

**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 <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Ca <sup>2+</sup>
Sladká voda	0 0	Ca <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
dtto			
Brakická voda	0,05-3% 10-1000		

Tělní tekutina (většina) 300 mmol/l

Živočichové **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)

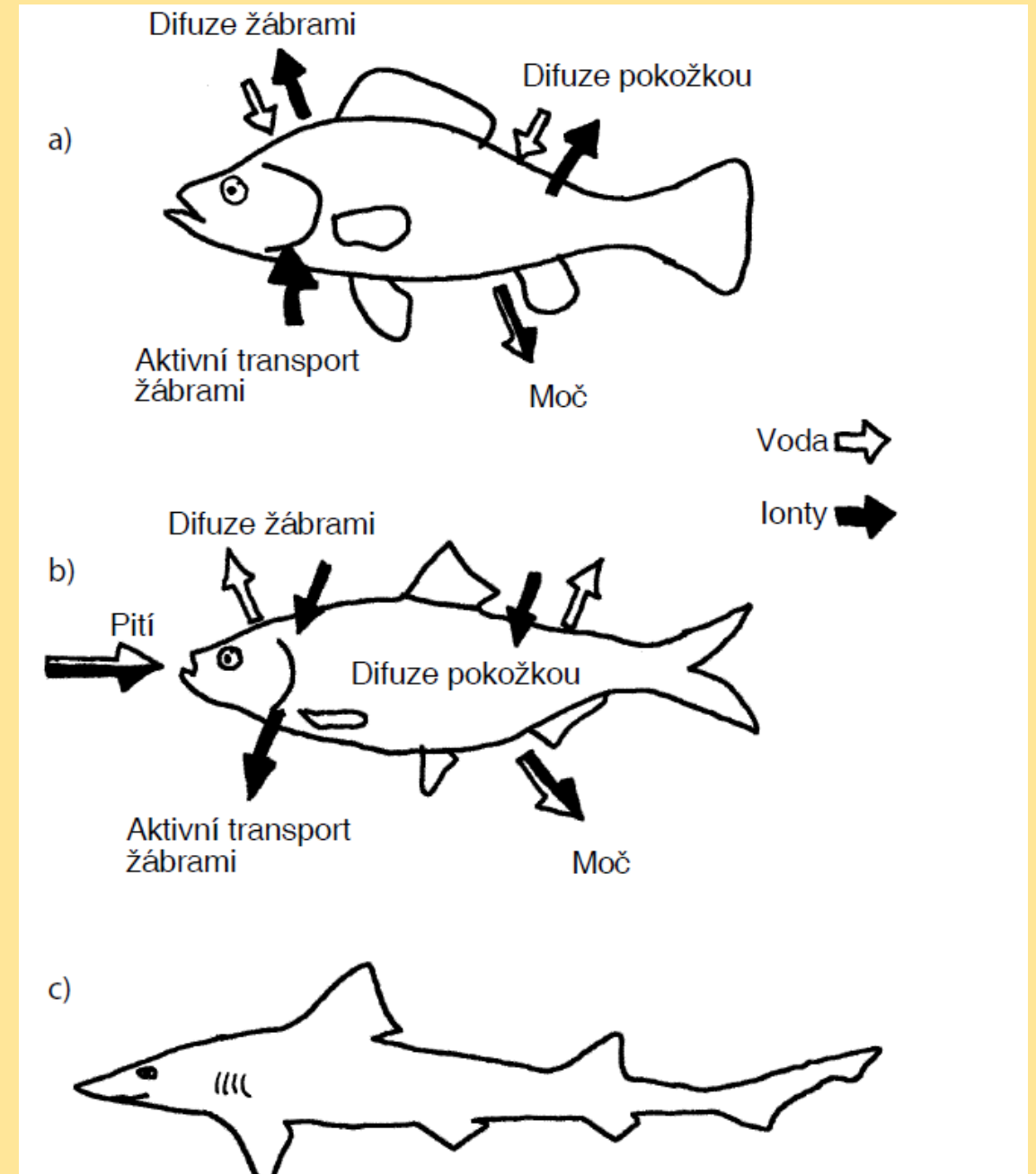
**osmokonformátoři (poikiloosmotičtí)** mohou žít ve sladké i slané vodě. Koncentrace iontů u nich v určitém rozmezí může kolísat. Regulují tyto koncentrace.

- **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.

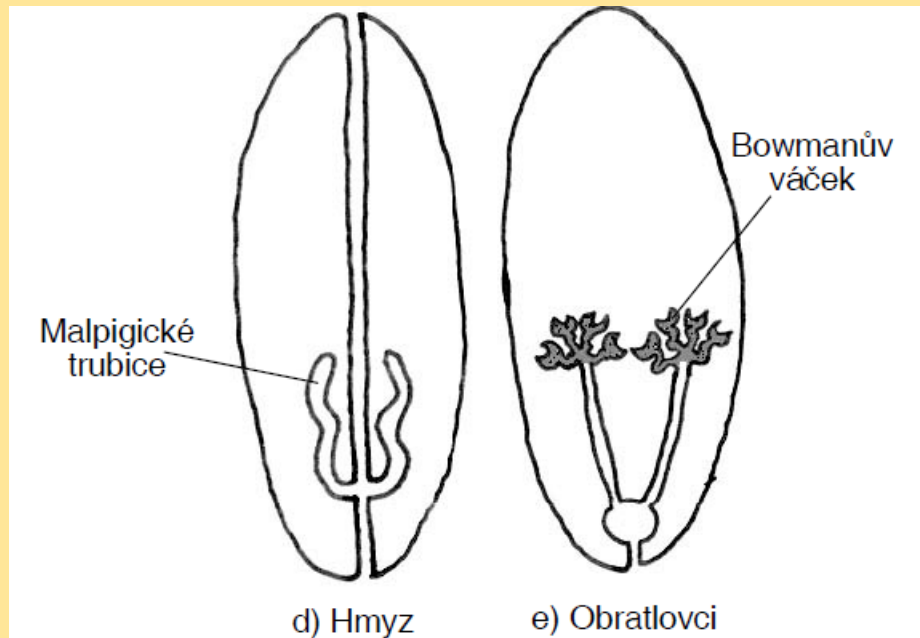
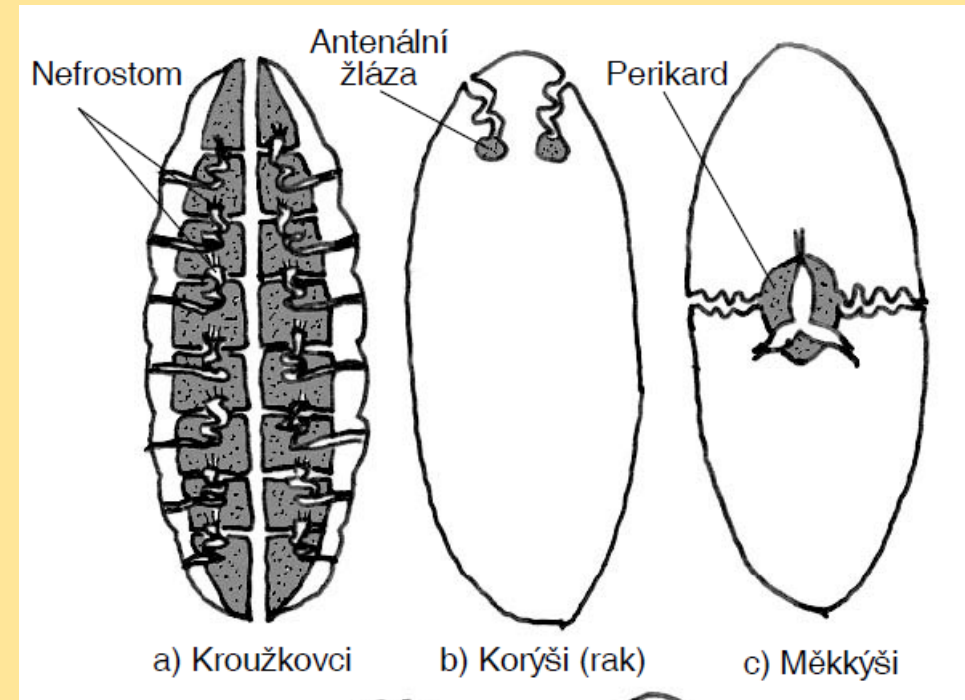
Houbovci, Žahavci – exkreční látky z buněk do vnitřních dutin a pak ven.

**Vyšší živočichové – 4 typy vylučovacích orgánů:**

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

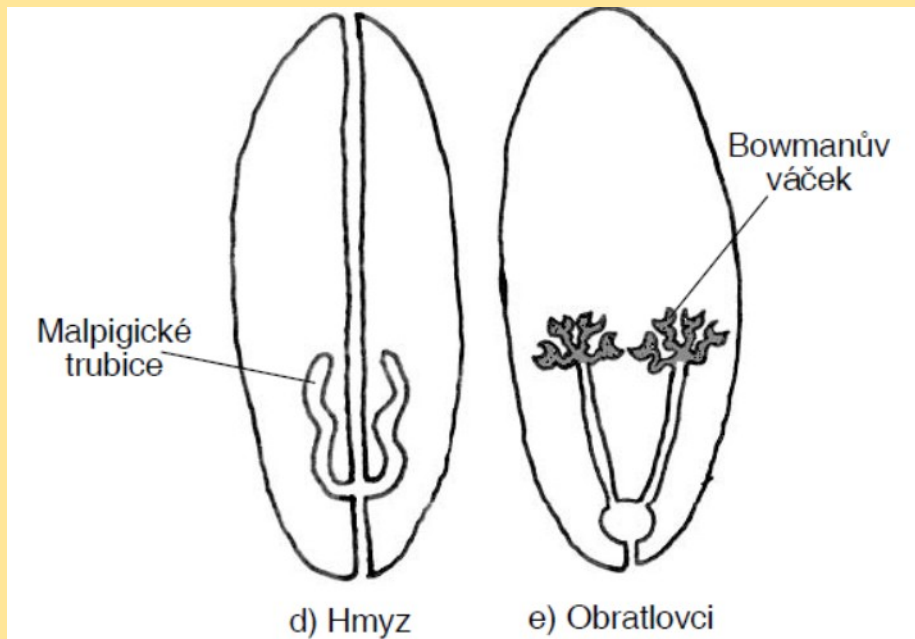
**Metanefridie u kroužkovců** - víření brv obrvené nálevky (nephrostomu) podoba kanálků zakončenými plaménkovými buňkami, Ten plamének (bičík) vhání tekutinu do nálevky, která se otevírá do dutiny (většinou coelomu). Vyvolává se tlak potřebný k filtraci, hypotonická

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**.



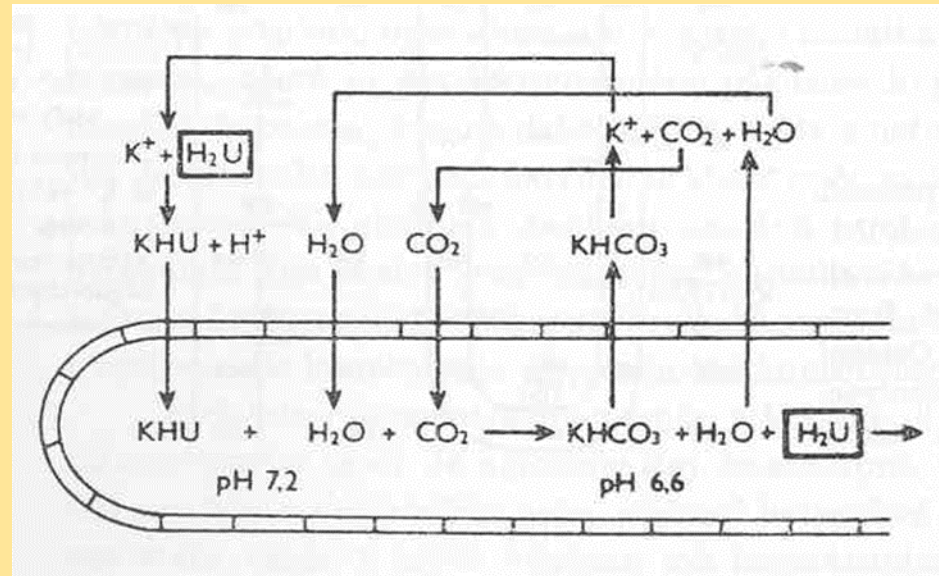
**Antenální žlázy korýšů** obdoba metanefridií. Váček se otevírá do coelomu, uloženy v přední části těla. Vývod váčku se výrazně rozšiřuje nebo mění v labyrint rozšířených dutin. Tento kanál může být opatřený močovým měchýřem, ústí na hlavě. V Labyrintu zpětná resorpce organických látek, zatímco kanálek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

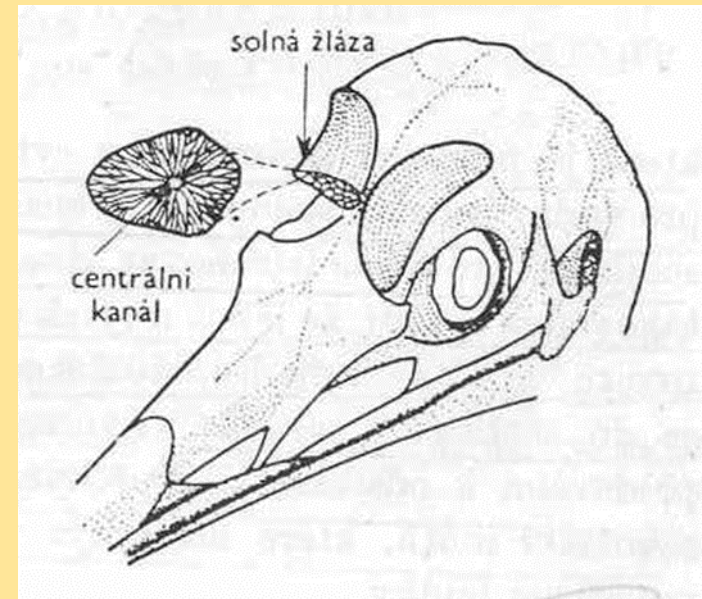




Obr. 115. Přesun kys. močové ( $\text{H}_2\text{U}$ ) přes stěnu malpighických žláz u hmyzu.



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
- **CO<sub>2</sub>** – v plicích, ale i moči, potu (jako kyselé uhličitany)
- **N-sloučeniny** - **exkreční orgány**

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

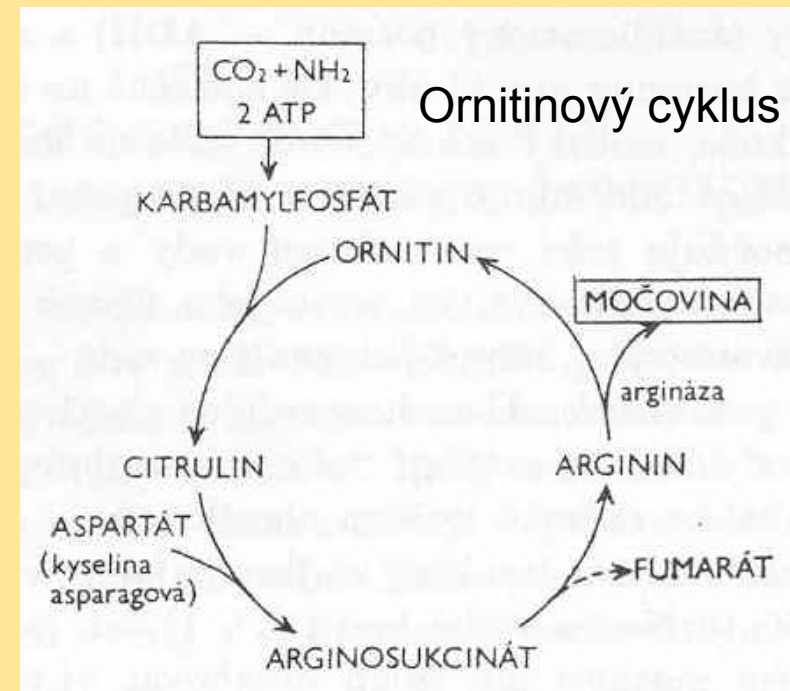
Suchozemští - přeměna amoniaku na méně jedovaté zplodiny (močovina, kyselina močová).

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**

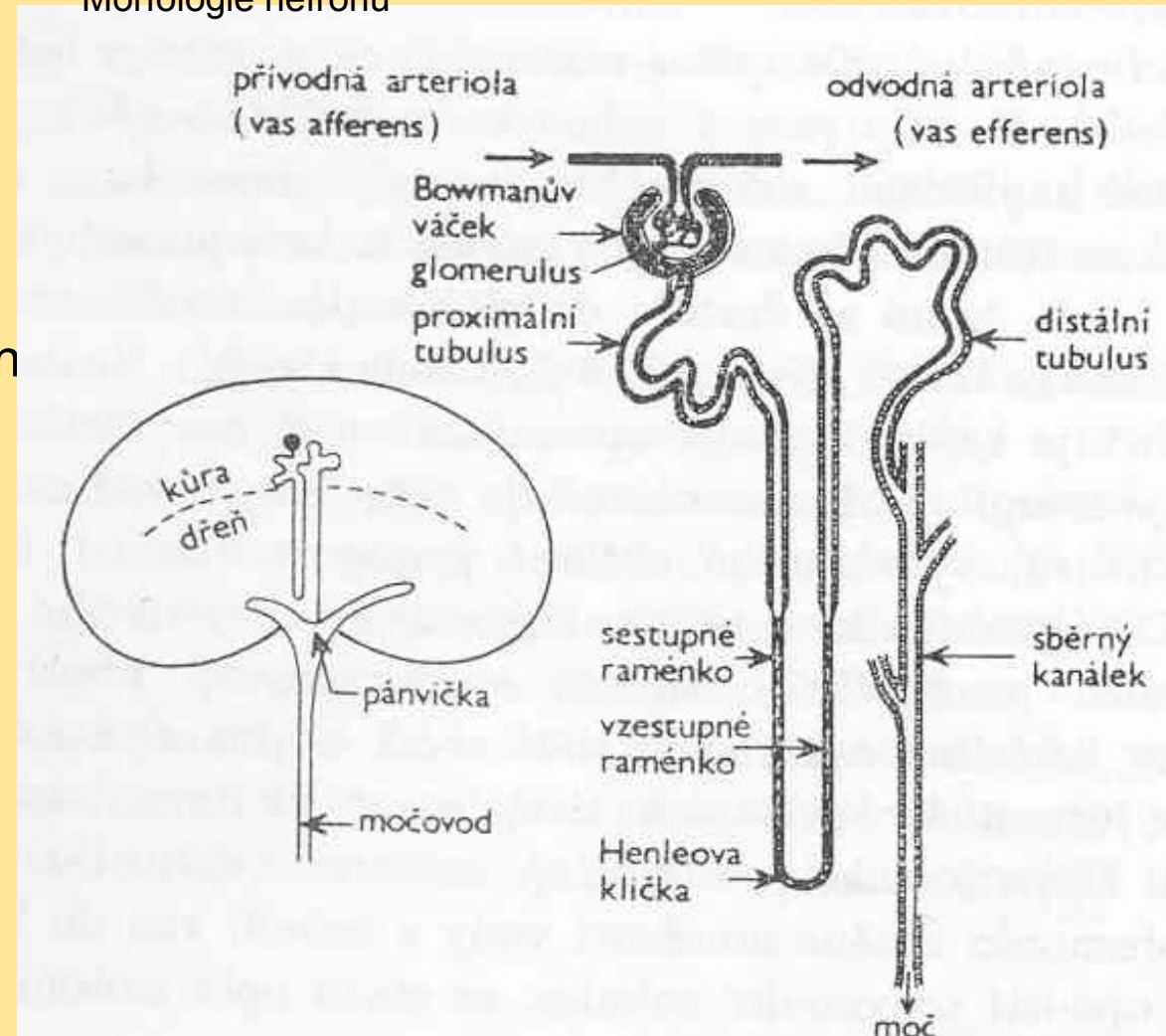
Párový orgán, kůra + dřeň z kuželovitých útvarů – pyramid. Hroty do ledvinné pánvičky, z ní močovod (*ureter*) → močový měchýř → močová trubice (*uretra*)

### Nefron:

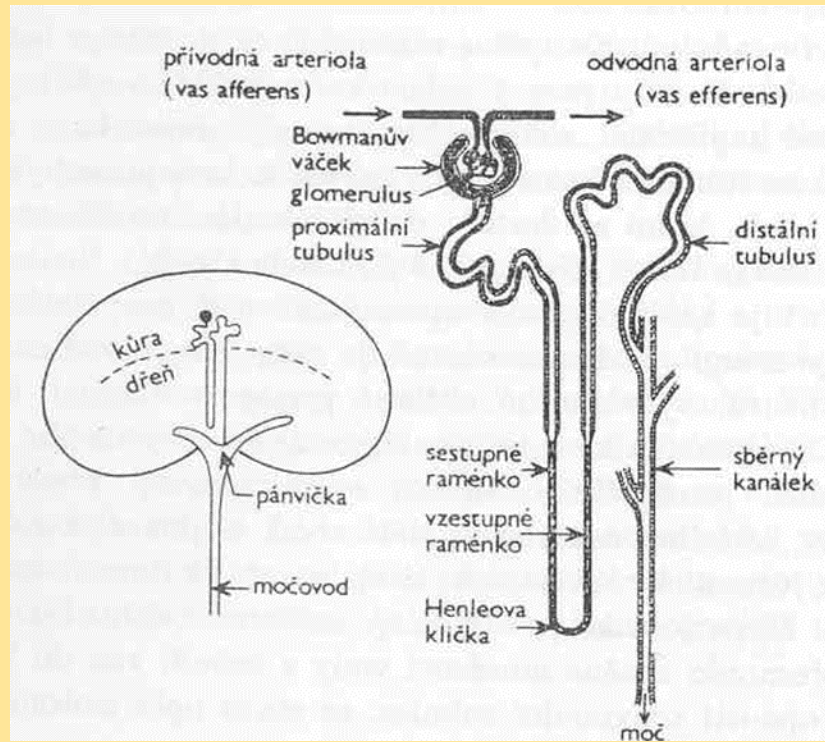
**Bowmanův váček** v kůře, v něm klubíčko krevních vlásečnic (*glomerulus*). Z Bowm. v. – vinutý kanálek 1. řádu (*proximální tubulus*) – narovnění – přechod do dřeně –

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

### Morfologie nefronu







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

### Člověk

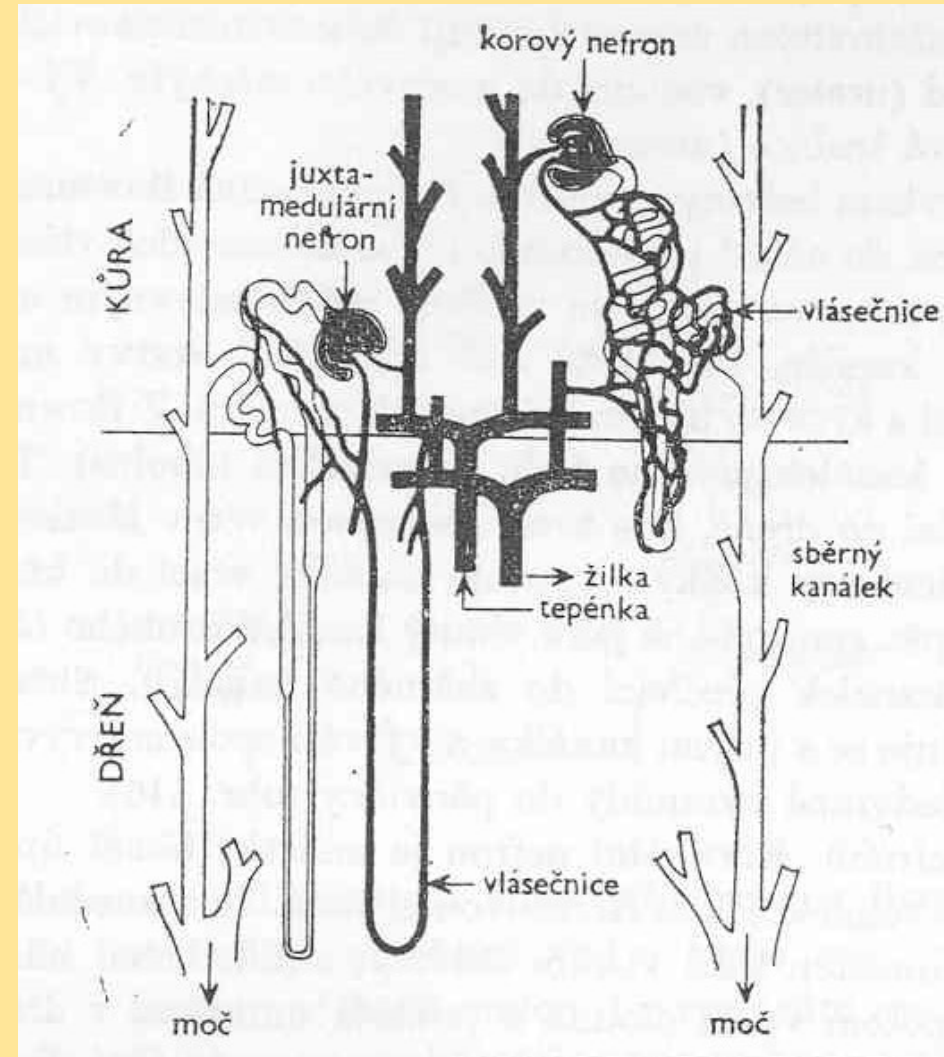
– 7 kortikálních nefronů,  
 1 juxtamedulární nefron,  
 celkem 7 miliónů v 1 ledvině.  
 Skot 4 mil., kočka 230000, myš 5000.

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.

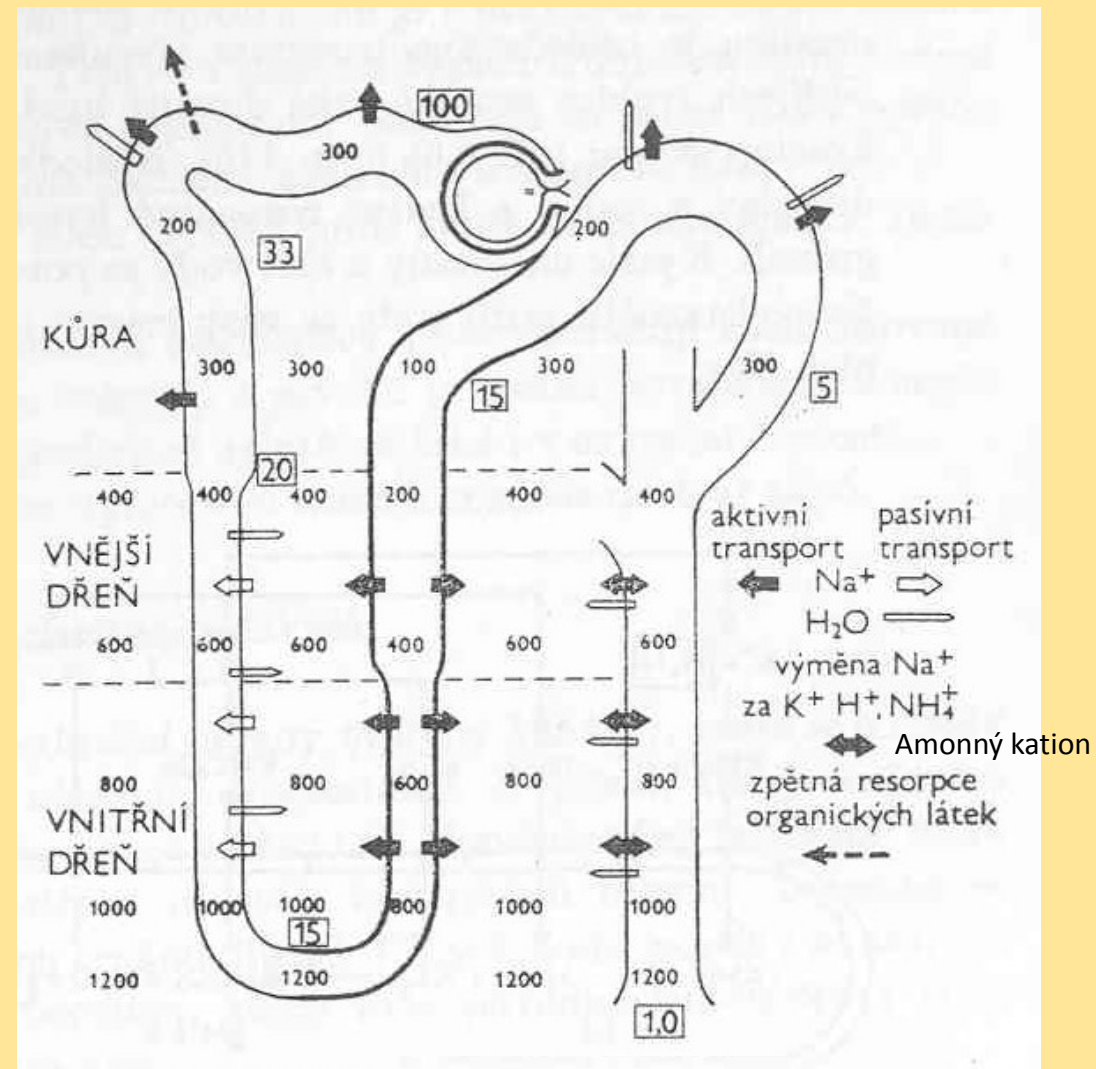
Práce – stah renálních cév – pokles průtoku,  
přesun krve ke svalům.

**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 **konstrikce** **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.





**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 dřeni – **závislý na krevním tlaku** – změny periferního odporu v přívodných a odvodných arteriolách a změny v počtech otevíraných kapilár v glomerulech

b) výměna látek v tubulech – humorální

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

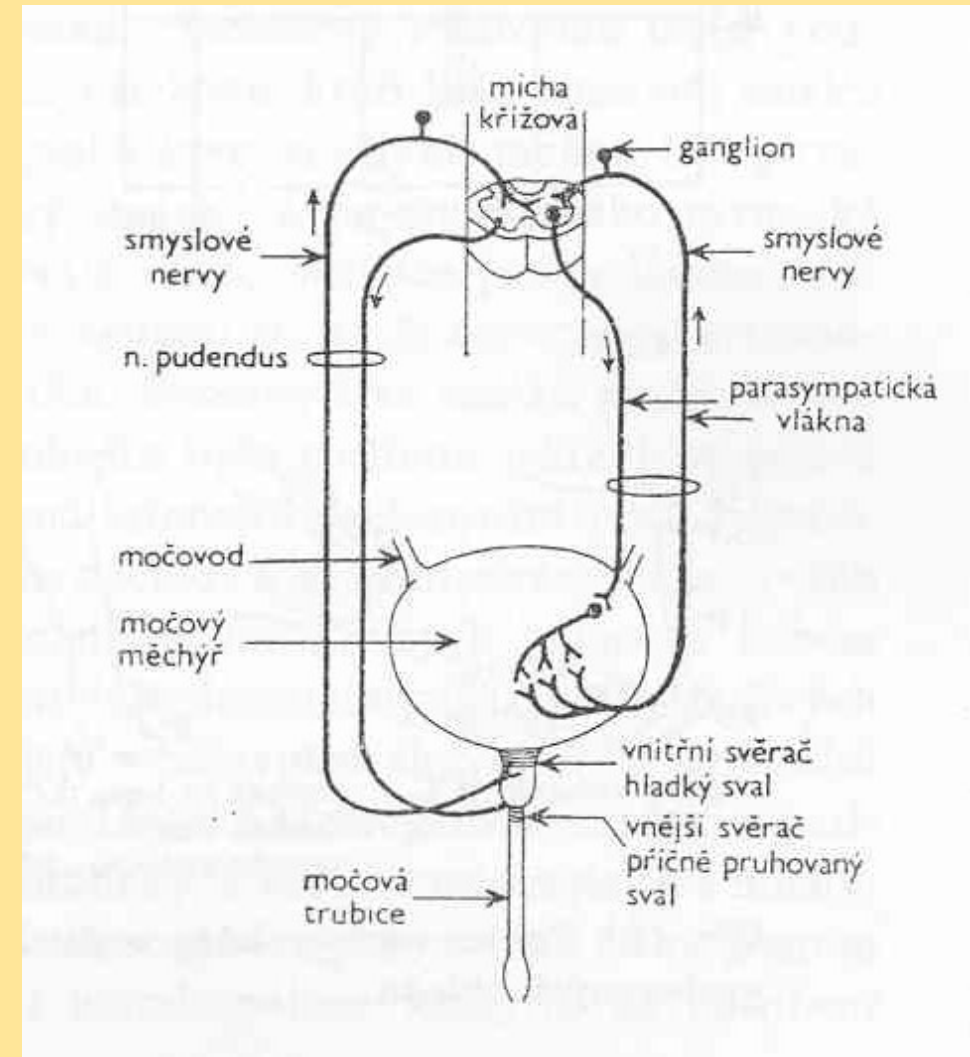
Obr. 119. Nervové děje řídící výdej moči.

## 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 ovládním vyššími patry nervové soustavy** (vůlí).



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

Specifické receptory na teplotní změny – až plazi

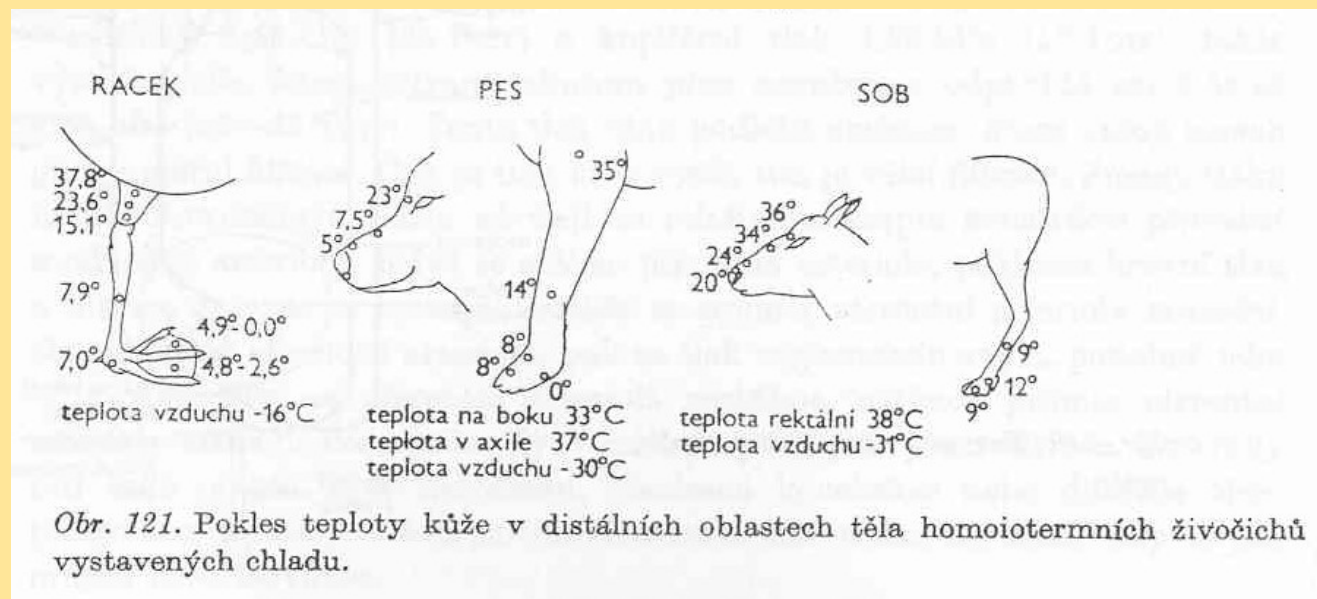
Teplota homoiotermů – okolo 37°C savci, ptáci vyšší.

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, ...)



### Zisk tepla:

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

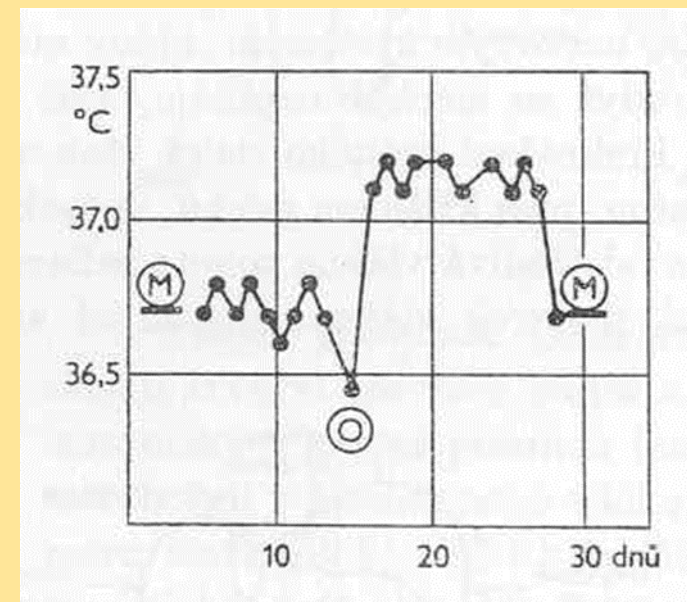
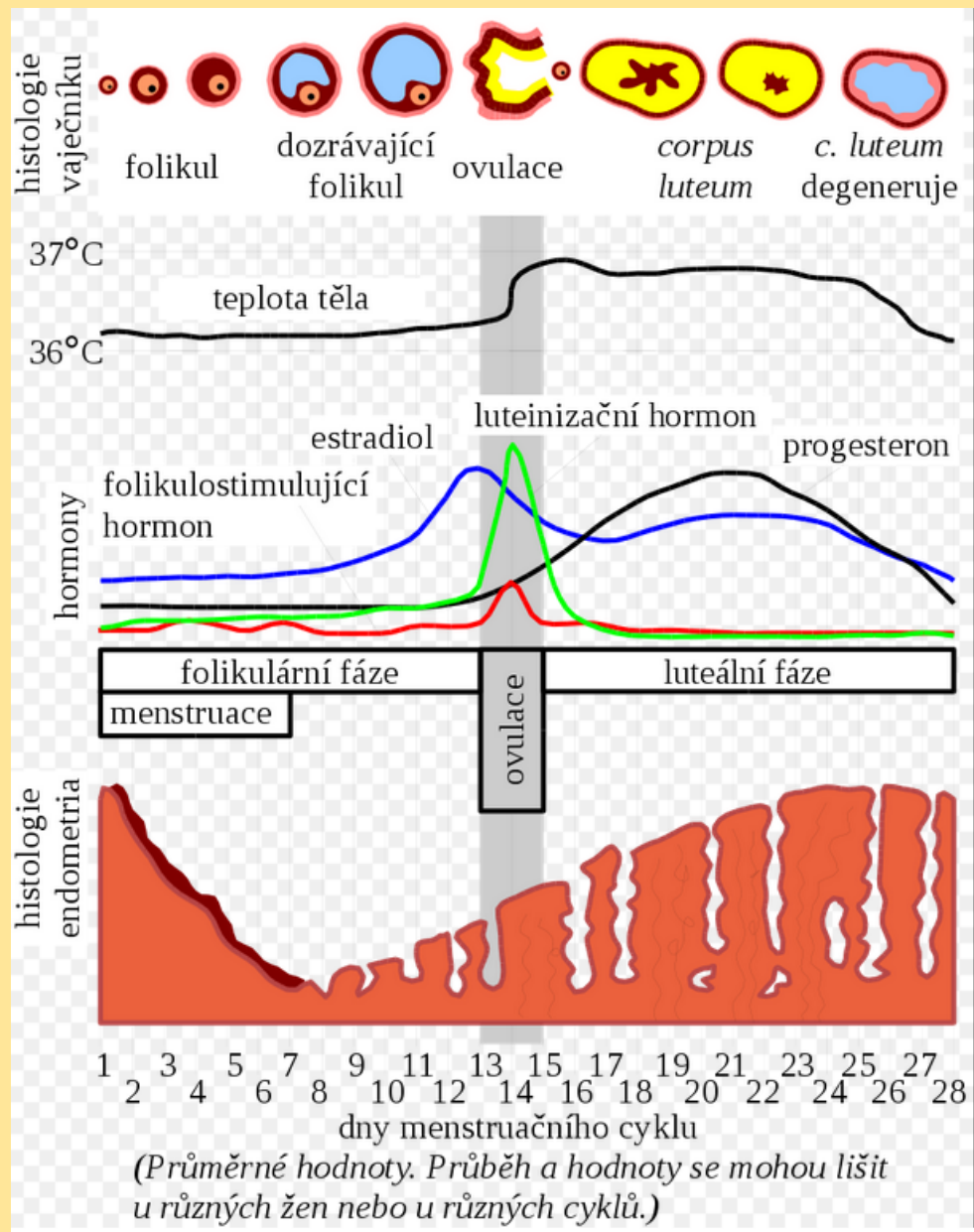
a) primárně vedlejší produkt 55 % cukrů – 2,88 kJ/mol (0,69 kcal/mol)

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

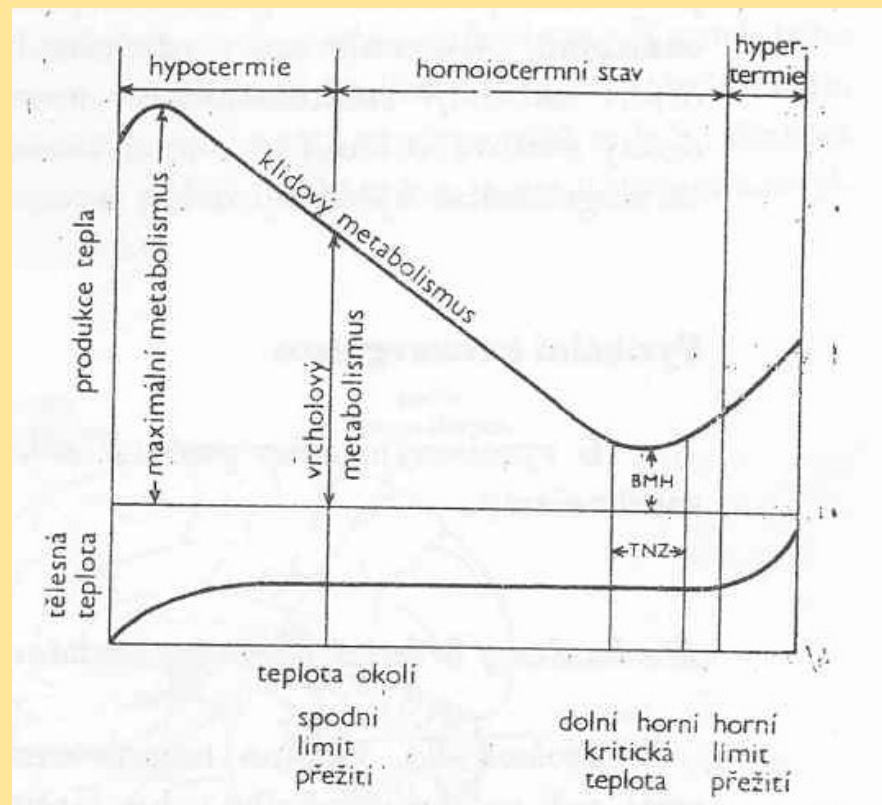
Homoiotermové – při určité t okolí rovnováha mezi výdejem a příjmem tepla bez termoregulačních dějů –

**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

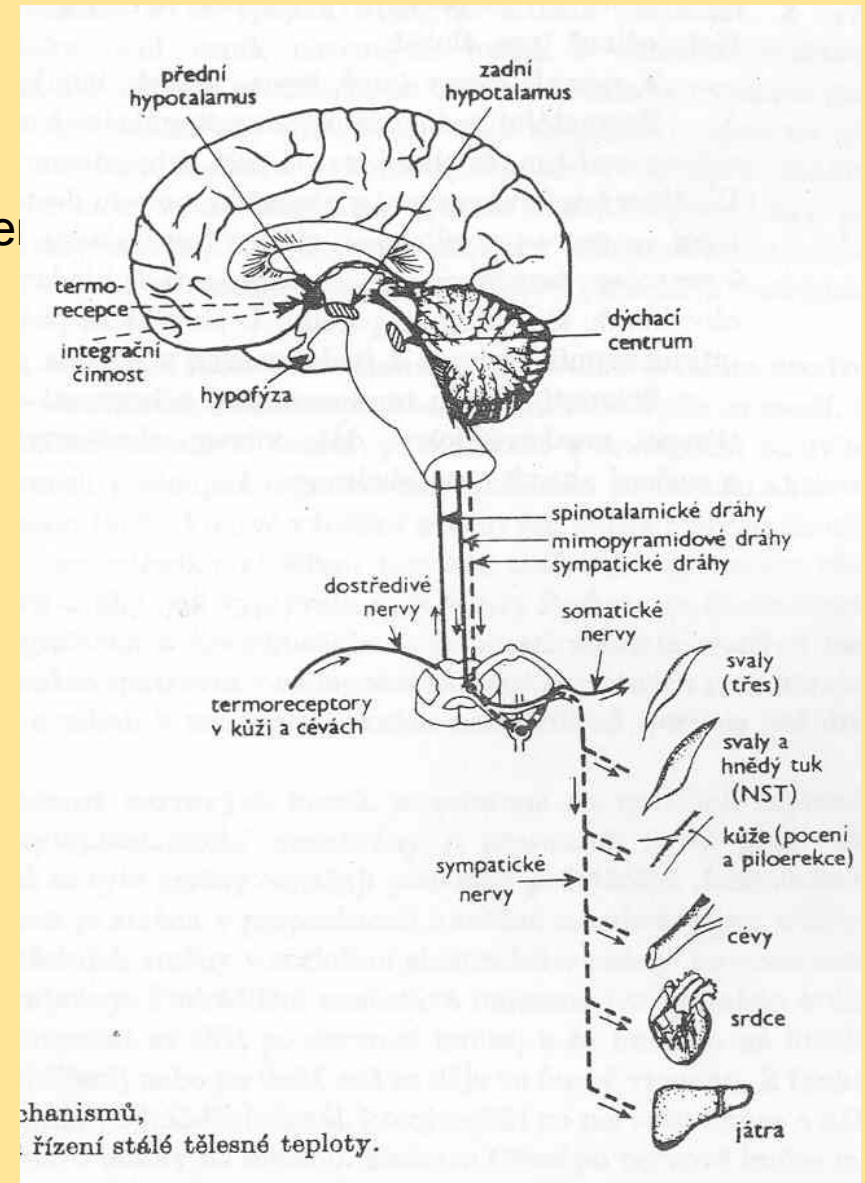
(vazodilatace, pocení - emoce

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.).