

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra veterinárních disciplín**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vápník jako fyziologicky významný prvek**

**Bakalářská práce**

**Lenka Šašková  
Výživa a potraviny**

**prof. Ing. Mgr. Markéta Sedmíková, Ph.D.**

© 2022 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Vápník jako fyziologicky významný prvek jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Mgr. Markétě Sedmíkové, Ph.D. za inspiraci při výběru tématu, cenné a profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Vápník jako fyziologicky významný prvek

## Souhrn

Práce je zaměřena na vápník a jeho význam pro lidský organismus. V první části práce je popsána úloha vápníku v lidském těle. Uvádí se optimální denní příjem vápníku pro jednotlivé věkové kategorie a nejdůležitější potraviny živočišného a rostlinného původu, které jsou zdroji vápníku. Dále je rozebrán způsob regulace vápníku v krevní plazmě, popsán vztah parathormonu, kalcitoninu a vitamínu D ke vstřebávání vápníku z přijaté stravy a uvolňování vápníku z kostí v případě jeho nedostatku. Jsou rovněž uvedeny reakce vápníku s dalšími chemickými prvky obsaženými ve stravě, fosforem, hořčíkem a sodíkem. Týká se také vlivu dalších složek potravy na resorpci kalcia.

V další části práce je detailně popsána buněčná signalizace, do které jsou vápníkové kationty zapojeny, včetně významu pro nervovou soustavu a svalový stah. Podrobně je vysvětlena úloha vápenatých iontů při srážení krve. V poslední části práce jsou uvedeny důsledky poruch hospodaření s vápníkem se zaměřením na příčiny a následky deficiencie vápníku ve výživě.

V závěru práce jsou shrnuta doporučení z hlediska výživy. Jsou uvedeny jednotlivé skupiny potravin, které obsahují dostatečné množství vstřebatelného kalcia využitelného organismem.

## Klíčová slova:

Hemokoagulace, signaling, svalový stah, osteoporóza, osteomalacie, výživa



# Calcium as a physiologically important element

## Summary

This thesis focuses on calcium and its importance for human organism. First, the role of calcium in human body is analyzed including the optimal daily intake for each age category and the most important foods of animal and plant origin which are sources of calcium. Afterwards, the method of calcium regulation in blood plasma is discussed. The relation of parathyroid hormone, calcitonin and vitamin D to the absorption of calcium during food intake and to the calcium release from bones in case of its deficiency is described. Reactions of calcium with other nutritionally important chemical elements, such as phosphorus, magnesium and sodium, are also mentioned. The thesis deals with the influence of other nutrients on the resorption of calcium as well.

The next part of the thesis scrutinizes cell signaling in which calcium cations are involved, including their importance for the nervous system and muscle contraction. The role of calcium ions in blood clotting is explained in detail as well. Last but not least the thesis presents the aftermath of calcium management disorders with a focus on the causes and consequences of calcium deficiency in nutrition.

At the end of the thesis dietary recommendations in terms of nutrition are summarized. The individual food groups that contain a sufficient amount of absorbable calcium that can be used by the body are listed.

## Keywords:

Hemocoagulation, signaling, muscle contraction, osteoporosis, osteomalacia, nutrition

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>6</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1 ÚLOHA VÁPŇÍKU</b> .....	<b>8</b>
<b>2 ZDROJE VÁPŇÍKU V POTRAVĚ</b> .....	<b>10</b>
Potraviny živočišného původu.....	10
Potraviny rostlinného původu.....	12
<b>3 VÁPŇÍK V ORGANISMU</b> .....	<b>13</b>
3.1 REGULACE HLADINY VÁPŇÍKU .....	13
Parathormon .....	13
Vitamin D.....	14
Kalcitonin .....	14
3.2 VZTAH K DALŠÍM PRVKŮM .....	16
Fosfor .....	16
Hořčík.....	16
Sodík.....	17
<b>4 FUNKCE VÁPŇÍKU JAKO FYZIOLOGICKY VÝZNAMNĚHO PRVKU</b> .....	<b>18</b>
4.1 SIGNALING.....	18
4.2 SVALOVÝ STAĤ.....	19
4.3 HEMOSTÁZA .....	21
4.4 KOSTRA .....	24
<b>5 PŘÍČINY A NÁSLEDKY DEFICIENCE VÁPŇÍKU VE VÝŽIVĚ</b> .....	<b>26</b>
5.1 PŘÍČINY .....	26
5.2 NÁSLEDKY.....	27
Osteoporóza.....	27
Osteomalacie .....	28
Křivice.....	29
<b>6 DOPORUČENÍ Z HLEDISKA VÝŽIVY</b> .....	<b>30</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>34</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>35</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b> .....	<b>38</b>

## Úvod

Člověk Homo Sapiens Sapiens je od pravěku všežravec. Nejdřív byl sběračem semen, rostlin a postupem času se stal lovcem zvěře. Ve výživě potřebuje bílkoviny živočišné i rostlinné, tuky také rostlinné a živočišné, cukry, vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K) i ve vodě (vitamin C a komplex vitaminů B), dále mikroprvky (železo, zinek, měď, mangan, chrom, jod, selen, fluor, hliník, molybden, kobalt, křemík, bor) a makroprvky (vápník, sodík, draslík, hořčík a fosfor). Jedním z nejdůležitějších makroprvků je vápník.

Vápník je důležitý hlavně pro kojence, děti, těhotné a kojící ženy, sportovce a seniory. V lidském těle je obsažen hlavně v kostech a zubech. V potravě ho nalezneme v mléce a mléčných výrobcích (jogurty, fermentované mléčné výrobky, sýry), v máku a překvapivě i v čokoládě. Největší problém s příjmem vápníku mají děti, senioři a lidé s laktózovou intolerancí a s alergií na kasein.

# 1 Úloha vápníku

Vápník je nejhojněji zastoupený kationt v lidském organismu. Tento prvek má velmi důležitou úlohu při zvyšování mechanické odolnosti tkání a dodává tkáním, zejména kostem a zubům, jejich tvrdost a mechanickou odolnost. Jeho výskyt v přírodě je velmi vysoký a je pátým prvkem v přírodě co do množství a jeho obsahu v živých organismech. Vedle podpůrné role má mnoho dalších principiálních funkcí, např. jako regulátor svalového stahu a důležitý iont při vedení vzruchu tkáněmi. Vzhledem k mimořádné funkční důležitosti kalcia je velmi přesná jeho regulace v organismu. (Zadák 2006)

Vápník se v organismu vyskytuje v nejrůznějších formách (anorganické sloučeniny peroxid vápenatý, oxid vápenatý, soli fosforečnan vápenatý, šťavelan vápenatý, uhličitán vápenatý). Je přítomen jako důležitý stavební materiál v kostech a zubech. U dospělého člověka je takto uloženo asi 1000 g vápníku. Vápník se však vyskytuje i v tělních tekutinách. Krevní plazma ho obsahuje 2,25–2,75 mmol/l. (Kolektiv Fyziologického ústavu 1. LF UK 2001)

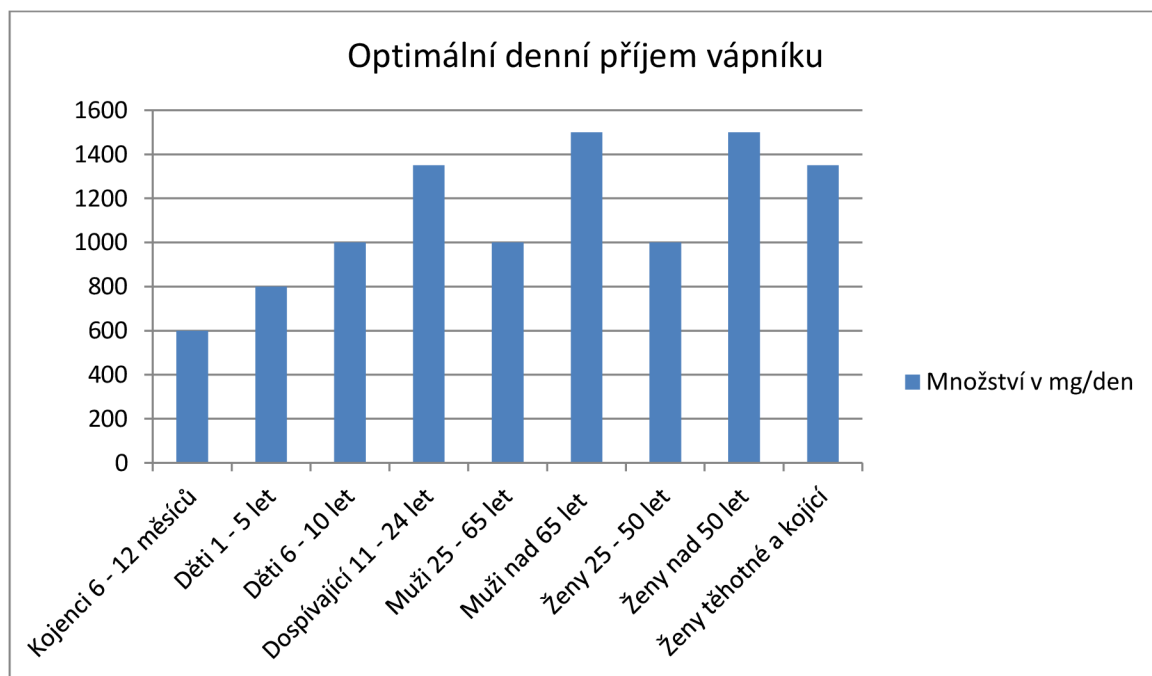
V těle je 99 % vápníku obsaženo v kostech a zubní sklovině jako fosforečnan vápenatý. Zbývající 1 % se vyskytuje v krvi a buněčných stěnách a je důležité pro stahy svalů včetně srdce. V plazmě se vápník nachází ve třech formách. Jako vápník vázaný na bílkovinu (hlavně na albumin), a neprochází proto buněčnými membránami. Tento vápník se nazývá nedifuzibilní. Druhou a třetí formou je vápník difuzibilní. Jedná se buď o vápník vázaný ve formě solí či komplexu s fosforečnany, uhličitany a citrany nebo o tzv. ionizovaný vápník, což je vápník ve formě volného kationtu  $\text{Ca}^{2+}$ . Ionizovaný vápník řídí činnost některých iontových kanálů a ovlivňuje tak úroveň dráždivosti buněčných membrán. Má zásadní význam pro svalovou kontrakci a řídí řadu buněčných dějů. Je důležitý také pro srážení krve. Mezi formami platí dynamická rovnováha, která závisí na pH a koncentraci a skladbě sérových bílkovin. (Čermáková & Štěpánová 2003)

Hlavními regulátory pohybu kalcia v organismu jsou hormony parathormon a kalcitonin a vitamin D. Parathormon zajišťuje dostatečný přísun vápníku do oběhu společně s vitaminem D. Kalcitonin je jejich protiváhou, při výrazném vzestupu vápníku zablokuje jeho uvolňování z kosti. (Podrobněji popsáno v kapitole 3.) Doporučená denní dávka vápníku činí 1000 mg. Rostoucí organismus a těhotné a kojící ženy potřebují kalcia o polovinu více, viz tabulka č. 1. (Zadák 2006)

Tab. 1 Optimální denní příjem vápníku (Malečková 2020)

Věk	Množství v mg/den
Kojenci 6 – 12 měsíců	600
Děti 1 – 5 let	800
Děti 6 – 10 let	800 - 1200
Dospívající 11 – 24 let	1200 - 1500
Muži 25 – 65 let	1000
Muži nad 65 let	1500
Ženy 25 – 50 let	1000
Ženy nad 50 let	1500
Ženy těhotné a kojící	1200 - 1500

Graf 1 Grafické znázornění optimálního příjmu vápníku v jednotlivých věkových kategoriích



## 2 Zdroje vápníku v potravě

Vápník je původu anorganického. Zásoby kalcia tělo získává extrakcí a udržením vápníku z potravy. (Roche s.r.o. 2014)

Vstřebávání vápníku v organismu klesá s věkem. U mladých osob je nedostatečný přívod Ca kompenzován jeho zvýšením střevním vstřebáváním, jež je podmíněno zvýšenou tvorbou aktivního metabolitu vitamínu D. V dětském věku dochází k resorpci až 75 % konzumovaného vápníku. V dospívání se vstřebá jen 20-40 % a v dospělosti se toto číslo sníží až na 15 %. Proto je tedy dostatečný přívod Ca u starších osob naléhavější než u mladých jedinců. (Blahoš 1995)

Nedostatek vápníku (např. u veganů a u lidí nekonzumujících mléčné výrobky) způsobuje vyšší lámavost a řídnutí kostí (osteoporóza), měknutí kostí (osteomalacie) a křivici.

### **Potraviny živočišného původu**

Nejlepším zdrojem vápníku v potravinách jsou mléčné produkty, viz tabulka 2. Sýry, mléko i jogurty obsahují vápník ve vysoké koncentraci a v takové formě, z níž je ho organismus schopen absorbovat. Mléko je také dobrým zdrojem fosforu a hořčíku, které organismu napomáhají vápník správně využít.

Tab. 2 Obsah vápníku v potravinách živočišného původu (Nutridatabaze.cz 2020)

<b>Potraviny (100 g)</b>	<b>Vápník (mg)</b>
<i>Mléko sušené, polotučné</i>	1226
<i>Eidam 30 %</i>	952
<i>Tavený sýr 30 %</i>	750
<i>Sýr ovčí Brynza</i>	644
<i>Sýr Niva 50 % t. v s.</i>	553
<i>Sardinky v oleji</i>	415
<i>Sýr Hermelín 50 % t. v. s.</i>	389
<i>Jogurt 1,5 % tuku</i>	157
<i>Vaječný žloutek</i>	137
<i>Kefir</i>	133
<i>Tvaroh tvrdý</i>	123
<i>Plnotučné mléko</i>	124
<i>Odstředěné mléko</i>	124
<i>Kysaná smetana</i>	110
<i>Polotučný tvaroh</i>	105
<i>Žervé</i>	73
<i>Vejsle slepičí</i>	54
<i>Máslo</i>	22
<i>Kapr obecný</i>	19
<i>Pstruh duhový</i>	18
<i>Tuňák</i>	16
<i>Kuřecí maso</i>	14
<i>Hovězí maso</i>	5
<i>Vepřové maso</i>	5

## Potraviny rostlinného původu

Vápník je velmi dobře dostupný ze zeleniny, která obsahuje málo kyseliny šťavelové, jako je např. brokolice, zelí, kedlubny, květák, papriky a okurky. Vstřebání vápníku z nízkooxalátové zeleniny je srovnatelné se vstřebáním vápníku z mléka. Mezi další zdroje vápníku řadíme různá semínka a ořechy (mandle, slunečnicová semínka nebo pistácie), viz tabulka 3. (Zadák 2006)

Tab. 3 Obsah vápníku v potravinách rostlinného původu (Nutridatabaze.cz 2020)

<i>Potraviny (100 g)</i>	<i>Vápník (mg)</i>
<i>Mák</i>	<i>1357</i>
<i>Sója</i>	<i>260</i>
<i>Mandle</i>	<i>246</i>
<i>Lískové ořechy</i>	<i>181</i>
<i>Fazole bílé</i>	<i>165</i>
<i>Sušené fíky</i>	<i>162</i>
<i>Kapusta</i>	<i>152</i>
<i>Slunečnicová semínka</i>	<i>135</i>
<i>Tofu</i>	<i>128</i>
<i>Pistácie (jádra)</i>	<i>105</i>
<i>Špenát</i>	<i>100</i>
<i>Brokolice</i>	<i>77</i>
<i>Pór</i>	<i>67</i>
<i>Ovesné vločky</i>	<i>57</i>
<i>Mrkev</i>	<i>41</i>
<i>Pomeranče</i>	<i>34</i>
<i>Meruňky</i>	<i>20</i>
<i>Brambory</i>	<i>10</i>
<i>Rajče</i>	<i>9</i>
<i>Banány</i>	<i>8</i>
<i>Jablko</i>	<i>6</i>
<i>Rýže</i>	<i>3</i>



## 3 Vápník v organismu

Vápník je absorbován převážně v proximálním tenkém střevě mechanismem, který má aktivní a difuzní složku. Při nízkém a středním příjmu vápníku je vápník absorbován hlavně aktivním transportem, ale při vyšším příjmu se zvyšuje jeho podíl a je absorbován difuzí. Existuje mnoho prvků (fosfor, hořčík, sodík), které ovlivňují dostupnost a vstřebávání vápníku do organismu. (Nordin 1997)

### 3.1 Regulace hladiny vápníku

Homeostáza vápníku je proces, kterým naše tělo udržuje hladiny vápníku v optimálním rozmezí. Je udržována působením tří hormonů; parathormonu, kalcitoninu a vitamínu D. Tyto hormony společně usměřují vstřebávání a uvolňování kalcia z naší stravy a z našich kostí. Parathormon se tvoří v příštítných tělískách v odezvě na nízké hladiny vápníku v buňkách nebo krvi. Podporuje uvolňování kalcia z kostí do krve, kde ho mohou buňky využít. Kalcitonin má obrácený efekt, jestliže je koncentrace vápníku příliš vysoká, zmírňuje jeho uvolňování z kostí. (Netinbag Co je homeostáza vápníku)

#### Parathormon

Parathormon (PTH) vzniká v příštítných tělískách. Podnětem pro uvolnění PTH je snížená kalcemie detekovaná receptorem pro extracelulární vápník, který je v membráně hlavních buněk příštítné žlázy. Nejvýznamnějším sekrečním řídicím mechanismem je koncentrace intracelulárního  $\text{Ca}^{2+}$ . Prvním mechanismem je přímý pohyb  $\text{Ca}^{2+}$  buněčnou membránou kanály selektivními pro  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky. Agonisté kalciových kanálů je otevírají a usnadňují tak vstup  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky, zatímco blokátory kanálů vstupu brání. Druhým mechanismem je uvolnění  $\text{Ca}^{2+}$  z intracelulárních depot jako odpověď na druhé posly, aktivované extracelulárním  $\text{Ca}^{2+}$ . (Blahoš 1995; Kittnar et al. 2020)

Parathormon je hyperkalcemizující hormon. Kalcemii zvyšuje účinkem na střevo, kde zvyšuje absorpci  $\text{Ca}^{2+}$ , a na kost, kde dochází k aktivaci osteoklastů, což zvyšuje rychlost sekrece vodíkového kationtu a enzymů. Kost se demineralizuje a to vede ke zvýšení plazmového  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  (hydrogenfosforečnanový aniont) a  $\text{HCO}_3^-$  (hydrogenuhlíčitánový aniont). Toto by nevyhnutelně vedlo k ektopickému sražení  $\text{CaHPO}_4$  (hydrogenfosforečnan

vápenatý), pokud by ledvina vhodně nezareagovala zvýšeným vylučováním fosfátu a  $\text{HCO}_3^-$ . Snižuje se proto fosfatémie, což přímo podporuje resorpci vápníku z kosti ve snaze udržet kalciofosfátovou konstantu. Podstatou účinku PTH je vazba na specifický membránový receptor s následnou aktivací adenylátcyklázy. (Blahoš 1995; Greger 2000)

## **Vitamin D**

Vitamin D se dá považovat spíše za steroidní hormon než za vitamin. Podobně jako ostatní steroidní hormony prochází chemickou transformací, aby se stal biologicky aktivním. Jeho biologický účinek spočívá ve vazbě na receptory v cílových tkáních. (Blahoš 1995)

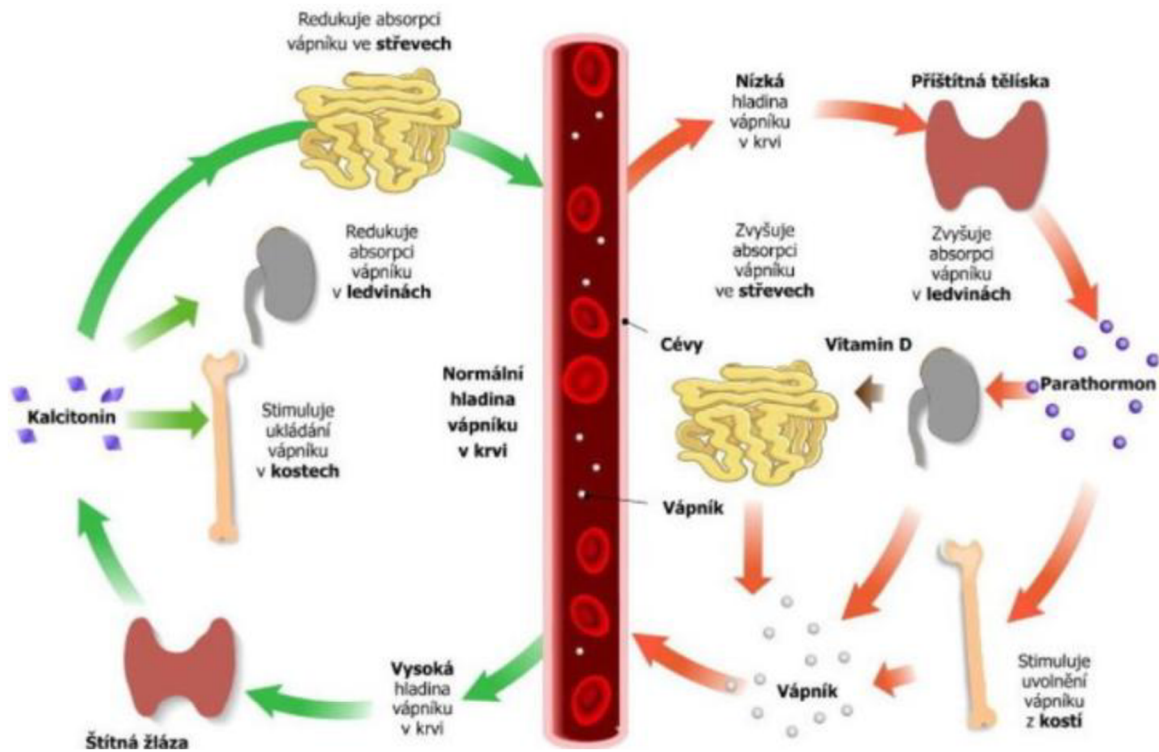
Vitamin D stimuluje absorpci vápníku ve střevě. Ve střevech je zvýšená absorpce  $\text{Ca}^{2+}$  velmi důležitá, protože přestavba kosti, závislá na kalcitriolu, je možná, pouze pokud je plazmové  $\text{Ca}^{2+}$  na dostatečně vysoké úrovni. Další tkání, kde vitamin D působí, je kost. Ovlivňuje oba procesy, tj. ukládání vápníku do kosti, její formování a mineralizaci stejně tak, jako uvolnění vápníku z kosti (demineralizaci). Nepostradatelná je role vitaminu D v řízení rovnováhy vápníku a fosfátu. Vitamin D vyrovnává kolísání hladin vápníku v krvi tím, že reguluje vstup a výstup vápníku třemi cestami: střevem, ledvinami a kostí. (Greger 2000; Zadák 2006)

Vitamin D je rozpustný v tucích. Zdrojem je hlavně sluneční záření a rybí tuk. Tvoří se v kůži pod vlivem ultrafialového světla, je přeměněn na kalcidiol v játrech a poté na kalcitriol v ledvinách. Při deficitu vitaminu D z nedostatečného vystavení slunečnímu záření, který snižuje kalcitriol, vede k malabsorpci vápníku, nakonec při dlouhodobém nedostatku vitaminu D vede až k osteomalacii. Spolu s vápníkem pomáhají při léčbě zlomenin a kladně působí na funkci svalů. (Nordin 1997)

## **Kalcitonin**

Kalcitonin je tvořen parafolikulárními buňkami štítné žlázy. Je v podstatě hormonem opačným k parathormonu. Zvýšená koncentrace vápníku stimuluje produkci kalcitoninu. Kalcitonin má tendenci snižovat koncentraci vápníku v krevním séru a podporuje jeho ukládání do kostní hmoty. Jeho účinek na ledvinu spočívá ve zvýšení vylučování fosfátu a vápníku močí. (Greger 2000; Kittnar et al. 2020)

Přestože kalcitonin může ovlivnit metabolismus různých minerálů, je jeho hlavní funkcí udržení kalciové homeostázy, a to jak na úrovni buněčné, tak i na úrovních vyšších, včetně úrovně celého organismu. (Blahoš 1995)



Obr. 1 Hormonální regulace hladiny vápníku v krvi (obrázek přejat z Řádek 2020)

Z obrázku je patrné, že na udržování fyziologické hladiny vápníku v krevní plazmě se největší měrou podílí parathormon. Společně s vitaminem D ovlivňuje absorpci vápníku ze střeva, zvyšuje jeho zpětné vstřebávání z ledvinových tubulů a stimuluje uvolňování vápníku z kostí. (Řádek 2020)

## 3.2 Vztah k dalším prvkům

### Fosfor

Vápník reaguje s fosforečnany negativně. Ty se vyskytují hlavně v nápojích typu coca-cola nebo pepsí. Fosforečnany odvápnují kosti v těle. To může vést k osteoporóze neboli řídnutí kostí.

Jestliže překročí součin koncentrací fosfátu a vápníku určitou hodnotu (součin rozpustnosti), začne část vzniklého kalciumfosfátu krystalovat a v kádince v laboratoři by se začal usazovat na dně ve formě jemné sraženiny. Aby se v živém organismu nemohl za takové situace usazovat kdekoliv, má tělo vytvořený důmyslný systém, který usazování nasměruje do kostí (tvoří se kostní minerál). Pokud by vznikla extrémní situace, může se vznikající kalciumfosfát usazovat i v jiných tkáních těla (kalcifikace tkání). Jestliže přijme člověk vysokou dávku kyseliny fosforečné (například vypitím většího množství coly) a tato se vstřebá do krve, zvýší se hodnota součinu rozpustnosti a z krve se začne odstraňovat vápník. Tělo na vzniklou situaci musí zareagovat a snaží se vápník doplnit z tráveniny, zvýší tedy jeho vstřebatelnost. Tím se podpoří mineralizace kostí. To však platí pouze v případě, že je v trávenině vápníku dostatečné množství. Pokud však v trávenině v daném okamžiku není kalcia dostatek, má tělo jedinou možnost, jak vápník do krve doplnit, pouze odebráním z kostí. (Institut Galenus 2022)

Naopak, pokles koncentrace fosfátů v krvi vede k hyperkalcemii, protože se vápník ve zvýšené míře uvolňuje z kostí. (Institut Galenus 2022)

### Hořčík

Hořčík je vstřebáván ze střeva v závislosti na vápníku. Jejich poměr by měl být 1:2 (hořčík:vápník). Nedostatek hořčíku způsobuje přebytek vápníku a naopak, nadbytek hořčíku brání vápníku se vstřebat. Pokud se nejedná o významně zvýšenou dávku (násobky doporučené dávky), pak hořčík prakticky neovlivní resorpci vápníku. (Wilhelm 2007)

## Sodík

Sůl je hlavním faktorem, který určuje, kolik vápníku se vyloučí - čím vyšší je příjem soli, tím větší je vylučování vápníku močí. Příjem sodíku je důležitým determinantem při vylučování kalcia, protože sodík soutěží s vápníkem o reabsorpci v ledvinných tubulech. Při vysokém příjmu vápníku se vápník objeví v moči bez ohledu na sodík a příjem bílkovin; při nízkém příjmu vápníku je jeho vylučování závislé na sodíku a vylučování fosfátů. Sodík a živočišné bílkoviny zvyšují výskyt vápníku v moči. A při vysokém příjmu živočišných bílkovin se zvyšuje riziko zlomeniny kyčle v krčku u starších osob. (Nexton et al. 2016)

Dvouletá studie Americké společnosti pro výživu (American Dietetic Association) ukázala u 124 žen po menopauze významný přímý vztah mezi vylučováním sodíku močí a snížením hustoty kostí. K žádnému řídnutí kostí kyčle nedocházelo, když denní vylučování sodíku bylo nižší než 90 mmol (tj. 2,2 g Na). Z toho vyplývá, že mírné snížení příjmu soli má na minerální hustotu kostí stejný efekt jako zvýšení příjmu vápníku o 900 mg. (Scharffenberg 2022)

Další významnou látkou, ovlivňující resorpci vápníku, je **kyselina šťavelová**. Jedná se o látku ve vodě rozpustnou, ale ve spojení s vápníkem dochází ke vzniku nerozpustných sloučenin (šťavelany), a proto jej tělo nemůže využít. **Kyselina fytová**, která je součástí slupek obilovin, tvoří uvnitř střeva spolu s vápníkem nerozpustnou sůl, čímž se opět vápník stává nevyužitelným. **Bílkoviny** se také uvádějí v souvislosti s vápníkem. Vysoký příjem bílkovin vyvolává zvýšené vylučování vápníku pomocí ledvin a zvýšené odbourávání vápníku z kostí. (Roediger-Streubel 1997)

**Sacharidy** zvyšují resorpci vápníku. Nejčastěji se v této souvislosti uvádí laktóza, přičemž přesný mechanismus facilitované resorpce vápníku není plně objasněn. **Lipidy** snižují resorpci vápníku v důsledku tvorby nerozpustných mýdel (zejména nasycené mastné kyseliny). Neplatí ale 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. **Vláknina** obecně snižuje resorpci vápníku, ale záleží na množství přijaté vlákniny, stejně jako na skutečnosti, kolik vlákniny je fermentováno na mastné kyseliny s krátkým řetězcem v tlustém střevě. (Wilhelm 2007)

## 4 Funkce vápníku jako fyziologicky významného prvku

Při vyrovnané bilanci činí příjem kalcia potravou asi 1000 mg/den, výdej 900 mg/den ve stolici a 100 mg/den se vylučuje močí. Z přijatého vápníku se v tenkém střevě resorbuje pouze 35 %, zbytek se vyloučí stolicí. V organismu je většina vápníku lokalizovaná v kostech, pouze 1 % je v ostatních buňkách a 0,1 % v extracelulárních tekutinách. Vápník se v plazmě nachází ve třech formách: zhruba 40 % vápníku je navázáno na plazmatické bílkoviny, 10 % vápníku je ve formě sloučenin s anionty a zbytek tvoří volné ionizované ionty. (Kittnar et al. 2020)

### 4.1 Signaling

Vápník také hraje důležitou roli při regulaci svalových kontrakcí, kde působí jako posel signálu. V mozku je vápník nezbytný pro nervové vedení a pomáhá řídit cestu používanou mozkovými chemickými posly, nazývanými neurotransmitery. V buňkách vápník opět působí jako posel, který přenáší pokyny z jedné části buňky do druhé. (Netinbag Co je homeostáza vápníku)

Vápník je extrémně všestranný intracelulární posel, který řídí širokou škálu buněčných funkcí regulací aktivity velkého množství cílových proteinů. Buněčné účinky vápníku jsou zprostředkovány buď přímou vazbou na cílový protein, nebo stimulací specifických proteinů, které se navázáním vápníkových kationtů aktivují a spouští signální kaskády, které jsou na ně napojené. Tyto proteiny jsou někdy v odborné literatuře označovány společným termínem „vápníkový senzor“. Množství těchto proteinů - senzorů, které zprostředkovávají účinky vápníku, může být charakterizováno povahou míst vazajících vápník. (Clapham 2007)

Nervové buňky jsou vybaveny receptory, neuropřenašeči i iontovými kanály, které jim umožňují spolu komunikovat. Neurony spotřebovávají značné množství energie, kterou si doplňují glukózou z krevního oběhu. Mezi krevními kapilárami a neurony existuje hustá síť, tvořená astrocyty s jejich dlouhými rameny. A právě zde se uplatňuje vápníková signalizace. Neuron uvolňuje glutamát, který vyvolává v astrocytech vápníkové oscilace. Čím víc glutamátu neuron uvolní, tím vyšší bude frekvence vápníkových oscilací v nejbližším astrocytu. Další fáze bude vyvolání vápníkové vlny. Ta přenesení „volání o pomoc“ až

k astrocytu, který je v kontaktu s krevní kapilárou. Zvýšená koncentrace vápníku v astrocytu spustí mechanismus, který umožní odebrat z kapiláry potřebné množství glukózy a přetransportovat ji zpět k neuronu. (Jirounek 1996)

Tato hypotéza je jednou z mnoha, při kterých vápníková signalizace hraje důležitou roli. Aktivace většiny neuropřenašečů, které jsou rozmístěny na nejrůznějších místech po celém organismu, je závislý na náhlém zvýšení hladiny intracelulárního vápníku. Lze tedy předpokládat, že vápníková oscilace nebo vlna vyvolá aktivaci neuroaktivní látky, která se v dané buňce nachází, a tím i aktivaci okolních receptorů. Tento mechanismus se může uplatnit v nesčetných biologických pochodech. (Jirounek 1996)

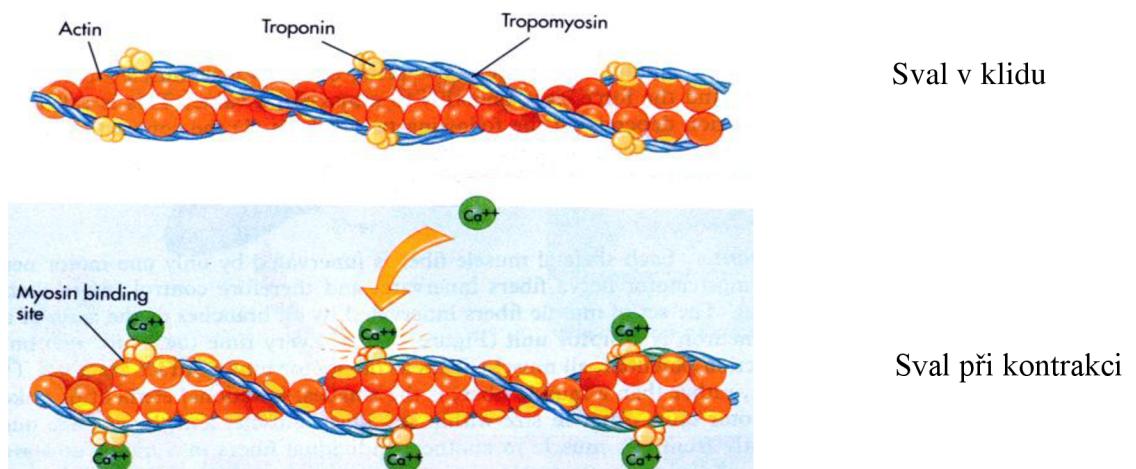
Změny ve vápníkové koncentraci slouží k přenosu informace. Podle nervových vláken, která informaci přinesla, identifikuje náš mozek přesně bod, kde je umístěno čidlo pro bolest, na které je napojeno příslušné nervové vlákno. Podle počtu vzruchů (akčních potenciálů) za jednotku času, tedy podle jejich frekvence, pozná, jak silná tato bolest je. Vápníkové oscilace jsou též jedním z příkladů frekvenčně modulovaného biologického signálu. Mohou být vyvolány řadou podnětů, ale většinou to bývá aktivace receptoru příslušnou látkou. (Nexton 2016)

$\text{Ca}^{2+}$  je všudypřítomný intracelulární posel, který řídí různé buněčné funkce. Závisí na časoprostorovém sledování vápníkového signálu a jeho dekodování.  $\text{Ca}^{2+}$  je detekován specializovanými podněty, které byly biochemicky charakterizovány před desítkami let. Zkoumání  $\text{Ca}^{2+}$  bylo znovu oživeno a s příchodem nových trendů a technologií možná dojde k nálezům dalších souvislostí v signalizaci. (Bagur & Hajnoczky 2017)

## 4.2 Svalový stah

Činnost myozinových a aktinových vláken během svalové kontrakce je složitý proces, během kterého se mezi nimi plynule tvoří a zase ruší množství chemických vazeb. Tento proces vyžaduje energii, kterou poskytují mitochondrie spalováním kyslíku a potravy jako paliva a která je akumulována a přenášena jako energeticky bohatá sloučenina zvaná ATP (adenosintrifosfát). (Anamneza 2017)

Po vzniku akčního potenciálu se depolarizace rychle šíří dovnitř buňky, protože povrchová membrána u svalových buněk se vchlipuje hluboko do sarkomery a způsobí uvolnění kalciových iontů z endoplazmatického retikula do cytoplazmy. Za tuto akci jsou zodpovědné napěťově řízené vápníkové kanály. Klidová vysoká koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů uvnitř sarkoplazmatického retikula je udržována výkonnými vápníkovými pumpami. Vápníková pumpa mění jeden iont  $\text{Mg}^{2+}$  proti dvěma iontům  $\text{Ca}^{2+}$  za hydrolýzy jedné molekuly ATP. Koncentrace vápníku je v klidu v cytoplazmě velmi nízká, při akci se ale výrazně zvýší. (Wawreczková 2013)



Obr. 2 Úloha vápníku při svalové kontrakci (obrázek přejet z Kodrik 2017)

Přítomnost ATP v normálním živém svalu vede k uvolnění myozinu z aktinu a narovnání myozinových hlav. ATP-ázovou aktivitu mají přímo myozinové hlavy. Je-li sval dále stimulován, dochází k dalším cyklům a dalšímu posuvu. Délka posuvu je malá ( $\mu\text{m}$ ), proto dochází k opakovanému připojení a všechny myozinové hlavy vlákna „veslují“ po aktinu a kontrakce je proto plynulá. Ve svalu mrtvého ATP chybí.  $\text{Ca}^{2+}$  ionty nejsou čerpány zpět do sarkoplazmatického retikula a chybí energie k rozštěpení vazby aktin-myozin a vzniká posmrtná ztuhlost – *rigor mortis*. (Kodrik 2019)

Při *rigoru mortis* dojde k vyčerpání ATP pod určitou hladinu, která nestačí k tomu, aby udržela aktin a myozin v disociovaném stavu. Dojde k nevratnému spojení těchto myofilament a vytvoří se aktinomyozinový komplex. Svalová vlákna se smrští v příčném směru, svalovina ztratí pružnost a stane se pevnou. Postupně začne klesat pH. Rychlost *rigor mortis* se odvíjí od druhové příslušnosti.



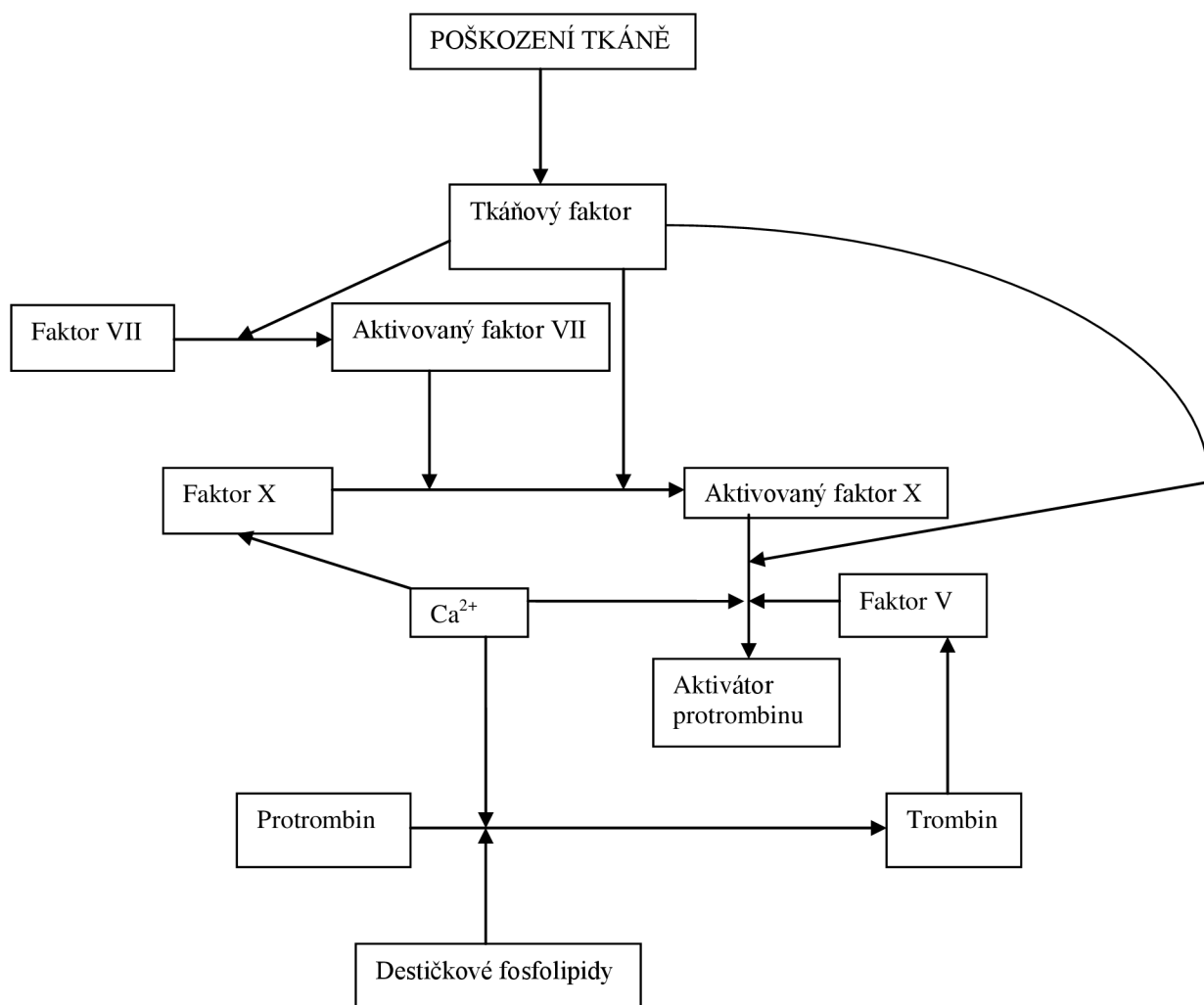
### 4.3 Hemostáza

Porušení integrity cévní stěny by bez existence specifického mechanismu, který tomu brání, vedlo k rozsáhlým krevním ztrátám a ve svém důsledku k orgánovým selháním. Procesu zástavy krvácení - hemostázy - se účastní celá řada činitelů a jen jejich dokonalá souhra vede k vytvoření krevní sraženiny. Celý proces zástavy krvácení lze rozdělit do čtyř fází: vazokonstrikce (zúžení cév), reakce destiček (zvětšují objem a vytvářejí panožky), hemokoagulace, fibrinolýza (rozpuštění sraženin). (Kittnar et al. 2020)

Hlavním smyslem **hemokoagulace** je přeměna fibrinogenu na fibrin. Molekuly fibrinogenu jsou atakovány molekulami trombinu, který odštěpí ze struktury fibrinogenu čtyři malé peptidy za vzniku monomeru fibrinu. Tyto molekuly spontánně agregují a vytvářejí síť vláken, která zachytává krevní elementy (červené krvinky, krevní destičky, leukocyty) a vytvářejí fibrinovou zátku. Přeměně fibrinogenu na fibrin předchází celá řada postupně za sebou následujících dějů nazývaných hemokoagulační kaskáda. (Kittnar et al. 2020)

Nejprve je pomocí hemokoagulačních faktorů aktivován protrombin, který je přeměněn na trombin. Poté může dojít k přeměně fibrinogenu na fibrin. Koagulační faktory jsou proteiny cirkulující v plazmě v neaktivním stavu a většina z nich je produkována játry. Je jich čtrnáct a jsou označovány názvy svých objevitelů nebo římskými číslicemi v pořadí, jak byly postupně objeveny. V hemokoagulační kaskádě vystupují postupně a rozdělují se do tří skupin podle toho, které kaskády se zúčastňují. (Kittnar et al. 2020)

Vnější koagulační kaskáda je zahájena poškozením tkáně. Tím dochází k uvolnění tkáňového faktoru. Komplex lipoproteinů tkáňového faktoru se váže na faktor VII a v přítomnosti vápenatých iontů aktivuje faktor X. (Kittnar et al. 2020)



Obr. 3 Vnější hemokoagulační kaskáda (obrázek přejet z Kittnar et al. 2020)

Vnitřní koagulační kaskáda je zahájena kontaktem faktoru XII se záporně nabitým povrchem (nejčastěji kolagenem). To vede jednak k aktivaci faktoru XII a dále k uvolnění fosfolipidů z krevních destiček. Tyto fosfolipidy obsahují i lipoproteinový komplex. Aktivovaný faktor XII dále štěpí faktor XI za vzniku jeho aktivní formy. K tomuto kroku je nezbytná přítomnost vysokomolekulárního kininogenu a prekalikreinu, který celou reakci urychluje. Aktivovaný faktor XI dále aktivuje faktor IX, který spolu s faktorem VIII a destičkovými fosfolipidy aktivuje faktor X. (Kittnar et al. 2020)



#### 4.4 Kostra

V lidském těle je zhruba 200 kostí. Jejich počet se u dětí a dospělých liší. Děti jich mají více než dospělí, protože časem některé kosti srostou. Kostra váží přibližně deset kilogramů, což odpovídá zhruba 15 % celkové hmotnosti člověka.

Kostní minerál se skládá z anorganických látek - drobných krystalků hydroxyapatitu a kalciumfosfátu a dalších minerálních solí vápníku (fosforečnan vápenatý, uhličitán vápenatý, fluorid vápenatý ad.). V lidském těle se nachází průměrně 1 kg vápníku. Převážná většina kalcia je uložena v kostech a v zubech. (Poslepek 2018)

Výstavba a odbourávání kostí jsou životní procesy, které se uskutečňují prostřednictvím speciálních buněk. Kostní tkáň se během života neustále obměňuje a obnovuje. Části kostí jsou odbourávány a nahrazovány kostí novou. V období růstu převažuje proces tvorby kostí nad jejich odbouráváním. V dospělosti, zhruba do 30ti let, je proces odbourávání a tvorby kostí vyvážený a celková kostní hmota zůstává stálá. Během stárnutí převládá odbourávání nad výstavbou a kostní hmota se pozvolna zmenšuje. Tento proces postihuje celou kostru. Snížení kostní hmoty vede jednoznačně ke snížení odolnosti kostí, a tím následně k poklesu schopnosti kosti vyrovnat se s mechanickou zátěží. Pokud nebyla vytvořena dostatečně bohatá organická resp. kolagenní kostní hmota v mládí, jsou kosti ve stáří velmi křehké a snadno se lámou. Proto je důležité věnovat jejich výživě v dospělosti a stáří zvýšenou pozornost. Významný vliv na stavbu kosti a její metabolismus má výživa a pohybová aktivita. (Kocián & Macourková 1998)

Kost má trojí funkci. Slouží jako mechanická opora, je homeostatickým orgánem metabolismu minerálů, zejména kalcia, a je místem hemopoézy. Kost může plnit tyto životně důležité funkce proto, že je metabolicky velmi aktivní. Má-li kostra plnit funkci mechanické opory pro měkké tkáně, musí být pevná a odolná. (Blahoš 1995)

Tvrdost kostí je určena mimo jiné obsahem kalcia a fosforu. Se zvyšujícím se věkem, nebo výskytem menopauzy u žen, se snižuje hustota kosti, kost se stává demineralizovanou a křehčí. Kostí obsahují osteoklasty, které likvidují staré a zničené kostní buňky, zatímco

osteoblasty napomáhají obnovení ztracené kostní hmoty. Když osteoblasty nemohou obnovit kostní tkáň rychlostí, kterou ji osteoklasty odbourávají, dochází ke ztrátě kostní hmoty. (Barny's premium quality 2021)

Osteoklasty mají významný efekt hlavně po menopauze, proto jsou ženy v této fázi života více ohroženy snižováním kostní hmoty. Pokles kostní hmoty, přesněji hustoty minerálů (vápníku) v kostech, předurčuje člověku zvýšený výskyt zlomenin anebo komplikací spojených s pohybovým aparátem. (Barny's premium quality 2021)

## 5 Příčiny a následky deficiencie vápníku ve výživě

Za optimálních podmínek by měl dospělý člověk přijmout v potravě okolo 1 g vápníku za den. Pokud tomu tak není, můžeme mluvit o deficienci vápníku ve výživě – viz tabulka č. 1. Dostatek vápníku předchází vzniku různých zdravotních komplikací.

### 5.1 Příčiny

Nedostatek vápníku a hořčíku spojený s jeho horším vstřebáváním může být zapříčiněn špatnou funkcí příštítných tělísek, nebo zhoršenou funkcí ledvin a slinivky břišní. (Broulík 1999)

Laktózová intolerance je nesnášenlivost mléčného cukru, což je disacharid složený z glukózy a galaktózy. Nesnášenlivost se projevuje řadou gastrointestinálních příznaků po vypití určitého množství sladkého mléka nebo i po použití různých mléčných produktů. Patofyziologickým korelátem je buď úplná absence, nebo snížení enzymu laktázy ve střevní sliznici, protože jedině tento enzym je schopen laktózu rozštěpit na její složky, hexózy, které jsou potom bez obtíží sliznicí absorbovány. Nerozštěpená laktóza se pro velikost molekuly nevstřebává. (Kocián 1995; Korejčková 2019)

Mléko a mléčné výrobky jsou v Evropě a Severní Americe hlavním zdrojem kalcia. Laktóza v mléce obsažená nejenže podporuje absorpci kalcia ze střeva, ale přisuzuje se jí určitý efekt při osifikaci kostní tkáně. Na druhé straně u osob s laktózovou intolerancí způsobuje laktóza nejrůznější intoleranční příznaky, charakterizované zejména postprandiálním průjmem a hypermotilitou tenkého i tlustého střeva. Právě pro hypermotilitu tenkého střeva a tím kratší kontakt tráveniny se střevní sliznicí by se dala očekávat spíše snížená absorpce různých látek ze střeva, tedy i kalcia. Dále je známo, že se pacienti s laktózovou intolerancí většinou mléčným potravinám vyhýbají, jakmile zjistí, že po nich pravidelně mají obtíže. (Kocián 1995)

## 5.2 Následky

Nedostatek kalcia (*hypokalcemie*) může zapříčinit u dětí poruchy růstu, u dospělých řídnutí kostí (*osteoporóza*) a měknutí kostí (*osteomalacie*). Příznaky akutní deficience vápníku jsou zejména střídání zácpy a průjmu, bušení srdce, záchvaty úzkosti, dýchací obtíže, svalové záškuby, křeče a svalové bolesti. Mezi další symptomy nedostatku vápníku patří potíže při chůzi, opary a afty v ústech, lámavost nehtů, padání vlasů, bolestivé menstruační krvácení nebo skřípání zubů během spánku. (Vápník a potraviny 2017)

### Osteoporóza

Pojem osteoporóza označuje stav, při kterém dochází k řídnutí kostní tkáně. Díky tomu, že je kost řidší, dochází k místní demineralizaci kosti, a tím ke ztenčení její architektury a stability, snadněji podléhá zlomeninám, jež se tímto řadí mezi nejčastější komplikace osteoporózy. Zlomeniny způsobené na základě osteoporózy se častěji vyskytují u žen po menopauze, neboť se vytrácí ochranný vliv estrogenů na kost. Mezi nejčastější osteoporotické zlomeniny patří zlomeniny obratlů, fraktury předloktí a krčku stehenní kosti. (Blahoš 1995)

Kromě jiného zahrnujeme mezi faktory i nutriční zvyklosti týkající se obsahu vápníku v potravě. Prokázalo se, že ženy, které měly příjem vápníku vyšší jak 1000 mg, měly méně závažný výskyt osteoporózy. V České republice se odhaduje asi 1 milion žen trpících osteoporózou. Po menopauze se osteoporóza rozvine až u jedné třetiny žen. (Kocián 1995)

Zvýšené nebezpečí zlomenin kostí vzniká při úbytku kostní tkáně. Obvykle postihuje zápěstí, nadloktí, stehna a páteř. Stárnutí spojené s úbytkem kostní tkáně nastává jak u mužů, tak u žen. Po přechodu jsou ženy dále vystaveny úbytku kostní tkáně, souvisejícímu s hormony (zastavením tvorby ženských pohlavních hormonů). Úbytek kostní tkáně může také vznikat druhotně při hormonálních nebo metabolických poruchách, při upoutání na lůžku nebo léčení steroidy. (Pia & Andresen 1997)

## Osteomalacie

Osteomalacie je choroba, která se vyznačuje ztrátou pevnosti kostní tkáně. Ke ztrátě pevnosti kostní tkáně dochází v důsledku demineralizace kosti. Osteomalacie je onemocnění, které se vyskytuje pouze u dospělých osob. Může se rozvinout až do takového stadia, že lze kost krájet i pouhým nožem. Za normálních okolností jsou v kosti demineralizovány pouze 2 % kosti. V případě osteomalacie se tyto hodnoty mohou mnohonásobně zvýšit. Rozvoj nemoci je podmíněn zejména nedostatečným příjmem vitamínu D nebo poruchou jeho metabolismu, dokonce jsou známy i osteomalacie vrozené. Kromě měknutí kostí je pro osteomalacii typický i výskyt deformací, jako jsou ohyby dlouhých kostí. (Kocián 1995)

Porucha mineralizace je u osteomalacie dlouhodobá. Snížená hladina vitamínu D omezuje resorpci kalcia střevem a mobilizaci kalcia z kosti s výslednou hypokalcemií. Pro správnou mineralizaci musí být v místech mineralizace dostatek kalcia a fosforu. U stavů s výrazným nedostatkem vitamínu D není možné hladinu kalcia v séru normalizovat, takže klesne pod hodnotu, která je nutná pro mineralizaci. Pak dochází k osteomalacii. (Broulík 1999)

Jako první od sebe odlišil osteoporózu a osteomalacii německý patolog Pommer. Základem jeho pozorování bylo, že u osteomalacie je resorbovaná kost nahrazena nemineralizovanou kostní matrix nebo osteoidní tkání, kdežto u osteoporózy je resorbovaná kost nahrazena normální kostí stejného nebo menšího objemu. Příčinou osteomalacie bývá nedostatek vitamínu D v potravě, například při vegetariánské stravě, nedostatečná expozice slunečního záření, vysoký příjem fosfátů a fyfátů či malabsorpční syndrom. (Vyskočil 2009)

Neléčená osteomalacie vede k deformitám dlouhých kostí, jejich ohýbání, vzniku hrbu, ptačího hrudníku, *protruze acetabula*. Změny vznikají i v páteři, kde vzniká skolióza, kyfóza a zkrácení páteře. U osteomalacie je výrazná svalová slabost dolních končetin. Výsledkem této slabosti je kachní chůze se snahou nemocného šetřit nosný kyčelní kloub. (Broulík 1999)



## **Křivice**

Křivice je onemocnění, které má podobné příznaky jako osteomalacie, ale vyskytuje se u dětí. Mezi příznaky křivice se řadí „nohy do O“, zpomalený růst, bolesti kostí, deformity hlavy a hrudníku a problémy se spánkem (nemusí se vždy vyskytovat všechny příznaky). Častými komplikacemi bývají zlomeniny, svalové křeče nebo abnormálně zakřivená páteř. (Lincová & Farghali 2002)

Křivice se nejčastěji vyskytuje u dětí ve věku 6 až 36 měsíců. Děti jsou vystaveny nejvyšším rizikům křivice, protože stále rostou a vyvíjejí se. Tělo potřebuje vitamin D ke vstřebávání vápníku a fosforu z jídla. Křivice (rachitida) může nastat, pokud tělo dítěte nezíská dostatek vitamínu D nebo pokud má tělo problémy s jeho správným využitím. Také nedostatek kalcia nebo nedostatek kalcia a současně vitamínu D mohou křivici způsobit. Ve vyspělých státech je nyní rachitida hodně výjimečná. Kdysi bývala častější, ale ve vyspělých zemích většinou vymizela během čtyřicátých let 20. století. (Poslepek 2018)

## 6 Doporučení z hlediska výživy

Pro udržení zdravých kostí musí strava obsahovat nejen dostatek vápníku, ale i dalších látek příznivě ovlivňujících kostní metabolismus, a to ve formě snadno vstřebatelné a co nejvíce využitelné organismem.

Kalcium se vstřebává v *duodenu* a *jejunu*, a to pasivně i aktivně. Pasivní absorpce Ca se může uplatnit jen tehdy, je-li ve střevním obsahu dostatek vápníku. Za fyziologických podmínek se vstřebává 25-40 % přijatého Ca. Organismus má schopnost řídit aktivní střevní absorpci podle množství nabízeného vápníku. Při nedostatečném přívodu se absorpce zvyšuje kompenzačním mechanismem závislým na kalcitriolu. Tento kompenzační mechanismus je velmi účinný. S postupujícím věkem se však adaptační schopnosti zmenšují, a dostatečný přívod Ca u starších lidí je proto naléhavější než u mladých jedinců, nemá-li se nedostatek kalcia projevit hypokalcemií. (Blahoš 1995)

Pro „nezdravou“ výživu člověka se současným životním stylem jsou mimo jiné charakteristické nízký přívod vápníku, nadbytek bílkovin, cukrů a tuků a i málo stravy bohaté na vlákninu. Další „civilizační“ faktory, které ochuzují organismus o Ca, jsou nesprávná skladba živin v potravě, alkohol a kouření. K těmto faktorům se přiřazuje i káva. Předpokládá se, že káva ovlivní resorpci vápníku v případě, je-li přijímána v množství vyšším než 1 litr denně. (Blahoš 1995; Wilhelm 2007)

Vápník je jedním z nejdůležitějších minerálů pro lidský organismus. Potřebujeme ho nejen k růstu, pevným kostem a zdravým zubům. Vápník se nejlépe využije ze zdrojů, kde je navázán na bílkovinu.

### **Mléčné produkty**

Hlavním zdrojem vápníku pro lidský organismus jsou mléčné výrobky. Pokud člověk vypije přibližně 1 litr mléka, přijme do těla asi 1 gram vápníku. Mléko obsahuje vápník, fosfor, ale také laktázu, která se účastní střevního absorbování vápníku. Dále obsahuje mléčnou bílkovinu, draslík, hořčík a lehce stravitelný mléčný tuk s vitaminy A, D, E, K a vitaminy skupiny B. V roce 1970 činila spotřeba mléka kolem 197 kg na 1 osobu, ale v roce

1993 klesla spotřeba mléka na 159 kg. Snižováním tučnosti mléka se obsah vápníku příliš nemění (viz tabulka 2). (Blahoš 1995)

K podstatným zdrojům vápníku patří i sýry. Přírodní sýry jsou považovány za významnou zásobárnu kalcia, bílkovin, minerálních látek a vitaminů. V průběhu života, hlavně v těhotenství a období kojení, by se na tvrdé sýry nemělo zapomínat, protože jsou důležitým zdrojem vápníku. Kdyby strava neobsahovala tvrdé sýry, docházelo by k prudkému poklesu vápníku v lidském organismu.

Taveným sýrem je podle platné legislativy sýr, který byl tepelně zpracován a přidány tavicí soli. Tavené sýry nemohou zapříčinit odvápnění kostí, jak je často uváděno. Pouze v případě, že by jediným mléčným výrobkem po několik měsíců a roků byly tavené sýry, mohl by vzniknout deficit vápníku v organismu, a tím i jeho vyplavování z kostí. (Stranovská & Boháčová 2015)

Nevýhodou tavených sýrů je vyšší obsah sodíku a horší poměr kalcia a fosforu. Zdrojem fosforu jsou tavicí soli v sýru obsažené. Kvůli tavicím solím je biologická využitelnost vápníku z tavených sýrů nižší než např. z mléka či fermentovaných mléčných výrobků, ale odborné zdroje zároveň uvádějí, že je současně významně vyšší než z rostlinných zdrojů (závěry dřívější práce francouzského výzkumného týmu – Soustre Y. et al.: Questions sur le calcium laitier; CERIN Nr.9,7 – 2004). Tavicí soli neovlivňují využití vápníku z jiných zdrojů a samy o sobě nemají žádný škodlivý účinek na organismus. (Stranovská & Boháčová 2015)

## **Ryby**

Sladkovodní i mořské ryby náleží do potravin obsahujících kromě kalcia i vitamin D. Vysoké hodnoty vápníku jsou zaznamenány u sardinek v oleji (viz tabulka 2). Tyto ryby požitelné i s kostmi nám dodají do těla mnoho vápníku. (Roediger-Streubel 1997)

## **Voda**

Už na počátku 20. století lidé věděli, že pitná voda obsahuje mnoho pro život esenciálních prvků (železo, jód nebo zinek). Ve 40. letech minulého století německý výživář R. Hauschka tvrdil, že by se měl do vody přidávat hydrogensíran sodný, aby po převaření

vody zůstal vápník stále její součástí. Ideální obsah Ca ve vodě je cca 40-80 mg/l při tvrdosti vody 2-4 mmol/l. Samotný vápník má pozitivní ochranný účinek na vznik některých neurologických poruch u seniorů. V oblasti s větším obsahem vápníku ve vodě než 75 mg/l byl účinek o 20 % příznivější než v oblastech, kde těchto hodnot vápník nedosahoval. (Kožišek 2001)

I když jsou mléčné výrobky nejuznávanějšími dietními zdroji vápníku, přírodní minerální vody jsou také potenciálně důležitým zdrojem. Voda je hlavní složkou lidského těla a podílí se na mnoha tělesných funkcích včetně toho, že je nosičem živin, které se dostávají do biologických tekutin, a také hlavním prostředkem k odstranění odpadu a toxinů. Vzhledem k tomu, že tělo postrádá zásobu vody, měl by být zaručen denní příjem 1,2 až 2,5 l tekutin, protože dobrá hydratace je nezbytná pro udržení rovnováhy vody v těle. (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione 2003)

Vápník i voda jsou základními prvky pro život, a jejich dostatečný příjem je proto zásadní pro udržení mnoha tělesných funkcí. Zejména adekvátní příjem vápníku v potravě je nezbytný pro udržení zdraví kostí a minerální vody bohaté na vápník mohou představovat platný nástroj k dosažení tohoto účelu. Minerální vody bohaté na vápník jsou cenným zdrojem vysoce biologicky dostupného vápníku s příznivými účinky jak na kostní biomarkery, tak na kostní denzitometrické parametry. (Vannucci et al. 2018)

Hledáním obsahu vápníku v minerálních vodách s příchutí i bez ní v obchodech jsem došla k závěru, že každá obsahuje vápníkový kationt.

*Tab. 4 Obsah vápníku v minerálních vodách v mg/l*

<i>Minerální voda</i>	<i>Vápník (mg/l)</i>
<i>Gemerka</i>	<i>433</i>
<i>Kláštorná kalcia</i>	<i>287</i>
<i>Hanácká kyselka</i>	<i>270</i>
<i>Poděbradka</i>	<i>158</i>
<i>Rajec</i>	<i>88,6</i>
<i>Mattoni</i>	<i>84,5</i>
<i>Korunní</i>	<i>65,2</i>
<i>Kojenecká voda</i>	<i>50,0</i>
<i>Aquila</i>	<i>43,6</i>
<i>Magnesia</i>	<i>35,7</i>
<i>Natura</i>	<i>22,6</i>
<i>Dobrá voda</i>	<i>6,0</i>

Na minerální látky je nejbohatší Gemerka, která obsahuje několikanásobně vyšší hodnoty vápníku. Dobrá voda má naopak minerálních látek nejméně, vápníku obsahuje jen 6 mg/l.

Vápník v organismu by se mohl také doplňovat prostřednictvím výživových doplňků, ale tato problematika je tak obsáhlá, že by se tím mohla zabývat samostatná bakalářská práce.

## Závěr

Vápník je nejhojněji zastoupený kationt v lidském organismu. Je důležitý pro všechny věkové kategorie, kojence, děti, těhotné a kojící ženy, sportovce i seniory. V lidském těle se z 99 % vyskytuje v kostech a zubech a dodává jim tvrdost a mechanickou odolnost. Velký efekt má zbylé jedno procento. Nejenže bez vápníku bychom se nemohli pohybovat, ale také by bez vápenatých iontů při hemokoagulaci mohlo dojít k významné ztrátě krve či dokonce k vykrvácení s následkem smrti.  $\text{Ca}^{2+}$  také působí jako přenašeč informací. Vápník je důležitý vnitrobuněčný posel, který ovládá různé buněčné funkce.

Vápník v našem těle je pod soustavnou kontrolou tří hormonů, které řídí jeho rovnováhu a správné fungování celého organismu. Poruchy metabolismu vápníku, i když se mohou dít rozdílnými mechanismy, zasahují do metabolismu každé buňky. Existuje mnoho látek, které ovlivňují dostupnost a vstřebávání vápníku v organismu.

Nedostatek vápníku vede k řídnutí, měknutí a lomivosti kostí. To se projevuje vážnými nemocemi – osteoporózou, osteomalácií a křivicí u dětí. Tomu by se mělo předcházet. Proto by strava měla obsahovat látky, které jsou snadno využitelné a příznivě ovlivňují kostní metabolismus. Z tohoto důvodu se doporučuje konzumovat vyváženou a pestrou stravu s dostatkem mléčných výrobků a tekutiny doplňovat minerálními vodami se širokým spektrem minerálních látek.

## Seznam použité literatury

- Anamneza. 2017. Svaly. Available from [https://www.anamneza.cz/Svaly/lidske-telo/27#google\\_vignette](https://www.anamneza.cz/Svaly/lidske-telo/27#google_vignette) (accessed March 2022).
- Bagur R, Hajnoczky G. 2017. Intracellular Ca<sup>2+</sup> Sensing: Its Role in Calcium Homeostasis and Signaling. *Molecular cell*. **66**: 780-788.
- Barny's Premium Quality. 2021. Nejen pro pevné kosti v každém věku. Biopol GN s.r.o. Available from [https://www.barnys.cz/cs/smartblog/59\\_pro-pevne-kosti-v-kazdem-veku.html](https://www.barnys.cz/cs/smartblog/59_pro-pevne-kosti-v-kazdem-veku.html) (accessed March 2022).
- Blahoš J. 1995. Osteoporóza: Diagnostika a terapie v praxi. Galén, Praha.
- Broulík P. 1999. OSTEOPORÓZA. Osteoporóza, osteomalacie, osteodystrofie. MAXDORF s.r.o., Olomouc
- Broulík P. 2016. Význam suplementace kalcia a vitamínu D v léčbě osteoporózy. *Remedia* **26**
- Clapham D. 2007 Calcium Signaling. *Cell* **131**:1047-1058.
- Čermáková M, Štěpánová I. 2003. Klinická biochemie. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, Brno.
- Greger RF. 2000. Physiology and pathophysiology of calcium homeostasis. *Kardiol* **89**:S004-S008 DOI 10.1007/s003920070093
- Institut Galenus. 2020. Metabolismus vápníku. Institut Galenus. Available from <https://www.galenus.cz/clanky/biochemie/biochemie-regulace-metabolismus-vapniku> (accessed February 2022).
- Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione. 2003. Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria. Linee Guida per una Sana Alimentazione Italiana—Linea Guida n 5: Bevi Ogni Giorno Acqua in Abbondanza: Řím, Itálie, rev. (accessed December 2021)
- Jirounek P. 1996 O šíření signálů v živých organizmech. *Vesmír* **75**:303-357
- Kittnar O. et al. 2020. Lékařská fyziologie. Grada Publishing, a.s., Praha.
- Kocián J, Macourková M. 1998. Cvičení při odvápnění kostí. Triton, Praha.
- Kocián J. 1995. Osteoporóza a osteomalacie. Triton, Praha.

- Kodrik D. 2017. Fyziologické principy pohybu. Available from [http://rum.prf.jcu.cz/public/fyziologie\\_zivocichu/09-Prez-pohyb.pdf](http://rum.prf.jcu.cz/public/fyziologie_zivocichu/09-Prez-pohyb.pdf) (accessed February 2022)
- Kodrik D. 2019. Fyziologické principy pohybu. Available from [http://rum.prf.jcu.cz/public/fyziologie\\_zivocichu/09-Text-pohyb.pdf](http://rum.prf.jcu.cz/public/fyziologie_zivocichu/09-Text-pohyb.pdf) (accessed February 2022)
- Kolektiv Fyziologického ústavu 1. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy. 2001. Přehled fyziologie člověka 1. díl. Karolinum, Praha.
- Korejčková M. 2019. Zjistěte, co jíte. Available from <https://zjistetecojite.cz/vapnik-v-potravinach/> (accessed March 2022)
- Kožíšek F. 2001. Státní zdravotní ústav. Zdravotní význam tvrdosti pitné vody. Available from [orbis-pictus.cz/id32402/ve\(2da/pr\(2i\(1rodni\(1\\_ve\(2dy/chemie/Voda/Zdravotni\\_vyznam\\_tvrlosti\\_vody.htm](http://orbis-pictus.cz/id32402/ve(2da/pr(2i(1rodni(1_ve(2dy/chemie/Voda/Zdravotni_vyznam_tvrlosti_vody.htm) (accessed January 2022)
- Lincová D, Farghali H. 2002. Základní a aplikovaná farmakologie. Galén, Praha.
- Malečková R. 2020. Lékárna.cz Pears Health Cyber, s.r.o. Available from <https://www.lekarna.cz/clanek/vapnik/> (accessed March 2022).
- Mann J, Truswell AS, et al. Essentials of human nutrition. 2007. Oxford University Press, Oxford.
- Netinbag. Co je homeostáza vápníku? Available from <https://www.netinbag.com/cs/physiology/what-is-calcium-homeostasis.html> (accessed January 2022)
- Nexton AC. et al. 2016. Second Messengers. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology 8 (a005926) DOI 10.1101/cshperspect.a005926
- Nordin B E CH. 1997. Calcium and Osteoporosis. Nutrition., 13 DOI 10.1016/S0899-9007(97)83011-0
- Nutridatabaze.cz. 2020. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. Available from <https://www.nutridatabaze.cz/> (accessed January 2022).
- Pia A, Andersen HF. 1997. Vitamín a minerály pro zdravý život. Ferrosan, Praha.
- Poslepek R. 2018. Křivice (rachitida) – příznaky, příčiny a léčba. Available from <https://www.rehabilitace.info/zdravotni/krivice-rachitida-priznaky-priciny-a-lecba/> (accessed January 2022).
- Roediger-Streubel S. 1997. Minerální látky a stopové prvky. Ivo Železný, Praha.



- Roche s.r.o. 2014. Kostí a kostní tkáň. Available from <https://www.mojemedicina.cz/pruvodce-pacienta/diagnozy/osteoporoza/kosti-a-kostni-tkan.html> (accessed February 2022)
- Řádek L. 2022. Vitaminy bez cenzury. Available from Dostupné z: <https://www.vitaminybezczury.cz/vapnik> (accessed 2017-2022)
- Scharffenberg JA. 2006. Ještě proti osteoporóze. Prameny zdraví. Available from <https://www.magazinzdravi.cz/jeste-proti-osteoporoze> (accessed January 2022).
- Soustre Y. et al.: Questions sur le calcium laitier; CERIN Nr.9,7 – 2004
- Stranovská T, Boháčová V. 2015. Nejčastější otázky kolem tavených sýrů. Fórum zdravé výživy. Available from <http://www.fzv.cz/nejcastejsi-otazky-kolem-tavenych-syru/> (accessed March 2022).
- Vannucci L. et al. 2018. Calcium Intake in Bone Health: A Focus on Calcium-Rich Mineral Waters. Department of Surgery and Translational Medicine, University of Florence, Italy. Available from <https://www.mdpi.com/2072-6643/10/12/1930> (accessed December 2021)
- Vápník a potraviny. 2017. Biologický význam vápníku. Available from <http://www.prvky.com/vapnik-potraviny.html> (accessed January 2022)
- Vyskočil V. 2009. Osteoporóza a ostatní nejčastější metabolická onemocnění skeletu. Galén, Praha.
- Wawreczková, D. 2013. Fyziologie přenosu nervového vzruchu, jeho poruchy a patogeneze křečí. Fakulta veterinárního lékařství Veterinární univerzity Brno. Available from [https://www.vfu.cz/files/fyziologie-prenosu-nervoveho-vzruchu\\_tp.pdf](https://www.vfu.cz/files/fyziologie-prenosu-nervoveho-vzruchu_tp.pdf) (accessed March 2022)
- Wilhelm Z. 2007. Co je dobré vědět o vápníku. Solen, s.r.o., Olomouc.
- Zadák Z. 2006. Magnezium a další minerály, vitaminy a stopové prvky ve službách zdraví. Presstempus, Břeclav.

## Seznam použitých zkratek a symbolů

$\text{Ca}^{2+}$	kationt vápníku
%	procenta
mmol/l	milimol na litr
g	gram
mg	miligram
mg/l	miligram na litr
$\mu\text{m}$	mikrometr
kg	kilogram
l	litr
č.	číslo
PTH	parathormon
CT	kalcitonin
Na	sodík
$\text{HPO}_4^{2-}$	hydrogenfosforečnanový aniont
$\text{HCO}_3^-$	hydrogenuhlíčitanový aniont
$\text{CaHPO}_4$	hydrogenfosforečnan vápenatý
$\text{Mg}^{2+}$	kationt hořčíku
ATP	adenosintrifosfát
cca	přibližně
pH	vodíkový exponent, tato hodnota vyjadřuje kyselost či zásaditost roztoku