

VODA A MINERÁLY

MUDr. Michal Šenkyřík

IGEK FN Brno

Význam vody

-základní složka živého organismu

-hlavní funkce vody:

- prostředí pro životní děje
- rozpouštědlo pro živiny
- tepelné hospodářství
- udržení koloidů v rozpuštěném stavu
- reaktant při hydrolytických a hydratačních reakcích
- řízení toku energie (oxidace, redukce)
- udržuje stálost vnitřního prostředí - homeostázu

-množství vody v těle závisí:

- věk
- pohlaví
- hmotnost
- hydratace organismu
- individuální rozdíly

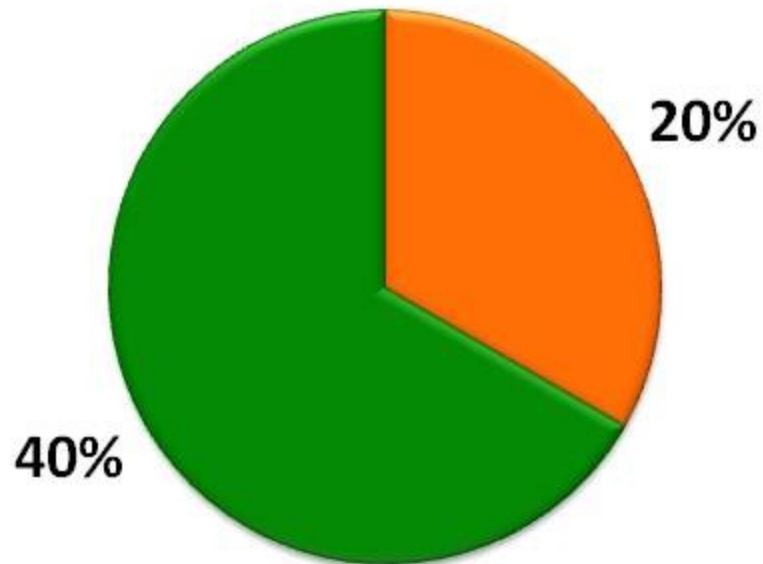
% tělesné hmotnosti tvořené vodou

kojenec	80-85
dítě	75
dospělý muž / žena	63 / 53

Celková tělesná voda a její oddíly

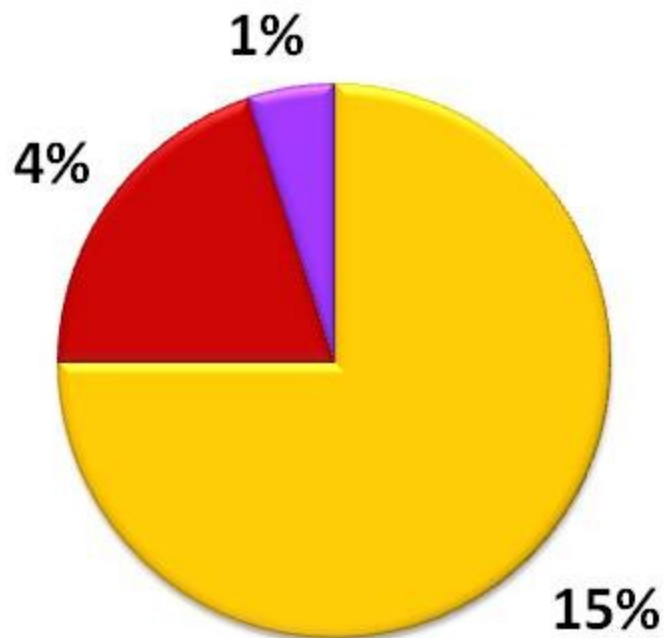
% podíl na celkové tělesné hmotnosti

CTV



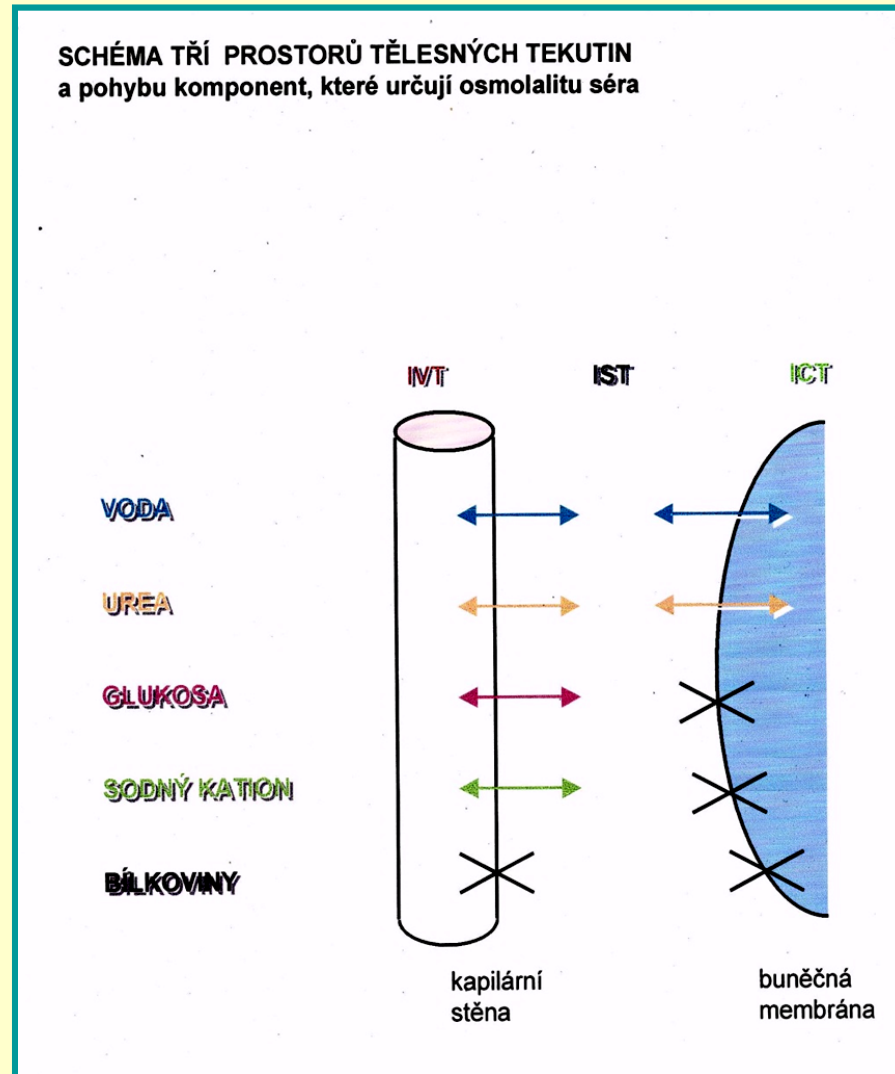
ECT ICT

ECT



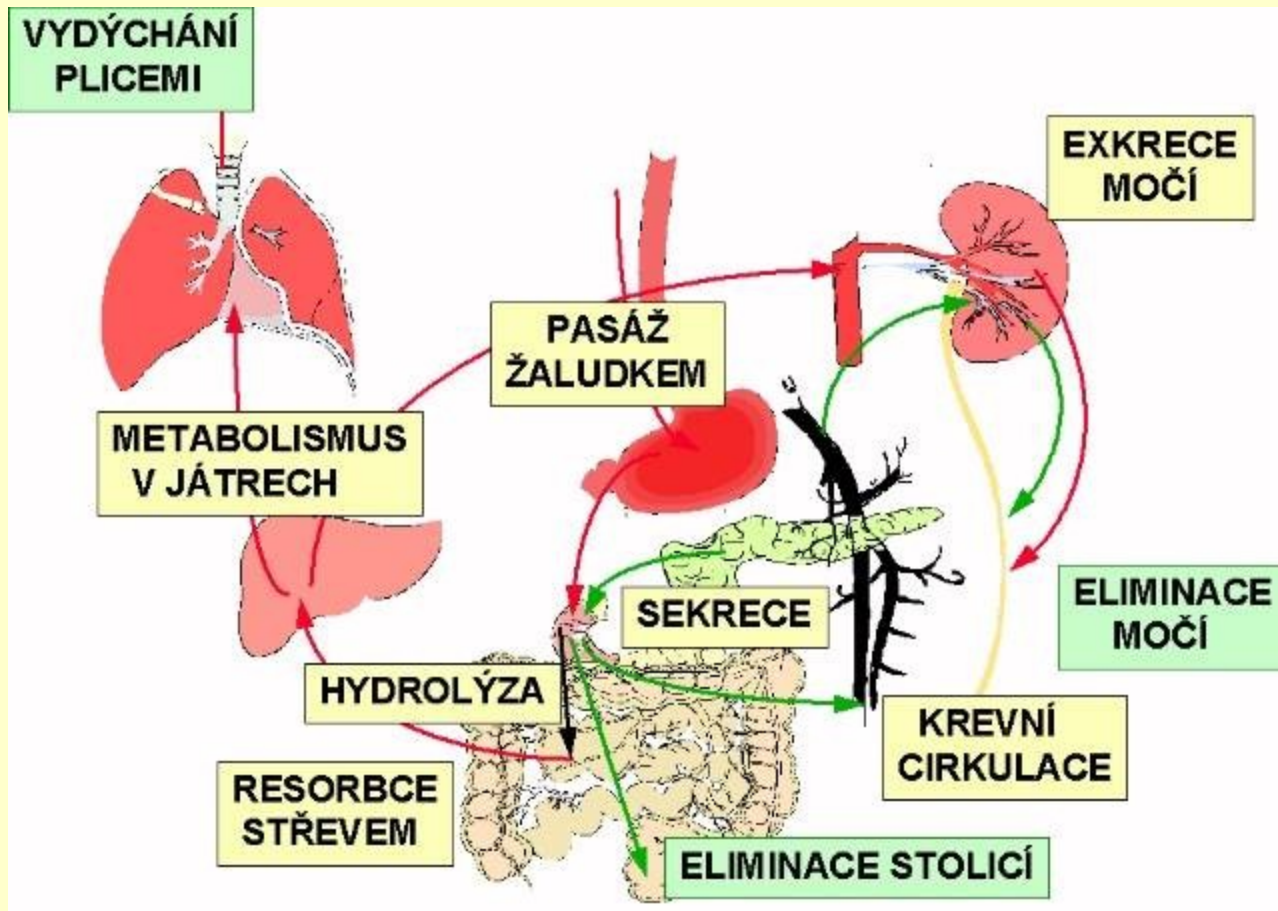
IST IVT TCT

3 prostory tělesných tekutin



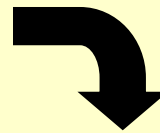


„Koloběh“ vody



Příjem vody

- tekutiny
- potrava
- infuze
- metabolická voda



substrát	množství	voda z oxidace
tuk	100g	107 ml
cukr	100g	55 ml
protein	100g	41 ml

Výdej vody

celkové denní ztráty	2000-2500ml
moč	1000-1500ml
pokožka	500ml
plíce	400ml
stolice	100ml

Běžné ztráty vody

	při normální teplotě (ml/den)	v horkém počasí (ml/den)	během delší těžké práce (ml/den)
kůže	350	350	350
dýchání	350	250	650
moč	1400	1200	500
pot	100	1400	5000
stolice	100	100	100
CELKEM	2300	3300	6600

Efekt dehydratace

dehydratace	kg tělesných tekutin (80 kg osoba)	účinek
1%	0,8	zvýšená tělesná teplota
3%	2,4	zhoršená výkonnost
5%	4,0	křeče, třes, nevolnost, rychlý tep, 20-30% zhoršení výkonu
6 – 10%	4,8 - 8	problémy trávení, vyčerpání, závratě, bolesti hlavy, sucho v ústech, únava
více než 10%	více než 8	úpal, halucinace, žádný pot ani moč, nateklý jazyk, vysoká tělesná teplota, vratká chůze

Dodatečná potřeba tekutin v akutním stavu

zvýšení teploty o 1°C	100-300ml
střední pocení	500ml
silné pocení	1000-1500ml
hyperventilace	500ml
hyperventilace v suchu	1000-1500ml
otevřené povrchy, dutiny	500-3000ml
píštěle, drény, odsávání	100ml až mnoho litrů

Potřeba tekutin v ml na 1 kg tělesné hmotnosti

kojenci	110
děti do 10 let	40
dospělí při 22°C	22
dospělí při 37°C	38

Tekutinová bilance

zdroj příjmu	příjem (ml)	cesta vylučování	ztráta (ml)
pití	1100-1400	moč	1200-1500
potrava	800-1000	stolice	100-200
oxidace živin	300	plíce	400
		kůže	500-600

Složení tělních tekutin

ionty	ECT (mmol/l)	ICT (mmol/l)
Na ⁺	138 - 148	10
K ⁺	4 - 5	140 – 160
Cl ⁻	103	2 – 4
HCO ₃ ⁻	28,3	10
Ca ₂ ⁺	2,25 – 2,75	0,0001

Obsah iontů v sekretech GIT

zdroj	Na (mmol/l)	K (mmol/l)	Cl (mmol/l)	HCO ₃ (mmol/l)
sliny	2-10	20-30	8-18	30
žaludek	10-110	0-30	0-150	-
duodenum	140	5	80	-
ileum	80-150	2-8	40-140	30
colon	60	30	40	-
žluč	130-160	3-12	90-180	35
pankreas	110-180	3-7	54-95	115

Transport solutů přes membrány

- **prostá difuze podle konc. gradientu**
malé a lipofilní částice
- **podporovaná (facilitovaná) difuze**
velké hydrofilní částice-přenosový systém, pohyb iontů na základě el.potenciálu
- **aktivní transport**
(tam, kde není koncentrační ani el. spád) vyžaduje ATP a nosiče
- **filtrace**
hydrostatický tlak
- **osmotický transport**
rozdíly v koncentracích rozpuštěných látek



Vztah voda / sodík

- vzhledem k pevné vazbě vody na Na-iont (10 molekul vody na 1 iont Na) nevede nikdy změna obahu sodíku v daném kompartmentu při dostatku vody ke změně jeho koncentrace, ale vždy ke změně v objemu :

↑Na → hypervolemie

↓Na → hypovolemie

- naopak:

↓bezsolutové vody → hypernatremie

↑bezsolutové vody → hyponatremie

Nedostatek vody - dehydratace

- **izotonická** – ztráta Na a voda
(zvracení, průjem, píštěle, popáleniny, diuretika)
- **hypotonická** – ztráta Na více než voda
(ztráty Na a vody hrazeny hypotonickými roztoky)
- **hypertonická** – ztráta čisté vody
(pocení, hyperventilace, DI, glykosurie, osmotická diuretika, pití mořské vody)

Přebytek vody - hyperhydratace

- **izotonická** – nadbytek Na a vody
(izotonické roztoky, oligurie, selhání jater, ledvin, srdeční)
- **hypotonická** – nadbytek čisté vody
(nadměrné podání hypotonických roztoků, ADH, kritické stavy)
- **hypertonická** – nadbytek Na více než vody
(nadměrné podání hypertonických roztoků, steroidy, mořská voda)

Krystaloidy v. koloidy

KRYSTALOIDY

nebalancované

- FR1/1, Ringer, Ringer-laktát

balancované

- Ringerfundin, Plasmalyte

KOLOIDY

- dextransy (Dextran)
- škroby (HAES, Voluven, balancovaný Volulyte nebo Tetraspan)
- želatiny (Gelofusin)
- albumin

KRYSTALOIDY

- relat. bezpečné – rychle opouští intravaskulární prostor a expandují v intersticiální prostoru (za 30min. zůstává jen 15%)
- distribuční prostor = ECT (20% tělesné hmotnosti = 15l/75kg)
- poškození perif. tkání retencí tekutin v kritickém stavu
- acidifikující vliv (\downarrow HCO_3^- dilucí a \uparrow Cl^- roztokem), možné \downarrow renálního průtoku (nadbytkem Cl^-)
- nutný 3-4x větší objem než koloidu (krevní ztráta 450ml = dávka 1500-2000ml krystaloidů)
- CAVE: „fyziologický“ roztok není fyziologický!
(154mmol Na^+ a Cl^- v roztoku x 142mmol/l Na^+ a 103mmol/l Cl^- v plasmě)

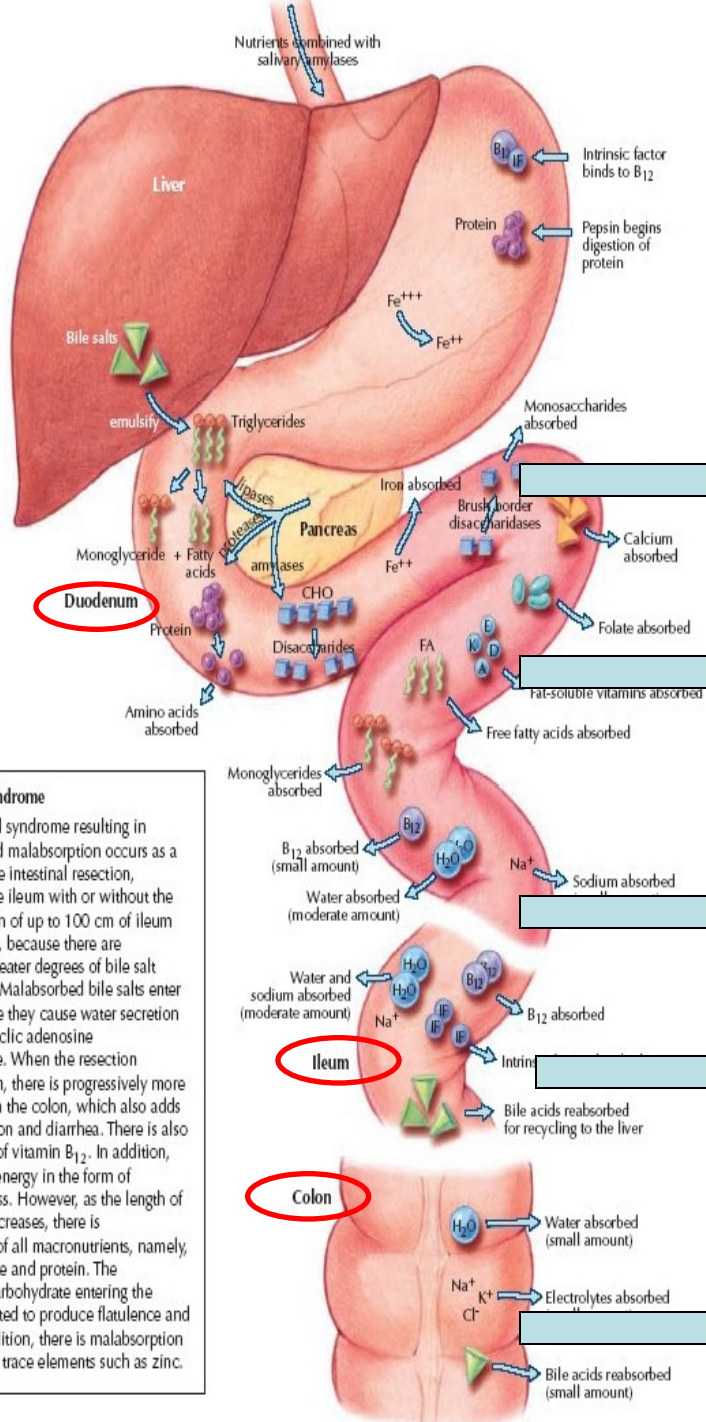
KOLOIDY

- rychle expandují v malém distribučním intravazálním prostoru (5l/75kg)
- rychlý efekt + zlepšení mikrocirkulace
- vážou vodu
- riziko oběhového přetížení
- dextransy a škroby – riziko pro ledviny, koagulaci, imunosuprimující kumulace v RES (roky)
- želatiny – hovězí extrakty, syntetické nelze
- albumin dražší a bez výhody oproti ostatním



Makro/mikronutrienty

- 16 minerálních prvků esenciálních pro člověka
- 7 makronutrientů: Na, K, Cl, Ca, P, Mg, S
- 9 mikronutrientů: Fe, Se, Zn, Cu, Mn, I, Mo



vit, AMK, Fe, Ca, Mg, monosacharidy

folát, tuky, ADEK

Na, voda

**Na, voda
B12, žl. kyseliny**

**Na, K, Cl
SCFA, voda**

Short bowel syndrome

The short bowel syndrome resulting in dehydration and malabsorption occurs as a result of massive intestinal resection, especially of the ileum with or without the colon. Resection of up to 100 cm of ileum causes diarrhea, because there are progressively greater degrees of bile salt malabsorption. Malabsorbed bile salts enter the colon where they cause water secretion by activating cyclic adenosine monophosphate. When the resection exceeds 100 cm, there is progressively more fatty acid loss in the colon, which also adds to water secretion and diarrhea. There is also malabsorption of vitamin B₁₂. In addition, there is loss of energy in the form of increased fat loss. However, as the length of the resection increases, there is malabsorption of all macronutrients, namely, fat, carbohydrate and protein. The malabsorbed carbohydrate entering the colon is fermented to produce flatulence and diarrhea. In addition, there is malabsorption of vitamins and trace elements such as zinc.



Denní dávky makronutrientů

Natrium	1-2 mmol/kg
Kalium	0,5-1 mmol/kg
Cloridy	1-2 mmol/kg
Calcium	0,1-0,3 mmol/kg
Magnesium	0,05-0,2 mmol/kg
Fosfor	0,15-0,3 mmol/kg

Natrium

- hlavní extracelulární kationt
- vazba voda - Na
- **hyponatremie**
 - <130 mmol/l, závažná < 120 mmol/)
 - častěji diluce než deplece Na
 - opatrná korekce (7-10 mmol/24 hod.)
 - únava, slabost, ...
- **hypernatremie**
 - >145 mmol/l, klinicky >150 mmol/l, vysoká letalita >160 mmol/l
 - nadměrný přívod Na, ztráta bezsolutové vody, ↑ADH, selhání Na/K pumpy (katabolismus)
 - žízeň, poruchy NS, cefalea, zvracení, křeče, ...

Kalium

- hlavní intracelulární kationt
- vazba K – pH
- **hypokalemie**
 - <3,5 mmol/l,
 - nedostatečný příjem, nadměrné ztráty renální (acidosa, ↓Mg) a extrarenální (průjmy, zvracení, píštěle)
 - sval. slabost až paralyza, arytmie, paralyt. ileus, ...
- **hyperkalemie**
 - >5,5 mmol/l mírná, >6,5mmol/l střední, >7,5 mmol/l těžká
 - acidosa, katabolismus
 - křeče, arytmie, ...

Chloridy

- hlavní extracelulární aniont
- vazba Cl - Na
- **hypochloremie**
 - <95 mmol/l
 - ztráty zvracením, pítšělemi
 - korekčně vzniká \uparrow pH a \uparrow exkrece Na, K
- **hyperchloremie**
 - >115 mmol/l
 - zvýšený přívod NaCl, snížené vylučování (nemoci jater, ledvin, srdce)
 - často spojená s \uparrow Na, \downarrow pH

Magnézium

- důležitý intracelulární kationt
- význam pro transport Na/K
- **hypomagnesemie**
- <0,74 mmol/l, klinika 0,5 mmol/l
- nedostatečný přívod, SBS, CHP, ...
- zhoršuje transport Na/K transport
- ospalost, pocení nauzea, zvracení, hyporeflexie
- **hypermagnesemie**
- >0,95 mmol/l, klinika >1,5 mmol/l
- nadměrný příjem, intoxikace vit.D, CHRI, nekrózy, katabolismus, acidosa, ...
- křeče, arytmie

Kalcium

- většina v kostech, jen 0,5% směnitelný pool, z toho jen 7% v plasmě (vázané na bílkovinu / volné=ionizované)

- **hypokalcemie**

- <2,15 mmol/l
- malabsorpce, alkalóza, renální insuficience, SAP, hypoPT
- únava, slabost, nechutenství, anorexie, deprese, arytmie, ...

- **hyperkalcemie**

- >2,65 mmol/l
- imobilizace, osteolýza, hyperPT, intoxikace Al, Li, vit. D
- zvýšená neuromuskulární dráždivost, arytmie, ...

Fosfor

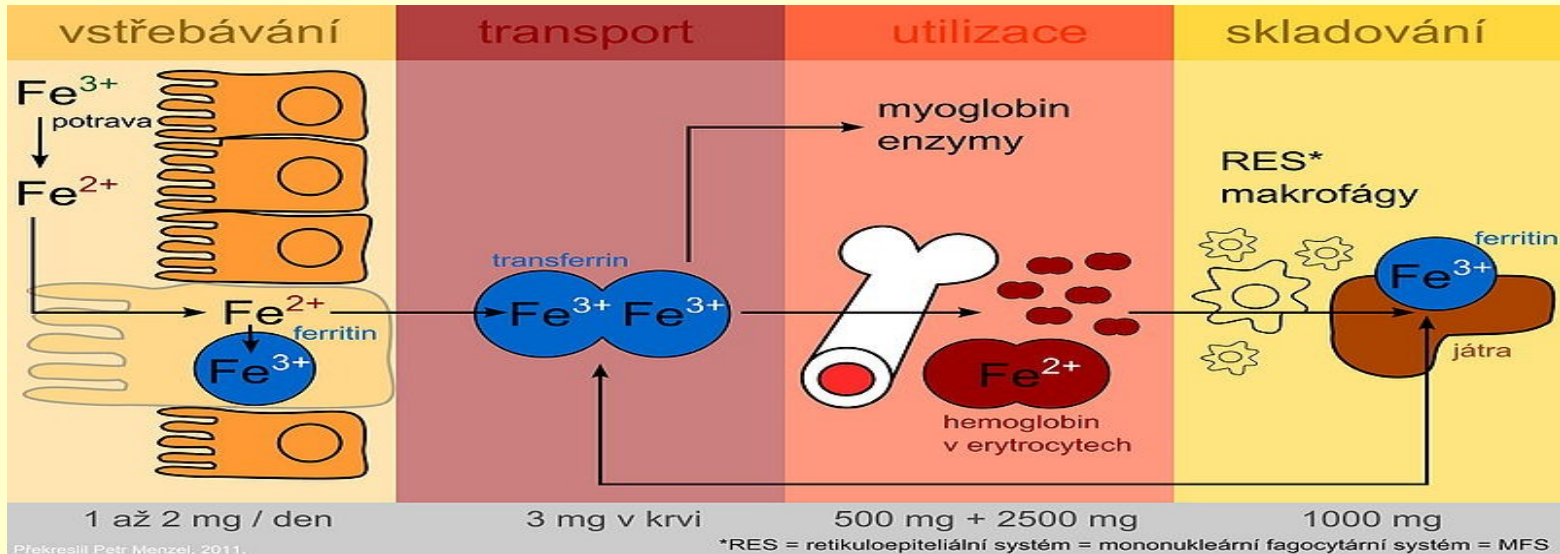
- PO_4^{3-} hlavním intracelulárním aniontem
- význam pro makroergní vazby (včetně ery)
- **hypofosfatemie**
 - $<0,70$ mmol/l, akutní klinika $<0,32$ mmol/l
 - hladovění, katabolismus, CHRI, , renální poruchy, ...
 - poruchy chování, parestesie, paresy, poruchy dechu, ...
- **hyperfosfatemie**
 - $>1,37$ mmol/l, klinika $>3,0$ mmol/l
 - renální insuficience, hypoPT, alkoholismus, katabolismus
 - ukládání fosfátu v měkkých tkáních



Denní dávky stopových prvků

	p.o /den	i.v. /den
Železo	M 4,7-8,7(Ž 8-14,8) mg	1,2 mg
Zinek	5,5-9,5 mg	3,2-6,5 mg
Měď	1,2 mg	0,3-1,3 mg
Selen	0,04-0,075 mg	0,03-0,06 mg
Chró	0,0025 mg	0,01-0,02 mg
Mangan	1,4 mg	0,3mg
Molybden	0,05-0,4mg	0,019 mg
Jod	0,14 mg	0,13 g
Fluor	4 mg	0,5-0,9 mg

Železo



- muži: ve stravě denně 15-20mg → vstřebání 5-7% → 1,0-1,3mg/den (pokrývá fyziologické ztráty – stolice, žluč, moč, deskvamace kůže, vlasů, sliznice, pocením)
- ženy: u menstruuujících žen + 1-2mg navíc → zvýšenou resorpcí (až 25%), měli by přijímat 18mg denně; v graviditě potřeba až 3-4mg/den → zvýšená resorpce
- gravidita: 900-1000mg, odběr dárce krve: 150-250mg
- denní potřeba elementárního Fe 200-250mg (doplnění zásob při této dávce trvající 6-12 měs.)

Železo

- katalyzátor oxidativních a peroxidativních procesů → ovlivnění tvorby volných kyslík. radikálů
- vstřebání v Fe^{2+} formě lepší než Fe^{3+} (žaludek – kyselé prostředí)
- poškození střevních buněk (zánět, léky, ...) snižuje schopnost vstřebávat Fe
- infekce nebo zranění → ↓S-Fe a ↑S-ferritinu → ↓dostupnosti Fe pro bakterie a reakce s tvorbou kyslík. radikálů (⇒ nepodávat v ak. stavech)

Železo

- **sideropenie**
- latentní nedostatek Fe u rizikových skupin: rostoucí děti, těhotné a kojící ženy, staří lidé, sociálně slabší, malnutriční → manifestace v akutním stavu
- nutriční nedostatek, ztráty, achlorhydrie → sideropenie → anemie
- **hemosiderosa**
- ukládání Fe v orgánech, zvl. játrech
- perorálně nelze předávkovat → vznik parenterálním podáním, transfusemi nebo při chron. onemocněních

Selén

- součástí enzymů ochraňujících buněčné struktury před oxidačním poškozením
- vstřebání v tenkém střevě
- **hyposelenemie**
- uměle živení pacienti → sval. slabost a bolest
- chronický deficit → KMP
- **hyperselenemie**
- vzácně při vysokých dávkách
- padání vlasů, nausea, vomitus, zvýšená nerv. dráždivost

Zinek

- součástí >200 metaloenzymů
- vstřebáván v tenkém střevě (20-40% z potravy)
- nadměrný p.o přívod (kompetice o stejný transportní protein) → zhoršení resorpce Cu a její nedostatek v organismu
- **hypo**zinkemie
 - akutní u traumatu, zánětu (hladina neodráží stav)
 - chronicky u starších osob, alkoholiků, CHRI, malnutrice
 - změny chutě, čichu, alopecie, dermatitida
- **hyper**zinkemie
 - hypokupremie, mikrocytosa, neutropenie, ↓HDL chol

Měď

- enzymy zvl. v oblasti reakcí s kyslíkem
 - kompetice ve vstřebávání Zn-Cu ve střevě
-
- **hypokupremie**
 - zvl. v ak. stavech
 - anemie, neutropenie, degenerat. změny cév, osteoporosa
- **hyperkupremie**
 - kontaminace vody, potravy, kůže, ...
 - nausea, zvracení, průjem, bolesti břicha, u těžkých forem poškození jater a ledvin, ...

Ostatní stopové prvky

- **Chrom** – metabolismus B, S T
- **Mangan** – enzymy v energetických reakcích a metabolismu T
- **Kobalt** – metabolismus B a purinů
- **Molybden** – metabolismus purinů
- **Jod** – ŠŽ
- **Fluor** – kost



Denní dávky vitamínů

	p.o. / den	i.v. / den
Vitamín A	0,9 mg	1 mg
Vitamín D	0,005 mg	0,005 mg
Vitamín E	10mg	10 mg
Vitamín K	0,07 mg	0,15 mg
Vitamín B1	1,5 mg	3 mg
Vitamín B2	1,7mg	3,6 mg
Vitamín B6	2 mg	4 mg
Vitamín B12	0,002 mg	0,005 mg
Niacin	19 mg	40 mg
Kyselina listová	0,2 mg	0,4 mg
Biotin	0,1 mg	0,06 mg
Kyselina pantotenová	7 mg	15 mg
Vitamín C	60 mg	100mg

Vitaminy

- rozpustné v tucích – A, D, E, K
- rozpustné ve vodě – B, C, niacin, kys. listová, kys. pantothenová

Vitamin A

- (karoteinoidy) → retinol → retinaldehyd → kys. retinová
- retinol → reprodukce
- retinaldehyd → vidění
- kys. retinová → růst a diferenciacie buněk

- nedostatek (malnutrice, alkoholismus, narkomanie): šeroslepost, hyperkeratosa kůže a sliznic, poruchy imunity
- nadbytek (ren. selhání): alopecie, ataxie, bolesti svalů a kostí, bolesti hlavy, poruchy kůže a vidění

Vitamin D

- (dieta nebo syntéza v kůži) → ergokalciferol (25-OH vit.D, vit. D₂) → cholekalciferol (1,25-OH vit.D, vit. D₃)
- homeostáza Ca-P metabolismu (↑střevní resorpce Ca, P, ↑osteoklastů), diferenciacie imunitních a hemopoetických bb., význam v ak. stavech (imunomodul., antimikrob., kardioprotekt.)
- nedostatek (střevní a pankreatická malabsorpce, ...): osteomalacie
- nadbytek (nadměrný příjem): hyperkalcemie, kalciurie, kalcifikace měkkých kání

Vitamin E

- 9 derivátů charakteru tokoferolů a tokotrienolů
- inhibice peroxidace lipidů → antioxidační efekt
- nedostatek (steatorhea, pankreatitida, cyst. fibrosa, SBS, cholestáza): hemolytická anemie, zvýšení trc-agregace, myopatie, neuropatie
- nadbytek (nadměrný příjem): porucha neutrofilů, kogulace

Vitamín K

- strava, syntéza střevních bakterií
- nebytnou součástí koagulační kaskády, metabolismus kostí
- nedostatek (malabsorpce, SBS, cholstáza, jaterní choroby, antagonistující léky): koagulopatie
- nadbytek (těžké hepatopatie) vzácně: hemolyt. anemie, hyperbilirubinemie

Vitamin B₁ (thiamin)

- metabolismus ketokyselin
- vodivost nervu
- nedostatek (endemicky nedostatečným příjmem v potravě, alkoholici, kriticky nemocní s PV): beri-beri (suchá f. – neuropatie perif. nervů, vlhká f. – srdeční selhání)
- nadbytek vzácný

Vitamin B₂ (riboflavin)

- součástí flavinových enzymů
- oxidoredukční reakce a enzymatické systémy
- metabolismus glukosy, AK a MK

- nedostatek (malabsorpce, alkoholismus, DM, thyreopatie, gravidita a laktace, rychlý růst, trauma, operace, infekce): cheilosa, angulární stomatitida, glositida, seborhoická dermatitida, perigenitální kožní změny, zánět rohovky
- nadbytek nevede ke specif. příznakům

Vitamin B₃ (niacin, vitamin PP)

- obsahuje kys. nikotinovou a nikotinamid
- označován též pelagra preventive factor
- komponenta koenzymů NAD a NADP – vliv na > 200 enzymů v oxidačních reakcích všech makronutrientů
- esenciální složka výživy – prekursorem tryptofan
- hypolipidemický efekt → ↓chol., ↓LDLchol., ↑HDL chol.

- nedostatek (nedostatek ve stravě, alkoholismus, thyreopatie, nádory, popáleniny): pelagra (3D-dermatitida, diarhea, demence)
- nadbytek nepopisován

Vitamin B₆ (pyridoxin)

- >100 enzymatických reakcí
- metabolismus AK, glukoneogenese, lipidový metabolismus, vazba steroidů, vývoj CNS, imunita
- nedostatek (malabsorpce, alkoholismus, jaterní choroby, gravidita a laktace, popálení): cheilitida, stomatitida, glositida, neurologické symptomy – irritabilita, deprese a zmatenost
- nadbytek (chron. vysoké dávky): neuropatie, ataxie

Vitamin B₁₂

- hematopoesa
- syntéza fosfatidylcholinu a cholinu → tvorba myelinu
- glukoneogenese
- nedostatek (nedostateční přívod – nedostatek v potravě, porucha vstřebání, poruchy utilizace, zvýšené ztráty – ↑metabolismus, ↑exkrece, ↑inaktivace): perniciosní anemie
- nadbytek vzácně

Kyselina listová

- syntéza DNA
- nedostatek (alkoholismus, zvýšená proliferace – trauma, popálení, infekce, hemolyt. anemie, zvýšený metabolismus – nádory, hyperthyreosa, gravidita a laktace): anemie, porucha sliznice GIT (pálení jazyka, záněty sliznic GIT), ↓imunity, nervové poruchy, deprese, instabilita, demence, ↑kardiovask. onem. (↑ S-homocysteinu)
- nadbytek vzácně
- suplementovat vždy současně s vit. B12 (jinak úprava anemie, ale zhoršení neurologické symptom.)

Vitamin H (biotin)

- obsahuje síru
- částečně činností stř. bakt., dominantně ve stravě
- nedostatek (alkoholismus, st.p. gastrektomii, popáleniny, gravidita a těhotenství): anorexie, bledost, nausea, vomitus, glositidy, myalgie, alopecie, duchá kůže, deprese, ↑S-chol. a žluč. barviv
- nadbytek nebývá

Kyselina pantothenová

- metabolismus S, T a ketoplast. AK
- syntéza hemu a sterolů
- nedostatek (chon. malnutrice, alkoholismus): poruchy sluchu, únava, průjem, deprese, insomnie, horší hojení, neuromuskul. poruchy, poškození nadledvin, ↓reparačních a regeneračních procesů
- nadbytek nebývá

Vitamin C

- k. dehydroaskorbová (oxidovaná f.) a k. askorbová (redukováná f.)
- antioxidační reakce
- syntéza kolagenu
- ↑ střevní resorpce Fe
- metabolismus cholesterolu

- nedostatek (pacienti s PV, operace, traumata, nádory, popáleniny): anorexie, únava, myalgie, ↓ imunity, skorbut (anemie, krvácivost kůže a sliznic, poruchy kolagenních struktur)
- nadbytek: nausea, průjem, oxalátová lithiasa

VODA A MINERÁLY



MATTONI

