



# Mikroelementy

Libor Pazdera

# Minerální látky

- Makroelementy
  - Přívod nad 100 mg/den
  - Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S
- Mikroelementy
  - Přívod od 10 do 100 mg/den
  - Fe, Zn
- Stopové prvky
  - Přívod pod 10 mg/den
  - I, Cu, Cr, Mn, Se, F,...

# Železo



# Železo – výskyt v lidském těle

- Celkové množství Fe v lidském těle je 3 až 5 g
- Výskyt lze rozdělit do dvou skupin
  - Hemové železo – hemoglobin, myoglobin, cytochromy...
  - Nehemové železo – transferrin, ferritin, hemosiderin...
- Nejvyšší procentuální zastoupení je v hemoglobinu (60-70 %), dále zásobní železo (7-15 %), v myoglobinu (3-5 %), enzymy (10 %)

# Železo - funkce

- Transport kyslíku krevním řečištěm (hemoglobin)
- Skladování kyslíku ve svalové tkáni (hemoglobin, myoglobin)
- Katalýza oxidačně-redukčních reakcí (enzymy)
- Přenášení elektronů (FeS-proteiny,...)

# Železo – transport a zásobní formy

- Transferrin

- Transportní forma železa, obsahuje  $\text{Fe}^{3+}$

- Zásobní formy

- Hemosiderin (35 % tvoří Fe) a ferritin (23 % tvoří Fe)
  - Vyskytují se ve slezině, játrech a kostní dřeni
  - Železo je ve formě  $\text{Fe}^{3+}$



# Železo - vstřebávání

- Z trávicího traktu se vstřebává 5 až 15 %
- Vstřebatelnost železa je regulována (koncentrací sérového ferritinu), při nedostatku může stoupnout až na 30-60 %
- Regulace je řízena hormonem hepcidinem (nadbytek Fe -> vyšší hladina hepcidinu -> snížené vstřebávání Fe)
- Nejvíce železa se vstřebává v horní části dvanáctníku díky nízkému pH

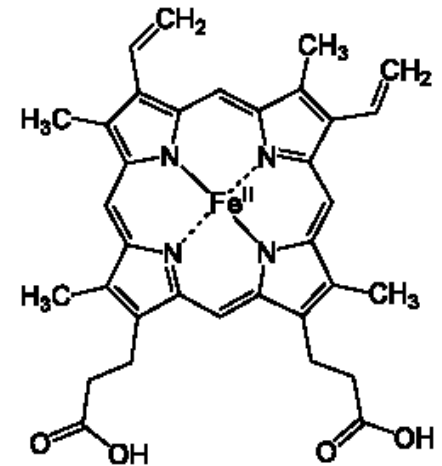
# Železo - vstřebávání

- **Nehemové Fe**

- 0,1 až 35 %
- Resorpce  $\text{Fe}^{2+}$  probíhá snadněji než  $\text{Fe}^{3+}$
- Při dostatečných zásobách je absorpce minimální, při nedostatku se absorpce zvýší až na hodnoty hemového Fe

- **Hemové Fe**

- Mnohem vyšší vstřebatelnost než nehemové Fe
- 20 až 50 %
- Absorpce střevní sliznicí jako porfyrinový komplex, uvnitř slizničních buněk se z vazby na porfyrin uvolňuje





# Železo – faktory ovlivňující vstřebávání

- Vstřebatelnost zvyšuje:
  - Vitamin C, organické kyseliny (citrónová, mléčná, jablečná), vitamin A, aminokyseliny - histidin, lysin, cystein... (zejména z masa – meat factor)



# Železo – faktory ovlivňující vstřebávání

- Vstřebatelnost snižuje:
  - Kyselina fytová, šťavelová, třísloviny (tanin), vyšší dávky P a Ca, vysoké dávky stopových prvků, fenolové látky, léčiva (antacida, betablokátory), některé druhy bílkovin (sójové bílkoviny, fosvitin vaječného žloutku,...)
- Vlákna – protichůdné výsledky



# Železo - Metabolismus

- Během trávení potravy redukce  $\text{Fe}^{3+}$  na  $\text{Fe}^{2+}$
- Ve slizničních buňkách oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$  a vytvoření ferritinu
- Při transferu do krve redukce  $\text{Fe}^{3+}$  na  $\text{Fe}^{2+}$  a uvolnění z ferritinu
- V krvi se  $\text{Fe}^{2+}$  oxiduje na  $\text{Fe}^{3+}$  a vstupuje do transferrinu
- Při přechodu do buněk se opět redukuje na  $\text{Fe}^{2+}$ , v buňce se stává opět součástí ferritinu
- Podle potřeby je poté opět uvolňováno pro syntézu enzymů, hemoglobinu, myoglobinu,...

# Železo – doporučení WHO (2001)

- Oddělené pití čaje a kávy od masových pokrmů. Nejlépe hodinu až dvě po konzumaci masa
- Konzumovat spolu s masnými pokrmy ovocné šťávy a ovoce s obsahem vitamínu C
- Konzumovat mléko, mléčné výrobky raději samostatně než s masovými pokrmy
- Konzumovat potraviny, které jsou bohaté na inhibitory vstřebávání Fe spolu s potravou s nízkým obsahem Fe př. celozrnné pečivo spolu s čajem a mléčnými produkty

# Železo – denní ztráty

- **Obligátní ztráty – 1 mg/den**
  - Krevní ztráty z GIT (0,35 mg), olupování buněk GIT (0,1 mg), žluč (0,2 mg), moč (0,8 mg), kůže (0,2 mg)
- **Menstruační ztráty**
  - 0,8 – 1,4 mg/den
  - Orální kontraceptiva redukují ztráty až o 50 %
- **Těhotenství – ztráty 4 mg/den**
  - Zvyšuje se vstřebatelnost (36. týden až na 66 %)
- **Patologické ztráty**
  - Hemeroidy, parazitózy, tumory GIT, jícnové varixy, malabsorpce, maldigesce, celiakie...

# Železo

mg / den

**Věk**

**M**

**Ž**

## Kojenci

0 až 3 měsíce

0,5

4 až 11 měsíců

8

## Děti

1 až 3 roky

8

4 až 6 let

8

7 až 9 let

10

10 až 12 let

12

15

13 až 14 let

12

15

## Mladiství a dospělí

15 až 18 let

12

15

19 až 24 let

10

15

25 až 50 let

10

15

51 až 64 let

10

10

65 let a více

10

10

**Těhotná žena**

30

**Kojící**

20

# Železo – nedostatek

- Snížená tělesná i duševní výkonost
- Sideropenická anémie (prelatentní, latentní a manifestní stádium)
- Snížená imunita
- Projevy tkáňového nedostatku Fe
  - Rýhované a lomivé nehty
  - Difúzní vypadávání vlasů
  - Ragády ústních koutků
  - Atrofie sliznic jazyka, hltanu a jícnu
  - Recidivující afty
  - Suchá kůže, pruritus



# Železo – rizikové skupiny

- Dětský věk
  - Nejčastější příčina anémie
  - U dětí zásoby do 3. až 6. měsíce (obsaženo v mateřském mléce)
- Adolescence
  - Rychlý růst -> zvýšená potřeba
- Těhotné a mladé ženy
- Vegetariáni
- Lidé trpící určitými chorobami





# Železo – přípravky obsahující Fe

- Perorální preparáty
  - 100 až 200 mg/den
  - Absorpce 25 až 30 %
  - Gastrointestinální potíže 15 až 25 %
- Injekční preparáty
  - 50 až 100 mg/den
  - Intramuskulární nebo nitrožilní podání
  - Možnost předávkování



# Železo – nadbytek

- Hemosideróza
  - Přetížení organismu Fe
  - Hromadění železa v tkáních (slinivka, klouby, kůže,...)
  - Hromadění hemosiderinu v játrech -> jaterní cirhóza
- Hemochromatóza
  - Dědičná porucha
  - Zvýšená resorpce železa
  - Důsledky stejné jako u hemosiderózy
  - Terapie: venepunkce, od diety ustoupeno, zákaz alkoholu
- Železo jako prooxidant v souvislosti se vznikem infarktu myokardu a jako promotor nádorových onemocnění
- Chronický alkoholismus

# Železo – výskyt v potravinách

- Smíšená strava obsahuje 5 - 15 mg volného Fe a 1 - 5 mg vázaného na hem
- Živočišné potraviny
  - Převažují hemové formy železa (hemoglobin)
  - Vaječný bílek (konalbumin), vaječný žloutek (fosvitin), mléko (laktoferrin, kasein)
- Rostlinné potraviny
  - Různé komplexy s alifatickými hydroxykyselinami, aminokyselinami, thioly, nukleotidy, bílkovinami,...

# ZDROJE ŽELEZA



# Železo – výskyt v potravinách

- (Majoránka – 374,2 mg/100 g)
- Vepřová játra – 15,3 mg/100 g
- Hoř. čokoláda (70-85 %) – 11,9 mg/100 g
- Hovězí ledviny – 7,8 mg/100 g
- Vejce – 7,7 mg/100 g
- Kuřecí játra – 6,7 mg/100 g
- Lískové ořechy – 5,8 mg/100 g
- Hovězí maso – 4,8 mg/100 g
- Hrách – 4,2 mg/100g

# Železo – zdravotní tvrzení

- Železo přispívá k normálním rozpoznávacím funkcím.
- Železo přispívá k normálnímu energetickému metabolismu.
- Železo přispívá k normální tvorbě červených krvinek a hemoglobinu.
- Železo přispívá k normálnímu přenosu kyslíku v těle.

# Železo – zdravotní tvrzení

- Železo přispívá k normální funkci imunitního systému.
- Železo přispívá ke snížení míry únavy a vyčerpání.
- Železo se podílí na procesu dělení buněk.

# Železo – zdravotní tvrzení

- Při konzumaci s jinými potravinami obsahujícími železo, maso nebo ryby přispívají k lepšímu vstřebávání železa.
- Měď přispívá k normálnímu přenosu železa v těle.
- Riboflavin přispívá k normálnímu metabolismu železa.
- Vitamin A přispívá k normálnímu metabolismu železa.
- Vitamin C zvyšuje vstřebávání železa



# Zinek



# Zinek – výskyt v lidském těle

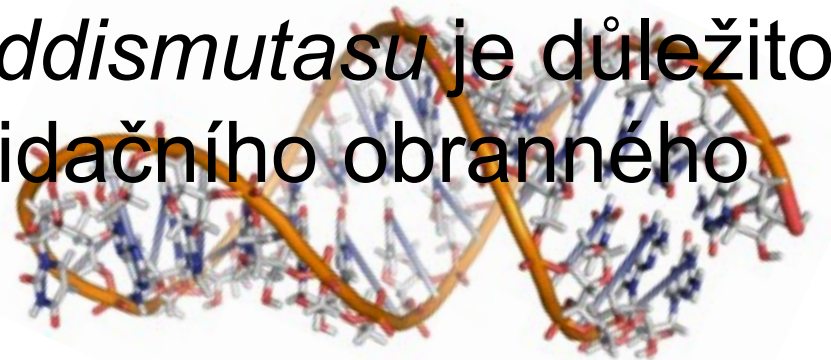
- Celkové množství Zn v těle je 1,4 až 3 g
- Největší zastoupení se nachází v kůži, vlasech, nehtech, pojivových tkáních, očních tkáních, játrech, ledvinách, slezině a mužských pohlavních orgánech
- V krevní plazmě je vázán na albumin nebo je obsažen v erytrocytech v enzymu *karbonátanhydratase*

# Zinek - funkce

- Je součástí více než 200 metaloenzymů, kde zastává katalytickou funkci
  - *Alkoholdehydrogenasa, laktátdehydrogenasa, superoxiddismutasa, alkalická fosfatasa, DNA-polymerasa, ...*
  - Účast v metabolismu proteinů, sacharidů, tuků, nukleových kyselin, hormonů a receptorů
- Tvoří komplexy s peptidovým hormonem slinivky břišní - inzulínem

# Zinek - funkce

- Prostřednictvím enzymů v metabolismu nukleových kyselin ovlivňuje buněčné dělení a diferenciaci buněk – dopad na růst a vývoj, regeneraci, hojení ran, humorální a především buněčnou imunitu
- Skrze *superoxiddismutasu* je důležitou součástí antioxidantního obranného systému



# Zinek - funkce

- Je nezbytný pro správnou funkci mužských gonád včetně spermatogeneze

- Udržuje integritu a správnou

bariérovou

vní

yslové



# Zinek - vstřebávání

- Z trávicího traktu se vstřebá 20 až 40 %
- Lépe vstřebatelný z živočišných potravin
- Vstřebáván v celém tenkém střevě prostou difúzí a skrze specifické ligandy
- V buňce střevní sliznice vázán na metalotionein

# Zinek – faktory ovlivňující vstřebávání

- Vstřebatelnost snižuje:
  - Fytová kyselina, oxaláty, vláknina, Fe, Cu, Ca, alkohol
- Vstřebatelnost zvyšuje:
  - Bílkoviny a aminokyseliny, citrát
- Resorpce Zn je vyšší u jedinců s nižší tělesnou hmotností a v případě nižší saturace organismu zinkem
- Vegetariáni konzumují asi o 1/3 více Zn, ale biologická hodnota je však nižší

# Zinek - metabolismus

- V krvi transportován skrze albumin, alfa-2-makroglobulin, histidin a cystin
- Vázaný zinek v krevní plazmě představuje nejdůležitější volnou a snadno dostupnou zásobu zinku
- Vylučuje se stolicí (žluč + epitelie střevní sliznice), velmi malé množství močí
- Abnormální ztráty
  - Průjmy, střevní píštěle, malabsorpce živin, vysoký příjem vlákniny, katabolismus



# Zinek

mg / den

**Věk**

**M**

**Ž**

## Kojenci

0 až 3 měsíce

1

4 až 12 měsíců

2

## Děti

1 až 3 roky

3

4 až 6 let

5

7 až 9 let

7

10 až 12let

9

7

13 až 14 let

9,5

7

## Mladiství a dospělí

15 až 18 let

10

7

19 až 24 let

10

7

25 až 50 let

10

7

51 až 64 let

10

7

65 let a více

10

7

**Těhotná žena**

10

**Kojící**

11

# Zinek - nedostatek

- Malý vzrůst, zpomalený růst a nedostatečný vývoj mužských gonád
- Změněná chuť a čich, nechutenství
- Alopecie, kožní změny, šeroslepost
- Průjmy
- Poruchy imunitní funkce
- Zhoršené hojení ran
- Glukózová intolerance
- Psychické změny



# Zinek – predispozice k deficitu

- Alkoholismus
- Mentální anorexie
- Chronický zánět střeva, Crohnova choroba
- Stavy po operaci střeva, střevní by-pass, syndrom krátkého střeva
- Jaterní cirhóza
- Nefrotický syndrom, renální insuficience
- Urémie
- Popáleniny
- Těhotné, dospívající



# Zinek – přípravky obsahující Zn

- Tablety Zn sulfát nebo acetát
  - Dávkování 45 – 90 mg/den
  - U starých lidí 20 mg/den
- Nežádoucí účinky
  - Snížené vstřebávání Cu -> anémie, řídnutí a šedivění vlasů
  - Nepříznivé ovlivnění hladin lipidů
  - Akutní toxicita – nevolnost a zvracení



# Zinek - nadbytek



- Zinek je relativně netoxický
- Akutní a chronické otravy zejména jako choroby z povolání (vdechnuté páry či prach) či konzumací potravin z pozinkovaných nádob
- Akutní otrava: např. 2 g Zn
  - Horečka slévačů – GIT poruchy, horečka, třesavka, bolesti hlavy, malátnost, kašel
- Chronická otrava: např. 110 mg/den
  - Hypochromní anémie a neutropenie

# Zinek - nadbytek

- Časté je také dnešní zneužívání megadávek Zn v doplňcích stravy
- Chronický zvýšený příjem porušuje metabolismus Fe a Cu
- Nedoporučuje se příjem Zn nad 25 mg/den



# Zinek – výskyt v potravinách

- Dobrým zdrojem Zn je hovězí, vepřové a drůbeží maso, plody moře, vejce, mléko a sýry
- Z rostlinných zdrojů celozrnné obiloviny, luštěniny, ořechy a semena



# Zinek – výskyt v potravinách

- Vlivem technických opatření při zpracování potravin a přípravě stravy může dojít u potravin s vysokým obsahem Zn ke snížení
- Vařením nebo skladováním s nižším pH nebo vařením vodu v nádobách galvanotechnicky potažených Zn může naopak obsah Zn stoupat





# Zinek – výskyt v potravinách

- Syrové ústřice – 39,3 mg/100 g (USA)
- Hovězí maso – 9 mg/100 g
- Vepřové maso – 5,72 mg/100 g
- Pšenice – 3,6 mg/100 g
- Sója – 3,6 mg/100 g
- Eidam – 3,45 mg/100 g
- Čočka – 3,2 mg/100 g
- Hrách – 2,9 mg/100 g
- Vejce – 1,29 mg/100g (US



# Zinek – zdravotní tvrzení

- Zinek přispívá k normálnímu metabolismu kyselin a zásad.
- Zinek přispívá k normálnímu metabolismu sacharidů.
- Zinek přispívá k normálním rozpoznávacím funkcím.
- Zinek přispívá k normální syntéze DNA.

# Zinek – zdravotní tvrzení

- Zinek přispívá k normální plodnosti a reprodukci.
- Zinek přispívá k normálnímu metabolismu makroživin.
- Zinek přispívá k normálnímu metabolismu mastných kyselin.
- Zinek přispívá k normálnímu metabolismu vitamínu A.

# Zinek – zdravotní tvrzení

- Zinek přispívá k normální syntéze bílkovin.
- Zinek přispívá k udržení normálního stavu kostí.
- Zinek přispívá k udržení normálního stavu vlasů.
- Zinek přispívá k udržení normálního stavu nehtů.
- Zinek přispívá k udržení normálního stavu pokožky.

# Zinek – zdravotní tvrzení

- Zinek přispívá k udržení normálního hladiny testosteronu v krvi.
- Zinek přispívá k udržení normálního stavu zraku.
- Zinek přispívá k normální funkci imunitního systému.
- Zinek přispívá k ochraně buněk před oxidativním stresem.
- Zinek se podílí na procesu dělení buněk.



# Řešení tajenek

# Tajenka č. 1 - řešení

1.						P	O	R	<b>F</b>	Y	R	I	N					
2.	H	E	M	O	S	I	D	<b>E</b>	R	Ó	Z	A						
3.						F	E	R	<b>R</b>	I	T	I	N					
4.						M	A	J	O	<b>R</b>	Á	N	K	A				
5.									D	<b>U</b>	O	D	E	N	U	M		
6.									H	E	<b>M</b>	O	G	L	O	B	I	N

# Tajenka č. 2 - řešení

1. M E T A L O E N **Z** Y M

2. M E T A L O T **I** O N E I N

3. I **N** Z U L Í N

4. K O J Í **C** Í

5. A L B **U** M I N

6. S P E R **M** A T O G E N E Z E



# Použité zdroje

- DASTYCH, Milan a Petr BREINEK. *Klinická biochemie: bakalářský obor Zdravotní laborant*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2008, 232 s. ISBN 978-80-210-4572-9.
- KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2015, xiii, 572 s. ISBN 978-80-247-4533-6.
- *Referenční hodnoty pro příjem živin*. V ČR 1. vyd. Praha: Společnost pro výživu, 2011, 192 s. ISBN 9788025469873.
- VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002, xv, 303 s. ISBN 80-86659-01-1.
- ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2008, 542 s., [5] s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-247-2844-5.
- Prezentace (Mgr. Jana Stávková, MVDr. Halina Matějová, Ing. Bc. et Bc. Aneta Pohořalá, doc. MUDr. Miroslav Tomáška, CSc.)

 **DĚKUJI ZA POZORNOST**