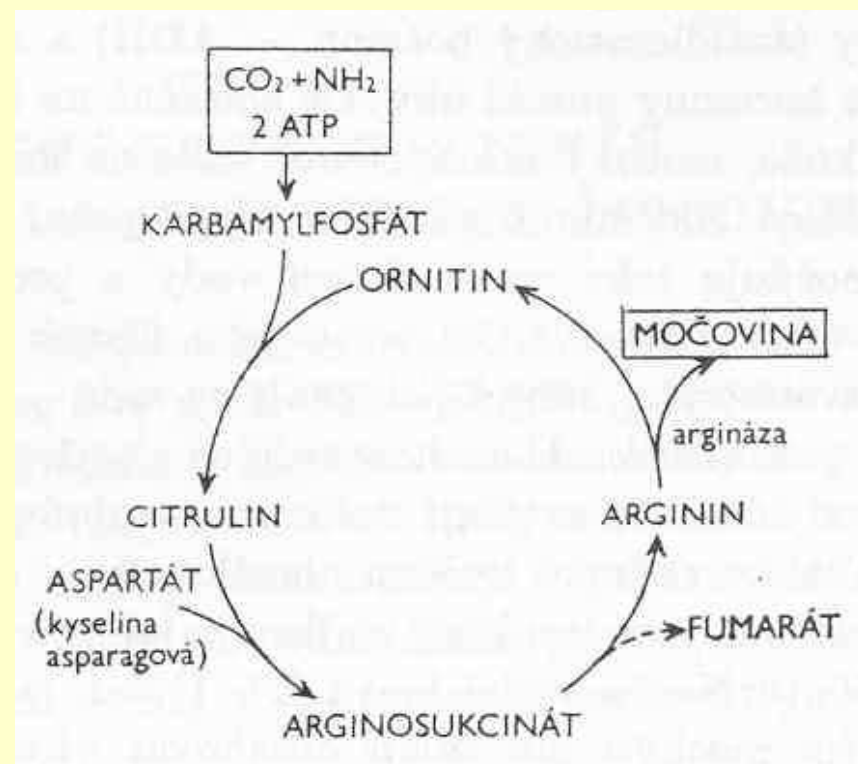
Suchozemští - přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

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.

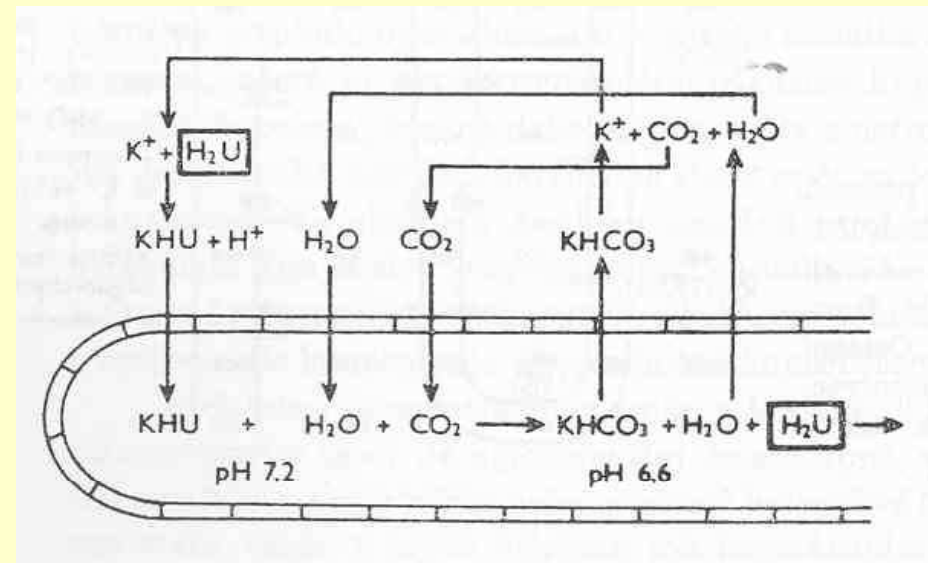
Vyšší živočichové - 4 typy vylučovacích orgánů:

1. nefridiální orgány hlístů, červů a měkkýšů

2. Antenální žlázy korýšů

3. Malpighické žlázy hmyzu

4. Ledviny obratlovců



Obr. 115. Přesun kys. močové ( $H_2U$ ) přes stěnu malpighických žláz u hmyzu.

## Ledviny obratlovců

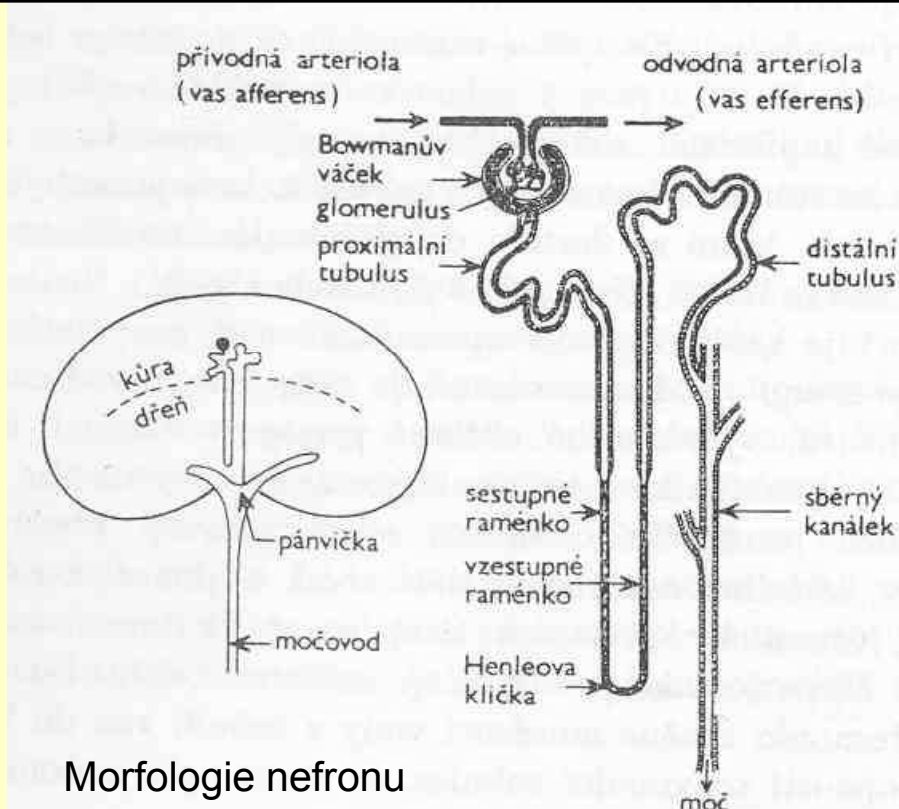
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů - pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

### Nefron:

**Bowmanův váček** v kůře, v něm klubíčko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z B. v. - vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) - narovnění - 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.

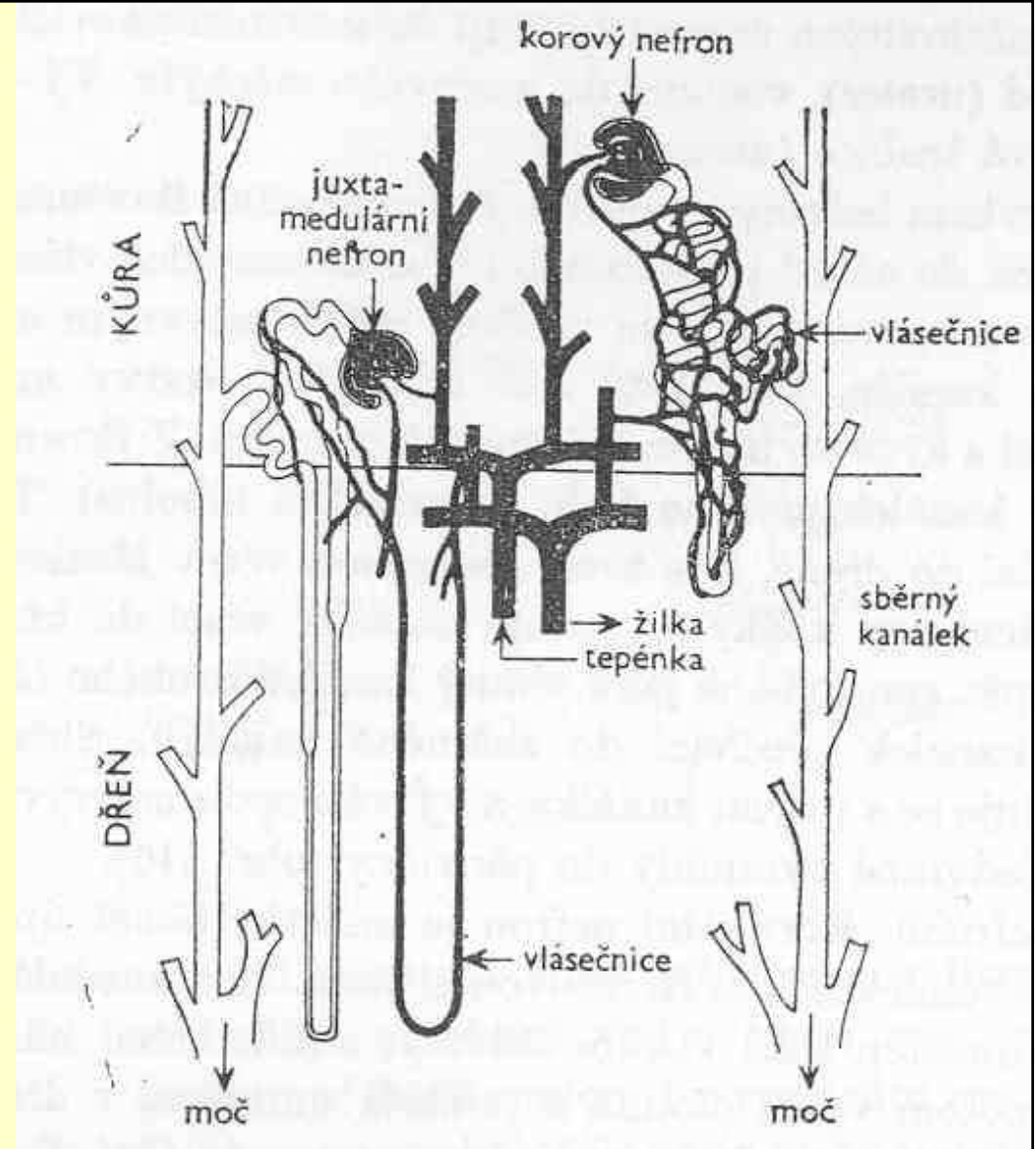
Krevní zásobení  
- sestupná aorta →  
krátká **renální** tepna –  
rozpad na arterioly.

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

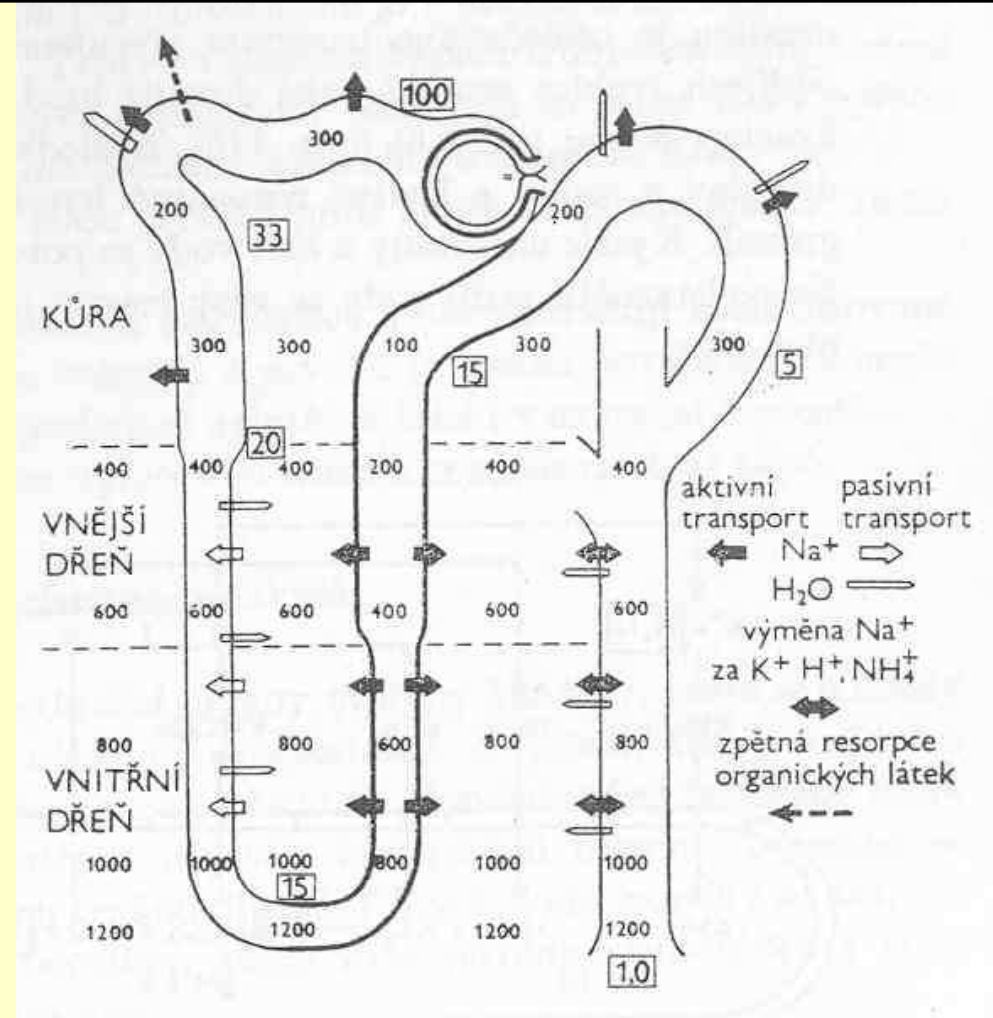
**Glomerulus:** - filtr - oddělí tekutinu od  
krevních buněk a bílkovin - **izotonický**  
filtrát s krevní plazmou

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.



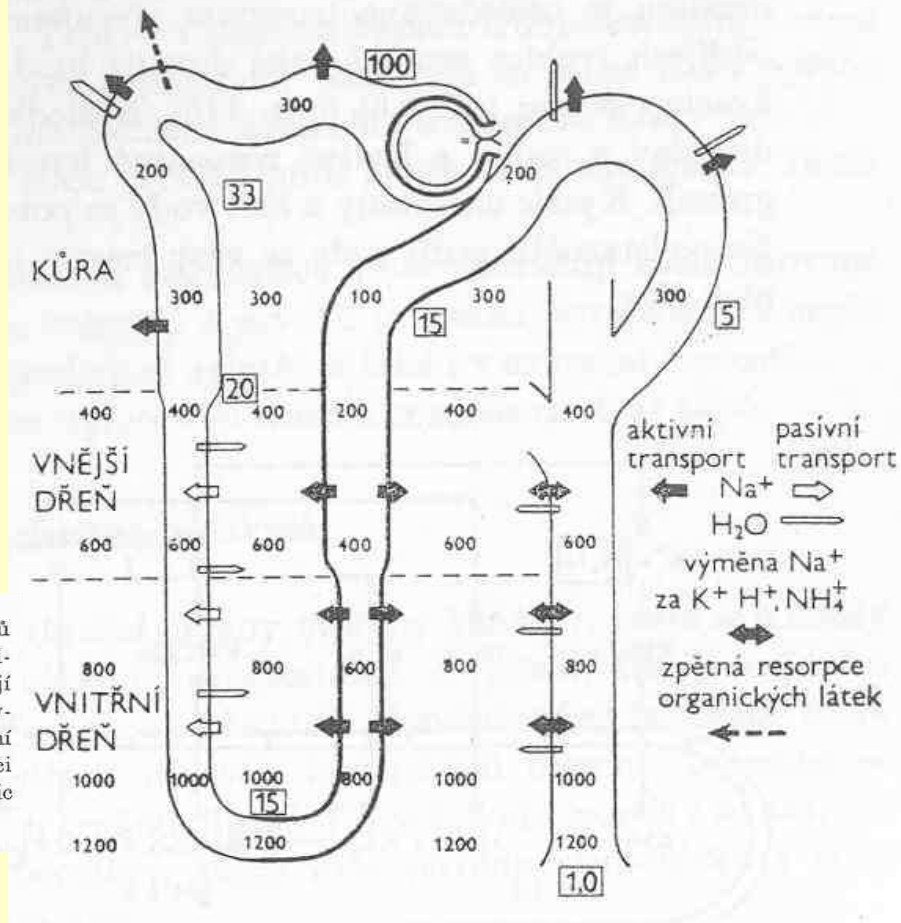
Vstřebávané látky v  
**předním úseku proximálních tubulů:**

glukóza  
aminokyseliny  
kyselina askorbová (C)  
Na<sup>+</sup>  
jiné elektrolyty  
voda (80 %).

### Sestupné rameno Henleovy kličky

propustné pro vodu,  
**vzestupné** nepropustné –  
značná resorpce Na<sup>+</sup> a Cl<sup>-</sup>  
→ do vinutého kanálku II. řádu  
– hypotonická moč (100 mmol/l),  
přesun dalších 10 % vody →  
izotonická tekutina ve sběrném kanálku ledviny - další aktivní přesun Na<sup>+</sup>  
ven - zahušťování, další difúze vody a koncentrace moči. Výsledek -  
1200 mmol/l.

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.



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.



## **Řízení činnosti ledvin**

a) řízení průtoku krve - nervově - sympatikus

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

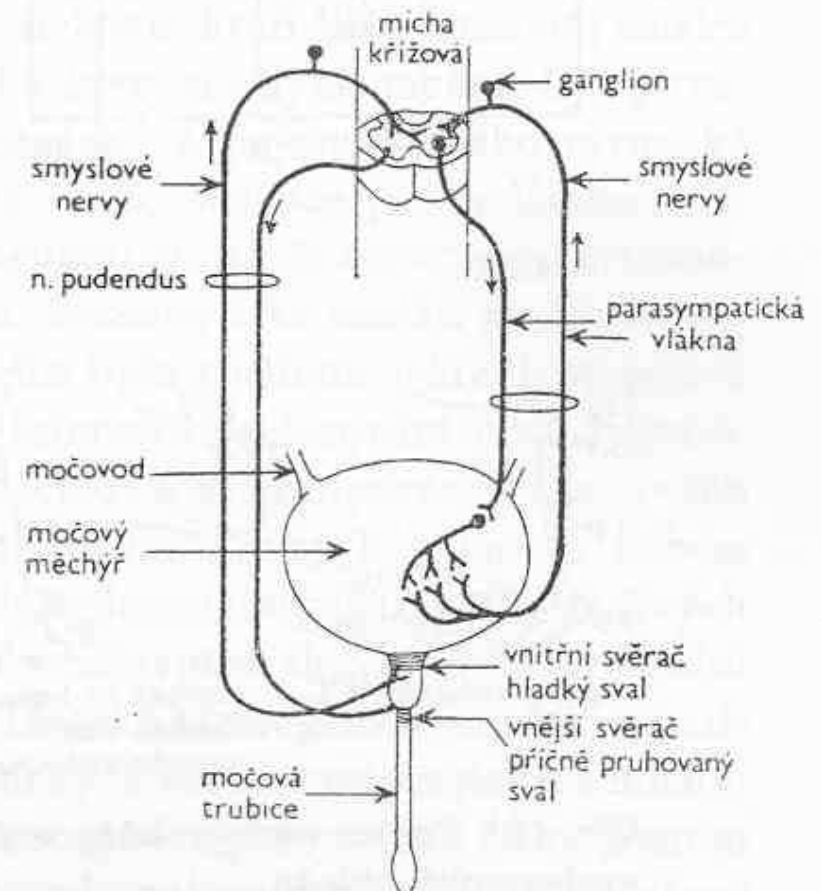
b) výměna látek v tubulech - humorální

- 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 - parasympatikus. Současné uvolnění svěračů močové trubice (somatická nervová vlákna) -> vyprázdnění močového měchýře - reflexní děj na úrovni míchy s ovládním vyššími patry nervové soustavy (vůlí).

Obr. 119. Nervové děje řídicí výdej moči.



## Hospodaření teplem

Teplota - faktor ovlivňující intenzitu fyziologických pochodů.

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

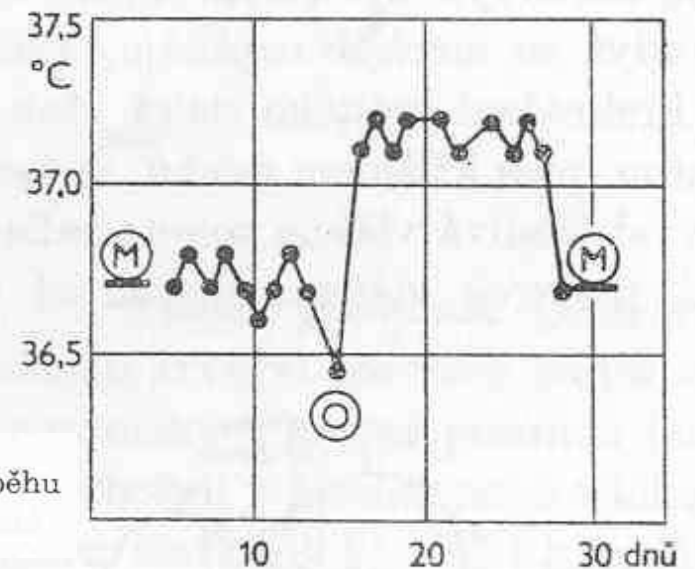
Silná závislost na teplotě prostředí

- 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.

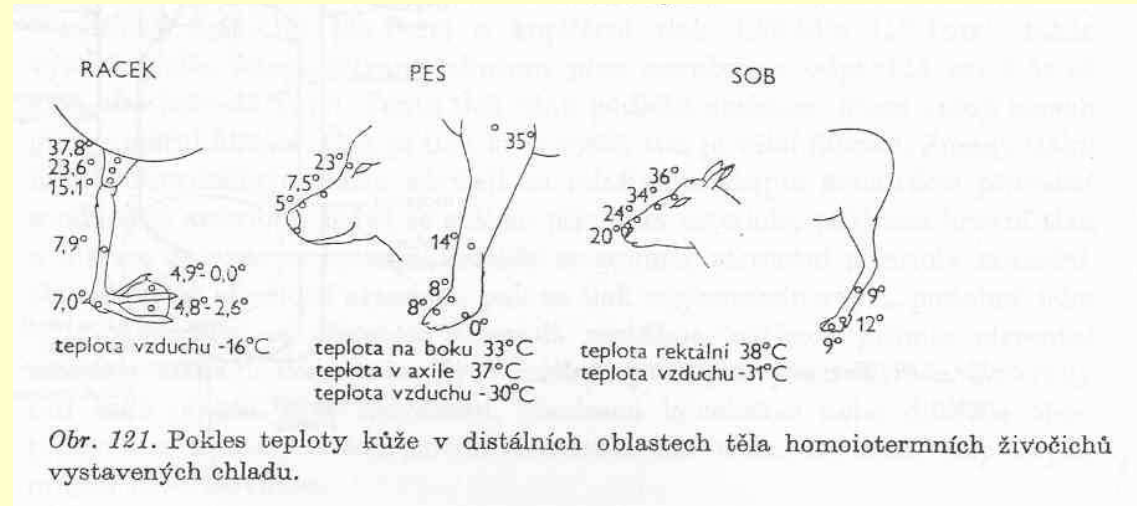


Obr. 120. Změny klidové teploty ženy v průběhu ovulačního cyklu.

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

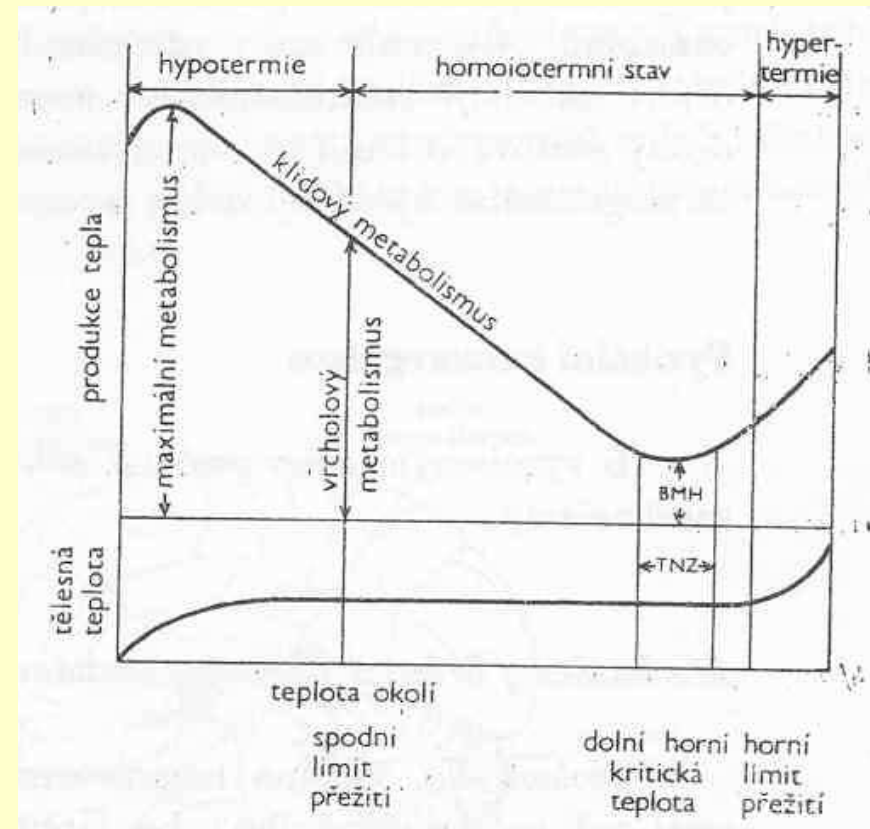
fosfátových vazeb - využitelná pro všechny biologické děje

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 temoregulačních 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),

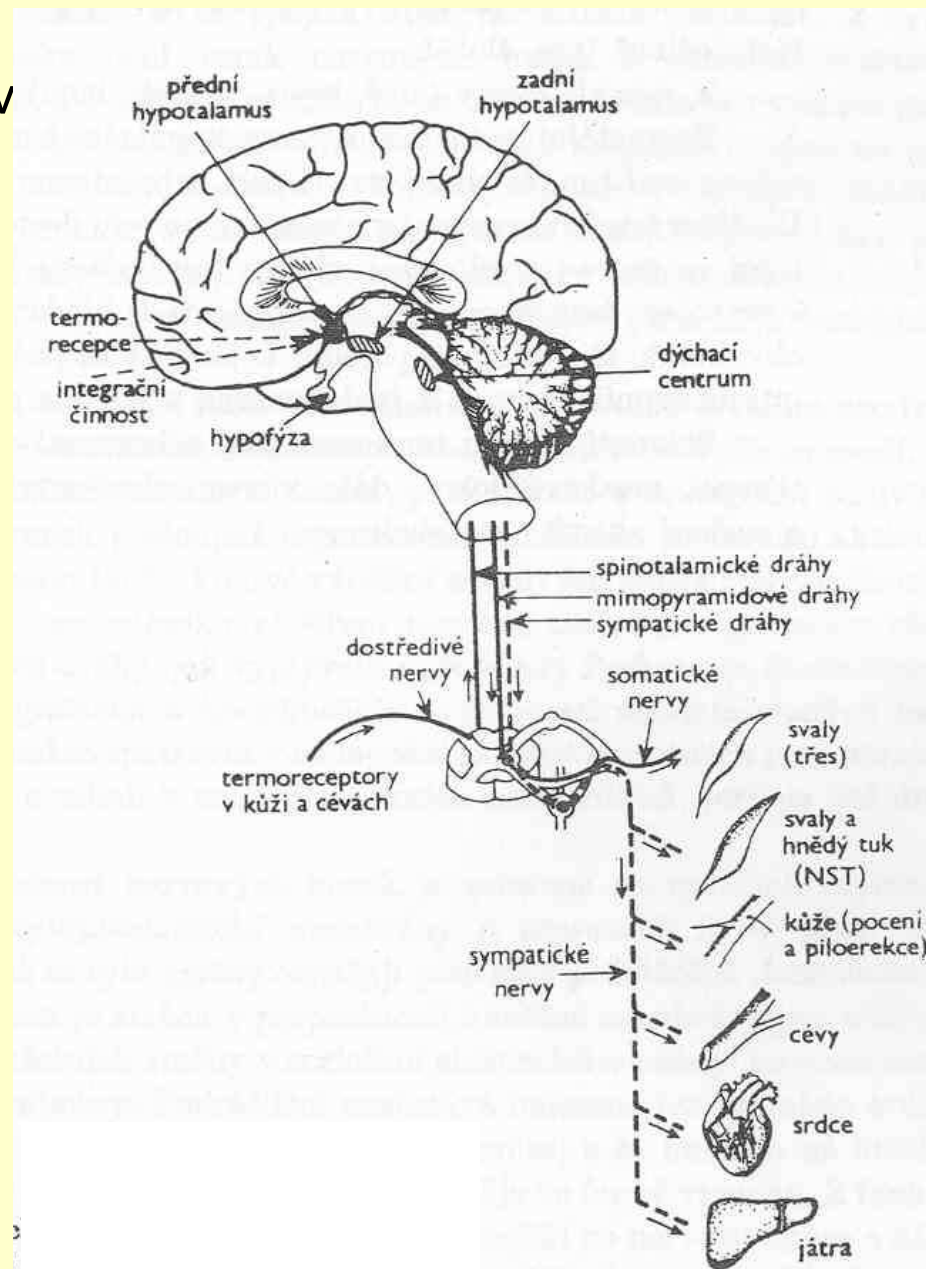
mozková kůra - podmíněné reflexy

(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.).