

# 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

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

# Potenciálně toxické neesenciální stopové prvky

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

# Minerální látky řazené mezi makroelementy

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)

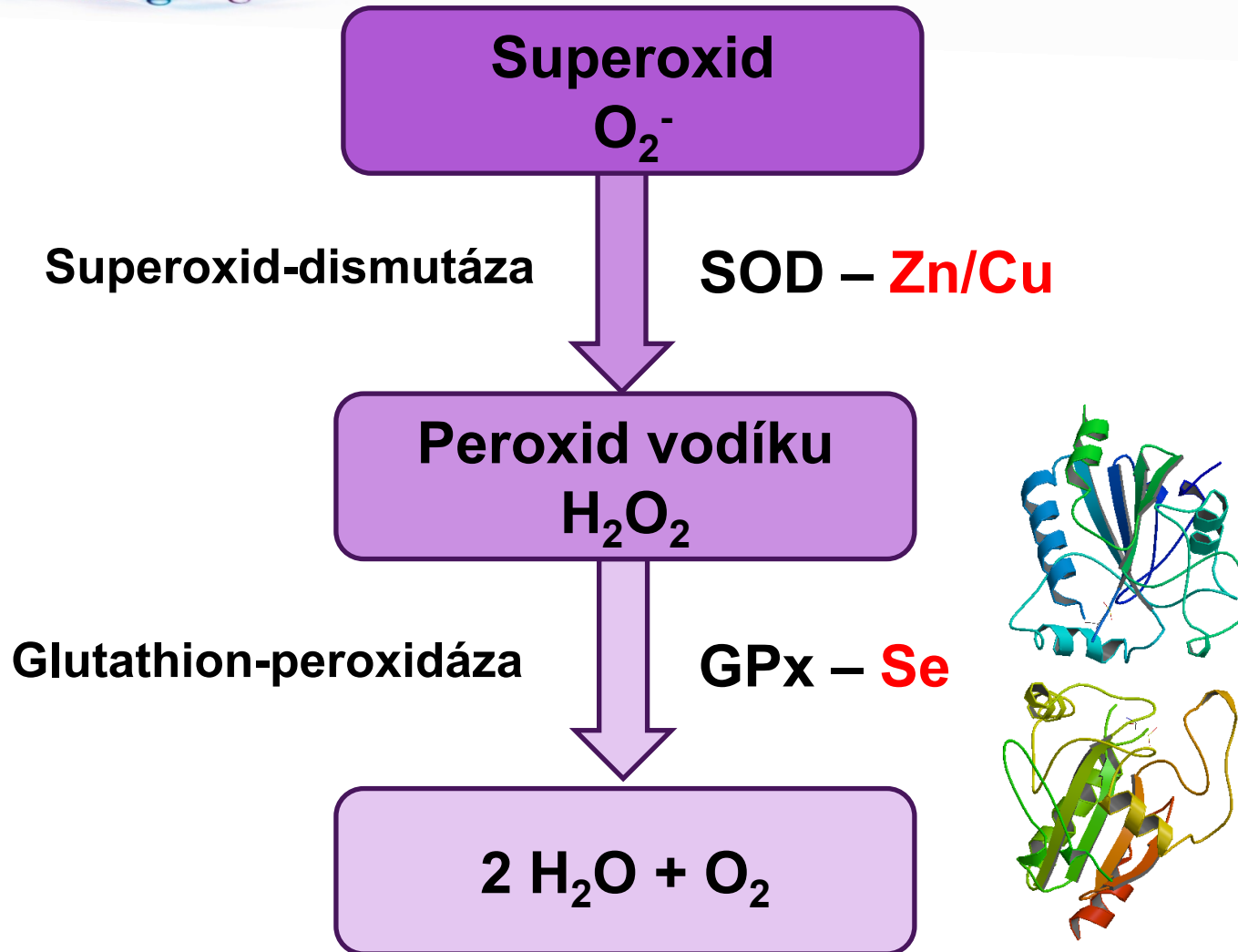
s nimiž je třeba počítat v klinické praxi

- **Geografické faktory ► obsah SP v prostředí**
  - nedostatek jódu v podhorských oblastech
  - nedostatek selenu 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

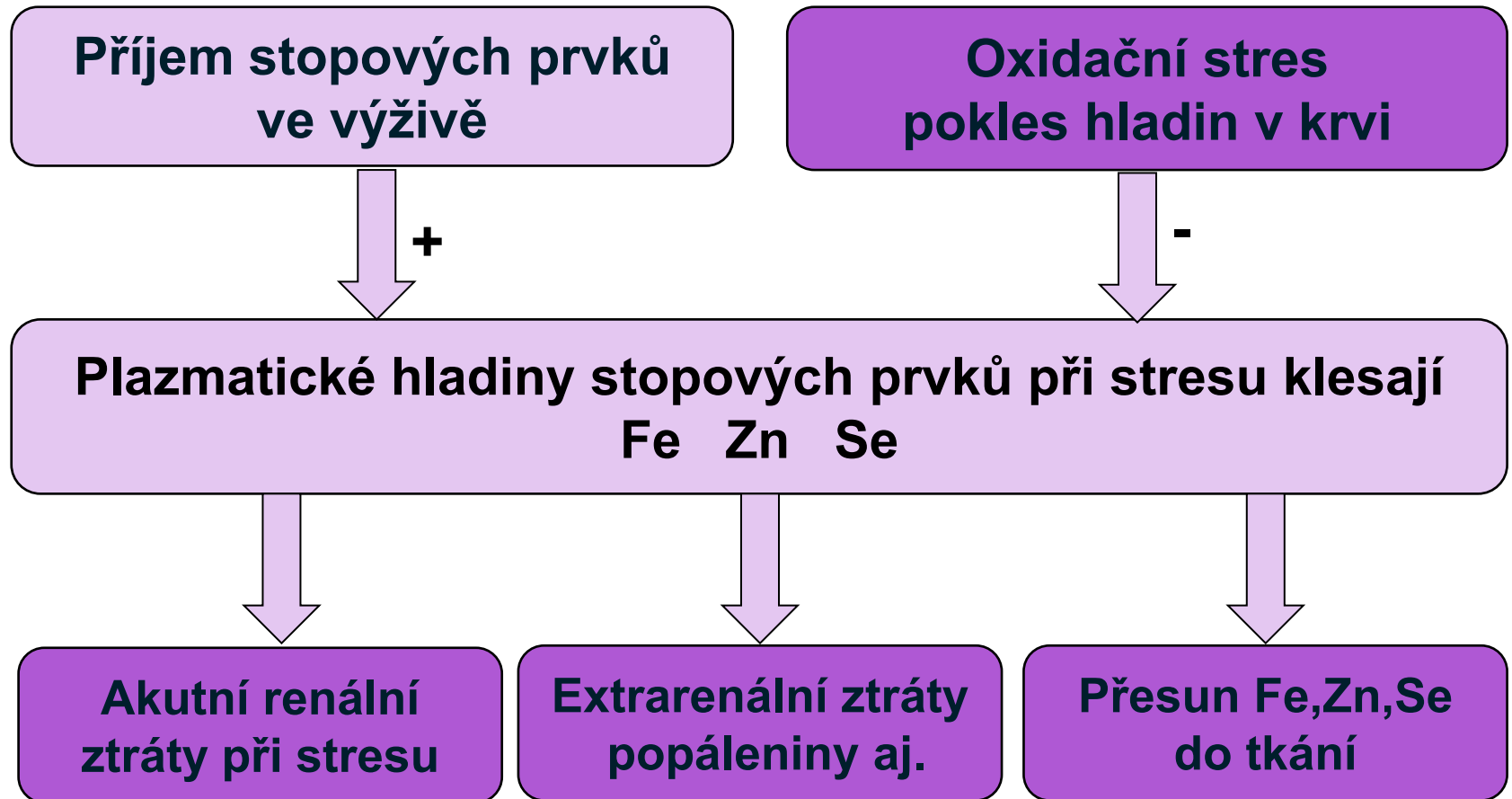
- **SP mohou být vázány na bílkovinu enzymu**
  - SP je přítom nutný pro maximální aktivitu enzymu
- **Metalothioneiny** fyziologicky váží **Zn, Cu, Se**
  - nízkomolekulární buněčné proteiny bohaté na cystein
  - účastní se detoxikace těžkých kovů
  - podílejí se na antioxidační obraně buňky
- **SP 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**
  - selen
  - 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 selenu

**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 inzulínu**
- **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 <sup>65</sup>

základní údaje k suplementaci (1  $\mu\text{mol}$  = 65  $\mu\text{g}$ )

- **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 $\mu\text{g}$
  - vit.C 180mg, vit.E 31,5mg,  $\beta$ -karoten 4,8mg

# Doporučené dávky zinku při enterálním podávání pro déletrvající suplementaci

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

# 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



# **selen ve výživě**

# Význam selenu v organismu, vylučování Se

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

# Forma selenu ve stravě a její vstřebávání

denní potřeba Se ve stravě 60-70  $\mu\text{g}$

## ■ Anorganická forma selenu

- vstřebává se 60 % přijatého množství
- seleničitan (anglicky *selenite*)  $\text{SeO}_3^{2-}$
- selenan (anglicky *selenate*)  $\text{SeO}_4^{2-}$

## ■ Organická forma selenu (vazba na AMK)

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

## ■ selen se vstřebává aktivním transportem

- průměrné vstřebané množství 80%



# Obsah selenu ve stravě a v organismu

denní potřeba Se ve stravě 60-70  $\mu\text{g}$

- **Výskyt selenu v prostředí**
  - nízký: Evropa (střední), Čína, Nový Zéland
  - vysoký: USA
- **Dietní zdroje selenu** (obsah na 100g před úpravou)
  - ryby (25-35 $\mu\text{g}$ ), mořské produkty
  - maso (5-15 $\mu\text{g}$ ), vejce-hlavně žloutek (11-14 $\mu\text{g}/\text{ks}$ ),
  - luštěniny (2-8 $\mu\text{g}$ ), sýry (4 $\mu\text{g}$ )
- **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 selenu v organismu 20 mg**
  - nejvyšší koncentrace: játra, ledviny, svaly, štítná žláza

# Projevy deficitu selenu

- **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
  - selen je součástí enzymů dejodáz
- **Subklinický dlouhodobý nedostatek Se**
  - zvýšená incidence nádorů?
  - zvýšená mortalita na zhoubné nádory?

# Monitorování selenu, Se<sup>79</sup>

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 selenu**
  - aktivita enzymu GPx v erytrocytech
  - selenoprotein P v krevním séru

# Suplementace selenu v praxi

- **Dietní zdroje selenu jsou omezené**
  - selen tableta 50  $\mu\text{g}$  nebo 100  $\mu\text{g}$  Se
  - Selzink tableta 50  $\mu\text{g}$  Se
- **Ve studiích dávky 200-400  $\mu\text{g}/\text{den}$** 
  - přirozená forma: selenem bohaté kvasnice
- **V praxi doporučeno limitovat celkový příjem selenu 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 selenu

- **selen 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, nauzea
  - dystrofie nehtů, ztráta nehtů, ztráta vlasů, kožní léze
  - abnormality nervového systému



# Železo ve výživě

# Železo, Fe<sup>56</sup>

## 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 O<sub>2</sub> 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 (1,1mg)
  - luštěniny (5-10mg), sója (9-15mg)
- **Vstřebávání Fe**
  - hemové Fe 15-35 %
  - nehemové (anorganické) Fe 10 %
  - potencováno přítomností vitamin 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 anémii 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, I<sup>127</sup>

## 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*) IO<sub>3</sub>
  - 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 selenem
  - při suplementaci jódu je doporučena současná suplementace selenu
- **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 dezinfekce může být dostačující k příjmu jódu**
  - ale ne používání chlorhexidinu
- **Roztoky PV mohou obsahovat malé množství jódu 15-25  $\mu\text{g}/\text{den}$**
- **Při krátkodobé PV nemusí být suplementace jódu nutná**
  - což může platit i pro některé jiné stopové prvky
  - ale většinou ne pro zinek a selen

# Nová směs stopových prvků Nutryelt® Baxter

obsahuje 9 stopových prvků (Nutryelt koncentrát pro infuzní roztok)

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

# 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, Mn<sup>55</sup>

## 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

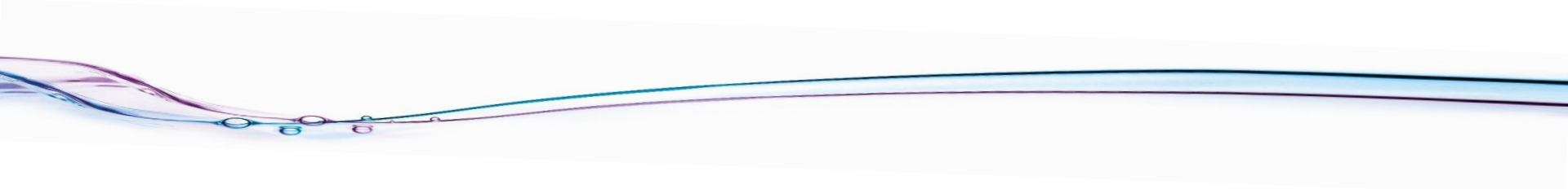
## manganismus

- **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
<b>Zn</b>	Zinek	mg	7-10	3-6,5
<b>Se</b>	selen	μg	60-70	60-100
<b>Fe</b>	Železo	mg	10	1,2
<b>Cu</b>	Měď	mg	1-1,5	0,3-0,5
<b>Mn</b>	Mangan	mg	2-5	0,06-0,1
<b>F</b>	Fluor	mg	3,1-3,8	0,95
<b>I</b>	Jód	μg	150-180	130
<b>Mo</b>	Molybden	μg	50-100	19
<b>Cr</b>	Chróm	μg	30-100	10-20



**Konec přednášky**