

# Vylučovací soustava Termoregulace

MUDr. K.Kapounková

# EXKRECE

## Zbavení se látek vyloučením exkrecí

- Lidské tělo je schopno rozlišit látky potřebné od nepotřebných ( škodlivých )
- Celá řada látek vzniká jako odpadní produkt při metabolických pochodech

A) **renální** (ledvinná)- moč

B) **extrarenální** (mimoledvinná)

kůže - **pot** (H<sub>2</sub>O, močovina, kyselina močová, NaCl)

plíce - **dýchání** (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, aceton, alkohol )

trávicí ústrojí- **stolice** ( nestrávené zbytky, H<sub>2</sub>O)

# Význam ledvin

## 1. Exkreční ( vylučování):

- odstraňování odpadních látek metabolismu ( urea, kys.močová )
- odstraňování cizorodých látek ( léky )

## 2. Řídící

řízení acidobazické rovnováhy ( rovnováha mezi kyselými a zásaditými látkami v těle )

**renin** : enzym vylučovaný po podráždění chemoreceptorů (koncentrace NaCl) a baroreceptorů ( průtok krve) – zvyšuje množství ECT ( ovlivňuje TK)

**erythropoetin** ( EPO – erythropoéza )

## 3. Metabolický ( resorbce látek, syntéza kreatininu)

# Soustava renální

- hlavním exkrečním orgánem jsou  
párové ledviny ( **ren dexter**  
**, sinister** )

- vývodné cesty močové:

- Párové

**CALICES RENALES** - kalichy ledvinné

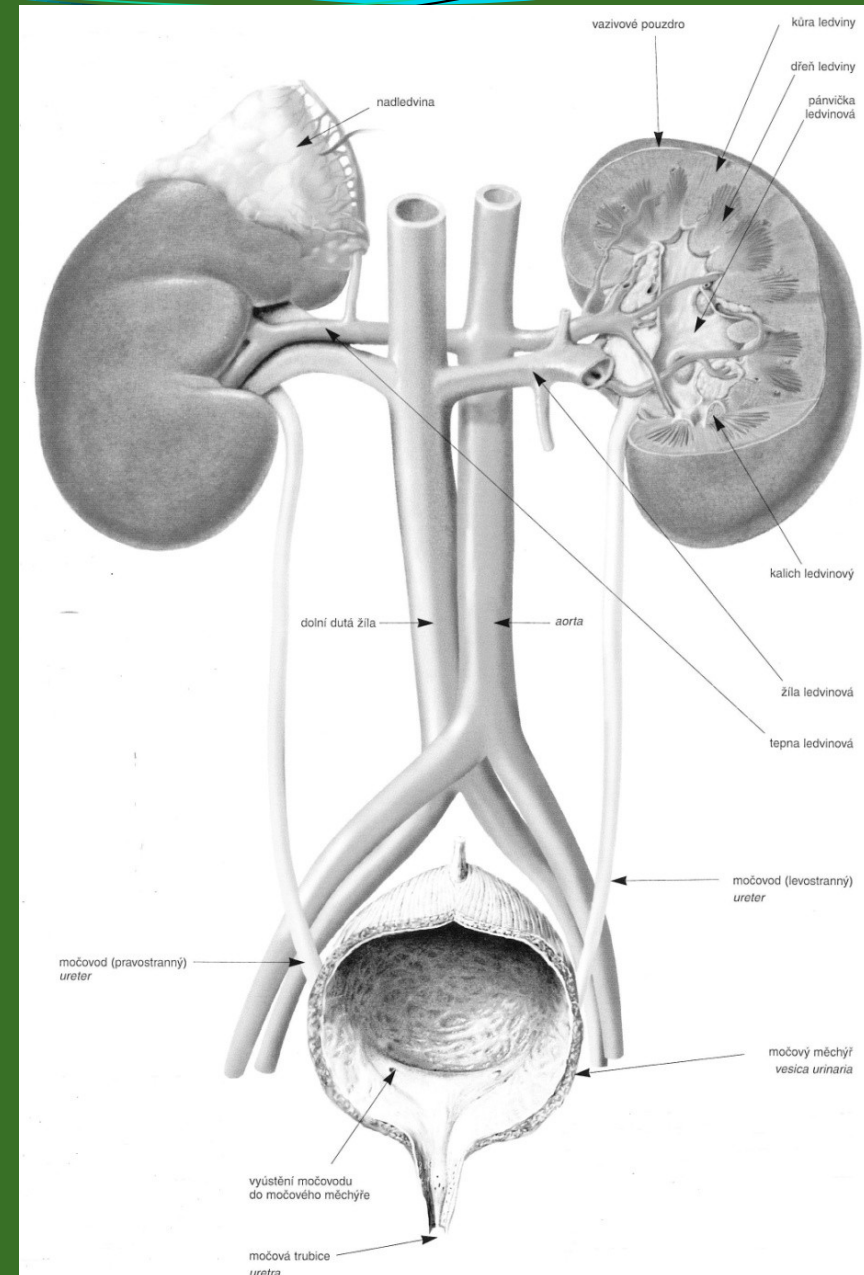
**PELVIS RENALIS** - pánvička ledvinná

**URETER** - močovod

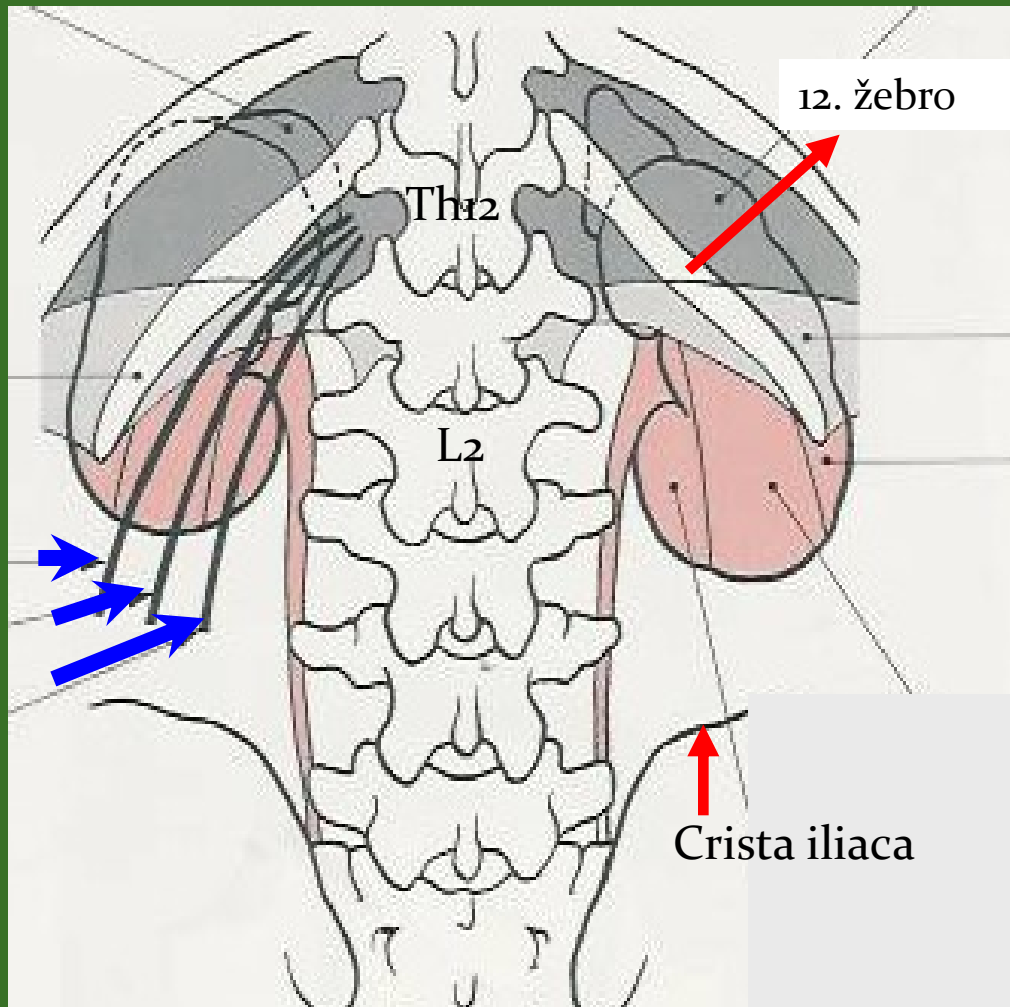
- Nepárové

**VESICA URINARIA** - močový měchýř

**URETHRA** - močová trubice



# Topografie ledvin



Pohled zezadu

Uloženy na zadní stěně dutiny břišní  
v retroperitoneálním prostoru  
Ledviny leží po stranách bederní páteře: Th12 – L2, hilus L1

Vzdálenost dolního pólu ledviny od crista iliaca: vpravo 3 cm, vlevo 4-5 cm

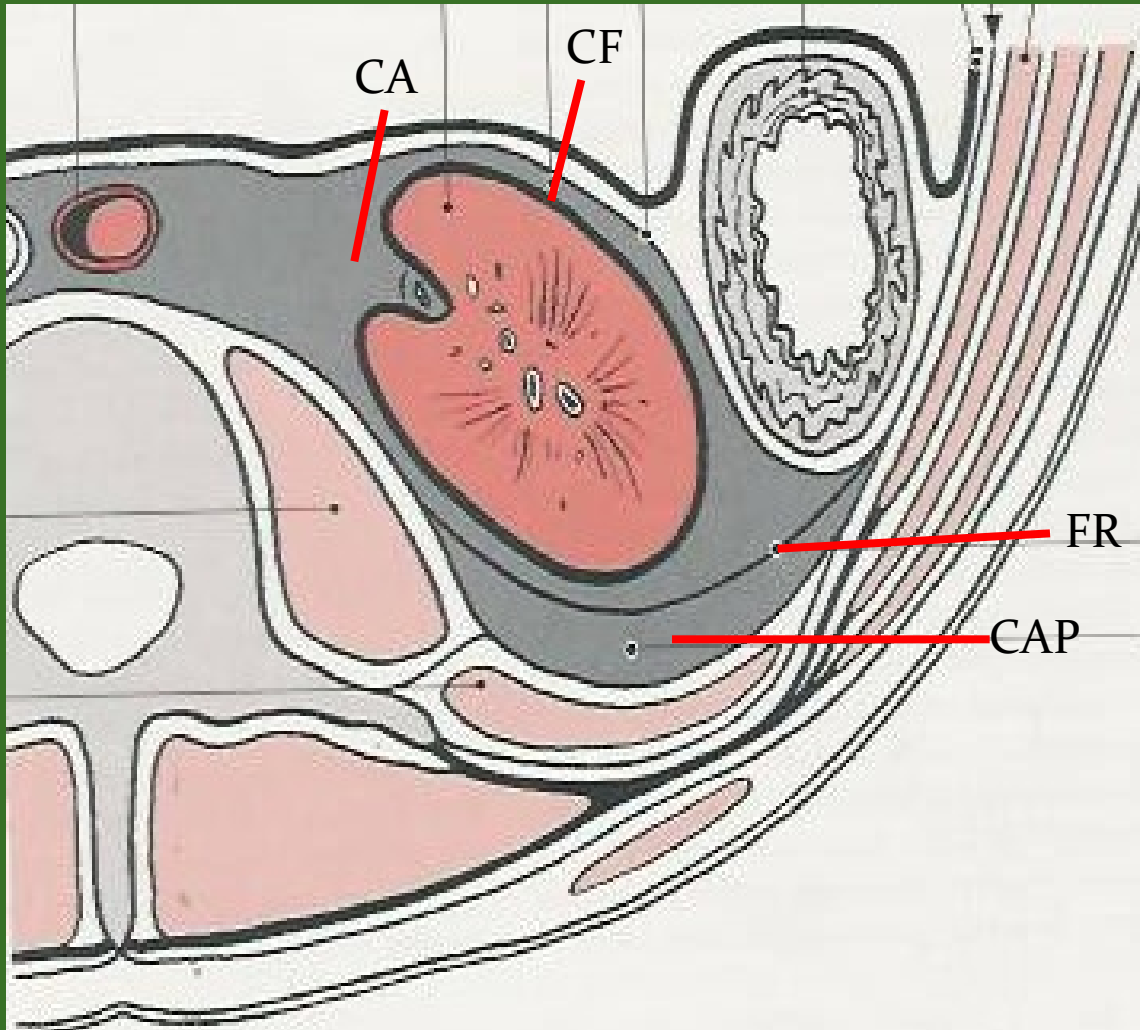
→  
Zadní plocha ledviny naléhá na 12. žebro

větve plexu lumbálního

Pravá ledvina leží asi o ½ obratle níž

U plodu a novorozence ledviny uloženy níž - prodělávají ascensus

# Obaly a fixace ledvin



## OBALY

Capsula fibrosa

Capsula adiposa

Fascia renalis – 2 listy:

kaudálně odděleny

laterálně a kraniálně

srůstají

**Corpus adiposum pararenale**

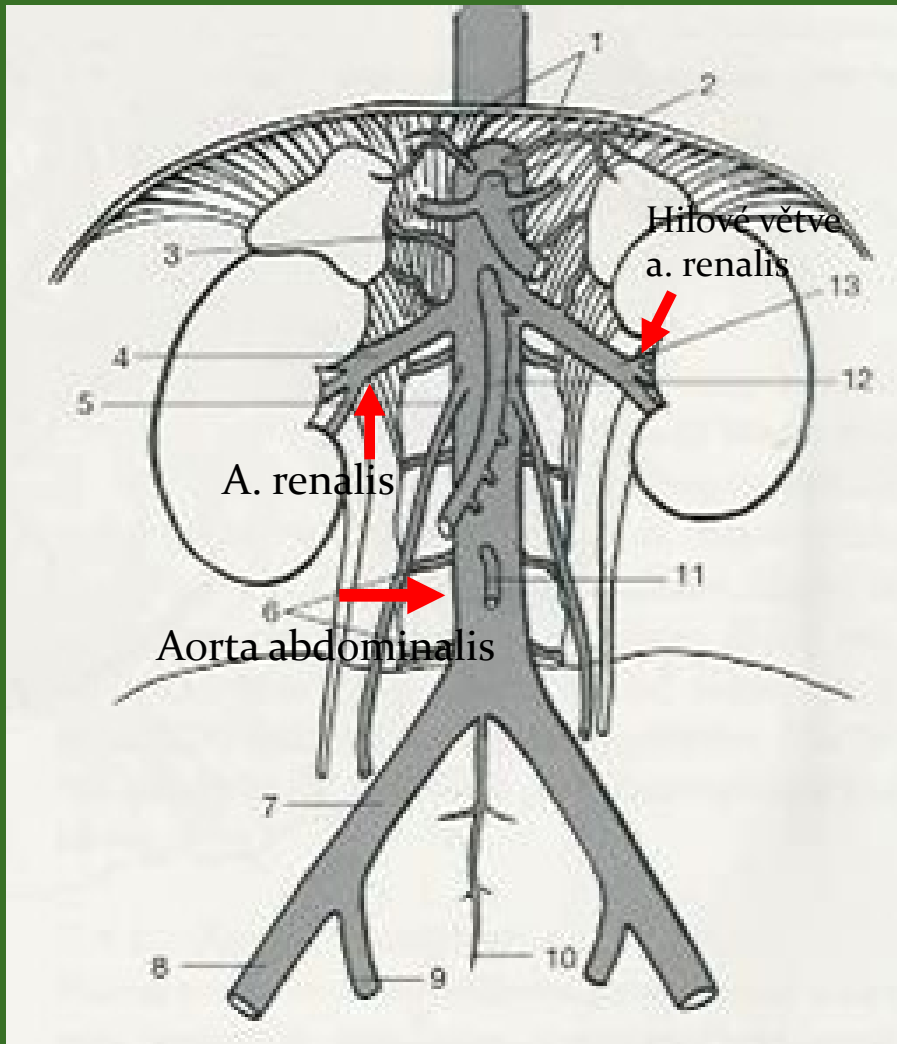
## FIXACE

Veškerá tuková tkáň kol ledviny

Ztráta tuku

**Ren migrans**

# Cévní zásobení ledvin



## Tepny

**a. renalis** – větev břišní aorty - v hilu ledviny se dělí v 5 hilových větví

## Žilní drenáž

**v. renalis** – ústí do do v. cava inferior

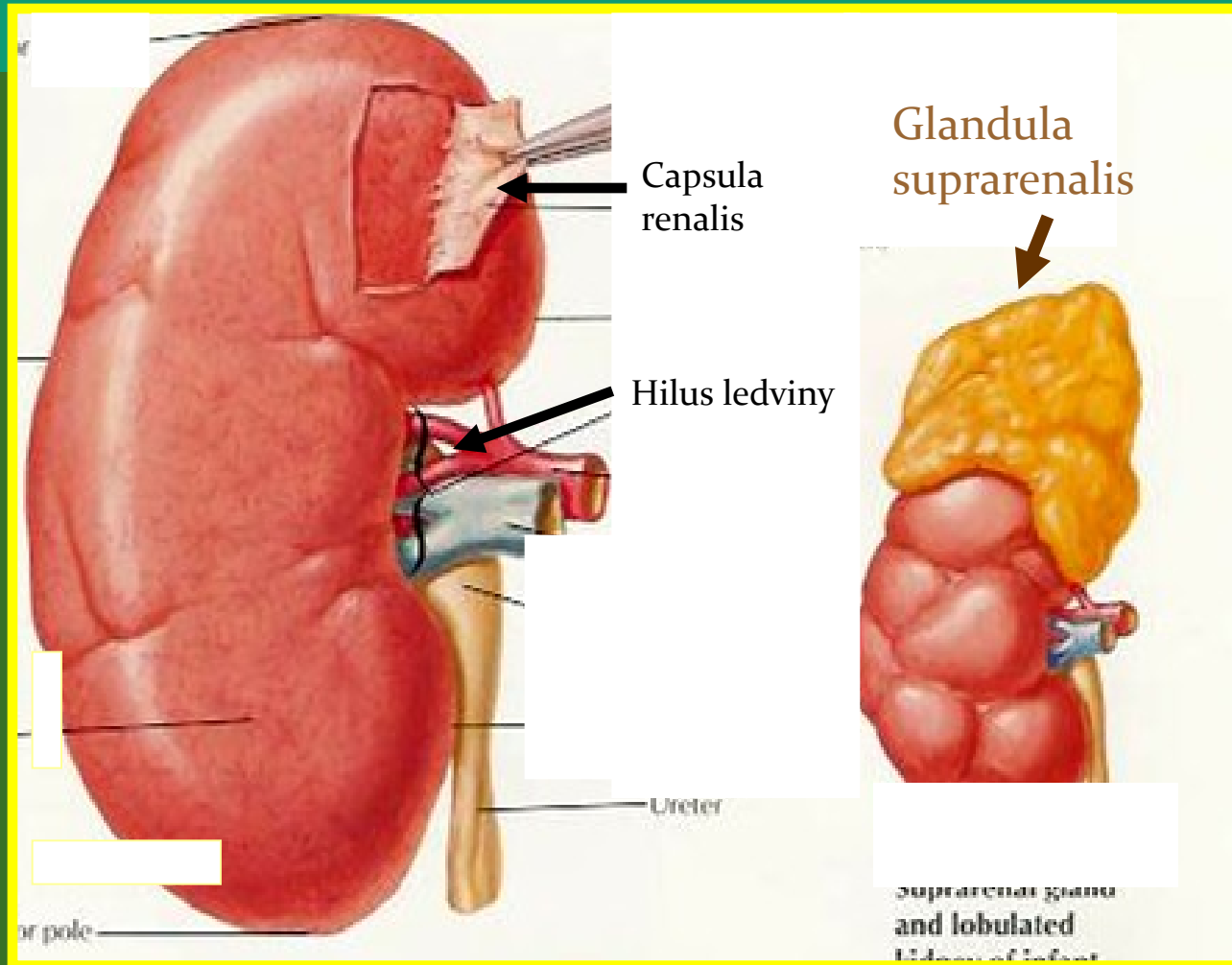
## ROZMĚRY LEDVINY

dospělý 150 g, 10x5x3 cm

novorozenec 1/15 definitivní hmotnosti = 15 g, 1/3 definitivní velikosti

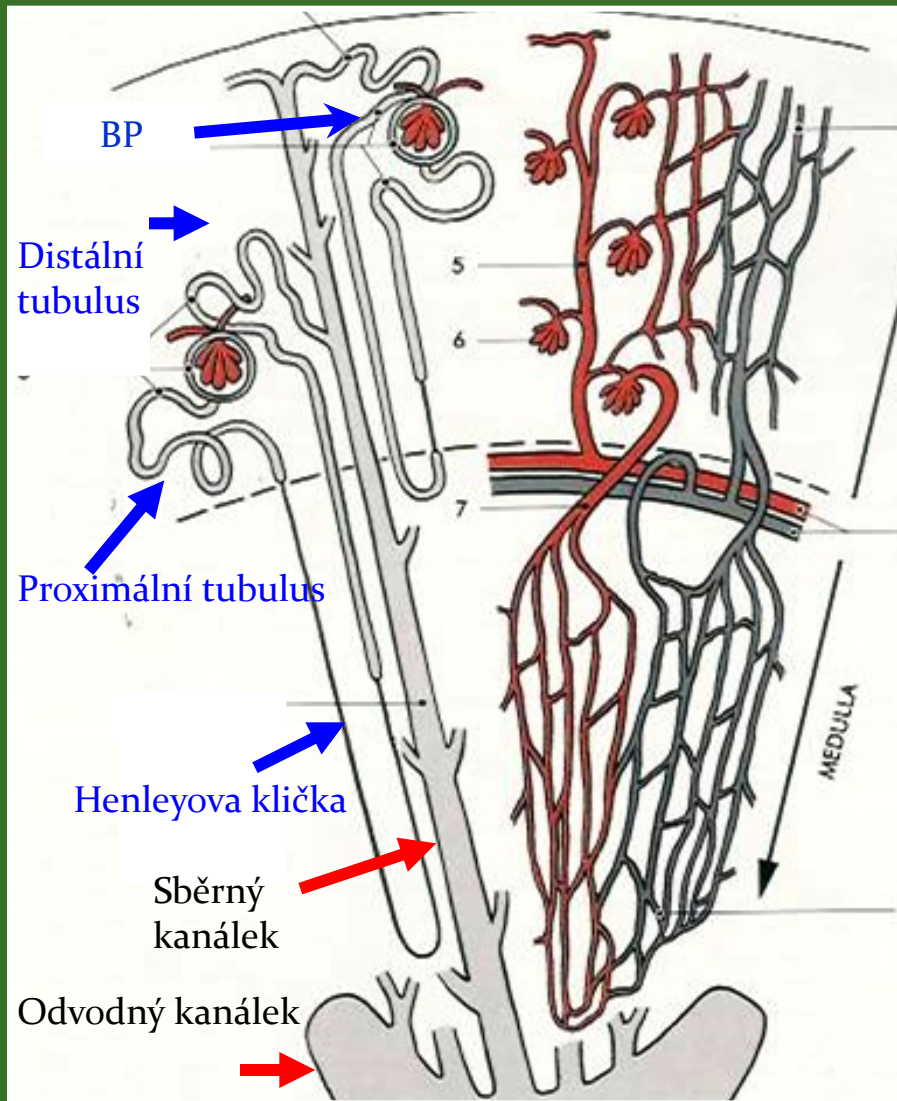
## POVRCH LEDVINY

dospělý – hladký, novorozenec - nerovný - renkulizace ledviny





# Mikroskopická stavba ledviny



## NEFRON

Základní stavební a funkční jednotka ledviny

Části:

Bowmanovo pouzdro + Glomerulus  
= Malpighiho tělísko

Tubulus renalis – kanálek ledviny

Proximální tubulus

Henleyova klička

Distální tubulus

## SBĚRNÝ KANÁLEK

Začátek nitroledvinných odvodných cest močových

Do každého SK ústí 5-10 nefronů

## ODVODNÝ KANÁLEK

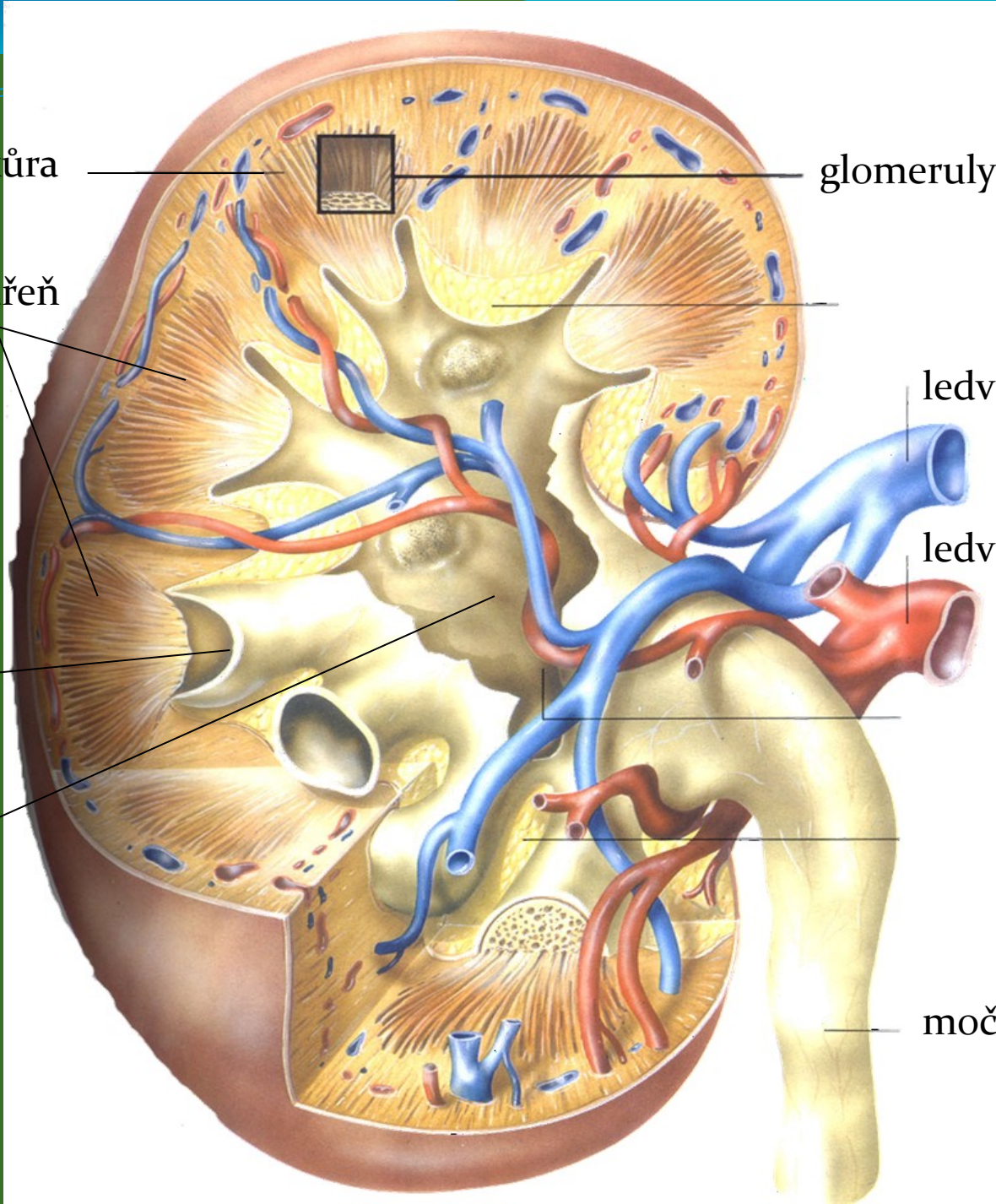
Konečné části několika SK se spojují v OK  
OK ústí na vrcholu papily ledvinné

ledvinná kůra  
(tubuly)

ledvinná dřeň  
(kličky)

ledvinný  
kalich

ledvinná  
pánvička



glomeruly

ledvinná žíla

ledvinná tepna

močovod

# Tvorba moči

**PRIMÁRNÍ MOČ:** 180 – 200 l/den

= ultrafiltrát krevní plazmy bez bílkovin

**Renální frakce MV :** 20 -25% (90% kůra,10% dřeň)

## **GLOMERULÁRNÍ FILTRACE**

z krve protékající vlásečnicemi glomerulů je krevní plazma filtrována do **interkapsulárního** prostoru Bowmannových váčků

**SEKUNDÁRNÍ MOČ:** 1 ,5 l/den ( 1% GF )

## **TUBULÁRNÍ RESORPCE**

- zpětné vstřebávání H<sub>2</sub>O v kanálcích nefronů
- ovlivňuje hormon zadního laloku hypofýzy - **adiuretin**
- jeho **nedostatek** způsobuje **diabetes insipidus**

## Primární moč

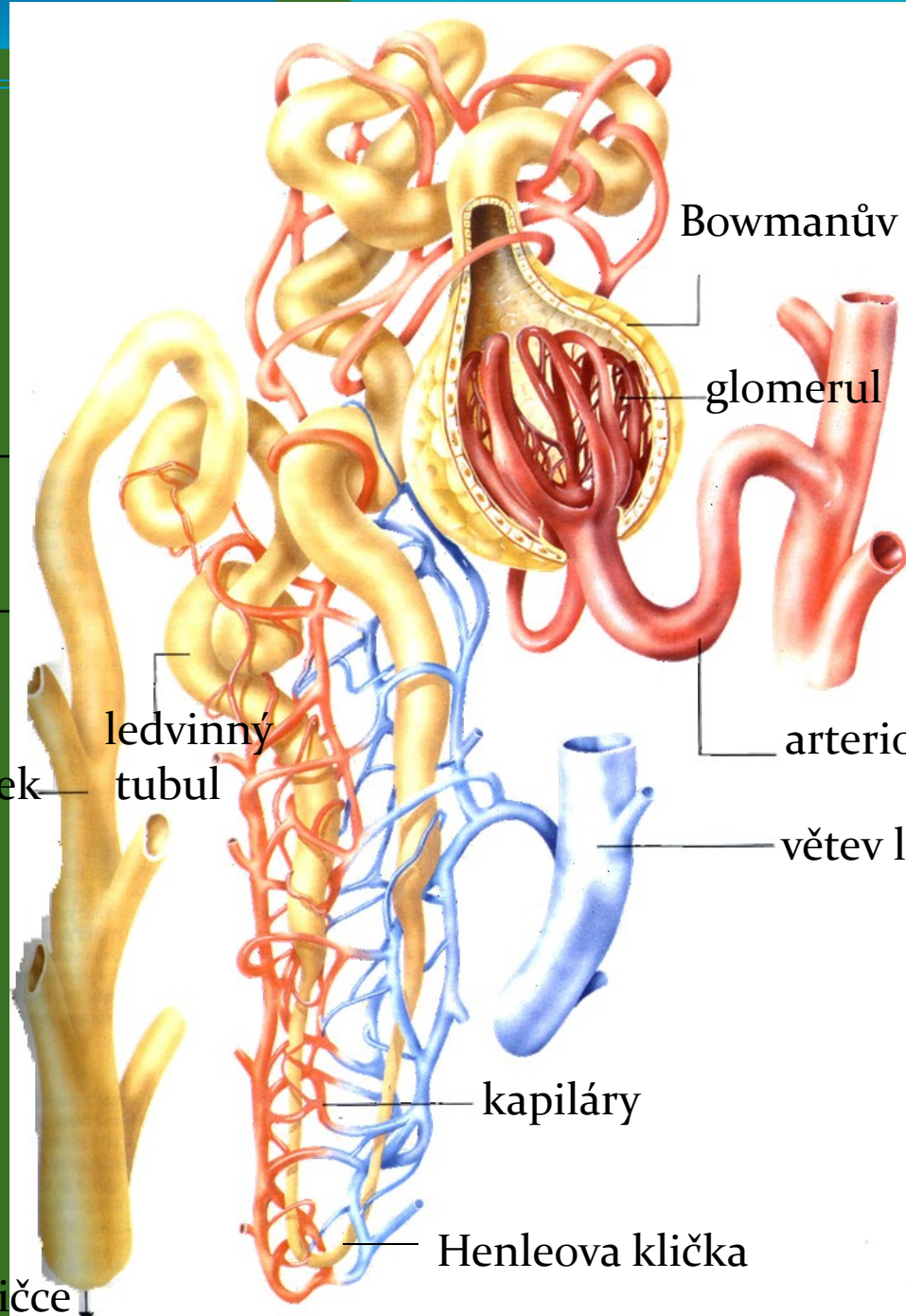
180 l denně,  
jako krevní plazma  
bez proteinů

zahuštění  
vstřebáváním vody,  
solí, glukózy, AK

## Definitivní moč

1-1,5 l denně,  
H<sub>2</sub>O, 3% N látek

k ledvinné pánvičce



Bowmanův váček

glomerul

arteriola ledvinné tepny

větev ledvinné žíly

kapiláry

Henleova klička

ledvinný

tubul

sběrný kanálek

- **Proximální tubulus :**

**Resorpce GF cca 75%**

voda ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , živiny, urea,  $\text{HCO}_3^-$

**Sekrece :** cizorodé látky, léky  $\text{H}^+$

- **Henleyova klička**

**Resorpce GF cca 15%**

voda ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , živiny

- **Distální tubulus**

**Resorpce GF cca 5%**

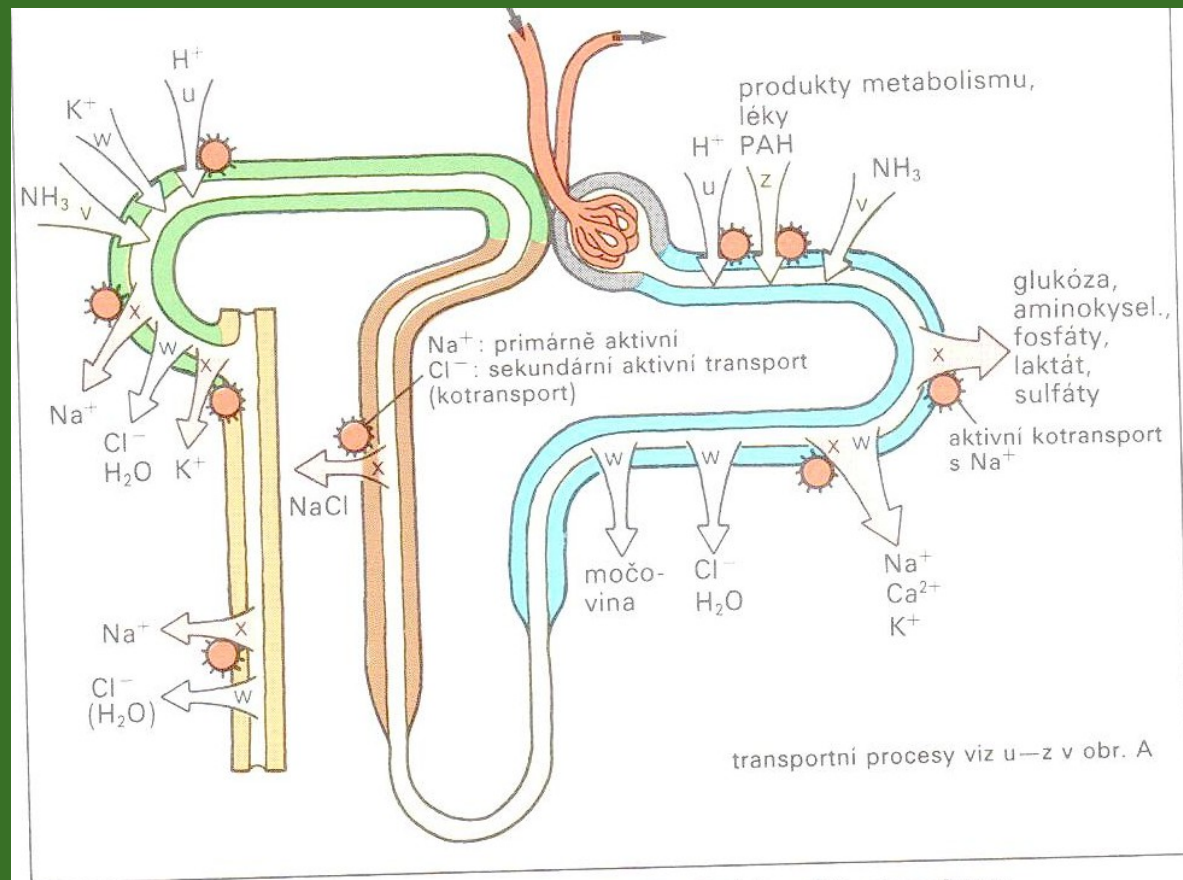
$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , voda

- **Sběrací kanálek**

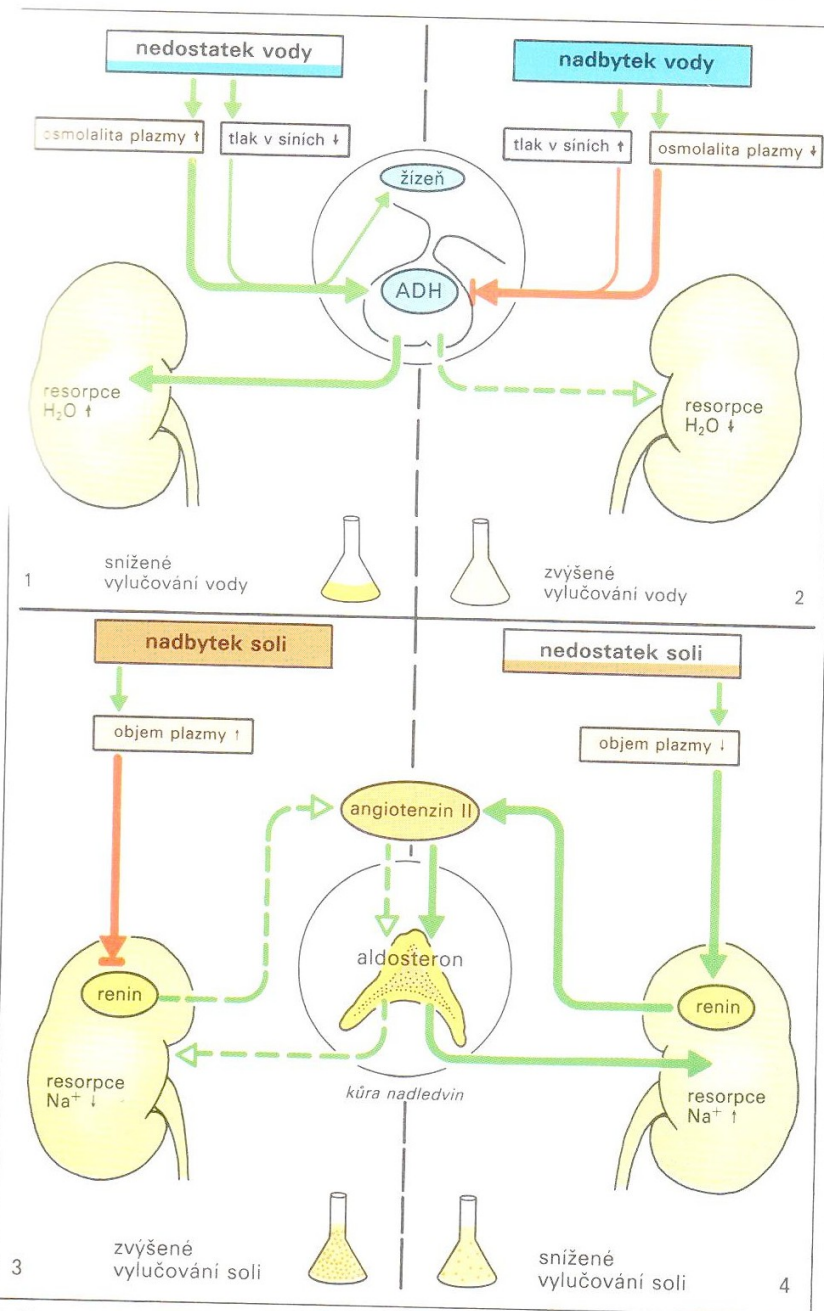
**Resorpce GF 4%**

voda ,  $\text{Na}^+$  ( ADH)

**Sekrece :**  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$



C. Přehled důležitých transportních dějů v jednotlivých oddělech nefronu



A. Hormonální řízení hospodaření vodou a solemi



**Místo krevní filtrace**  
(skenovací elektronový mikroskop)

**Ledviny jsou orgán pro život nezbytný**

**K plnění funkce stačí 1 zdravá ledvina –  
obvykle hypertrofuje**

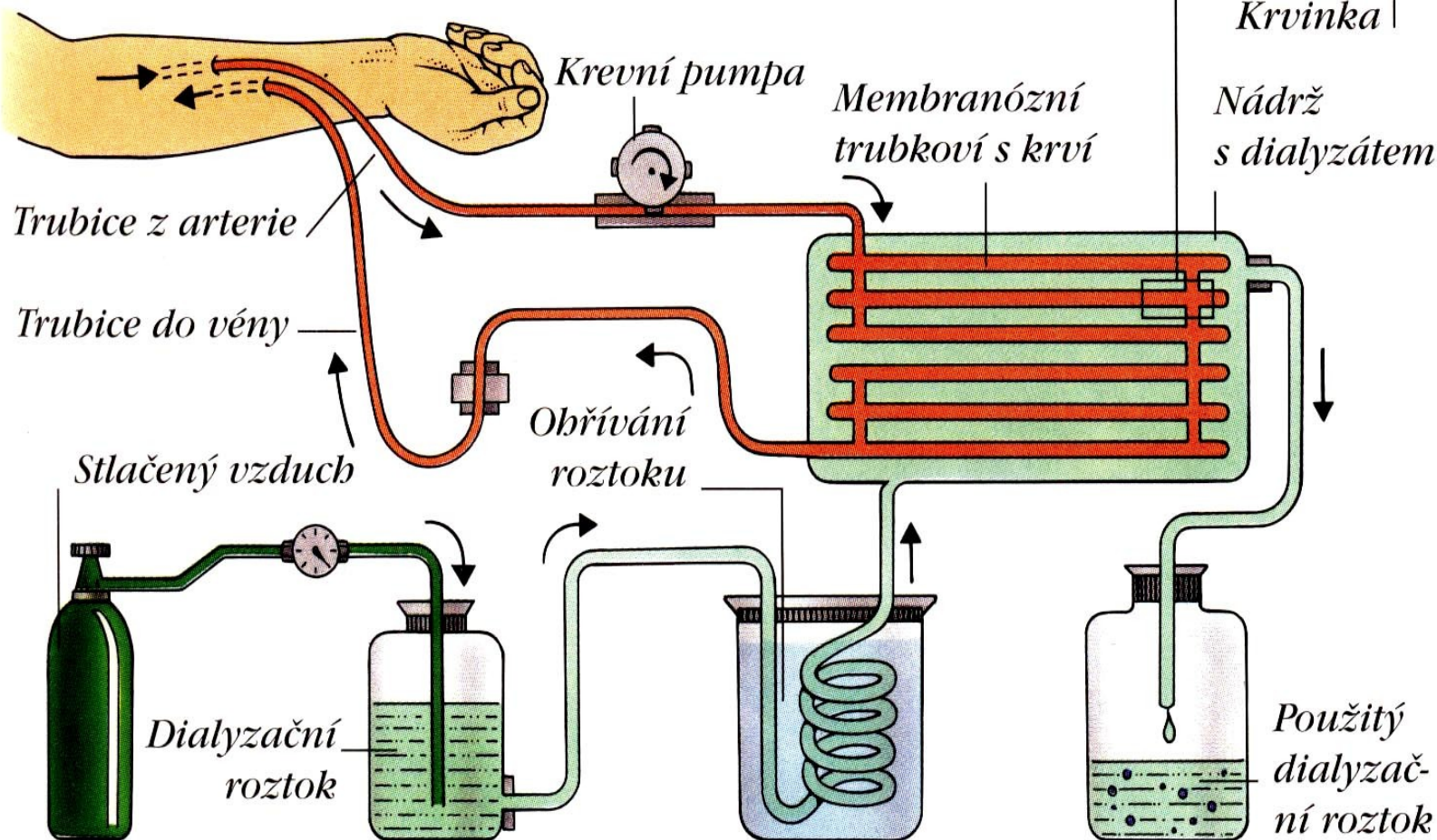
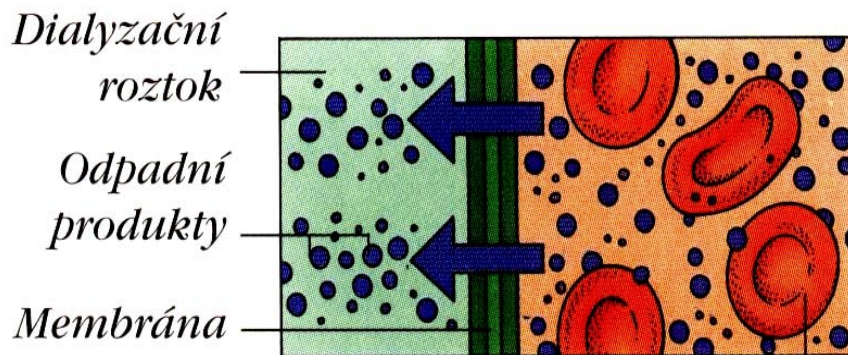
**Selhávání funkce ledvin – léčba**

- peritoneální dialýza
- krevní dialýza – umělá ledvina
- transplantace



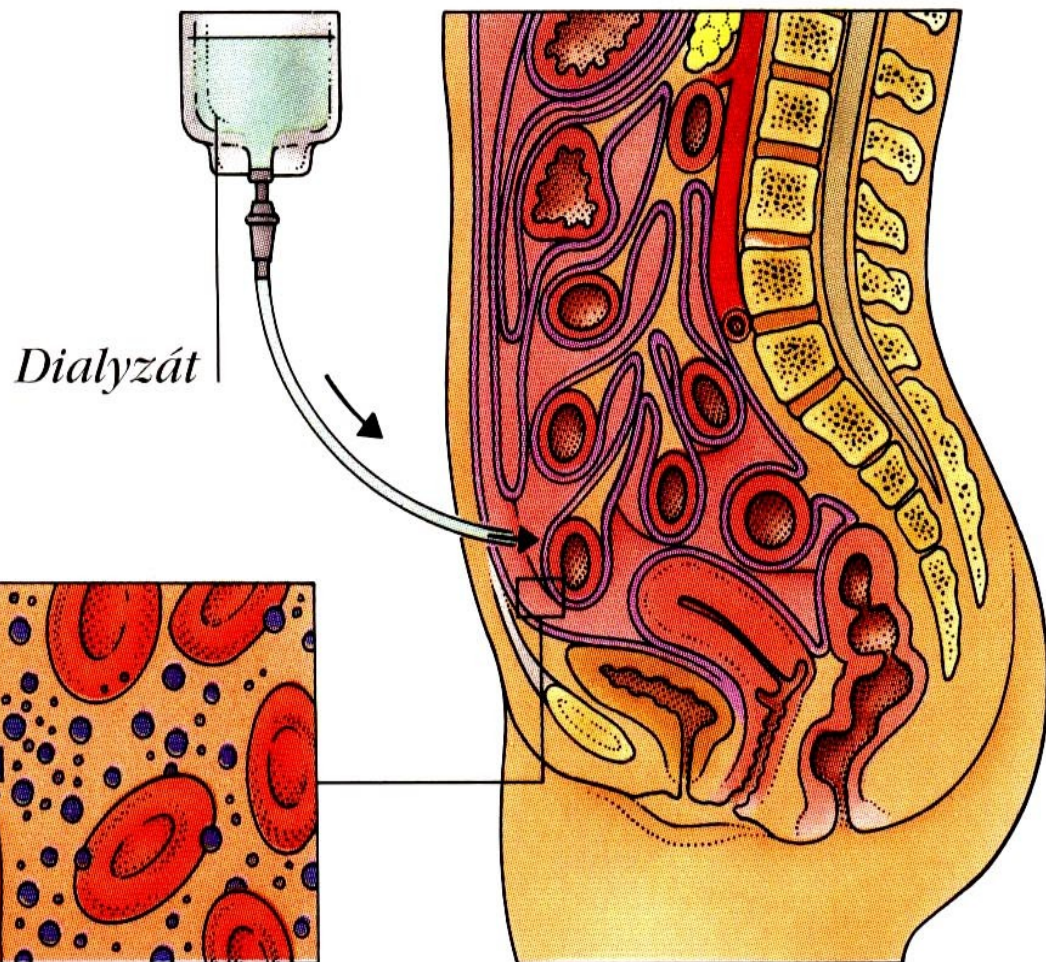
# Hemodialýza

Krev z arterie prochází stočenou membranózní trubicí a vrací se zpět do žíly. Trubice je vložena do nádrže naplněné dialyzačním roztokem, do kterého se odfiltrávají odpadní produkty.

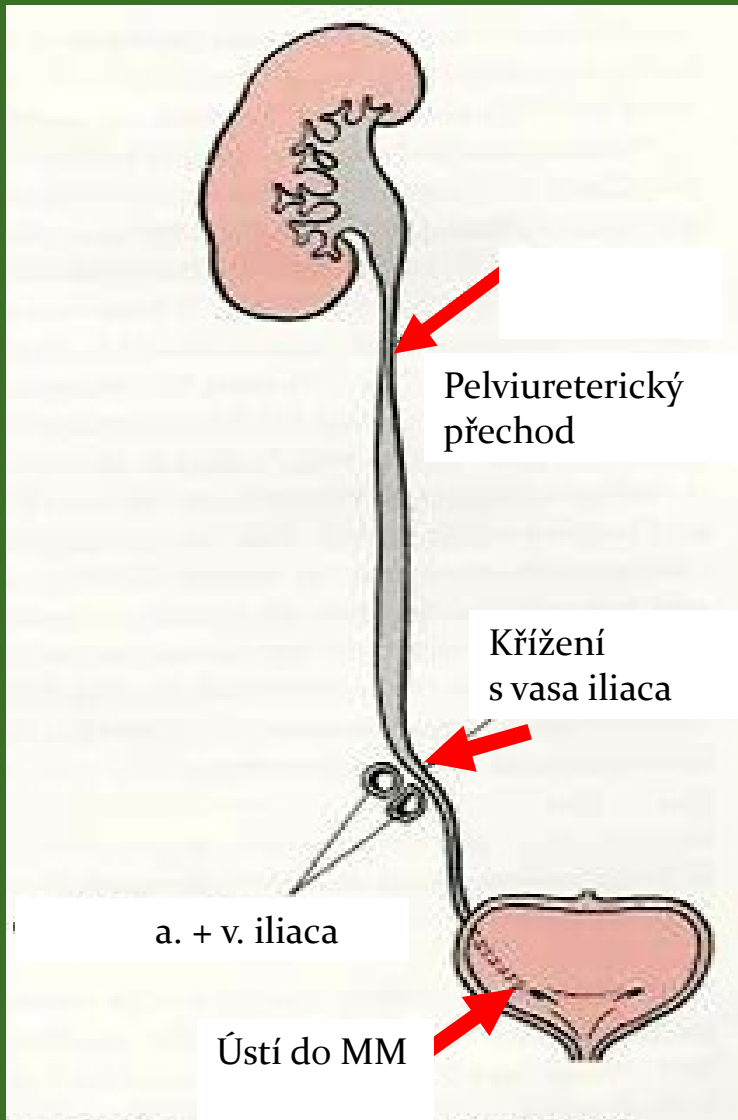


## Peritoneální dialýza

Při této proceduře jsou podány do peritoneální dutiny dva litry dialyzačního roztoku a vyměněny každé čtyři hodiny. Odpadní produkty procházejí z kapilár vystýlajících peritoneální dutinu membránou peritonea do roztoku.



# Ureter



Délka 20 - 30 cm

Průběh - „S“



Šířka 5 mm - 3 zúžená místa

Části

- **Pars abdominalis** - v retroperitoneu  
10 -15 cm
- **Pars pelvina** - v malé pánvi  
10 -15 cm
- **Pars intramuralis** - ve stěně MM  
1-2 cm

Pelviureterický přechod

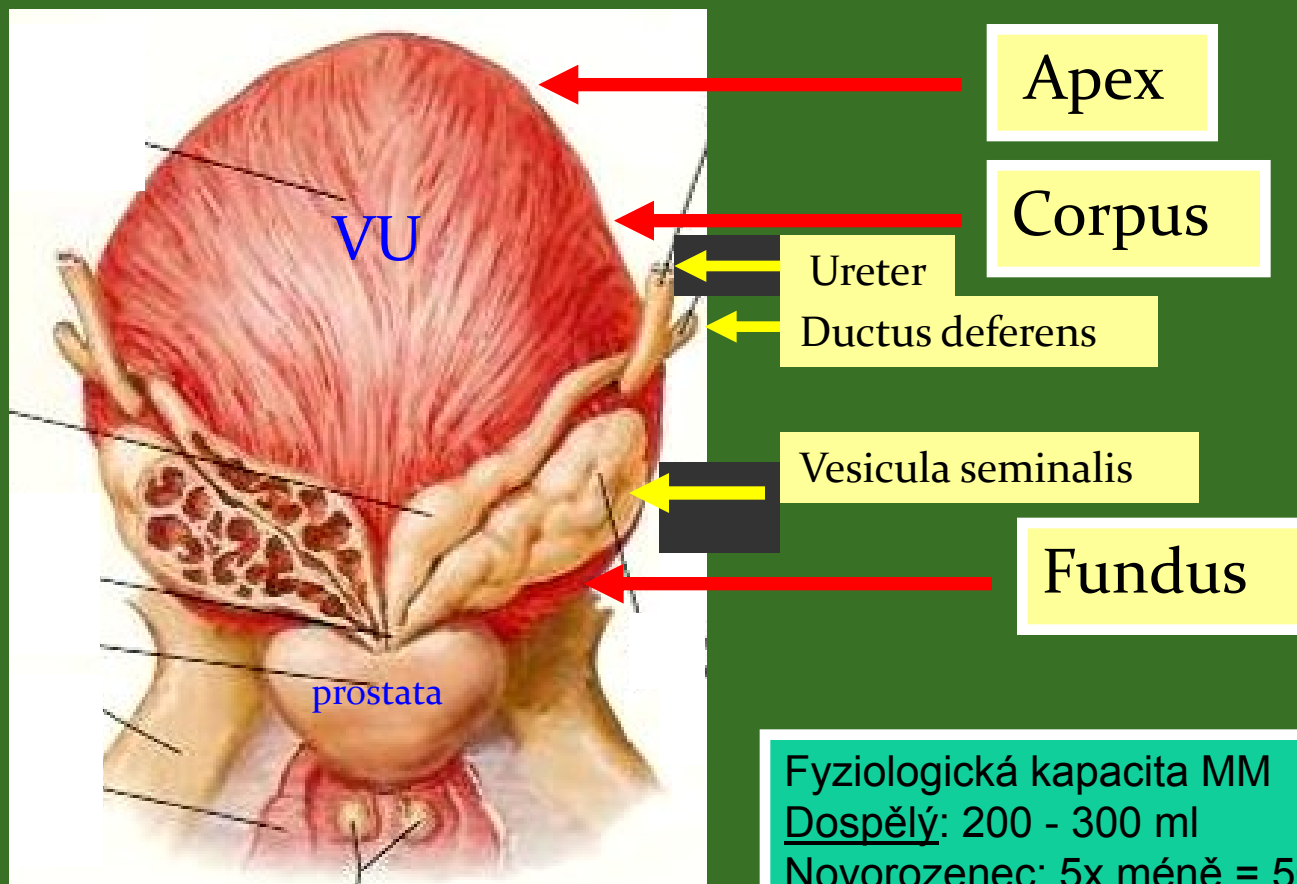
x

ostium ureteris v trigonu MM

Peristaltika hladké svaloviny – posun moči  
Zúžení ureteru - **predilekční místa** zaklínění  
močových kamenů  
Močové kameny = urolithiáza

# Vesica urinaria – močový měchýř

dutý svalový orgán – shromaždiště moči před mikcí



Vesica urinaria muže - pohled zezadu

Fyziologická kapacita MM

Dospělý: 200 - 300 ml

Novorozenec: 5x méně = 50 ml

První nucení na mikci : 150 ml

# Uretra- močová trubice

konečná část odvodných močových cest

## Funkčně a morfologicky dimorfní orgán

- **Funkční pohlavní dimorfismus:**  
U muže část uretry vývodná cesta pohlavní
- **Morfologický pohlavní dimorfismus:**  
Týká se délky, průsvitu (lumen) a průběhu uretry

## močení = mikce

- Reflexní děj, stah hladkého svalstva měchýře
- Centrum reflexu je v křížové části páteřní míchy ( u dospělého se podílí i mozková kůra – novorozenec pouze reflexně )

## moč

= vodní roztok elektrolytů a organických látek

1,5 – 2 l definitivní moči  
( diuréza )

**Polyurii** – zvýšené močení  
nad 2 l

**Oligourie** – snížené močení  
pod 500 ml

**Anurie** – zástava močení

# Složení moči

	Plazma	Moč	M/P
H <sub>2</sub> O (v g/l)	900—930	950	—
bílkoviny	70	0	—
glukóza (v mmol/l)	5,5	0	—
Na <sup>+</sup>	130	152	1
Cl <sup>-</sup>	104	200	2
močovina	5	325	65
kyselina močová	0,23	2,9	12
Ca <sup>2+</sup>	1,9	2,7	2
fosfáty	2,9	48,4	16
kreatinin	0,08	8,8	100
K <sup>+</sup>	4,1	38,7	9

# Vyšetření moče

## Barva

světle žlutá – barvivo urochrom

tmavě oranžová – urobilin u horečky

tmavě hnědá – bilirubin jaterní záněty

špinavě červená – krev

zakalená moč – zánět

## Zápach

čerstvá – lehce aromatický

po styku se vzduchem- čpavkový

**Lehce kyselá ( pH 6,5 – 7 )**

## Složení :

- součásti krevní plazmy ( mimo G, bílkoviny)
- dusíkaté látky : urea, kys.močová, kreatinin
- Urochrom
- Sediment: epitelie, uráty, oxaláty

## Normálně v moči nenajdeme :

- Bílkovinu
- Krev
- Cukr ( glykemie nad 10 mmol/l )
- hnis



# Reaktivní změny při zatížení

- **Vasokonstrikce** (přívodní tepny), prokrvení ledvin je v průběhu zatížení snižené (hypoxie ledvinné tkáně)
- **Snížení glomerulární filtrace**
- **Snížení tvorby moči**

## Průtok ledvinami:

- v klidu 20% z celkového minutového objemu srdečního
- lehká práce 9%
- těžká práce 3%

## Diuréza:

- v klidu 60 – 90 ml/hod
- předstartovní stav – může stoupnout
- nízké zatížení – reflexně zvýšeno
- při stoupajícím zatížením – diuréza klesá

## Specifická hmotnost moče

## Kyselost moče

# Po zátěžové reaktivní změny

- **Proteinurie**

- nejvíce krátkodobé intenzivní výkony
- mizí po několika minutách, ale může být i 48 hod
- nejvyšší hodnoty: hokej, fotbal, házená
- v menší míře u vytrvalostních disciplín
- triatlon – nejvyšší po plavání, tzv. chladová proteinurie

Tab.4. Proteinurie při chůzi a běhu

výkon	počet	věk(r)	proteinurie(g.l <sup>-1</sup> )
800 m	16	26	1,62
1500 m	22	25	1,16
3000 m	5	27	1,37
5000 m	6	27	0,51
50 km chůze	21	29	0,07

- **Hematurie**

- dlouhé běhy (66% běžců)

- **Myoglobinurie**

- mikrotraumata svalů
- myoglobin má 4x menší molekulu než hemoglobin
- u vytrvalců (extrémní vytrvalostní zatížení)

- **Ketonurie**

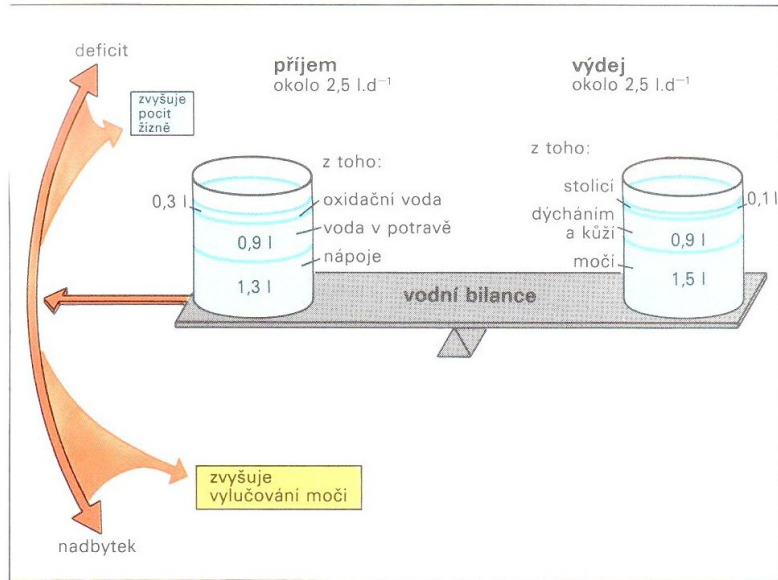
- u dlouhotrvajících výkonů (zvýšená  $\beta$ -oxidaci MK – hlavní zdroj energie)

- **Další katabolity**: urea, kys. močová, kreatin (vytrvalost)

**CLEARANCE** = schopnost organismu se očistit od katabolitů



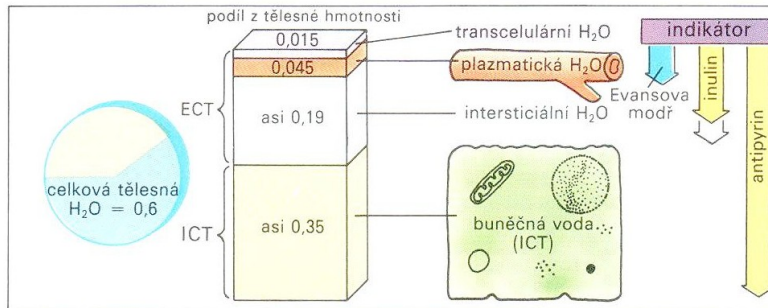
## Hospodaření solemi a vodou



A. Vodní bilance u člověka

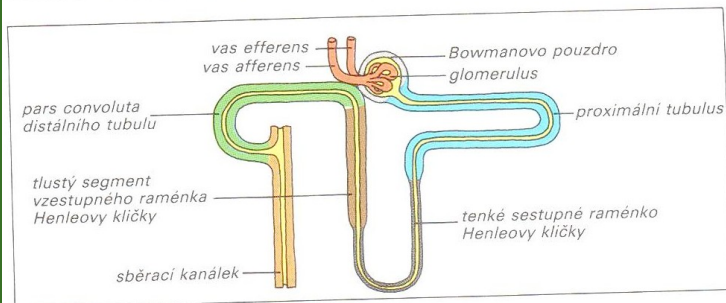


B. Obsah vody v těle

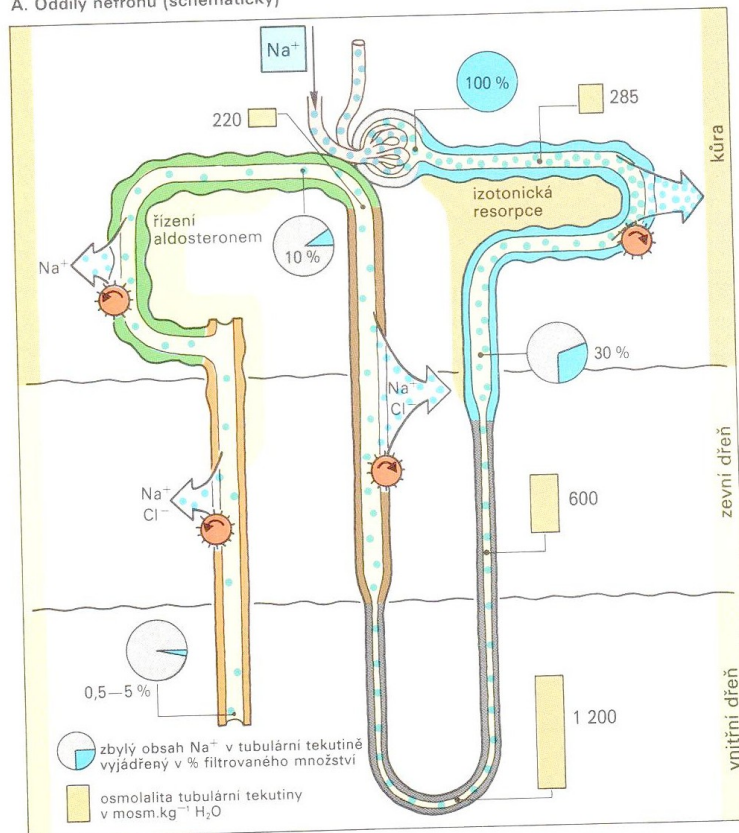


C. Kompartmenty tělních tekutin

ty. Hospodaření solemi a vodou



A. Oddíly nefronu (schematicky)



B. Resorpce  $\text{Na}^+$  podél nefronu

# Termoregulace

- klasický příklad fyziologického regulačního mechanismu
- **teplota jádra** u člověka bez horečky **stabilní** (  $\pm 0,5$  C)
  - nemění se ani v závislosti na  $t$  okolí (12-54 C)
- **teplota kůže** se **mění** (nutné pro termoregulaci)

# Normální teplota jádra

- není u každého stejná
- měřeno v ústech: 36-37,5 C
- za průměr se považuje 36,6-37 C, rektálně o 0.6 C více
- extrémní teplo (fyzická námaha) : 40 C, extrémní zima pod 35.5 C



# Produkce tepla

=vedlejší produkt metabolismu:

- bazální metabolismus
- svalová aktivita (včetně třesu)

## Ztráta tepla

- teplo vzniká v orgánech (svaly, játra), proniká do kůže a z ní se ztrácí
- ztrátu tepla proto určuje:
  - rychlost vedení tepla z hloubky do kůže
  - rychlost ztráty tepla z kůže
- tepelný izolátor

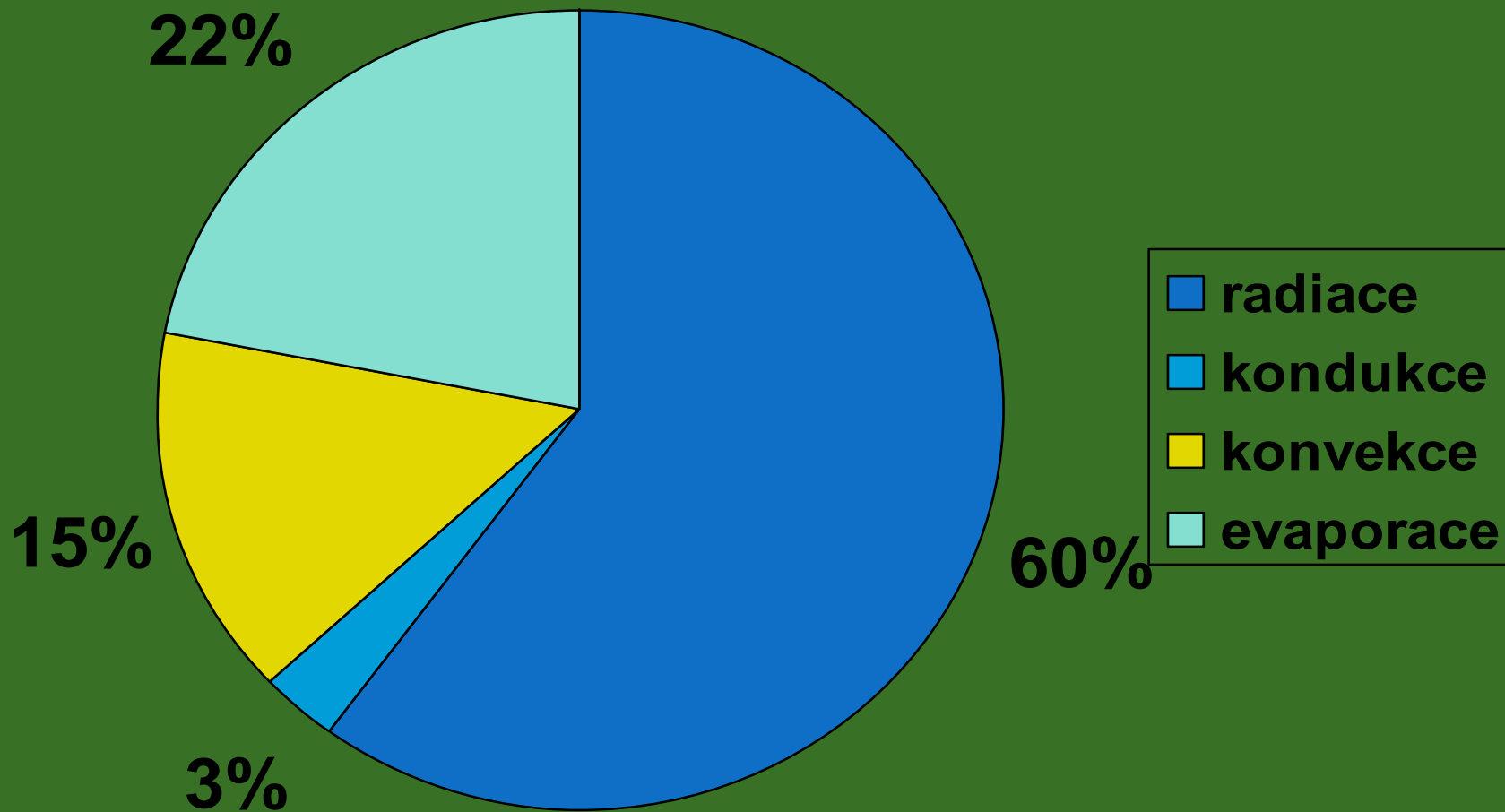
# Tepelný izolátor

- kůže, podkoží a **podkožní tuk** izolují (na 1/3), srovnatelné s oblečením
- zabraňuje oboustranným ztrátám tepla za cenu velkých výkyvů teploty kůže
- izolátor „porušují“ krevní cévy – nosiče tepla ( kožní cirkulace )
  - do plexu nemusí téci nic nebo až 30% srdečního
  - výdeje – obrovská schopnost regulace
  - 8 násobné zvýšení tepelné vodivosti při plné vazodilataci (sympatikus, hypothalamus)

# Ztráta tepla:

1. **záření (radiace):** nahý člověk při pokojové teplotě ztrácí 60% tepla radiací
2. **vedení (kondukcce):**
  - předávání tepla kontaktem s pevnými předměty (minimum), do vzduchu ale kolem 15 %
  - vítr: vzduch proudí pryč dříve a je nahrazen studeným(ztráty tepla podstatně větší)
3. **odpařování (evaporace):**
  - pocení
  - *perspiratio insensibilis* (i plíce): 450-600 ml denně nelze nijak regulovat

# Ztráty tepla



# Vysoké teploty

- radiace ani kondukce nepomohou, naopak, klíčová role **evaporace** ( pocení)
- lidé s vrozeným defektem potních žláz:
  - nízké teploty zvládají normálně
  - při vysokých mohou i zemřít – teplota jádra se jim radiací a kondukcí zvyšuje

# Pocení a jeho regulace

- **hypothalamus** (tepelná nebo elektrická stimulace) – autonomní dráhy do míchy – **sympatikus** do kůže

## Mechanismus sekrece potu

- žláza (primární pot) a vývod
- primární pot – podobný **plazmě** bez proteinů

# Složení potu

- závisí na rychlosti sekrece:
- **slabá stimulace** – pomalá sekrece – vysoká reabsorpce Na a Cl (až k 5 mmol/l), tedy i vody – tj. velmi vysoká c urey, laktátu, draslíku
- **silná stimulace** – rychlá sekrece – Na a Cl 50 mmol/l, hodně vody – tj. nízká c urey (2x plazma), laktátu (4x), draslíku (1.2x)
- nutnost aklimatizace

# Aklimatizace

- neaklimatizovaný člověk: do 1l/h
- aklimatizace (týdny) – profúzní pocení až 3 l/h (podstatně efektivnější ochlazování)
- aldosteron – pokles Na a Cl v potu
  - neaklimatizovaný ve vedru: ztráta až 15-30g NaCl denně, po několika týdnech 3-5g



# Detekce na periferii

- **povrchové**: tepelné a chladové (10x víc) receptory v kůži, při ochlazení okamžitý reflex:
  - třes, inhibice pocení, kožní vazokonstrikce
- **hloubkové**: stejné rozložení i v míše, břišních orgánech a kolem velkých žil: registrace teploty jádra
- hlavním úkolem je **prevence hypotermie**

## Centrum : hypotalamus

## Efektorové mechanismy

1. mechanismy **snižování** teploty nebo
2. mechanismy **zvyšování** teploty

# Teplota je vysoká...

1. **Vazodilatace kožních cév:** 8x zvýšení přísun tepla do kůže, téměř na celém těle
2. **Pocení:** nastupuje při 37°C, velmi efektivní
3. **Pokles v produkci tepla:** silná inhibice třesu a chemické termogeneze

# Teplota je nízká...

1. **Vazokonstrikce kožních cév:** stimulace sympatického centra v hypothalamu
2. **Piloerectio:** sympatikus na *musculi arrectores*, u člověka malý význam, „izolační vrstva vzduchu“
3. **Zvýšená termogeneze:** 1. třes, 2. sympatikus

# Horečka

- teplota zvýšená nad normu
- infekce, mozkové nádory, další příčiny

= **pyrogeny**

- **proteiny**, rozpadové produkty proteolýzy, lipopolysacharidy
- **bakteriální toxiny**, produkty rozpadu tkání

Působení :

- některé **přímo** v hypotalamu ( nádor, mechanická stimulace)
- **Nepřímo** v hypotalamu : po fagocytóze produkují leukocyty **interleukin** – endogenní pyrogen ( v hypotalamu do 10 min zvýší teplotu, stačí několik ng )

# Úžeh

- člověk vydrží několik hodin 55 °C na suchém vzduchu, 34 °C při 100% vlhkosti a 29-32 °C při těžké práci
- stoupne-li teplota těla **na 40 °C – úžeh**: zvracení , zmatenost, delirium, ztráta vědomí, oběhový šok
- několik minut extrémní teploty může být fatální: poškození mozku
  - poškození jater a ledvin může způsobit smrt i po několika dnech po úžehu

# Extrémní chlad

- 20-30 minut v ledové vodě fatální (zástava srdce), teplota těla 25 °C
- pokles pod 34 °C nebezpečný – nízká tvorba chemického tepla, spavost, koma (není třes !)

arteficiální hypotermie: srdeční operace (32 °C): buňky vydrží bez kyslíku i 1h