

**Osmoregulace, exkrece,
termoregulace**

Osmoregulace

homeostatické mechanismy pro

- stálou koncentraci rozpuštěných látek →

3 mechanismy udržování stálé koncentrace

- osmotický tlak (**osmoregulační funkce**)

- pH (**exkreční funkce**)

- teplotu těla (**termoregulační pochody**)

hospodaření se solemi a vodou patří mezi dominantní úkoly vylučovacích soustav

OSMOREGULACE

Vývoj (a vznik) živočichů v moři adaptace na souš a sladké vody.

	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 **1. euryhalinní (snášejí vysoké konc. soli (až 30%))**

2. stenohalinní nesnášejí změny obsahu soli ve vodě

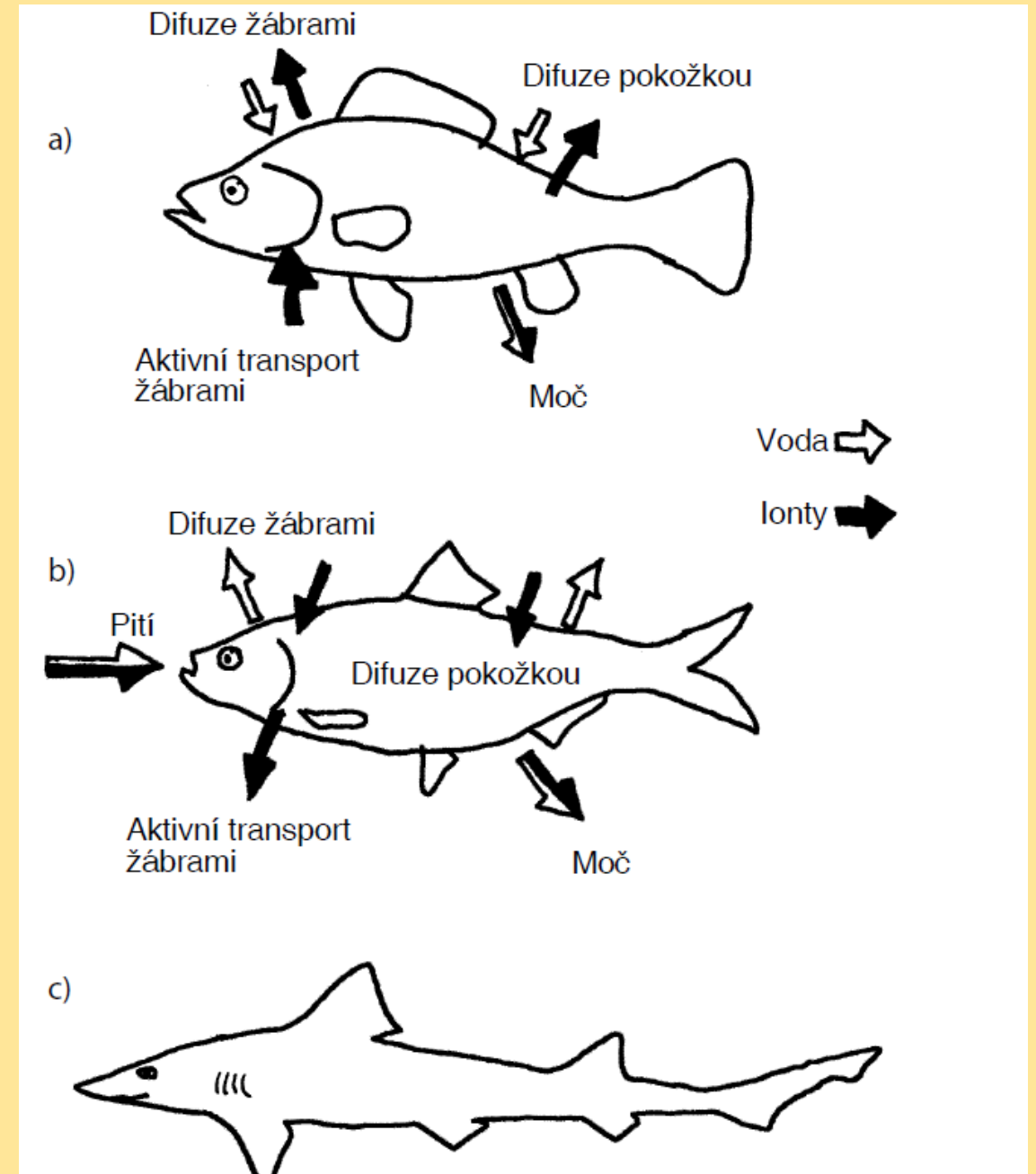
izoosmotičtí (tělní tekutiny o stejném osmotickém tlaku, jako je mořská voda)

osmokonformátoři (poikiloosmotičtí) mohou žít ve sladké i slané vodě. Koncentrace iontů u nich v určitém rozmezí může kolísat. Regulují tyto koncentrace.

- **osmoregulátoři (homoioosmotičtí)** živočichové, musí udržovat stálou koncentraci (**iontová regulace**), výrazný vývoj mechanismů výměny některých iontů

Hospodaření se solemi a vodou u vodních živočichů. Sladkovodní, **hyperosmotičtí** živočichové (a) musejí kompenzovat únik iontů do okolí a naopak pronikání vody do těla. Soli jsou aktivně importovány epitelem žaber. Voda odchází s močí.

Mořští, **hypoosmotičtí** živočichové (b) naopak získávají vodu pitím a soli vylučují žábami a močí. Některé paryby (c) jsou díky vysoké koncentraci močoviny **izoosmotické**.



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.

Stažitelná vakuola prvoků – exocytóza odpadních látek

Řízení přesunu iontů a vody – látkové:

Bezobratlí (žížala (kroužkovci), slimák (měkkýši)) – **nervové buňky** produkují látky, které řídí obsah vody a iontů v organismu.

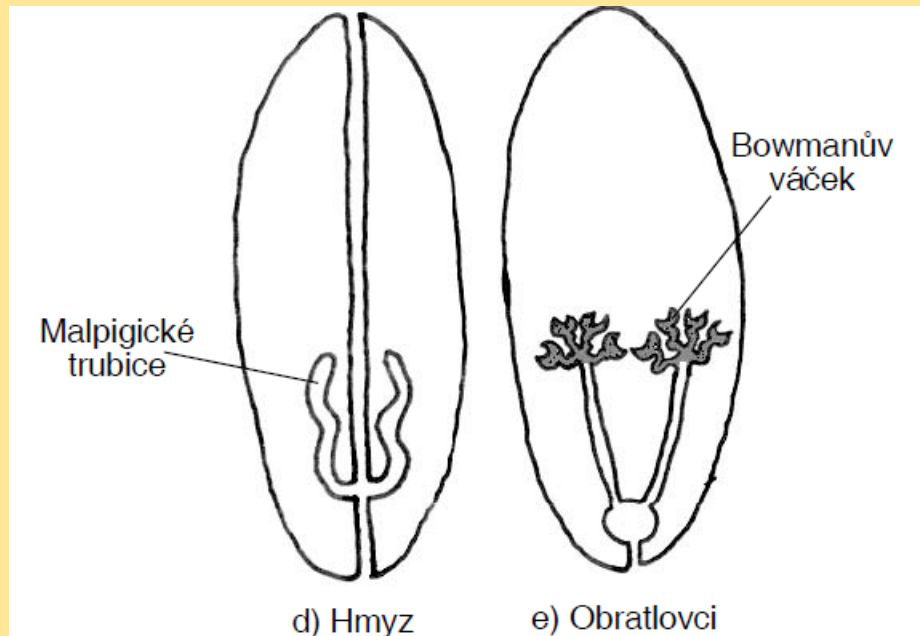
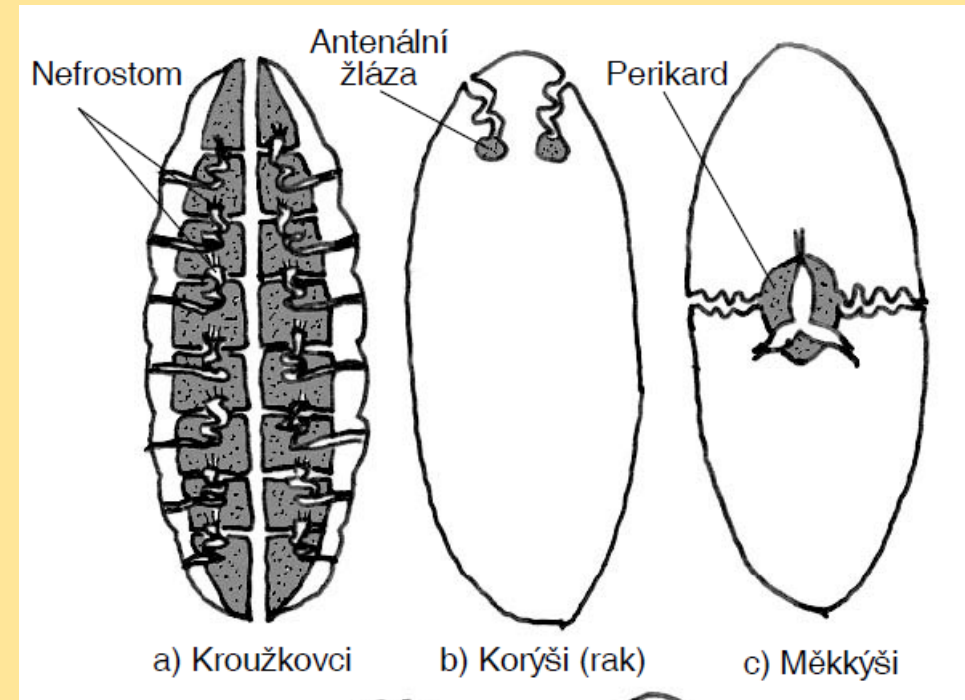
Houbovci, Žahavci – exkreční látky z buněk do vnitřních dutin a pak ven.

Vyšší živočichové – 4 typy vylučovacích orgánů:

1. Nefridiální orgány hlístů, červů a měkkýšů –
2. Antenální žlázy korýšů
3. Malpigické žlázy hmyzu
4. Ledviny obratlovců

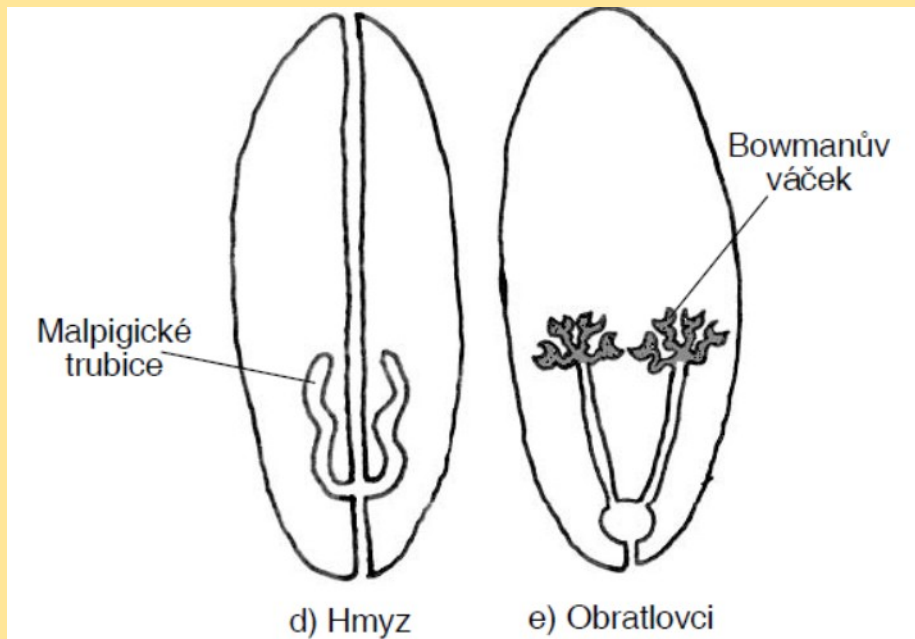
Metanefridie u kroužkovců - víření brv obrvené nálevky (nephrostomu) podoba kanálků zakončenými plaménkovými buňkami, Ten plamének (bičík) vhání tekutinu do nálevky, která se otevírá do dutiny (většinou coelomu). Vyvolává se tlak potřebný k filtraci, hypotonická

Za odvozené od metanefridií se také považují filtrační systémy, u kterých je krev či hemolymfa přefiltrovávána tlakem udržovaným srdeční aktivitou. Platí to u **měkkýšů**, kde je krev filtrována přes srdeční stěnu do osrdečníku, antenálních žláz **korýšů**, kyčelních žláz **pavoukoců** nebo ledvin **obratlovců**.

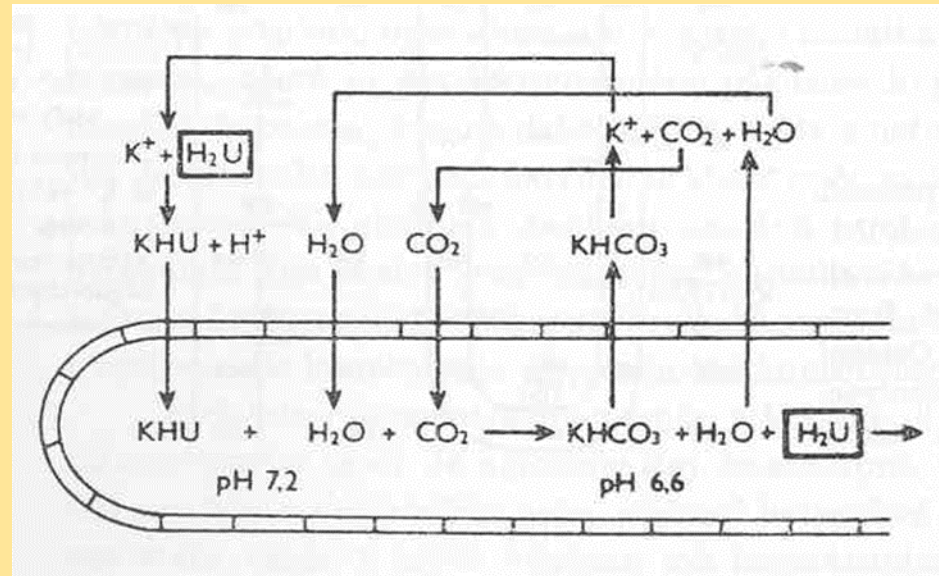


Antenální žlázy korýšů obdoba metanefridií. Váček se otevírá do coelomu, uloženy v přední části těla. Vývod váčku se výrazně rozšiřuje nebo mění v labyrint rozšířených dutin. Tento kanál může být opatřený močovým měchýřem, ústí na hlavě. V Labyrintu zpětná resorpce organických látek, zatímco kanálek - vychytávání anorganických látek, hypotonická moč.

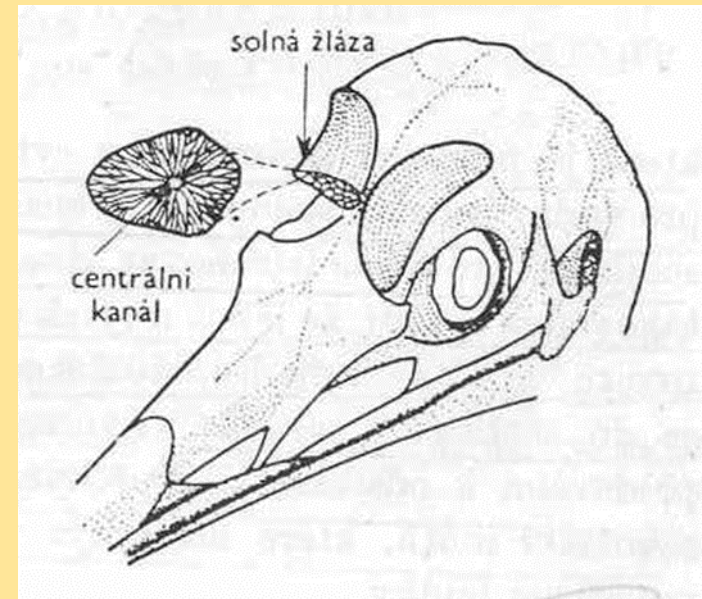
3. **Malpighické žlázy hmyzu** slepé trubice ústící druhým koncem do střeva hmyzu. Jejich počet je rozdílný mohou být pouze dvě, ale i několik set. Nedochozí zde k filtraci, ale ionty pronikají do trubic aktivním transportem a lumenem této trubice sestupují dolů. Přesouvá se tam i voda, níže i oxid uhličitý a vytváří se zde hydrogen-uhličitanové soli a kyselina močová a dusíkaté soli. O něco níž dochází ke zpětné resorpci vody. Voda přechází zpět do tělních tekutin. Tyto exkreční produkty přecházejí do trávicí trubice a jsou zbaveny většiny vody.



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



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



4. Ledviny obratlovců

Obratlovci – z **neurohypofýzy** (ADH – antidiuretický hormon), z **kůry nadledvin** (aldosteron).

Společné působení **1.** na úrovni povrchových membrán (žábry, kůže, močový měchýř žab) a **2.** ledvinných kanálků a na **3.** rektální a **4.** 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 kyselé uhličitany)
- **N-sloučeniny** - **exkreční orgány**

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

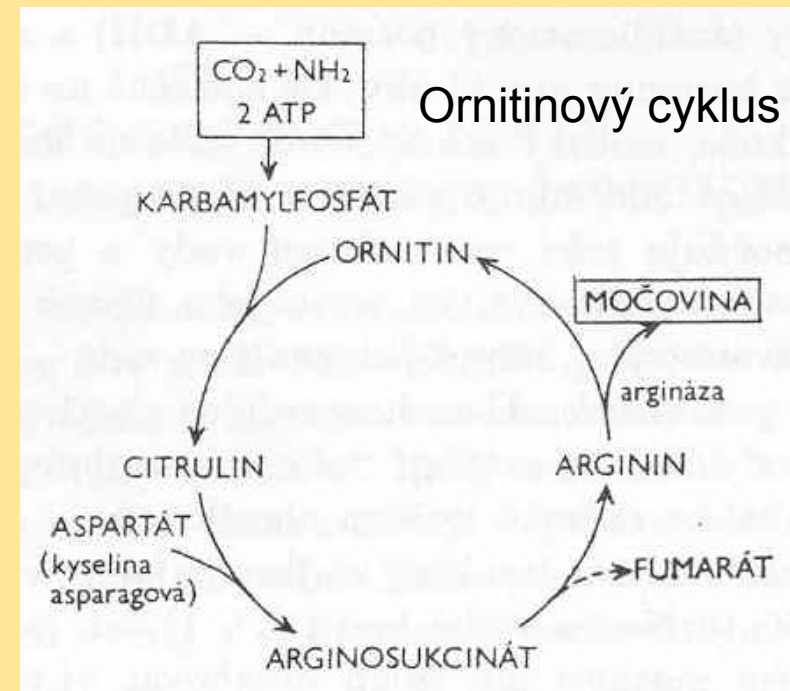
Suchozemští - přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

Živočichové **ureotelní** – (močovina)

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

urikotelní (kys, močová)

(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.

Ledviny obratlovců

Funkce ledvin:

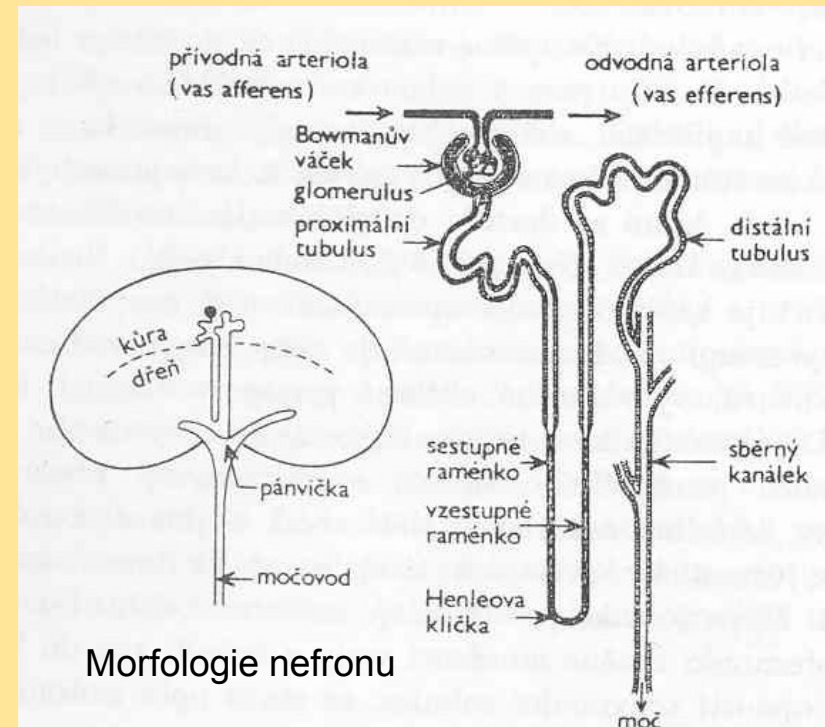
**oddělení zatěžujících látek z krve –
udržení stálého vnitřního prostředí**

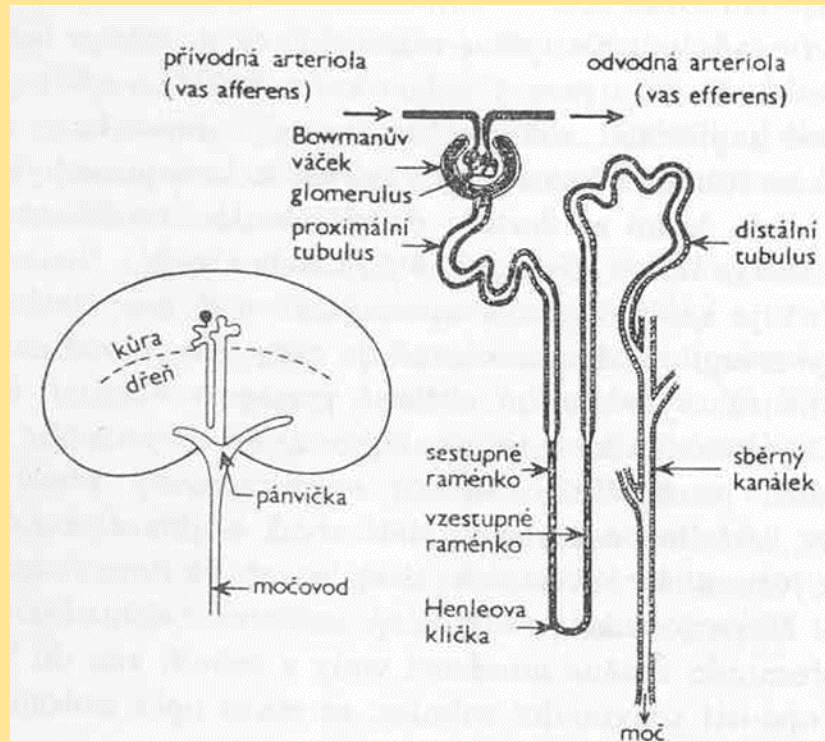
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů – pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

Nefron:

Bowmanův váček v kůře, v něm klubíčko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z Bowm. v. – vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) – narovnání – přechod do dřeně –

sestupná větev Henleovy kličky,
vzestupná větev H. k. zpět do kůry,
rozšířený zprohýbaný vinutý kanálek II. řádu (*distální tubulus*) → sběrný kanálek v dřeně s dalšími – společný vývod na vrcholu ledvinné pyramidy do pánvičky





kortikální nefron s krátkou H.k. –
 téměř celý v kůře
 b) juxtamedulární nefron – glomerulus
 v kůře u hranice s dřením, dlouhá H.k.

Člověk

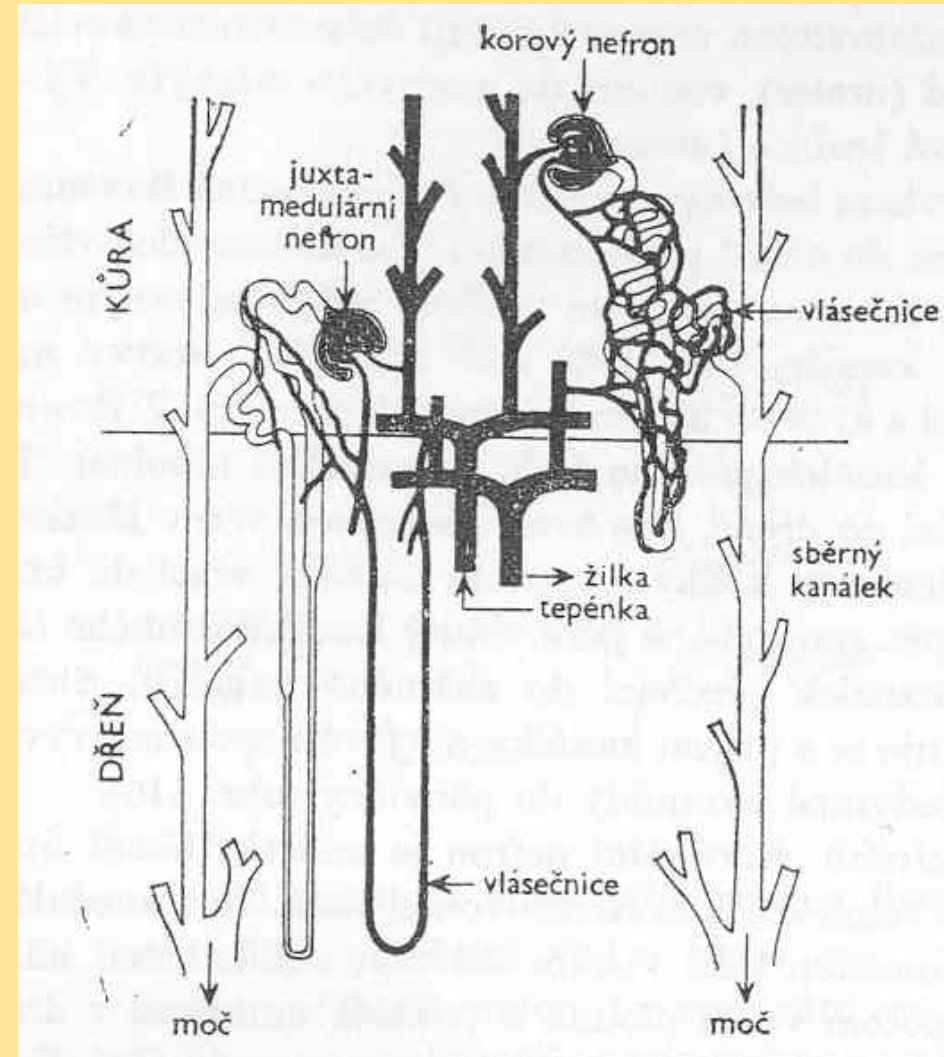
– 7 kortikálních nefronů,
 1 juxtamedulární nefron,
 celkem 7 miliónů v 1 ledvině.
 Skot 4 mil., kočka 230000, myš 5000.

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.
ty ke kanálkům,
rozpad na vlásečnice →

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

žilky → renální žíla → dolní
dutá žíla.



Obr. 117. Krevní zásobení nefronu.

Průtoky: člověk 1 300 ml /min.

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

Glomerulus: filtr – oddělí tekutinu od **krevních buněk a bílkovin** –

izotonický filtrát s krevní plazmou

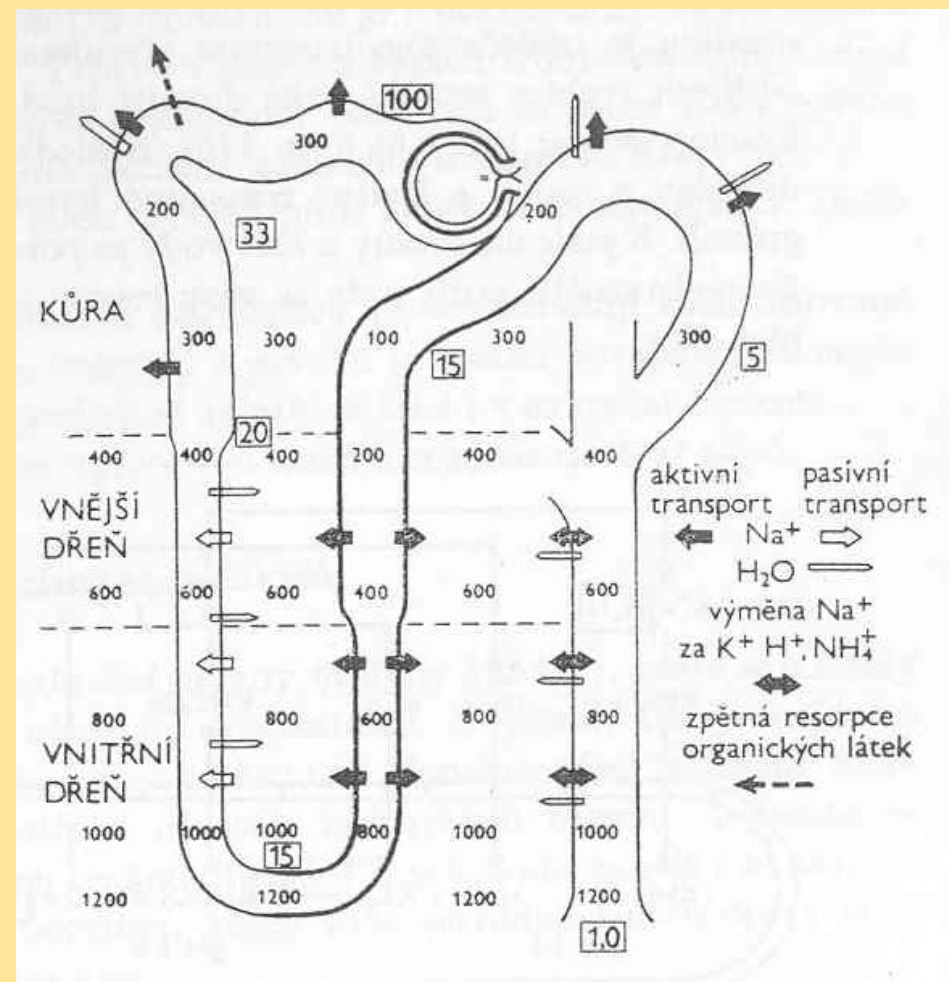
Vyšší tlak krve – vyšší filtrace.

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

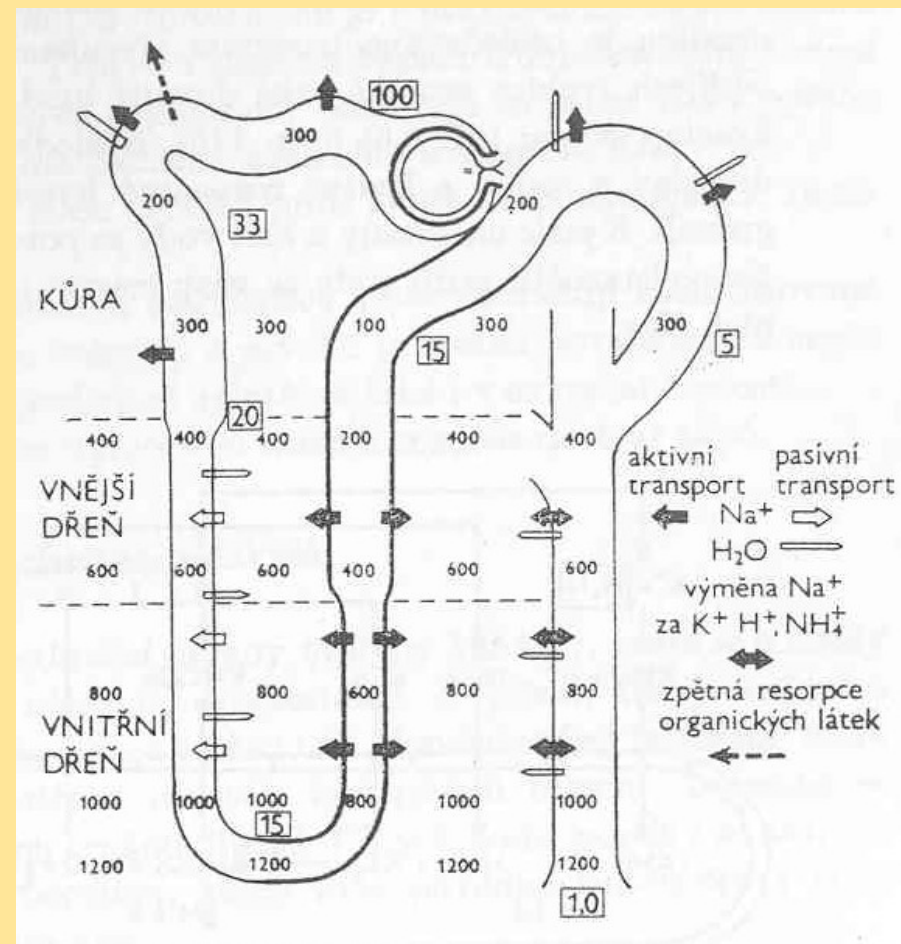
– hypotonická moč (100 mmol/l),

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.



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 Na^+ v distálních tubulech, zvyšuje vylučování K^+ a H^+
- **paratyreoidní horm.** – snižuje zpětnou resorpci fosfátů

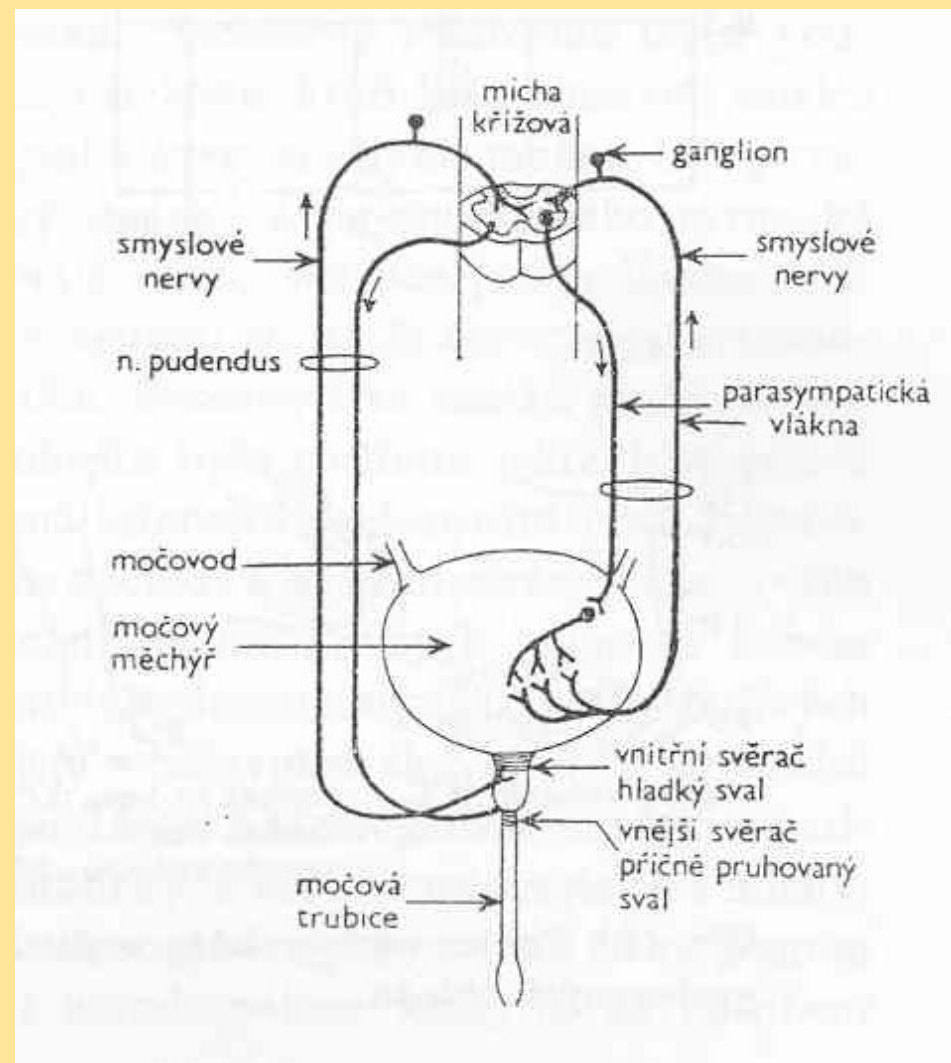
Močení

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 – parasymphatikus. 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 řídící výdej moči.



Hospodaření teplem

Teplota – faktor ovlivňující intenzitu fyziologických pochodů.

Poikilotermí (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 (může určitým způsobem, i když jen na omezenou dobu, regulovat svou teplotu – behaviorální a fyzická termoregulace)

Specifické receptory na teplotní změny – až plazi

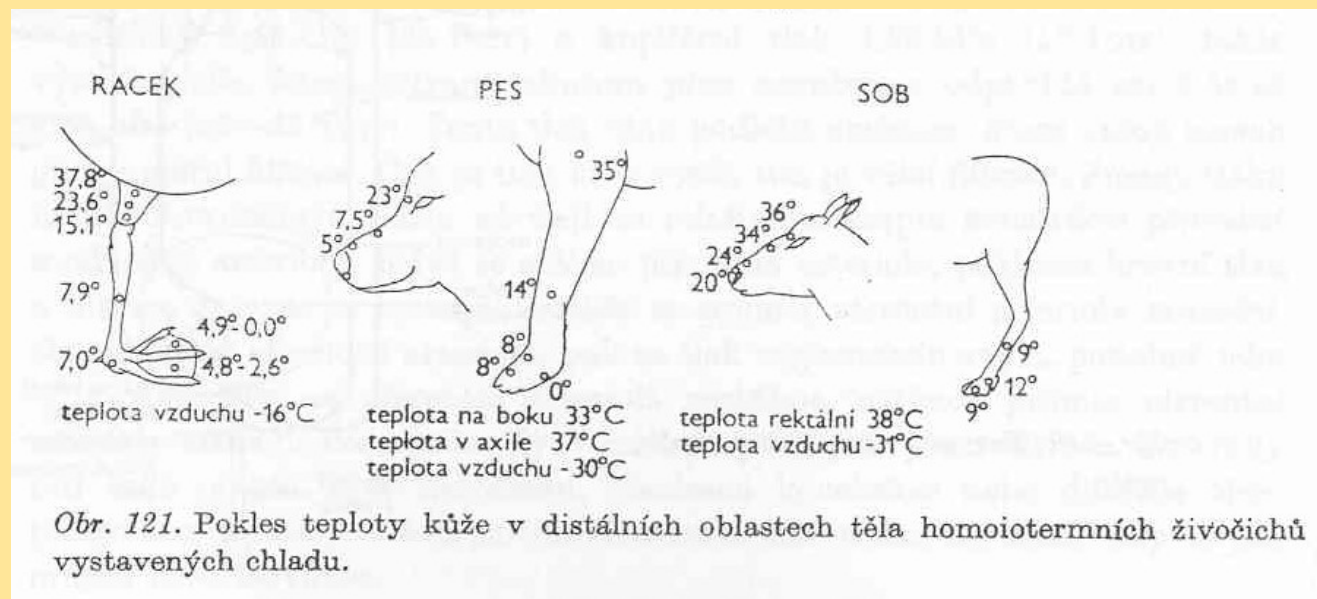
Teplota homoiotermů – okolo 37°C savci, ptáci vyšší.

Změny.

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, ...)



Obr. 121. Pokles teploty kůže v distálních oblastech těla homoiotermních živočichů vystavených chladu.

Zisk tepla:

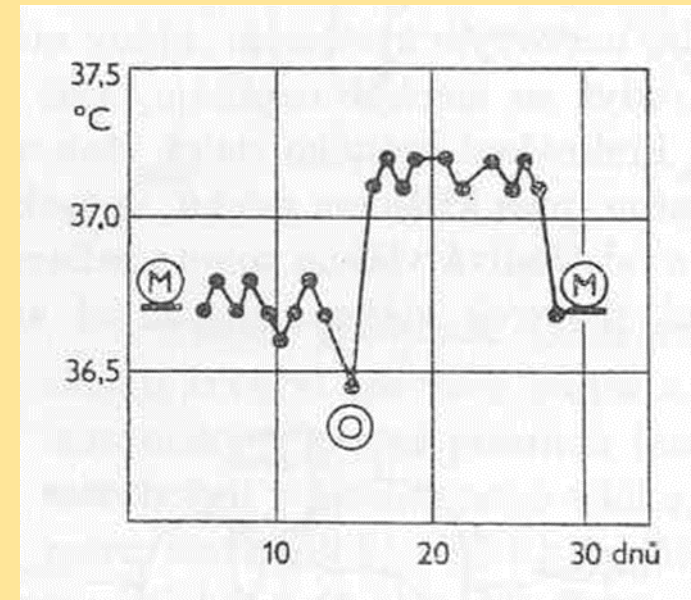
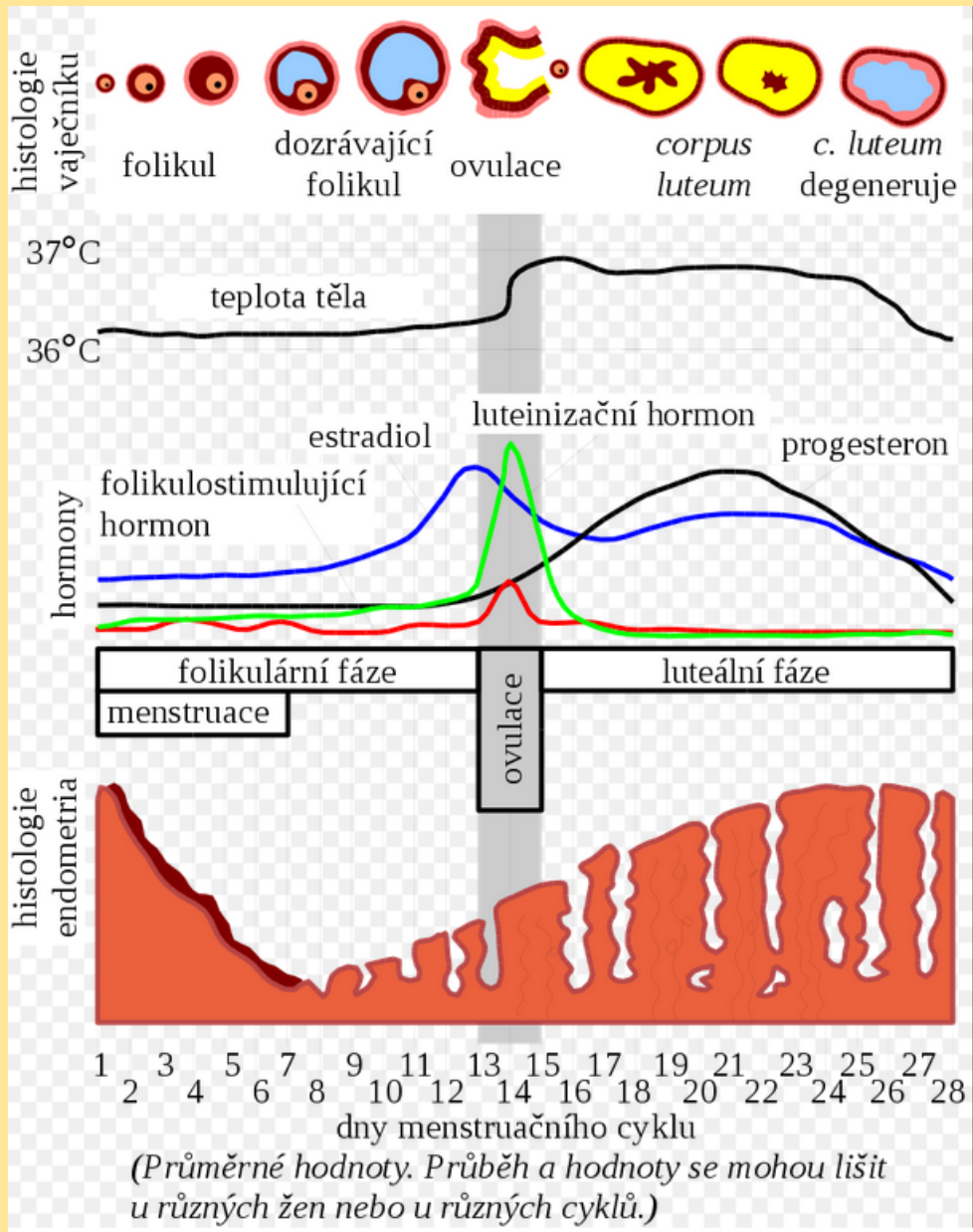
- oxidace základních látek (cukry, tuky, bílkoviny) – spalování

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.



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

Mechanismy tepelné rovnováhy

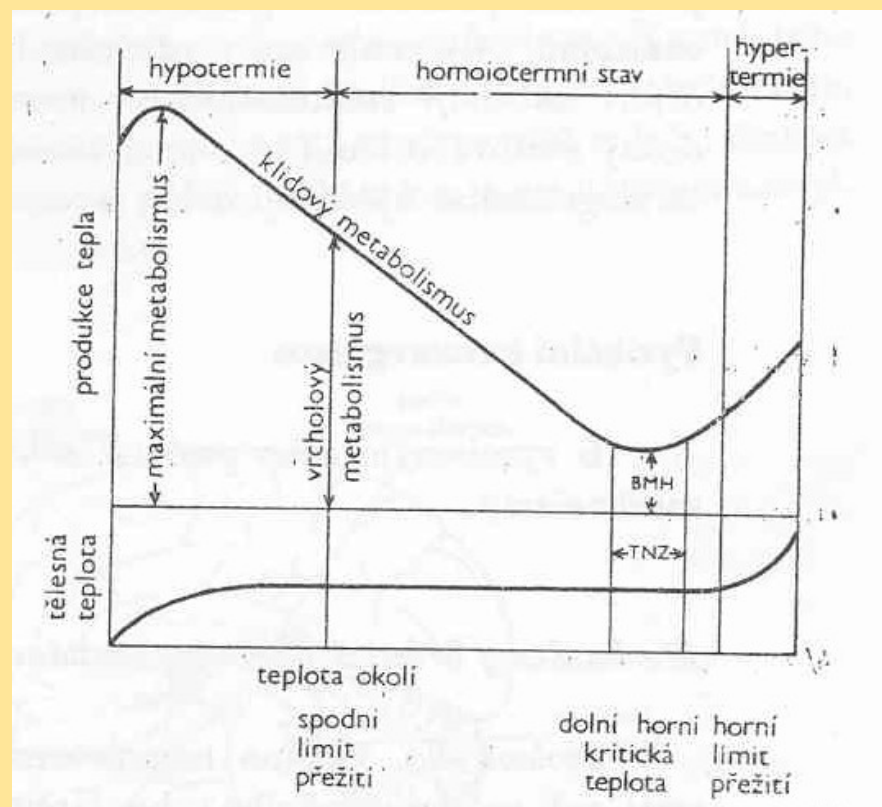
Homoiotermové – při určité t okolí rovnováha mezi výdejem a příjmem tepla bez termoregulačních dějů –

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 –

kompensace produkcí tepla (zvýšení metabolismu až organismus nestačí
pokrýt tepelné ztráty a prochladá). 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 - nervový a endokrinní systém

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

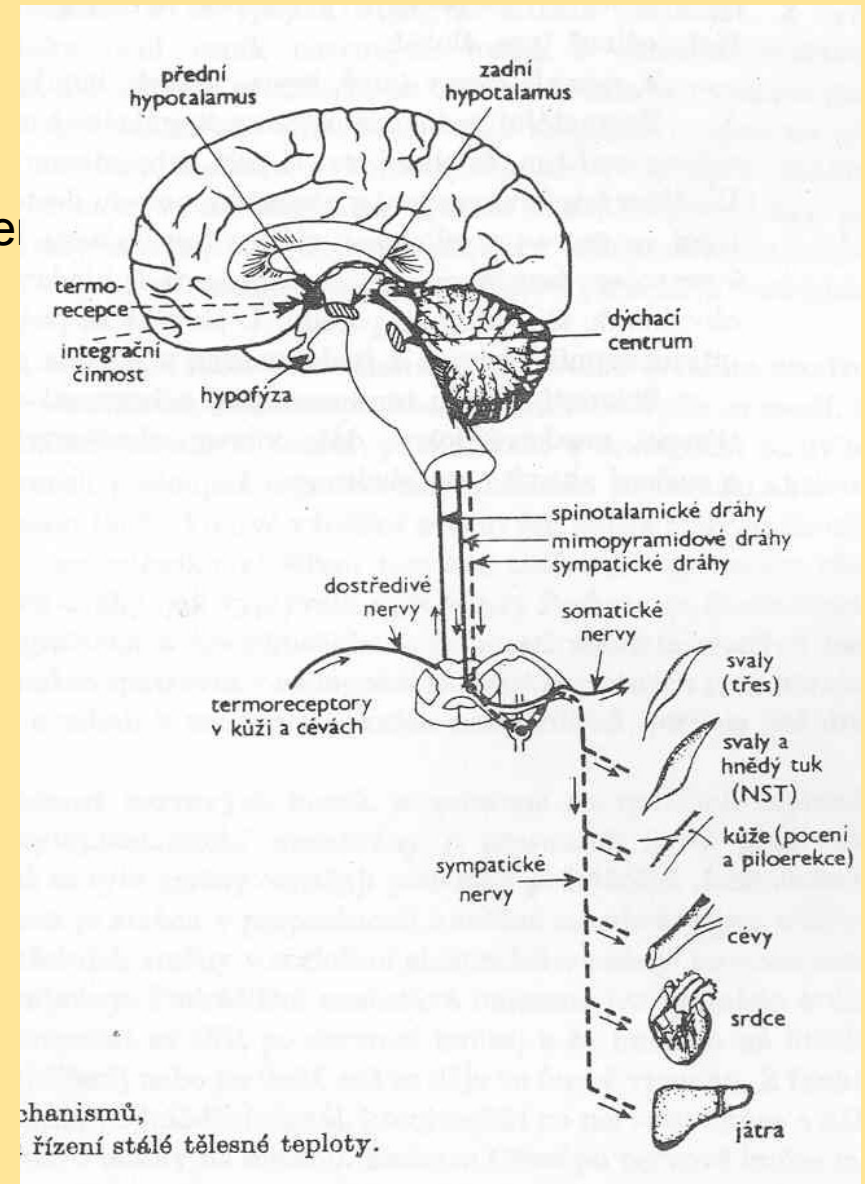
(vazodilatace, pocení - emoce

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.).