

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** (H₂O, močovina, kyselina močová, NaCl)

plíce - **dýchání** (H₂O, CO₂, aceton, alkohol)

trávicí ústrojí- **stolice** (nestrávené zbytky, H₂O)

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

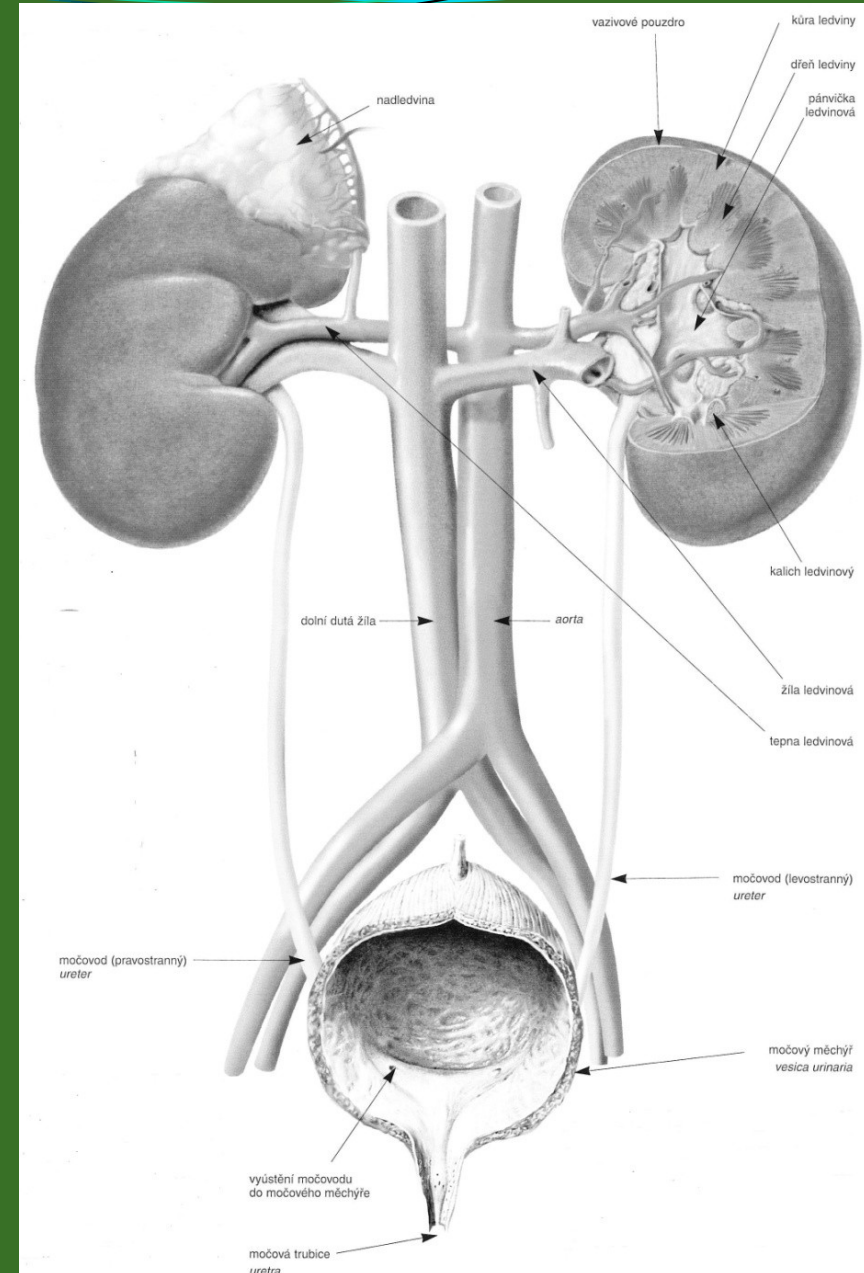
PELVIS RENALIS - pánvička ledvinná

URETER - močovod

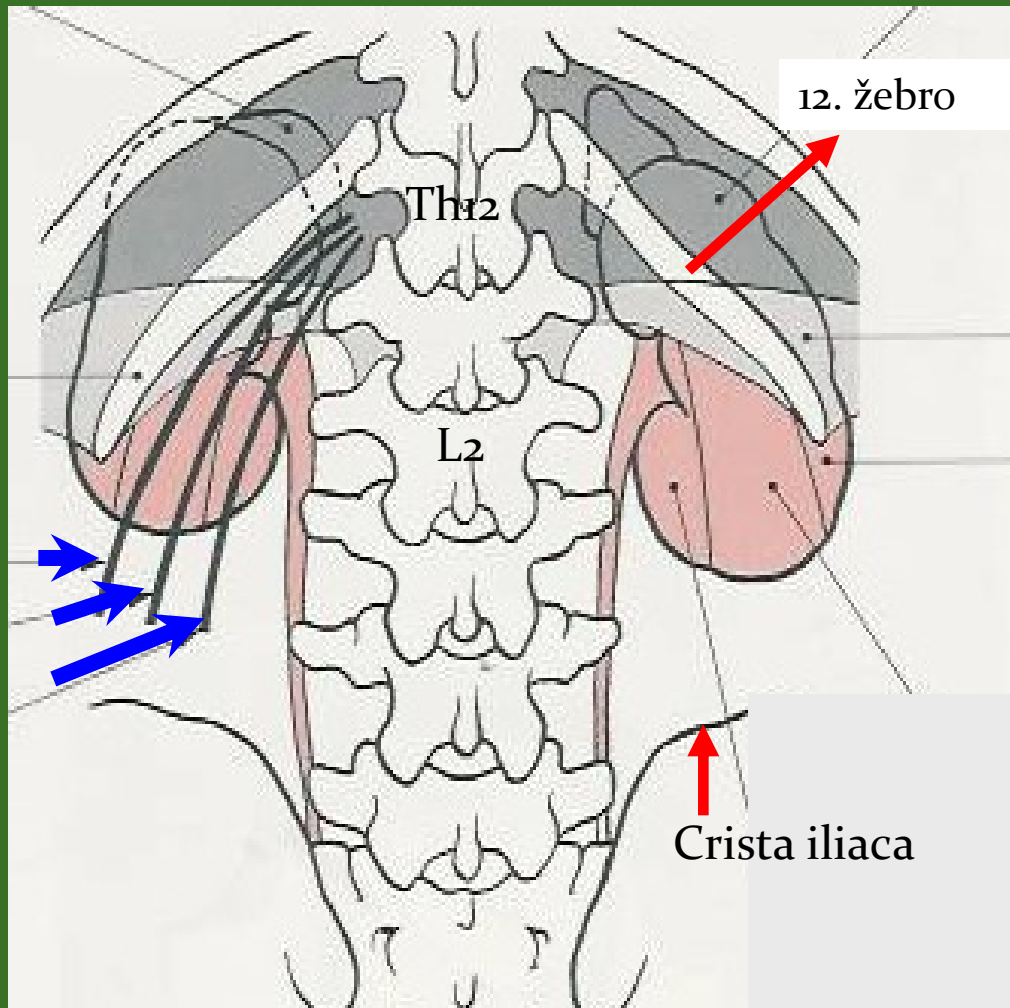
- Nepárové

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



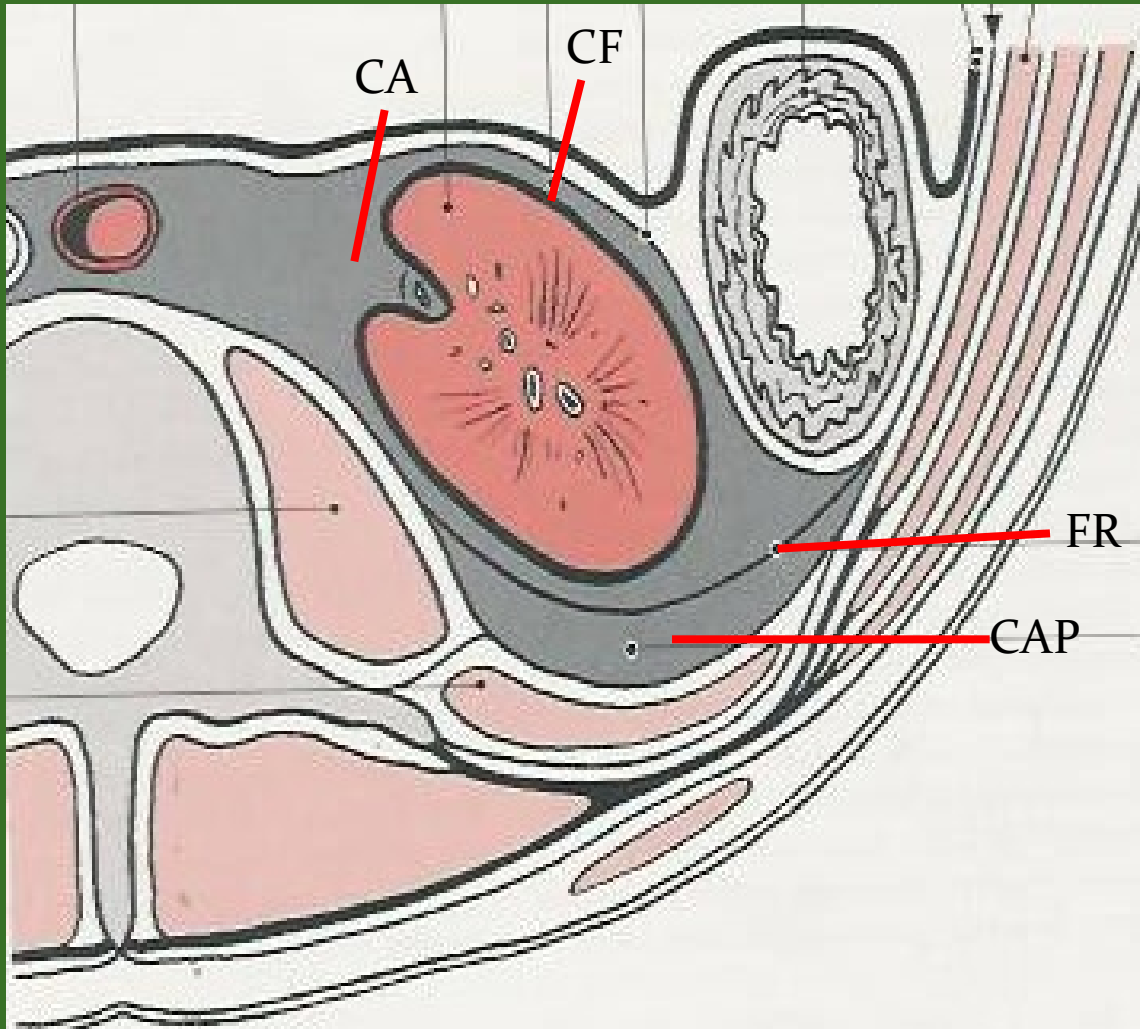
Zadní plocha ledviny naléhá na 12. žebro

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

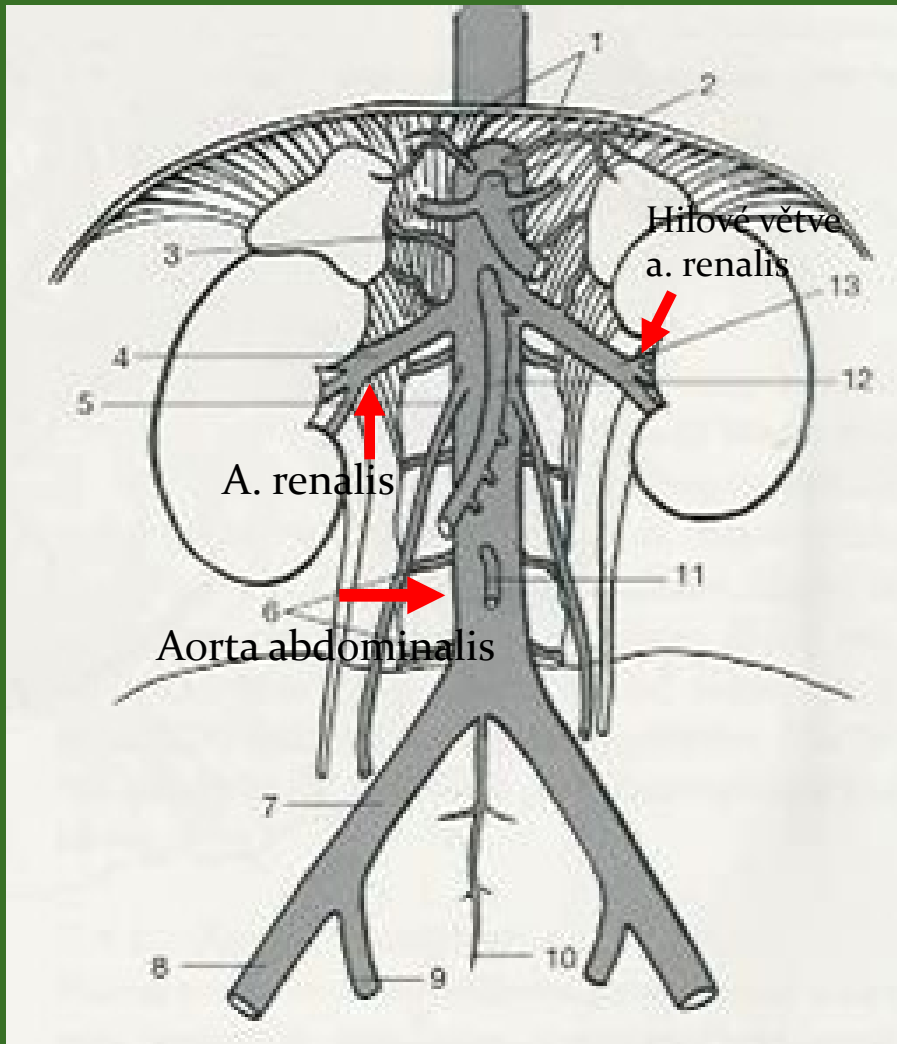
FIXACE

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

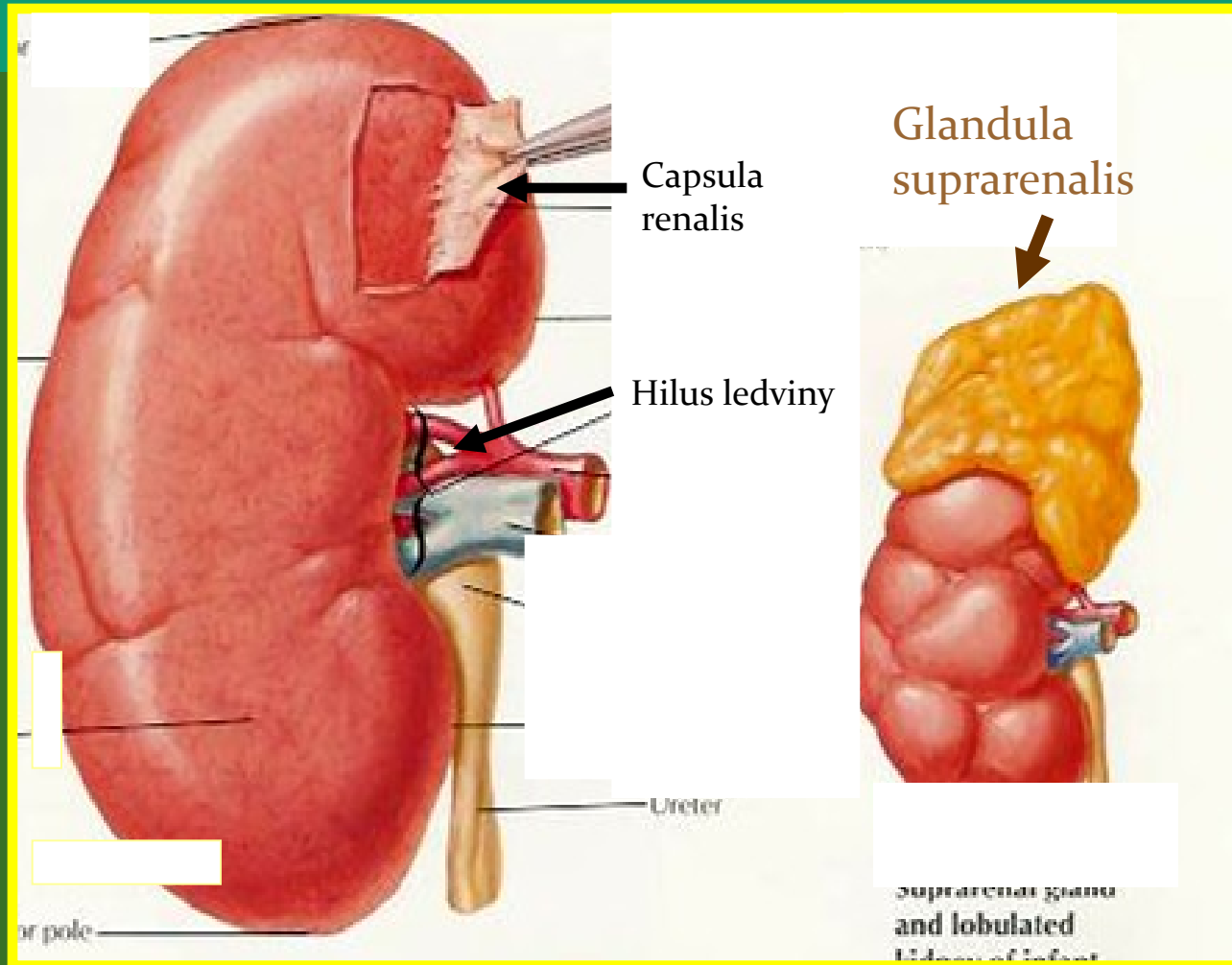
ROZMĚRY LEDVINY

dospělý 150 g, 10x5x3 cm

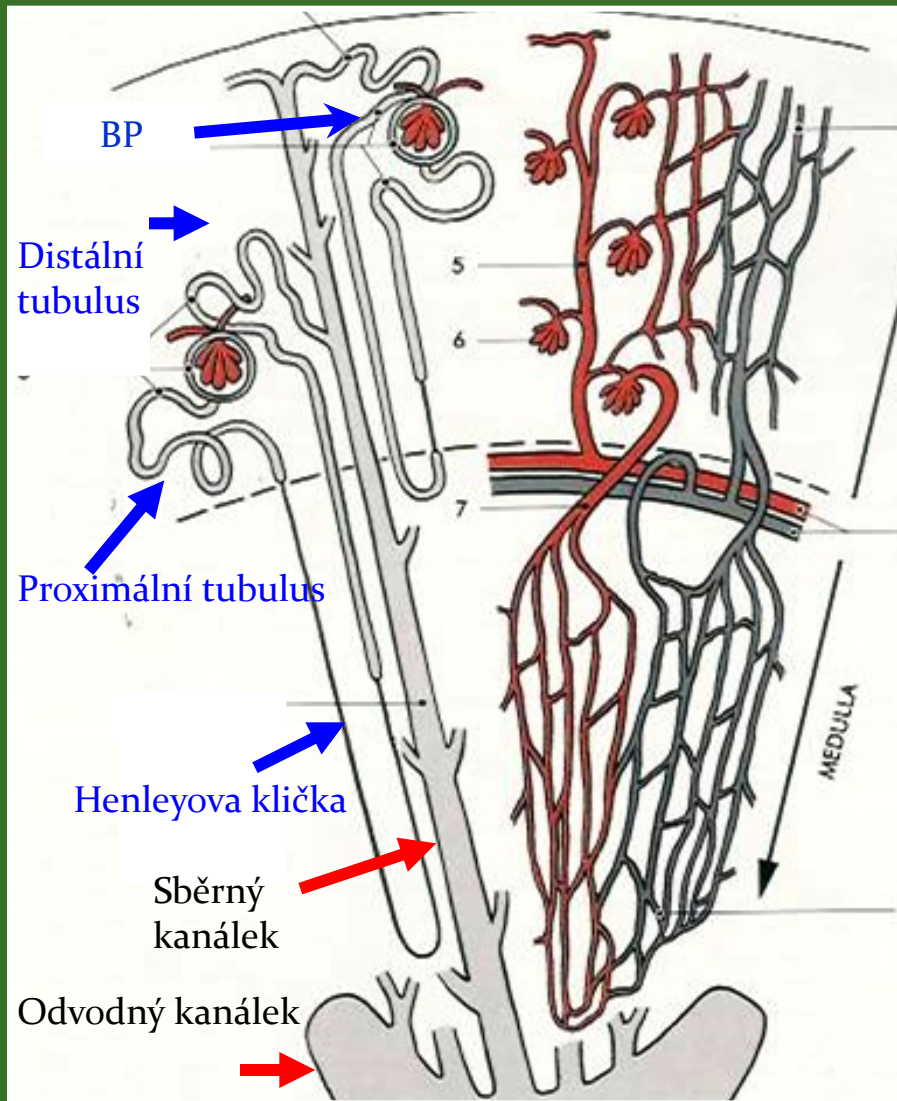
novorozenec 1/15 definitivní hmotnosti = 15 g, 1/3 definitivní velikosti

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

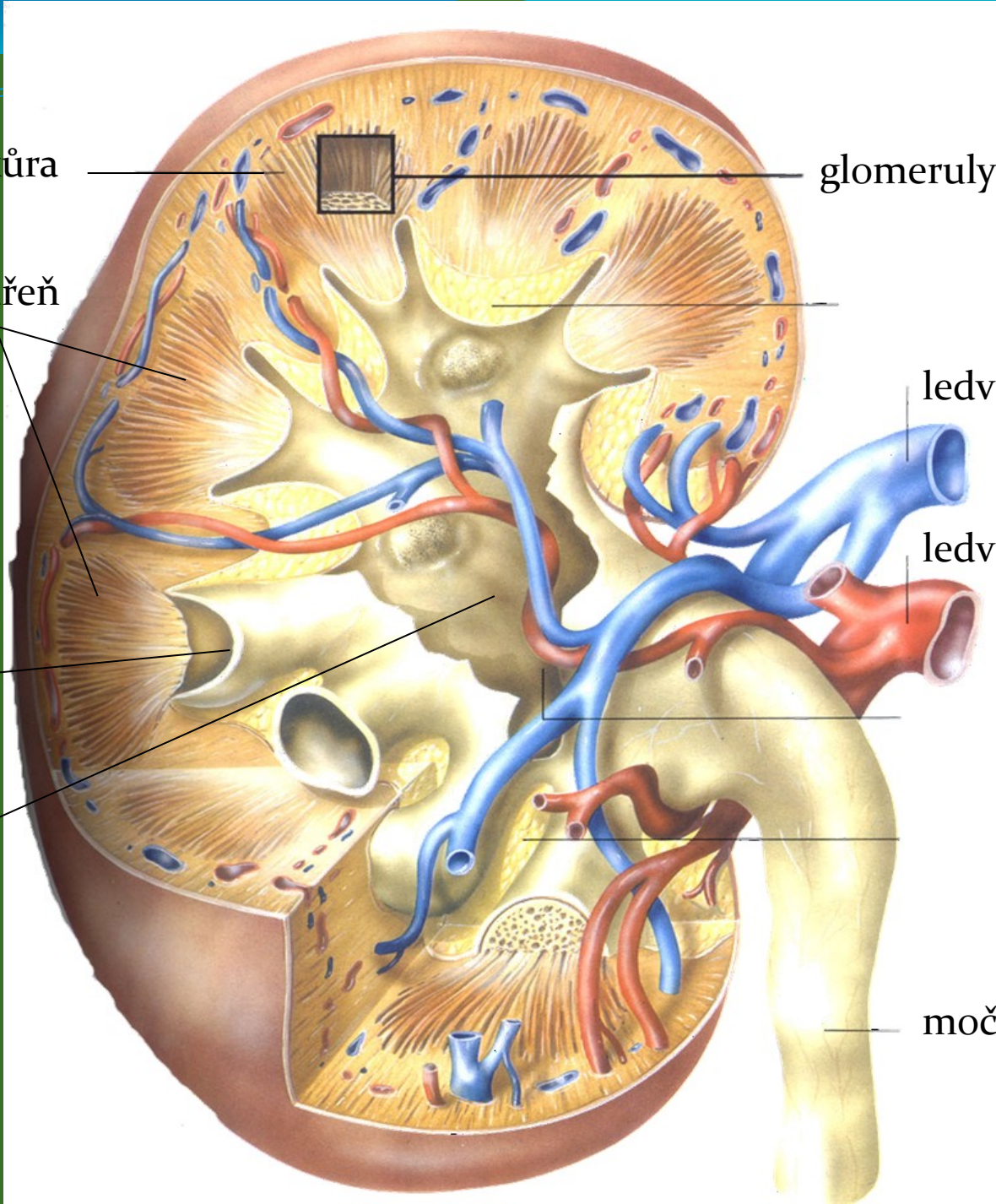
Konečné části několika SK se spojují v OK
OK ústí na vrcholu papily ledvinné

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 H₂O v kanálcích nefronů
- ovlivňuje hormon zadního laloku hypofýzy - **adiuretin**
- jeho **nedostatek** způsobuje **diabetes insipidus**

Primární moč

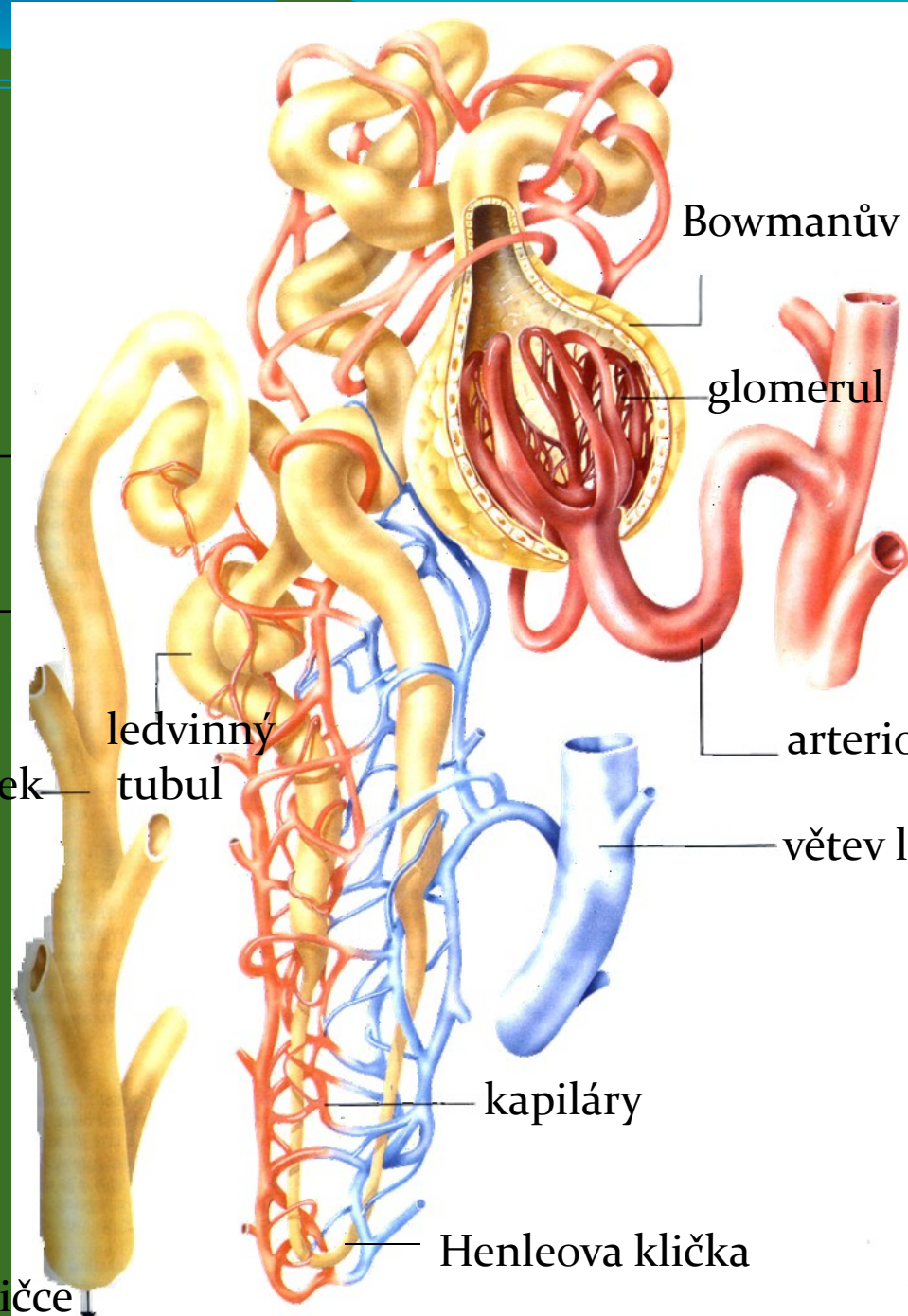
180 l denně,
jako krevní plazma
bez proteinů

zahuštění
vstřebáváním vody,
solí, glukózy, AK

Definitivní moč

1-1,5 l denně,
H₂O, 3% N látek

k ledvinné pánvičce



Bowmanův váček

glomerul

arteriola ledvinné tepny

větev ledvinné žíly

ledvinný
tubul

sběrný kanálek

kapiláry

Henleova klička

- **Proximální tubulus :**

Resorpce GF cca 75%

voda , Na^+ , K^+ , Cl^- , živiny, urea, HCO_3^-

Sekrece : cizorodé látky, léky H^+

- **Henleyova klička**

Resorpce GF cca 15%

voda , Na^+ , K^+ , Cl^- , živiny

- **Distální tubulus**

Resorpce GF cca 5%

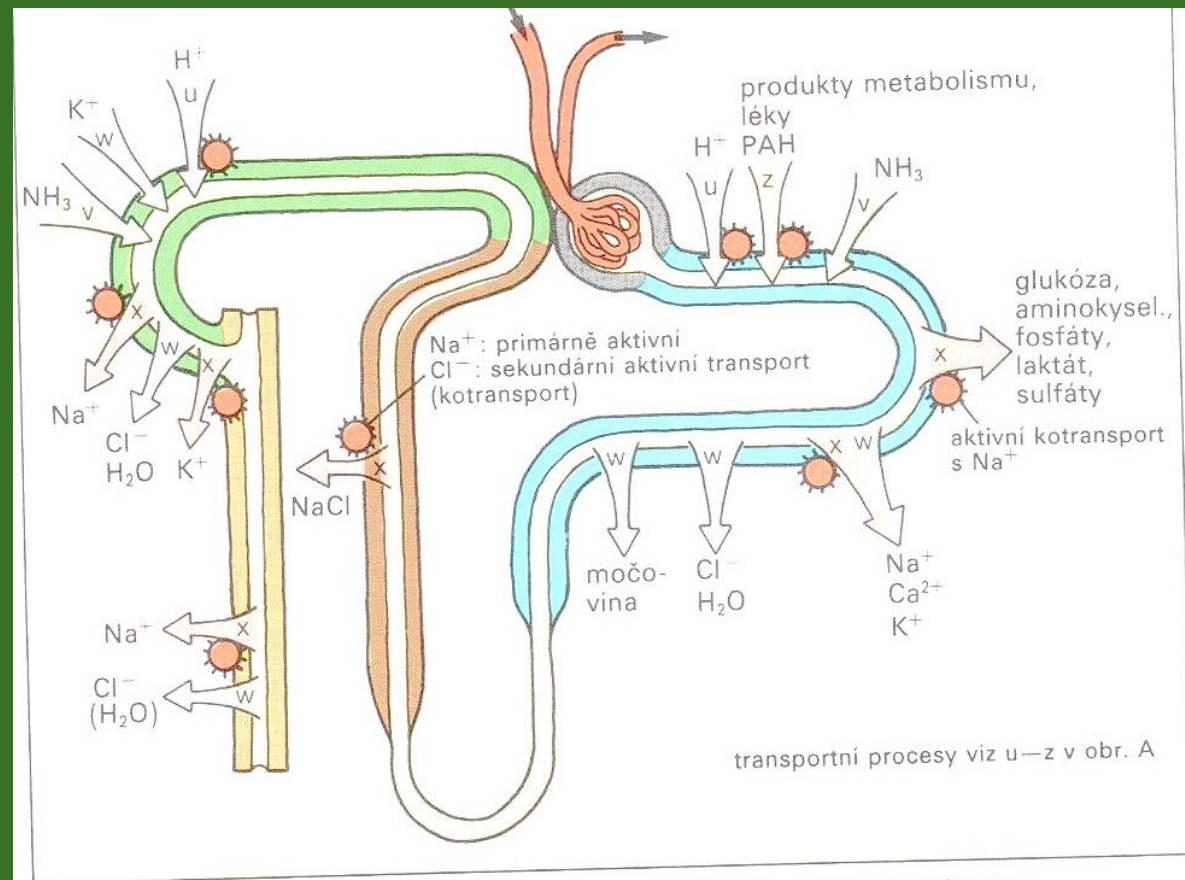
Na^+ , Ca^{2+} , voda

- **Sběrací kanálek**

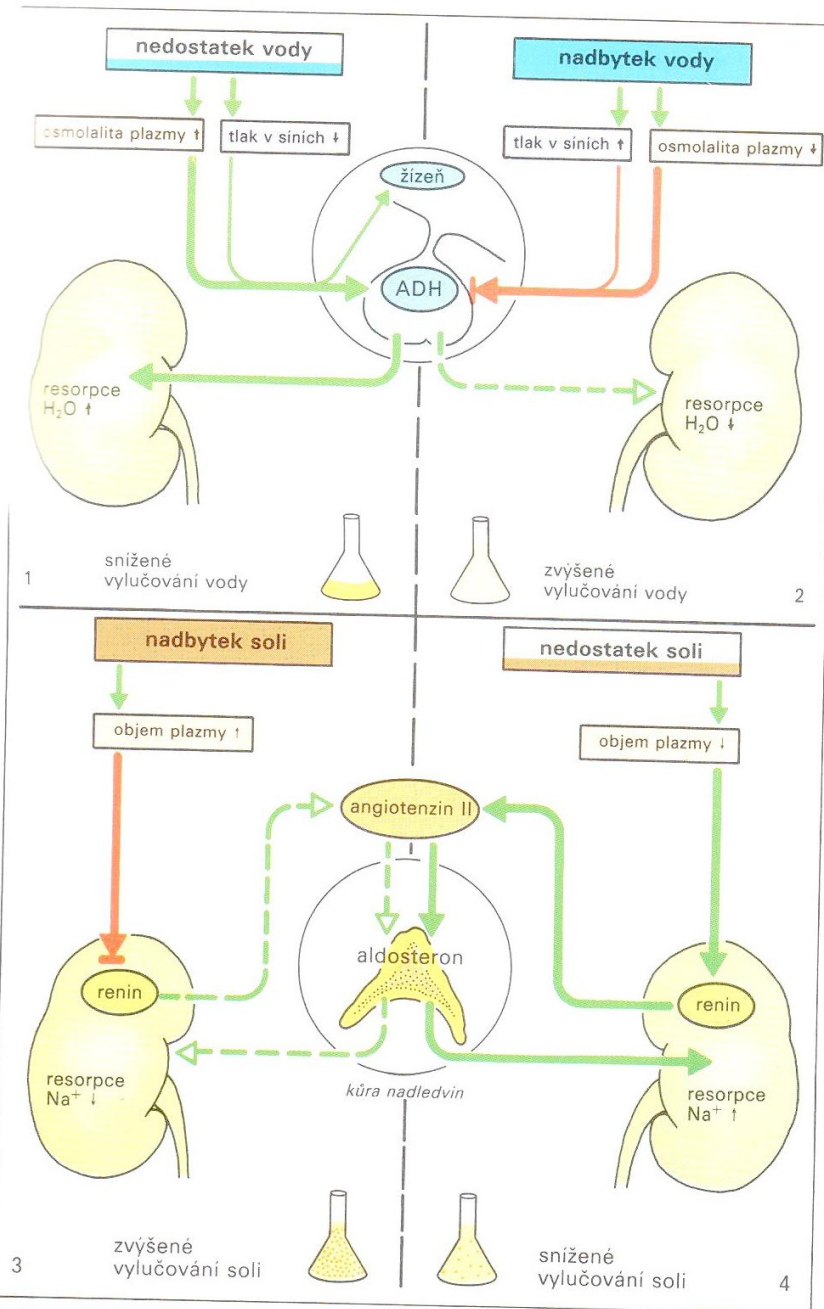
Resorpce GF 4%

voda , Na^+ (ADH)

Sekrece : K^+ , 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

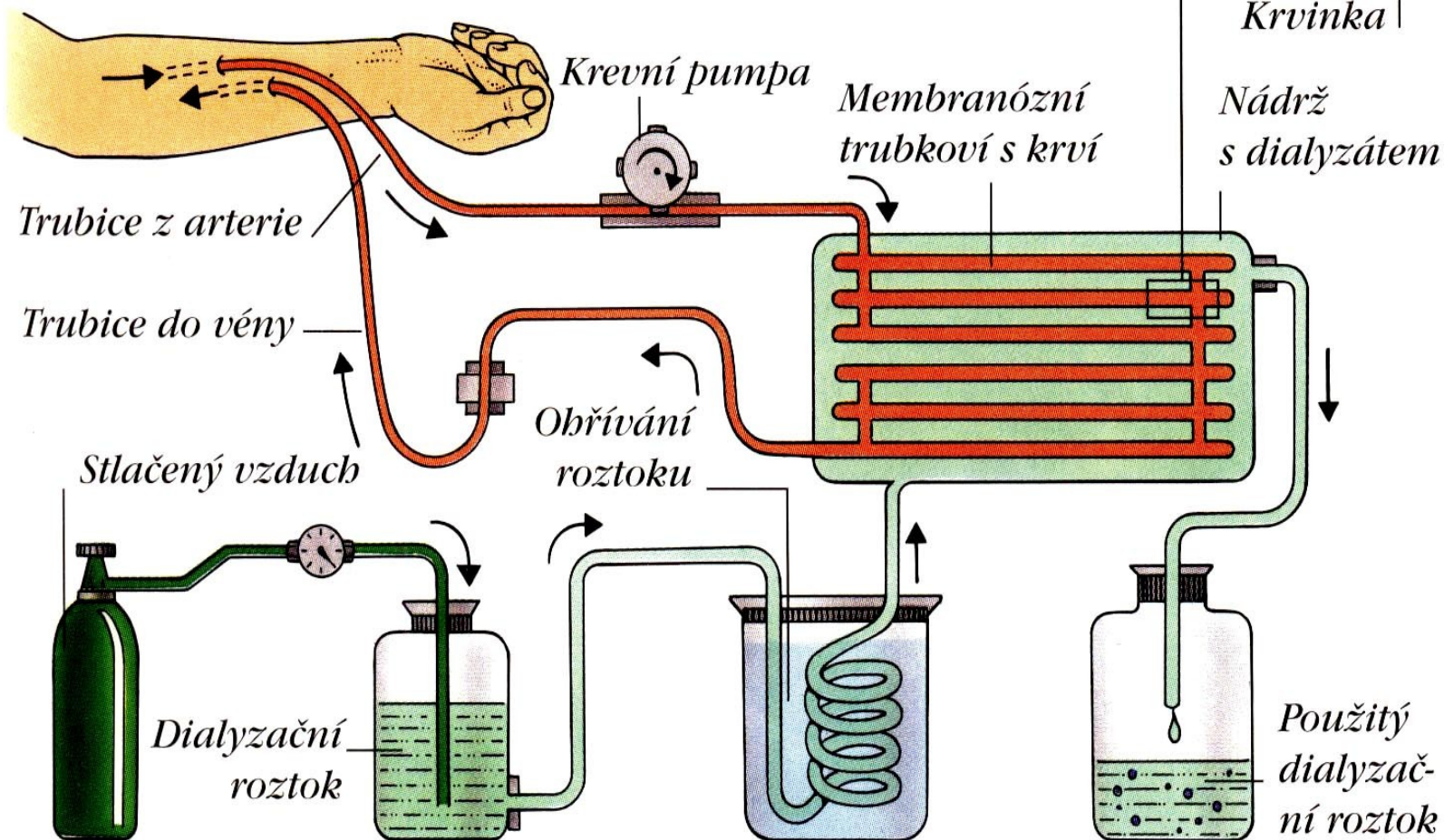
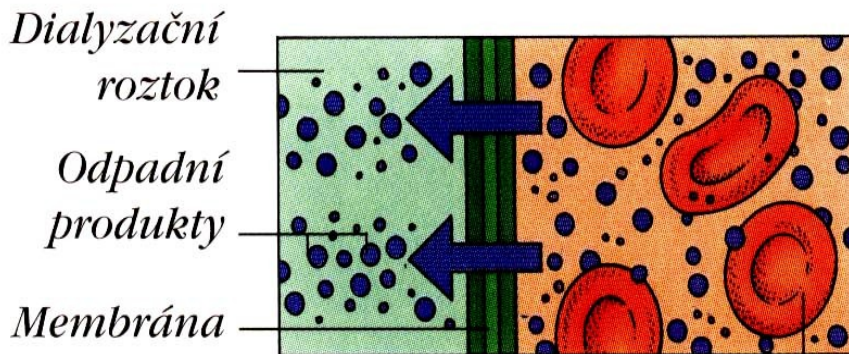
**K plnění funkce stačí 1 zdravá ledvina –
obvykle hypertrofuje**

Selhávání funkce ledvin – léčba

- peritoneální dialýza
- krevní dialýza – umělá ledvina
- transplantace

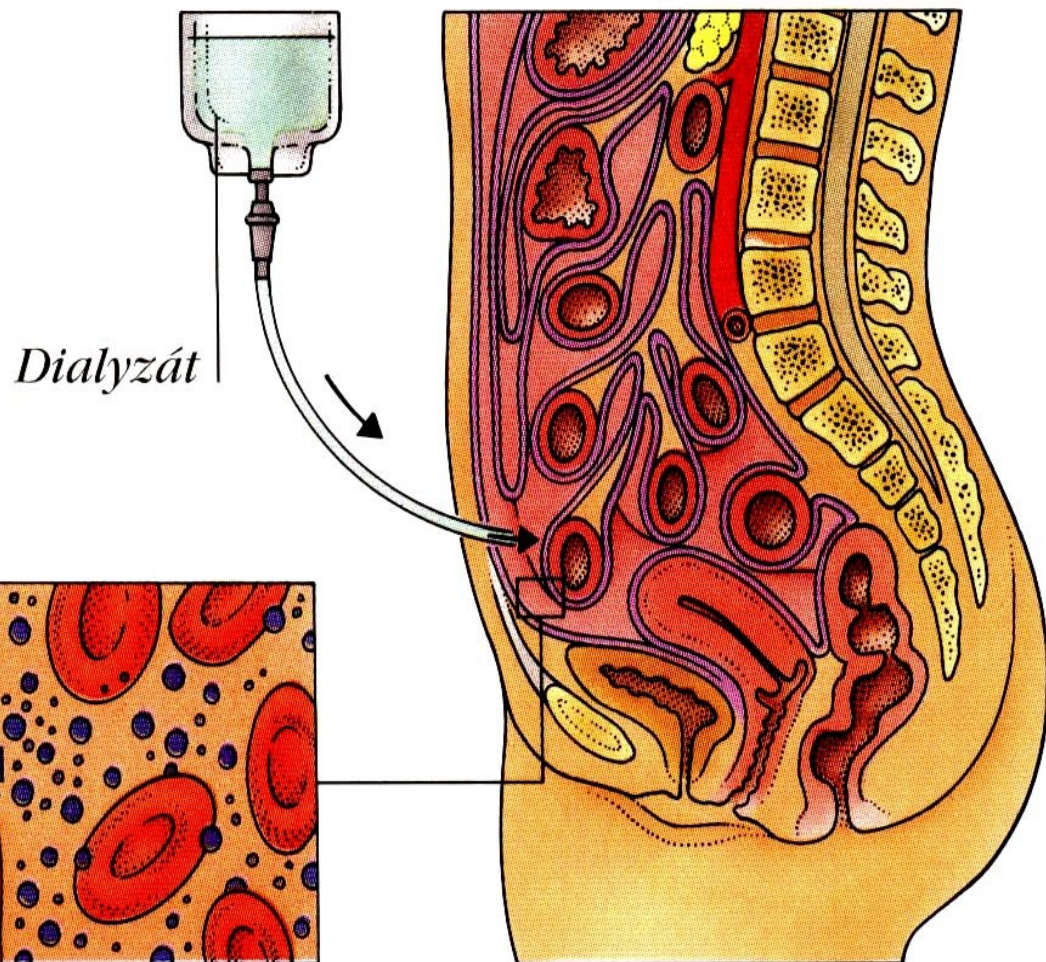
Hemodialýza

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 vystylajících peritoneální dutinu membránou peritonea do roztoku.

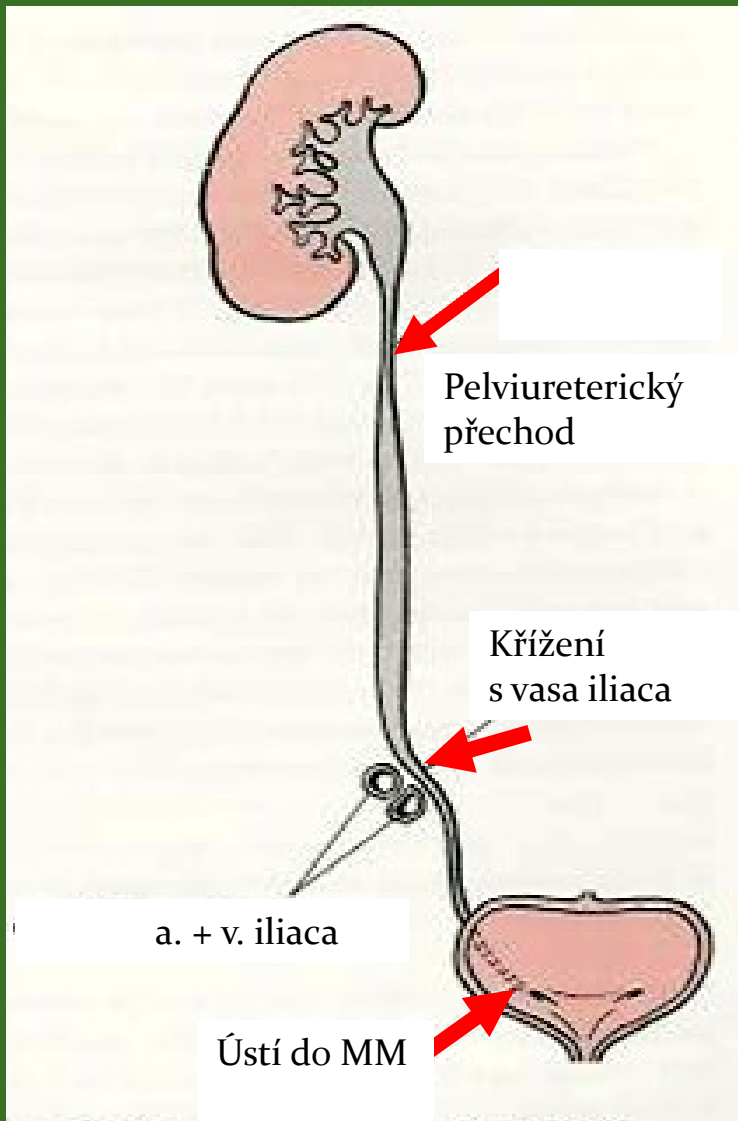


Dialyzát

*Peritoneální
membrána*

Stěna kapiláry

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

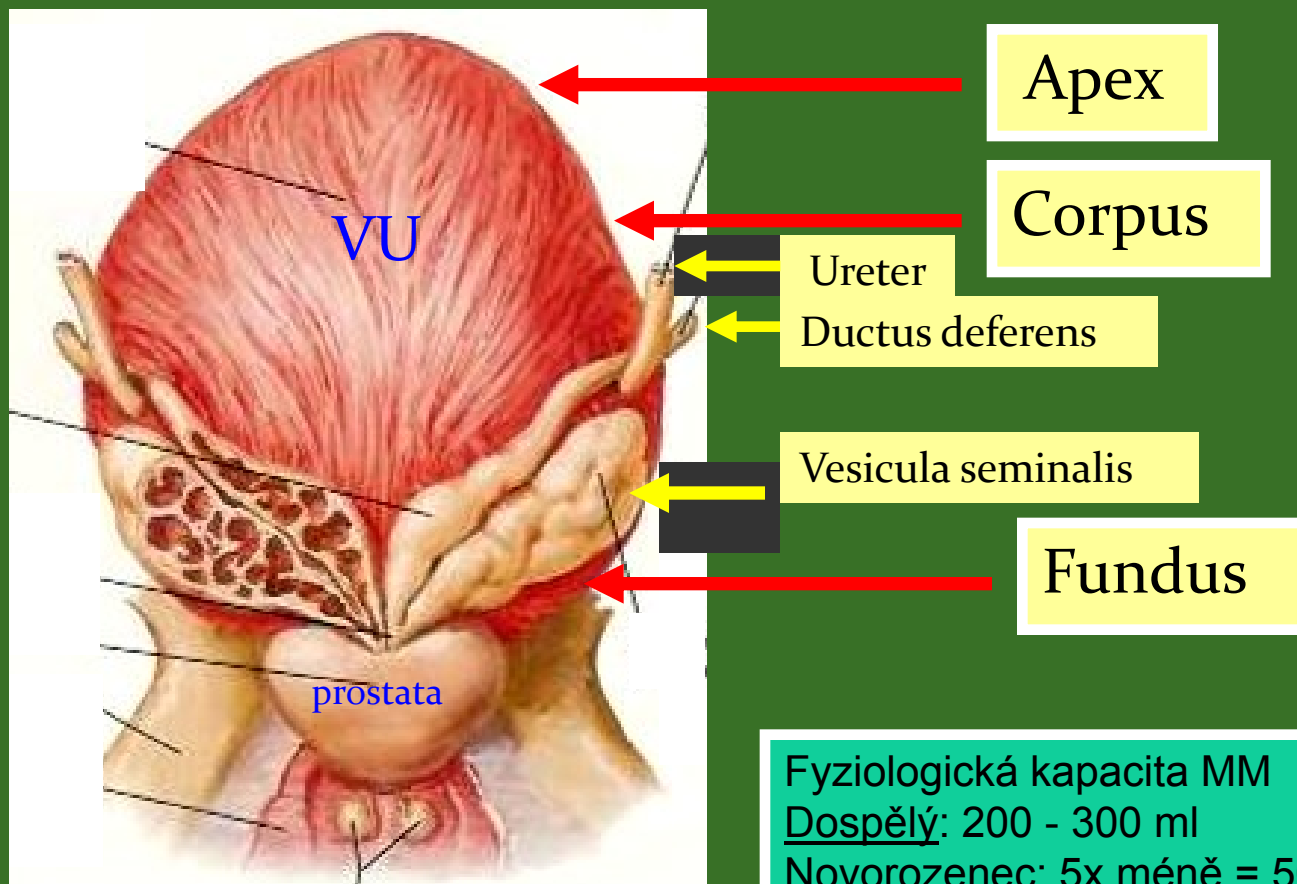
x

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 ₂ O (v g/l)	900—930	950	—
bílkoviny	70	0	—
glukóza (v mmol/l)	5,5	0	—
Na ⁺	130	152	1
Cl ⁻	104	200	2
močovina	5	325	65
kyselina močová	0,23	2,9	12
Ca ²⁺	1,9	2,7	2
fosfáty	2,9	48,4	16
kreatinin	0,08	8,8	100
K ⁺	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 ⁻¹)
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**

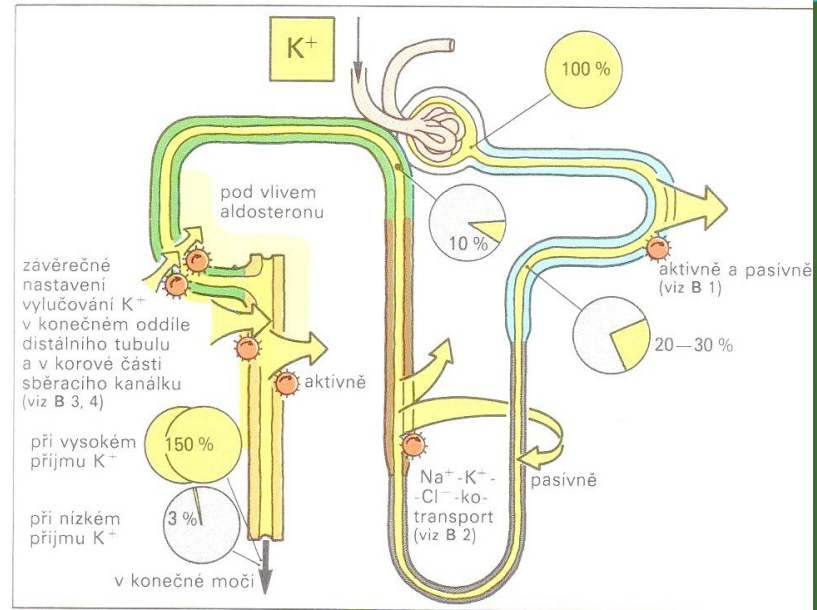
- mikrotraumata svalů
- myoglobin má 4x menší molekulu než hemoglobin
- u vytrvalců (extrémní vytrvalostní zatížení)

- **Ketonurie**

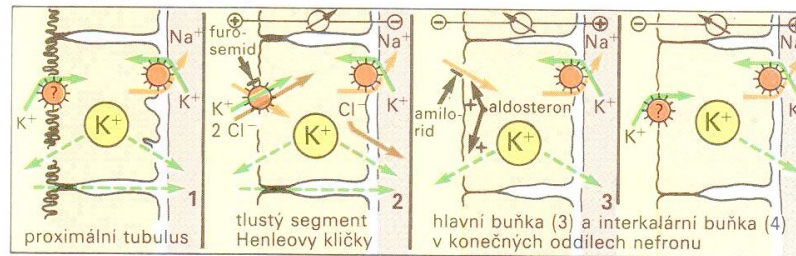
- u dlouhotrvajících výkonů (zvýšená β -oxidaci MK – hlavní zdroj energie)

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

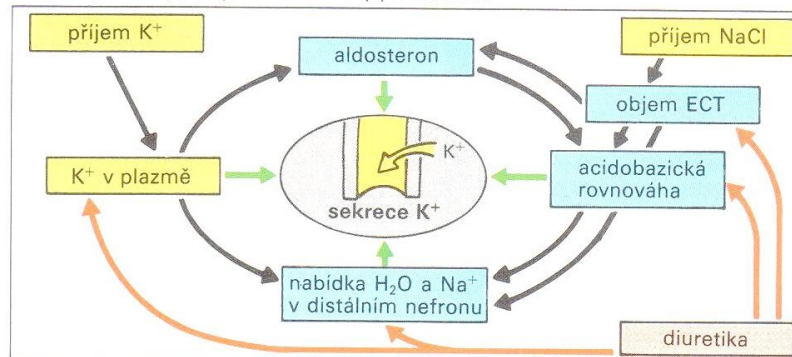
CLEARANCE = schopnost organismu se očistit od katabolitů



A. Resorpce, sekrece a vylučování K⁺



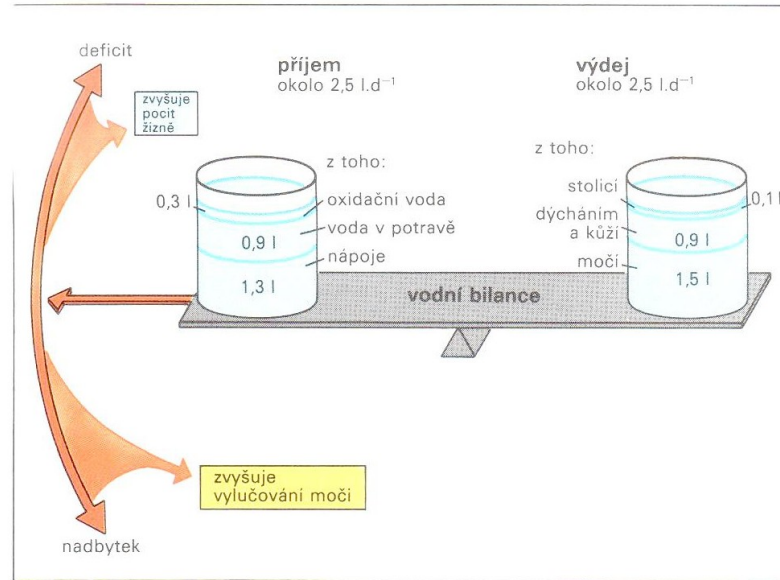
B. Resorpce K⁺ (1, 2, 4) a sekrece K⁺ (3) v tubulech



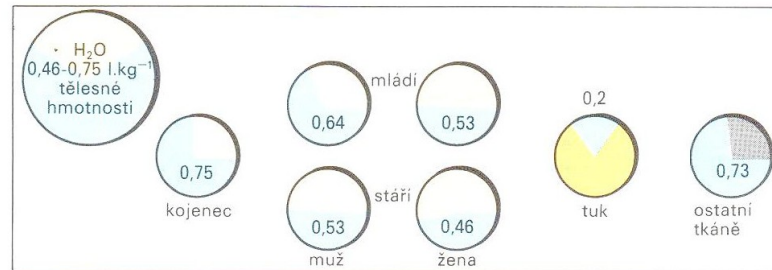
C. Vlivy na sekreci a vylučování K⁺

(podle Wrighta a spol.)

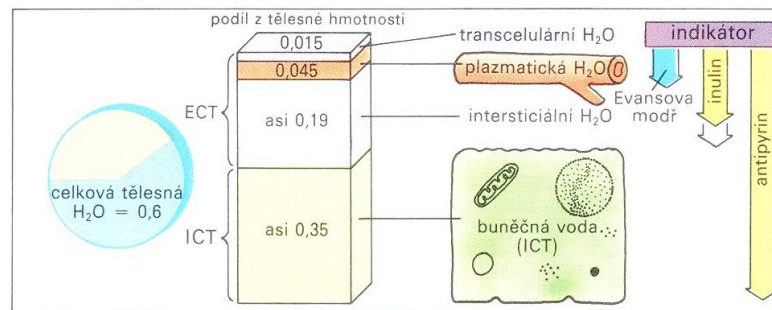
Hospodaření solemi a vodou



A. Vodní bilance u člověka

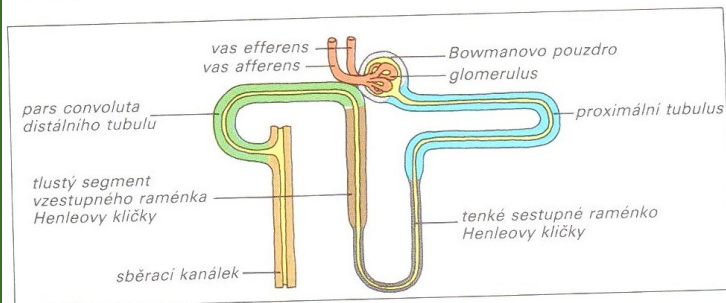


B. Obsah vody v těle

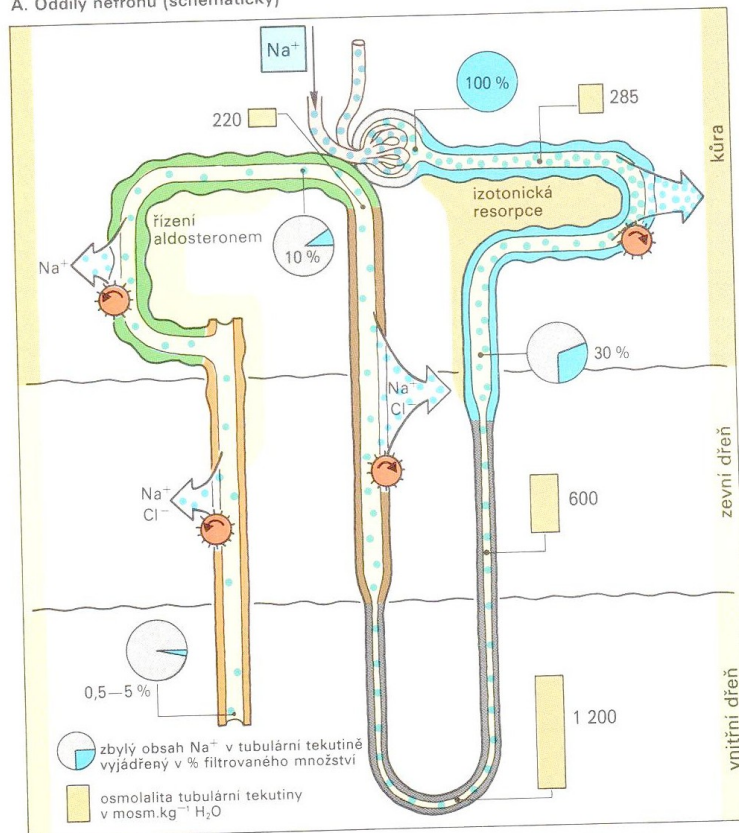


C. Kompartmenty tělních tekutin

ty. Hospodaření solemi a vodou



A. Oddíly nefronu (schematicky)



B. Resorpce 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

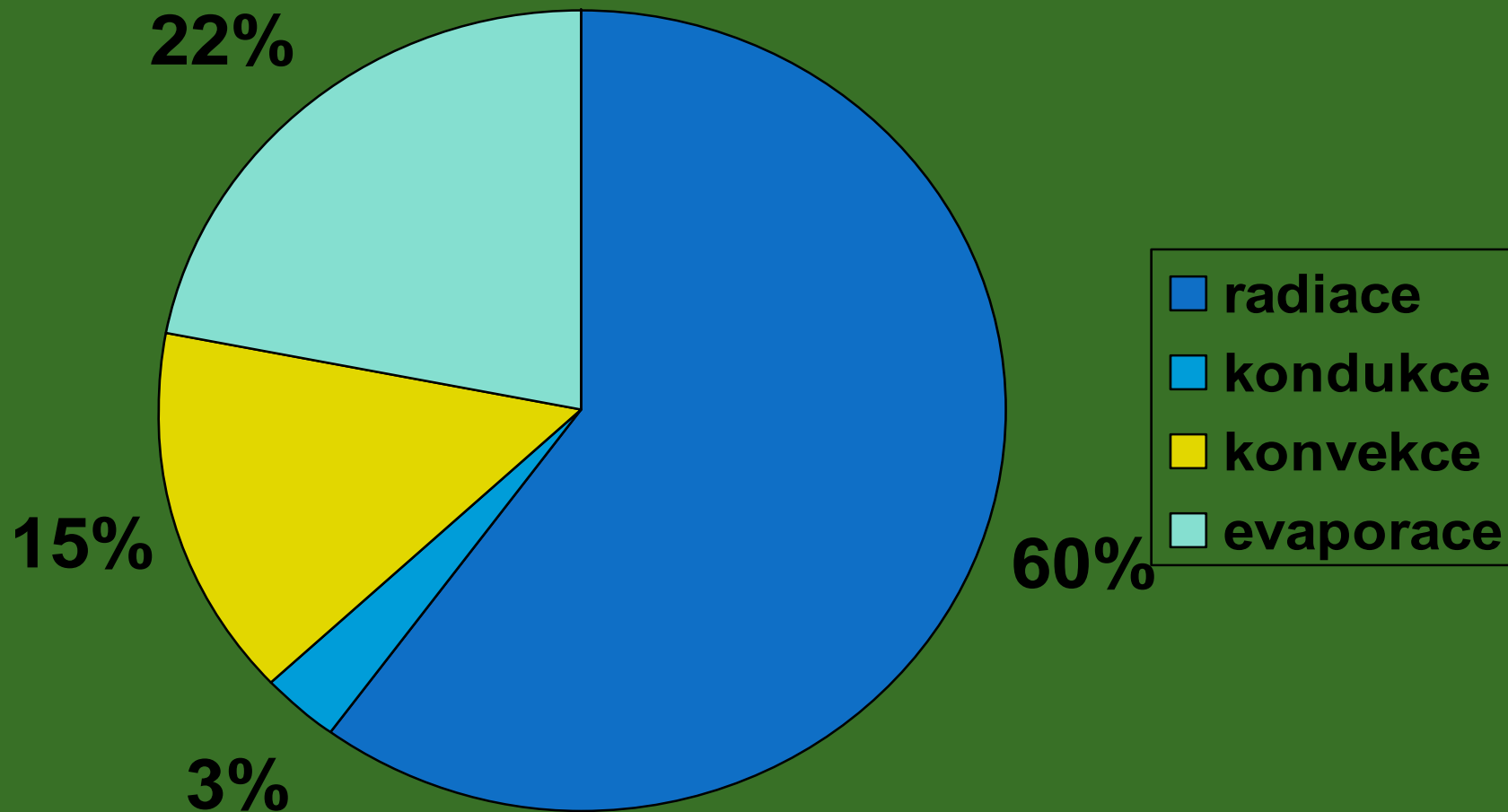
Tepelný izolátor

- 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 periférii

- **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 přísunu 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