

# Výživa při poruchách metabolismu vápníku

Lenka Hísková Dis.

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka Hísková**

Osobní číslo: **T10005**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin – specializace  
Technologie mléka a mléčných výrobků**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Výživa při poruchách metabolismu vápníku**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Zpracování literární rešerše na zadané téma
2. Biochemické funkce, metabolismus a zdroje vápníku
3. Projevy deficitu či nadbytku a nevhodného poměru Ca/P
4. Výživová doporučení při poruchách metabolismu vápníku

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] TROJAN, Stanislav et al. Lékařská fyziologie. Praha: Grada Publishing, 2003, 772 s. ISBN 80-247-0512-5.
- [2] BROULÍK, P. Poruchy kalciofosfátového metabolismu. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s, 2003. s. 192. ISBN 80-247-0245-2.
- [3] SILBERNAGL, S. a F. LANG. Atlas patofyziologie člověka. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s, 2001. s. 390. ISBN 80-7169-968-3.
- [4] GLORIEUX, Francis H a John M PETTIFOR. Vitamin D/dietary calcium deficiency rickets and pseudo-vitamin D deficiency rickets. BoneKEY Reports. 2014-3-19, vol. 3, s. -. DOI: 10.1038/bonekey.2014.19.
- [5] SCHLIEPER, Georg a John M PETTIFOR. Vascular calcification in chronic kidney disease: not all arteries are created equal. Kidney International. 2014, vol. 85, issue 3, s. 501-503. DOI: 10.1038/ki.2013.423.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Helena Velichová, Ph.D.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

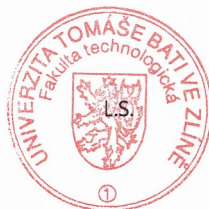
**2. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**4. května 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 4.5. 2015



.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce „Výživa při poruchách metabolismu vápníku“ shrnuje současné poznatky o vápníku, především ve vztahu k výživě člověka. Zmiňuji jeho účinky na lidský organismus. Vedle skeletární funkce hraje vápník roli v mnoha dalších specializovaných procesech v těle, jako je sekrece neurotransmiterů, kontrakce svalů, srážení krve, trávení a mnoho dalších. Práce se dále zabývá nemocemi spojené s nedostatkem a nadbytkem vápníku, zdrojem vápníku a požadavky organismu na vápník během vývoje. Závěr se věnuje výživovým doporučením při poruše metabolismu vápníku.

Klíčová slova: vápník, hyperkalcémie, hypokalcémie, poruchy metabolismu vápníku

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis “Nutrition at calcium metabolism disorders” summarizes current knowledge of calcium, related to human nutrition mainly. I present its effects on a human organism. In addition to skeletal function, calcium plays a role in many other specialized processes in the body such as the secretion of neurotransmitters, muscle contractions, blood clotting, digestive system and many others. The study also applies to diseases associated with a lack and an excess of calcium, calcium source and calcium requirements of the organism during evolution. The conclusion dedicates to dietary recommendations for calcium metabolism disorder.

Keywords: calcium, hypercalcemia, hypocalcemia, calcium metabolic disorders

Ráda bych tímto poděkovat Ing. Heleně Velichové, Ph.D., za její odborné rady a cenné připomínky při vedení mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD .....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 VÁPŇÍK .....</b>	<b>12</b>
1.1 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI VÁPŇÍKU .....	12
1.2 VÝZNAM VÁPŇÍKU V ORGANIZMU .....	13
1.2.1 Funkce vápníku ve svalové tkáni .....	13
1.2.2 Funkce vápníku v kostech a zubech .....	14
1.2.3 Vápník jako součást krve .....	15
1.2.4 Funkce vápníku při přenosu nervového vzruchu .....	15
1.2.5 Úloha vápníku při trávení .....	16
<b>2 METABOLISMUS VÁPŇÍKU .....</b>	<b>17</b>
2.1 HOMEOSTÁZA VÁPŇÍKU .....	17
2.2 VSTŘEBÁVÁNÍ VÁPŇÍKU .....	21
2.3 VYLUČOVÁNÍ VÁPŇÍKU .....	22
2.3.1 Vylučování vápníku trávicím traktem .....	22
2.3.2 Vylučování vápníku ledvinami .....	22
<b>3 ÚČINEK VÁPŇÍKU NA NEMOCI ORGANIZMU .....</b>	<b>24</b>
3.1 HYPOKALCÉMIE A HYPERKALCÉMIE .....	24
3.1.1 Hypokalcémie .....	24
3.1.2 Hyperkalcémie .....	26
3.2 OSTEOMALACIE .....	27
3.3 OSTEOPORÓZA.....	28
3.3.1 Typy osteoporózy .....	28
3.4 KŘIVICE .....	29
3.5 CHONDROKALCINÓZA .....	30
3.6 PATOLOGICKÁ KALCIFIKACE .....	30
3.6.1 Ateroskleróza .....	30
3.6.2 Kalcifikace pankreatu .....	31
3.6.3 Kalcifikace srdce .....	31
3.6.4 Urolitiáza a nefrolitiáza .....	32
3.7 RAKOVINA .....	33
3.8 OBEZITA .....	34
<b>4 NÁROKY ORGANIZMU NA PŘÍJEM VÁPŇÍKU V JEDNOTLIVÝCH OBDOBÍCH LIDSKÉHO ŽIVOTA .....</b>	<b>35</b>



4.1	PRENATÁLNÍ OBDOBÍ .....	35
4.2	DĚTI .....	36
4.3	DOSPÍVÁNÍ .....	36
4.4	DOSPĚLÍ .....	36
4.5	TĚHOTNÉ ŽENY .....	36
4.6	ŽENY PO MENOPAUZE .....	37
4.7	STAŘÍ LIDÉ .....	37
<b>5</b>	<b>ZDROJE VÁPNIKU .....</b>	<b>38</b>
5.1	ZDROJE ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU .....	38
5.1.1	Mléko a mléčné výrobky .....	38
5.1.2	Sýry .....	39
5.1.3	Vejce, ryby a koryšši .....	40
5.2	ZDROJE ROSTLINNÉHO PŮVODU .....	40
5.2.1	Zelenina a ovoce .....	40
5.2.2	Ořechy a semena .....	41
5.2.3	Obiloviny .....	41
5.3	VODA .....	42
<b>6</b>	<b>VÝŽIVOVÉ DOPORUČENÍ PŘI PORUCHÁCH METABOLISMU VÁPNIKU .....</b>	<b>43</b>
6.1	SKLADBA POTRAVIN .....	43
6.1.1	Bílkoviny .....	43
6.1.2	Sachridy .....	43
6.1.3	Lipidy .....	44
6.1.4	Vitaminy .....	44
6.1.5	Minerální látky .....	45
6.1.6	pH .....	46
6.2	VÝŽIVOVÉ DOPORUČENÍ PŘI NEDOSTATKU VÁPNIKU V TĚLE .....	47
6.3	VÝŽIVOVÉ DOPORUČENÍ PŘI NADBYTKU VÁPNIKU V TĚLE .....	48
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>64</b>

## ÚVOD

Již ve středověku lidstvo využívalo vápenaté sloučeniny, aniž by vědělo, jaké jsou jeho účinky. Už i v tehdejší době, se mohl člověk setkat s nedostatkem i nadbytkem vápníku v těle. Tyto rozdíly nepříznivě ovlivňovaly život člověka. Až v roce 1808 anglický chemik Humphry Davy izoloval vápník. Camzeno Delezenne v roce 1905 popsal významu vápníku při srážení krve. V roce 1934 vysvětlil Peters, že zvýšení mitochondriálního dýchání v myokardu savců je vázáno na vápník. Následně v roce 1941 byla potvrzena nezbytnost vápníku v procesu svalové kontrakce a to Ashkenazem a Heilbrunnem. Od objasnění funkce vápníku, se již dnes s některými onemocněními nesetkáme. Přesto stále je hodně nemocí, které lidstvo i nadále ovlivňují.

Při poruše metabolismu vápníku dochází buď nadbytečnému hromadění vápníku v těle, jde tzv. hyperkalcémii, nebo dochází k nedostatku vápníku v těle tzv. hypokalcémii. Hyperkalcémie vzniká, když vstup vápníku do krve je větší, než je jeho ztráta. Objevuje se při nadměrné kostní resorpci, excesivní resorpci vápníku zažívacím traktem a abnormální vazbou vápníku na proteiny, což následně vede k zvýšení hladiny vápníku v krvi, která převyší kapacitu ledvin schopnou vápník odstranit do moči. Nejčastější příčiny hyperkalcémie jsou nádorová onemocnění a zvýšená produkce parathormonu. Příznaky jsou únava, svalová slabost, vyčerpanost a apatie. Při nadbytku vápníku se zpomaluje pohyblivost trávicího traktu, objevuje se sklon k zácpě, někdy nevolnost a zvracení. Hypokalcémie-obecně se jedná o snížení koncentrace vápníku v séru pod 2,13 mmol/l. Příčiny hypokalcémie mohou být fyziologické (těhotenství, vývoj organismu u dětí, kojící ženy), nebo dané deficitem vitamínu D v těle aj. Charakteristickými příznaky jsou celková slabost, průjem, ztráta hmotnosti, bolesti břicha, bolesti hlavy, suchá pokožka a další. Nedostatek vápníku a vitamínu D vede k dalším onemocněním jako je křivice, osteomalcie, osteoporóza atd.

Při léčbě těchto nemocí je důležité dodržovat výživová doporučení. Při nadbytku vápníku v těle je doporučeno snížit příjem vápníku v mléčných výrobcích (mléko, jogurty, sýry), v zelenině (kapusty, brokolice) a máku. Při nedostatku vápníku v těle je doporučeno zvýšit příjem mléčných výrobků, mořských ryb (sardinky), zeleniny (květáku).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÁPNIK

Vápník (lat. *Calcium*) je pro lidský organismus nepostradatelný, a proto ho musíme přijímat v dostatečné míře z potravy. Doporučená denní dávka je 800 – 2500 mg. Vápník je základní součástí zubů a kostí, ale je také nezbytný pro správné fungování organismu. Malé množství vápníku obíhá v krevní plazmě (séru). Který pak pomáhá při přestupu živin buněčnými membránami. Kromě toho vápník hraje důležitou úlohu při tvorbě enzymů a hormonů, které regulují trávení a metabolismus. Dále je též nutný k zajištění přenosu mezi nervovými buňkami, pro krevní srážlivost, hojení ran a činnost veškerých svalů [1, 2].

Aby bylo v krvi dostatečné množství vápníku důležitého k zajištění životních funkcí, bere si jej tělo při nedostatku z kostí. Je-li vápníku odebráno během určité doby příliš, kosti se začnou stávat porézní, kostní tkáň začne řídnout a stane se lomivou. Takto vzniká osteoporóza. Celých 99 % vápníku v našem těle je uloženo v kostech a zubech převážně ve formě hydroxyapatitu, což je an

organická krystalická struktura tvořená vápníkem a fosforem zajišťující pevnost kostí a zubů. Zbývající 1 % vápníku je v krvi [1, 2].

### 1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vápníku

Vápník je nejvýznamnější kov alkalických zemin. V periodické soustavě prvků leží v II. A skupině a značí se  $\text{Ca}^{2+}$ . Vápník je stříbrolesklý, měkký a snadno tavitelný při teplotě 839 °C. Vápník krystaluje v kubické plošně centrované struktuře při 450 °C. Pokud je teplota vyšší, struktura se mění na hexagonální modifikaci [1, 3].

Vápník se řadí mezi neušlechtilé kovy se záporným standardním redoxním potenciálem (- 2,868 V). Vápník reaguje za pokojové teploty s kyslíkem i vodou. Při zahřátí snadno reaguje s dusíkem na nitrid vápenatý  $\text{Ca}_3\text{N}_2$  a s vodíkem na hydrid vápenatý  $\text{CaH}_2$ . S velkým množstvím prvků tvoří za vyšších teplot sloučeniny [4, 5].

Elektronegativita vápníku (1,00) je o málo vyšší než elektronegativita alkalických kovů, naopak atomový poloměr je vysoký (197 pm), proto má nízkou hodnotu ionizační energie (6,113 eV). Samotný kation vápníku s oxidačním číslem +II je stabilizován, neboť získává oktetové uspořádání [4, 5].

## 1.2 Význam vápníku v organismu

Vápenaté ionty jsou důležité pro velké množství fyziologických a biochemických procesů. Například kontrakci kosterního a srdečního svalstva, nervosvalové dráždivosti, srážení krve, transport přes plazmatickou membránu, tvorbu kostí a zubních tkání. K tomu, aby byl průběh těchto procesů v normě, je potřeba udržení koncentrace vápenatých iontů ve velmi úzkém rozmezí [6, 7].

### 1.2.1 Funkce vápníku ve svalové tkáni

#### Kosterní svalstvo

Kontrakce kosterní svaloviny spočívá v zasouvání aktinových a myozinových vláken mezi sebe. Při adekvátním podnětu na tzv. nervosvalové ploténce, dojde k uvolnění zásob vápenatých iontů z intracelulárního zásobníku (sarkoplazmatického retikula) do sarkoplazmy. Tyto vápenaté ionty se s vysokou afinitou vázají na troponin C. Následně dojde ke změně konformace a obnažení aktivních míst na f-aktinovém helixu. Vzhledem k vysoké afinitě myosinových hlav k aktivním místům aktinu dojde ke vzniku tzv. můstek. Za můstek považujeme dočasnou, ale silnou vazbu mezi myosinem a aktinem. Vznik této vazby spouští vlastní svalovou kontrakci. Je to elektrický děj, který spustí rozklad ATP [8, 9].

#### Hladké svalstvo

Kontrakce hladké svaloviny je stejně, jako u kosterní svaloviny založená na reakci aktinu s myozinem. Je však desetkrát až třistakrát pomalejší, neboť hladký sval obsahuje o 30 % méně myosinu a více aktinových filament ve srovnání s kosterní svalovinou.

Myofilamenta se navzájem kříží a vytvářejí tak mřížovitou strukturu, nikoliv příčné pruhování charakteristické pro kosterní či srdeční svalovinu. Tenká filamenta je tvořena aktinem a tropomyozinem (na rozdíl od příčně pruhovaných svalů chybí troponin), tlustá filamenta pak myozinem. Stah je zahájen přítokem  $\text{Ca}^{2+}$ , ten je zřejmě regulován inositoltrifosfátem (IP3).  $\text{Ca}^{2+}$  utvoří komplex s kalmodulinem. Tento komplex následně aktivuje kinázu lehkého řetězce myozinu a dojde k jeho fosforylaci, čímž je umožněno vytvoření aktinomyozinového komplexu. Myozinová filamenta v hladkém svalu jsou odlišná od myozinových filament v příčně pruhovaném svalu tím, že holé jsou koncové části molekuly a hlavičky jsou ve středu vlákna [8, 10].

## Srdeční svalstvo

Základní stavební jednotkou příčně pruhované svalové tkáně srdeční je kardiomyocyt. Kardiomyocyty jsou vyplněny myofibrilami, které jsou paralelně uspořádány. Myofibrila se skládá z tenkých aktinových a tlustých myozinových filament. Hlavním zdrojem vápníku pro excitaci je tu však extracelulární tekutina. Už kvůli tomu je srdeční svalstvo na nedostatek vápníku vysoce citlivé a již za 1 minutu se zastaví systoly. Regulační bílkovinou je troponin stejně jako u kosterního svalstva [8, 10].

### 1.2.2 Funkce vápníku v kostech a zubech

Kost není jen mechanickou oporou muskuloskeletálního systému, ale jde o vysoce metabolicky aktivní tkáň, jejíž základní funkcí je biomechanická podpora končetin a tělesných dutin, místo úponů svalů a šlach. Další funkcí je hematopoetická (krvotvorné buňky) a zásobárna iontů – vápníku, fosforu, magnézia a sodíku.

Kost se skládá z anorganické složky, jejíž hlavní formy jsou hydroxyapatit a kalcium fosfát, a organické složky. Organická složka (osteoid) je z 90 % tvořena kolagenem a dalšími nekolagenními molekulami např. (osteokalcin, osteopontin atd.) [8, 11].

Každá kost v našem těle je neustále přestavována (remodelována) díky tzv. kostnímu metabolismu. Jedná se o složitý děj, kdy se odbourávají opotřebované staré složky kosti a tvoří se složky nové. Na remodelaci kostí se podílí několik typů buněk, zejména však osteoblasty a osteoklasty. Osteoblasty jsou buňky, které se specializují na syntézu tzv. kostního matrixu. Z osteoblastů vznikají osteocyty. Osteocyty jsou kostní buňky v klidovém stadiu, které jsou uloženy v mineralizovaném matrixu. Mezibuněčná hmota je složena z vláknité a amorfní složky. Vlákenná složka je tvořena kolagenem I., který tvoří 95 % organické kostní hmoty. Amorfní složka je bílkovinného charakteru. Na tyto bílkoviny se velmi aktivně váže vápník. Tato anorganická část tvoří 50 % váhy kostní hmoty. Je tvořena ionty vápníku a fosforu ve formě krystalů hydroxyapatitu, který udává pevnost kostní tkáně [8, 11, 12].

Zuby jsou tvrdé kostní útvary nacházející se v dutině ústní. Slouží k ukusování a rozměňování potravy, pomáhají při správné artikulaci a jejich úloha je také estetická.

Každý zub se skládá ze 3 základních částí: korunky, krčku a kořene. Povrch korunky je kryt 1 – 3mm vrstvou zubní skloviny, nejtvrďší látky v těle. Sklovina je bílá, nažloutlá

nebo namodralá hmota skládající se z 95 % z anorganických solí vápníku a fosforu (hydroxylapatit). Vliv vápníku na chrup spočívá v jeho mineralizaci. Mineralizace je ovlivňována stravovacími návyky a hodnotou pH v dutině ústní. Ke snížení pH dochází prostřednictvím kyselin, které vznikají při fermentaci cukrů bakteriemi zubního povlaku. Nízké pH působí na sklovinu zubu a přispívá k demineralizaci (při poklesu pH pod 5,5) a následným uvolňování vápníku a fosforu ze skloviny. To má za následek vzniku zubního kazu [11, 12].

### 1.2.3 Vápník jako součást krve

Vápník hraje významnou roli při srážení krve. Srážení krve probíhá v několika krocích, které na sebe vzájemně navazují a ovlivňují se. Ke srážení krve dochází při porušení kontinuity některé z cév a vede k zabránění vykrvácení. Na počátku procesu srážení krve stojí stah drobných cév, které tím sníží průtok krve postiženou částí těla. Do místa poranění cestují krevní destičky, odborně trombocyty, které vytvoří provizorní „zátku“. Zároveň se ale aktivují faktory krevního srážení, což jsou hlavně enzymy přítomné v krvi. Při zranění se aktivované faktory navzájem kontrolovaně štěpí, přičemž produkty štěpení získávají nové vlastnosti umožňující aktivovat další faktory. Výsledkem tohoto poměrně složitého procesu je vznik bílkoviny fibrinu, který slepí krevní destičky, což je vlastní proces srážení krve. Celý tento proces trvá několik málo minut a projeví se zástavou krvácení. V krvi koluje několik druhů látek, které mají za úkol udržovat rovnováhu v celém systému, a funkce některých je závislá na vitamínu K. K tomuto systému patří i látky, které případně sraženiny, které systému kontroly unikly, odstraňují [13, 14].

### 1.2.4 Funkce vápníku při přenosu nervového vzruchu

Přenos nervového vzruchu je zprostředkován mediátory (transmitery), které se váží na receptory na povrchu postsynaptické buňky. Synapsi tvoří dva základní útvary zvané presynaptický a postsynaptický. Presynaptický útvar obsahuje mimo mitochondrií a dalších organel synaptické váčky vzájemně se od sebe lišící podle transmiteru, který obsahují. Ty se hromadí u synaptické štěrbině, kterou označujeme jako aktivní zóna. Poté, co vzruch dosáhne presynaptického útvaru, se zvýší permeabilita presynaptické membrány pro průchod vápníku otevřením vápenatého kanálů. Vápníkové ionty vtékají do buňky a aktivují přesun synaptických váček k aktivní zóně. Váčky exocytózou splynou s presynaptickou membránou a transmitter se uvolní poté, co axonem k zakončení dorazí akční potenciál. Membrány

váčku se spojí s povrchovou membránou. Místo spojení se protrhne a obsah váčku se exocytózou vylije. Tento děj je spouštěn za přítomnosti vápenatého iontu vstupujícím napětově řízenými vápníkovými kanály synaptického zakončení, kterým byl otevřen akční potenciál. Působení vápenatého iontu je ukončeno. Jeho rychlým odstraněním ze zakončení. Množství uvolněného transmiteru je úměrné přítoku vápníku. Vazbou mediátoru je aktivovaná adenylátcykláza v postsynaptické membráně, dále se aktivuje cAMP a prostřednictvím proteinkinázy se změní propustnost jednotlivých iontových kanálů [8, 13].

### 1.2.5 Úloha vápníku při trávení

Vápník aktivuje a reguluje několik extracelulárních trávicích enzymů např. proteázy, fosfolipázy. V trávicím traktu jsou vápníkové receptory, které se aktivují vápníkovými ionty obsaženými v potravě a podporují tak sekreci slin, žaludečních kyselin a hormonů, především gastrinu [1, 10].

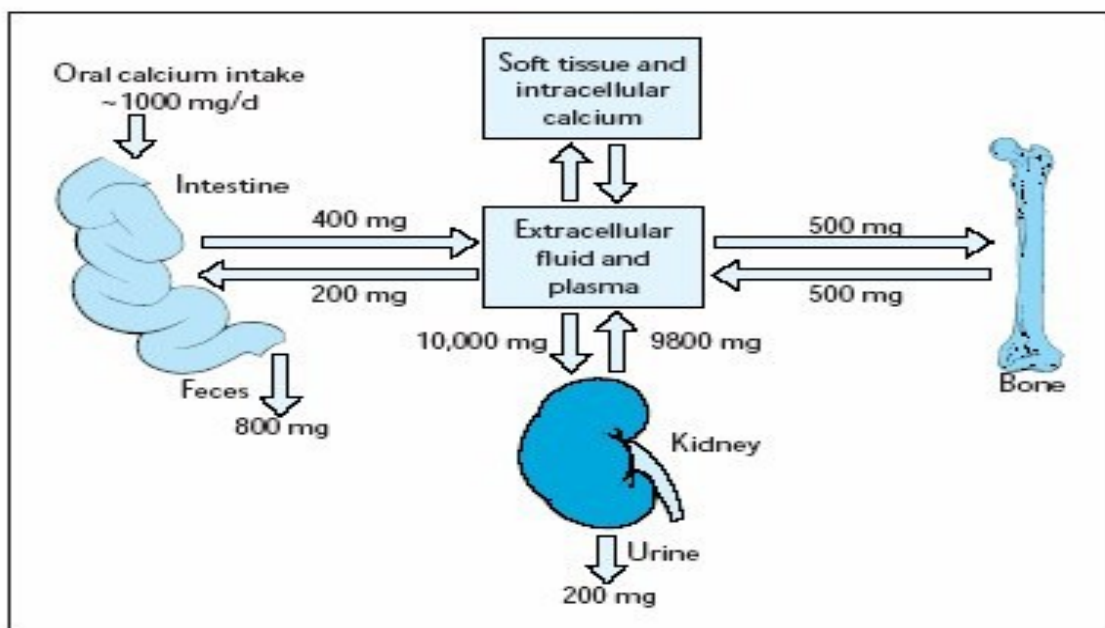


## 2 METABOLISMUS VÁPŇÍKU

Denní příjem vápníku potravou kolísá kolem 1000 mg denně; v období zvýšené potřeby (růst, gravidita, laktace) může být až 1500 mg. Za fyziologického stavu se ve střevě vstřebává asi 25 – 40 % přijatého vápníku. Z extracelulární tekutiny přechází vápník hlavně do kostí, kde je podstatnou součástí kostního minerálu. Výměna mezi kostní tkání a extracelulární tekutinou pomáhá vyrovnávat obsah vápníku. Na vylučování vápníku se podílí střevo (cca 80 %) a ledviny (cca 20 %). Stolicí odchází především vápník, který se ve střevě neresorboval. Vylučování ledvinami je rozhodujícím mechanismem, který ovlivňuje bilanci vápníku. U dospělých je příjem a vylučování vápníku v rovnováze. Pro období dětství a dospívání je charakteristická pozitivní bilance vápníku. Ve stáří a u žen po menopauze se setkáváme s negativní bilancí. Hladina vápníku v krvi je regulována parathormonem, kalcitriolem a kalcitoninem [15].

### 2.1 Homeostáza vápníku

Koncentrace vápníku je řízena ledvinami, kostmi a gastrointestinálním traktem (Obrázek 1.) a pomocí hormonů. Hlavním regulátorem zvyšující hladinu vápníku v krvi je např. parathormon nebo vitamin D, a naopak snižujícím je např. kalcitonin.



Obr. 1 Pohyb vápníku mezi jednotlivými orgány [16]

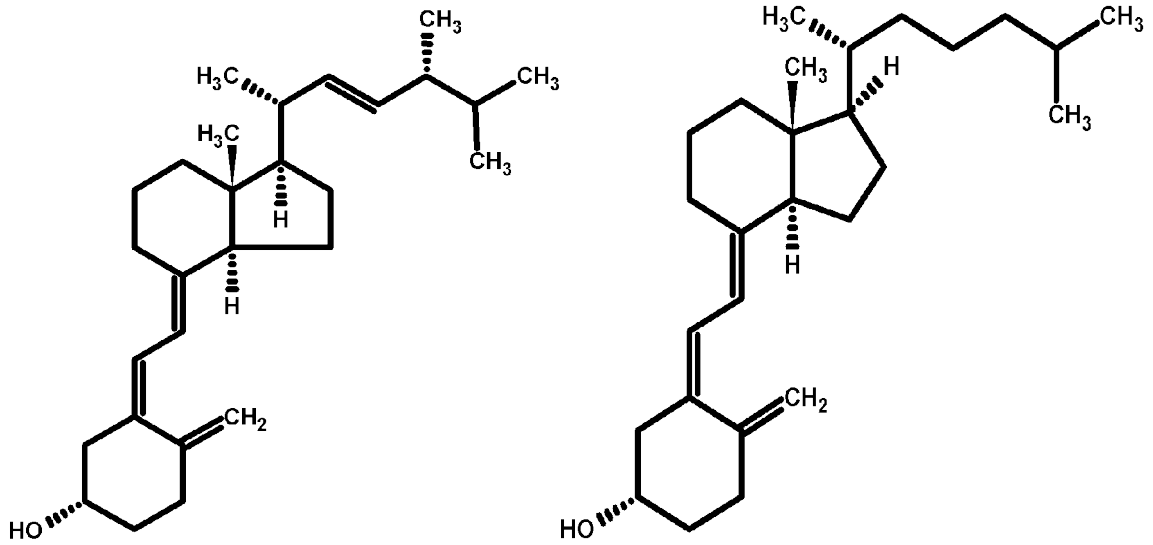
### **Parathormon**

Parathormon (PTH) je peptidický hormon produkovaný p říštitnými tělísky. Příštitná tělíska jsou obvykle čtyři a jsou lokalizována v těsné blízkosti štítné žlázy. Parathormon patří mezi endokrinní regulátory kalciumfosfátového metabolismu společně s kalcitriolem a kalcitoninem [8].

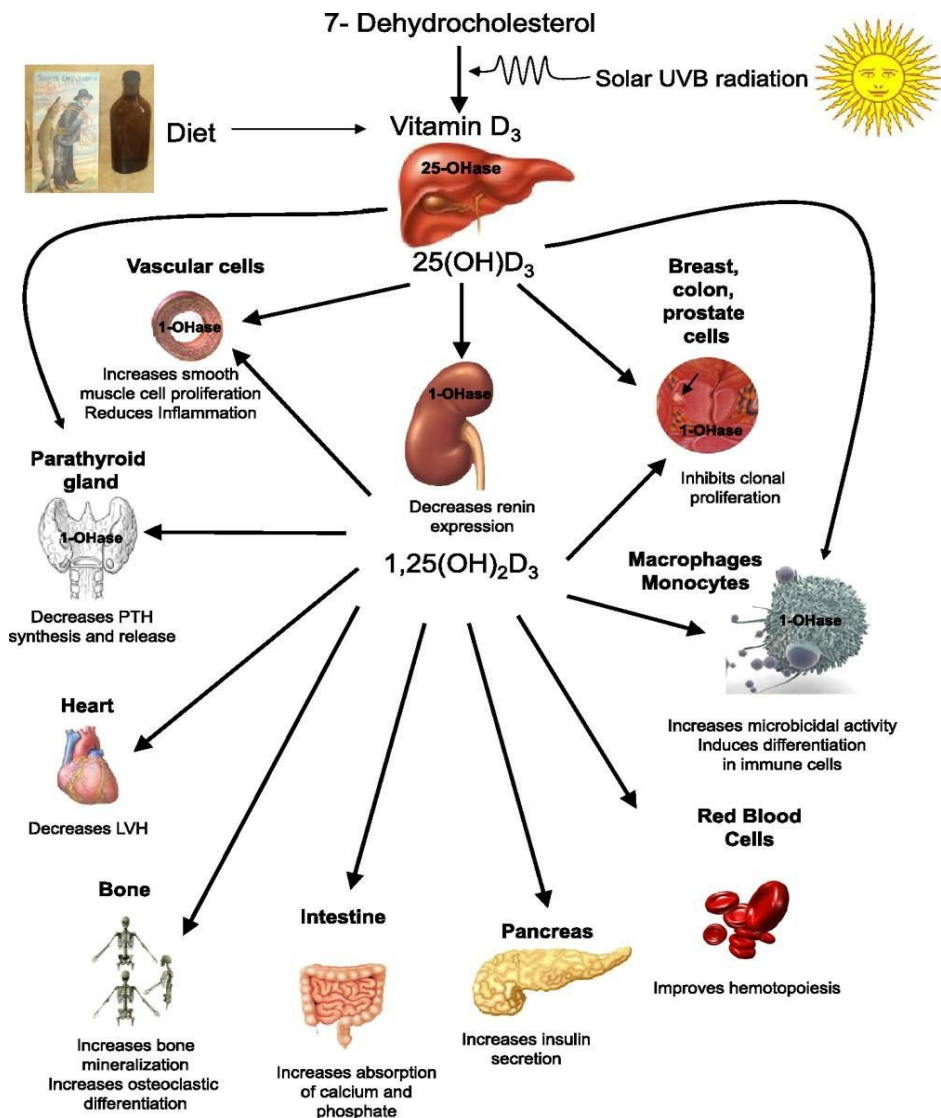
Hlavní fyziologicky význam PTH spočívá v jeho vlivu na kalciovou homeostázu. PTH reguluje množství vápníku v plazmě. Při hypokalcémii dochází k zvýšení sekrece PTH. Naopak při hyperkalcémii je sekrece PTH snížena. PTH podporuje uvolňování vápníku i fosforu z kostí, zvyšuje zpětnou resorpci vápníku v ledvinách a tím snižuje jeho vylučování močí. Nepřímo působí na trávicí trakt, kdy v ledvinách dojde k aktivaci vitamínu D na jeho aktivní formu kalcitriol, který podporuje vstřebávání vápníku ze střeva [8, 15].

### **Vitamin D**

Vitamin D zahrnuje skupinu kalciferolů, látek steroidní povahy. Patří sem tedy ergokalciferol ( $D_2$ ), který je rostlinného původu a cholekalciferol ( $D_3$ ), který je živočišného původu. Vitamin D prochází v těle několika transformačními reakcemi, při kterých vzniká jeho aktivní forma  $1,25(OH)_2D$ . Hlavním prekurzorem vitamínu D je 7-dehydrocholesterol (provitamin  $D_3$ ), jenž je citlivý na UV paprsky typu B o vlnové délce 280 – 320 nm a prochází kožními vrstvami. Provitamin  $D_3$  se dále přeměňuje izomerací na vitamin  $D_3$  (cholekalciferol), který vstupuje do krevního oběhu pomocí vazebného proteinu (vitamin D-Binding Protein). Ten putuje do jater, kde působením enzymu 25-hydroxylázy je modifikován na 25-hydroxyvitamin D (kalcidiol). Druhá hydroxylace se odehrává v ledvinách, působením enzymu 1  $\alpha$ -hydroxylázy kdy z kalcidiolu vzniká 1,25-dihydroxycholekalciferol (kalcitriol) a tedy biologicky aktivní vitamin D (Obrázek 3.) [8, 17].



Obr. 2. Vzorec vitaminu D2 a vitaminu D3 [17].



Obr. 3. Aktivace vitaminu D [18]

Hlavním účinkem vitamínu D je především zvyšování na absorpce vápníku a fosforu ve střevu. Pro udržení normokalcémie, při nedostatečném přísunu vápníku, zvyšuje resorpci kalcia z kostí. Také působí v ledvinách, kde zvyšuje zpětné vstřebávání vápníku [15].

### **Kalcitriol**

Kalcitriol nebo také „D hormon“, aktivní metabolit vitamínu D, rovněž zvyšuje absorpci vápníku a fosfátu. Hlavním biologickým úkolem kalcitriolu je mineralizace kostí. Zvyšuje ve střevě i v ledvinách resorpci vápníku a podporuje tak ukládání vápníku a fosforu do kostí. Při jeho nedostatku vzniká křivice [1, 19].

### **Kalcitonin**

Kalcitonin je hormon polypeptidického charakteru vznikající v parafolikulárních C buňkách štítné žlázy. Kalcitonin je fyziologický antagonist parathyrinu (parathormonu) v regulaci vápníku v krvi. Jeho působením na ledviny (zvýšení exkrece fosfátů) a kosti (inhibice osteoresorpce) dochází ke snížení hladiny vápníku a fosfátů v krvi. K sekreci hormonu přispívají rovněž jiné faktory gastro-intestinálního a neuro-endokrinního původu jako např. gastrin, alkohol a glukagon. Přesná role kalcitoninu v homeostáze vápníku je dosud nejasná, protože zvýšená hladina hormonu není doprovázena žádnou poruchou v metabolismu vápníku a fosfátů [1, 19, 20].

### **Estrogeny a androgeny**

Pro estrogeny a androgeny mají své uplatnění v kostní tkáni. Estrogen se kompletuje s PTH v kostech, a kde společně podporují tvorbu kalcitriolu, což souvisí se zvýšenou resorpcí vápníku střevem. Androgeny zesilují tvorbu kosti [21].

### **Glukokortikoidy**

Glukokortikoidy jsou steroidní hormony tvořené kůrou nadledvin. Jejich tvorbu řídí přední lalok hypofýzy. Glukokortikoidy snižují vstřebávání vápníku ve střevech, a tím zvyšují vylučování vápníku ledvinami a způsobují tak sekundární hyperparathyreózu. Snižují též kostní novotvorbu tím, že tlumí sekreci pohlavních hormonů. Glukokortikoidy potlačují syntézu intersticiálních prokolagenů, což se klinicky projevuje atrofií kůže a osteoporózou [6, 22].

## Tyreoidální hormony

Tyreoidální hormony se uplatňují při růstu a dospívání skeletu. Dále se účastní kostní remodelace u dospělých. Stimulují resorpci vápníku osteoklasty vedoucí ke zvýšení hladiny vápníku a fosfátů v séru, což způsobí zrychlenou kalciurii a fosfaturii [21, 23].

## Inzulín

Inzulín je hormon produkovaný  $\beta$ -buňkami Langerhansových ostrůvků slinivky břišní. Existuje vztah mezi inzulín-dependentním diabetem a osteopenií. U diabetiků dochází ke snížení vstřebatelnosti vápníku ve střevech z důvodu nízkého množství inzulínu v krvi. To zapříčiňuje špatnou hydroxylaci vitamínu D v ledvinách. Porušená resorpce  $\text{Ca}^{2+}$  střevem je spojena s osmotickými ztrátami vápníku při glykosurii [22, 23].

## 2.2 Vstřebávání vápníku

Vápník se vstřebává jak aktivním transportním mechanismem přes enterocyty za účasti aktivního metabolitu vitamínu D (1,25-dihydroxyvitamínu D<sub>3</sub>), tak pasivní paracelulární cestou. Množství vstřebeného vápníku závisí na jeho denním příjmu v potravě. Až do dávky 500 mg probíhá absorpce vápníku převážně aktivním transportním mechanismem, zejména v duodenu. Při vyšší dávce vápníku (nad 500 mg) je aktivní transport vápníku saturován a uplatňují se pasivní paracelulární mechanismy, které převažují v tenkém střevě. Při nízkém příjmu vápníku se zvyšuje absorbovaná frakce vápníku. Při nízkém příjmu vápníku se mírně snižuje hladina ionizovaného vápníku v krvi a zvyšuje se sekrece PTH, který stimuluje renální 1  $\alpha$ -hydroxylázu. Zvýšená koncentrace kalcitriolu, pak stimuluje aktivní transportní mechanismy vápníku v duodenu. Adaptace střevního transportu na nízký příjem vápníku trvá u zdravých dospělých žen okolo 1 – 2 týdnů. Účinnost střevní absorpce vápníku u lidí je nízká přibližně, 30 % (čistá absorpce je ještě nižší 15 %, vzhledem ke ztrátám vápníku střevní sliznicí) [18, 24, 27].

Dostupnost vápníku z potravy nezbytně závisí na pH ve střevech. Jestliže je pH kyselé, soli jsou lépe rozpustné. Vstřebávání vápníku může snížit příjem potravin s vyšším obsahem oxalátů, fytátů, vlákniny a vyšších mastných kyseliny. Některé léky, např. glukokortikoidy narušují metabolismus vitamínu D a snižují absorpci vápníku. Naopak látky zvyšující resorpci vápníku jsou cukry, aminokyseliny, žlučové kyseliny a laktóza [18, 25, 27].

Míra vstřebávání vápníku též závisí na fyziologickém a nutričním stavu organismu. V příloze I. a v příloze II. je znázorněna absorpce vápníku v jednotlivých částech zažívacího traktu především pak v tenkém střevě [26, 27].

## 2.3 Vylučování vápníku

Vápník je z těla vylučován především močí, stolicí a potem. Celkově je z těla extrahováno 200 – 300 mg vápníku za den [1].

### 2.3.1 Vylučování vápníku trávicím traktem

Část vápníku vstřebaného ve střevech přechází do buněk s vnitřní sekrecí a stává se součástí slin, žaludečních a pankreatických šťáv a žluči. Neabsorbovaný vápník je vylučován ve stolici. Ztráty vápníku stolicí jsou přibližně 2,1 mg/kg za den u dospělých a asi 1,4 mg/kg za den u dětí [28].

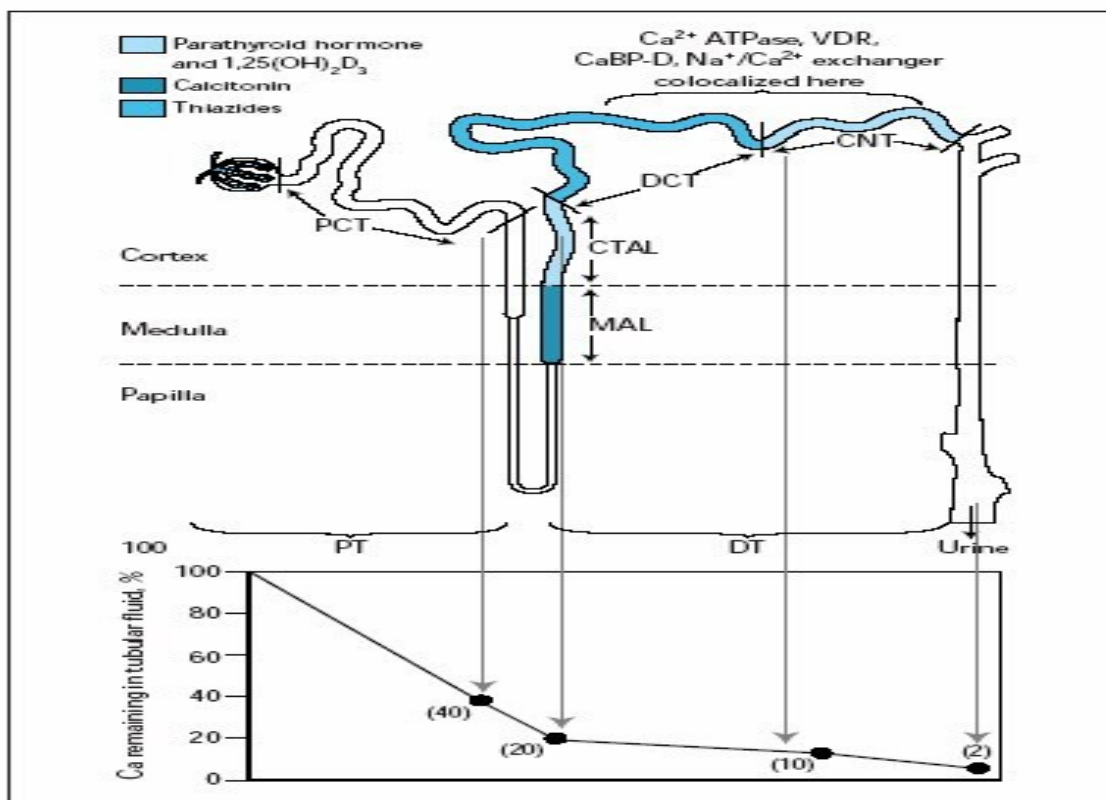
### 2.3.2 Vylučování vápníku ledvinami

Vápník se do ledvin dostává z krevního řečiště. Přes glomerulární filtr prochází jen ionizovaná a komplexně vázané frakce vápenatých iontů (Obrázek 4.), což představuje asi 60 % plazmatického vápníku. Denně se tak do primární moči dostává okolo 250 mmol  $\text{Ca}^{2+}$ . Z toho se v tubulech resorbuje zpět 98 – 99 %, do finální moči se pak dostává 1 – 2 % [29].

Proximálním tubusem se do těla vrací 70 % iontů vápníku obsažených v ultrafiltrátu. Mechanismus resorpce je pasivní, kdy ionty vápníku sledují tah rozpouštědla skrze paracelulární zkratky a aktivní transport, kdy ionty vápníku vstupují do tubulární buňky, nejprve po koncentračním gradientu. Následně vypuzeny vápenaté ionty APTázou nebo  $3 \text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  výměníkem přes bazolaterální membránu směrem do intersticia a do krve [29, 30].

Širší část vzestupného raménka Henleovy kličky je místem resorpce vápníku. Míra resorpce odpovídá asi 20 % množství profiltrovaných vápenatých iontů. Resorpce se děje pasivně opět přes paracelulární zkratky. Jejím motorem je elektrický gradient, protože intraluminálně je oproti bazolaterálnímu prostoru pozitivní náboj (+ 15 mV), na jehož tvorbě se podílí sodno-draselná pumpa. Transport je usnadněn proteinem claudin-16/paracellin-1 [31].

Extrakce vápníku je regulována i hormonálně. PTH a vitamin D stimuluje. Kalcitonin inhibuje. Extrakce vápníku je přímo úměrná k množství soli přijaté ve stravě. Při příjmu 6 g soli na den je z těla vyloučeno asi 40 mg vápníku v moči. Vápník a sodík se vzájemně ovlivňují, protože mají stejnou cestu resorpce. Lze to ovlivnit hormonem PTH nebo podáním draslíku v suplementech. Studie Harringtona (et al.) 2004 prokázala, že při příjmu draslíku dochází ke snížení vylučovaného vápníku i při vysokém příjmu soli. Předpokládaný mechanismu spočívá ve zvýšení pH plasmy za pomoci draslíku. Tím se sníží endogenní tvorba kyselin a je podporováno zpětné střebávání vápníku do krve v ledvinách. Bílkoviny v potravě naopak pozitivně souvisejí s množstvím extrahovaného vápníku močí. Bílkoviny podporují uvolňování vápníku z kostí, dále ovlivňují absorpci ve střevě a zároveň inhibují resorpci v ledvinách. Přítomnost fosforu v potravě může snižovat ztráty vápníku močí související s vysokým příjmem bílkovin. Ovšem velmi vysoká hladina fosfátů v plasmě má opačný efekt [29, 30, 31, 32].



Obr. 4. Průchod vápníku ledvinami [16]

### 3 ÚČINEK VÁPŇÍKU NA NEMOCI ORGANIZMU

#### 3.1 Hypokalcémie a hyperkalcémie

Dvě hlavní příčiny hyperkalcémie jsou hyperparatyreóza a maligní onemocnění. K hlavním příčinám hypokalcémie patří absolutní či relativní deficit vitamínu D, nedostatek parathormonu a další méně obvyklé příčiny [33].

##### 3.1.1 Hypokalcémie

Hypokalcémie je snížení plazmatické koncentrace iontů vápníku pod dolní mez normy tj. pod 2,25 mmol/l. Obvykle je projevem negativní bilance vápníku tj. ztráty iontů vápníku z těla převažují nad jejich přísunem. Problém může být jak na straně příjmu, tak na straně ztrát. Druhou základní příčinou hypokalcémie je náhlý přesun iontů vápníku z plazmy do jiného kompartmentu, například do kostí [33, 34].

##### Příčiny hypokalcémie

- **Hypoparathyreóza** je deficit parathormonu a snížená mobilizace iontů vápníku z kostí a současně zvýšené ztráty iontů vápníku ledvin.

Primární hypoparatyreózu, kdy se jedná o nedostatečnou sekreci PTH z důvodů vrozených anebo získaných. Mezi získané příčiny primární hypoparatyreózy patří na prvním místě poškození příštítných tělísek v souvislosti s operacemi na štítné žláze. Dalšímu poškození příštítných tělísek dochází při autoimunitním procesu, při radiaci či ukládáním toxických látek v rámci metabolických stádivých chorob. Vzácné vrozené formy postihují ne jen vývoj příštítných tělísek, ale i vývoj dalších orgánů (DiGeorgeův syndrom, kdy dochází k poruchám vývoje orgánů krční oblasti jako je brzlík, štítná žláza i příštítná tělíska) [21, 35].

Pseudohypoparathyreóza, kdy chybí účinek PTH i přes jeho dostatečnou, nebo dokonce zvýšenou tvorbu, protože cílové tkáně jsou na PTH rezistentní [34].

- **Nedostatek vitamínu D**, popř. jeho aktivního metabolitu kalcitriolu, vede ke snížené tvorbě vazebného (calcium binding) proteinu v enterocytech, a tím k nedostatečné resorpci iontů vápníku ze střeva. Deficit sám o sobě může mít celou řadu příčin:



Nedostatek vitamínu D ve střevě (typicky pro kojené děti, protože mateřské mléko, ač jinak dokonalé ve svém složení, neobsahuje dostatek tohoto vitamínu) [34, 36].

Nedostatečným vstřebáváním vitamínu D z GIT v rámci malabsorpčních syndromů, (vitamin D patří mezi vitamíny rozpustné v tucích, a proto malabsorpce tuků přítomná u insuficience exokrinního pankreatu nebo u insuficience tvorby žluči ohrožuje i resorpci tohoto vitamínu) [35, 36].

Poruchy aktivace a účinnosti vitamínu D v organismu (vitamin D prochází dvojitou hydroxylací, první v játrech a druhou v ledvinách. Proto je jeho tvorba nebo účinnost snižena u jaterního selhání. Některé fenobarbitaly inhibují aktivitu 25-hydroxylázy v játrech. K nedostatečné aktivaci vitamínu D v ledvinách dochází i při primární hypoparatyreóze, protože chybějící PTH představuje hlavní fyziologický stimul aktivity ledvinové 1  $\alpha$ -hydroxylázy) [35, 36].

- **Selhání ledvin**, při zhoršování funkce ledvin klesá vylučování fosfátů do moči a proto začne klesat hladina vápníku. To vede ke zvýšení aktivity parathormonu (sekundární hyperparatyreóza) a koncentrace vápníku v krvi začne naopak růst, což mnohdy vede k hyperkalcémii [23].
- **Hyperventilace** je rychlé a hluboké dýchání. Způsobuje stav, který vede ke snížení ionizované formy vápníku v krvi. Celková koncentrace vápníku je stejná, ale změny organismu při hyperventilaci vedou k tomu, že část volného funkčního vápníku se naváže na krevní bílkoviny. To má za následek projevy hypokalcémie, mezi jejichž typické příznaky patří brnění a křeče končetin [33].
- **Těžká akutní pankreatitida** je těžce probíhající zánět slinivky břišní. Bývá spojen s poklesem krevního vápníku a zvýšením hladin pankreatických enzymů. Pankreatitidní enzymy aktivně štěpí tuk v těle na MK, které se s vápníkem následně vysrážejí jako vápenaté soli [37].
- **Kostní metastázy** v případě tzv. osteoblastických tumorů způsobují jejich kostní metastázy abnormální novotvorbu kostní tkáně, což může vést ke spotřebování vápníku a poklesu jeho koncentrace v krvi. Osteoblastický charakter mají například metastázy rakoviny prostaty [37].

- **Léky** některé léky proti odvápnování kostí mohou způsobit nedostatek vápníku v krvi. Patří sem například léky ze skupiny bisfosfonátů používané proti osteoporóze [33].

### Projevy hypokalcémie

Při hypokalcémii dochází k narušení nervosvalového přenosu. Projevuje se zvýšenou dráždivostí, zvýšenými šlachovými reflexy, objevují se křeče. Poměrně závažné jsou stahy svaloviny v dýchacích cestách, které mohou vyústit až k dušení. Srdeční sval je také postižen. Vznikají různé poruchy rytmu, které mohou přejít i v srdeční zástavu a smrt. Zvýšená je i dráždivost trávicího traktu, což se projevuje průjmami. Chronická hypokalcémie může být spokojena i se zmateností a demencí, zvláště u starších lidí. Nedostatek vápníku v těle způsobuje vznik lámavých nehtů [35, 38].

### 3.1.2 Hyperkalcémie

Hyperkalcémie znamená zvýšení plazmatické koncentrace iontů vápníku nad 2,75 mmol/l. Obvyklým projevem je zvýšená mobilizace iontů vápníku z kostí. Vzácněji je výsledkem pozitivní bilance iontů vápníku, kdy příjem vápenatých iontů převažuje nad možnostmi jejich exkrece renální cestou [30].

### Příčiny hyperkalcémie

- **Kostní metastáze** je doprovodem generalizovaných nádorových onemocnění, kdy se metastázy tumoru dostaly do kostí. Výrazně patrné je to zejména u tzv. osteoklastických tumorů, jejichž metastázy postiženou kost odbourávají. Osteoklastické chování je typické u metastáz rakoviny prsu [38].
- **Imobilizace** je dlouhodobé znehybnění pacienta na lůžku. Nečinnost pohybové soustavy začne po čase vést k odvápnování kostí [35].
- **Mnohočetný myelom** je zvláštní nádorové onemocnění, ve kterém svou roli hrají bílé krvínky, které tvoří protilátky (B-lymfocyty). Nejčastěji napadené kosti jsou žebra či lebeční kosti [36].
- **Hyperparatyreóza** je vyvolaná zvýšenou produkcí PTH příštítnými tělisky. Dochází k odvápnování kostí a zvyšování hladiny vápníku v krvi. Příčinou jsou ob-

vykle nezhoubné nádory přístítného tělíska. Ve vzácnějších případech i zhoubné nádory [33].

- **Předávkování vitaminem D** je při nadměrném příjmu provitaminu D. V takovémto případě může dojít ke zvýšení hladiny vápníku v krvi. Riziková je dávka nad 100 mg denně [36].
- **Chronické selhávání ledvin**, takto postižené ledviny nedokážou dobře zbavovat fosfátů a jejich koncentrace v krvi stoupá. Součin koncentrací fosfátů a vápníků je konstantní, a proto dojde k poklesu krevního vápníku – vzniká hypokalcémie. Ve snaze zvýšit hladinu vápníku začne tělo tvořit v přístítných těliscích více parathormonu (sekundární hyperparatyreóza), odvápnovat kosti a hladinu vápníku tak zvyšovat. Proto může být hladina vápníku v krvi v případě selhávání ledvin normální nebo dokonce v případě přehnané reakce i vysoká [36, 39].

### Projevy hyperkalcémie

Příznaky hyperkalcémie jsou únava, svalová slabost, vyčerpanost a apatie.

Při nadbytku vápníku se zpomaluje pohyblivost trávicího traktu. Objevuje se sklon k zácpě, někdy nevolnost a zvracení. Souvisí-li nadbytek vápníku v krvi s odvápnováním kostí, může nemocný pociťovat jejich bolest a objevují se zlomeniny vznikající při minimálních úrazech (patologické fraktury). Nadbytek vápníku v krvi bývá spojen s ukládáním vápenatých solí v různých orgánech těla. Jasně je to patrné v ledvinách, kde se mohou vytvářet vápenné močové kameny, které pak způsobují ledvinové koliky [33, 39].

Asi nejzásadnější je vliv vápníku na srdeční sval. Zvýšená koncentrace vápníku může vést k vážným poruchám srdečního rytmu, které mohou způsobit srdeční zástavu a smrt.

Vyšší koncentrace vápníku zvyšuje riziko vzniku žaludečních vředů a častěji se objevují případy akutního zánětu slinivky břišní [35].

## 3.2 Osteomalacie

Osteomalacie je onemocnění, které vzniká z nedostatku vitaminu D v dospělém věku. Může být způsobeno sníženým přívodem potravou, poruchou vstřebávání, nedostatečnou funkcí nebo nedostatečným vystavením kůže slunečnímu záření, které je nezbytné pro tvorbu vitaminu D v kůži [40].

Vitamin D je nepostradatelný ke vstřebávání vápníku a fosforu ze střeva a pro mineralizaci kostí. Při jeho nedostatku dochází k poruše mineralizace kostí. Kostní matrix se skládá z 35 % organické hmoty (kolagen, osteokalcin, osteoklasty) a 65 % anorganického materiálu. U normální kosti představuje osteoid méně než 5 % kostního objemu, u osteomalatické kosti pak představuje 40 – 50 % kostního objemu. Důsledkem toho je omezena pevnost kosti, kosti jsou měkké, což má za následek zejména bolesti kostí, kolébavou tzv. kachní chůzí a svalovou slabostí. V pokročilém stupni postižení může snadno docházet ke zlomeninám kostí již při drobných úrazech [40, 41].

### 3.3 Osteoporóza

Osteoporóza je charakterizována úbytkem kostní hmoty (rovnoměrným úbytkem organické i anorganické matrixu) a poruchami mikroarchitektury kostní tkáně s následným zvýšením fragility kostí a tendencí ke zlomeninám. Úbytek kostní hmoty je větší než odpovídá věku, pohlaví nebo rase daného jedince [41].

Osteoporóza je dnes pokládána za „civilizační chorobu“ s vysokým výskytem v průmyslově vyspělých zemích. Předpokládá se, že osteoporóza se vyskytuje zhruba u 6 – 7 % našeho obyvatelstva. Je onemocněním především starších žen. Vzniká z nepoměru mezi vystupňovanou kostní resorpcí a normální nebo sníženou novotvorbou kostí. Až do 50 let se obsah i denzita kostního minerálu u dospělých žen a mužů téměř nemění. Později začne u žen po menopauze převládat kostní osteoresorpce nad novotvorbou kostí v souvislosti s vyhasínáním ovariálních funkcí a tento trend pak pokračuje po celý život. I u mužů ubývá s postupujícím věkem kostní hmoty, ale tento proces probíhá mnohem pomaleji, a proto jsou muži osteoporózou a zlomeninami ohroženi mnohem méně [39, 42].

#### 3.3.1 Typy osteoporózy

##### Postmenopauzální osteoporóza (typ 1)

Vyskytuje se u žen po menopauze. Etiologickým faktorem je úbytek estrogenů. Samotný osteoporotický proces probíhá především v trabekulárních kostech. V důsledku toho převažuje osteoresorpce spojená se zvýšeným odbouráváním kostního minerálu, což vede ke snížení kostní denzity. V krvi se snižuje koncentrace vápníkových iontů, což působí tlumivě na sekreci parathyrinu a to dále vede k tomu, že se snižuje tvorba kalcitriolu a tím i

absorpce vápníku ve střevě. Typickými komplikacemi postmenopauzální osteoporózy jsou zlomeniny kostí (převážně obratlů) a dolního předloktí [42].

### **Involuční senilní osteoporóza (typ 2)**

Zpravidla se vyskytuje ve věku nad 70 let u obou pohlaví. Osteoporotický proces probíhá jak v trabekulárních tak kortikálních kostech. Patologickým procesem je zde snížená tvorba kalcitriolu, čímž klesá střevní absorpce vápníku. To stimuluje produkci parathyrinu, což vede ke zvýšené resorpci kostního minerálu. Při tomto typu osteoporózy se nejčastěji lámou dlouhé kosti a krček kosti stehenní. U mnoha nemocných jde o smíšený typ onemocnění [41, 42].

## **3.4 Křivice**

Křivice neboli rachitis, taktéž označována jako andělská nebo anglická nemoc, je nemoc postihující pohybový aparát v dětském věku. Jedná se o onemocnění získané a v tomto věku jedno z nejčastějších onemocnění pohybového aparátu. V dospělosti je rachitida nazývána osteomalácií [39].

Příčinou vzniku křivice je nedostatek vápníku nebo vitamínu D. V důsledku nedostatku těchto látek nedochází k dostatečné mineralizaci kostí a kost se stává měkkou. Rachitidu můžeme podle příčiny dělit na vitamin D dependentní, tedy tu, která je způsobena pouze nedostatkem vitamínu D a na vitamin D rezistentní, která je způsobena poruchami vstřebávání vápníku a fosfátů ze střeva při dostatečné hladině vitamínu D [42].

U dětí se nemoc projevuje mnohem výrazněji než u dospělých. Typické jsou změny tvaru kostry, například deformace dolních končetin do tvaru „O“ nebo „X“, pokřivení páteře, změny tvaru hrudníku (tzv. ptačí hrudník). U kojenců dochází k měknutí lebečních kostí, zejména týlních. Na kostech je přechod mezi chrupavčitou a kostní částí zduřený, což na hrudníku vytváří tzv. rachitický růženec. Objevuje se také poškození zubní skloviny, opožděné prořezávání zubů, zuby rostou nepravidelně a tvrdé patro je vysoko vyklenuté. U malých dětí dochází k opožděnému uzávěru. Mnohé změny, ke kterým v dětském věku dojde v důsledku nedostatku vitamínu D, jsou nevratné [39, 42].

### 3.5 Chondrokalcinóza

Chondrokalcinóza neboli vápenatá dna, je onemocnění kdy dochází k ukládání krystalků vápníku v chrupavkách a v měkkých tkáních. Při poruše metabolismu anorganického pyrofosfátu. Krystalky vápníku jsou v podobě kalciových solí kalciumfosfát ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), kalciumpyrofosfát ( $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) a kalciumhydroxyapatit [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ ]. Onemocnění se projevuje buď jako akutní zánět (pseudodna), chronická synovitida, nebo jako osteoartróza v neobvyklé lokalizaci [43].

### 3.6 Patologická kalcifikace

Patologická kalcifikace zahrnuje všechna onemocnění, při kterých dochází k ukládání vápníku, na místa kde se běžně nevyskytuje [43].

#### 3.6.1 Ateroskleróza

Ateroskleróza neboli kornatění, je chronické progredující zánětlivé onemocnění cévní stěny chemického původu, které se manifestuje tvorbou aterosklerotických plátů. Je dominantním rizikovým faktorem arteriální trombózy. Na jejím podkladě dochází k více než 50 % všech úmrtí ve vyspělých státech Evropy, Ameriky a Asie [44].

Aterosklerotická choroba má několik stupňů vývoje. První stupeň se nazývá lipoidní (tukové) skvrny. Jsou to žlutavě zbarvená ložiska ve stěně tepny, složená především z cholesterolu. Další fází jsou fibrózní a ateromové pláty, což jsou opět žlutavá ložiska, která již ale nejsou hladká, vystupují nad povrch stěny a obsahují řídký mastný obsah. Jestliže se krycí vrstva ateromového plátu rozpadne, jeho obsah se vyplaví krví a v tepenné stěně vznikne tzv. ateromový vřed, který tuto cévu poškozují. V místě, poškozeném tímto aterosklerotickým procesem se druhotně začne tvořit trombus neboli krevní sraženina, která výrazně zužuje průsvit tepny. Poslední fází je zvápenatění, kdy se v postiženém úseku cévy ukládají vápenaté soli, a ložisko tvrdne [44, 45].

Příčin aterosklerózy je celá řada. Patří k nim rostoucí věk (čím déle žijeme, tím víc se stěny cév opotřebovávají), mužské pohlaví (ženy jsou proti civilizačním chorobám chráněny až do přechodu svými hormony) a genetické předpoklady. Po přechodu jsou ženy ohroženy kardiovaskulárními onemocněními více než muži. Další rizikové faktory jsou vysoký krevní tlak, vysoká hladina cholesterolu, obezita, cukrovka a kouření [44].

### 3.6.2 Kalcifikace pankreatu

Chronická pankreatida je postižení pankreatu chronickým zánětem, kdy dochází k postupnému nahrazení funkční tkáně fibrózou. Postižená je exokrinní i endokrinní funkce slinivky. Jde o proces ireverzibilní a postupně progredující [43].

Nejčastější příčinou vzniku chronické pankreatitidy je alkohol. Udává se, že naprostá většina všech případů chronické pankreatitidy je způsobena dlouhodobým požíváním alkoholu. Množství 20 – 40 g (pro ženy 20 g, pro muže 40 g) čistého alkoholu denně může mít na pankreas neblahý vliv. Nejrozšířenější formou chronické pankreatitidy je forma kalcifikující způsobena většinou právě alkoholem. Kalcifikace pankreatu je důsledkem odrazem dlouhodobě probíhajícího chronického zánětu. Dochází při nich ukládáním kalciových solí do proteinových intraduktálních precipitátů [46].

K dalším příčinám patří kouření, hyperkalcémie (spojená s hyperparathyreózou), idiopatická etiologie aj. Incidence chronické pankreatitidy v Evropě se pohybuje 2 – 20 případů/100.000 pacientů. V České republice se incidence pohybuje kolem 8.000 – 100.000 ročně. Častěji jsou postiženi muži [46].

### 3.6.3 Kalcifikace srdce

Kalcifikace neboli zvápenatění je proces, při kterém se ukládají vápenaté soli do tkání, čímž způsobují ztvrdnutí tkáně, zhoršení poddajnosti a pružnosti, a tím i zhoršení její funkce. Na srdci dochází k poškození zejména aortálních chlopní. Onemocnění se označuje jako stařecký degenerativní typ aortální stenózy. Při tomto onemocnění dochází ke vzniku mohutných kalcifikací na aortální chlopni, která uzavírá výtok z levé srdeční komory do aorty (tepna, která odvádí krev ze srdce). Působí zde jako ventil, který usměrňuje tok krve jedním směrem (ze srdce do těla, do velkého oběhu). Aortální stenóza je postižení chlopně vedoucí k jejímu zúžení, což vede k obstrukci toku krve z levé komory srdeční do aorty a vede tak k jejímu tlakovému přetížení. Aortální stenóza je ve vyspělých státech nejčastěji operovanou srdeční vadou. Mezi nejčastější příčiny získané stenózy patří degenerativní (skleroticko-kalcifikační) změny postihující jak normální (trojcípou) chlopeň, tak vrozeně dvojcípou chlopeň, která je samozřejmě k uvedeným změnám mnohem náchylnější. Další příčinou může být revmatická horečka. Pokud je aortální stenóza vrozená, může být spojena ještě s dalšími srdečními vadami a je ošetřena v dětském věku [8, 43, 47].

Kromě kalcifikace chlopní je na srdci ještě významná kalcifikace perikardu čili osrdečníku. Osrdečník je blána, která se skládá ze dvou listů, ty se uzavírají do kuželovitého vaku, který naléhá na specifickou oblast bránice (centrum tendineum). Uvnitř tohoto vaku se nalézá srdce s malým množstvím vazké tekutiny, která usnadňuje pohyb tohoto orgánu. Tato tekutina má lehce nažloutlou barvu a je jí asi 20 ml. Při napadení těla bakteriemi, může dojít ke vzniku zánětlivého onemocnění na perikardu. Po vyléčení akutního zánětu osrdečníku se může perikard bez problémů zhojit. V jiných případech se zhojit nedokáže a mohou vznikat srůsty. Při rozsáhlejších srůstech dochází ke konstrikci srdce. V takovém případě hovoříme o tzv. konstrikční perikarditidě. Konstrikční perikarditida se dále může komplikovat tak, že se v těchto srůstech ukládají ionty vápníku. Tímto způsobem může dojít až ke vzniku obrazu pancéřového srdce [43, 47].

#### 3.6.4 Urolitiáza a nefrolitiáza

Urolitiáza (močové kameny) je charakterizována tvorbou kamenů v močových cestách. Je to velmi časté onemocnění ledvin.

Kameny mohou vznikat kdekoli v močovém ústrojí. Nejčastěji v ledvinách, dále močovodech a v močovém měchýři. Jsou tvořeny látkami (soli, minerály), které jsou v moči rozpustné. Moč je supersaturovaný roztok, který se nachází obvykle v tzv. metastabilní fázi. Při vychýlení z této rovnováhy začíná krystalizovat v močový konkrement. Podmínky ke vzniku konkrementu vytváří porucha průtoku moče močovými cestami, výchylky pH moče, její vysoká koncentrace, zvýšení litogenních látek, nebo snížení inhibitorů litiázy a přítomnost cizího tělesa [45, 48].

Existuje několik druhů kamenů, dle hlavní stavební složky. Nejčastější jsou konkrementy z oxalátu vápenatého, urátové, konkrementy infekční, vzácné jsou cystinové a xantinové.

Výskytu urolitiázy je 4 – 10 %, incidence 0,5 – 1 %. Recidivy v závislosti na složení konkrementů se u neléčených pacientů vyskytují v 50 – 100 % a u léčených v 10 – 15 %. Podle evropských studií se urolitiáza vyskytne až u 15 % populace, která se dožije sedmdesáti let. Většina pacientů, u kterých vznikla urolitiáza, má riziko vzniku recidivy v 80 %. Metabolické vyšetření vede k správnému odhalení příčiny urolitiázy až u 97 % pacientů [45, 49].



Pod pojmem nefrolitiáza jsou zahrnuty stavy, při nichž dochází k ukládání vápníku ve formě krystalků do ledvinové tkáně. K těmto poruchám dochází při zvýšené hladině vápníku nad 2,5 mmol/l. Nejčastější příčinou nefrolitiázy je primární hyperparathyreóza. Příčinou je zvýšená hladina jak PTH, tak vápníku samotného [43].

### 3.7 Rakovina

Rakovina je z 26% světě (v ČR dokonce 27,2%) příčinou všech úmrtí. Mnoho studií poukazuje, že při vyšším příjmu vápníku v potravě vede ke snížení výskytu rakoviny tlustého střeva [49].

Studii Park (et al.), 2007 bylo zjištěno, že příjem 611 mg vápníku denně byl spojen se snížením rizika vzniku rakoviny tlustého střeva o 30% u mužů a 36% u žen. Vápník inhibuje proliferaci buněk střevního epitelu u osob s pozitivní anamnézou kolorektálního karcinomu, a snižuje opakovaný výskyt adenomů, což jsou časté prekursor rakovinových lézí. Dále omezuje vznik adenomatózních polypů v tlustém střevě. Přesná dávka  $\text{Ca}^{2+}$  k vyvolání těchto efektů není známa, výsledky studií se liší [49, 50].

Jiné studie, zkoumající ochranný účinek vápníku v prevenci tvorby polypů, se zúčastnili pacienti s adenomem, kteří byli náhodně rozděleni do dvou skupin. První skupina dostávala po dobu čtyř let denní dávku 1200 mg doplňku vápníku a druhá skupina dostávala placebo. Studie odhalila, že u těch pacientů, kteří dostávali doplněk vápníku, bylo o 17% nižší relativní riziko opakovaného vzniku adenomu než u pacientů ze skupiny, které bylo podáváno placebo. Vědci uvádí, že během prvních pěti let po ukončení první studie bylo u skupiny pacientů, kteří byli náhodně vybráni k suplementaci vápníkem, zaznamenáno o 12% nižší riziko všech adenomů než u skupiny, které bylo podáváno placebo (31,5 % vs. 43,2%). Během dalších pěti let (tedy 5 až 10 let po ukončení první studie) již nebyl pozorován žádný významný rozdíl mezi oběma skupinami [51, 52].

Vápník snižuje i výskyt rakoviny kůže, jak uvádí studie Tang (et al.) 2011. Jeho studie se zaměřily na ne-melanomový typ rakoviny kůže, protože lidé s tímto obecně ne fatálním onemocněním jsou náchylnější ke vzniku melanomu (tento typ rakoviny kůže často končí smrtí). Ne-melanomové typy rakoviny jsou nejběžnějšími formami rakoviny kůže. Výsledky ukazují, že u žen, které již jednou onemocněly ne-melanomovým typem rakoviny a ná-

sledně užívaly kombinaci vápník a vitamin D, byl výskyt melanomu nižší o 57% než u žen s podobnou minulostí, které užívaly jen placebo [53].

### 3.8 Obezita

Obezita je multifaktoriálně podmíněné onemocnění. Jednou z přídatných látek, která může ovlivnit vznik obezity, je vápník. Je prokázáno, že vyšší dávky vápníku stimulují tvorbu UCP bílkovin, které následně snižují účinnost metabolismu a zvyšují produkci tepla. Vápník také snižuje tvorbu enzymu syntetizující MK, snižuje pocit hladu a může přispívat k většímu vylučování tuku stolicí. V některých studiích zabývajících se podáváním vápníku se prokázalo zvýšení tvorby HDL cholesterolu a snížení podílu LDL cholesterolu. Vápník snižuje i vstřebávání tuku ze stravy. Větší efekt prokazuje vápník mléčného původu než anorganický vápník. Účinek vápníku stimuluje dostatečné množství vitaminu D [54].

## 4 NÁROKY ORGANIZMU NA PŘÍJEM VÁPNIKU V JEDNOTLIVÝCH OBDOBÍCH LIDSKÉHO ŽIVOTA

Doporučená denní dávka (DDD) je pojem používaný v Česku pro vyjádření potřebného individuálního denního příjmu živin (vitaminů, minerálů a dalších látek), který je považován za dostatečný na to, aby pokryl potřebu většiny zdravých jedinců v každé věkové skupině.

DDD vápníku se mění v závislosti na věku, pohlaví a úrovni fyzické aktivity. Jednotlivé dávky vápníku jsou rozděleny do věkových kategorií podle posledního návrhu DDD pro ČR uvedeny v tabulce 1.

V uplynulých letech byla provedena na toto téma řada studií, které dokládají, že příjem vápníku je v potravě člověka nedostatečný (s výjimkou malých dětí). Mezi 10 a 18 lety mají chlapci průměrný příjem 1040 mg/denně, dívky 820 mg. U lidí pod 65 let je příjem u mužů 850 mg/denně, u žen 770 mg. Nad 65 let se tato čísla mění u mužů na 790 mg/denně a u žen na 690 mg/denně. Více než 50 % dospívajících dívek a téměř 75 % žen nad 50 let přijímá tedy méně než dvě třetiny doporučeného přísunu [55, 56].

Tab. 1. Návrh výživových doporučených dávek pro obyvatele ČR [56]

Věková kategorie	Množství vápníku [mg]
Kojenci	67
Batolata	62
Děti 3 – 6 let	900
Děti 7 – 10 let	1000
Děti 11 – 14 let	1100
Dospívající 15 – 18 let	1200
Dospělí 19 – 59 let	1000
Dospělí let 60 a více	1000
Těhotné a kojící ženy	1500 – 2000

### 4.1 Prenatální období

Mezi matkou a plodem dochází k aktivnímu transportu vápníku a 2/3 veškerého vápníku akumuluje plod během třetího trimestru těhotenství. Porucha přísunu živin a minerálních látek v těhotenství a v prvních týdnech po porodu je u dítěte tedy nepochybně spojena s rizikem sníženého množství kostní hmoty v dospělosti. Mateřské mléko obsahuje asi 200 mg/l vápníku (při laktaci 0,6 l/den), vstřebatelnost vápníku je asi 60 % [57].

## 4.2 Děti

Vývoj kostní tkáně každého jedince je ovlivněn již stavem mateřského organismu během gravidity. Pokud se dítěti nedostává vápníku, zaostává ve vývinu, dochází k pozdnímu prořezávání zubů, kosti křehnou, dochází k jejich měknutí, deformacím a častějšímu výskytu skoliózy [55].

## 4.3 Dospívání

V období dospívání dochází jak k fyzickému, tak k psychickému vývoji člověka. Prudký tělesný růst potřebuje zvýšený přísun vitaminů a minerálů, a proto je pro správný vývin kostí vápník nezbytný. Vápník se v našem těle ukládá právě v průběhu dětství maximálně však do věku 25 – 30 let. S přibývajícím roky sice rovněž dochází k jeho využití, ale zdaleka již není možné dohnat deficit z dětství. Proto je právě příjem vápníku v dětském věku rozhodující pro zdraví i v dospělosti. Kostní hmota se utváří až do 23. roku života. Doporučená denní dávka vápníku se pohybuje okolo 1200 mg. Je ovšem rozdíl mezi dospívající dívkou a dospívajícím chlapcem. U dívek se potřeba vápníku pohybuje mezi 1 – 1,3 g denně, naopak u chlapců se udává kolem 1,4 g vápníku za den [56, 57, 58].

## 4.4 Dospělí

Kolem 25. až 30. roku věku bývá dosaženo maxima kostní hmoty. Od tohoto období již nedochází k pozitivní vápníkové bilanci a do 40 – 50 let je tato bilance v rovnováze, pak již převažuje osteoresorpce. Denní potřeba vápníku se optimálně pohybuje v rozmezí 700 mg/den (VDD pro EU) a 1000 mg/den (VDD pro ČR) [56].

## 4.5 Těhotné ženy

V těhotenství jsou požadavky na vápník zvýšeny, aby splnily požadavky skeletu rozvíjejícího plodu. Příjem vápníku by měl být ve 20. týdnu těhotenství 1500 mg/den a v 35. týdnu těhotenství 2300 mg/den. Snížená hladina vápníku může u ženy vést ke křečím v nohou nebo k dřívějšímu porodu [57].

## 4.6 Ženy po menopauze

Menopauza u ženy je období, kdy dojde ke snížení hladiny pohlavních hormonů, což způsobí úbytek kostní hmoty. Prvních 5 letech je úbytek kostní hmoty 3 – 5 % za rok, ve věku 65 let jde o úbytek 1 % za rok. V tomto období se doporučuje zvýšit příjem vápníku a hormonální terapie [55, 58].

## 4.7 Staří lidé

S věkem se vstřebávání vápníku snižuje, také je zhoršená schopnost metabolicky se přizpůsobit nižšímu příjmu vápníku stravou, který může u starších lidí nastat. Také deficit vitamínu D, ke kterému ve stáří může docházet, vstřebávání negativně ovlivňuje. Dalším důvodem, který přispívá ke zvýšené potřebě vápníku ve stáří, je imobilizace, při které dochází k vyššímu uvolňování vápníku z kostí. Optimální příjem vápníku by měl tedy pro muže a ženy po 65 roku být 1 500 mg na den [55, 57].

## 5 ZDROJE VÁPNIKU

Vápník je obsažen v mnoha potravinách, avšak ne vždy je ve vhodné formě využitelné lidským organismem. Na vstřebávání vápníku má velký vliv složení stravy, zejména obsah tuku. Při trávení přijatých tuků vznikají MK, ty pak při nadbytku tuku ve stravě tvoří s vápníkem nerozpustná "mýdla". Vápník tak odchází nevstřebán stolicí [59].

Obsah vápníku v organismu ovlivňují i sacharidy. Nadměrná konzumace sladkostí a moučných výrobků zvyšuje vylučování vápníku do moče. Vstřebávání vápníku brzdí potraviny s vysokým obsahem kyseliny šťavelové, např. špenát, rebarbora, rybíz, angrešt, a potraviny s vysokým obsahem fytátu - černý chléb a pečivo z nízké vymílané mouky [1, 59].

Nevhodným zdrojem vápníku jsou tavené sýry, do kterých se z technologických důvodů přidávají fosforečné soli. Tyto soli vápník vážou a tak znemožňují jeho vstřebávání v organismu [1].

### 5.1 Zdroje živočišného původu

#### 5.1.1 Mléko a mléčné výrobky

Denní příjem vápníku se v evropské či americké stravě pohybuje mezi 600 – 1200 mg. Z tohoto množství se však vstřebává jen 5 – 50 %. Přibližně 50 – 70 % celkové denní potřeby vápníku se hradí mlékem a mléčnými výrobky. Odborníci na metabolismus se shodují v názoru, že využitelnost vápníku z mléka a mléčných výrobků je vysoká přibližně 30 %. Mléko totiž neobsahuje látky, které vážou vápník do nevstřebatelné formy a tím znemožňují jeho využití. Naopak mléko obsahuje laktózu (mléčný cukr) a některé aminokyseliny, které využitelnost vápníku zvyšují. Vhodnými zdroji vápníku jsou rovněž ostatní mléčné produkty, např. kyselé mléko, jogurty a zakysané mléčné výrobky, protože jejich kyselé prostředí napomáhá zvyšovat jeho využitelnost [22, 59].

V tabulce 2. je uvedeno množství vápníku v mléčných výrobcích o různých tučnostech. Mléčné výrobky mají vysokou využitelnost vápníku. Je to zřejmě způsobeno absencí faktorů inhibujících vstřebávání a přítomností mnoha složek, které využitelnost zvyšují, např. laktózy, bílkovin a fosfopeptidů [1].

Tab. 2. Množství vápníku v mléku a mléčných výrobcích s různým obsahem tuku [60]

Mléko/mléčné výrobky	Obsah vápníku [mg/100 g]
Mléko nízkotučné	120
Mléko polotučné	119
Mléko plnotučné	116
Smetana	114
Kysaná smetana	80
Jogurt bílý nízkotučný	180
Jogurt s 1,5% obsahu tuku	115
Tvaroh	100

### 5.1.2 Sýry

Vápník je v mléce vázán na bílkovinu. Dobře se vstřebává hlavně z mléčných výrobků jako tvaroh či přírodní sýr. Když se při výrobě taveného sýra přidají tavící soli, tedy fosforečnany, vápník se naváže na jejich zbytky. Vytvoří se tak nerozpustné sloučeniny s vysokým obsahem fosforu. Fosfor jako takový zhoršuje vstřebávání vápníku ve střevě a zároveň podporuje odvápnňování kostí. Tímto způsobem s fosforem spojený vápník tělo neumí uložit na to správné místo, tedy do kostí a zubů. Buď ho bez užitku vyloučí, nebo ho uloží do jiných tkání. Například do cév a kloubů. Vzniká zvápenatění cév či bolesti kloubů [15, 61].

Mezi nejvýznamnější konzumenty sýru patří Řekové (28 kg sýra/osobu, rok), Francouzi a další západoevropské národy. Průměr v EU je asi 19 kg. Celosvětově spotřeba sýrů roste asi o 2 % ročně. V ČR se spotřeba pohybuje kolem 16 kg, přičemž neobvykle vysoká je konzumace tavených sýrů (2,7 kg). Teprve v poslední době v souvislosti s širokou nabídkou přicházejí Češi více na chuť i přírodním sýrům [15, 61].

Tab. 3. Obsah vápníku v přírodních a tavených sýrech [61]

Typ sýru	Obsah vápníku [mg/100 g]
Tvarůžky	150
Hermelín	400
Eidam 30 % tvs	900
Eidam 45 % tvs	750
Čedar 50 % tvs	750
Ementál	1010
Tavený sýr 30 % tvs	490
Tavený sýr 70 % tvs	280

### 5.1.3 Vejce, ryby a korýši

Jedno velké vajíčko poskytuje asi 3 % doporučené denní dávky vápníku, z čehož většina je obsažena ve žloutku. Skořápka vajíčka je tvořena z 94 % uhličitánem vápenatým což odpovídá asi 2 g vápníku. V tabulce 4. je uvedeno množství vápníku v jednotlivých složkách vajíčka [60].

Obecně ryby obsahují 15 – 60 mg vápníku ve 100 g, nejsou tedy bohatým zdrojem tohoto prvku. Relativně vysoký obsah vápníku v konzervách sardinek je dán tím, že se konzumují celé ryby, tedy včetně kostí [22].

Tab. 4. Obsah vápníku ve vejcích [60]

Složka vajíčka	Obsah vápníku [mg/100 g]
Celé vejce	50
Vaječný žloutek	133
Vaječný bílek	8

## 5.2 Zdroje rostlinného původu

### 5.2.1 Zelenina a ovoce

Množství vápníku v zelenině a ovoci je ovlivněno pěstitelskými podmínkami (hnojením, podnebím, složením půdy atd.). Obsah vápníku v zelenině je mnohem vyšší než v ovoci. Množství vápníku v zelenině je zobrazeno v tabulce 5. Během tepelné úpravy se obsah vápníku nemění [62].

Obsah vápníku a jeho využitelnost se výrazně liší u různých druhů zeleniny. Využitelnost vápníku u špenátu, manga, rebarbory, červené řepy je snížena až na 5 % z důvodu obsahu oxalátu. Další skupinou látek, které snižují vstřebatelnost vápníku, jsou fytáty obsažené v luštěninách. Další složkou snižující absorpci vápníku je kyselina močová, která se vyskytuje v zelenině (špenát, květák, červená řepa) a také v ovoci (fíky, brusinky). Dochází k pevným vazbám vápníku s těmito látkami a tím zhoršení vstřebávání. Mezi rostlinné zdroje s lepší využitelností vápníku patří zejména kapusta, která obsahuje až 138 mg vápníku ve 100 g kapusty [22, 62].



Tab. 5. Zelenina s vysokým obsahem vápníku [15]

Zelenina	Obsah vápníku [mg/100 g]
Brokolice	65
Celer	50
Čekanka	60
Čínské zelí	93
Kapusta	138
Květák	13
Luštěniny	45
Petržel	145
Špenát	81

### 5.2.2 Ořechy a semena

Využitelnost vápníku z ořechů a semen je asi 20 %, Množství vápníku je uvedeno v tabulce 6. U těchto komodit je obsah vápníku mnohem vyšší než v mléce a mléčných výrobcích (lidé, kteří se živí pouze potravinami rostlinného původu vegani, nedostatkem vápníku netrpí) [63].

Tab. 6. Obsah vápníku v ořechách a semenech [63]

Ořechy a semena	Obsah vápníku [mg/100 g]
Mák	1400
Sezamové semínko	670
Mandle	240
Lněné semeno	195
Para ořechy	170
Lískové ořechy	140
Pistácie	130
Slunečnicová semínka	110

### 5.2.3 Obiloviny

Obiloviny samy o sobě neobsahují velké množství vápníku, avšak díky fortifikaci mnoha cereálií představují hodnotný zdroj vápníku z celkového příjmu. Cereálie jsou fortifikovány vápníkem ve formě karbonátu.

Obalové vrstvy obilovin obsahují kyselinu fytovou. Ta spolu s vápníkem tvoří uvnitř střeva nerozpustnou sůl, čímž se stává vápník nevyužitelný. Nejvíce kyseliny fytové obsahují otruby, naopak nejmenší obsah je v žitě [1].

### 5.3 Voda

Optimálně by měl jeden litr vody obsahovat cca 40 – 80 mg vápníku a cca 20 – 30 mg hořčíku. Vzájemný poměr celkového příjmu vápníku a hořčíku potravou by měl být cca 2:1.

Celková tvrdost vody (suma vápníku a hořčíku) by se měla pohybovat mezi cca 2 – 3,5 mmol/l. V tabulce 7. je uvedeno množství vápníku v minerálních vodách [64].

Pokud vaříme zeleninu nebo těstoviny v měkké vodě, jsou ztráty vápníku až 60 % z připravované potraviny oproti vaření v tvrdší vodě, kdy (např. u vápníku a těstovin) může dokonce dojít k zvýšení obsahu vápníku v potravine [65].

Studie o vlivu vysoce mineralizované pitné vodě na zdraví prokázaly, že se zvýšilo riziko kloubních chorob, hypertenze, močových a ledvinových kamenů. Nejlépe je toto zatím prokázáno u vysokého krevního tlaku. V jiné studii byl zkoumán vliv měkké vody (nižší obsah vápníku a hořčíku) na zdraví člověka. Studie prokázala, že konzumace této vody zvýšila výskyt mozkové mrtvice a kardiovaskulárních onemocnění [55, 64, 65].

Američtí vědci z Creighton University, Omaha, zjišťovali, zda vápník v minerálních vodách přirozeně bohatých na tento prvek je přítomen v biologicky využitelné formě. Podle získaných výsledků biologicky využitelný je, přičemž vápník z minerálních vod s vysokým obsahem tohoto prvku má využitelnost stejnou nebo dokonce vyšší než vápník z mléka. Absorpce vápníku je 28,3 až 47,5 % [64].

Tab. 7. Množství vápníku v minerálních vodách [64]

Minerální vody	Obsah vápníku [mg/100 g]
Aquila	37,6
Hanácká kyselka	185,2
Korunní	78,0
Magnesia	37,7
Mattoni	25,5
Poděbradka	144,0
Rudolfův pramen	270,0
Vincentka	229,0

## 6 VÝŽIVOVÉ DOPORUČENÍ PŘI PORUCHÁCH METABOLISMU VÁPNIKU

Výživové doporučení je návod, co, jak často a v jaké podobě bychom měli jíst, pro zdraví a dlouhý život, bez nemocí. Tyto doporučení jsou založena na nejnovějších vědeckých poznatcích, proto je dobré obnovovat normy. Výživová doporučení jsou vydávány ve většině vyspělých zemích.

### 6.1 Skladba potravin

#### 6.1.1 Bílkoviny

Bylo zjištěno, že bílkoviny příznivě působí na kondici kosti a snižují kostní ztráty při zlomenině. Pozitivní účinek bílkovin na kostní hmotu je nutné odlišit, od negativního účinku vysokého příjmu živočišných bílkovin. Experti FAO/WHO v roce 2003 upozornili na tzv. kalciový paradox. V zemích s vyšším příjmem vápníku je více zlomenin, než v zemích s nižším příjmem vápníku. Tím bylo prokázáno, že vysoký příjem masa. Nepříznivě potlačuje příznivý vliv vápníku na vápníkovou bilanci. Je to zapříčiněno okyselením vnitřního prostředí aminokyselinami, které obsahují síru v živočišných bílkovinách. Dochází ke kostní resorpci a mobilizaci vápníku z kostí. Nepříznivý vliv živočišných bílkovin na kost je mírněn zvýšeným příjmem vápníku ve stravě a alkalickou stravou ve formě ovoce a zeleniny [66, 67, 68].

Obecně můžeme konstatovat, že proteiny mají z 10 – 15 % pokrývat energetickou potřebu organismu. Příjem proteinů by měl být v doporučeném množství (0,8 – 1 g/kg hmotnosti), a poměr rostlinných a živočišných bílkovin 1:1. Minimální přívod bílkovin, který ještě stačí zabezpečit základní životní procesy organismu, je 0,5 – 0,6 g/ kg hmotnosti [69].

#### 6.1.2 Sachridy

Sacharidy zvyšují resorpci vápníku. Nejčastěji se v této souvislosti uvádí laktóza, přičemž přesný mechanismus facilitované resorpce vápníku není plně objasněn. Resorpci zvyšuje také glukóza, manitol [70, 71].

Sacharidy kryjí u člověka 50 – 80 % energetické potřeby (průměrně 60 %). Průměrná denní doporučená dávka sacharidů je 300 – 420 g. Energetická hodnota 1 g sacharidů je přibližně

17 kJ. Jejich největším zdrojem v potravě je škrob, v našich podmínkách hlavně z obilnin a brambor, méně z luštěnin [71].

### 6.1.3 Lipidy

Lipidy snižují resorpci vápníku v důsledku tvorby nerozpustných mýdel (zejména nasycené mastné kyseliny). Neplatí to však všeobecně, že lipidy či mastné kyseliny pouze snižují resorpci. Například mastné kyseliny s krátkým uhlíkatým řetězcem (octová, propionová, máselná, které vznikají v tlustém střevě fermentací vlákniny) zvyšují resorpci v důsledku facilitované resorpce [72, 73].

V této oblasti je kladen důraz na omega 3 a 6 mastné kyseliny (1, 6). Je prokázán pozitivní vliv omega 3 mastných kyselin usnadňující resorpci vápníku ve střevě. Omega 3 mastné kyseliny jsou obsaženy hlavně v rybím tuku a některých rostlinných olejích (olivový, řepkový, lněný) [72, 73].

Tuky by měly tvořit maximálně 30 – 35 % denní dávky živin pro dospělé. To představuje přibližně 50 – 105 g tuků na den (v závislosti na pohlaví, věku a fyzické zátěži).

### 6.1.4 Vitaminy

#### Vitamin D

Má zásadní význam pro aktivní transport  $\text{Ca}^{2+}$  ve střevě. Pro dosažení optimální hladiny vitamínu D je podstatná expozice slunečním zářením, protože vitamin D se vytváří hlavně v kůži (80 – 90 %). Proto se doporučuje v našem zeměpisném pásmu pobyt na slunci po dobu 30 min. týdně. S rostoucím věkem klesá tvorba vitamínu D v kůži až o 75 %.

Doporučená denní dávka vitamínu D

- do 50 let 10  $\mu\text{g}$
- nad 50 let 20  $\mu\text{g}$

Při dostatečné tvorbě vitamínu D je snížena sekrece parathormonu a je tak zajištěna tzv. ideální hladina 25-hydroxyvitamínu D3 (80 – 90 nmol/l). Výzkumem bylo zjištěno, že při příjmu 1 000 – 1 200 mg vápníku a vitamínu D3 denně se snižuje riziko zlomeniny kostí bez ohledu na věk, pohlaví. Vitamin D je obsažen v rybím tuku, vaječném žloutku, olejovkách, másle, mléce [74, 75, 76].

#### Vitamin K

Vitamin K je nezbytný pro funkci několika proteinů, podílejících se na srážení krve, mineralizaci kostí, buněčný růst aj. Uplatňují se v procesu mineralizace kostí, buněčného růstu

a metabolismu proteinů cévních stěn. Vitamin K ve formě K1 je přijímán v listové zelenině a rostlinných olejích (sójovém, olivovém, bavlníkovém). Forma vitaminu K2 je tvořena bakteriemi v tlustém střevě [77].

Doporučené denní dávky v ČR nebyly stanoveny. Americký Výbor pro potraviny a výživu stanovil v r. 2001 denní příjem K vitaminu 90 µg u žen a 120 µg u mužů.

### 6.1.5 Minerální látky

#### Vápník (Ca)

Vápník je minerální látka, která je v lidském těle obsažena v největším množství. Vyskytuje se výhradně v kostech a zubech. Vápník se podílí na kontrakci svalů, přenosu nervového signálu, regulaci srdečního rytmu, srážlivosti krve a aktivaci některých enzymů. Dostatečný příjem vápníku je důležitý při růstu dětí a v těhotenství [78, 79].

Zdroje: luštěniny (sója), brokolice, kapusta, špenát, mák, lískové a vlašské ořech, sezamová a slunečnicová semena, mléčné výrobky.

Denní příjem vápníku by měl být kolem 1000 – 1500 mg/den dle věku. Účinnost absorpce vápníku je u dětí 75 %, v dospělosti 30 – 50 %, dále klesá s věkem. V běžné potravě bez konzumace mléka a mléčných výrobků je asi 500 mg vápníku/den. S věkem narůstá laktózová intolerance, která se podílí na nízkém příjmu vápníku. Laktózovou intolerancí trpí 12 – 14 % v naší populaci [80].

Z mléčných produktů je dostupnost vápníku asi 32 %. Z jednoho hrnku mléka, jednoho jogurtu nebo 40 g sýra se nám do organismu vstřebá asi 96 mg vápníku. Dostupnost vápníku z některých rostlin je výrazně vyšší - z kapusty a čínské zeli, činí až 56 %, naopak z květáku a špenátu jen 6 – 7 %. Pro vstřebávání dostatečné dávky vápníku je třeba několikanásobný objem zeleniny oproti běžné porci mléka [81].

#### Hořčík (Mg)

Hořčík reguluje činnost nervů a svalů, napomáhá transportu cukrů do buněk, zvyšuje využití kyslíku v buňkách, má protikřečové účinky, aktivuje enzymy, zabraňuje vzniku ledvinových kamenů s obsahem vápníku atd.

Většina lidí, obzvláště děti, trpí nedostatkem hořčíku v důsledku látkové přeměny cukrů a výrobků z bílé mouky, kdy organismus k této přeměně využívá velké množství hořčíku. Proto by děti měly omezit sladkosti a výrobky z bílé mouky. Nedostatek hořčíku se proje-

vuje svalovými křečemi v lýtku, nervozitou, střídáním průjmu a zácpy, tikem v oku. Na dostatek hořčíku v organismu je nutné dbát v období růstu organismu, při výkonnostních sportech, při dlouhodobém stresu, v těhotenství a kojení. Pro dobrou aktivaci hořčíku musíme mít dostatek vitamínu E a vápníku. Hořčík a vápník by měly být v těle udržovány v poměru 1:2 [78, 79, 82].

Zdroje: listová zelenina, rýže, luštěniny, ořechy, celozrnné pečivo, klíčky, ryby, jablka.

Doporučovaný denní příjem hořčíku je 300 – 400 mg. Dle studií bylo zjištěno, že přísun hořčíku je nižší z důvodu úbytku hořčíku v půdě [83].

### **Fosfor (P)**

Fosfor se účastní biologických reakcí v těle, transportu mastných kyselin a tuků, syntézy fosfolipidů (lecitinu), přenosu nervových vzruchů a dále na funkci mozku a nervů. Fosfor a vápník se spolu podílí na stavbě kostí a zubů. Většina fosforu asi 80 % je uložena v kostech a zubech [78, 79].

Zdroje: ryby, luštěniny, ořechy, maso, vaječný žloutek, mléčné výrobky.

Fosforu se nedoporučuje přijímat více, jak dvojnásobné množství doporučené denní dávky vápníku. V tomto případě vytváří s vápníkem kalciumfosfát, který je velmi dobře rezervovatelný střevní sliznicí. V případě vyššího příjmu fosforu se resorpce vápníku významně sníží. To je také případ významně alkalického pH v lumenech střeva, kdy kalciumfosfát vytváří precipitát, který je hůře vstřebatelný. Navíc fosfor snižuje ztráty vápníku močí a svým přímým účinkem inhibuje syntézu kalcitriolu [82, 83].

### **6.1.6 pH**

Hodnota pH potravy je významným faktorem, za kterého se resorpce vápníku uskutečňuje – alkalické pH významně zvyšuje resorpci. Alkalóza v krvi pak vede ke zvýšenému nava-zování vápníku na přítomné bílkoviny, čímž se významně snižuje volný – ionizovaný váp-ník. Přesto, že celková koncentrace vápníku zůstává nezměněna, tento stav vede k sekreci parathormonu, který stimuluje syntézu 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub>, což následně vede k dalšímu zvyšování resorpce vápníku ze střeva. Tuto situaci pomůže zmírnit acidifikace prostředí střevního lumen.

Potraviny bohaté na zásady jsou zelenina a rýže. Zelenina je důležitá nejen pro acidobazickou rovnováhu, ale i pro dostatek minerálů, který je v ní obsažen. Doporučeny jsou mléčné produkty jako jogurt, kysané mléko, tvaroh, čerstvý sýr. Jsou dobře stravitelné [84].

## 6.2 Výživové doporučení při nedostatku vápníku v těle

Při nedostatku vápníku v těle je vhodná dieta bohatá na vápník, vitamin D a minerální látky. Tato výživová doporučení jsou vhodná dodržovat u hypokalcémie, osteoporóza, osteomalcie, křivice aj. V tabulce 8. je uvedena doporučená skladba stravy na jeden den a v příloze III. je ukázka jídelníčku.

Nutný je dostatečný příjem mléčných výrobků (tvrdý sýr, kysané výrobky), ale i rostlinných produktů bohatých na vápník (mák, brokolice, květák a kapusta). Je vhodné přijímat potravinami bohaté na vitaminem D, hořčík. Vitamin D je ve vyšších koncentracích v rybím tuku, mořských rybách, vaječném žloutku, másle, mléce. Přirozeným zdrojem hořčíku jsou luštěniny, rýže, zelenina, ovoce, celozrnné obiloviny, semena, brambory, ořechy, minerální vody s hořčíkem. Důležité minerální látky jako je zinek, mangan, bor, křemík aj. jsou obsaženy hlavně v potravinách rostlinného původu ovesných vločkách, luštěninách [82, 85, 86].

Obecně nevhodné potraviny jsou špenát, kakao, čokoláda, rajská jablíčka, rebarbora, rybíz či angrešt. Nežádoucí je rovněž nadměrný přísun fosfátů a konzervačních látek, které s vápníkem tvoří nerozpustné soli a zabraňují tak jeho vstřebání. Fosfáty se vyskytují v některých masech a hlavně ve slazených kolových nápojích a také v tavených sýrech. Není vhodný zvýšený příjem soli v potravě, neboť se zvyšuje vylučování vápníku močí [82, 85, 86].

Tab. 8. Doporučená skladba stravy na jeden den při nedostatku vápníku [82, 85, 86].

Skladba stravy	Množství na den
Bílkoviny	1g/kg váhy
Vápník	1500 – 2000 mg
Vitamin D	400 – 800 IU
Hořčík	300 – 400 mg
Zinek	10 – 12 mg

### 6.3 Výživové doporučení při nadbytku vápníku v těle

Při nadbytku vápníku v těle je vhodné snížit přísun vápníku, tuků především nasycených mastných kyselin, naopak je nutné zvýšit příjem vlákniny, antioxidantů. Tato výživová doporučení jsou vhodné dodržovat u hyperkalcémie, chondrokalcinóza, ateroskleróza, urolitiáza aj. V tabulce 9. je uvedená doporučená skladba stravy na jeden den a v příloze IV. je ukázka jídelníčku.

Vhodné potraviny jako zdroj bílkovin a tuků jsou mořské ryby i sladkovodní kromě úhoře, kuře, krůta, králík v menší míře hovězí a vepřové libové. Tuky s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin je lněný, sójový, slunečnicový olej, vlašské ořechy a mořské ryby. Dobrým zdrojem sacharidů jsou luštěniny, brambory, celozrnné pečivo, méně vhodné je světlé pečivo, jednoduché cukry. Pro zvýšení příjmu vlákniny jsou vhodné vločky, otruby, černý chléb, zelenina a ovoce. V menší míře je možné konzumovat mléčné výrobky s obsahem tuku do 2 %, sýry do 30% tuku v sušině, vejčička hlavně žloutek [82, 86, 87].

Nevhodné potraviny jsou s vysokým obsahem tuku a nasycených mastných kyselin, jako je máslo, sádlo, lůj, majonézy, rybí vnitřnosti, tlačanky, prejty, vaječný žloutek, smažené hranolky, husa, kachna. Dále jsou nevhodné potraviny s vysokým obsahem soli (hamburgery, párky, klobásky, chipsy aj.). Neměli by být konzumovány potraviny obsahující vápník a vyšší procento tuku, jako je smetana, tučné tvarohy, kondenzované mléko, smetanové jogurty. Dále by pacienti měli snížit množství přijímaných sacharidů ve slazených nápojích, čokoládách, marmeládách [82, 85, 86, 87].

Tab. 9. Doporučená skladba stravy na jeden den při nadbytku vápníku [82, 85, 87].

Skladba stravy	Množství na den
Bílkoviny	12 – 13 %
Tuky	20 – 30 %
Vláknina	30 g
Sůl	5 – 6 g
Cholesterol	200 – 300 mg
Vápník	300 mg



## ZÁVĚR

Cílem práce bylo shrnout známé poznatky o vápníku, poruchách metabolismu vápníku a výživová doporučení při poruše metabolismu vápníku.

Vápník je velmi důležitou součástí lidského organismu. Je základním stavebním kamenem kostí a zubů, odpovídá za jejich tvrdost a pevnost. Kostra je také hlavní zásobárnou vápníku v těle. Vápník dále ovlivňuje činnost svalů, podílí se na vedení nervových vzruchů, uplatňuje se při srážení krve a regulaci srdečního rytmu.

Množství vápníku v těle je řízeno ledvinami, kostmi, gastrointestinálním traktem a hormony. Parathormon, vitamín D nebo kalcitonin mají vliv na metabolismus vápníku v těle. Tyto látky mají vliv na vstřebávání a vylučování vápníku z těla. Vápník je vylučován močí, stolicí a potem.

Pokud je nerovnováha mezi vstřebáváním a vylučováním vápníku z organismu nebo nedostatečný přísun vápníku stravou, tělo jej začne odebírat z kostí a zubů, což vede k nemocem. Hypokalcémie, osteoporóza, křivice aj. se projevují řídnutím a křehnutím kostí, nadměrnou kazivostí zubů, zvýšenou dráždivostí a křečemi ve svalech, nervovým napětím, nespavostí.

Při nadbytku vápníku v organismu vede k hyperkalcémii, ateroskleróze, kalcifikaci srdce aj. Dochází k tzv. zavápnění organismu, vápník se ukládá do měkkých tkání, chrupavek za vzniku krystalů. Onemocnění se projevují zažívacími obtížemi jako je zácpa, zvracení, nechutenství, někdy bolesti hlavy, žízeň a výjimečně poruchy srdečního rytmu. Při dlouhodobém nadbytku může dojít ke kornatění srdce, vzniku ledvinových kamenů, kalcifikaci jater aj.

Nároky organismu na množství přijatého vápníku se v jednotlivém období lidského života mění. Tělo má zvýšenou potřebu vápníku při růstu organismu, u žen v těhotenství, kojení. A proto je nutné dodržovat výživová doporučení a konzumovat potraviny s dostatečným množstvím vápníku. Bohatým zdrojem vápníku jsou mléčné kysané výrobky, čerstvé sýry, mák, kapusta, ryby a další. Nevhodným zdrojem vápníku jsou potraviny s vysokým obsahem tuku, kyseliny šťavelové (rebarbora), fytátu (otruby) a fosforečné soli (tavené sýry).

Podobná výživová doporučení jsou i u lidí s poruchou metabolismu vápníku. Při nedostatku vápníku v těle je vhodná strava bohatá na vápník, vitamín D a minerální látky. Doporučená denní dávka vápníku je 1 500 – 2000 mg. Naopak při nadbytku vápníku v těle je nutné snížit jeho příjem. V jídelníčku je nutné omezit jídla obsahující tuky zejména s nasycenými mastnými kyselinami a zvýšit příjem vlákniny a antioxidantů. Doporučená denní dávka vápníku je 300 mg.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] THEOBALD, H. E. Dietary calcium and health. *Nutrition Bulletin* [online]. 2005, vol. 30, issue 3, s. 237-277 [cit. 2015-04-23]. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2005.00514.x.
- [2] WHITNEY, E. N. - ROLFES S. R. *Water and the Major Minerals. Understanding Nutrition*. Seventh Edition, St. Paul, MN: West Publishing Company, 1996, 454 s. ISBN 13: 978-1133606789.
- [3] TOUŽÍN, J. *Stručný přehled chemie prvků*. 1. vyd. Brno: Masarykova Univerzita, 2001. s. 225. ISBN 80-210-2635-9.
- [4] ŠRÁMEK, Vratislav, Ludvík KOSINA a Zdeňka MICHALÍKOVÁ. *Obecná a anorganická chemie*. 1. vyd. Olomouc: Fin, 1996, 262 s. Skripta. ISBN 80-718-2003-2.
- [5] YANG, Wei, Lisa M. JONES, Leanne ISLEY, Yiming YE, Hsiau-Wei LEE, Anna WILKINS, Zhi-ren LIU, Homme W. HELLINGA, Russell MALCHOW, Mohammed GHAZI a Jenny J. YANG. Rational Design of a Calcium-Binding Protein. *Journal of the American Chemical Society*. 2003, vol. 125, issue 20, s. 6165-6171. DOI: 10.1021/ja034724x.
- [6] ROSENFELD, R. a A. ROSENFELDOVÁ. *Metabolismus vápníku a jeho regulace*, 1. vyd. Olomouc: rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1974. s. 33.
- [7] MURRAY, Robert K. *Harperova biochemie*. 4. vyd. Praha: H & H, 2002, ix, 872 s. Lange medical book. ISBN 8073190133.
- [8] TROJAN, Stanislav et al. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing, 2003, 772 s. ISBN 80-247-0512-5.
- [9] MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 208 s. ISBN 80-247-1190-7.
- [10] LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Biochemie pro studující medicíny: osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2004, 274 s. ISBN 80-246-0851-0.

- [11] KONRÁDOVÁ, V., J. UHLÍK a L. VAJNER. *Funkční histologie*. 2. vyd. Jinočany: H+H, 2000, 291 s. ISBN 80-86022-80-3.
- [12] LICHNOVSKÝ, Václav, Jiří MALÍNSKÝ a Zdeňka MICHALÍKOVÁ. *Přehled histologie člověka v obrazech*. Dotisk 2., nezm. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2010, 153 s. Skripta. ISBN 978-802-4417-691.
- [13] KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s, 2011, 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [14] LITZMAN, J. ET AL. *Základy vyšetření v klinické imunologii*. Brno: Masarykova univerzita, 2009, 59 s. ISBN 978-80-210-4227-8.
- [15] BROULÍK, Petr. *Poruchy kalciofosfátového metabolismu*. Praha: Grada Publishing, 2003, 192 s. ISBN 80-247-0245-2.
- [16] McCARTHY, J. – KUMAR, R. *Divalent Cation Metabolism: Calcium* [cit. 2014-12-26]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.kidneyatlas.org/book1>.
- [17] DUSILOVÁ SULKOVÁ, Sylvie. Nezastupitelná úloha vitamínu D v prevenci a léčbě osteoporózy. *Praktické lékařství*. 2011, roč. 7, č. 2. ISSN 1801-2434.
- [18] VALDIVIELSO, J. M., J. CANNATA-ANDIA, B. COLL, E. FERNANDEZ, Hsi-au-Wei LEE, Anna WILKINS, Zhi-ren LIU, Homme W. HELLINGA, Russell MALCHOW, Mohammed GHAZI a Jenny J. YANG. A new role for vitamin D receptor activation in chronic kidney disease. *AJP: Renal Physiology*. 2009-11-24, vol. 297, issue 6, F1502-F1509. DOI: 10.1152/ajprenal.00130.2009.
- [19] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Dieta (osteoporóza – dieta bohatá vápníkem)*, edice Dieta, svazek 2, Čestlice: Pavla Mončilová 1995, 123 s. ISBN 80-901137-8-8.
- [20] WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. 4. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2010, 117 s. ISBN 978-80-210-5283-3.
- [21] BROULÍK, Petr. *Osteoporóza: osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie*. 1. vyd. Praha: MAXDORF-JESSENIUS, 1999, 172 s. ISBN 80-858-0093-4.

- [22] BLAHOŠ, J. *Osteoporóza: Diagnostika a terapie v praxi*. 1. vyd. Praha: Galén, 1995, 172 s. ISBN 80-85824-26-4.
- [23] SILBERNAGL, Stefan a Florian LANG. *Atlas patofyziologie člověka*. Vyd. 1. české. Praha: Grada, 2001, xiii, 390 s. ISBN 8071699683.
- [24] BASU, Tapan K a David DONALDSON. Intestinal absorption in health and disease: micronutrients. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 2003, vol. 17, issue 6, s. 957-979. DOI: 10.1016/S1521-6918(03)00084-2.
- [25] HEANEY, R. P. Excess dietary protein may not adversely affect bone. *Journal of Nutrition*, 1998, roč. 128, č. 6, s. 1054 – 1057.
- [26] LFMU. *Kalcium. Metabolismus, poruchy homeostázy*. [cit. 2014-12-08].  
Dostupné na World Wide Web: <http://www.med.muni.cz/patfyz>.
- [27] SCOPACASA, F, J M WISHART, M HOROWITZ, H A MORRIS a A G NEED. Relation between calcium absorption and serum calcitriol in normal men: evidence for age-related intestinal resistance to calcitriol. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2004, vol. 58, issue 2, s. 264-269. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1601777.
- [28] ROSS, A. Catharine et al. *Dietary reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. 2009, 1132 s. ISBN 978-0-309-16394-1.
- [29] HARRINGTON, Ms. Mary, J M WISHART, M HOROWITZ, H A MORRIS a A G NEED. High Salt Intake Appears to Increase Bone Resorption in Postmenopausal Women but High Potassium Intake Ameliorates this Adverse Effect: evidence for age-related intestinal resistance to calcitriol. *Nutrition Reviews*. 2004, vol. 61, issue 5, s. 179-183. DOI: 10.1301/nr.2003.may.179-183.
- [30] NEW, Susan A., J M WISHART, M HOROWITZ, H A MORRIS a A G NEED. Nutrition Society Medal Lecture: The role of the skeleton in acid—base homeostasis. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2002, vol. 61, issue 02, s. 151-164. DOI: 10.1079/PNS2002159.
- [31] NORDIN, B. E. CHRISTOPHER, ALLAN G. NEED, TRACY STEURER, HOWARD A. MORRIS, BARRY E. CHATTERTON a MICHAEL HOROWITZ. Nutrition, Osteoporosis, and Aging: The role of the skeleton in acid—base ho-

- meostasis. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1998, vol. 854, 1 TOWARDS PROLO, s. 336-351. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb09914.x.
- [32] *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* [online]. 2013 [cit. 2015-01-10]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: <http://press.endocrine.org/doi/full/10.1210/jcem.87.5.8470>.
- [33] *Praktické lékárenství: časopis postgraduálního vzdělávání pro farmaceuty* [online]. 2007 [cit. 2015-01-10]. ISSN 1801-2434. Dostupné z: <http://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2007/04/09.pdf>.
- [34] MOE, Sharon M. Disorders Involving Calcium, Phosphorus, and Magnesium. *Primary Care: Clinics in Office Practice*. 2008, vol. 35, issue 2, s. 215-237. DOI: 10.1016/j.pop.2008.01.007.
- [35] EASTELL, Richard, Maria Luisa BRANDI, Aline G. COSTA, Pierre D'AMOUR, Dolores M. SHOBACK a Rajesh V. THAKKER. Diagnosis of Asymptomatic Primary Hyperparathyroidism: Proceedings of the Fourth International Workshop. *The Journal of Clinical Endocrinology*. 2014, vol. 99, issue 10, s. 3570-3579. DOI: 10.1210/jc.2014-1414.
- [36] GLORIEUX, Francis H a John M PETTIFOR. Vitamin D/dietary calcium deficiency rickets and pseudo-vitamin D deficiency rickets. *BoneKEy Reports*. 2014-3-19, vol. 3, s. -. DOI: 10.1038/bonekey.2014.19.
- [37] NEČAS, Emanuel. *Obecná patologická fyziologie*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2000, 377 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0051-x.
- [38] HUANG, Chunfa a Richard Tyler MILLER. Novel Ca receptor signaling pathways for control of renal ion transport. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension* [online]. 2010, vol. 19, issue 1, s. 106-112 . DOI: 10.1097/mnh.0b013e328332e7b2.
- [39] SCHLIEPER, Georg a John M PETTIFOR. Vascular calcification in chronic kidney disease: not all arteries are created equal. *Kidney International*. 2014, vol. 85, issue 3, s. 501-503. DOI: 10.1038/ki.2013.423.

- [40] FRAGAKIS, Allison Sarubin. *Health professional's guide to popular dietary supplements*. 2nd ed. Chicago: American Dietetic Association, c2003, xxiii, 526 s. ISBN 0880911735.
- [41] CABALLERO, B., L. ALLEN a A. PRENTICE. *Encyclopedia of human nutrition*. Amsterdam: Elsevier Academic press, 2013. ISBN 978-0-12-226694-2.
- [42] TORGERSON, David J., David M. REID, Philip N. SAMBROOK, Angela FONTANA, Peter S. MILLARD, Robert M. LEVIN a A TOSTESON. The Economics of Osteoporosis and Its Prevention. *PharmacoEconomics* [online]. 1997, vol. 11, issue 2, s. 37-45. DOI: 10.1016/b978-012370544-0.50005-7.
- [43] POVÝŠIL, Ctibor a Ivo ŠTEINER. *Obecná patologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2011, xiii, 290 s. ISBN 9788072627738.
- [44] BECKMAN, Joshua A., Mark A. CREAGER a Peter LIBBY. Diabetes and Atherosclerosis. *JAMA* [online]. 2002, vol. 287, issue 19 [cit. 2015-02-16]. DOI: 10.1001/jama.287.19.2570.
- [45] Effects of Combination Lipid Therapy in Type 2 Diabetes Mellitus. *New England Journal of Medicine*. 2010-04-29, vol. 362, issue 17, s. 1563-1574. DOI: 10.1056/NEJMoa1001282.
- [46] SPICAK, Julius, Adela PULKERTOVA, Ivana KRALOVA-LESNA, Pavel SUCHANEK, Martina VITASKOVA a Vera ADAMKOVA. Alcoholic chronic pancreatitis and liver cirrhosis: Coincidence and differences in lifestyle. *Pancreatology*. 2012, vol. 12, issue 4, s. 311-316. DOI: 10.1016/j.pan.2012.05.008.
- [47] ASCI, G., E. OK, R. SAVAS, M. OZKAHYA, S. DUMAN, H. TOZ, M. KAYIKCIOGLU, A. J. BRANSCUM, M.-C. MONIER-FAUGERE, J. HERBERTH a H. H. MALLUCHE. The link between bone and coronary calcifications in CKD-5 patients on haemodialysis: Coincidence and differences in lifestyle. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2011-02-22, vol. 26, issue 3, s. 1010-1015. DOI: 10.1093/ndt/gfq491.
- [48] ROBERTSON, W.G., E. OK, R. SAVAS, M. OZKAHYA, S. DUMAN, H. TOZ, M. KAYIKCIOGLU, A. J. BRANSCUM, M.-C. MONIER-FAUGERE, J. HERBERTH a H. H. MALLUCHE. Urinary stones: diagnosis, treatment, and pre-

- vention of recurrence. *BJU International*. 2002, vol. 90, issue 4, s. 478-478. DOI: 10.1046/j.1464-410X.2002.02968.x.
- [49] PARK, S.-Y., S. P. MURPHY, L. R. WILKENS, A. M. Y. NOMURA, B. E. HENDERSON a L. N. KOLONEL. Calcium and Vitamin D Intake and Risk of Colorectal Cancer: The Multiethnic Cohort Study. *American Journal of Epidemiology*. 2007-02-19, vol. 165, issue 7, s. 784-793. DOI: 10.1093/aje/kwk069.
- [50] ZIELINSKI, S. L. Press Release: Calcium Supplements Associated With Decreased Risk of Large Bowel Polyps. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*. 2004-06-15, vol. 96, issue 12, s. 891-891. DOI: 10.1093/jnci/96.12.891-a.
- [51] BARON, J.A., M. BEACH, J.S. MANDEL, R.U. VAN STOLK, R.W. HAILE, R.S. SANDLER, R. ROTHSTEIN, R.W. SUMMERS, D.C. SNOVER, G.J. BECK, J.H. BOND, H. FRANKL, L. PEARSON a E.R. GREENBERG. Calcium Supplements for the Prevention of Colorectal Adenomas. *New England Journal of Medicine*. 1999-01-14, vol. 340, issue 2, s. 101-107. DOI: 10.1056/NEJM199901143400204.
- [52] GRAU, M. V., J. A. BARON, R. S. SANDLER, K. WALLACE, R. W. HAILE, T. R. CHURCH, G. J. BECK, R. W. SUMMERS, E. L. BARRY, B. F. COLE, D. C. SNOVER, R. ROTHSTEIN, J. S. MANDEL a E.R. GREENBERG. Prolonged Effect of Calcium Supplementation on Risk of Colorectal Adenomas in a Randomized Trial. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*. 2007-01-16, vol. 99, issue 2, s. 129-136. DOI: 10.1093/jnci/djk016.
- [53] TANG, J. Y., T. FU, E. LEBLANC, J. E. MANSON, D. FELDMAN, E. LINOS, M. Z. VITOLINS, N. C. ZEITOUNI, J. LARSON, M. L. STEFANICK, D. C. SNOVER, R. ROTHSTEIN, J. S. MANDEL a E.R. GREENBERG. Calcium Plus Vitamin D Supplementation and the Risk of Nonmelanoma and Melanoma Skin Cancer: Post Hoc Analyses of the Women's Health Initiative Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Oncology*. 2011-07-28, vol. 29, issue 22, s. 3078-3084. DOI: 10.1200/JCO.2011.34.5967.
- [54] SKINNER, Jean D., Wendy BOUNDS, Betty Ruth CARRUTH a Paula ZIEGLER. Longitudinal calcium intake is negatively related to children's body fat



- indexes. *Journal of the American Dietetic Association*. 2003, vol. 103, issue 12, s. 1626-1631. DOI: 10.1016/j.jada.2003.09.018.
- [55] KOPÁČOVÁ, Olga. Minerální vody bohaté na vápník. *Minerální vody bohaté na vápník* [online]. 2006 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/mineralni-vody-bohate-na-vapnik.aspx>.
- [56] *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2nd ed. Rome: FAO, c2004, xix, 341 p. ISBN 92-415-4612-3.
- [57] BLATTNÁ, Jarmila. *Výživa na začátku 21. století aneb o výživě aktuálně a se zárukou*. 2nd ed. Praha: Společnost pro výživu, 2005, 79 s. ISBN 80-239-6202-7.
- [58] JENSEN, Robert G. *Handbook of milk composition*. San Diego: Academic Press, c1995, xxiii, 919 p. ISBN 978-0-12-384430-9.
- [59] SVAČINA, Štěpán et al. *Klinická dietologie*. Praha: Grada Publishing, 2008, 384 s. ISBN 978-80-247-2256-6.
- [60] Naše vejce. *Naše vejce* [online]. 2010 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.nasevejce.cz/o-vejci/vejce-jako-potravina>.
- [61] DOSTÁLOVÁ, J. – ČURDA, L. *Význam tavených sýrů ve výživě*, FZV, 2005. [cit. 2014-11-17]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fzv.cz>.
- [62] MÜLLEROVÁ, Dana. *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech: z pohledu jednotlivce i populačních skupin*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2003, 99 s. ISBN 80-7254-421-7.
- [63] VOJTAŠŠÁKOVÁ, A. aj. *Tuky, olejniny, oleje a ořechy: [potravinové tabulky zpracované s použitím údajov z Potravinové banky dát VÚP]*. Bratislava: NOI, 2000, 203 s. ISBN 8085330830.
- [64] GROFOVÁ, Zuzana. *Nutriční podpora: praktický rádce pro sestry*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 237 s., [8] s. barev. obr. příl. Sestra. ISBN 978-802-4718-682.
- [65] TEPLAN, V. *Praktická nefrologie*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-247-1122-2.
- [66] BONJOUR, J.-P., M.-A. SCHURCH a R. RIZZOLI. Nutritional aspects of hip fractures. *Bone*. 1996, vol. 18, issue 3, S139-S144. DOI: 10.1016/8756-3282(95)00494-7.

- [67] *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. 1st ed. Geneva: World Health Organization, c2003, x, 149 s. WHO Technical Report Series, 916. ISBN 92-412-0916-X.
- [68] PRENTICE, A. Diet, nutrition and the prevention of osteoporosis. *Public Health Nutrition*. 2004, vol. 7, 1a, s. -. DOI: 10.1079/PHN2003590.
- [69] MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 208 s. ISBN 80-247-1190-7.
- [70] BUŇKA, František, Václav NOVÁK a Helena DRUŽBÍKOVÁ. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 159 s. ISBN 80-731-8429-X.
- [71] ROKYTA, Richard. *Fyziologie*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2000, 359 s. ISBN 80-858-6645-5.
- [72] World Gastroenterology Organisation. In: *World Gastroenterology Organisation* [online]. 2004 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: [www.omge.org/globalguidelines.htm](http://www.omge.org/globalguidelines.htm).
- [73] ADAMS, J. Vitamin K in the treatment and prevention of osteoporosis and arterial calcification. *American Journal of Health-System Pharmacy*. 2005-08-01, vol. 62, issue 15, s. 1574-1581. DOI: 10.2146/ajhp040357.
- [74] MCCARTY, Mark a James DINICOLANTONIO. The Molecular Biology and Pathophysiology of Vascular Calcification. *Postgraduate Medicine*. 2014, vol. 126, issue 2, s. 54-64. DOI: 10.3810/pgm.2014.03.2740.
- [75] BOONEN, S., R. RIZZOLI, P.J. MEUNIER, M. STONE, G. NUKI, U. SYVERSEN, M. LEHTONEN-VEROMAA, P. LIPS, O. JOHNELL a J.-Y. REGINSTER. The need for clinical guidance in the use of calcium and vitamin D in the management of osteoporosis: a consensus report. *Osteoporosis International*. 2004, vol. 15, issue 7, s. -. DOI: 10.1007/s00198-004-1621-6.
- [76] Patient level pooled analysis of 68 500 patients from seven major vitamin D fracture trials in US and Europe. *BMJ*. 2010-01-12, vol. 340, jan12 1, b5463-b5463. DOI: 10.1136/bmj.b5463. Dostupné z: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.b5463>.

- [77] ŠTĚPAN, J. Význam vitamínu K pro kvalitu kostí a pro kalcifikované tkáně. *Význam vitamínu K pro kvalitu kostí a pro kalcifikované tkáně*. 2005, roč. 2005, č. 6, 326 - 330. DOI: 0032-6739; 1805-4544.
- [78] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [79] PÍŤHA, Jan a Rudolf POLEDNE. *Zdravá výživa pro každý den*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 143 s. ISBN 978-80-247-2488-1.
- [80] KOCIÁN, Jiří. *Osteoporóza a osteomalacie*. Praha: Triton, 1995, 171 s. ISBN 80-858-7511-X.
- [81] GENUIS, Stephen J. a Gerry K. SCHWALFENBERG. Picking a bone with contemporary osteoporosis management: Nutrient strategies to enhance skeletal integrity. *Clinical Nutrition*. 2007, vol. 26, issue 2, s. 193-207. DOI: 10.1016/j.clnu.2006.08.004.
- [82] ŽOFKOVÁ, Ivana. *Osteologie a kalcium-fosfátový metabolismus: aktuální témata*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 142 s., [4] s. obr. příl. ISBN 978-802-4739-199.
- [83] BROULÍK, Petr. *Poruchy kalciofosfátového metabolismu: aktuální témata*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 192 s. Malá monografie. ISBN 80-247-0245-2.
- [84] JESSEL, Christian. *Úspěšně proti osteoporóze: preventivní a bolest zmírňující cvičení*. Vyd. 1. Překlad Jiří Pondělíček. Plzeň: Ševčík, 2006, 95 s. ISBN 80-729-1145-7.
- [85] ŽOFKOVÁ, I NĚMČIKOVÁ, P. Stopové prvky a jejich vztah ke kostnímu metabolismu. *Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa*, 2008, roč. 11, č. 4, str. 172-176.
- [86] KUČEROVÁ, I. Výživa v prevenci a v léčbě osteoporózy, *Interní medicína pro praxi*. *Výživa v prevenci a v léčbě osteoporózy, Interní medicína pro praxi*. 2010, č. 12, 450 - 453.
- [87] MÜLLEROVÁ, Dana. *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech: z pohledu jednotlivce i populačních skupin*. 1. vyd. Praha: TRITON, 2003, 99 s., tab. ISBN 80-725-4421-7.

- [88] SVACHINA, Štěpán. Dietologie a klinická výživa. *Dietologie a klinická výživa* [online]. 2013 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <https://el.lf1.cuni.cz/p66466615>.

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Návrh výživových doporučených dávek pro obyvatele ČR [56] .....</i>	35
<i>Tab. 2. Množství vápníku v mléku a mléčných výrobcích s různým obsahem tuku [60] .....</i>	39
<i>Tab. 3. Obsah vápníku v přírodních a tavených sýrech [61] .....</i>	39
<i>Tab. 4. Obsah vápníku ve vejcích [60] .....</i>	40
<i>Tab. 5. Zelenina s vysokým obsahem vápníku [15] .....</i>	41
<i>Tab. 6. Obsah vápníku v ořechách a semenech [63] .....</i>	41
<i>Tab. 7. Množství vápníku v minerálních vodách [64] .....</i>	42
<i>Tab. 8. Doporučená skladba stravy na jeden den při nedostatku vápníku [82, 85, 86]. .....</i>	47
<i>Tab. 9. Doporučená skladba stravy na jeden den při nadbytku vápníku [82, 85, 87]. .....</i>	48

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ATP	Adenosintrifosfát
cAMP	Cyklický 3,5–adenosinmonofosfát
DDD	Doporučená denní dávka.
FAO/WHO	Food and Agriculture Organization/World Health Organization (Výživová a zemědělská organizace/Světová zdravotnická organizace)
GIT	Gastrointestinální trakt.
HDL	Vysokodenzitní lipoprotein.
IP3	Inositoltrifosfát.
IU	International Unit
LDL	Nízkodenzitní lipoprotein.
PTH	Parathormon.
tv <sub>s</sub>	Tuk v sušině
UCP	Odpařující protein (z ang. Uncoupling proteins).
VDD	Výživová doporučená dávka.

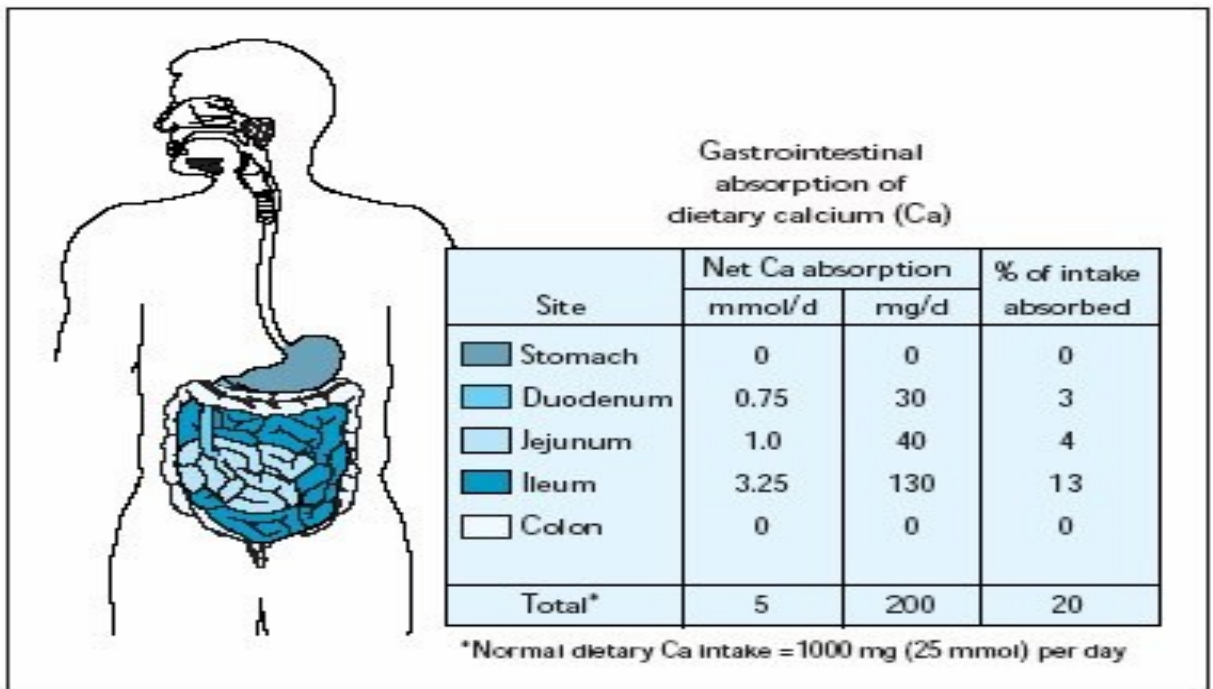
**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Pohyb vápníku mezi jednotlivými orgány [16] .....</i>	17
<i>Obr. 2. Vzorec vitamínu D2 a vitamínu D3 [17]. .....</i>	19
<i>Obr. 3. Aktivace vitamínu D [18] .....</i>	19
<i>Obr. 4. Průchod vápníku ledvinami [16] .....</i>	23

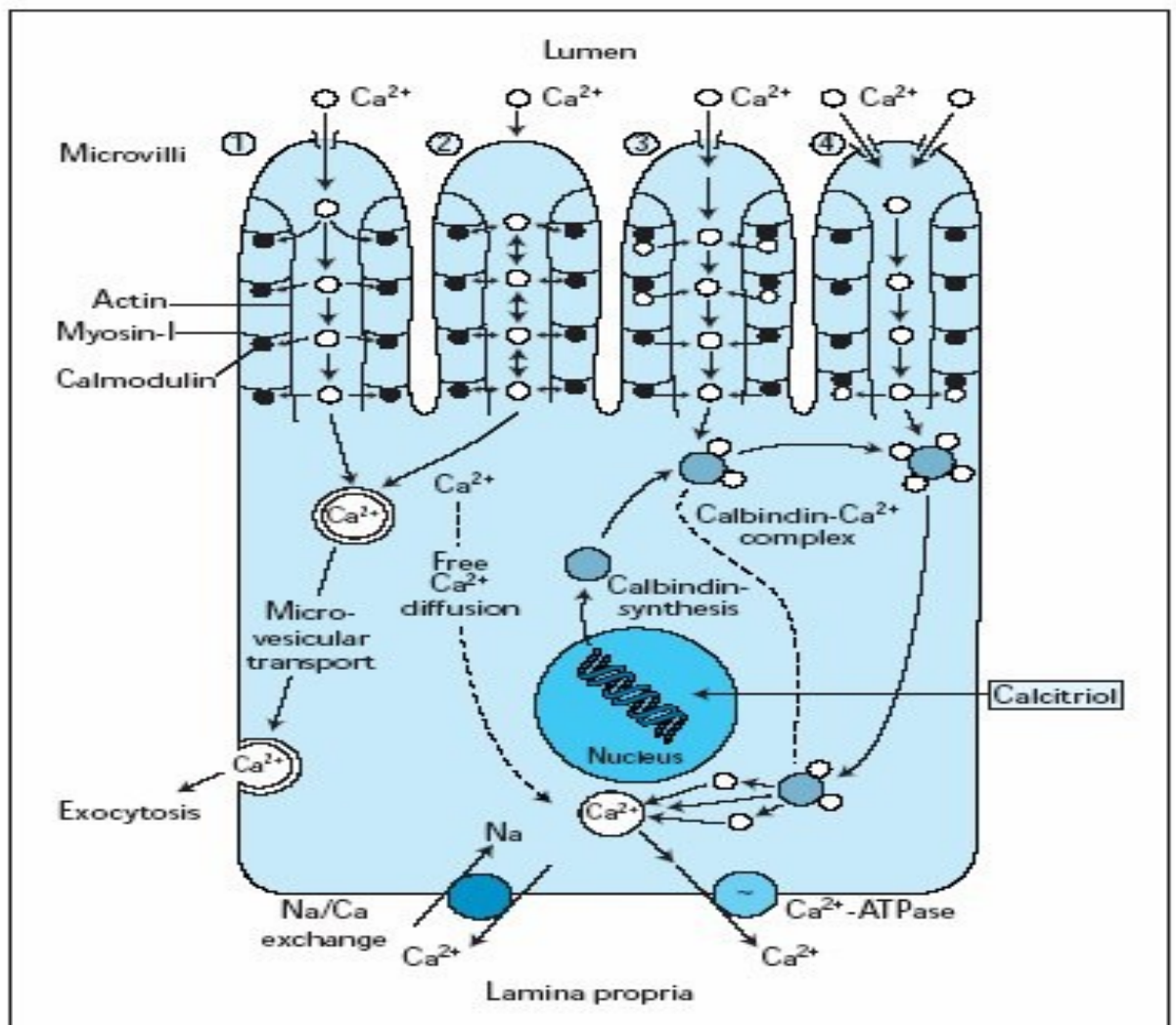
## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Absorpce vápníku v trávicím traktu.
- P II Absorpce vápníku střevním lumen.
- P III Příklad jídelníčku s 1600 mg vápníku na den
- P IV Příklad jídelníčku s 1300 mg vápníku na den



**PŘÍLOHA P I: ABSORPCE VÁPŇÍKU V TRÁVICÍM TRAKTU [6]**

## PŘÍLOHA P II: ABSORPCE VÁPŇÍKU STŘEVNÍM LUMEN [6]



**PŘÍLOHA P III: PŘÍKLAD JÍDELNÍČKU S 1600 MG VÁPNIKU NA DEN [88]**

<b>Snídaně</b>	2 rohlíky
	150 g ovocného jogurtu
	100 g jablka
	čaj s mlékem (100 ml mléka)
<b>Oběd</b>	čočková polévka
	250 g pečeného kuřete
	350 g bramborové kaše
	ovocný salát s mandlemi (50 g mandarinek, 50 g ananasu, 50 g jablka, 20 g mandlí)
<b>Svačina</b>	200 ml mléka
	50 g Ria tyčinky
<b>Večeře</b>	pomazánka z olejovek a tvarohu (80 g olejovek, 80 g tvarohu, 20 g cibule)
	100 g chlebu
	100 g rajčat

**PŘÍLOHA P IV: PŘÍKLAD JÍDELNÍČKU S 1300 MG VÁPNIKU NA DEN [88]**

<b>Snídaně</b>	2 dalaťánky
	10 g Ramy
	30 g šunky
	100 g jablka
	čaj s citrónem
<b>Oběd</b>	hovězí vývar s rýží
	100 g hovězího na rajském protlaku
	240 g vařených těstovin
	150 g kompotu
<b>Svačina</b>	čaj
	100 g banánu
<b>Večeře</b>	100 g vepřového přírodního
	250 g brambor
	hlávkový salát s citrónem