

Výživa a její vztah ke kostnímu metabolismu

prof. MUDr. Petr Broulík, DrSc.¹, prof. MUDr. Antonín Kazda, DrSc.²

III. interní klinika¹ a UKBLD² 1. LF a VFN, Praha

Osteoporóza je závažné onemocnění civilizované společnosti vedoucí ke zlomeninám, jejichž komplikace mohou vést až ke smrti. Zatímco máme bohatou literaturu vztahující se k účinku jednotlivých léků na metabolismus kostí, literatura zabývající se vztahem výživy a stopových prvků na metabolismu kostí je ojedinělá. Stále větší pozornost je ale věnována požadavkům na adekvátní výživu během celého života a jejího vztahu k osteoporóze. Správná výživa s dostatkem bílkovin je nesmírně důležitá pro normální metabolismus kostí. Kumulativní vliv výživy je významný především v určení vrcholu kostní hmoty a dalšímu udržování kostní hmoty po celý život. Kost vyžaduje mnoho nutričních faktorů, aby zůstala zdravá a pevná. Jde o vitamin D, kalcium, fosfor, zinek, mangan, měď, vitamin K a C a dostatek proteinů. Zvláště dostatek kalcia (500 až 1500 mg denně) a vitaminu D (denní dávka doporučovaná 800 IU denně) jsou pro kost nezbytné. Důležitý je dostatek vitaminu D a kalcia během růstu k dosažení vrcholu kostní hmoty předurčeného geneticky. Naše schopnost přesně najít vztah mezi jednotlivými nutričními faktory nebo i celou dietou při výstavbě a udržování kostní hmoty je limitována metodologickými potížemi.

Klíčová slova: výživa, osteoporóza, kalcium, vitamin D.

Nutrition and its relationship to bone metabolism

Osteoporosis is a serious disease of civilized society, leading to fractures whose complications can lead to death. While we have abundant literature related to the effects of drugs on bone metabolism, literature dealing with nutrition and trace elements on bone metabolism is unique. More and more attention is paid to the requirements for adequate nutrition throughout life and its relation to osteoporosis. The proper nutrition with sufficient amount of protein is extremely important for normal bone metabolism. The cumulative effects of nutrition is particularly important in determining peak of bone mass and further maintaining bone mass throughout the life. Bone requires a lot of nutritional factors to remain healthy and strong. This is vitamin D, calcium, phosphate, zinc, manganese, copper vitamin K and C and sufficient amount of protein. In particular sufficient calcium (500 to 1500 mg daily) and vitamin D (recommended dose 800 IU daily) are necessary for bone. In particular it is important sufficient amount of vitamin D and calcium during the growth to reach peak of bone mass which is genetically predetermined. Our ability to find out the relationship between nutritional factors or even whole diet on building and maintaining bone mass is limited by methodological difficulties.

Key words: nutrition, osteoporosis, calcium, vitamin D.

Interní Med. 2009; 11(3): 111–114

Osteoporóza je progresivní systémové onemocnění skeletu charakterizované úbytkem kostní hmoty a poruchami mikroarchitektiky kostní tkáně s následným zvýšením fragility kostí a zvýšeným rizikem zlomenin. Zlomeniny těl obratlových jsou nejčastější klinickou manifestací osteoporózy (OP). O stavu skeletu v dospělosti se rozhoduje již dětstvím a dospíváním. Do 25 až 30 let se buduje takzvaný vrchol kostní hmoty. V 70 % je tento vrchol kostní hmoty dán geneticky. Na zbývajících 30 % se pak podílí způsob života v mládí, tj. výživa, tělesný pohyb, kouření a drogy. Kost má celoživotní vysokou metabolickou aktivitu, zajišťuje hladinu kalcia v krvi, spoluúčastní se při úpravě acidobazické rovnováhy, vytváří prostor pro kostní dřev a má mechanické funkce.

Osteoporóza je závažné onemocnění civilizované společnosti vedoucí ke zlomeninám, jejichž komplikace mohou vést až ke smrti. Je velice častá ve stáří a je příčinou morbidit a mortality u obou pohlaví. Ztráta kosti je kolem 0,2–0,5 % ročně u mužů i žen po 40–45 letech

věku. Příčina těchto na věk vázaných změn kostní hmoty je multifaktoriální a obsahuje genetickou predispozici, nutriční faktory, endokrinní poruchu, tělesnou váhu a fyzickou aktivitu.

Kost vyžaduje mnoho nutričních faktorů, aby zůstala zdravá a pevná. Jde o vitamin D, kalcium, fosfor, zinek, mangan, měď, vitamin K a C a dostatek proteinů. Během růstu je zvláště důležitý dostatek vitaminu D a kalcia k vytvoření vrcholu kostní hmoty předurčeného geneticky. Pro ženy těhotné a kojící je důležitá správná dieta s dostatkem kalcia a vitaminu D. Nedostatek kalcia v dietě způsobuje jeho zvýšenou resorpci z kostí. Naše schopnost přesně najít vztah mezi jednotlivými nutričními faktory nebo i celou dietou při výstavbě a udržování kostní hmoty je limitována metodologickými potížemi. Ačkoliv výživa je důležitou součástí léčby osteoporózy, její význam je hlavně preventivní. Kumulativní vliv výživy je významný především v určení vrcholu kostní hmoty a dalšímu udržování kostní hmoty po celý život. Předpoklady pro pozdější rozvoj osteoporózy vznikají v dětství a dospívání.

V tomto období jsou zvýšené nároky na správnou výživu a dostatek všech nutričních faktorů. Pro normální kostní mineralizaci jsou důležité prvky, jako je vápník, fosfor, hořčík a rovněž vitamin D. Pro syntézu kolagenu jsou důležité bílkoviny, měď, zinek a železo. Období puberty je zásadní pro dosažení vrcholu kostní hmoty. Během 4 let dospívání dochází až k 40 % nárůstu kostní hmoty. Nízká spotřeba mléčných výrobků v dětství je spojována s nízkým příjmem kalcia, folatu, riboflavinu, vitaminu B₆, magnézia a draslíku.

Kalcium je hlavní stavební složka kostní tkáně. Je ukládáno do kosti v komplexu minerálů nazývaném hydroxyapatit, který se podílí na pevnosti kosti. Koncentrace kalcia v krvi je udržována velice úzce na konstantní hodnotě.

Kalcium se resorbuje v tenkém střevě pasivní difúzí a aktivním mechanismem přes kalcium vázající protein. Tento děj vyžaduje přítomnost vitaminu D. Potřeba kalcia se během života mění, záleží na věku a na aktuální životní situaci. Je zvý-

Tabulka 1. Denní potřeba kalcia v jednotlivých věkových skupinách

děti od 1 do 5 roků	800 mg/den
děti od 6 do 10 roků	800–1000 mg/den
mladiství 11 až 24 roků	1200 až 1500 mg/den
muži od 25 do 65 roku, ženy od 25 roků do menopauzy	1000 mg/den
ženy po menopauze s hormonální substituční léčbou (HRT)	1000 mg/den
ženy gravidní a kojící	1200–1500 mg/den
ženy po menopauze bez HRT, muži nad 65 roků	1500 mg/den

šená v pubertě během růstu, těhotenství, kdy je z těla matky vyživován plod, a po menopauze nebo andropauze, kdy se snižuje produkce po-
hlavních hormonů.

Během dospívání a v době rychlého rů-
stu kosti má tělo zvýšené požadavky na příjem
kalcia a během této doby se resorpce kalcia
střevem výrazně zvyšuje. S postupujícím vě-
kem se resorpce kalcia střevem snižuje. Pro
správnou resorpci kalcia je nutná dostatečná
hladina vitamínu D. Nejvíce dostupnými zdroji
kalcia v dietě jsou mléko a mléčné produkty,
kysané produkty, jako např. jogurt nebo kefir,
mají větší využitelnost kalcium karbonátu. Mléko
se jeví jako vhodná potrava pro prevenci oste-
oporózy i v několika studiích (7, 10, 13). Dalšími
potravinovými zdroji kalcia jsou některé druhy
zeleniny (brokolice – dva svazky 240 mg kalcia,
kadeřavá kapusta), ryby s měkkými kostmi (sar-
dinky – 240 mg kalcia, makrela) nebo ořechy
a sýrový sýr s kalcem. Některé druhy zeleniny
však obsahují oxaláty nebo fytyáty, které váží kal-
cium ve střevě. V období dospělého věku (25–30
let do období menopauzy) postačují většinou
pro pokrytí potřeby kalcia potravinové zdroje.
S rostoucím věkem u většiny lidí klesá příjem
kalcia ve stravě, což zvyšuje riziko osteoporózy.
Doporučené dávky kalcia pro starší občany, tj.
kolem 1500 mg kalcia denně, je velice těžké do-
sáhnout jenom složením potravy, zvláště když
starší občané mohou mít sníženou chuť k jídlu
způsobenou sníženou fyzickou aktivitou nebo
navozenou léky. Proto po poradě s lékařem je
nutné stravu obohacovat kalciovými suplemen-
ty. Kalcium carbonicum se podává s jídlem a je-
ho rozpustnost záleží na aciditě žaludečního ob-
sahu. Kalcium citricum je daleko lépe rozpustné
a je možné ho podávat nalačno. Blokátory H₂
receptoru a inhibitory protonové pumpy snižují
vstřebatelnost vápníku, jelikož redukuje kyselost
žaludečního prostředí.

Hořčík je v 60 % uložen v kostech.
Magnézium je důležité pro metabolismus
matrixu kostní hmoty a má svoji důležitou roli
v metabolismu ATP a jako kofaktor cca 300 en-
zymů v lidském těle. Dospívající děti vyhýbají-

cí se mléčným výrobkům mají rovněž snížený
příjem hořčíku. Mléčné výrobky v USA dodá-
vají až 20 % magnézia v potravě. Doporučený
příjem magnézia u 9–13letých dívek je 223 ±
8 mg za den (14).

Studie hodnotící význam podávání hořčíku
u nemocných s osteoporózou jsou limitované
a neposkytují jednoznačné závěry (1).

Stejně jako kalcium je rovněž důležitý pro
zdravou kost **vitamin D**. Kůže produkuje vitamin
D₃, který je přítomný rovněž v rybách s dostatek-
em tuku, jako jsou např. makrela a losos. Vedle
vitamínu D₃ existuje vitamin D₂, který se vyskytu-
je v rostlinách. Má sice podobnou molekulu jako
vitamin D₃, ale není tak účinný (2). Oba tyto vita-
miny se mění hydroxylací v játrech a ledvinách
na aktivní metabolity, které pak mají rozhodující
účinek na vstřebávání kalcia střevem a vyka-
zují velké spektrum dalších efektů na cílových
tkáních, které představují zejména kosti, svaly,
vnitřní orgány, jakož i imunitní systém. Podle
posledních doporučení se radí podávat 800 IU
vitamínu D denně. Zvláštní pozornost je třeba
věnovat seniorům, u kterých je schopnost tvořit
vitamin D kůží výrazně snížena. U dětí nedosta-
tek vitamínu D vede k poruše mineralizace kostní
matrix a následně k růstové retardaci a kostním
změnám známým jako křivice. U dospělých vý-
razný nedostatek vitamínu vede k osteomalacii –
měknutí kosti s poruchami mineralizace.

Množství cholekalciferolu v těle reflektu-
je hladina jeho aktivního metabolitu, který
se tvoří v játrech, tj. 25 hydroxycholecalciferolu
(kalcidiol). Hladiny kalcidiolu pod 10 ng/ml ve-
dou k osteomalacii, hladiny mezi 20–35 ng/ml
k osteoporóze. Fyziologické hladiny vitamínu D
se liší dle ročního období (letní a zimní norma).
Ve starší populaci lze nedostatek vitamínu D
určit pomocí hladiny kalcidiolu. Insuficience vi-
tamínu D je jedna z významných příčin senilní
OP a zvýšeného rizika pádů u seniorů. Hodnota
kalcidiolu menší než 25 nmol/l (10 ng/ml) je hod-
nocena jako deficiencie vitamínu D, avšak i vyšší
hodnoty kalcidiolu (do 20 ng/ml) jsou nedo-
statečné pro správnou mineralizaci kosti. Nízká
hladina kalcidiolu je spojována s nízkou hladinou

kalcitriolu a nižší absorpcí kalcia střevem půso-
bící hypokalcemii a sekundární zvýšení sekrece
parathormonu. Hladina PTH v séru se podle řady
epidemiologických studií začíná zvyšovat již při
hodnotách kalcidiolu pod 30 ng/ml.

Některé retrospektivní studie ukazují, že do-
spělí, kteří pravidelně pili mléko během dětství,
mají vyšší kostní hmotu než ti, kteří mléko nepijí.
Předpokládá se, že 10% zvýšení vrcholu kostní
hmoty může redukovat riziko osteoporotické
zlomeniny během života až o 50 %.

Proteiny – nízký příjem proteinů ve stravě
je spojován se ztrátami kostní hmoty v lum-
bální páteři i femuru (4). Proto by jejich příjem
neměl klesnout pod 16 % denního příjmu ener-
gie. Proteinová malnutrice vedle nepříznivého
účinku na kost vede k redukci svaloviny a svalové
síly, což je rizikový faktor pádů. Studie u starších
nemocných se zlomeninou krčku kosti stehenní
ukazují na významný účinek podávání stravy bo-
haté na bílkoviny na výsledky operací zlomenin
kosti stehenní. Podávání stravy bohaté na bílko-
viny snižuje počet úmrtí a zkracuje dobu pobytu
v nemocnici (12). Naopak nadbytečný příjem
proteinu vede k aminoacidurii a hyperkalcemii.
Stárnutí vede k poklesu spontánního příjmu
jídla, který negativně ovlivňuje dále přidružené
nemoci, některé léky a socioekonomické vlivy.
Proteino-energetická malnutrice přispívá ke ztrá-
tě kosti závislé na věku. Cílem edukačních pro-
gramů pro nemocné s osteoporózou je úprava
stravovacích návyků a životního stylu (6). Časté
komplikace mentální anorexie jsou osteopenie,
nebo dokonce osteoporóza. V mladém věku
tyto nemocné zdaleka nedosahují normálního
vrcholu kostní hmoty a mají vysoké riziko rozvoje
osteoporózy, a to i v případě zvýšení hmotnosti
a obnovy menstruačního cyklu.

Vitamin K ve vztahu ke kosti je důležitý pro
svou roli v karboxylaci osteokalcinu, nicméně
jeho přesná fyziologická role pro rozvoj a za-
chování kostní hmoty zůstává nejasná. Nemocní
s nedostatkem vitamínu K mají zvýšené riziko os-
teoporotické zlomeniny. Nízká hladina vitamínu
K je spojována se zvýšeným rizikem zlomeniny
krčku kosti stehenní (3). Na druhé straně je nut-
né připomenout, že nedávné práce nenalezly
podstatný vliv podávání vitamínu K na kost (5).
V současné době probíhají další studie o vlivu
vitamínu K na osteoporózu. Předběžná studie
na amerických ženách léčených vitaminem K ne-
ukázala významnější účinek na kostní hmotu
a kostní obrat (1).

Negativní účinek zvýšeného příjmu chlo-
ridu sodného na vstřebávání vápníku střevem
a ledvinami je znám delší dobu. Vysoký příjem

sodíku (kuchyňská sůl) zvyšuje vylučování kalcia močí, a tím se stává rizikovým faktorem pro rozvoj osteoporózy. Studie u dospívajících dívek prokázala, že větší příjem soli snižoval množství kalcia ukládaného do kosti zřejmě na podkladě snížené resorpce kalcia střevem. Na druhou stranu neexistují důkazy, že snížení příjmu soli snižuje výskyt zlomenin v populaci. Je ale známo, že slaná dieta současně bohatá na živočišné bílkoviny může zvyšovat potřebu denního příjmu kalcia až na 2 g.

Měď a zinek jsou důležité pro kostní mineralizaci a funkci osteoblastů. Zinek aktivuje osteoblasty, zvyšuje novotvorbu kosti a podporuje syntézu kolagenu (15). U starších nemocných s menším zastoupením těchto prvků ve stravě spojeným s jeho horší resorpcí může podávání mědi a zinku snížit ztráty kostní hmoty (11). U postmenopauzálních žen, kterým byl podáván zinek a měď, byl pozorován pomalejší úbytek kostní hmoty než u žen, které užívaly jen kalcium. Paradoxně podávání kalcia může akcentovat problém snížené hladiny zinku a mědi poškozením resorpce těchto dvou stopových prvků. Je řada nezodpovězených otázek zejména o vztahu stopových prvků u starších nemocných a osteoporózy, ale jednoznačný důkaz o vlivu jejich deficitu na rozvoj osteoporózy nebyl zatím nalezen (8).

Dlouhodobá acidóza vede ke zvýšení vylučování kyselých produktů ledvinami během 3 až 5 dnů. Dojde k poklesu sérového bikarbonátu. Retence kyselých produktů metabolismu je spojována se zvýšeným vylučováním kalcia a fosforu ledvinami. Kost hraje velmi důležitou úlohu v pufování acidózy, jelikož obsahuje značnou zásobu potencionálně uvolnitelných alkalických solí. Metabolická acidóza způsobuje změny přímým působením na uvolňování kostních minerálů a potlačením osteoblasty indukované kostní novotvorby. Přitom respirační acidóza nemá stejný účinek na kost jako acidóza metabolická. Potrava je v organismu trávena, resorbována a metabolizována za produkce sloučenin, které mohou být kyselé, neutrální nebo alkalické. Při zvýšené produkci kyselin vzrůstá potřeba jejich neutralizace pro udržení optimální pH krve. Tuto úpravu provádějí ledviny (vylučují kyselé substance) a plíce (vydechováním kyslíčnicku uhličitého). Potrava může být rozdělena podle toho, zda její metabolismus vede k produkci více kyselin či bází. Například obiloviny, rýže, zrní, těstoviny, některé tvrdé sýry, ryby, masa produkují kyseliny, ovoce a zelenina produkují alkalické báze. Strava produkující nadbytek kyselin a neobsahující dostatek alkalických bází musí být vyvážena alkalickými solemi pocházejícími z kosti. Dlouhodobé nevyvážené přijímání potravy produkující převážně kyselé metabolické produkty může vést ke ztrátě kostní hmoty (9).

Literatura

1. Agrawal S, Krueger D, et al. Osteoporosis nutrition beyond calcium: update 2005. Current opinion in endocrinology and diabetes 2005; 12: 459–463.
2. Armas LAG, Hollis BW, et al. Vitamin D2 is much less effective than vitamin D3 in humans. J Clin Endocrinol Metab 2004; 89: 5387–5391.
3. Booth SL, Tucker KL, et al. Dietary vitamin K intakes are associated with hip fracture but not with bone mineral density in elderly men and women. Am J Clin Nutr 2000; 71: 1201–1208.
4. Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, et al. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women. The Framingham Osteoporosis 2000.
5. Ishida Y, Kawai S, et al. Comparative efficacy of hormone replacement therapy etidronate, calcitonin, alfacalcidol and vitamin K in postmenopausal women with osteoporosis: The Yamaguchi osteoporosis prevention study. Am J Med 2004; 117: 549–555.
6. Kazda A, Broulík P. Nutrice a osteoporóza. Osteologický bulletin 2006; 11: 95–103.
7. Lau E, Woo J, et al. Milk supplementation of the diet of postmenopausal Chinese women on low calcium intake retards bone loss. J Bone Miner Res 2001; 16: 1704–1709.

8. Lowe NM, Fraser WD, et al. Is there a potential therapeutic value of copper and zinc for osteoporosis? *Proc of the Nutrition Soc* 2002; 61: 181–185.
9. MacDonald HM, New SA, et al. Low dietary potassium intakes and high dietary estimates of net endogenous acid production are associated with low bone mineral density in premenopausal women and increased markers of bone resorption in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 923–933.
10. Matkovic V, Goel P, et al. Calcium supplementation and bone mineral density in females from childhood to young adulthood a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 175–188.
11. Meunier N, O'Connor M, et al. Importance of zinc in the elderly: the ZENITH study. *Eur J Clin Nutr* 2005; (Suppl 2): 51–54.
12. Tkatch L, Rapin CH, et al. Benefits of oral protein supplementation in elderly patients with fracture of proximal femur. *J Am Coll Nutr* 1992; 11: 519–525.
13. Toba Y, Takada Y, et al. Milk basic protein: A novel protective function of milk against osteoporosis. *Bone* 2000; 27: 403–408.
14. Weaver CM, Peacock M, et al. Adolescent nutrition in the prevention of postmenopausal osteoporosis. *The J Clin Endocrinol Metab* 1999; 84: 1839–1843.
15. Žofková I, Němčíková P. Stopové prvky a jejich vztah ke kostnímu metabolismu. *Diabetologie, Metabolism, Endokrinologie, Výživa* 2008; 11: 172–176.

prof. MUDr. Petr Broulík, DrSc.

*III. interní klinika, 1. LF a VFN
U Nemocnice 1, 128 01 Praha 2
pbrou@lf1.cuni.cz*
