

Vylučovací soustava Termoregulace

MUDr. K.Kapounková, Ph.D.

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):

- kontrola vylučování solí a vody (homeostáza)
- 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)

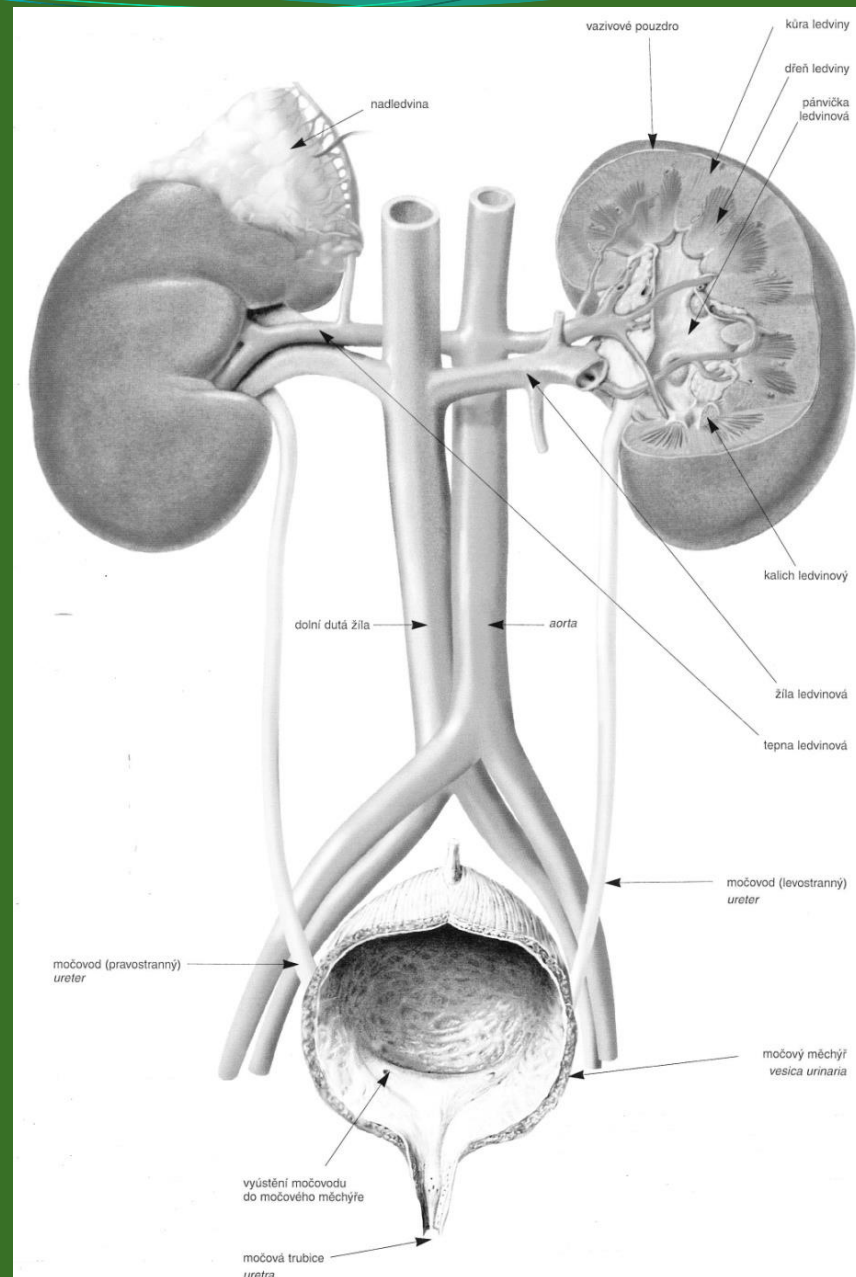
3. Metabolický (resorbce látek, syntéza kreatininu)

Soustava renální

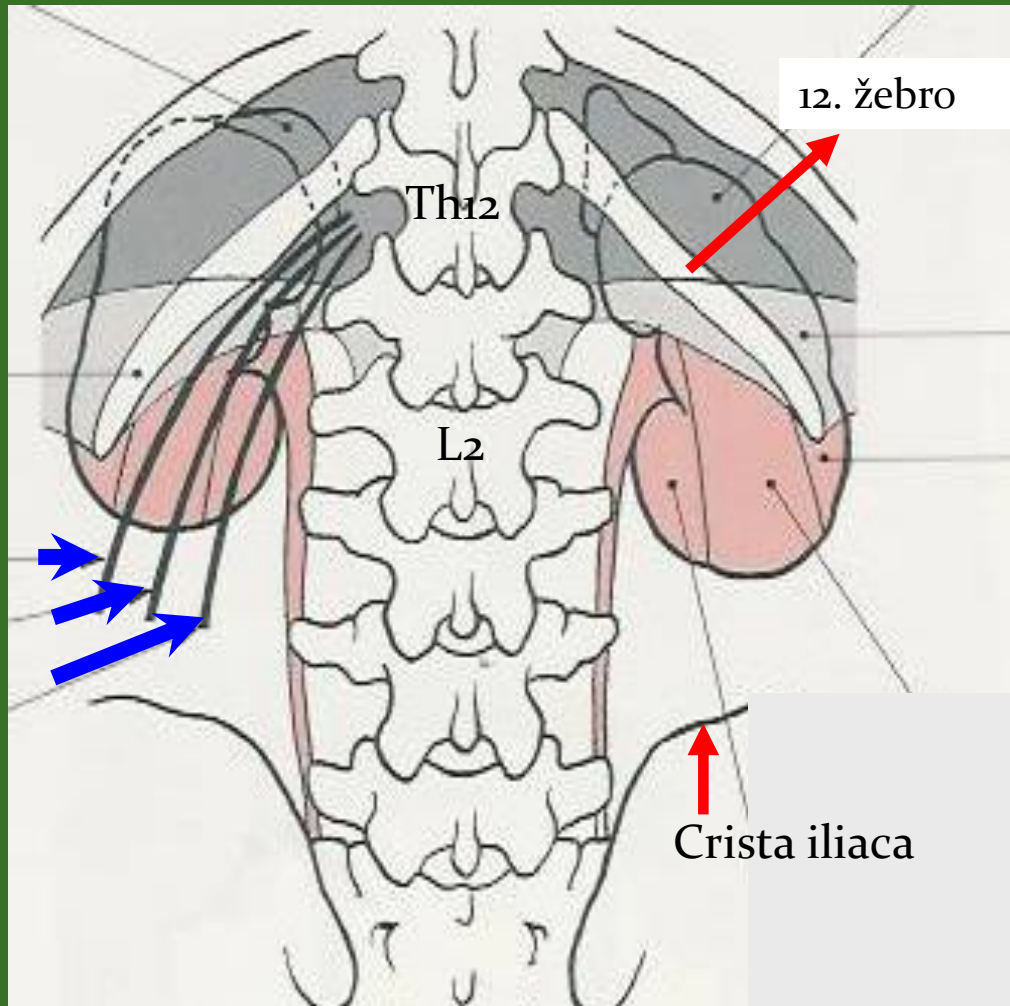
- hlavním exkrečním orgánem jsou
párové ledviny (**ren dexter**
, sinister)

- vývodné cesty močové:

- Párové
CALICES RENALES - kalichy ledvin
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

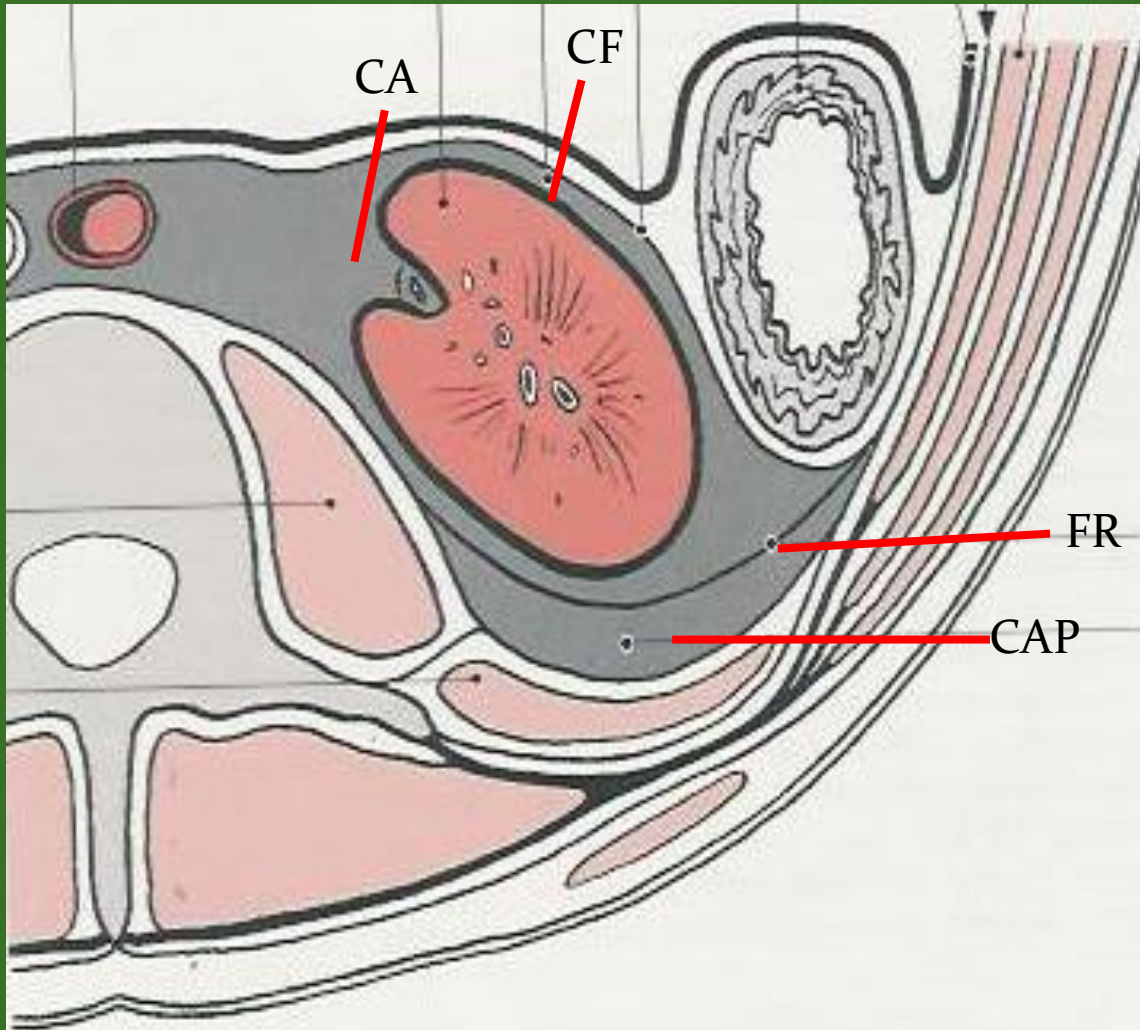
→
Zadní plocha ledviny naléhá na 12. žebro

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

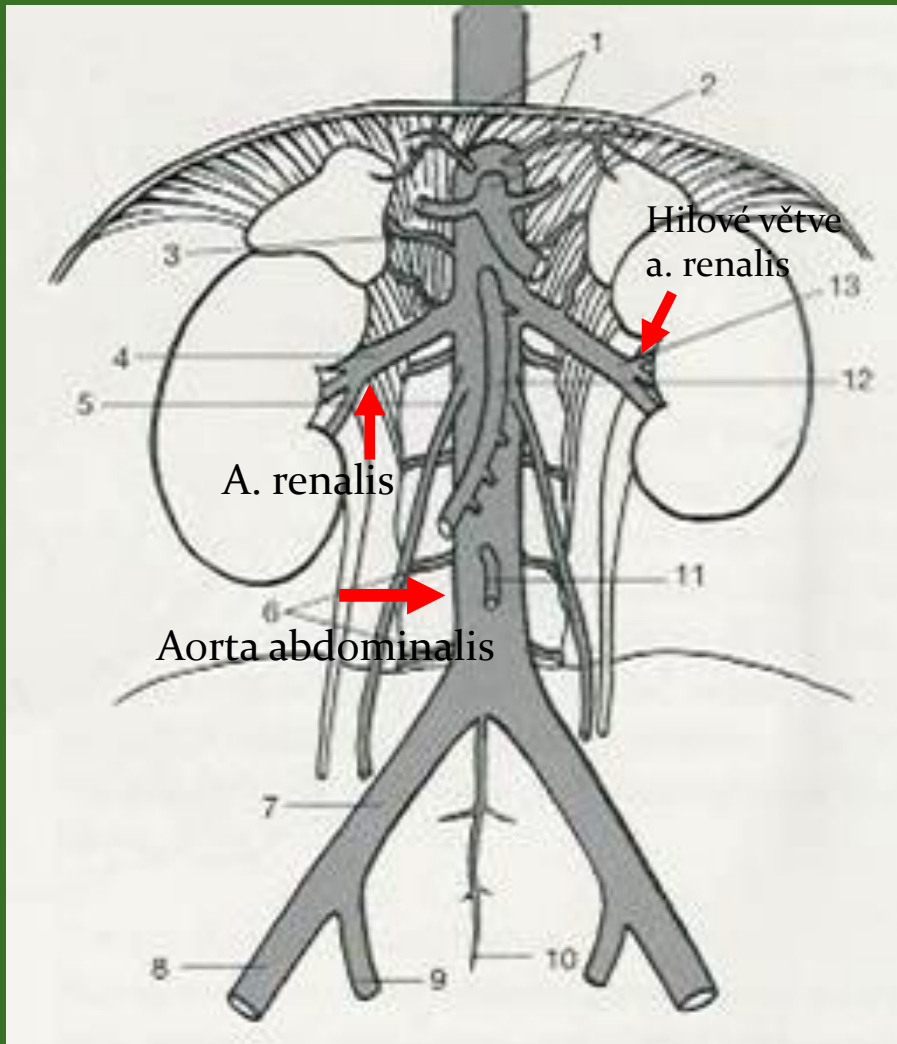
FIXACE

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

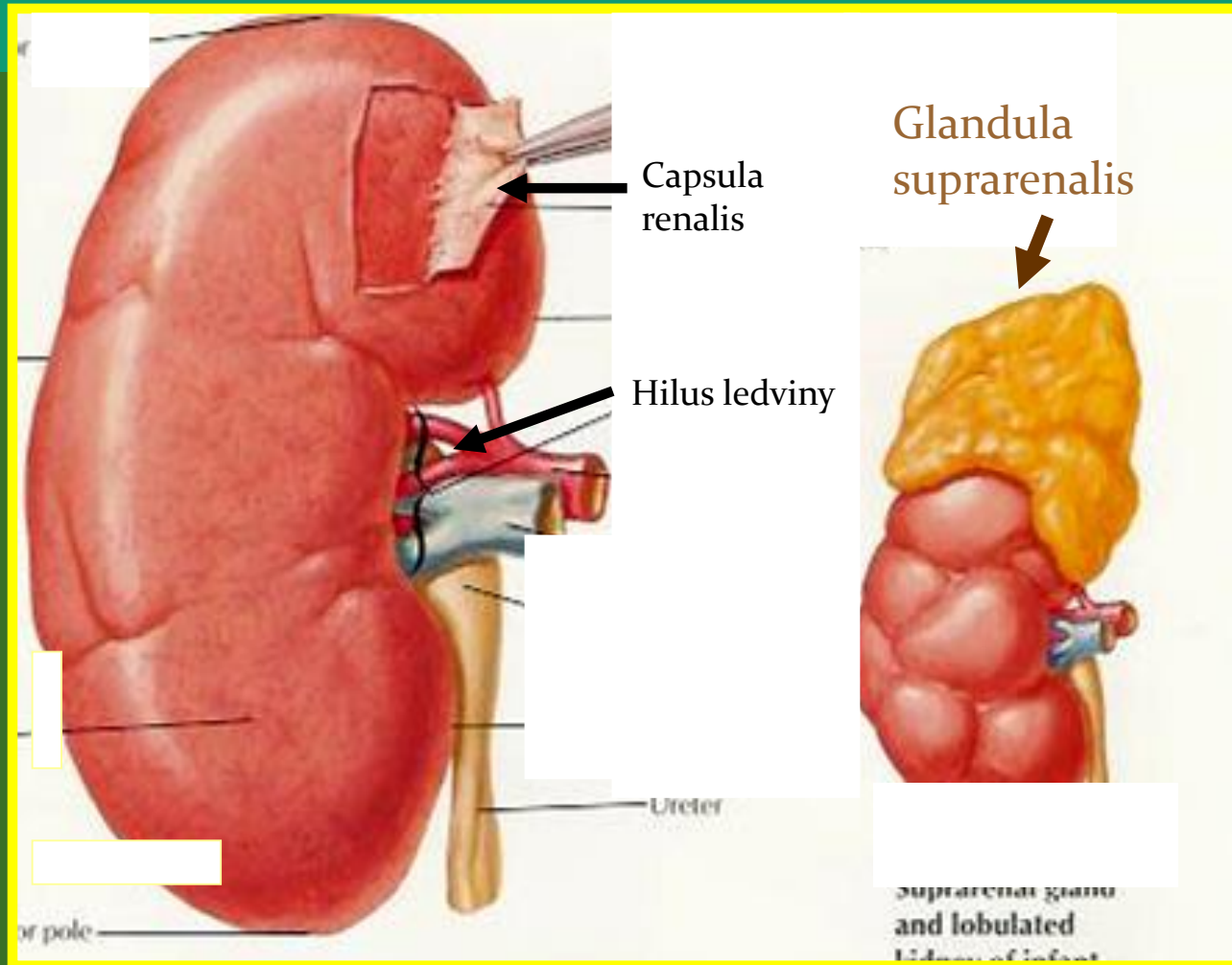
ROZMĚRY LEDVINY

dospělý 150 g, 10x5x3 cm

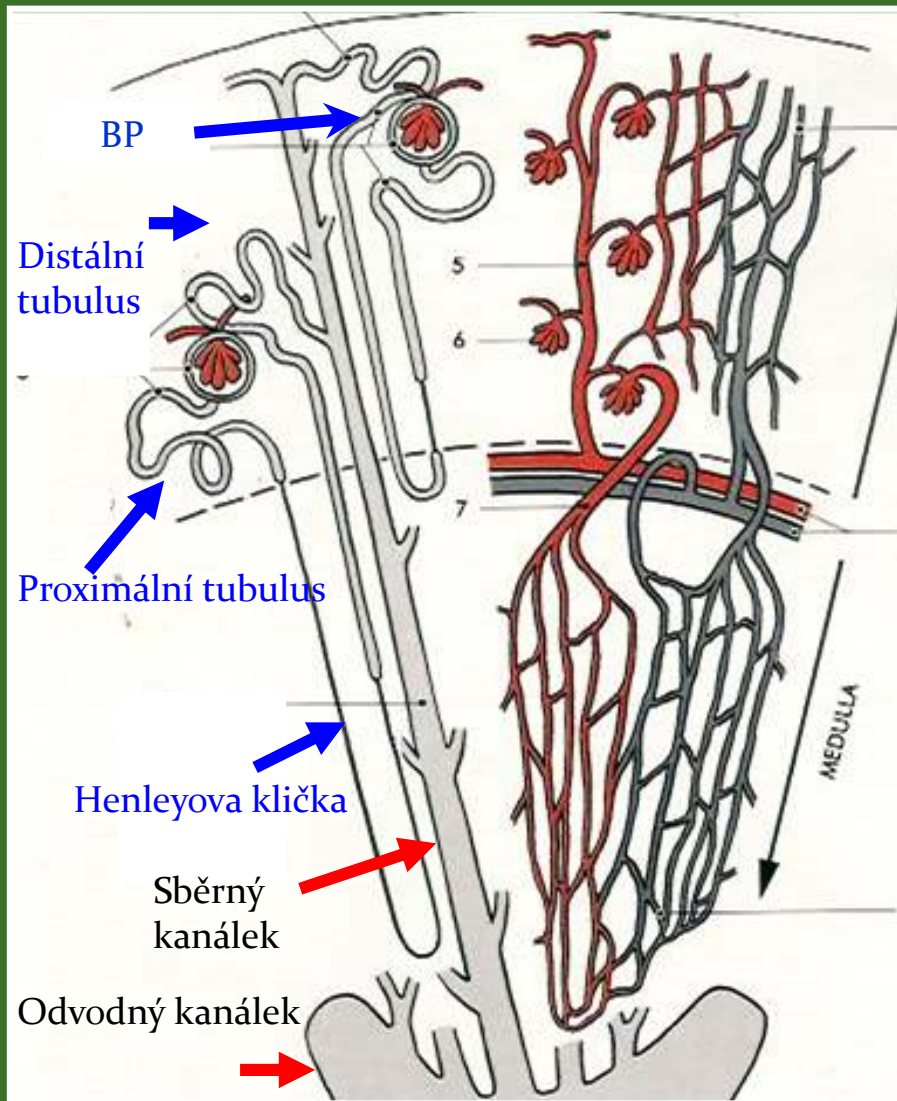
novorozenec 1/15 definitivní hmotnosti = 15 g, 1/3 definitivní velikosti

POVRCH LEDVINY

dospělý – hladký, novorozenec - nerovný - renkulizace ledviny



Mikroskopická stavba ledviny



NEFRON

Základní stavební a funkční jednotka ledviny

Části:

Bowmanovo pouzdro + Glomerulus (vas afferens, vas efferens)

= 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

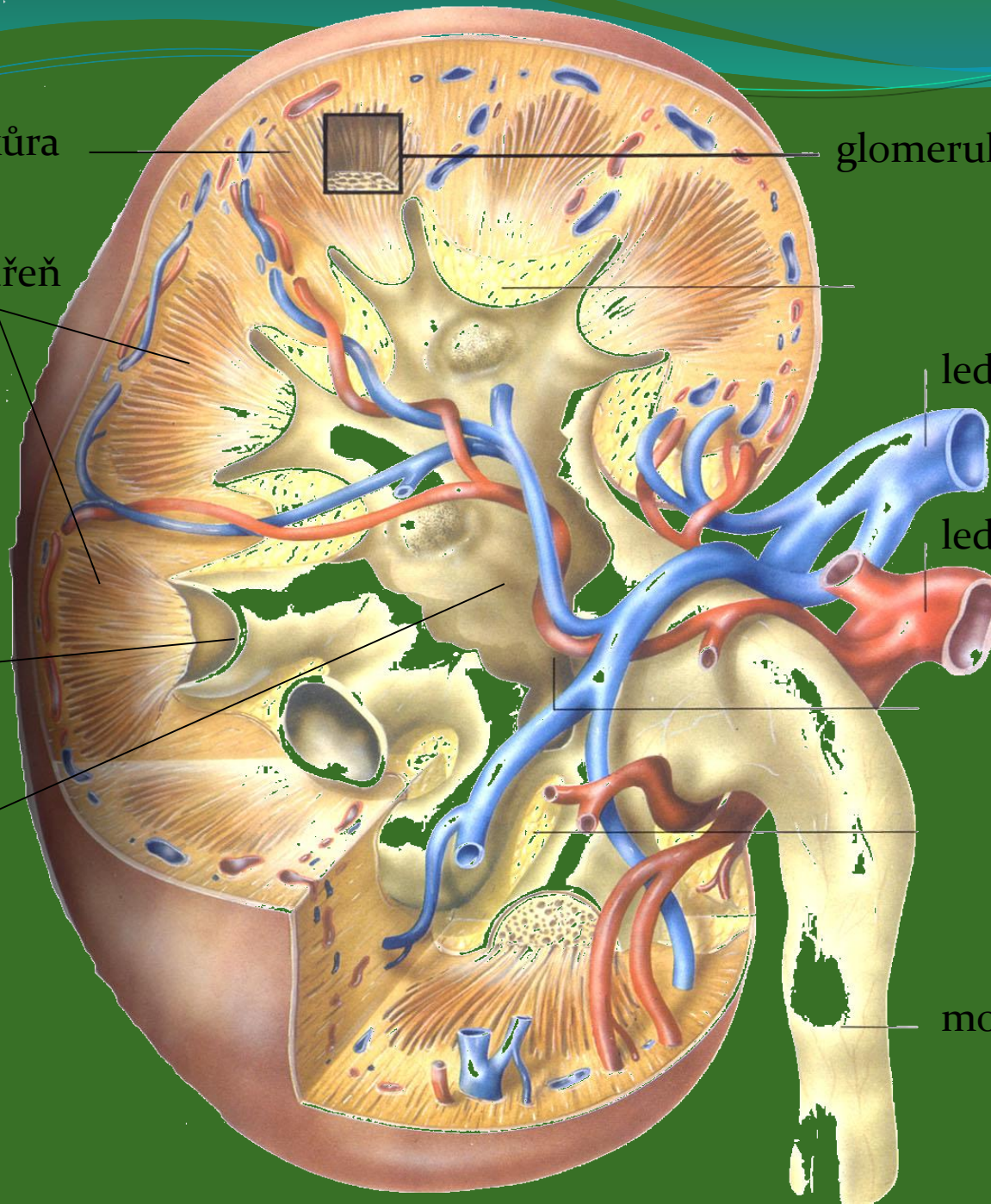
ledvinná
pánvička

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

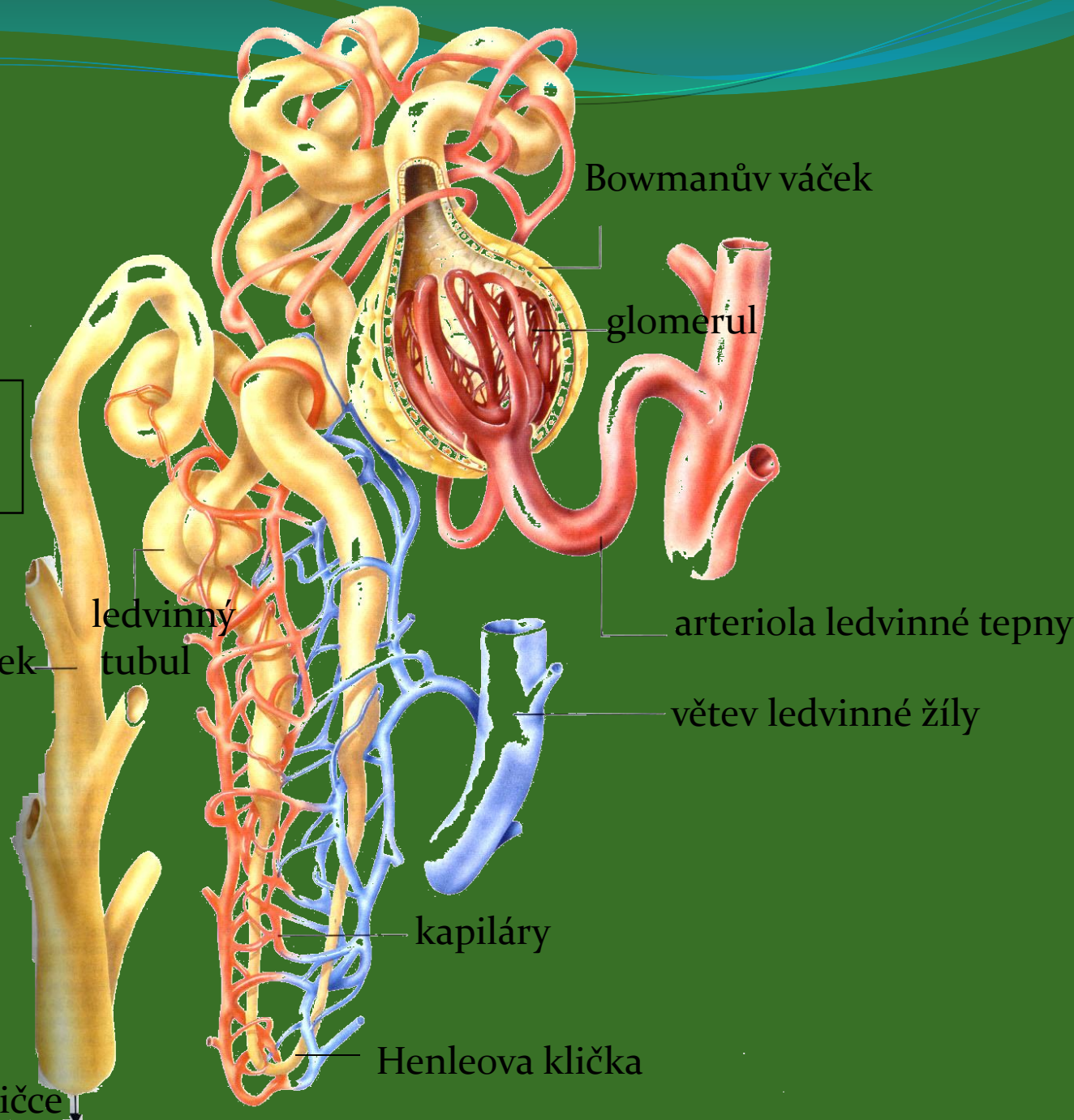
180 l denně,
jako krevní plazma
bez proteinů

zahuštění
vstřebáváním vody,
solí, glukózy, AK

Definitivní moč

1-1,5 l denně,
H₂O, 3% N látek

k ledvinné pánvičce



- **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

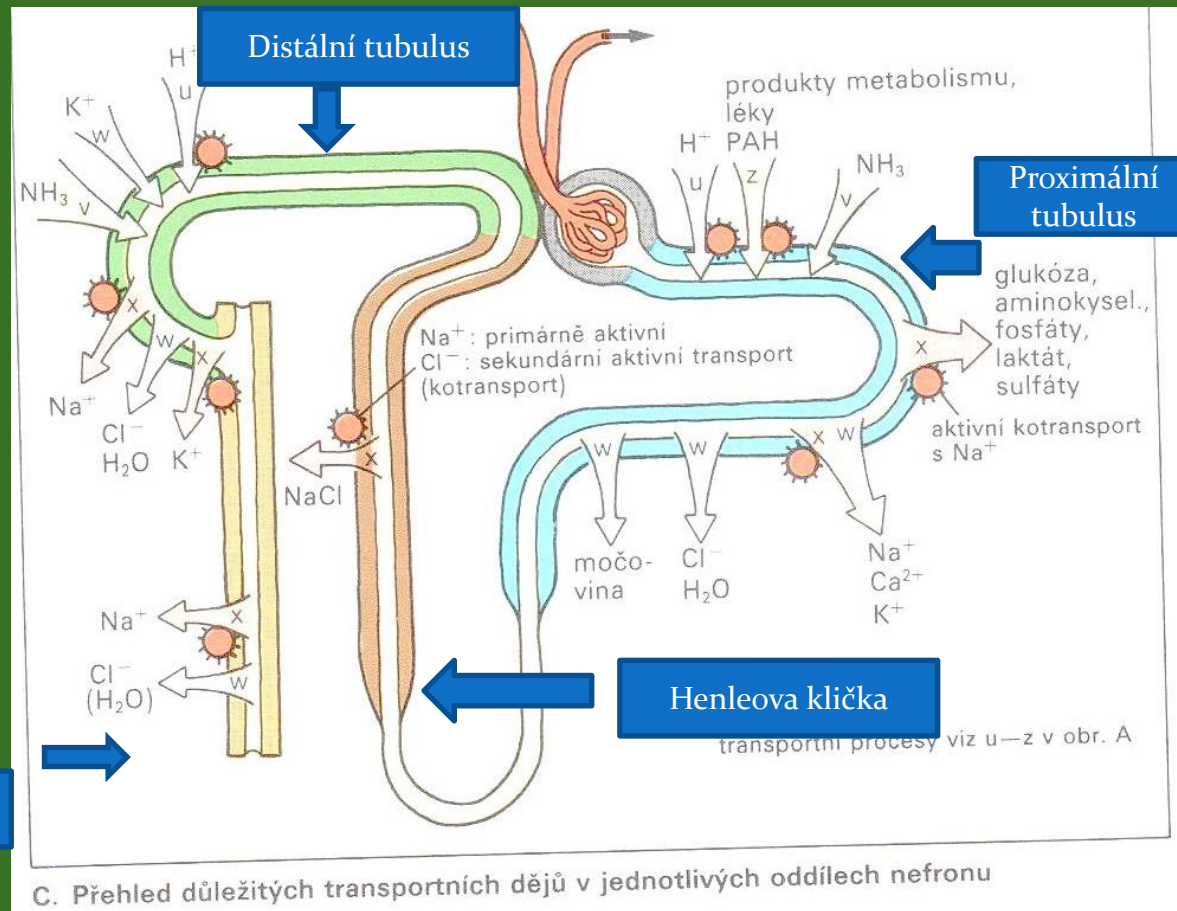
- **Sběrací kanálek**

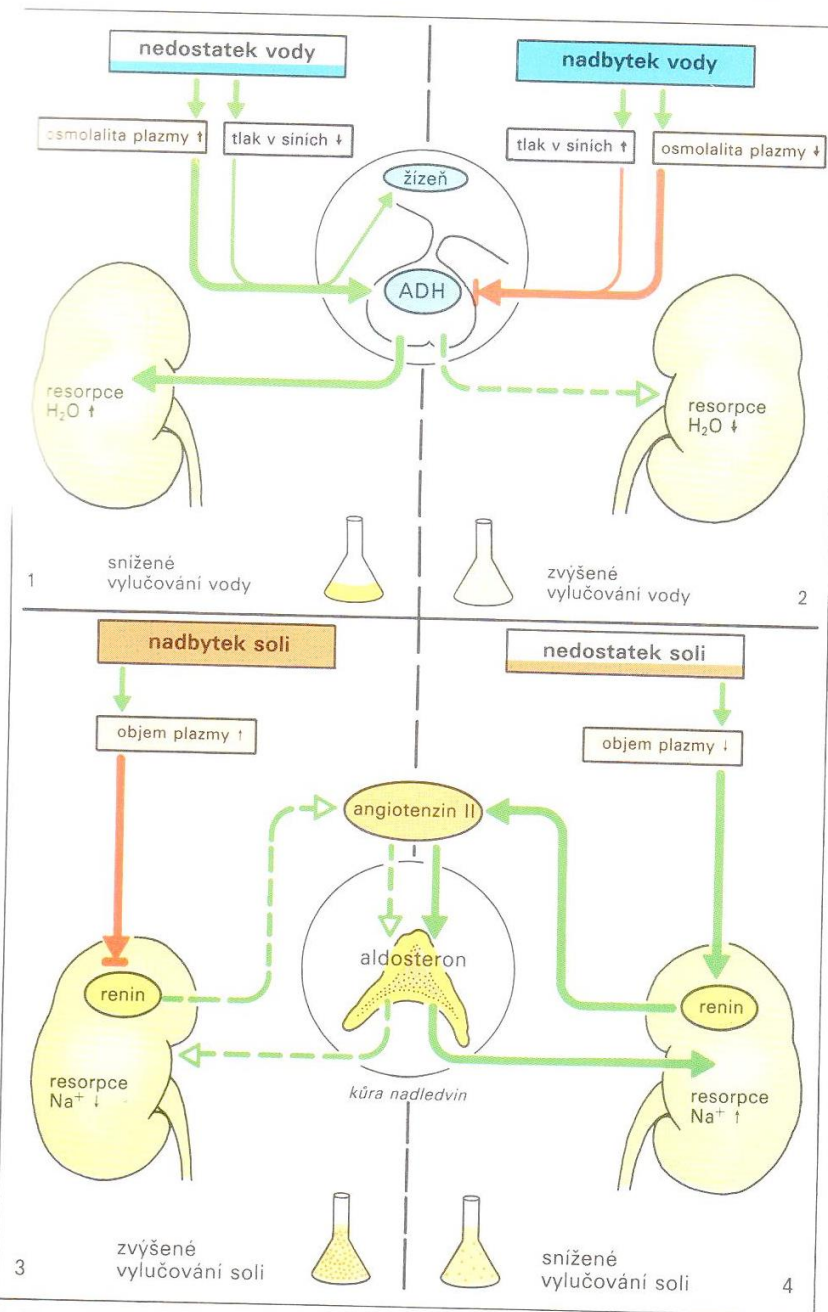
Resorpce GF 4%

voda , Na^+ (ADH)

Sekrece : K^+ , H^+

Sběrací kanálek





A. Hormonální řízení hospodaření vodou a solemi



Místo krevní filtrace
(skenovací elektronový mikroskop)

Ledviny jsou orgán pro život nezbytný

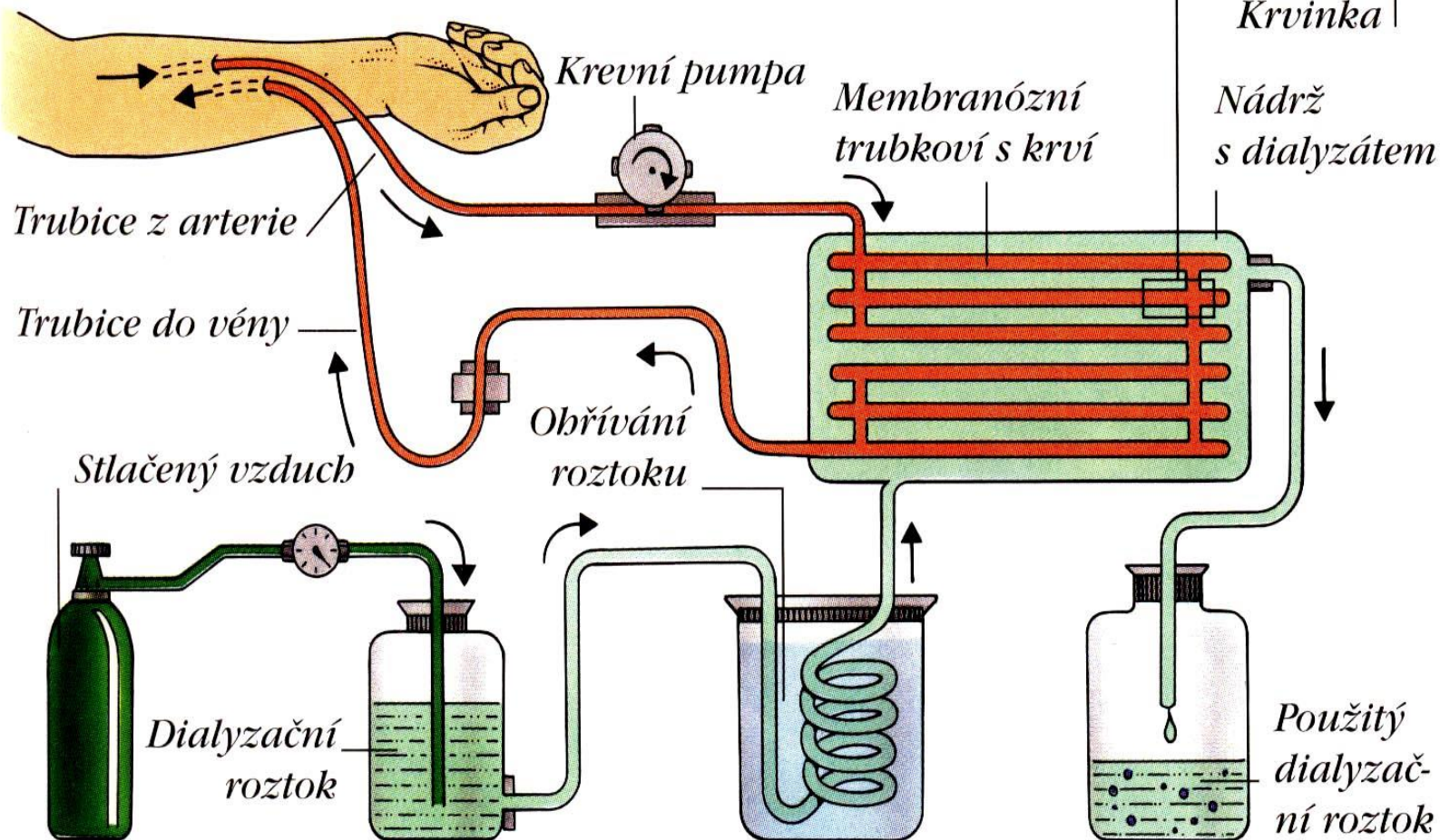
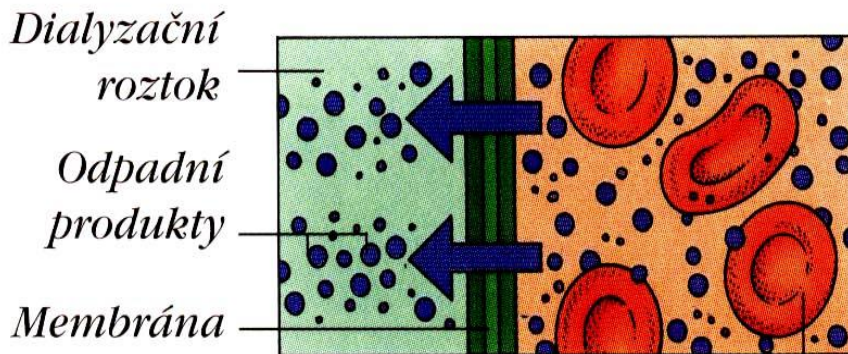
**K plnění funkce stačí 1 zdravá ledvina –
obvykle hypertrofuje**

Selhávání funkce ledvin – léčba

- peritoneální dialýza
- krevní dialýza – umělá ledvina
- transplantace

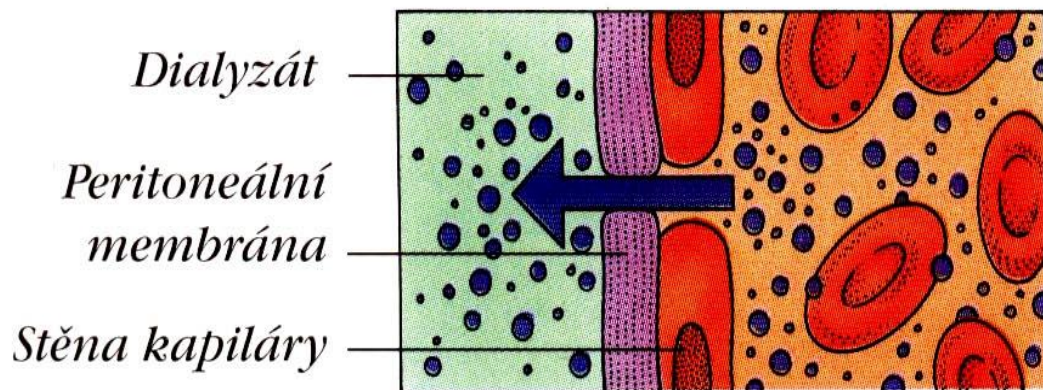
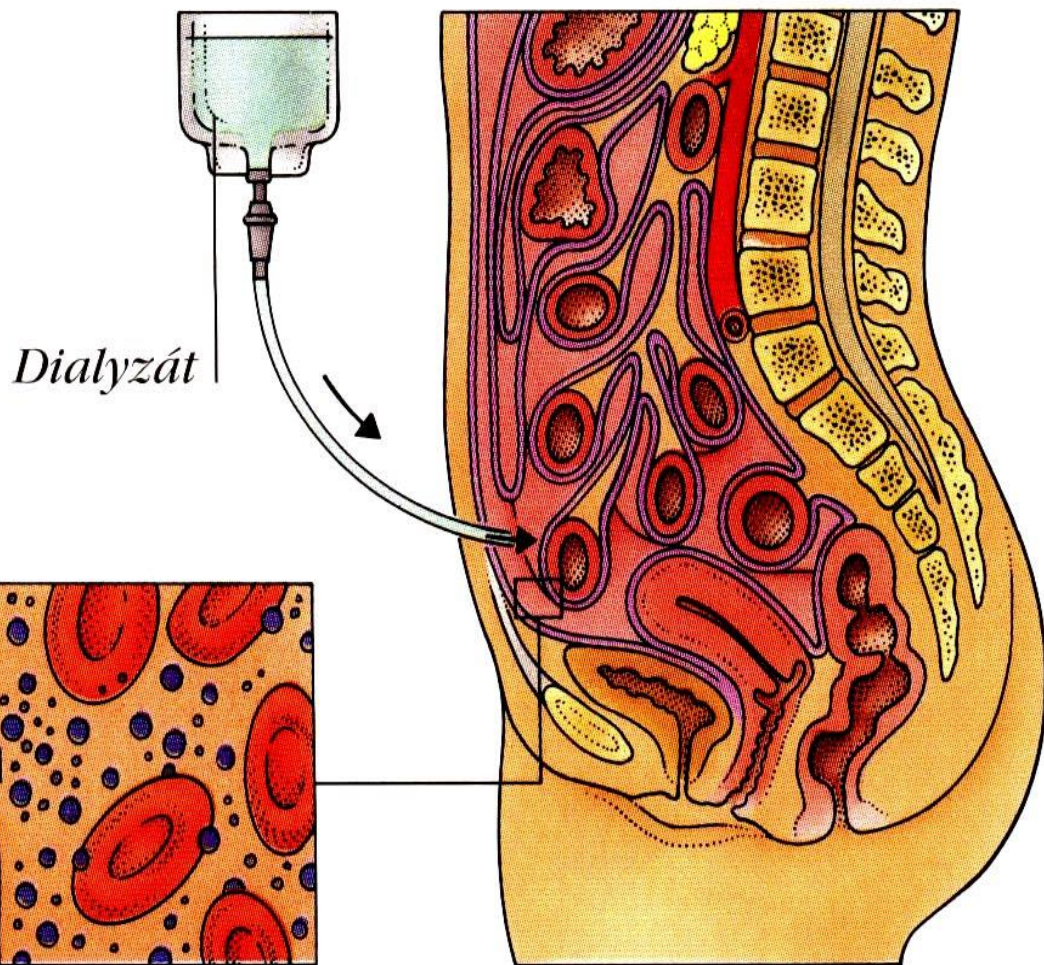
Hemodialýza

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.

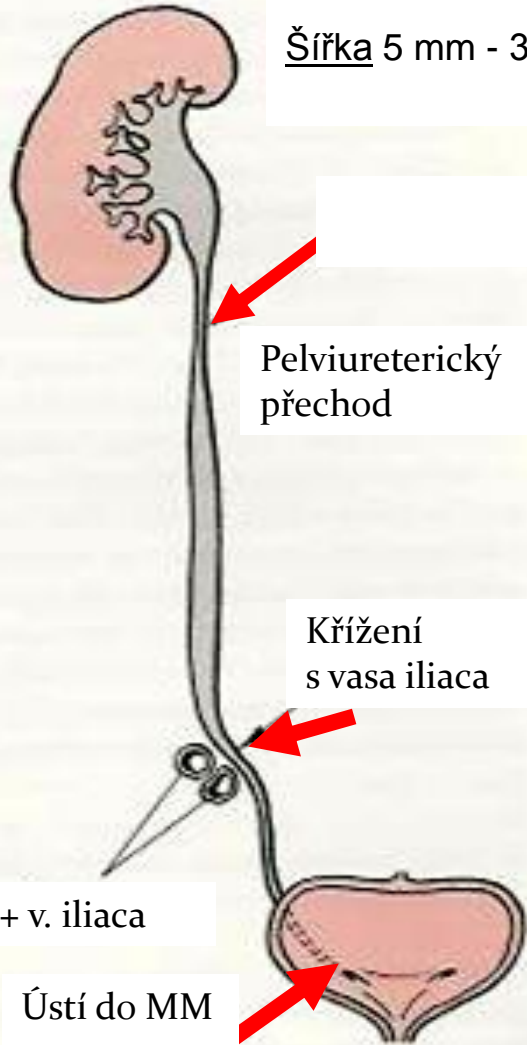


Ureter

Délka 20 - 30 cm

Průběh - „S“ →

Šířka 5 mm - 3 zúžená místa



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

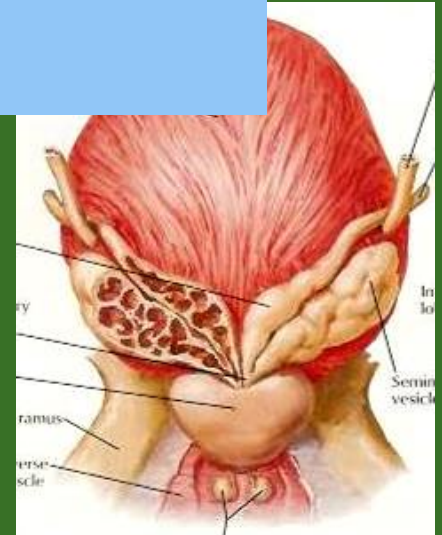
Vesica urinaria – močový měchýř

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)
- pH moči : 5,5 – 7
acidurie pH < 5,4
alkaliurie pH > 6,5

moč

= vodní roztok elektrolytů a organických látek

1,5 – 2 l definitivní moči
(diuréza)

Polyurii – zvýšené močení
nad 2 l

Oligurie – 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

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)

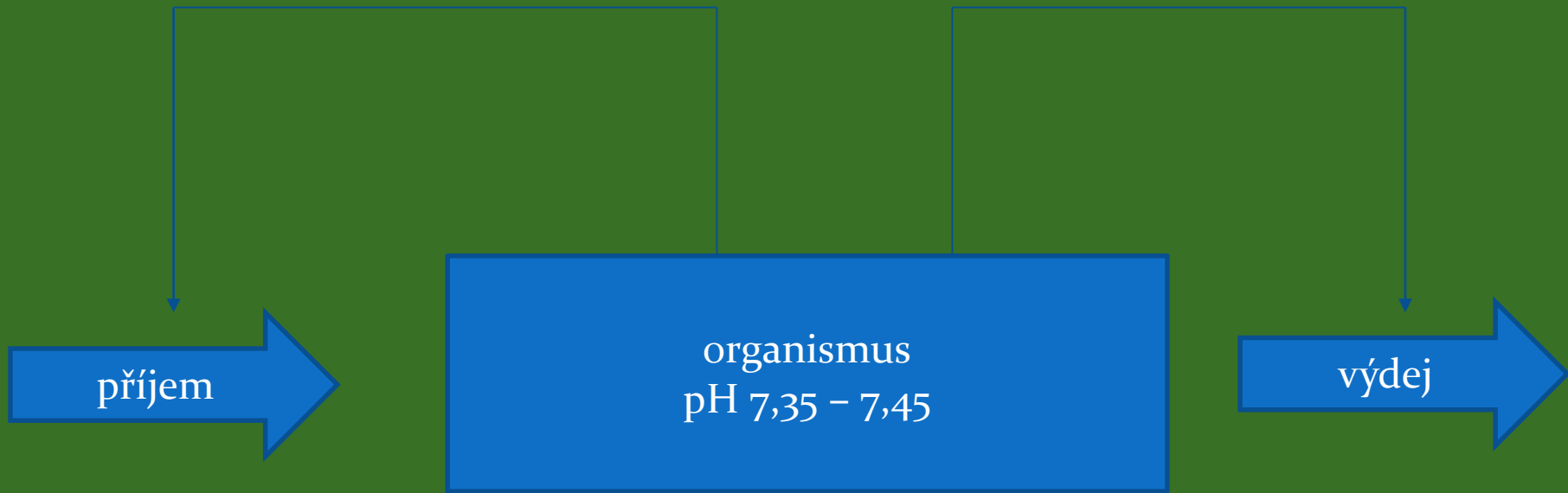
CLEARANCE = schopnost organismu se očistit od katabolitů

Co je acidobazická rovnováha?

= rovnováha mezi acidifikujícími a alkalizujícími vlivy

nerovnováha znamená, že se:

- změnily se poměry kyselin a bází
- změnilo se pH **organismu**
- narušily regulační mechanismy
- postupně uplatňují kompenzující mechanismy

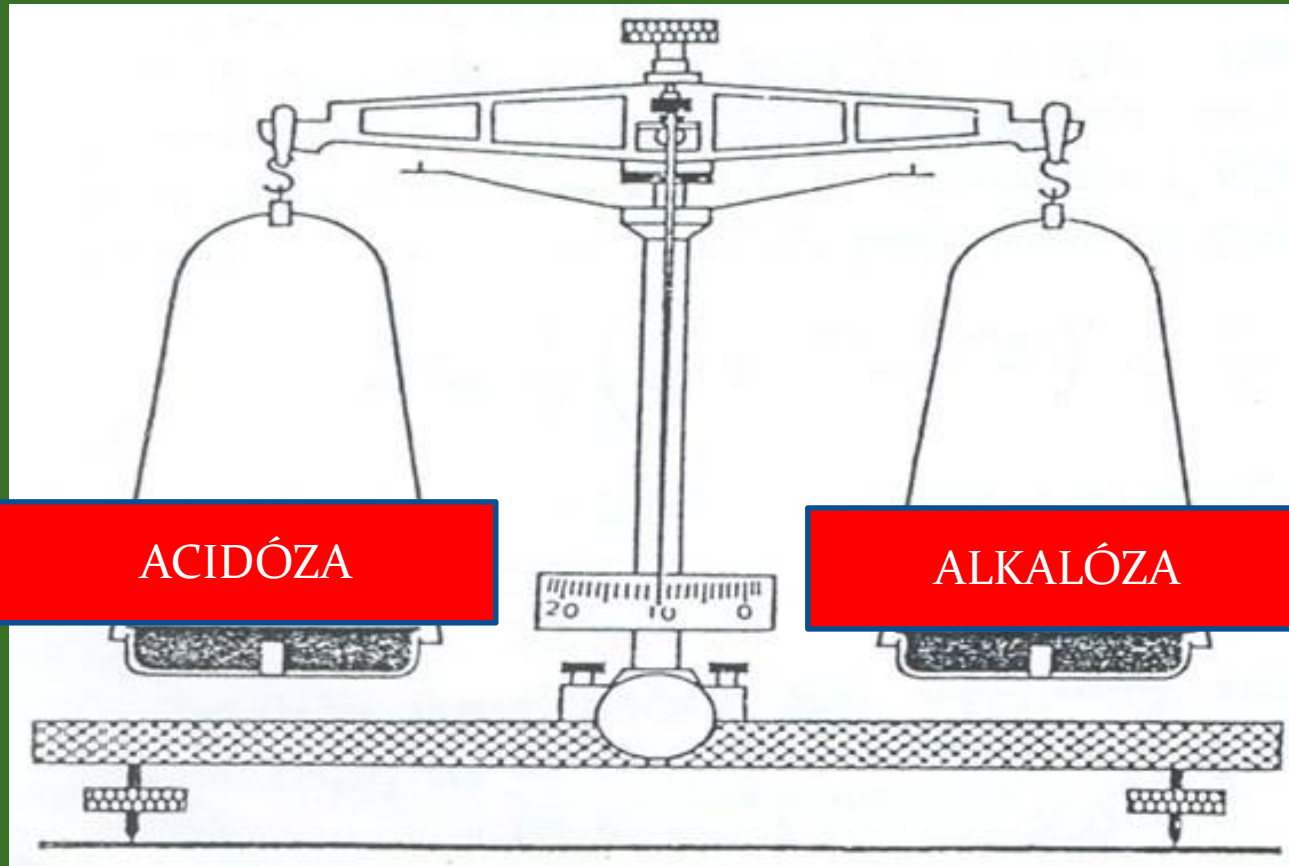


příjem

organismus
pH 7,35 - 7,45

výdej

Poruchy ABR



ACIDÓZA

ALKALÓZA

Acidémie

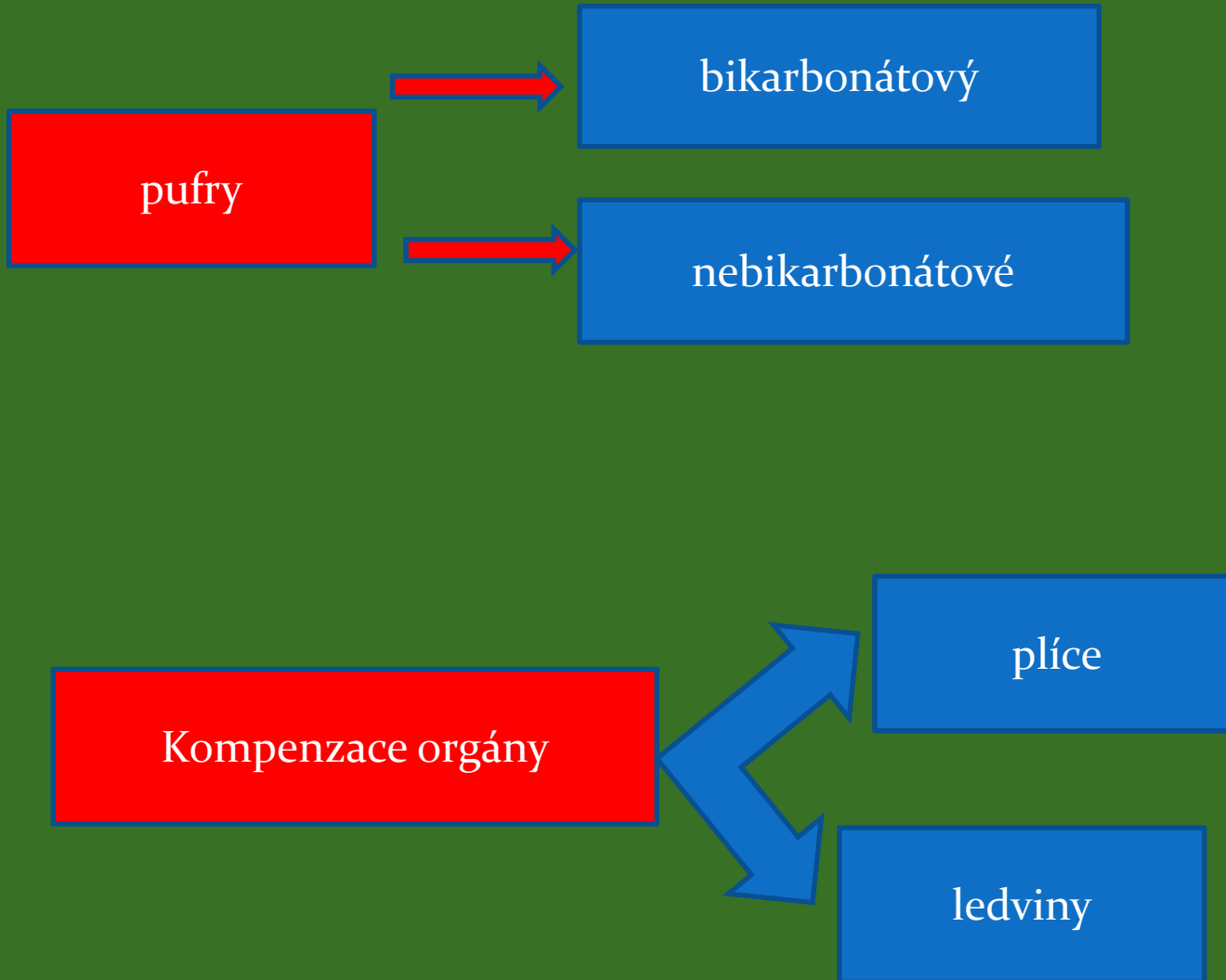
Alkalémie

respirační



metabolická

Poruchy ABR



Metabolická acidóza

1. Příčina – nadměrná produkce / příjem H^+
 - DM, hladovění (β - oxidace MK – ketokyseliny)
 - Fyzická zátěž, hypoxie (anaerobní glykolýza)
2. Příčina – porucha v ledvinách
3. Příčina – důsledek – hyperkalémie

Kompenzace MAC

- ❖ Pufr – bikarbonátový
- ❖ Plíce – hyperventilace
- ❖ Ledviny – zvýšená eliminace H , zvýšená resorpce HCO_3

Metabolická alkalóza

Příčina :

- Přívod bází (infuze HCO_3)
- Zvracení (ztráta H)
- Hypokalémie

Kompenzace MAL

- Hypoventilace není možná !
- Ledviny – zvýšená eliminace HCO_3

Respirační acidóza

Příčina:

- Onemocnění plic a hrudníku (retence CO_2)

Kompenzace RAC

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace H^+ , NH_4^+ , zvýšená resorpce HCO_3^-

Respirační alkalóza

Příčina:

Hyperventilace, nadmořská výška

Kompenzace RAL

- Pufrování : nebikarbonátové pufry
- Ledviny : zvýšená eliminace HCO_3^- , snížená sekrece H^+

Termoregulace

- klasický příklad fyziologického regulačního mechanismu
- člověk je teplokrevný
- **teplota jádra** u člověka bez horečky **stabilní** = $37^{\circ}\text{C}(\pm 0,5^{\circ}\text{C})$
 - nemění se ani v závislosti na teplotě 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 (kondukce):

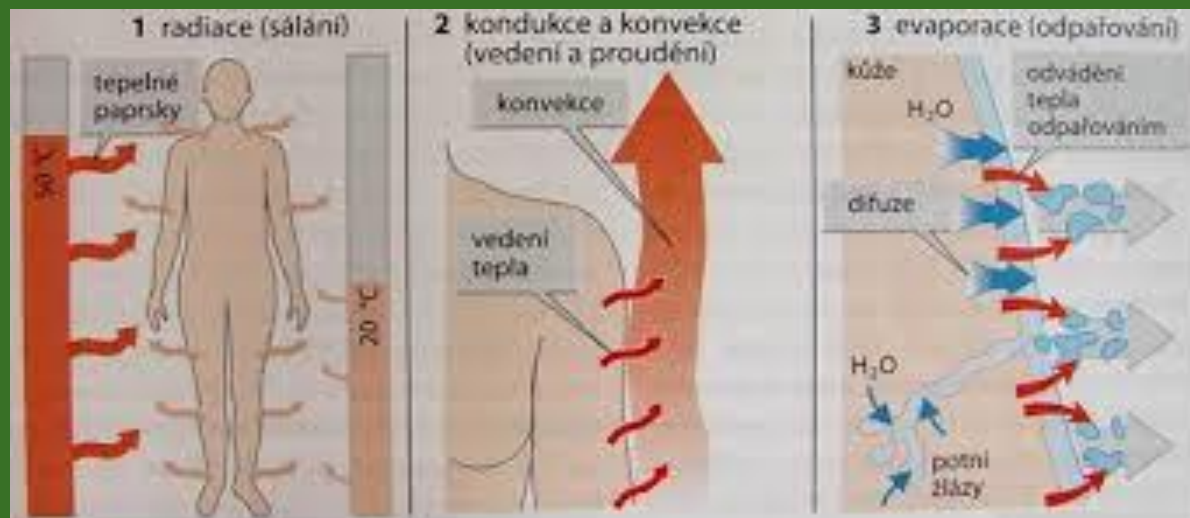
- předávání tepla kontaktem s pevnými předměty (minimum), do vzduchu ale kolem 15 %

- vítr: vzduch proudí pryč dříve a je nahrazen studeným (ztráty tepla podstatně větší)

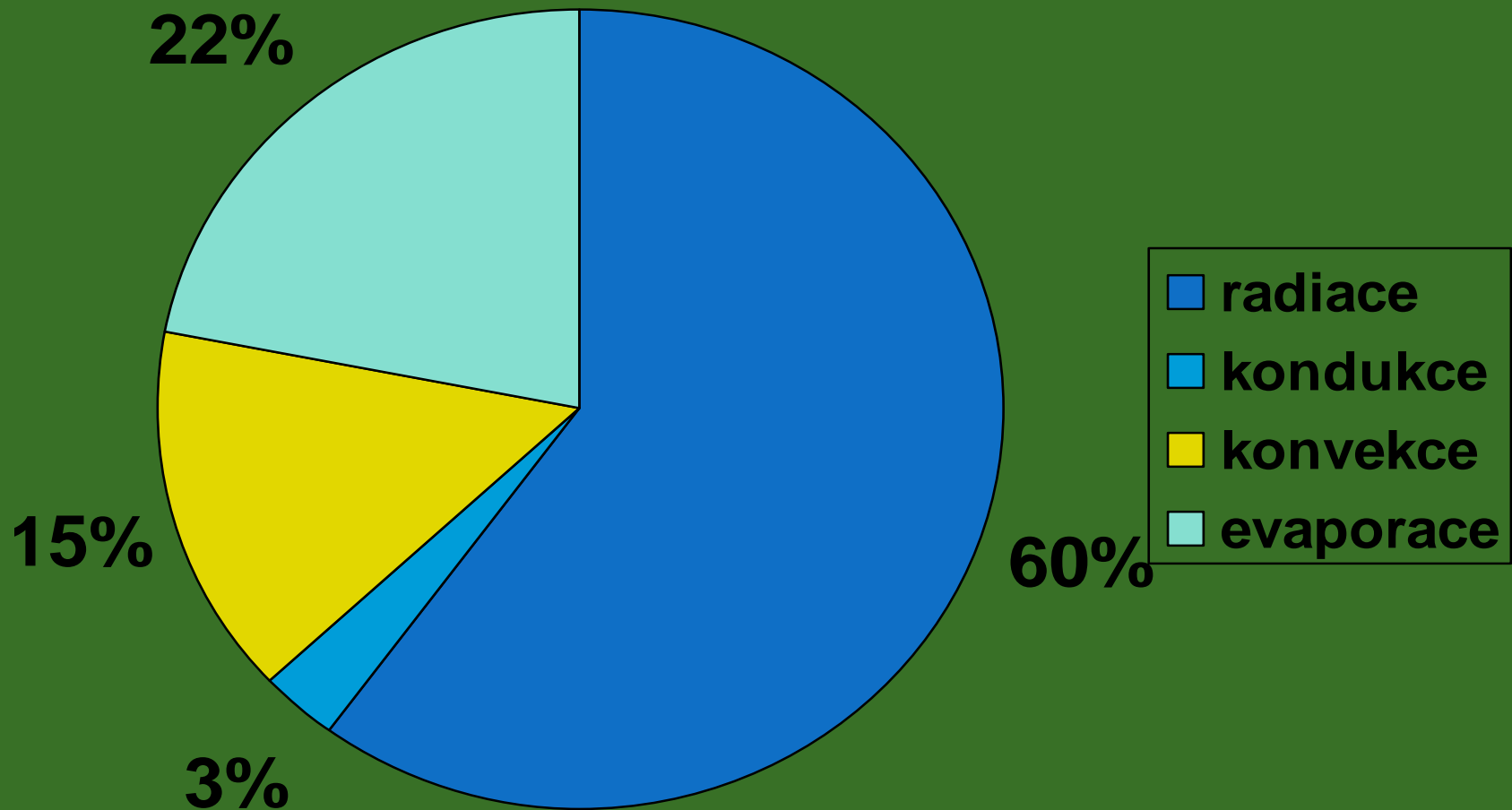
3. odpařování (evaporace):

- pocení

- *perspiratio insensibilis* (i plíce): 450-600 ml denně (*nelze nijak regulovat*)



Ztráty tepla nahého člověka



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

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

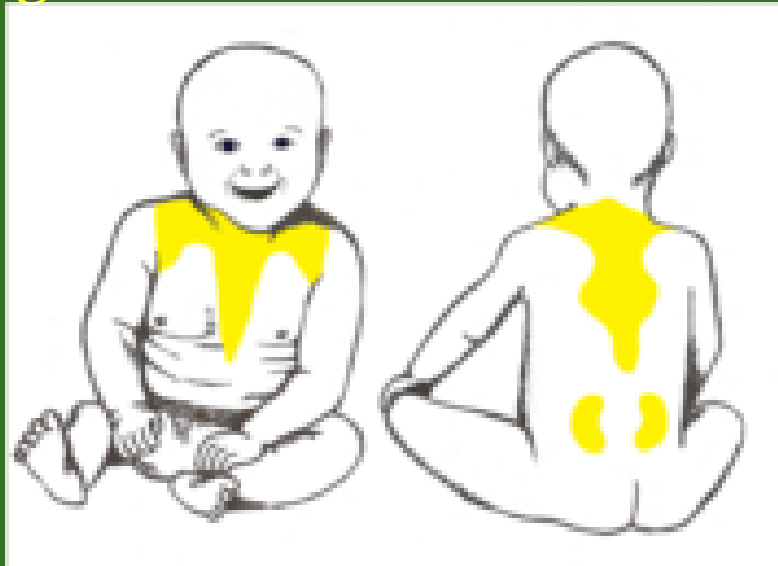
1. mechanismy **snižování** teploty nebo
2. mechanismy **zvyšování** teploty

Teplota je vysoká...

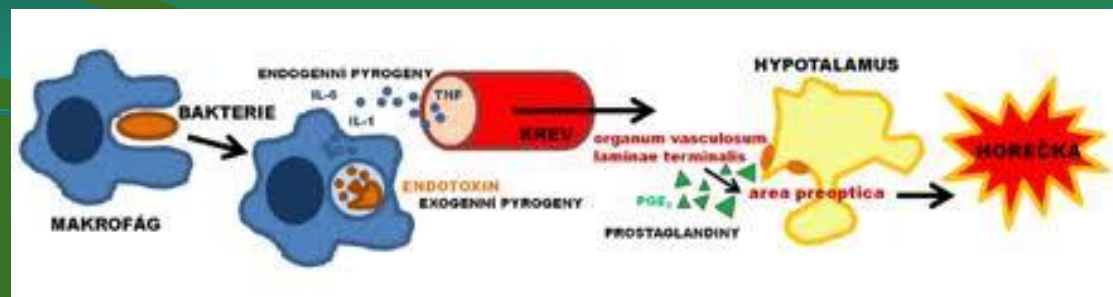
1. **Vazodilatace kožních cév:** 8x zvýšení přísunu tepla do kůže, téměř na celém těle
2. **Pocení:** nastupuje při 37°C, velmi efektivní
3. **Pokles v produkci tepla:** silná inhibice třesu a chemické termogeneze

Teplota je nízká...

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