

Stopové prvky ve výživě

bakalářské studium, obor nutriční terapeut
2.ročník LF MU

Miroslav Tomáška
Interní hematologická a onkologická klinika
LF MU a FN Brno

Definice esenciálních stopových prvků neboli mikroelementů (patří mezi mikronutrienty)

Celkový obsah prvku v organismu

< 0,01 %

tedy méně než 7g / 70kg

(podle jiné definice < 0,005 %)

Klasická Cotziasova kritéria

Prvek je přítomen ve tkáních všech jedinců

Konstantní tkáňová koncentrace

Nepodávání ► reprodukovatelná porucha funkce

Přidání prvku zabraňuje těmto poruchám

Denní příjem ve stravě < 50 mg

Esenciální stopové prvky

Stopový prvek esenciální	Chemická značka	Relativní atomová hmotnost (zaokrouhleně)
Zinek	Zn	65
Selén	Se	79
Měď	Cu	64
Železo	Fe	56
Jód	I	127
Chró m	Cr	52
Kobalt	Co	59
Fluor	F	19
Mangan	Mn	55
Molybden	Mo	96

Potenciálně toxické neesenciální stopové prvky

Stopový prvek neesenciální	Chemická značka	Relativní atomová hmotnost (zaokrouhleně)
Hliník	Al	27
Křemík	Si	28
Cadmium	Cd	112
Olovo	Pb	207
Arzén	As	75
Rtuť	Hg	201
Stříbro	Ag	108
Nikl	Ni	59
Cín	Sn	119

Minerální látky řazené mezi makronutrienty

Stopový prvek neesenciální	Chemická značka	Relativní atomová hmotnost (zaokrouhleně)
Sodík	Na	23
Draslík	K	39
Chlór	Cl	35
Vápník	Ca	40
Fosfor	P	30
Hořčík	Mg	24
Síra	S	32

Společné rysy stopových prvků (SP)

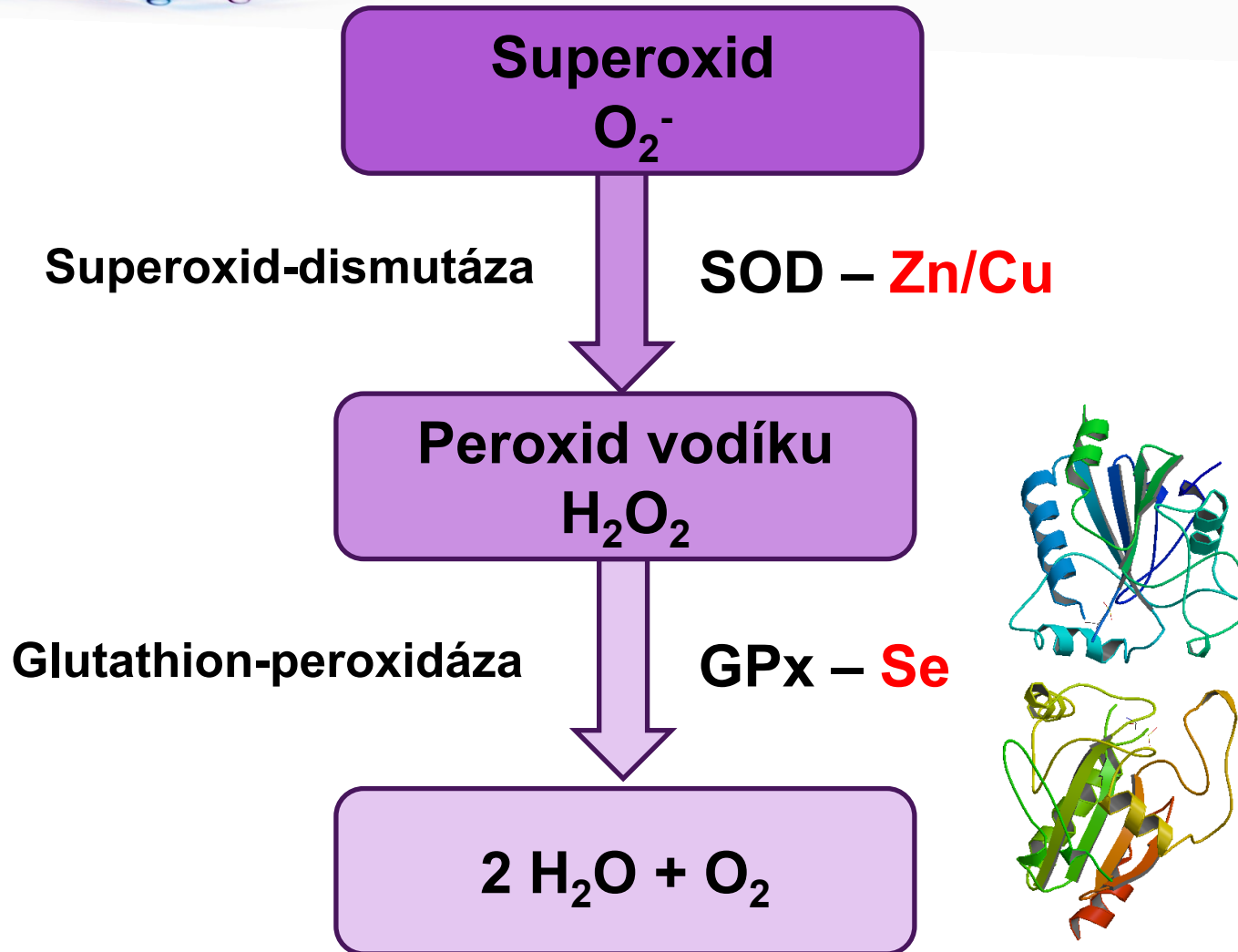
s nimiž je třeba počítat v klinické praxi

- **Geografické faktory ► obsah SP v prostředí**
 - nedostatek jódu v podhorských oblastech
 - nedostatek selénu ve střední Evropě
 - přítomnost stopových prvků ve vodě
- **Deficit má metabolické důsledky**
 - porucha funkce (např. snížená antioxidační obrana)
 - ale klinické příznaky až při těžkém deficitu
- **Nedostatek v organismu se obtížně prokazuje**
 - hladina v krvi neodráží celkový obsah v organismu
- **Stopové prvky mohou být toxické**
 - při suplementaci mohou být předávkovány

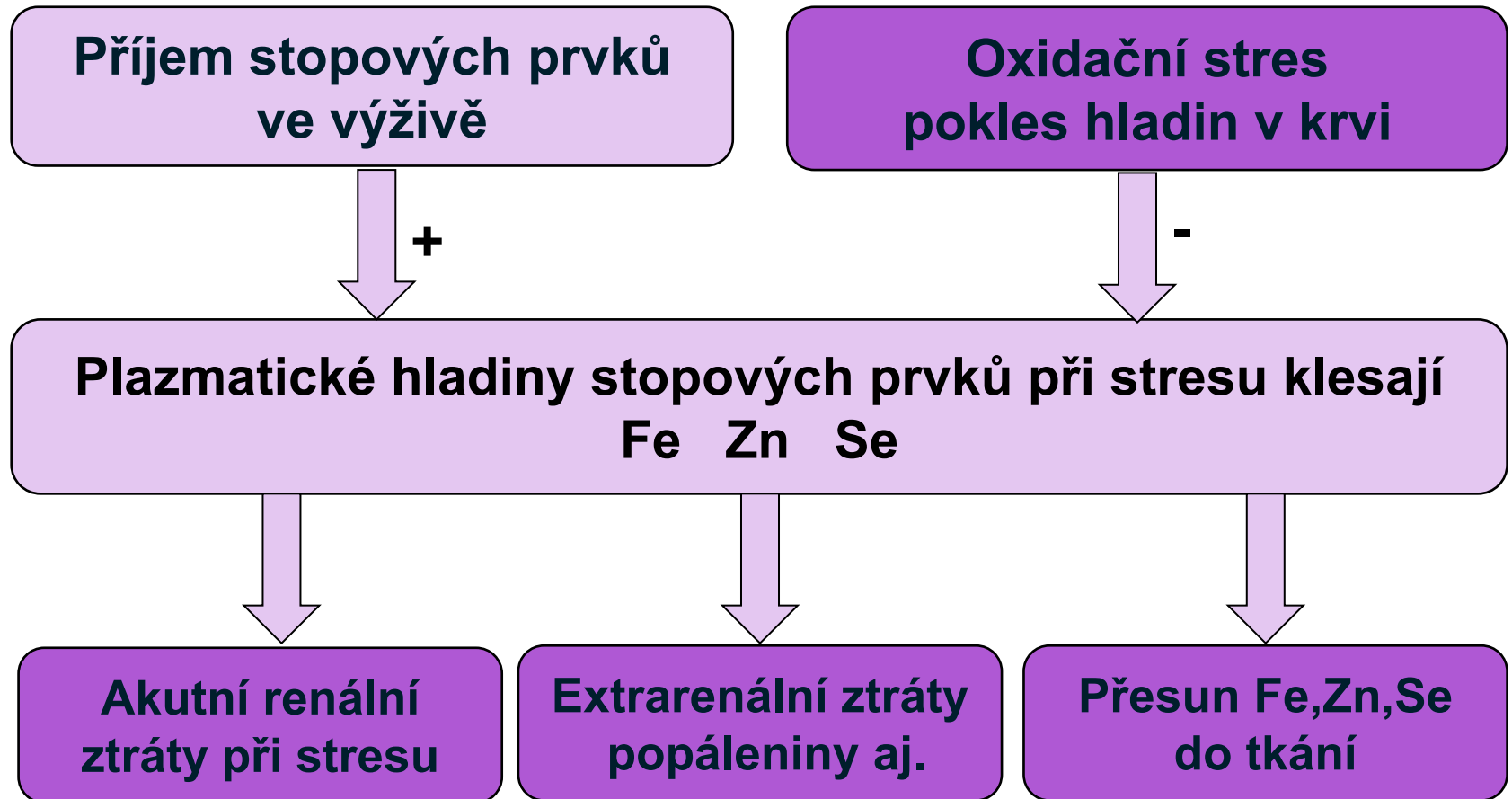
Působení stopových prvků v metabolismu

- **SP mohou být vázány na bílkovinu enzymu**
 - SP je přítom nutný pro maximální aktivitu enzymu
- **Metalothioneiny** fyziologicky váží **Zn, Cu, Se**
 - nízkomolekulární buněčné proteiny bohaté na cystein
 - účastní se detoxikace těžkých kovů
 - podílejí se na antioxidační obraně buňky
- **SP jako rozpustný iontový kofaktor**
 - urychluje enzymatickou reakci
- **SP jako součást nebílkovinných molekul**

Úloha stopových prvků při antioxidační obraně jako součást enzymů odbourávajících ROS



Stopové prvky při stresové odpovědi u kriticky nemocných



Vylučování stopových prvků z organismu

klinické situace, při nichž vzniká riziko nedostatku

- **Vylučování především ledvinami**
 - selén
 - jód
 - chróm
- **Vylučování především játry**
 - měď
 - mangan
 - zinek (90% vyloučeno játry, 10% ledvinami)

Etapovitý rozvoj deficitu stopových prvků

Optimální obsah stopového prvku ve tkáních

Počínající deplece

kompenzační mechanismy, nijak se neprojevuje

Biochemická porucha

testováním lze prokázat sníženou aktivitu enzymu (např. GPx)

Porucha funkce

např. snížená antioxidační obrana, nárůst oxidačního stresu

Klinicky zjevná choroba

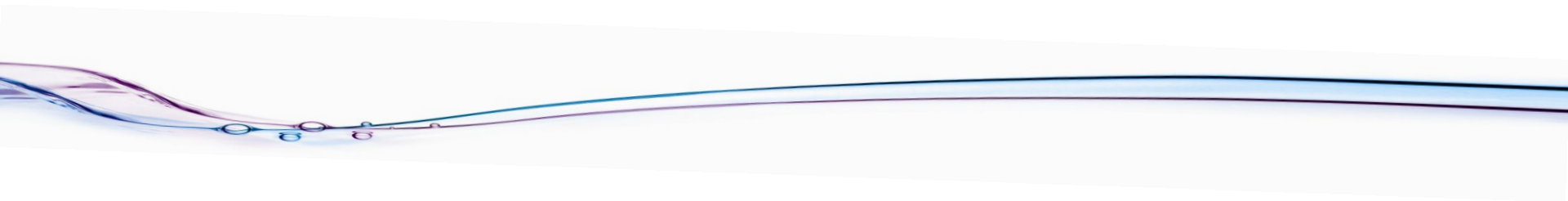
např. Keshanova choroba při nedostatku selénu

Smrt

Obecné riziko deficitu stopových prvků

klinické situace, při nichž vzniká riziko nedostatku

- **Průjmy, malabsorpce SP**
 - zrychlená pasáž střevem, porucha vstřebávání
- **Ztráty z organismu navenek**
 - u popálenin velké ztráty sekrecí z popálené plochy
 - secernující píštěle, drenáž výpotků
 - hemodialýza: ztráty do dialyzátu (filtrátu)
- **Metabolický stres, polytrauma**
 - redistribuce do tkání, ztráty ledvinami
- **Interakce při vstřebávání**
 - resorpci snižuje zvýšené množství vlákniny
 - fytáty a oxaláty z převážně rostlinné stravy



Zinek ve výživě

Zinek je nutný pro mnoho metabolických dějů

je kofaktorem přibližně 250 enzymů



- **Podporuje syntézu (anabolismus) bílkovin**
 - stabilizuje prostorovou strukturu proteinů
- **Účastní se syntézy nukleových kyselin**
 - nutný pro růst a proliferaci buněk
- **Nezbytný pro funkci imunitního systému**
- **Nutný pro hojení ran**
- **Účast na antioxidační obraně**
- **Účastní se vnímání chuti k jídlu**
- **Je potřebný pro sekreci insulinu**
- **Je potřebný pro adaptaci oka na tmu**

Obsah zinku ve stravě a jeho vstřebávání

denní potřeba Zn ve stravě 7-10 mg

- **Celkový obsah Zn** v lidském těle **1,8 g**
 - z toho 85% ve svalech a kostech
- **Potraviny živočišného původu** **vyšší obsah**
 - maso 2-6mg, vejce 2,5mg, tvrdý sýr 3mg / 100g
- **Rostlinné zdroje** **nižší obsah/vstřebatelnost**
 - celozrnné obiloviny, luštěniny, ořechy, semena
- **Vstřebávání Zn 20-40 %**
 - potencováno přítomností bílkovin
 - inhibováno větším množstvím vlákniny, fytátů, oxalátů

Metabolismus a vylučování zinku z organismu

patologické ztráty zinku



- **Zn vstupuje do buněk aktivním transportem**
 - *Zinc Importer Proteins, ZIP*
 - aktivně je také transportován z buněk
- **Zinek se vylučuje především játry do žlučových cest a střeva**
- **Patologické abnormální ztráty Zn**
 - déletrvající průjmy, secernující střevní píštěle
 - malabsorpce živin, vysoký příjem vlákniny
 - katabolismus, stres
 - léčba diuretiky

Klinické projevy deficitu zinku

jsou málo specifické

- **Nechutenství**
- **Ekzém v obličeji, v kožních záhybech**
- **Alopecie**
- **Psychické změny, podrážděnost, deprese**
- **Průjem**
- **Snížení imunity**
- **Špatné hojení ran**
- **Šeroslepost**
- **Glukózová intolerance**

Diagnóza deficitu zinku

při nepřítomnosti příznaků je založena na kombinaci faktorů

- **Nízký příjem Zn ve stravě nebo umělé výživě**
 - déletrvajících, včetně poruchy vstřebávání
- **Přítomnost faktorů predisponujících k deficitu**
 - zejména patologické ztráty Zn z organismu
- **Nízká hladina zinku v krvi** (norma 9-18 $\mu\text{mol/l}$)
 - pro deficit svědčí velmi nízká **hladina < 8 $\mu\text{mol/l}$**
 - při stresu může jít o redistribuci Zn z krve do tkání
- **Definitivní průkaz**
 - obsah Zn v leukocytech nebo funkční testy
 - terapeutický test (úprava po suplementaci)

Zinek ⁶⁵

základní údaje k suplementaci (1 μmol = 65 μg)

- **Normální hladina v krvi 9-18 $\mu\text{mol/l}$**
 - odpovídá 585-1170 $\mu\text{g/l}$ = 0,6-1,2 mg/l
- **Obsah Zn v přípravcích enterální výživy**
 - ONS 2x200 ml 6-8 mg/den
 - sondová EV 1000 ml 15-18 mg/den
- **Zinek tablety 15 mg nebo 25 mg**
- **Selzink Plus 1 tableta obsahuje**
 - Zn 7,2mg, Se 50 μg
 - vit.C 180mg, vit.E 31,5mg, β -karoten 4,8mg

Doporučené dávky zinku při enterálním podávání pro déletrvající suplementaci

Parametr	Množství Zn mg/den
Doporučená dávka enterálně	7-10
Podle některých doporučení až	15
Horní tolerovatelný limit	25
Bez pozorovaných vedlejších účinků	50

Suplementace Zn v úplné parenterální výživě

obvykle je doporučena od počátku

- **Parenterální potřeba Zn 3-6 mg/den**
 - při GI ztrátách navíc Zn 12-18 mg/1000 ml ztrát
 - popáleniny navíc až 36 mg i.v./den
 - hyperkatabolismus navíc 3-4 mg i.v.
- **Některé 2-komorové i 3-komorové vaky dnes již obsahují Zn 3-5 mg/vak**
- **Kontaminace Zn v infuzích**
 - může být až 8 mg/den
- **Dlouhodobé i.v. podávání 15 mg/den bylo dobře tolerováno**
 - toxicita Zn při i.v. podávání je nízká



Selén ve výživě

Význam selénu v organismu, vylučování Se



- **Antioxidační efekt selenoproteinů**
 - Se je součástí glutathion-peroxidázy (GPx 1-4)
 - nepřímo moduluje zánětlivý proces
- **Selén podporuje imunitní funkce**
 - především buněčnou imunitu (T-lymfocyty)
- **Účastní syntézy thyreoidálních hormonů**
 - enzym deiodináza obsahuje selén
- **Selén snižuje toxicitu rtuti a jiných kovů**
- **Vylučování selén z organismu**
 - střevem 35-55%, ledvinami 14-20%

Forma selénu ve stravě a její vstřebávání

denní potřeba Se ve stravě 60-70 μg

■ Anorganická forma selénu

- vstřebává se 60 % přijatého množství
- seleničitan (anglicky *selenite*) SeO_3^{2-}
- selenan (anglicky *selenate*) SeO_4^{2-}

■ Organická forma selénu (vazba na AMK)

- vstřebává se 90 % přijatého množství
- selenocystein (živočišné zdroje)
- selenomethionin (rostlinné zdroje)

■ Selén se vstřebává aktivním transportem

- průměrné vstřebané množství 80%

Obsah selénu ve stravě a v organismu

denní potřeba Se ve stravě 60-70 μg

- **Výskyt selénu v prostředí**
 - nízký: Evropa (střední), Čína, Nový Zéland
 - vysoký: USA
- **Dietní zdroje selénu** (obsah na 100g před úpravou)
 - ryby (25-35 μg), mořské produkty
 - maso (5-15 μg), vejce-hlavně žloutek (11-14 $\mu\text{g}/\text{ks}$),
 - luštěniny (2-8 μg), sýry (4 μg)
- **Obvyklý příjem Se ve stravě**
 - v Německu 40-45 mg/den (maso 28%, vejce 16%)
 - v ČR 36 $\mu\text{g}/\text{den}$
- **Celkový obsah selénu v organismu 20 mg**
 - nejvyšší koncentrace: játra, ledviny, svaly, štítná žláza

Projevy deficitu selénu

- **Keshanova choroba**
 - kardiomyopatie, srdeční dilatace a selhávání
- **Myopatie kosterního svalstva**
- **Degenerativní postižení kloubů**
- **Porucha imunity (častější infekce)**
- **Snížená funkce štítné žlázy**
 - nedostatečná přeměna T4 ► T3
 - selén je součástí enzymů dejodáz
- **Subklinický dlouhodobý nedostatek Se**
 - zvýšená incidence nádorů?
 - zvýšená mortalita na zhoubné nádory?

Monitorování selénu, Se⁷⁹

1 $\mu\text{mol Se} = 79 \mu\text{g Se}$

- **Hladina Se v séru** není jednoduchou metodou
 - normální rozmezí laboratoře FNB 0,7-1,2 $\mu\text{mol/l}$
 - maximální aktivita GPx při hladině 1,1-1,5 $\mu\text{mol/l}$
- **Obvyklé hladiny Se v Evropě**
 - v ČR průměrné koncentrace 0,95 $\mu\text{mol/l}$
 - ve studii EPIC mělo 80% jedinců Se < 1,25 $\mu\text{mol/l}$
 - v USA průměrné hodnoty Se 1,5-1,7 $\mu\text{mol/l}$
- **Hladina Se v krvi odráží příjem Se v dietě**
 - známka krátkodobého stavu Se
- **Další způsoby vyšetření stavu selénu**
 - aktivita enzymu GPx v erytrocytech
 - selenoprotein P v krevním séru

Suplementace selénu v praxi

- **Dietní zdroje selénu jsou omezené**
 - Selén tableta 50 μg nebo 100 μg Se
 - Selzink tableta 50 μg Se
- **Ve studiích dávky 200-400 $\mu\text{g}/\text{den}$**
 - přirozená forma: selénem bohaté kvasnice
- **V praxi doporučeno limitovat celkový příjem selénu ze všech zdrojů**
 - horní tolerovatelný limit 300 $\mu\text{g}/\text{den}$
 - dávky Se do 200 $\mu\text{g}/\text{den}$ jsou bezpečné
- **Příznaky selenózy se vyskytovaly**
 - až při dávkách > 850 $\mu\text{g}/\text{den}$

Toxicita selénu

- **Selén je buněčný toxin**
 - terapeutická šíře je úzká
 - toxicita je vyšší než u ostatních stopových prvků
- **Toxické projevy se označují jako selenóza**
 - akutní nebo chronická
 - až při dávkách nad 800 $\mu\text{g}/\text{den}$
- **Příznaky selenózy**
 - česnekový zápach z úst
 - zažívací potíže, nausea
 - dystrofie nehtů, ztráta nehtů, ztráta vlasů, kožní léze
 - abnormality nervového systému



Železo ve výživě

Železo, Fe⁵⁶

význam v organismu a charakteristika

- **Součást hemoglobinu**
 - přenos kyslíku
- **Esenciální kofaktor různých enzymů**
 - tvorba energie
- **Celkový obsah Fe v organismu 3-5 g**
 - 70% obsaženo ve vazbě na molekuly hemu
- **Nadbytek Fe může být toxický**
 - podporuje vznik reaktivních O₂ substancí (ROS)
 - suplementace v době zánětu může být škodlivá

Zdroje železa ve stravě a vstřebávání Fe za fyziologických okolností

- **Bohaté zdroje Fe** (množství na 100g potravin)
 - játra (10mg), maso (2-5mg), vaječný žloutek
 - luštěniny (5-10mg), sója (9-15mg)
- **Vstřebávání Fe**
 - hemové Fe 15-35 %
 - nehemové (anorganické) Fe 10 %
 - potencováno přítomností vit.C a některých aminokyselin
 - vstřebává se v duodenu a proximálním jejunu
- **Zásobní Fe v celém organismu tvoří 0,8-1,2 g**
 - ferritin normální rozmezí 30-300 $\mu\text{g/l}$
 - hladina ferritinu v krvi koresponduje se zásobami Fe

Hodnocení stavu Fe v organismu

ve vztahu k suplementaci Fe

- **Hladina Fe v krevním séru (5-25 $\mu\text{mol/l}$)**
 - klesá při akutním metabolickém stresu
 - přesun Fe z krve do tkání (hepcidin)
 - pokles Fe je výhodný při infekci (růstový faktor bakterií)
- **Ferritin** (bílkovina, která váže až 4500 atomů Fe)
 - bílkovina akutní fáze
 - hodnota $< 100 \mu\text{g/l}$ je při zánětu nízká (fyziologicky by však byla v normě)
- **Saturace vazebné kapacity krve (transferinu)**
 - SaFe ukazuje na transportní Fe
 - norma 25-30 % (0,25-0,35)
 - nedostatek mobilního Fe $< 20 \%$ resp. 0,2

Denní potřeba Fe a jeho suplementace při onemocnění

- **Denní potřeba 10-20 mg**
 - vstřebává se pouze kolem 10 %
 - při deficitu je vstřebávání vyšší
 - při systémovém zánětu je vstřebávání velmi nízké
- **Laboratorní známky deficitu Fe při zánětu**
 - SaFe < 0,2 a současně ferritin < 100 µg/l
 - pokud je současně anémie, jde o anemii z nedostatku Fe (*Iron Deficiency Anemia, IDA*)
- **Suplementace léky**
 - tablety s prodlouženým uvolňováním, kapky, sirup
 - léčebná dávka při deficitu Fe 100-200 mg/den
 - úprava deficitu Fe trvá 6 měsíců



Jód ve výživě

Jód, I¹²⁷

základní charakteristika

- **Nedostatek jódu je i v dnešní době častý**
 - v Evropě je udáváno 44 % obyvatel
 - podstatně nižší výskyt v Americe
- **Funkce štítné žlázy je vysoce závislá na zevním přívodu jódu**
 - nedostatek jódu ► snížená tvorba thyroxinu a T3 ► reakce hypofýzy se zvýšením tvorby TSH ► struma
- **Poruchy způsobené nedostatkem jódu**
 - struma, nodulární struma (riziko karcinomu)
 - hypothyreoidismus
 - kretenismus u kojenců (u nás se již nevyskytuje)

Zdroje jódu ve stravě

obsah jódu v potravinách je však proměnlivý

- **Ryby, mořské plody, mořská sůl**
- **Mořské řasy**
- **Mléko kravské, mléčné výrobky**
- **Vejce**
- **Minerální voda Vincentka** (jód 6000 $\mu\text{g/l}$)
- **Fortifikovaná sůl**
- **Fortifikované potraviny**
- **Nízký obsah v rostlinné stravě**
 - ovoce, zelenina, luštěniny, cereálie

Obsah jódu v mořské soli

nemusí být vysoký

- **Jódové sloučeniny v mořské vodě/soli**
 - méně stabilní jodid (angl. *iodide*) I
 - stabilnější jodičnan (*iodate*) IO₃
 - organické sloučeniny jódu
 - obvyklý poměr jodid : jodičnan 5:1
- **Mořská sůl může mít překvapivě málo jódu**
 - v práci portugalských autorů byl medián jen 14 mg/kg
 - polovina vzorků tedy měla < 14 mg/kg
- **Jodizace doporučena při nízkém obsahu jódu**
 - dle WHO <15 mg/kg nebo < 15 ppm (parts per million)

Fortifikace soli jódem. Jodizace soli

potřeba jódu ve stravě 150 $\mu\text{g}/\text{den}$

- **Jodizovaná sůl není tak široce používána, jak se většinou předpokládá**
 - zvláště velkoodběratelé mohou šetřit
- **V ČR by měla jodizovaná sůl mít obsah jódu**
 - garantovaný 27-42 mg/kg
 - obsah jódu se však skladováním snižuje o 30-98%
 - negativní vliv vlhkosti
 - balení: vícevrstvé a polyetylenové sáčky
- **Při současném omezení příjmu soli na 5 g/den**
 - by šlo o příjem jódu 170 $\mu\text{g}/\text{den}$
 - ale při příjmu 10 g soli o 340 $\mu\text{g}/\text{den}$

Zjišťování denního příjmu jódu

pomocí dotazníků a tabulkového obsahu jódu

- **Záznam příjmu stravy**
 - nejméně 10-denní kvůli příjmu potravin, které nejsou konzumovány běžně
- **Dotazník frekvence příjmu potravin, FFQ**
 - závisí na skupinách sledovaných potravin
 - často nadhodnocuje příjem jódu
- **Vegani a vegetariáni mají nízký příjem jódu**
 - pokud nekonzumují mořské řasy/fortifikované potraviny
 - mohou mít vysoký příjem při pravidelné konzumaci mořských řas (různý obsah jódu)

Metabolismus jódu

v organismu

- **Vstřebávání jódu v GIT je kolem 90 %**
 - je podporováno selénem
 - při suplementaci jódu je doporučena současná suplementace selénu
- **Přijatý jód je vychytáván štítnou žlázou**
- **Inhibice využití jódu štítnou žlázou**
 - brukvovitá zelenina (zelí, květák, kedluben, brokolice)
 - významná pouze při příjmu velkého množství
- **Štítná žláza obsahuje 15-20 mg jódu**
 - zásoba na 3 měsíce (při denní potřebě jódu 150 µg)

Vyšetření koncentrace jódu v moči (jodurie)

UIC, *Urine Iodine Concentration*

- **Více než 90 % jódu je vylučováno ledvinami**
- **Jodurie ukazuje na recentní příjem jódu, ale i na stav jódu v organismu**
 - normální jodurie 100-200 µg/l
 - dle WHO 150 µg/l
- **Deficit jódu**
 - mírný 50-100 µg/l
 - střední 20-50 µg/l
 - těžký < 20 µg/l

Denní potřeba jódu ve výživě

Skupina obyvatel / parametr	Potřeba jódu ■/den
Děti do 6 roků	90
Děti 6-12 roků	120
Dospělí a děti > 12 roků dle WHO	150
dle EFSA	180
Gravidita	200-250
Horní tolerovatelný limit	600
Excesivní (nadměrný) příjem	> 1000

Potřeba jódu v parenterální výživě

- **Používání jódové desinfekce může být dostačující k příjmu jódu**
 - ale ne používání chlorhexidinu
- **Roztoky PV mohou obsahovat malé množství jódu 15-25 µg/den**
- **Při krátkodobé PV nemusí být suplementace jódu nutná**
 - což může platit i pro některé jiné stopové prvky
 - ale většinou ne pro zinek a selén

Nová směs stopových prvků Nutryelt® Baxter

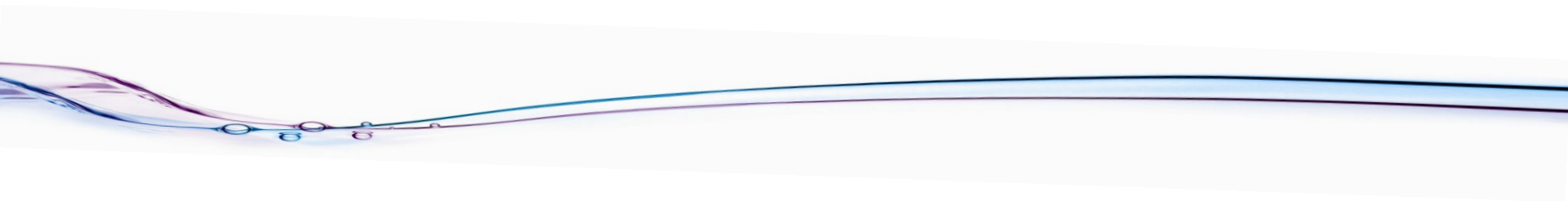
obsahuje 9 stopových prvků

Stopový prvek		Jednotky	Potřeba i.v.	Nutryelt
Zn	Zinek	mg	3-6,5	10
Se	Selén	μg	60-100	70
Fe	Železo	mg	1,2	1
Cu	Měď	μg	300-500	300
Mn	Mangan	μg	60-100	55
F	Fluor	μg	950	950
I	Jód	μg	130	130
Mo	Molybden	μg	19	20
Cr	Chróm	μg	10-20	10

Nadměrný příjem jódu

vyšší než 500-1000 $\mu\text{g}/\text{den}$

- **Vysoký příjem jódu způsobuje přechodný pokles tvorby hormonů štítné žlázy**
 - Wolff-Chaikoffův efekt
 - většinou se po několika dnech stav upraví
 - pokud však ne ► hypothyreoidismus
- **Vysoký příjem jódu** však může u některých pacientů naopak způsobit **hyperthyreoidismus**
 - riziko autoimunitního onemocnění štítné žlázy
- **Onemocnění štítné žlázy může vzniknout jak při nízkém, tak i vysokém příjmu jódu**
 - nejnižší hodnotu TSH má příjem jódu 150-250 $\mu\text{g}/\text{d}$



Mangan ve výživě

Mangan, Mn⁵⁵

základní charakteristika

- **Je mangan skutečně stopový prvek?**
 - deficit u lidí nebyl popsán
 - naopak je značné riziko toxicity
- **Mangan se vyskytuje ubikvitárně v půdě, ve vzdušném prachu, vodě a potravinách**
- **Mn je součástí průmyslových aplikací**
 - pesticidy, baterie
- **V organismu tvoří metaloenzymy**
 - glutamin-syntetáza
 - Mn-dependentní superoxid-dismutáza (MnSOD)

Mangan ve stravě a jeho vstřebávání

perorální potřeba Mn 2-5 mg/den

■ Zdroje Mn ve stravě

- celozrnné obiloviny, olejnatá semena
- luštěniny, káva, čaj, kakao, sladkosti
- voda může obsahovat Mn v množství 50-5000 $\mu\text{g/l}$

■ Vstřebávání je hluboko pod 10 %

- při nízkém obsahu Mn ve stravě se vstřebá větší podíl
- nejvíce Mn se vstřebá z vody
- vláknina a fytáty snižují vstřebávání

■ Vysoký podíl vstřebaného Mn se vyskytuje

- obecně u dětí (riziko toxicity)
- při anémii z nedostatku Fe
- při vysokém přívodu zinku (dlouhodobá suplementace)

Vylučování manganu a riziko toxicity Mn

- **Mn je vylučován z 90 % do žlučových cest**
 - riziko akumulace Mn v organismu při cholestáze
- **Zvýšená expozice manganu**
 - profesionální inhalace prachu s vysokým obsahem Mn
- **Riziko toxicity Mn v běžné praxi**
 - pití vody s vysokým obsahem Mn (zvláště u dětí)
 - dlouhodobá suplementace Mn, včetně i.v. podávání
 - závažná onemocnění jater s cholestázou
 - anémie z nedostatku Fe
- **Strava s vysokým obsahem Mn představuje nízké riziko toxicity**
 - protože klesá vstřebaný podíl Mn (neplatí pro vodu)

Toxicita manganu

manganismus

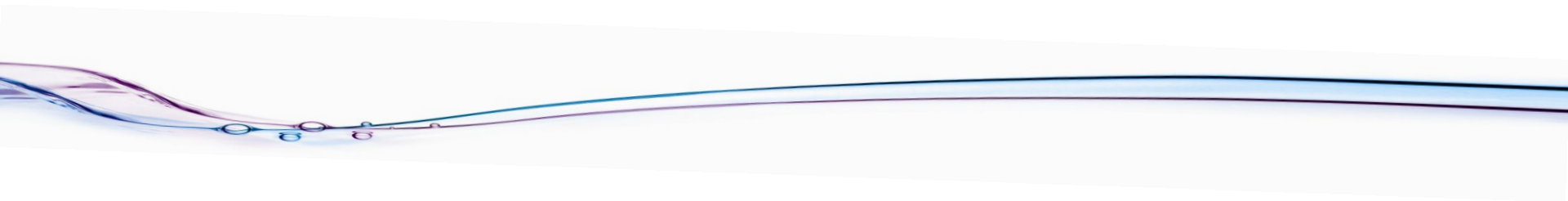


- **Především neurotoxicita**
 - příznaky podobné Parkinsonově chorobě
 - ztráta koordinace, rychlé pohyby rukou
 - zapomnětlivost
- **Patofyziologie neurotoxicity Mn**
 - hromadění Mn v bazálních gangliích mozku
- **Diagnostika neurotoxicity Mn**
 - neurobehaviorální testy
 - neurokognitivní testy
 - porucha motorických funkcí
 - MRI mozku (změří depozita Mn v mozku)

Srovnání denní potřeby stopových prvků

enterální a parenterální (i.v .)

Stopový prvek		Jednotky	Enterální	Intravenózní
Zn	Zinek	mg	7-10	3-6,5
Se	Selén	µg	60-70	60-100
Fe	Železo	mg	10	1,2
Cu	Měď	mg	1-1,5	0,3-0,5
Mn	Mangan	mg	2-5	0,06-0,1
F	Fluor	mg	3,1-3,8	0,95
I	Jód	µg	150-180	130
Mo	Molybden	µg	50-100	19
Cr	Chróm	µg	30-100	10-20



Konec přednášky