

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)

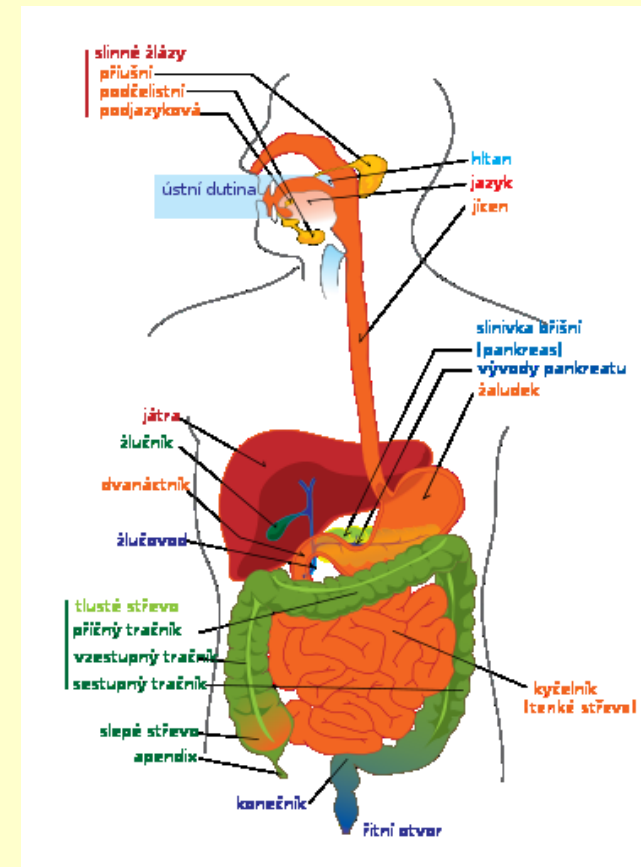
Chemické zpracování potravy –

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

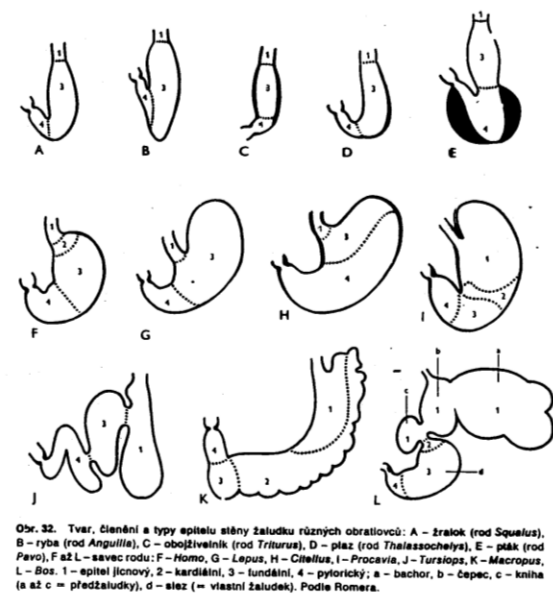
- a) zvlhčování dutiny
- b) potravu
- c) obalování hlenem, polykání
- d) rozpouštění pevných látek
- e) neutralizace kyselin, ředění zásad
- f) dezinfekce - lysozym
- g) termoregulace
- h) trávicí funkce - ptyalin = amyláza + maltáza

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

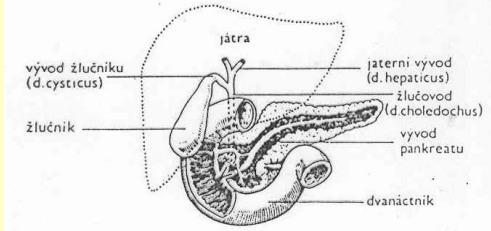
Gastriscin (katepsin, pepsin B) pH 3,8 - před pepsinem

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*)



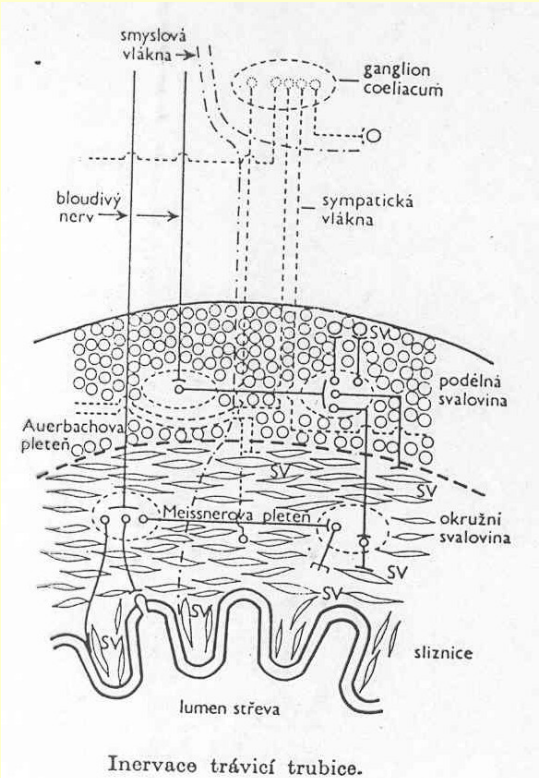
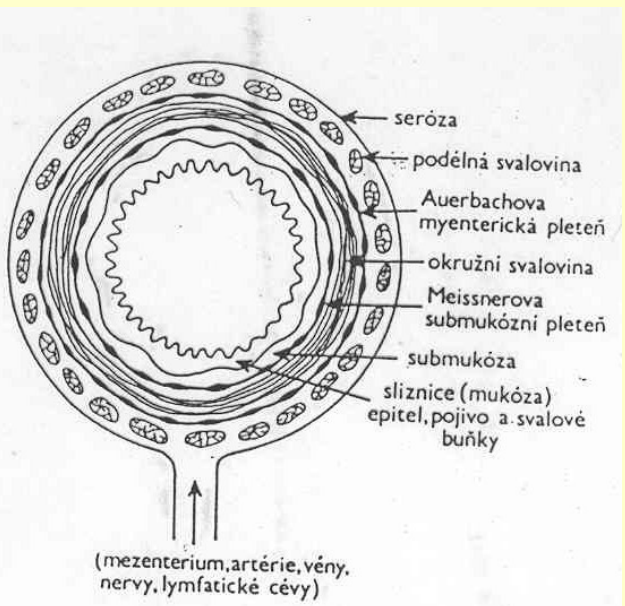
Společný vývod žlučníku a pankreatu do dvanáctníku.

Stavba stěny

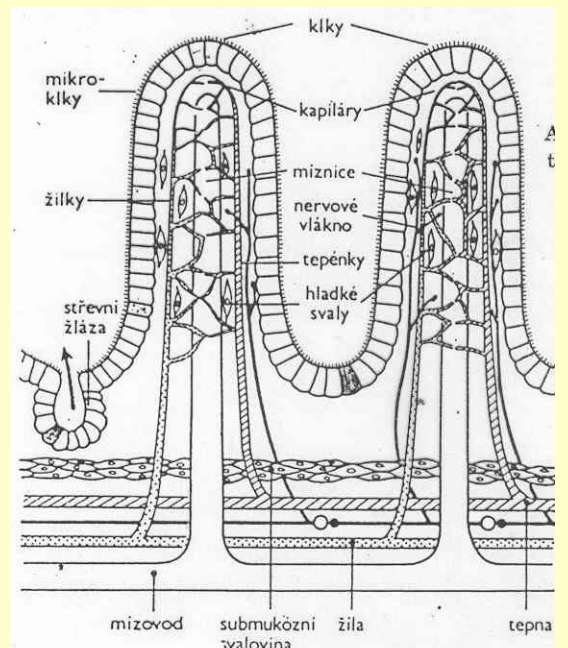
Sliznice střeva s příčnými záhyby, **klky** a mikroklky. Roztroušené hlenové buňky. Do klků tepénky a žilky → kapiláry, slepá miznice. Mezi základnami klků - *Lieberkühnovy* žlázy → střevní šťáva

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

Anatomie tenkého střeva
 obratlovců (na průřezu)



Anatomie tenkého střeva a klku



Sekrece tenkého střeva a slinivky

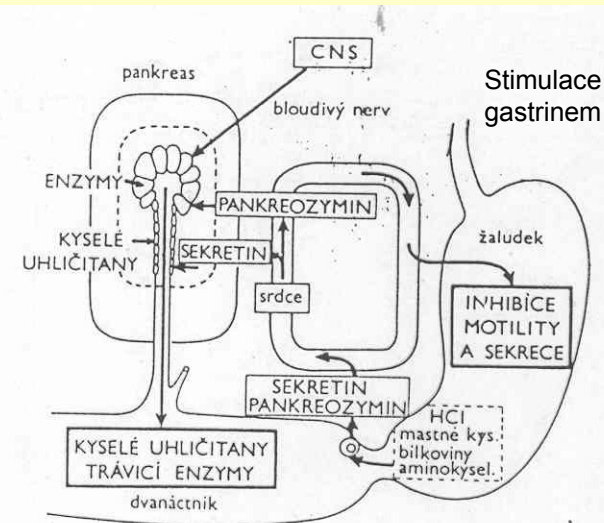
Slinivka břišní (*pankreas*) - 1000 ml, **bikarbonáty** neutralizují kyselou natráveninu. Z enzymů: **amylázy**, **lipáza** (steapsin), proteolytický erepsín (elastáza) s **trypsinem** a **chymotrypsinem**.

Střevní šťáva: - pepsidázy

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

Luminární x kontaktní trávení.

Produkce trypsinu je řízena **pankreozyminem**, 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

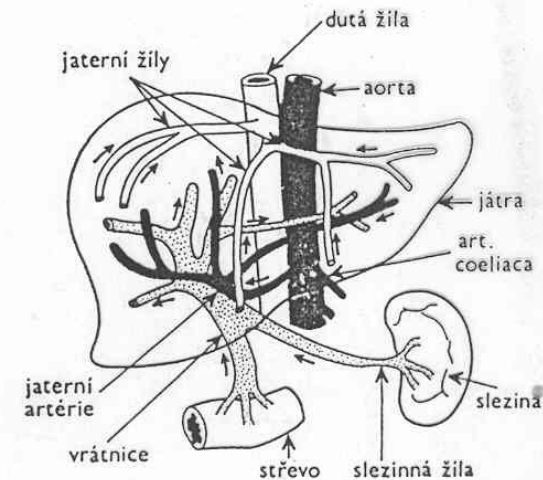
se žlučovými barvivy, solemi žlučových kyselin, lecitinem, cholesterolem

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 klkách

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

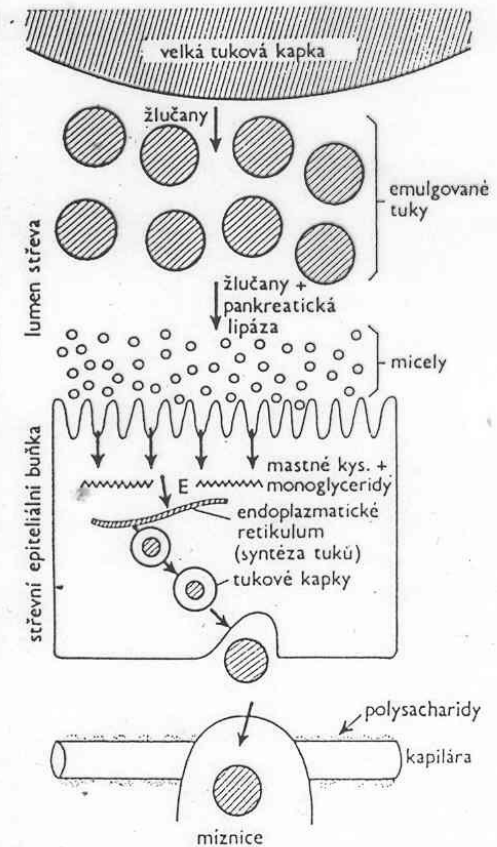
Vstřebávání vitamínů podle jejich rozpustnosti.

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

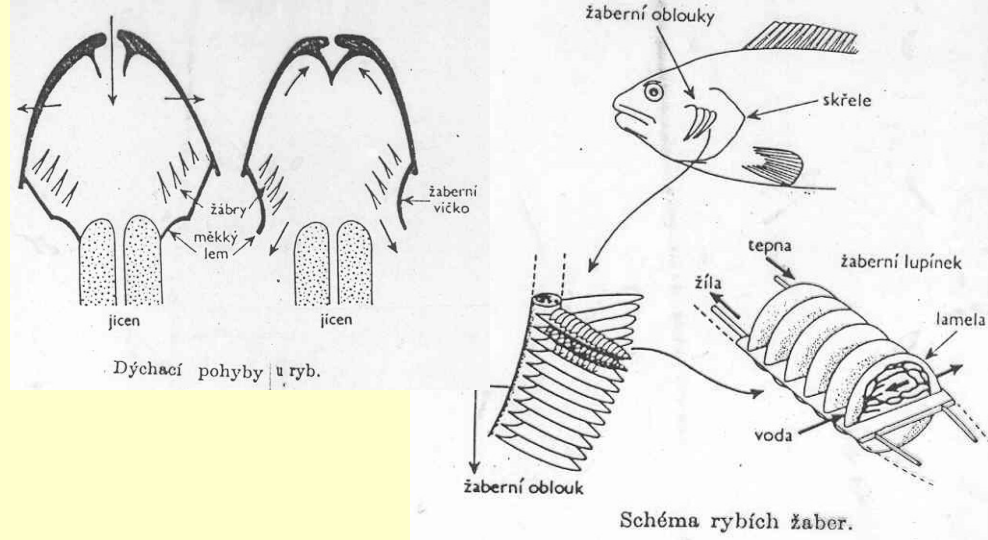
2. udržování vysokého difúzního spádu plynů na vnější dýchací ploše

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

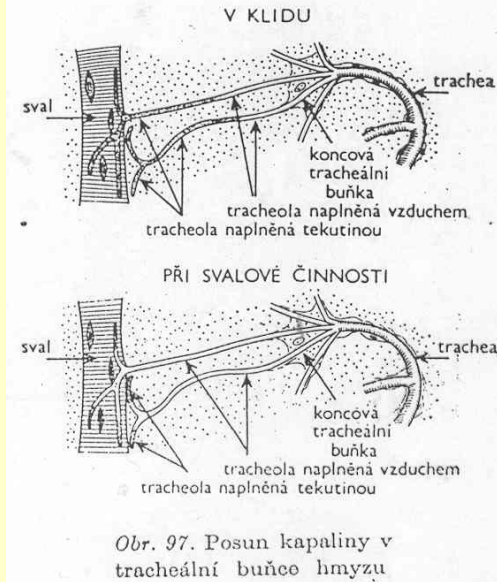


Vzdušnice (tracheje)

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

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.

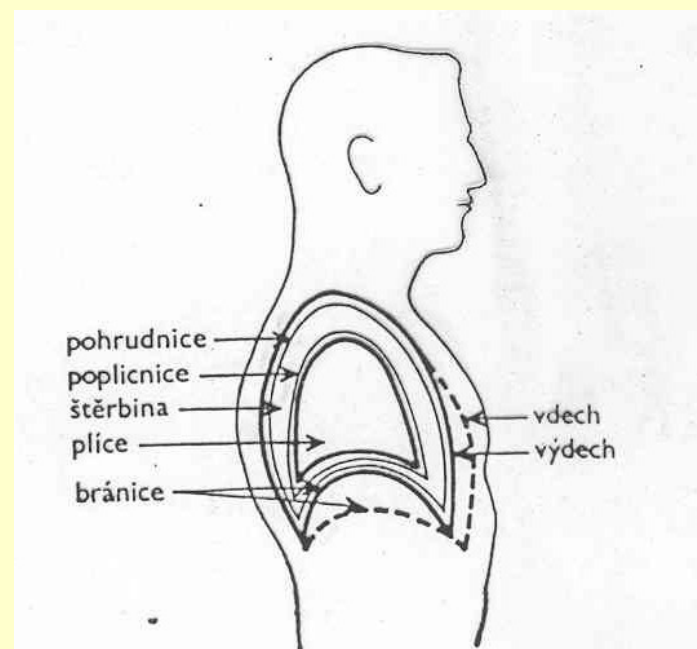
Přívodní cesty: nozdry, ústa, vlastní dýchací cesty – průdušnice, průdušky, průdušinky (trachea, bronchi, bronchioli) do plicních váčků savců (sklípků - alveolů - 1 mm, obetkané vlasečnicemi) - vlastní výměna plynů.

Epiteliální vrstva buněk váčků těsně přiléhá k endoteliálním buňkám krevních kapilár (**alveolokapilární stěna** - 1 μm) - plocha 90 m² (> 40krát). Rychlá difúze podle koncentračního spádu (1/1000 sekundy)

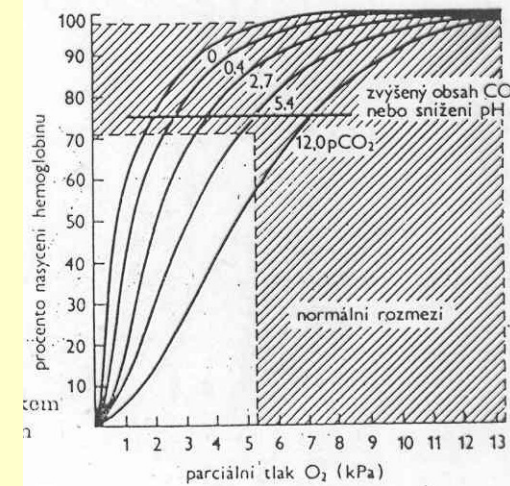
Přesun plynů - dýchací pohyby.

Vdech (inspirium) x **výdech** (ex-)

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

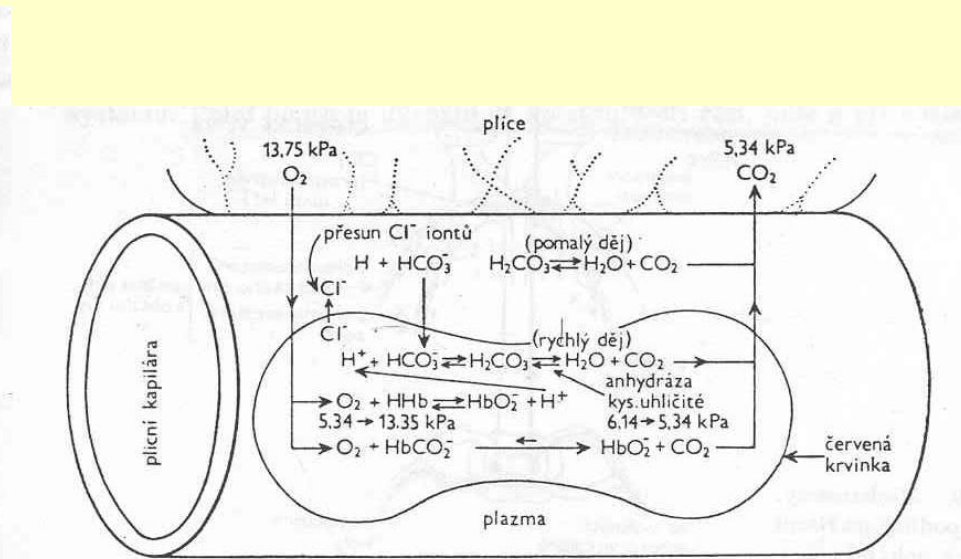
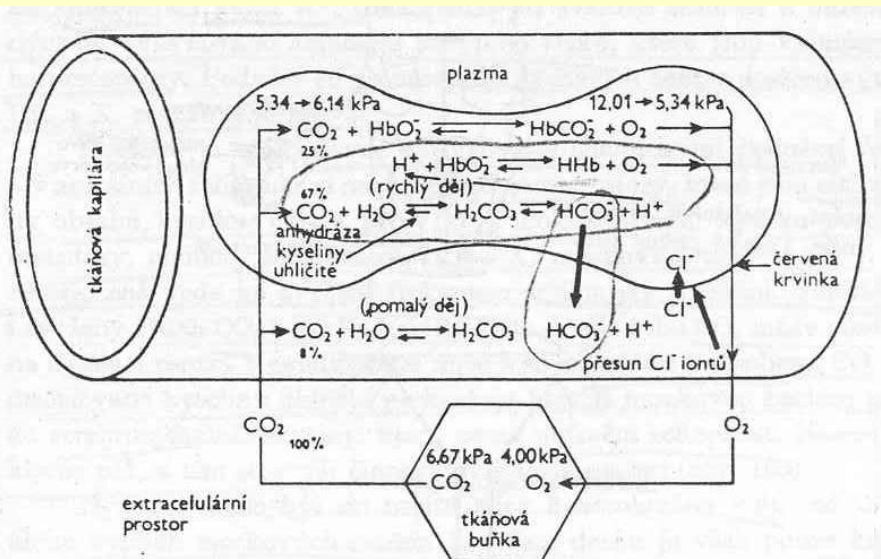


Přenos O₂: oxyhemoglobin,
rozpuštěný v plazmě nevýznamný (1 %)
Sycení hemoglobinu kyslíkem



Přenos CO₂: a) krevní plazmou (8 %)
b) reakce s oxyhemoglobinem → karbaminohemoglobin (25 %)
c) 67 % CO₂ v červených krvinkách → HCO₃⁻ (anhydráza)

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

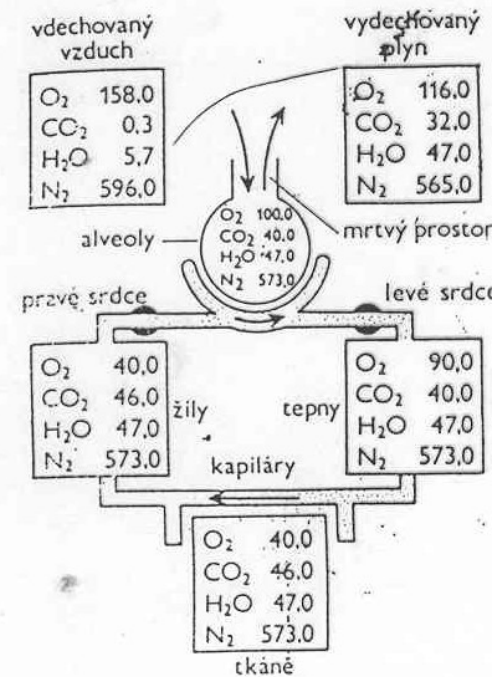
$$\text{H}^+ + \text{HbO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{HCO}_3^-$$


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. v.	Alveolár. v.	Tepenná krev	Žilná krev	Vydech. v.
% O ₂	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 ₂	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

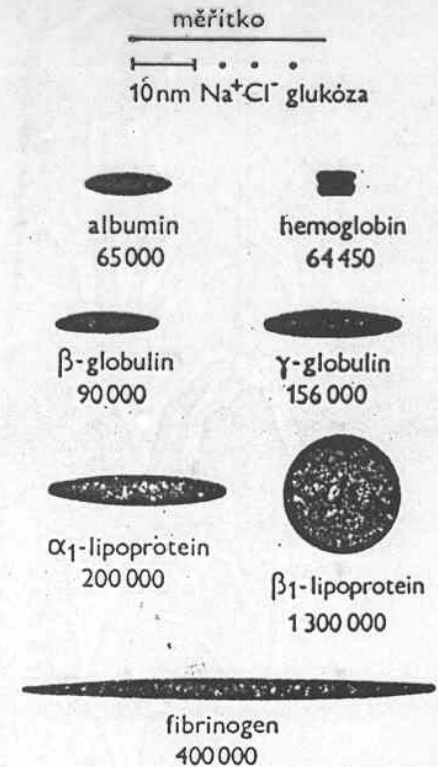
U nižších obratlovců: objem buněk nad 15 %,

člověk 54(59) : 46(41)



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

- albuminy (mol. hmotn. 69 000) - 60 % bílkovin
- globuliny (&,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)



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

Krevní buňky

- červené krvinky (erythrocyty)

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

Množství erythrocytů - druhově stálé: **M.: 5,4 . 10¹² Ž.: 4,5 . 10¹² v litru**

Fyziologická funkce: zásadní význam pro přenos O₂, CO₂ (krevní barvivo) a H⁺.

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

Hemoglobin - globin (96 %) + nebílkovinný pigment hem (4 %). O₂ se váže na Fe²⁺ bez změny mocenství (celkem tedy 4 O₂)

→ **oxyhemoglobin** (HbO₂), (max. 200 ml O₂ v 1 l krve). Uvolnění O₂ - "**redukovaný**" hemoglobin.

Silnými oxidačními činidly se mění Fe²⁺ na Fe³⁺ -> bezcenný **methemoglobin**.

Možná vazba s CO₂ - **karbaminohemoglobin**.

Silná vazba na CO (210krát větší než k O₂) –

karboxylhemoglobin (nebezpečnost 0,1 % CO ve vzduchu)

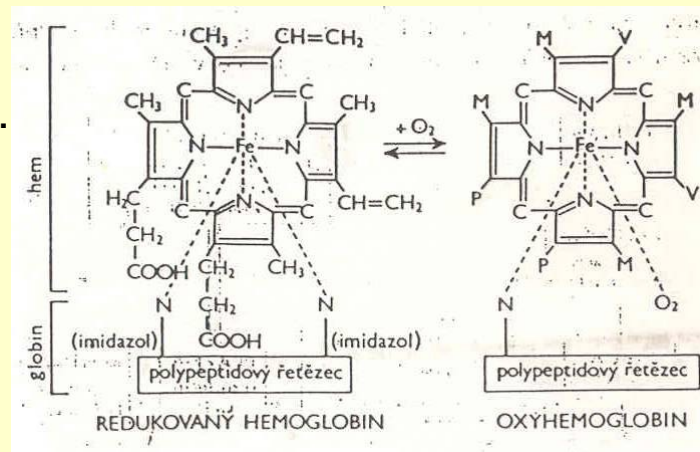
Hemocyanin - Cu, v hemolymfě (rak, škeble, hlemýžď, hlavonožci) - třetinová vázací schopnost (70 ml O₂ na 1 l krve) oproti hemoglobinu (200 ml)

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/

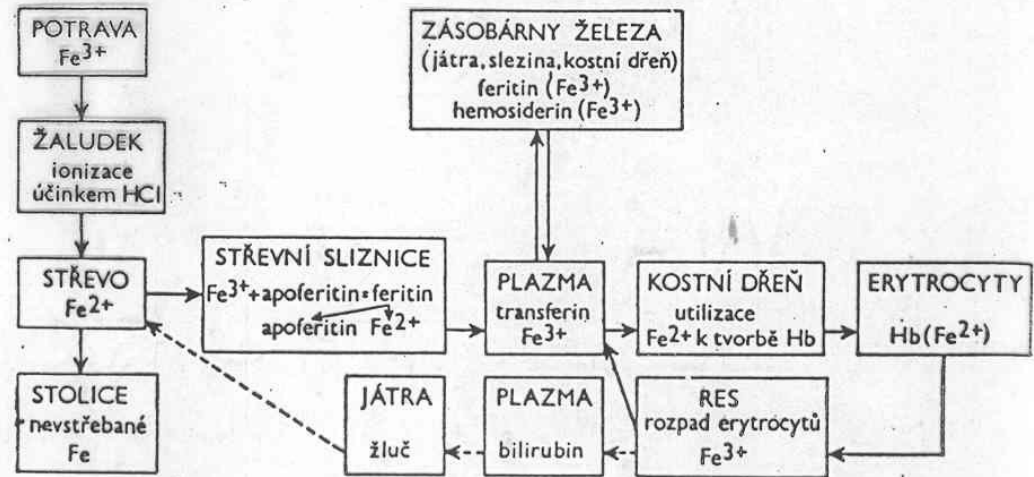
b. → do kostní dřeně).

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

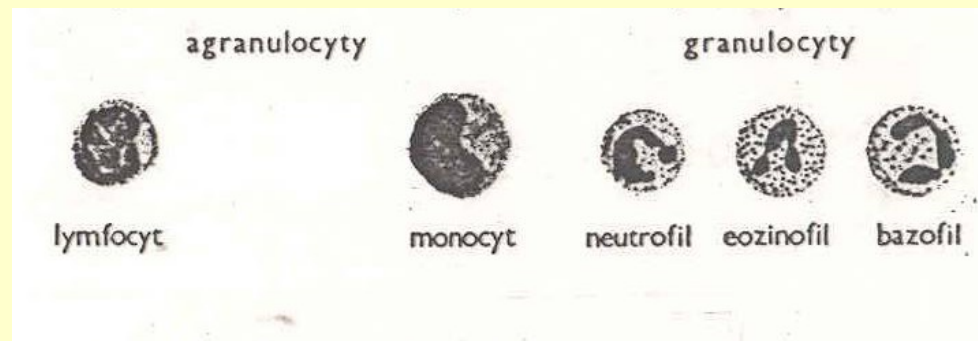
monocyty - největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocytují.

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

neutrofil s velkým nejvíce členěným jádrem, fagocytují

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

bazofil 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, neutrofil 13 dní). **Diapedeza.**

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

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

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

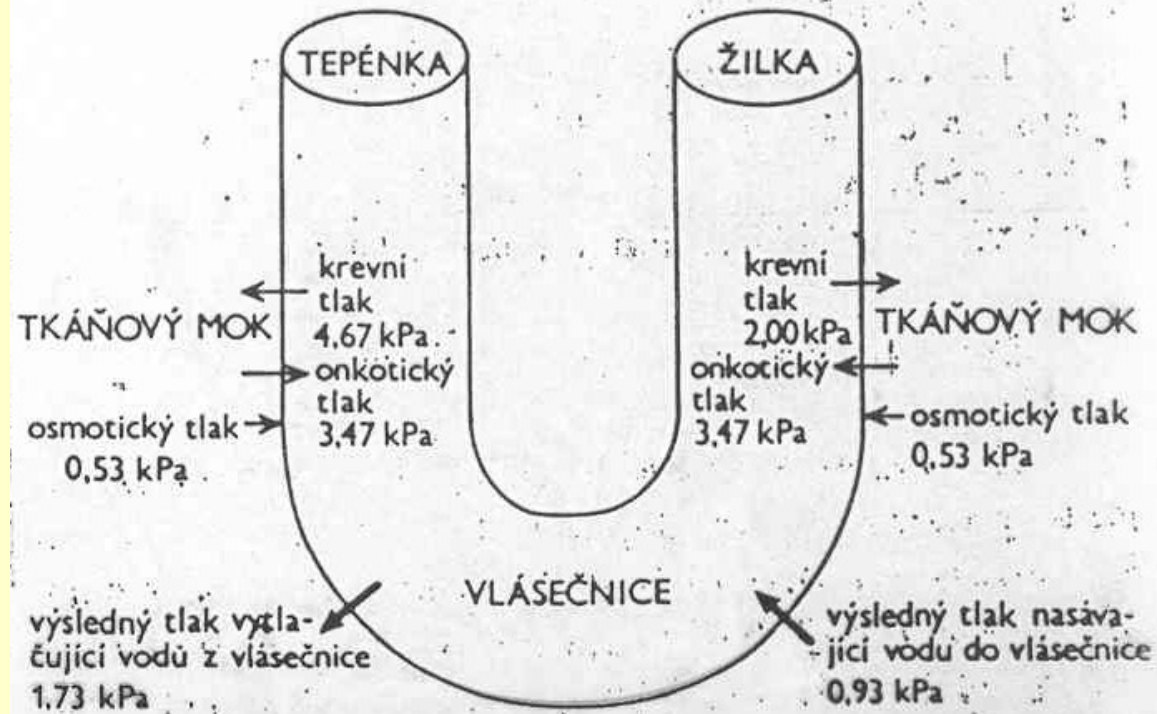
- krevní destičky (trombocyty)

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 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 Ca^{2+} , vitamín K (podporuje syntézu protrombinu v játrech) fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.

Hemostáza

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

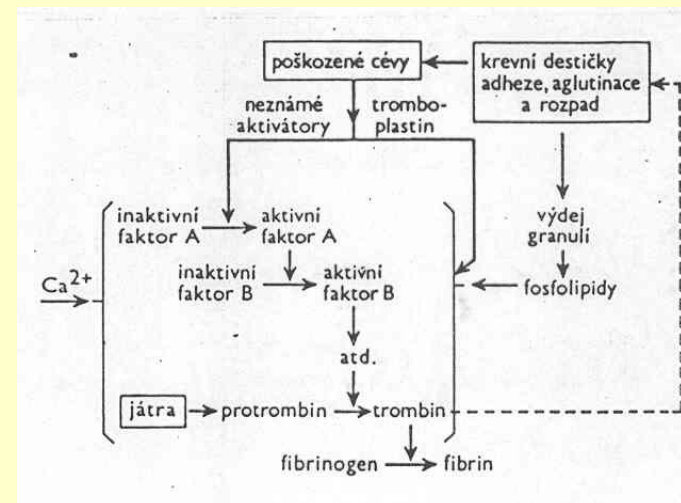
uvolnění serotoninu – **vazokonstrikční fáze**

(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.

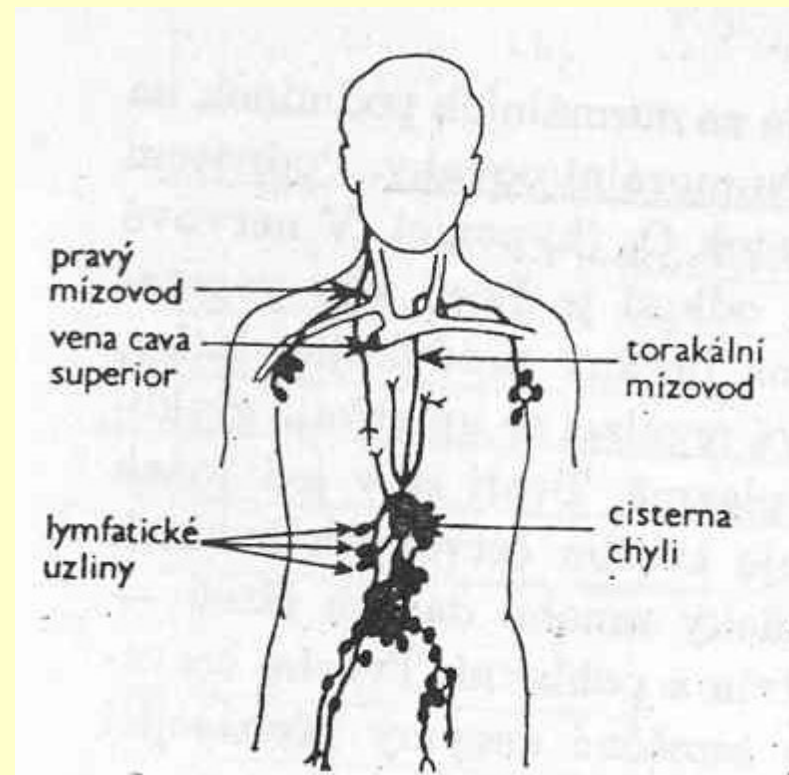
Míza (*lymfa*)

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**).

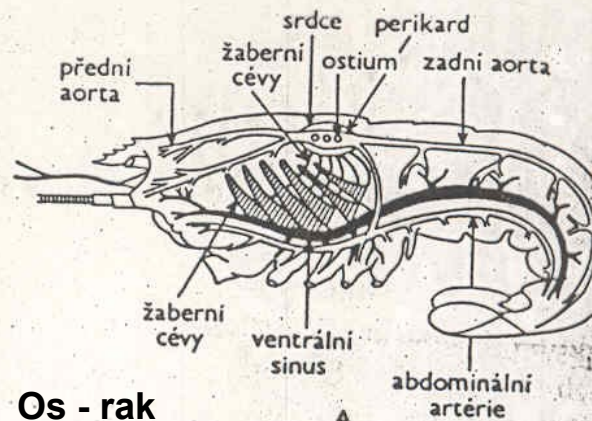
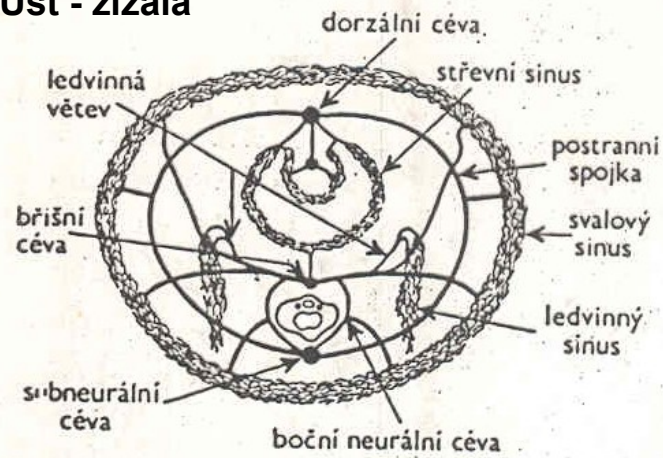
Nárůst rozměrů - výkonnější **srdce**.

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

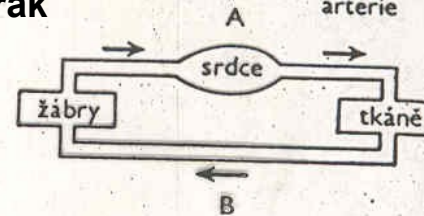
Směr toku krve - **chlopně**.

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

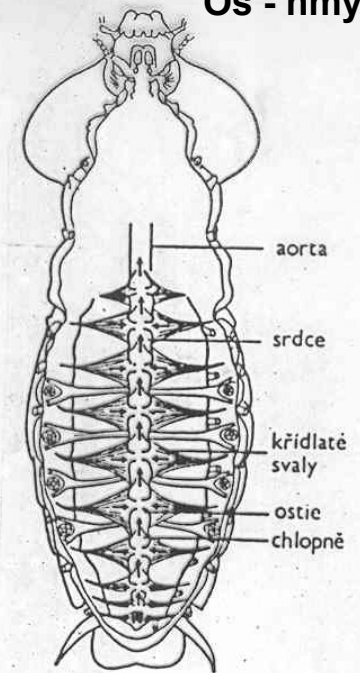
Ust - žížala



Os - rak



Os - hmyz



Typy cévních soustav

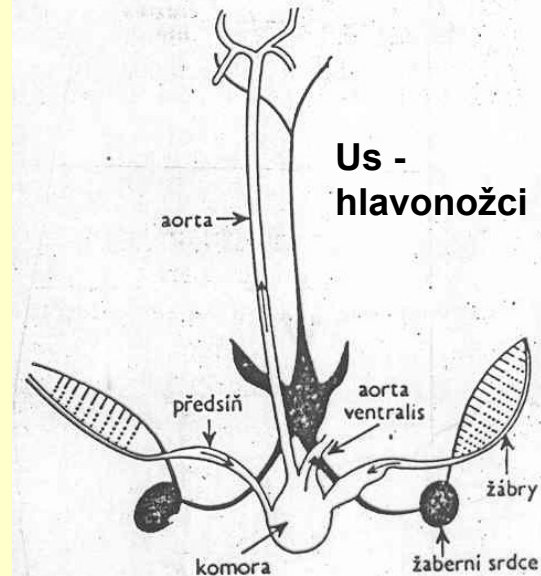
Uzavřené soustavy trubic – peristaltika cévních stěn (kroužkovci - žížala)

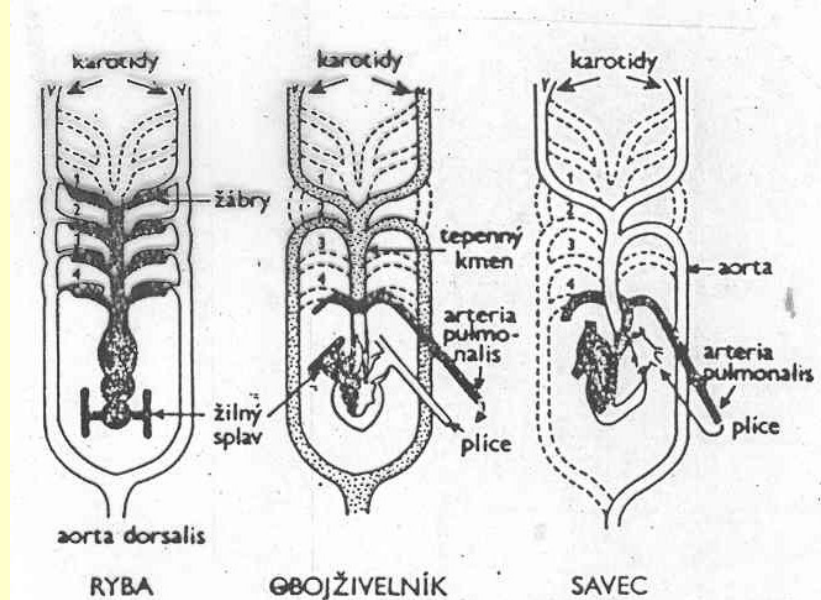
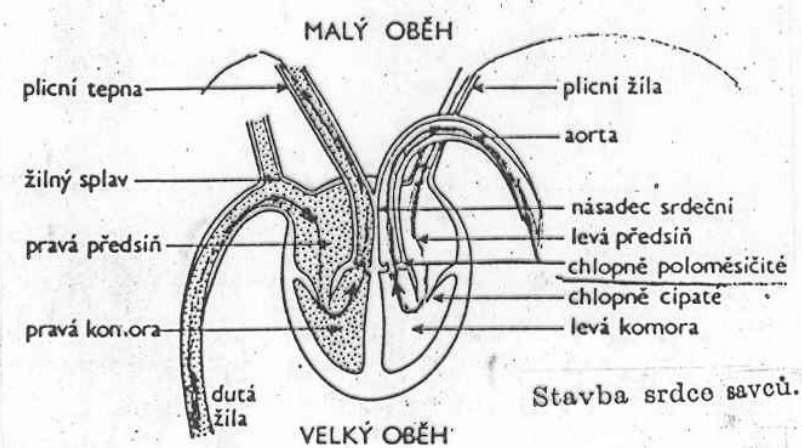
Otevřené soustavy se srdcem (vyšší korýši, hmyz)

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.

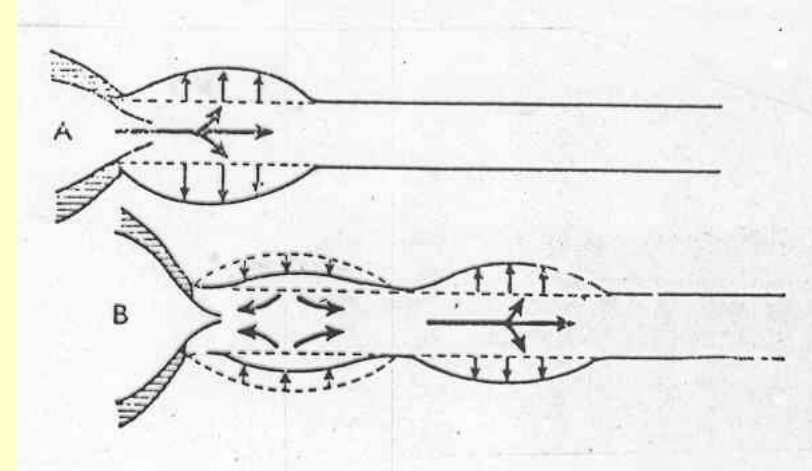
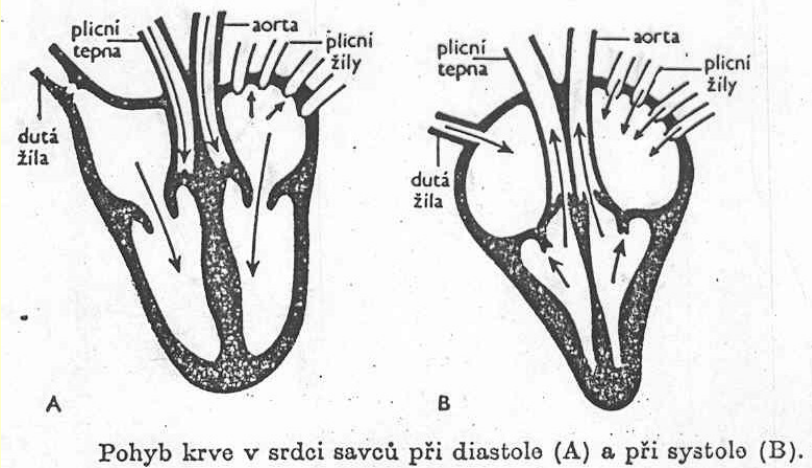
Stavba srdce - nejdokonalejší - srdce ptáků a savců.

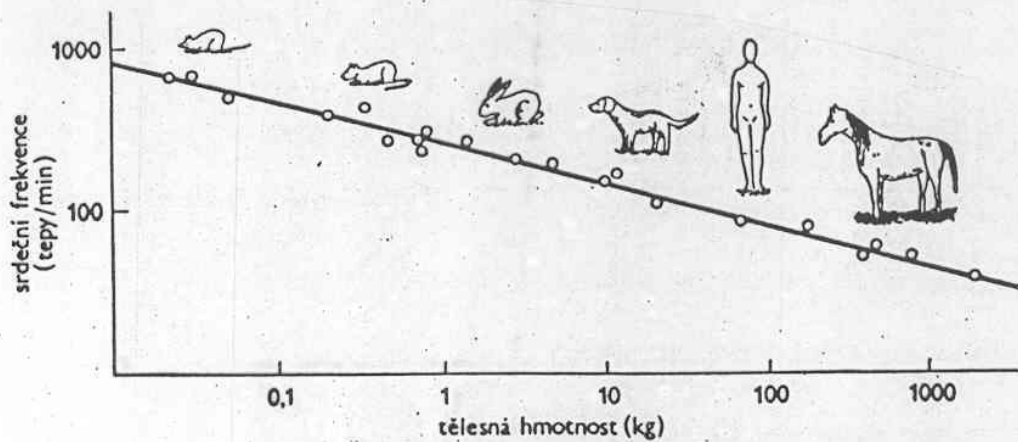
Známé oddíly:

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.

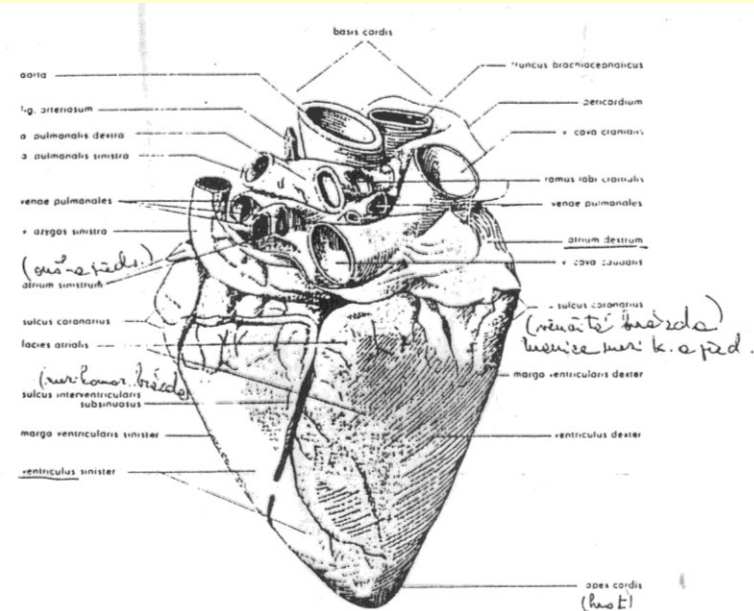
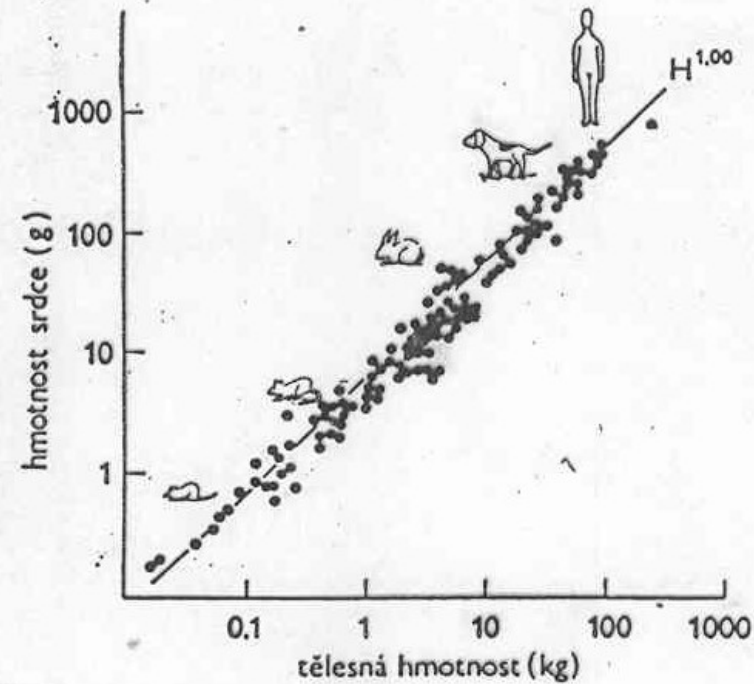




Velikost srdce podle stupně fylogeneze, velikosti živočicha, pohyblivosti (stoupá) – člověk 70-200 ml. **Počet tepů** za čas se snižuje s velikostí. Člověk – 70 tepů . min¹ . Vzestup při pracovní zátěži.

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

Srdce - vysoká spotřeba O₂ - zvláštní zásobení - **věčité (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).

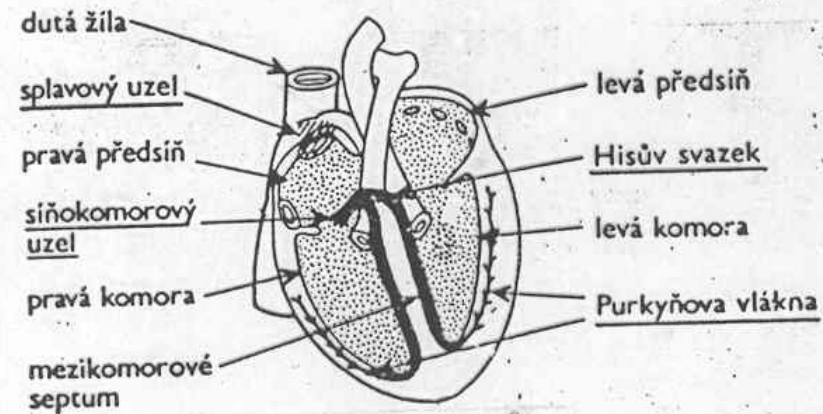
Podněty k činnosti - ze samotného srdečního svalu - **myogenní**.

Počátek stahů - v **splavovém**

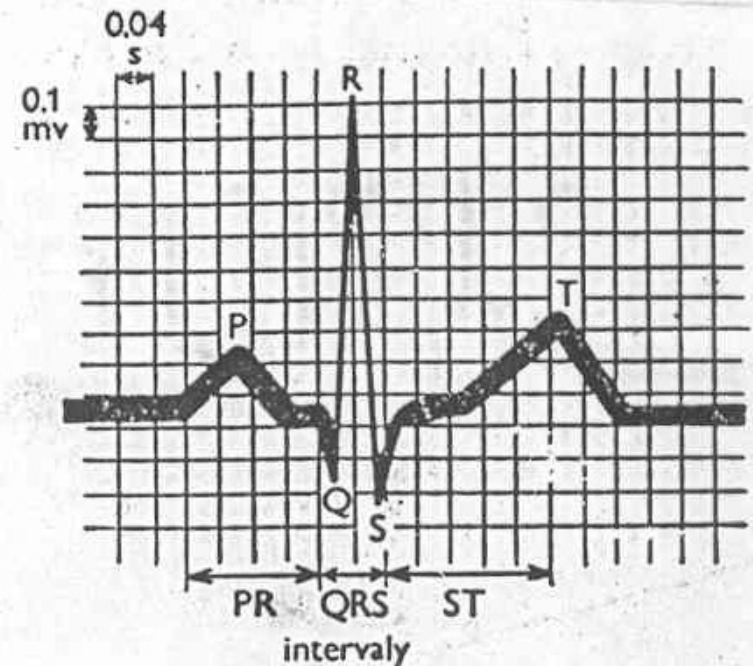
(**sinoatriálním**) **uzlu**. Uzel (srdeční **pacemaker**) je z pozměněných vláken srdečního svalu. Je inervován vlákny parasymptatiku i symptatiku.

Šíření vzruchu => postupný stah na syncyiu. 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)

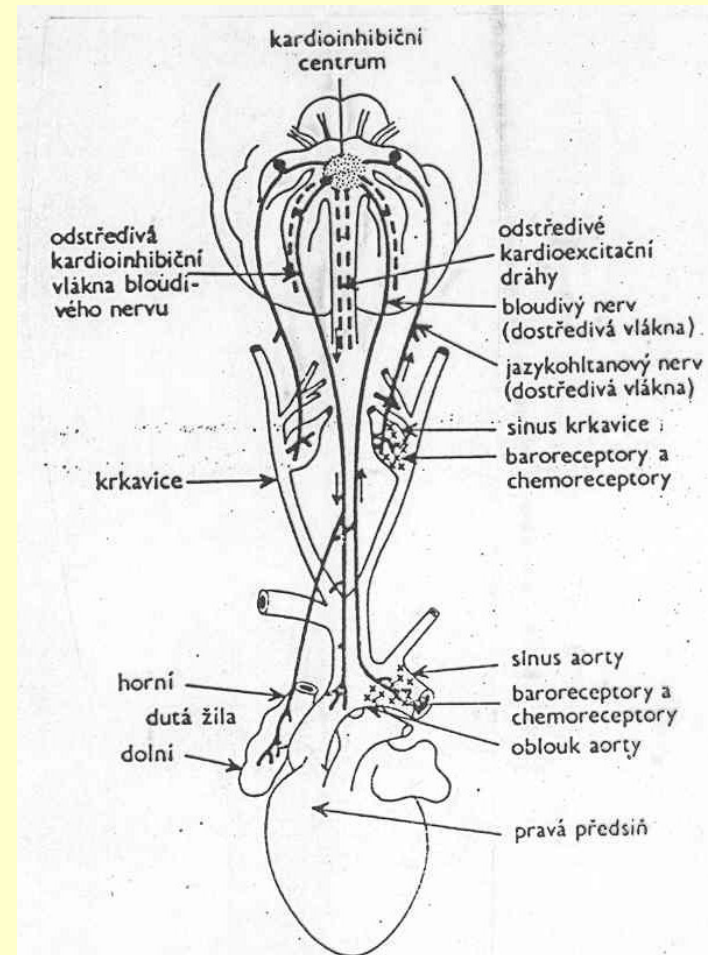
Vlivy nervových vzruchů:

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)**

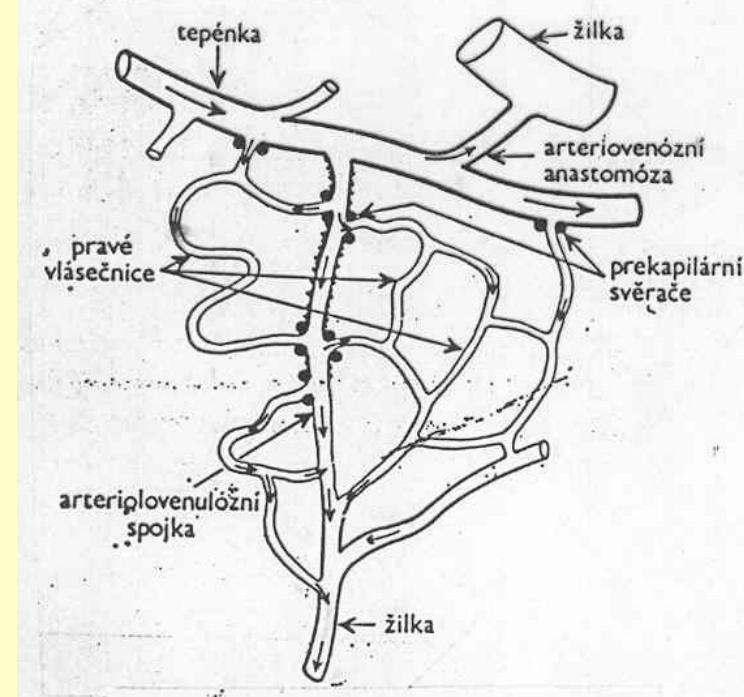
Arteriovenulózní spojky - málo svalových vláken, neměnný průsvit

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).

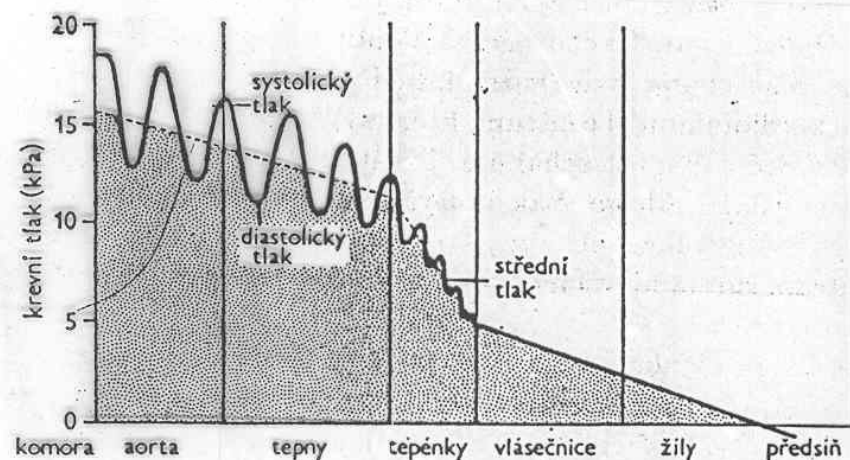
Končetinová tepna člověka - St 16,6-18,6 kPa (125 - 140 torr), Dt 10,6-11,9 (80-90). Pulzový tlak v arteriolách 1,33 kPa (10 torr), střední tlak 10,64 - 5,32 kPa (80-40), po průchodu kapilárami pod 2,66 (20). V žilkách 0,63 (4,7), nulový v hrdečních žilách, v pravé předsíni mírně záporné hodnoty.

Tab. 11. Vlastnosti různých cév u psa

Druh cévy	Průměr (mm)	Počet	Celkový průsvit (cm ²)	Délka (cm)	Celkový objem krve (cm ³)
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 ²)	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 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 O₂ - 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 ²⁺ SO ₄ ²⁻ -Ca ²⁺
Sladká voda	0 0	Ca ²⁺ Na+HCO ₃ ⁻	dtto
Brakická voda	0,05-3% 10-1000		

Tělní tekutina (většina) 300 mmol/l

Živočichové **euryhalinní** -
stenohalinní

Mnozí bezobratlí - **izoosmotičtí**

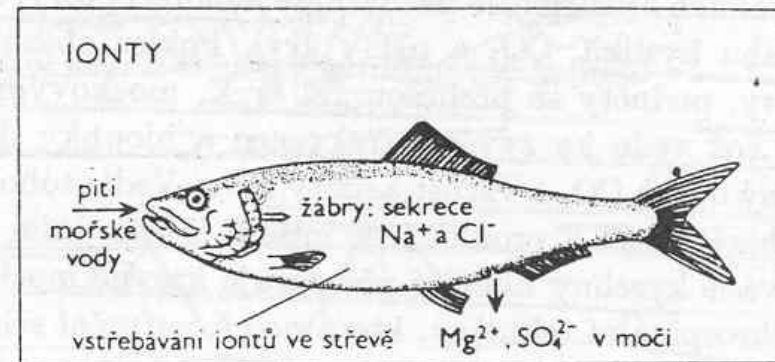
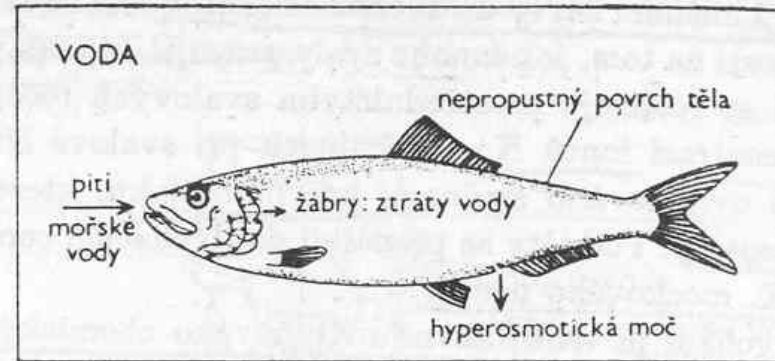
osmokonformátoři (poikiloosmotičtí)

- **osmoregulátoři (homoioosmotičtí živočichové)**

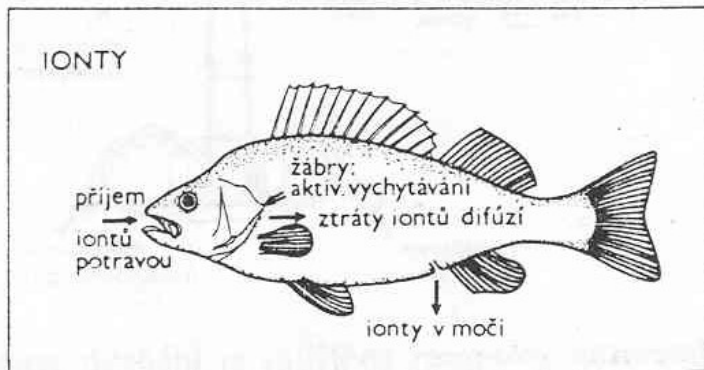
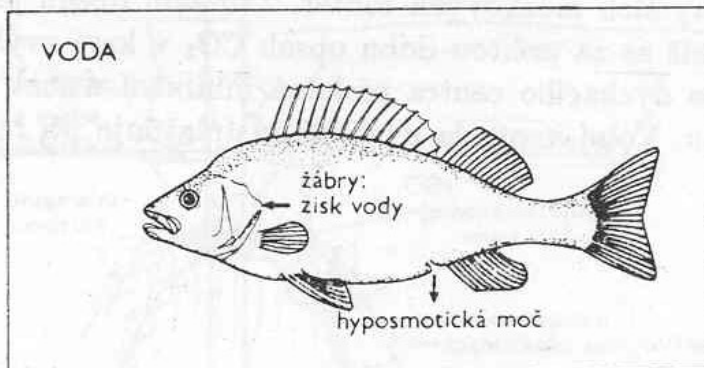
("vybírají si" - **iontová regulace**).

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

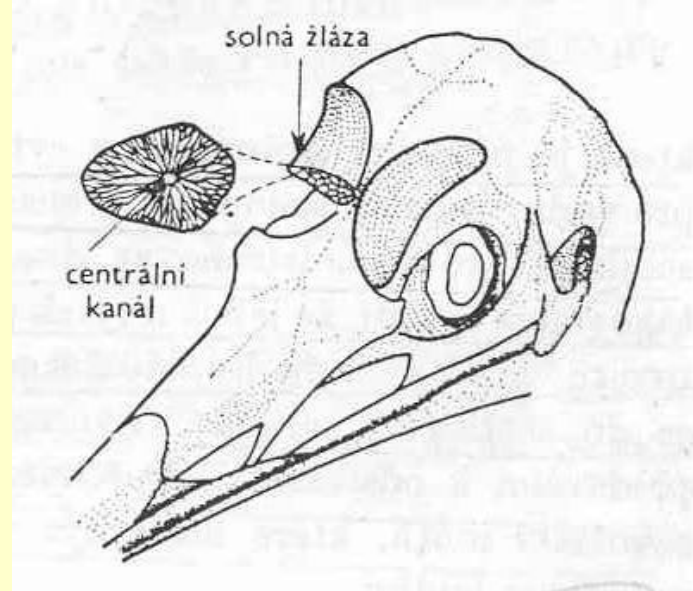
Metabolická voda (oxidační)

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
- CO₂ - v plicích, ale i moči, potu (jako kyselá uhličitany)
- N-sloučeniny - **exkreční orgány**

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

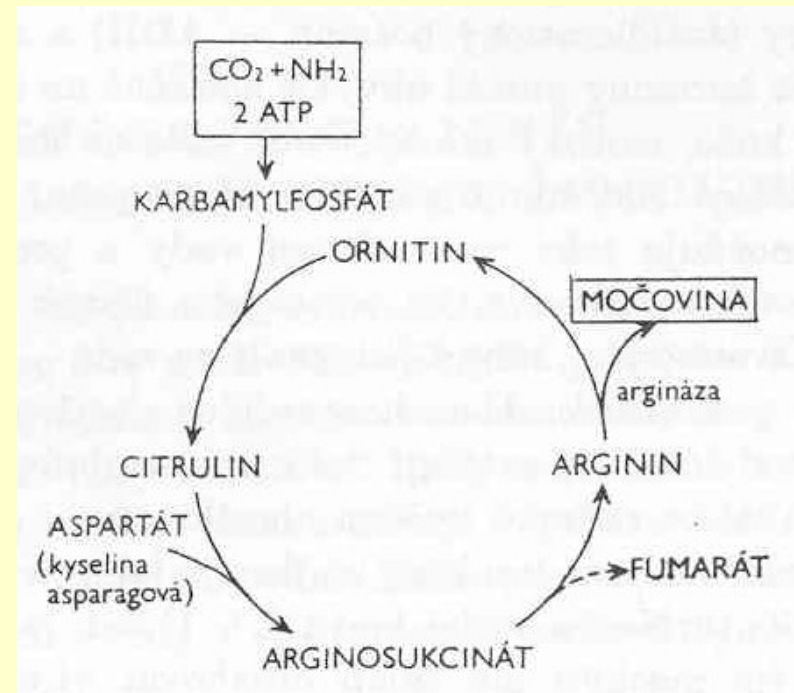
Suchozemští - přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

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.

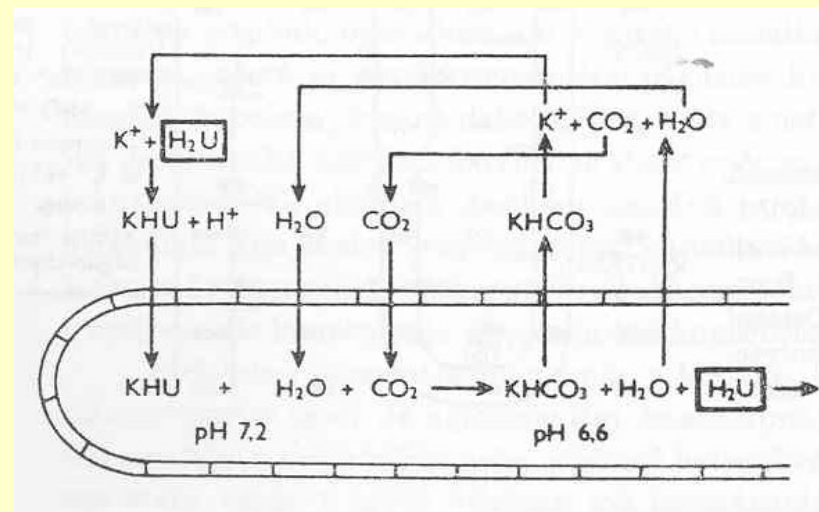
Vyšší živočichové - 4 typy vylučovacích orgánů:

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

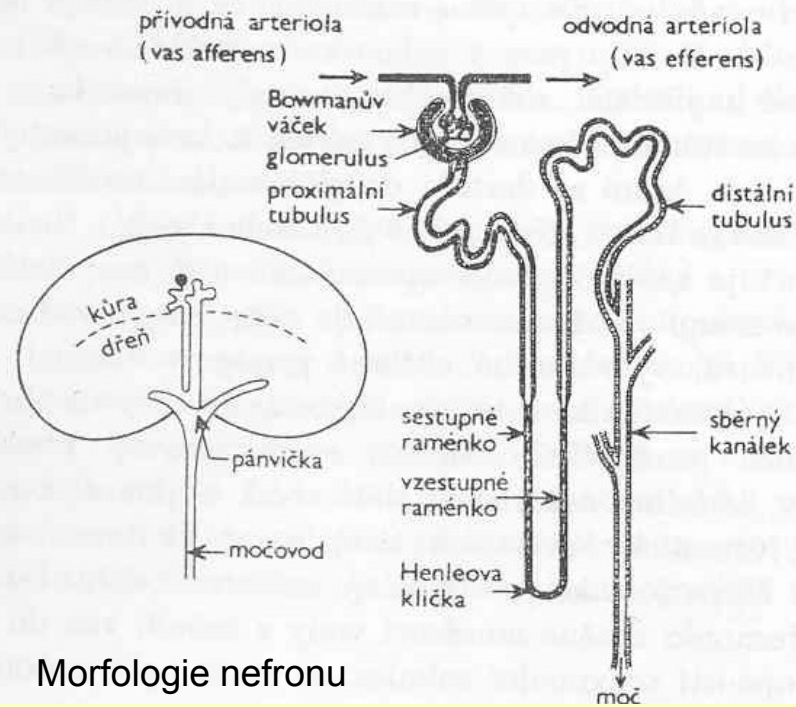
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů - pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

Nefron:

Bowmanův váček v kůře, v něm klubičko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z B. v. - vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) - narovnání - přechod do dřene - 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 dřeni, 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.

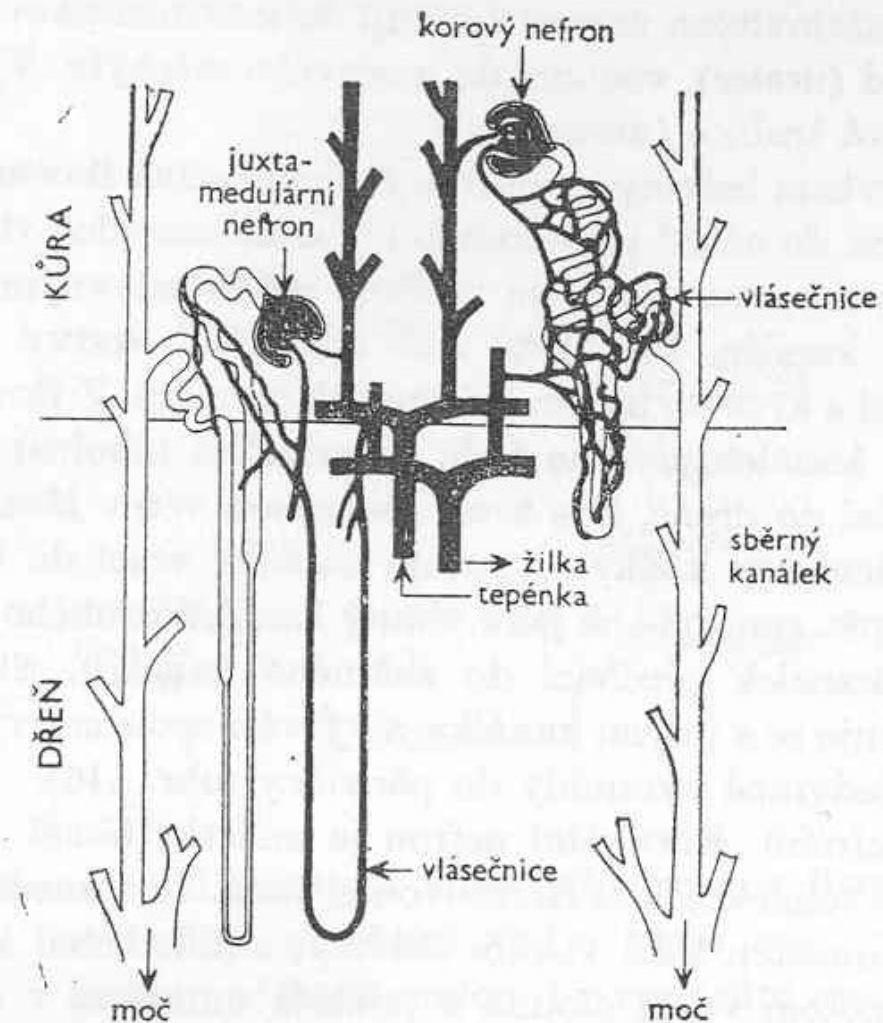
→ spojování v **odvodnou arteriolu**
(*vas efferens*),

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

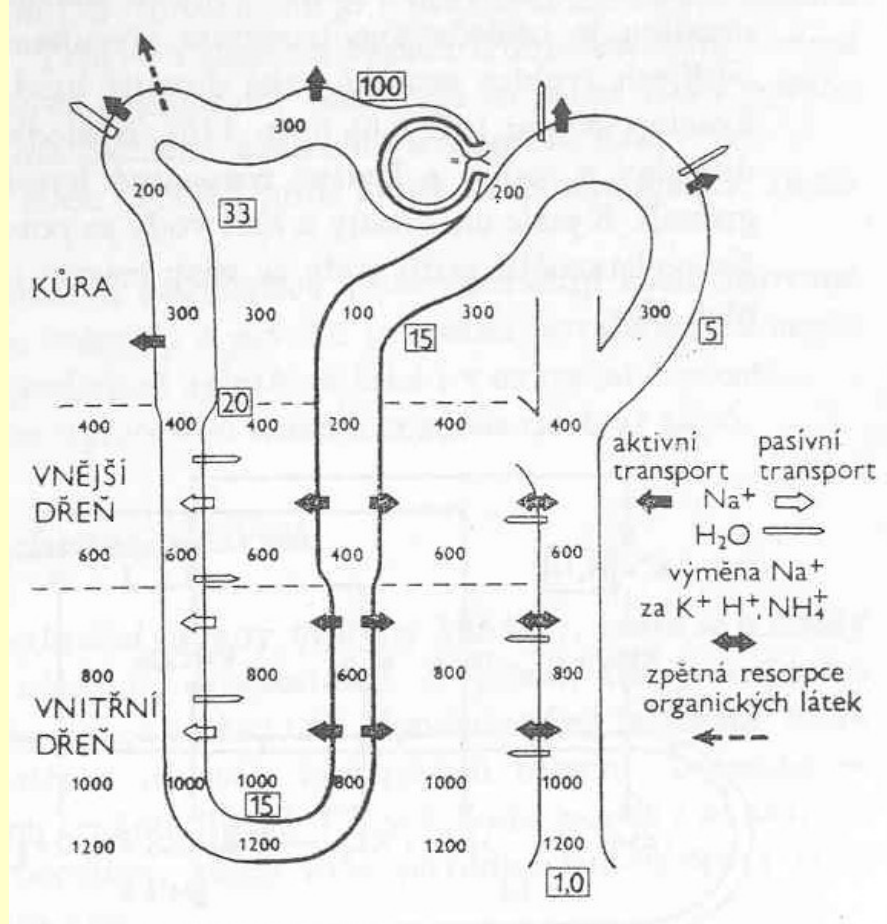
Glomerulus: - filtr - oddělí tekutinu od
krevních buněk a bílkovin - **izotonický**
filtrát s krevní plazmou

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^+
jiné elektrolyty
voda (80 %).

Sestupné rameno Henleovy kličky

propustné pro vodu,

vzestupné nepropustné –

značná resorpce Na^+ a Cl^-

→ do vinutého kanálku II. řádu

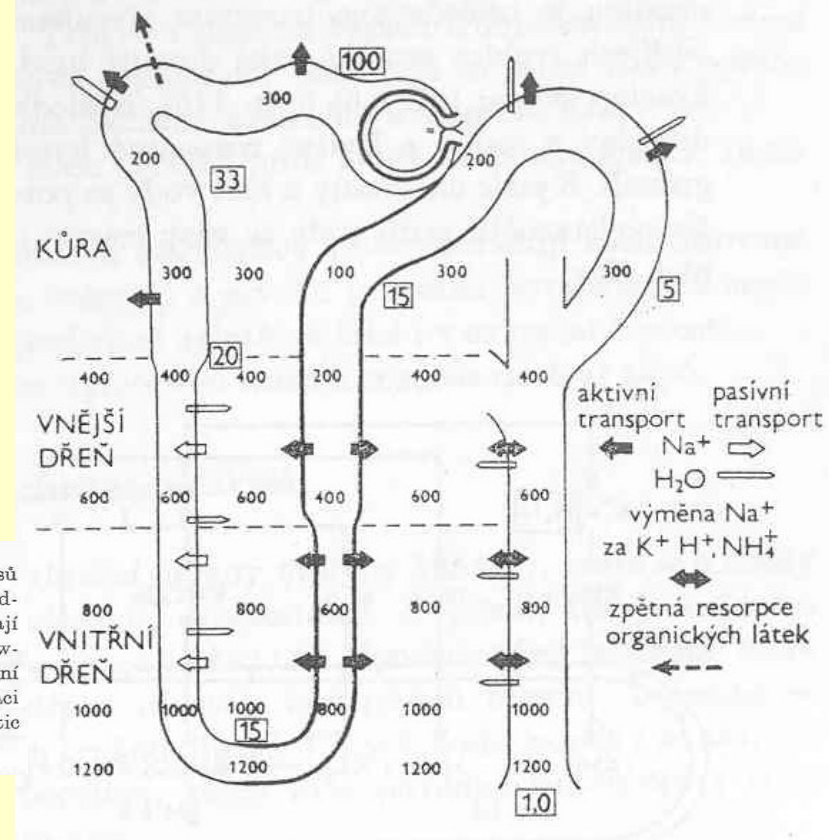
– hypotonická moč (100 mmol/l),

přesun dalších 10 % vody →

izotonická tekutina ve sběrném kanálku ledviny - další aktivní přesun 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 Na^+ v distálních tubulech, zvyšuje vylučování K^+ a H^+
- paratyreoidní h. - snižuje zpětnou resorpci fosfátů

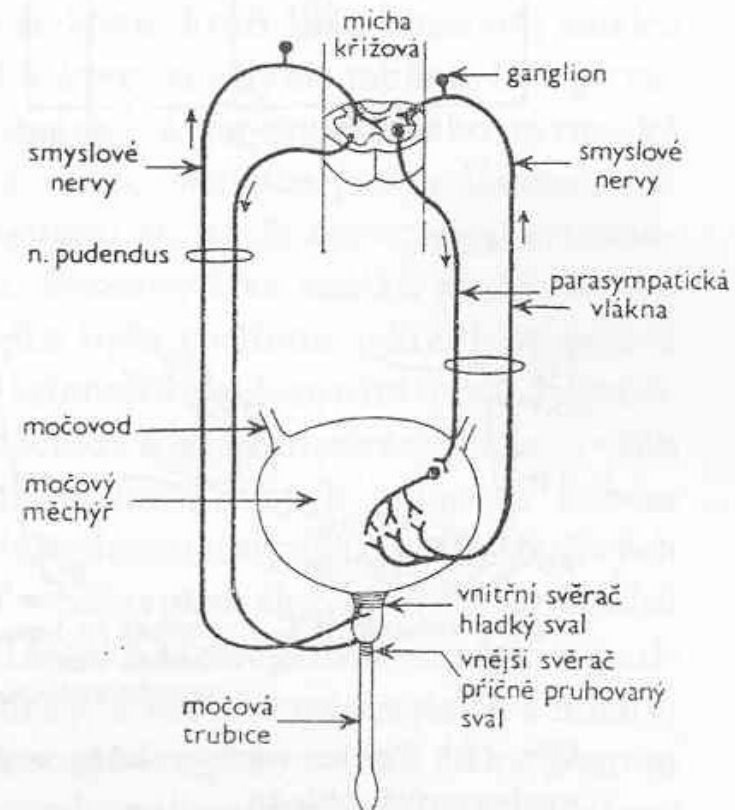
Močení

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 řídicí výdej moči.



Hospodaření teplem

Teplota - faktor ovlivňující intenzitu fyziologických pochodů.

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

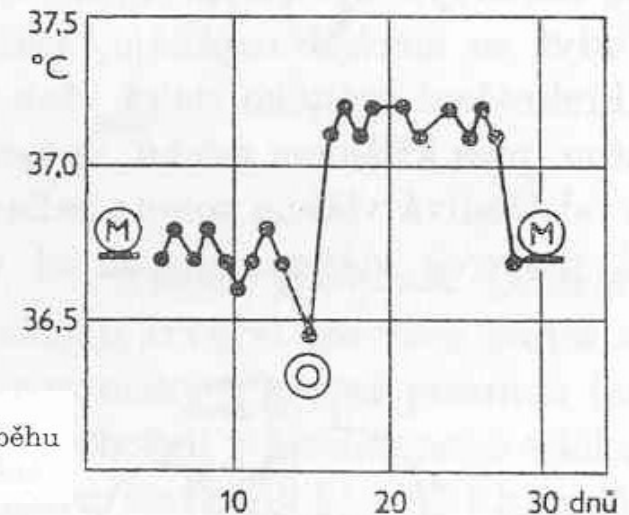
Silná závislost na teplotě prostředí

- 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.

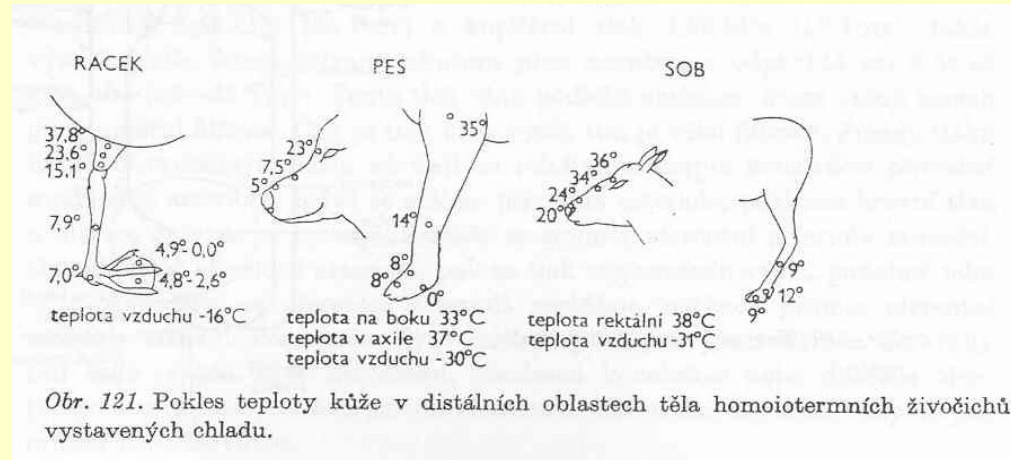


Obr. 120. Změny klidové teploty ženy v průběhu ovulačního cyklu.

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, ...)



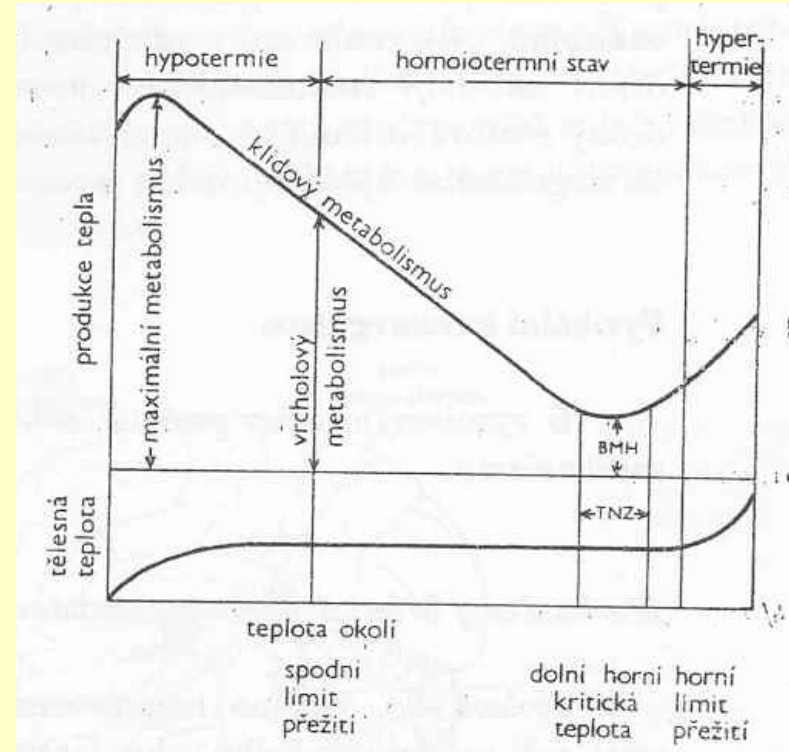
Zisk tepla:

- 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

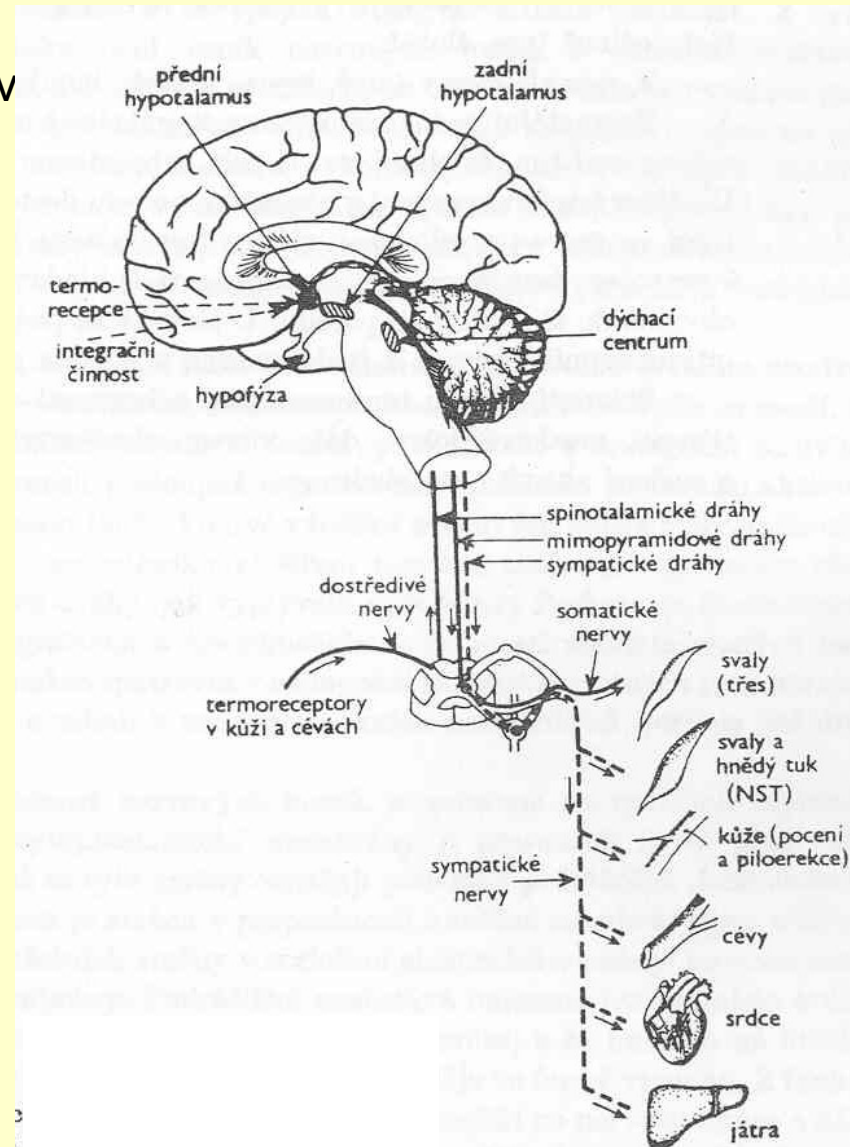
(vazodilatace, pocení - emoce

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.).