

8. přednáška

Téma přednášky:

Význam a charakteristika mikroelementů ve výživě člověka

Cíl přednášky:

Cílem přednášky je seznámit studenty s jednotlivými mikroelementy důležitými pro plnohodnotný život člověka. Studentům bude obecně vyloženo význam mikroelementů a dále následuje jejich výčet. Studentům bude vysvětlena chemická charakteristika prvku, jeho význam ve výživě člověka, doporučená denní dávka, klinické projevy nedostatku nebo nadbytku ve výživě a potravinové doplňky s obsahem příslušného prvku.

Mikroprvky

Železo - Fe

Patří mezi kovy VIII. skupiny periodické tabulky prvků. V přírodě se vyskytuje především ve formě oxidů (hematit, magnetit a limonit) a uhličitanů (siderit).

Podíl železa z tělesné hmotnosti je 0.004 - 0.007 %. Tělo dospělého člověka obsahuje přibližně 4,6 až 4,8 g Fe. 65 - 70 % je obsaženo v hemoglobinu a myoglobinu, přibližně 25 % je vázáno na transportní bílkoviny (ferritin, hemosiderin a transferin) a zbytek je obsažen v enzymech obsahujících železo.

Stravitelnost železa je závislá na schopnosti redukce jeho trojmocných iontů na dvojmocné, k této redukci dochází v žaludku za přítomnosti kyseliny chlorovodíkové a redukujících látek (kyselina askorbová, cystein a pod.). Dvojmocné železo se vstřebává především v duodenu, spojuje se s apoferritinem a je ve formě ferritinu deponováno v játrech. Stravitelnost železa snižuje vyšší obsah vápníku, fosforu, mědi, zinku a kadmia ve stravě.

Železo se velice špatně vstřebává, a to i při jeho velkém nedostatku v těle. Je známo, že tělo nejlépe vstřebává Fe přibližně 2 hodiny po procitnutí a postupně během dne schopnost příjmu Fe klesá až na nulu.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v mg
Děti do 8 let	10
Děti od 8 let	15
Ženy, ženy těhotné a kojící	18
Ženy nad 50 let	10
Muži	15
Muži nad 55 let	10
DDD v ČR stanovena vyhláškou	14

Někteří autoři doporučují pro těhotné ženy denní příjem Fe až 30 mg, aby se předešlo případné anémii. Potřebu Fe krýt z masa, doporučuje se navíc využívat přípravky obsahující Fe.

Průměrná ztráta za den u dospělého muže činí asi 1 mg, u dospělé ženy je nutno přičíst i ztráty v průběhu menstruace. Průměrná ztráta krve během menstruace je asi 35 až 70 ml, což odpovídá 16 až 32 mg Fe. Při intenzivním průběhu menstruace se ztráta Fe úměrně zvyšuje. V době kojení mohou být ztráty z těla matky zvýšeny o další 1 mg za den, z důvodu přenášení Fe do mateřského mléka. U rostoucích dětí a dorostu je nutné uvažovat se zvýšeným ukládáním v období intenzivního růstu o dalších 0,8 až 1 mg za den.

Děti se rodí se zásobou asi 36 mg Fe. Vzhledem k poměrně rychlému růstu se však tato zásoba velmi brzy spotřebuje a protože většinou ani mateřské mléko příliš mnoho Fe neobsahuje, mohou se po roce objevit klasické příznaky anémie.

Význam

Primární úlohou železa v organismu je přenos kyslíku, prostřednictvím hemoglobinu a uložení kyslíku pro potřebu svalového stahu, prostřednictvím myoglobinu. Železo je přítomno i v hemových enzýmech - cytochromech, podílejících se na přenosu elektronů a některých detoxikačních reakcích. Je obsaženo i v některých nehemových enzýmech a metaloproteinech.

Při mobilizaci železa z feritinu na transferitin musí být oxidováno na trojmocný iont, prostřednictvím enzymu ceruloplazminu. Tento enzym obsahuje v molekule měď, při jejím nedostatku může docházet k poruchám transportu železa a vzniku anemie.

Projevy nedostatku

Malý deficit železa vede k nedostatečné funkci enzymů dýchacího řetězce a snižuje výkonnost organismu. Větší deficit vede k poruchám erythropoezy, projevujícím se snížením počtu červených krvinek a nižším obsahem hemoglobinu v erythrocytech (hypochromní mikrocytární anemií). Toto onemocnění bývá v praxi pozorováno pouze u novorozenců matek s deficitní výživou a kuřaček. **Anemie** se projevuje apatií, nápadnou bledostí, zpomalením růstu a změnami v krevním obrazu. V praxi lze tomuto stavu zabránit podáváním vysokomolekulárních sloučenin železa se stopami mědi.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem železa je poměrně vzácný. Tento stav se může projevit u lidí s nadměrnou schopností vstřebávat Fe přes střevní stěnu. Tato anomálie může být dědičná, vyskytuje se však zřídka. U těchto lidí se může nahromadit v těle až 50 g Fe. Tento jev, označovaný jako hemosideróza, může doprovázet bronzové zbarvení kůže a zřejmě vlivem toxického působení nevázaného železa ve tkáních se mohou objevit příznaky poškození jater s příznaky cirhózy, diabetu a fibrózy slinivky.

Přírodními zdroji železa je pro člověka zejména maso (především červené – tzv. hemové železo) a masné výrobky.

Potravinové minerální doplňky

Při podávání Fe ve formě síranu železnatého ve formě tablet 3x denně, dosahuje polední příjem přibližně 12 – 18 %ní účinnosti ve srovnání s ranním příjmem a odpolední nebo večerní příjem je již prakticky neúčinný. Navíc řada lidí má nepříjemné pocity nevolnosti žaludku vyvolané právě síranem. Síran železnatý, používaný v potravinových doplňcích, likviduje z chemického hlediska biologickou účinnost vitamínu E.

Povolenými formami suplementace jsou citronan železnatý hexahydrát, fumaran železnatý, chlorid železnatý tetrahydrát, chlorid železitý hexahydrát, oxid železitý, mléčnan železnatý trihydrát, síran železnatý dihydrát, síran železnatý pentahydrát, síran železnatý heptahydrát, síran železnatý monohydrát, uhličitan železnatý a chelát železa a aminokyselin n-hydrát.

Průměrný obsah Fe v některých potravinách (v mg / kg)

Mléko plnotučné	do 2,5
Sýr ementál	9
Veje	21
Fazole	60
Hrách	50
Kukuřičné zrno	24
Brambory	17
Hovězí a vepřové maso	25 a 20
Játra hovězí	71
Mrkev a špenát	7 a 70
Kapusta a rajčata	10 a 5
Mouka žitná	48
Ovesné vločky	36
Ořechy	21
Jablka a pomeranče	3,5 a 5

Měď - Cu

Patří mezi kovy I. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě se vyskytuje jak ryzí, tak ve sloučeninách jako chalkopyrit, chalkosin, malachit a azurit.

Obsah mědi v organismu je poměrně malý a mění se s příjmem mědi v potravě. Těle dospělého člověka obsahuje přibližně 100 až 150 mg. **V organismu se vyskytuje nejčastěji ve formě nejrůznějších proteinů s enzymatickou aktivitou.** Měď se vstřebává především v žaludku a tenkém střevě. Její stravitelnost je negativně ovlivněna hladinou molybdenu v potravě, za fyziologický se považuje poměr mědi k molybdenu 3 - 5 : 1 za přítomnosti síry. Dalšími prvky ovlivňujícími stravitelnost mědi jsou zinek, stříbro, olovo, mangan a kadmium.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v mg
Děti do 8 let	0,3 – 0,6
Děti od 8 let	0,8
Ženy	1,5
Muži a těhotné ženy	2,0
Kojící ženy	1,8 – 2,2
DDD v ČR stanovena vyhláškou	není stanovena

Význam

Významnou funkcí mědi je podíl na vstřebávání železa a jeho mobilizaci z tělesných rezerv. Je obsažena v enzymu ceruloplazminu, katalyzátoru oxidace dvojmocného železa na trojmocné. Tím umožňuje přeměnu feritinu na transferitin. Měď se též podílí na inkorporaci železa do molekuly hemu. Je složkou řady enzymů, stimuluje glykogenezi a lipogenezi, je nutná pro tvorbu pigmentů a keratinu. Někteří autoři udávají zvýšenou retenci dusíku a zvýšení stravitelnosti bílkovin a tuků.

Projevy nedostatku

Projevy nedostatku mědi ve výživě člověka ve vyspělých zemích se vyskytují pouze vzácně. Přítomnost mědi ve stravě člověka je dostatečná. Příznaky případného deficitu mědi je anemie, zpomalení růstu, pokles příjmu potravy, úporné páchnoucí průjmy, dystrofické změny nervové tkáně a poruchy osifikace. Nedostatek mědi vyvolává i poruchy reprodukce. Jedním z výrazných příznaků deficitu mědi je tzv. achromotrichie - depigmentace vlasů a chlupů. Depigmentace je vyvolána poruchou funkce enzymu tyrozinázy podílející se na syntéze melaninu.

U dětí v afrických zemích vlivem nedostatku mědi v půdě dochází u novorozenců k vysoké mortalitě. U starších dětí vzniká chronická forma onemocnění charakterizovaná slabostí končetin, potácivou chůzí, někdy i parézami a paralýzami. V některých případech se může vyskytnout i anemie.

Projevy nadbytku

Dlouhodobý nadbytek způsobuje zvýšené ukládání mědi do jater a vyvine se cirhóza. Nahromadění mědi v ledvinách poškozuje tubuly a vede to mimo jiné ke zvýšenému

vylučování aminokyselin a peptidů, případně i glukózy. U lidí trpících Wilsonovou chorobou, způsobenou výrazně zvýšenou schopností vstřebávání mědi ve střevě, dochází ke zvýšení obsahu nevázané mědi v tkáních. To proto, že při této chorobě je buď snižena produkce ceruloplasminu a nebo je snížena produkce bílkoviny, která měď váže. Tato nevázaná měď může tvořit abnormální vazby s bílkovinami, například mozku a jater. Výskyt tohoto onemocnění je poměrně vzácný. Jednorázový vysoký příjem mědi, řádově v gramech, je toxický a způsobuje otravy s klasickými průvodními příznaky. Objevují se pocity nevolnosti, nutkání ke zvracení, pocení, třes a pocity úzkosti.

Přírodními zdroji mědi jsou obiloviny, luštěniny, brambory a potraviny živočišného původu.

Potravinové minerální doplňky

Pro výrobu doplňků výživy se nejčastěji používá oxid měďnatý nebo síran měďnatý. Využitelnost oxidivé formy je však velice nízká a nedosahuje ani 5 %. V poslední době se objevily i přípravky, kde je měď vázaná na proteináty nebo jednotlivé aminokyseliny - methionát měďnatý. Z pohledu účinnosti vstřebávání je nejvhodnější vazba na laktát. Dalšími povolenými formami suplementace jsou octan měďnatý, chlorid měďnatý dihydrát, uhličitan-dihydroxid měďnatý monohydrát a propionan měďnatý.

Průměrný obsah Cu v některých potravinách (v mg / kg)

Mléko plnotučné	0,3
Sýr ementál	1,3
Vejce	0,3
Fazole	10
Hrách	9
Kukuřičné zrno	2
Brambory	11
Hovězí a vepřové maso	1,5
Játra hovězí	36
Mrkev a špenát	0,8 a 5
Kapusta a rajčata	0,7 a 0,9
Mouka žitná	6
Mouka pšeničná hrubá	2
Ovesné vločky	7
Hřiby	10
Jablka a pomeranče	0,9 a 2

Mangan - Mn

Mangan patří mezi kovy VII. B skupiny v periodické tabulce prvků, v přírodě se vyskytuje nejčastěji ve formě oxidu manganického (MnO_2).

Tělo dospělého člověka obsahuje přibližně 10 mg manganu, může se však od této hodnoty výrazně odlišit v závislosti na kvalitě kostí. Vyšší hladina manganu je především ve tkáních bohatých na mitochondrie, v játrech, slinivce, svalech, mozku, ledvinách a kostech. V orgánech drůbeže je více manganu než v odpovídajících savčích tkáních. Resorbuje se především v duodenu a dalších úsecích tenkého střeva. Vylučován je především žlučí.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v μg a mg
Děti do 8 let	400 μg
Děti od 8 let	800 μg
Ženy	1,4 mg
Muži a těhotné ženy	2,0 mg
Kojící ženy	4,0 mg
DDD v ČR stanovena vyhláškou	není stanovena

Význam

Působí jako kofaktor některých enzymů a metaloenzymů, je důležitý pro vývoj mezibuněčné hmoty kostí a chrupavek. Mangan významně ovlivňuje krvetvorbu a zasahuje do syntézy kyseliny askorbové. Přídavek manganu doplňky zlepšuje příjem a ukládání vápníku a fosforu v kostech.

Projevy nedostatku

Nedostatek manganu vede k nedostatečné funkci enzymů obsahujících mangan. Důsledkem je zpomalení růstu, abnormality kostí, zvýšené ukládání tuků, dystrofie varlat a vaječnicků. Nedostatek manganu brání účinnému zabudování vápníku do kostí. Při výraznějším, déle trvajícím nedostatku, může být tento proces tak silně narušen, že ani zvýšený přívod Ca v potravě nezajistí odpovídající zlepšení při léčbě osteoporózy. Další příznaky jsou poruchy nervového systému, narušení odbourávání cukrů a tuků.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem manganu se v praxi nevyskytuje, s výjimkou oblastí zamořených průmyslovými exhaláty. Dlouhodobý nadbytek způsobuje poruchy v metabolismu vápníku a hořčíku, což se může projevit patologickými změnami kostí a zubů, ale i zvracením, průjmy a pneumonií.

Přirozenými zdroji manganu jsou rostlinné potraviny, zejména obilniny, olejniný a luštěniny, velice bohaté na mangan jsou borůvky a maliny, ale i ořechy.

Potravinové minerální doplňky

Převážná většina doplňků výživy obsahuje mangan ve formě oxidu, někdy se používá síran nebo chlorid. Moderní biotechnologické postupy již dovolují výrobu i laktátové formy, což bylo donedávna doménou pouze živých organismů.

Průměrný obsah Mn v některých potravinách (v mg / kg)

Mléko plnotučné	0,5
Sýr ementál	0,3
Vejce	0,3
Fazole	20
Hrách	10
Kukuřičné zrno	8
Brambory	11
Hovězí a vepřové maso	0,5
Játra hovězí	2,5
Mrkev a špenát	3 a 20
Borůvky a maliny	35
Mouka pšeničná hrubá	7
Ovesné vločky	40
Ořechy	18
Jablka a pomeranče	0,8 a 0,3

Zinek - Zn

Patří mezi kovy II. B skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách, nejvýznamnější z nich je sfalerit (ZnS).

Nejvíce zinku je v organismu obsaženo ve svalech, játrech, kostech a mléčné žláze. Savčí tkáně obsahují asi polovinu zinku oproti tkáním ptáků. Tělo dospělého člověka obsahuje přibližně 2,3 g zinku. Resorpce zinku je aktivní proces, část zinku je zadržena ve střevní mukóze odkud je pomalu uvolňován. Ve střevě se váže na bílkovinu a za spotřeby ATP je přenesen přes bazální membránu. Vstřebaný zinek se váže na albumin a je přes játra distribuován do dalších tkání.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v mg
Děti do 8 let	5
Děti od 8 let	8 – 10
Ženy	12
Muži a těhotné ženy	15
Kojící ženy	12
DDD v ČR stanovena vyhláškou	15

Význam

Zinek je nezbytný pro správnou funkci několika stovek enzymů. Je součástí oční duhovky a je zapojen do fotochemických procesů vidění. Ovlivňuje metabolismus bílkovin, sacharidů, některých hormonů a regulaci imunitního systému, je součástí molekuly inzulínu. Zinek má nezanedbatelný vliv na reprodukci, zejména činnost varlat a vaječnicků. Ovlivňuje vylučování gonadotropinů, androgenů a prostaglandinů. Podílí se na uvolňování prolaktinu a na kontrakcích děložního svalstva v průběhu porodu. Ovlivňuje také motilitu spermií a jejich schopnost penetrace do vajíčka. Zinek je rovněž velmi důležitý ve vztahu k imunitě lidského organismu.

Zinek tvoří komplex s inzulínem a je proto zajímavé zjištění, že slinivka diabetiků obsahuje asi polovinu normálního množství Zn. V bílých krvinkách lidí postižených leukémií je obsah zinku dokonce 10x nižší, než u zdravého člověka. Stejně je tak prokázáno snížené množství Zn u lidí postižených trpaslictvím.

V kostech se, jako složka alkalické fosfatázy (ALP), zúčastňuje osifikace. Ovlivňuje keratinizaci sliznic, kůže a kožních derivátů. Biochemická aktivita Zn je spojená s udržováním normální hladiny vitamínu A v plasmě. Zdá se, že je potřebný pro uvolňování vitamínu A z jater. Jeho funkce v játrech je spojena i s odbouráváním alkoholu. Ukázalo se, že lidé postižení onemocněním jater – cirhózou – mají výrazně snížený obsah Zn v játrech. Zinek příznivě působí na hojení ran a zvyšuje účinnost některých hormonů. Obohacení potravy laktátem Zn vede v individuálních případech k překvapivým výsledkům při léčení některých kožních, zejména ekzémových onemocnění. Zde je třeba zdůraznit, že je nutné spolupůsobení dalšího mikroelementu a tím je trojmocný chrom.

Projevy nedostatku

Nedostatek zinku snižuje syntézu bílkovin a vyvolává zpomalení růstu. Projevuje se šeroslepostí, poruchami imunity, záněty kůže, špatným hojením ran a narušenou osteogenezí. Nedostatek zinku vede při graviditě ke zpomalení vývoje plodu a zvýšenému výskytu kongenitálních malformací, dochází k deformacím rourovitých kostí, kostí lebky a obratlů.

O výskytu stavů, pohybujících se na hranici nedostatku Zn bylo referováno u skupiny zdánlivě zdravých dětí, které měly jako výrazné příznaky sníženou ostrost chuti, špatnou chuť k jídlu a pomalejší růst. Výrazného zlepšení se dosáhlo obohacením stravy tímto prvkem.

Specifickým onemocněním vyvolaným deficitem zinku je **parakeratóza** (parakeratosis). Jde o onemocnění epidermální vrstvy kůže. Kůže ztrácí elasticitu, praská a objevují se na ní tmavé krusty. V důsledku sekundární infekce může dojít i k zánětlivým změnám.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem zinku je poměrně vzácný, vyskytuje se především předávkováním přípravky s vysokým obsahem zinku. Otrava je vyvolána především antagonistickým vztahem zinku k železu a mědi, snižuje stravitelnost fosforu, způsobuje anemie a poruchy trávení.

Přírodními zdroji zinku jsou především zrniny, luštěniny, ořechy, semena slunečnice a dýně, kvasnice, maso, vejce.

Potravinové minerální doplňky

Běžná strava pokrývá přibližně 60 až 80 % denní potřeby Zn. **Podobně jako u vápníku však není vhodný jednorázový příjem většího množství Zn. Dávku je vhodné rozdělit na menší části a tyto konzumovat v průběhu dne.** V tomto případě sice nejsou bezprostředně negativně

ovlivněny ledviny, avšak výrazné náhlé zvýšení obsahu Zn v plasmě by vedlo k porušení rovnováhy a Zn by působil proti vazbě jiných prvků na důležité enzymy a snižoval by tak účinnost těchto enzymů.

Stravitelnost zinku je dána použitou formou, z anorganických forem je nejlepší u síranu zinečnatého (15 - 40 %). Organické formy zinku (proteináty, kvasinky, laktáty a pod.) mají stravitelnost několikanásobně vyšší. Stravitelnost zinku snižuje interakce s dalšími prvky (vápníkem, železem, mědí, manganem a selenem), jeho využitelnost je snížena při avitaminózách A a D a vyšším obsahu kyseliny fytové v potravinách.

Laktátová forma Zn je využitelná téměř 100 %. V případě glukonátu Zn jsou z 5 mg využity asi 4 mg a z orotátu Zn jen asi 3,2 mg. Z 5 mg oxidu zinečnatého jen asi 0,2 – 0,4 mg, při konzumaci nalačno asi 0,6 mg.

Dalšími povolenými formami suplementace jsou chlorid zinečnatý, mléčnan zinečnatý, octan zinečnatý, síran zinečnatý monohydrát, síran zinečnatý heptahydrát a uhličitán zinečnatý.

Průměrný obsah Zn v některých potravinách (v mg / kg)

Mléko plnotučné	4
Sýr ementál	12
Vejce	14
Fazole	100
Hrách	40
Kukuřičné zrno	16
Brambory	2
Hovězí a vepřové maso	30 a 40
Játra hovězí	51
Mrkev a špenát	30 a 9
Cibule	14
Mouka pšeničná hrubá	9
Ovesné vločky	140
Ořechy	24
Jablka a pomeranče	1,5 a 1,7

Ultramikroprvky

Kobalt - Co

Patří mezi kovy VIII. B skupiny v periodické tabulce prvků. Kobalt se vyskytuje ve všech živočišných tkáních a orgánech, především v játrech, ledvinách, kostech, štítné žláze a vaječnicích. Stravitelnost kobalaminu (vitamínu B₁₂) je podmíněna jeho průchodem žaludkem, kde se váže na vazebnou bílkovinu (vnitřní faktor). Střevní mikroflóra člověka využívá kobalt pro syntézu kobalaminu, vzniklý vitamín však je využíván pouze za přívodu vazebních bílkovin (intrinsic factor) tvořeného v přebytku v žaludku.

Doporučená denní dávka

Denní potřeba kobaltu je velmi malá a pohybuje se od 1 do 3 mg. Při dodržení zásad pestré stravy je dostatečný přísun zajištěn.

Význam

Kobalt zasahuje do metabolismu bílkovin, cukrů a minerálních látek, je aktivátorem některých enzymů a významným faktorem optimálního využití jodu, při jeho nízké hladině v krvi, štítnou žlázou. Funkce kobaltu jako součásti vitamínu B₁₂ je popsána v kapitole vitamíny.

Projevy nedostatku

Nedostatek kobaltu vede k poklesu příjmu potravy, hubnutí. Nespecifickým příznakem deficitu kobaltu je makrocytární anemie, na rozdíl od deficitu železa, při kterém vzniká anemie mikrocytární. Specifickým onemocněním vyvolaným nedostatkem kobaltu je akobaltóza (acobaltosis) projevuje především apatii a hubnutím. Nedostatek kobaltu vede ke snížení stravitelnosti železa a vzniku anemie.

Projevy nadbytku

Vysoký příjem kobaltu vyvolává zpomalení růstu, poškození kostí a narušení plodnosti.

Přirozenými zdroji kobaltu je především maso a vnitřnosti, ale i potraviny rostlinného původu, hlavně luštěniny.

Potravinové minerální doplňky

Povolenými formami suplementace jsou chlorid kobaltnatý hexahydrát, octan kobaltnatý tetrahydrát, síran kobaltnatý monohydrát, síran kobaltnatý monohydrát, síran kobaltnatý monohydrát, bis(uhličitan) tris(hydroxid) kobaltnatý monohydrát, chelát kobaltu a aminokyselin n-hydrát a propionan kobaltnatý.

Jód - I

Patří mezi halogeny do VII. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě se vyskytuje především ve formě nejrůznějších sloučenin v mořské vodě.

Obsah jódu v těle dospělého člověka činí asi 50 mg a závisí na úrovni jeho příjmu, 80 % jódu je uloženo ve štítné žláze, zbytek v krvi, mozku, kůži a dalších tkáních. Jód je resorbován ve střevech, jeho stravitelnost snižuje vápník, hořčík a železo. Z krve je aktivně tzv. "jódidovou pumpou" vychytáván a deponován štítnou žlázou.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v µg
Děti	120
Dospělé osoby	200
DDD v ČR stanovena vyhláškou	150

Význam

Jód ve štítné žláze slouží k jodaci tyreoglobulinu a syntéze thyroïdálních hormonů (thyroxinu a trijodthyroninu), jód nezachycený štítnou žlázou a uvolněný při dejodaci thyroïdálních hormonů je vylučován především močí, zčásti i žlučí. Hladina jódu v moči je základním ukazatelem úrovně jeho příjmu a je využívána k zjištění případného deficitu. Jód sám o sobě není fyziologicky aktivní, teprve inkorporován do thyroxinu a trijodthyroninu má hormonální účinek. Hormony štítné žlázy jsou nezbytné pro činnost nervové, reprodukční a dalších tkání. Spektrum jejich účinků je velmi široké, mají kalorigenní účinek, zvyšují v tělních buňkách rychlost oxidace a produkci tepla. Ovlivňují růst a vývoj, účastní se regulace metabolismu lipidů, proteinů a sacharidů.

Projevy nedostatku

Nedostatek jódu se objevuje především ve vnitrozemských strumigenních oblastech, mezi které patří celá střední Evropa. **Projevuje se hypofunkcí štítné žlázy, sníženou syntézou a sekrecí thyroideálních hormonů a zvětšením štítné žlázy - endemickou strumou. Hypofunkce štítné žlázy se projevuje snížením metabolismu sacharidů, tuků a bílkovin a produkce tepla.**

Nedostatečný příjem jódu v graviditě může vést k abortům, k mentálnímu poškození plodu, případně k rození slabých dětí (Asie) s příznaky hypotyreózy a strumou. U dospělých lidí dochází k poruchám reprodukce, snížení výkonnosti a mentálním poruchám, pomalý puls, nižší systolický tlak. **Osoby postižené hypotyreózou** bývají obézní, mají zvýšenou hladinu cholesterolu, ale uvolňování mastných kyselin z tukové tkáně se snižuje.

Hypofunkce štítné žlázy může vzniknout i při dostatečném příjmu jódu, působením strumigenních látek narušujících metabolismus jódu a syntézu thyroideálních hormonů. K poruchám může dojít při konzumu vysokých dávek strumigenních potravin, např. kapusty a luštěnin, obsahujících thiokyanáty. Obdobně mohou působit i strumigeny obsažené v pitné vodě, jednomocné anionty (dusičnany, dusitany, jodičnany, chloristany a pod.) a huminové kyseliny. Strumigenní účinky byly popsány i u některých antibiotik, sulfonamidů, pesticidů, polychlorovaných bifenyly a ftalátových esterů. Projevy nedostatku jódu mohou být zvýrazněny deficitem selenu, zinku, hořčíku a dalších prvků. Jodid draselný se používá rovněž jako antidotum proti radioaktivním zplodinám v případě jejich nebezpečí výskytu.

Nadměrná produkce hormonů štítné žlázy způsobuje onemocnění **hyperthyreozu**. I při tomto onemocnění se objevuje struma, nemusí však k tomuto otoku dojít. Objevují se stavy únavy, nervozita, úbytek na váze, zvýšená teplota s nadměrným pocením a zrychlení srdeční činnosti.

Projevy nadbytku

S nadměrným příjmem jódu se u člověka nesetkáváme. K otravě jódem (jodismu) může dojít při chybné manipulaci s minerálními doplňky. Dlouhodobý přebytek jódu v potravě se projevuje slzením, rýmou, kašlem, horečkou a dermatitidou.

Přírodními zdroji jodu jsou ryby, mořské řasy, minerální voda. Obsah jódu v rostlinách je závislý na jeho zastoupení v půdě a vzdálenosti lokality od moře.

Potravinové minerální doplňky

Příjem jodu je u nás velmi nízký, zvláště v některých oblastech s vyšší nadmořskou výškou, kde se v půdě téměř nevyskytuje. Jeho nedostatek neřeší ani jodizace soli. Jako jedno z možných řešení se ukazuje fortifikace minerálních nebo stolních vod jodem a jodizace soli používané při výrobě potravin. Nevýhodou jodizace stolních vod a soli je nestabilita tohoto přídatku, a proto je nutné dodržet expirační dobu uvedenou na etiketě.

Povolenými formami suplementace je především jodid draselný, z nějž je jód velmi dobře využitelný. Dále se může využívat jodid sodný, jodičnan vápenatý bezvodý, jodičnan vápenatý hexahydrát, jodičnan vápenatý monohydrát a jodované nenasycené mastné kyseliny.

Průměrný obsah I v některých potravinách (v mg / kg)

Mléko plnotučné	100
Sýr ementál	100
Vejsce	100
Fazole	do 100
Hrách	100
Kukuřičné zrno	20
Brambory	200
Hovězí a vepřové maso	do 100 a do 80
Játra hovězí	do 100
Mrkev a špenát	100 a 300
Cibule	300
Mouka pšeničná hrubá	do 100
Ovesné vločky	60
Ořechy	30
Jablka a pomeranče	40 a 20

Molybden - Mo

Patří mezi kovy VI. skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se nachází především jako sulfid - molybdenid.

Nejvíce molybdenu je obsaženo v játrech a ledvinách, menší množství ve svalech a dalších orgánech. Stravitelnost molybdenu je poměrně vysoká. Neexistuje pro něj bariérový mechanismus, proto hrozí poměrně velké riziko předávkování. Utilizace molybdenu v játrech je snížena při předávkování mědi, naopak vysoký příjem molybdenu snižuje resorpci mědi a syntézu ceruloplazminu. Hladiny molybdenu a mědi ve tkáních lze snížit přidáním síranů do doplňků potravin.

Doporučená denní dávka

Denní potřeba molybdenu se pohybuje kolem $30 \mu\text{g}$ u dětí a přibližně 60 až $80 \mu\text{g}$ u dospělých.

Význam

Molybden je součástí flavinových enzymů a některých metaloenzymů, zúčastňujících se na oxidoredukčních pochodech. Molybden je antagonistou mědi. Spolu se železem je obsažen v enzymu xantinoxidáze. Podporou ukládání fluóru působí zvyšování pevnosti kostí a zubů. Je důležitým růstovým faktorem pro střevní mikroflóru.

Molybden je v současné době předmětem intenzivního výzkumu ve spojitosti s tvorbou červených krvinek. Ovlivňuje totiž procesy uvolňování železa z jater.

Projevy nedostatku

Nedostatek molybdenu se v praxi neobjevuje. Deficit vede k potlačení funkce enzymů obsahujících molybden, zpomalení růstu, snížení plodnosti a zvýšení hladiny mědi v játrech. V důsledku nižšího ukládání fluóru v kostech může docházet k častějším zlomeninám.

Projevy nadbytku

Nadměrný příjem molybdenu je častější než karence, vede k zvýšené aktivitě xantinoxidázy, zvýšení hladiny kyseliny močové a dně. Nadbytek molybdenu brzdí resorpci mědi a tvorbu ceruloplazminu, což může vést k anemii. Specifickým onemocněním z

nadbytku molybdenu je molybdenóza, která se především projevuje průjmem, hubnutím, krvácivostí, a může dojít i k úmrtí. Preventivně lze k odvrácení otravy molybdenem použít vysoké dávky mědi, nebo methioninu.

Přírodními zdroji molybdenu jsou játra a jiné vnitřnosti, v menší míře maso, z potravin rostlinného původu to jsou obilné otruby, melasa, luštěniny a listy zeleniny.

Potravinové minerální doplňky

Potravinové doplňky na bázi molybdenu nejsou z hlediska výživy člověka nutné. Povolenými formami suplementace jsou heptamolybdenan hexaamonný tetrahydrát, molybdenan sodný dihydrát.

Selen - Se

Patří do VI. skupiny v periodické soustavě prvků. V přírodě je poměrně vzácný.

V organismu je přítomen ve všech tkáních, především v játrech, ledvinách, srdci, slezině, plicích a v mozku. Tělo dospělého člověka obsahuje velmi malé množství selenu, uvádí se údaj kolem 5 mg. Pokud je však zajištěn vyšší příjem potravou, jeho obsah se výrazně zvýší. Resorpce selenu probíhá především v duodenu. Stravitelnost selenu je ovlivněna i přítomností dalších prvků, známý je antagonistický vztah selenu a síry. Selen se vylučuje močí, stolicí a mlékem, při nadměrném příjmu je část selenu vylučována i vydechovaným vzduchem.

Doporučená denní dávka

Věková kategorie	DDD v µg
Děti do 8 let	15
Děti od 8 let	20
Ženy	35
Muži	50
Těhotné a kojící ženy	30
DDD v ČR stanovena vyhláškou	není stanovena

Někteří odborníci pod vlivem výsledků výzkumu v oblasti volných radikálů doporučují dávky až pětinasobné. Se selenem je však nutné zacházet v doplňcích výživy velmi obezřetně, neboť se jedná o prvek, který při vyšších příjmech způsobuje nepříjemné zdravotní problémy a otravy.

Význam

Selen se podílí na funkci celé řady enzymů, nejvýznamnějším z nich je glutathionperoxidáza, která má důležitou roli v ochraně tkání před oxidativním poškozením buněk. Selen se spolu s vitamínem E účastní syntézy koenzymu A. Vzhledem k chemické podobnosti selenu a síry dochází k nahrazení síry v některých peptidech a bílkovinách, při větším příjmu selenu může tento jev způsobit poruchy jejich funkcí. Selen je v malých množstvích nepostradatelný pro tkáňové dýchání.

Projevy nedostatku

Nedostatek selenu vede k poškozování svalových buněk, nervového systému, jater a reprodukčních orgánů. Vede k snížení výkonnosti, poruchám reprodukce, výskytu hemorhagického syndromu a myokarditid.

Projevy nadbytku

Ve vyšších dávkách je selen vysoce toxický a karcinogenní, k otravám člověka může dojít při předávkování minerálními doplňky na bázi selenu. U zvířat byly zjištěny otravy především u skotu, který se pásal na pastvinách s vysokým obsahem Se v půdě a došlo k jeho kumulaci v rostlinách. Otravy se projevují těžkými poruchami CNS, paralýzami, poruchami příjmu potravin a vypadáváním vlasů. Selen může nahrazovat síru ve všech molekulách, především aminokyselin methioninu a cysteinu, dochází k jeho kumulaci v organizmu a chronickým otravám.

Přírodními zdroji selenu jsou především mořské ryby. Údaje o obsahu Se v potravinách se velice různí, zejména u poživatin rostlinného původu. Vyplývá to z proměnlivého obsahu Se v půdě. Je prokázáno, že některé kulturní rostliny jsou schopné se adaptovat na vyšší obsah Se v půdě a také větší množství Se přijmout do své tkáně. Výborným kumulátorem selenu jsou houby.

Potravinové minerální doplňky

Nedostatek selenu v lidské výživě se může řešit doplňkem selenu do krmiv hospodářských zvířat a tím se zvýší jeho hladina v potravinách živočišného původu. Další cestou je aplikace potravinových doplňků s obsahem Se. U tohoto prvku však není vhodné konzumovat ve formě doplňků výživy jednorázově vyšší dávku, než je 300g. Zejména ne u těhotných žen. Nejvhodnější je dávku rozdělit do několika částí. Je třeba také upozornit na skutečnost, že některé dovozové přípravky obsahují Se ve formě selenanu, který je klasifikován jako nebezpečný jed. Jeho koncentrace je v uvedených přípravcích mnohonásobně nižší, než je akutní toxická dávka. Nejčastěji je Se v doplňcích výživy obsažen jako seleničitan sodný, jehož metabolická využitelnost je přibližně 5x nižší, než v případech organicky vázaného Se. Některými autory doporučené dávky až 200g denně se právě vztahují k použití této sloučeniny jako zdroje Se, neboť vychází z předpokladu jeho nízké využitelnosti. Před těmito vysokými dávkami je však nutné varovat, neboť mohou vyvolat příznaky otravy.

Nejvhodnější formou příjmu je opět vazba Se do organické sloučeniny, například jako selenocystein případně selenocystinu. Vhodný je i vázaný ve formě seleno-metioninu.

Chróm - Cr

Patří mezi kovy VI. skupiny v periodické tabulce prvků. V přírodě se vyskytuje v různých sloučeninách. **Biologicky významný je trojmocný chróm,** šestimocný je hlavně produktem průmyslové výroby. Zatímco u šestimocného chrómu byla prokázána spojitost s karcinogenezí, trojmocný chróm **je naprosto netoxický.** Trojmocný chróm se vyskytuje především jako oxid chromitý.

Chróm je přítomen především ve tkáních s vysokým metabolismem sacharidů (glukózy). **Obsah chrómu v těle není zatím spolehlivě stanoven.** Předpokládá se, že činí méně než 1 mg. Anorganické formy chrómu jsou poměrně málo stravitelné (0.5 - 5 %), v poslední době se ve výživě člověka uplatňují především organické formy tohoto prvku, jejichž stravitelnost se pohybuje mezi 10 a 25 %. Vstřebávání chrómu se děje aktivně stejnou cestou jako u železa, kompetitivní inhibicí transferinu může nadbytek železa způsobit pokles stravitelnosti a transportu chrómu v organizmu. Vylučování chrómu se děje především močí.

Doporučená denní dávka

V odborné literatuře není mnoho zmínek o doporučovaných denních dávkách. Většinou se vztahují na příjem chrómu, vázaného do anorganických sloučenin **chloridu chromitého.** Jeho využitelnost v těle je však velice malá a **doporučované denní dávky kolem 200 µg odpovídají metabolické využitelnosti kolem 5 až 8µg.** Uvádí se, že denní metabolicky využitelný příjem by měl činit u dětí kolem 5µg, **u dospělých asi 10µg.** Příjem tohoto množství odpovídá příjmu přibližně 11µg Cr³⁺ ve formě laktátu, případně asi 30µg Cr³⁺ ve formě pikolinátu nebo 150 µg Cr³⁺ ve formě neautolyzovaných kvasnic. U lidí konzumujících vyšší dávky řepného cukru sacharózy, diabetiky a zejména lidi vystavené zvýšené psychické zátěži jsou doporučované dávky přibližně trojnásobné, tzn. kolem 30µg. Stejný příjem je doporučován i lidem s redukční dietou. Doporučená denní dávka chrómu není v ČR vyhláškou stanovena.

Význam

Chróm hraje významnou roli v metabolismu sacharidů (glukózy) a lipidů. Jako součást faktoru tolerance glukózy umožňuje správnou funkci inzulínu a udržení normální glykémie. Trojmocný chróm zesiluje účinek inzulínu při vstřebávání a využití glukózy. U pacientů trpících cukrovkou, výrazně zlepšuje hladinu krevního cukru a cholesterolu. Chróm má vliv na metabolismus nukleových kyselin a je součástí některých enzymů.

Projevy nedostatku

Nedostatek chrómu má podobné následky jako nedostatek inzulínu. Důsledkem jeho deficitu je snížení schopnosti normálně metabolizovat sacharidy, snížení periferní citlivosti vůči inzulínu, celková únava, vyšší krevní tlak, vyšší hladina cholesterolu a cukru v krvi, zhoršení metabolismu bílkovin, nervové poruchy a může se projevit i snížení plodnosti u mužů.

Stav nedostatku lze snadno přivodit u lidí, vystavených zvýšenému psychickému zatížení. Jedná se zejména o pracovníky v administrativě nebo manažerské činnosti, na nichž leží zvýšená odpovědnost a nesmí při své práci udělat chybu. Tyto činnosti totiž vyžadují zvýšený energetický příjem do mozku a protože hlavní energetickou sloučeninou pro mozek je glukóza, je efekt trojmocného chrómu zcela opodstatněný. Při intenzivnějším transportu glukózy a její přeměně se trojmocný chróm více vylučuje z těla z těla ven. Stejně tak mají zvýšené nároky i lidé, kteří rádi mlsají sladké cukroví a zákusky, nebo pijí větší množství slazené kávy, čaje, případně jiných nápojů.

Projevy nadbytku

Akutní otravy trojmocným chrómem nelze v praxi dosáhnout, smrtelná dávka je přibližně 500 mg/kg hmotnosti (asi stonásobek vůči šestimocnému chrómu). Chronická otrava se projevuje zvracením, průjmem a poškozením ledvin.

Přírodními zdroji chrómu jsou kvasnice obohacené Cr, celé pšeničné zrna 170 až 180 µg Cr ve 100 g, bílá pšeničná mouka pouze 25 µg ve 100 g, v ostatních obilninách poloviční množství než v pšenici, zelenina a ovoce 10 až 20 µg ve 100 g, mléko 30 až 50 µg v litru – od dojníc na pastvině, mléko od dojníc krmených především silážemi obsahuje výrazně méně Cr.

Z celkového množství chrómu, přijatého běžnou potravou se v zažívacím ústrojí dokáže vstřebat jen asi 3 %. S přibývajícím věkem se schopnost vstřebávat Cr přijatý potravou ještě

snižuje. Dovedávna byly za nevhodnější zdroj považovány kvasinky, obohacené tímto prvkem. Přesto ani v tomto případě nebyla využitelnost vyšší, než 5 %.

Potravinové minerální doplňky

Jak již bylo uvedeno výše je z anorganických doplňků na bázi chrómu nejčastěji využíván chlorid chromitý. Z hlediska metabolické využitelnosti jsou optimálnější organicky vázané formy chrómu, jako je laktát, pikolinát nebo neautolyzované kvasnice.

Pod pojmem metabolická využitelnost trojmocného chrómu se myslí ten podíl prvku přijatého potravou, který se vstřebá do krve a je zabudován do těla žádoucích sloučenin a struktur. Výsledky modelových pokusů naznačují, že metabolická využitelnost Cr^{3+} je silně závislá na formě, v jaké je chróm do těla přijat. Posuzujeme-li využitelnost z pohledu rychlosti transportu do cílového místa, pak $5\mu\text{g Cr}^{3+}$ ve formě laktátu odpovídá přibližně 14 až $15\mu\text{g Cr}^{3+}$ ve formě čistého pikolinátu nebo čistého komplexu s kyselinou nikotinovou, přibližně 28 až $32\mu\text{g Cr}^{3+}$, vázaného na kvasničnou biomasu s vysokým stupněm rozkladu kvasničných buněk a 80 až $95\mu\text{g Cr}^{3+}$, obsaženého v neporušených nebo živých kvasničných buňkách. Srovnatelnost s anorganickou formou byla nejhorší, neboť využitelnost chrómu vázaného do formy chloridu byla více než 25x menší. Je však nutné mít na zřeteli, že uvedené poměry lze výrazně změnit složením potravy. Obecně lze však konstatovat, že laktátovou formu lze považovat za fyziologicky a metabolicky nejpřijatelnější a její transportní účinnost se blíží 98 %.

Fluor - F

Význam

Fluor je prvek nezbytný pro tvorbu kostí a zvláště pro tvorbu zubů, kde tvoří součást zubní skloviny. Naváže-li se F na anorganickou složku zubů, vzniká sloučenina s výrazně zvýšenou tvrdostí.

Doporučená denní dávka

Doporučená denní dávka se pohybuje kolem 2 mg u dětí a u dospělých 3 až 4 mg. Dávky nad 20 mg jsou toxické. Část doporučeného množství dodává potrava, část pitná voda.

Projevy nedostatku

Nedostatek fluoru se projevuje především sníženou kvalitou kostí a nedostatečnou pevností zubní skloviny a zvýšenou kazivostí zubů.

Projevy nadbytku

Nadměrný přísun fluoru je nebezpečný, protože působí degeneraci kostí a zubů, která se projevuje měkčutím kostí, křečemi v nohou a zvýšenou nervozitou. V přítomnosti F přestává pracovat enzym, odpovědný za ukládání vápníku a fosforu do kostí a zubů. Negativně ovlivňuje i některé další enzymy, uplatňující se v reakcích, které probíhají v mozku

Potravinové minerální doplňky

Fluor se nejčastěji dodává v anorganické podobě jako fluoridy. V oblastech s nedostatkem fluoru v půdě se voda dříve fluoridovala – v současné době se to ale již neprovádí. Obvykle se fluoridy přidávají do zubních past – jejich resorpce je ale v tomto případě zřejmě velmi nízká. Fluoridizace vody a fortifikace zubních past F má řadu odpůrců. To z toho důvodu, že zvýší-li se obsah F v pitné vodě na dvojnásobek stanovený normou, stává se již toxickým. Tito odpůrci pak právě poukazují na fakt, že zajisti správné dávkování fluoridu do pitné vody je velice problematické, neboť jeho dávkování je velice malé, řádově 1 : milionu. Navíc je účinek fluoridu v zubní pastě podle řady autorů eliminován zvýšenou konzumací cukru. K dostání jsou na trhu tablety s obsahem fluoridů.

Nikl – Ni

Jedná se o prvek, který působí synergicky s kobaltem při krvetvorbě a synergicky se zinkem při syntéze insulinu. Je aktivátorem některých enzymů. **Denní potřeba činí kolem 20 µg. Dobrým zdrojem niklu jsou** např. luštěniny a zelené části rostlin.

Biologická účinnost niklu je zkoumána v souvislosti se sníženou sexuální aktivitou. Při sledování vlivu zinku na možné podpoření funkcí pohlavních žláz bylo vypořazováno, že účinek byl lepší, pokud byl přídavek zinečnaté soli znečištěn stopami niklu. Přídavek vitamínu E tento efekt ještě více zesílil. Doposud není objasněn mechanismus jeho působení.

Křemík – Si

Tento prvek je podle některých autorů také jedním z esenciálních mikroelementů, ale jeho význam je nejasný a měl by být potvrzen dalšími výzkumy. **Křemík je obsažen v kostech.** Vyskytuje se hlavně ve formě křemičitanů, což jsou chemicky velice stabilní a málo reaktivní sloučeniny. **Je proto velice udivující používání křemičitanů nebo oxidu křemičitého v různých doplňcích výživy. Takový to křemík je v těle neupotřebitelný, poněvadž tyto sloučeniny nejsou rozpustné ve vodě a ani pod vlivem kyseliny chlorovodíkové nejsou převáděny na rozpustnou formu.** V některých rostlinách, zejména v kopřivách, je obsažena kyselina křemičitá, a tato forma křemíku je pro organismus podstatně využitelnější.

Vanad – V

Vanad je důležitý **pro regulaci mineralizace kostí a zubů.** Denní potřeba je nižší než u chromu, skutečný příjem není dostatečně prozkoumán.

Brom - B

Brom patří také k esenciálním prvkům, kde **působí např. na správnou činnost hypofýzy.** Vyskytuje se buď organicky vázaný nebo iontový (nahrazuje chloridy). Vyšší obsah bromu najdeme **v potravinách mořského původu.**

Souhrnná tabulka významu minerálních látek ve výživě člověka

Název prvku	Význam	Projevy při nedostatku	Projevy při nadbytku	Zdroj
Calcium	stavební součást kostí a tkání, svalová kontrakce, ovlivňuje srdeční činnost	Osteoporóza, osteomalácie	srdeční blok	mléko, sýry, zelenina, ústřice
Chlor	udržení pH, vstřebávání bílkovin	alkalóza, zvracení		mléko, vejce, stolní sůl
Chrom	hladina glykémie – inzulín	DN		kvasnice
Kobalt	součást vitamínu B12		kardiomyopatie	široce rozšířený
Měď	vztah k červeným krvinkám, zasahuje do metabolismu	anémie, zvýšení cholesterolu v krvi, osteoporóza, nervová choroba		játra, maso, ryba
Fluor	vztah ke kostem a zubům	kazivost zubů	usazování fluoru v tkáních	voda, tablety
Jód	vztah k T4 a T3	kretenismus		jodizovaná sůl, mořské ryby
Železo	metabolismus, protilátky, hemoglobin	anémie	hemosideróza	játra, maso, vejce, zelenina
Hořčík	metabolismus, součást enzymů, vztah ke svalové dráždivosti	křeče		maso, luštěniny
Mangan	aktivace enzymů, součást kosterních struktur			obiloviny, luštěniny
Molybden	zasahuje do metabolismu uhlovodanů			obiloviny, luštěniny
Fosfor	uložený v kostech, součást nárazníků, vztah ke svalové tkáni	je spojen s metabolismem vápníku	je spojen s metabolismem vápníku	mléko, vejce, maso, luštěniny
Draslík	svalové kontrakce, srdeční rytmus, nitrobuněčný prvek	zvracení, rychlá srdeční činnost	při rozpadu buněk (šok), blokuje činnost srdce, zvýšený při selhání ledvin	vše
Selen	enzym Glutathion	onemocnění srdce, svalů		zelenina, maso
Sodík	osmotický tlak, mimobuněčný prvek	zvracení, odvodnění, snížení krevního tlaku	edémy	stolní sůl, vejce, mléko
Síra	obsažena v bílkovinách, detoxikační účinky			bílkoviny
Zinek	metabolismus červených krvinek, vztah ke kůži, svalům, bílým krvinkám, střevům			maso, obiloviny, sýry