

Kalciofosfátový metabolismus

Kalciofosfátový metabolismus neboli hospodaření s vápníkem a fosforem je hormonálně regulováno parathormonem, kalcitoninem a vitaminem D.

Vápník

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Kalcium.*

Vápník (kalcium) patří k nejvýznamnějším extracelulárním iontům. Zprostředkovává účinek hormonů, humorálních látek, cytokinů a dalších mediátorů na metabolismus buňky. Kalcium vytváří strukturu kostí a zubů, podílí se na regulaci neuromuskulární činnosti, koagulaci, srdeční aktivity.^[1] V těle tvoří vápník okolo 1,5 % celkové tělesné hmotnosti, přičemž jej více jak 99 % zastoupen v kosti.^[2] Vápník je obsažen v mléce, v sýrech, vejcích a „tvrdé vodě“. Ve střevě se vstřebává z potravy potřebné množství vápníku a zbytek se vyloučí stolicí a močí.^[3]

Význam vápníku

Význam vápníku a fyziologické funkce vázané na přítomnost vápníku: anorganická složka kostí a zubů, faktor krevního srážení (faktor IV), tvorba kininů, regulace enzymů, uvolňování hormonů i jejich efekt, regulace excitace řady tkání, regulace uvolňování transmitterů, v kosterním svalu aktivuje troponin, tvorba tropomyosinu, čímž je aktivován aktin, v hladkém svalu aktivuje kontrakci vazbou na kalmodulin. Intracelulárně se vápník podílí na akčním potenciálu buňky, na kontrakci, na motilitě, na buněčném dělení, na strukturální integritě buňky, zvýšení glykolýzy. Pokles extracelulární koncentrace vápníku zvyšuje nervosvalovou dráždivost a tím také možnost vzniku tetanie.^[2]

Resorpce vápníku

Doporučená denní dávka je u dospělých okolo 1 g. Jeho resorpce se fyziologicky pohybuje okolo 25–40 %. Vápník je resorbován aktivně v duodenu a jejunu, pasivně v ileu a tlustém střevě. Resorpce vápníku probíhá současně s jeho sekrecí. Alkalické pH významně snižuje resorpci vápníku.^[2]

Na úrovni enterocytů dochází k resorpci vápníku dvěma způsoby:

1. **Transcelulárně** – Na straně přivrácené ke střevnímu lumen, se využívá specifické transportní bílkoviny calbindinu. Na straně bazolaterální membrány se pak vápník transportuje aktivně za přítomnosti energie proti koncentračnímu spádu do krve.
2. **Paracelulárně** – Vápník transportován ze střevního lumen jednak přímo, a jednak se transportuje vápník, který se dostává do paracelulárního prostoru uvolněním z lysozomu enterocytu.^[2]

Kalcemie

Koncentrace celkového vápníku v séru (kalcemie) je 2,25–2,75 mmol/l, ionizovaný vápník v séru 1,1–1,4 mmol/l.^[2]

Vápník je v krvi ve třech formách:

1. 50 % v ionizované formě (biologicky nejaktivnější, schopný difundovat přes biologické membrány, rozhodující pro neuromuskulární dráždění);
2. 40 % vázáno na bílkoviny (není volně difuzibilní);
3. 10–13 % ve formě komplexů (jako hydroxylidit, fosforečnan, citrát).^[2]

Alkalóza v krvi vede ke zvýšenému navazování vápníku na plazmatické bílkoviny, čímž se snižuje volný, ionizovaný vápník, ale celková koncentrace kalcia se nemění.^[2]

Vazba vápníku na bílkoviny závisí na pH krve – při vzestupu pH (alkalóze) se na bílkovinách uvolňuje více vazebných míst pro Ca^{2+} , a proto klesá ionizované Ca^{2+} . Proto například v důsledku hyperventilace dochází k tetanii.^[3] Hypoalbuminémie je spojena s poklesem vápníku, ale nejsou žádné příznaky hypokalcemie, protože ionizovaná forma je v normě.^[4]

S metabolismem vápníku je úzce spojen metabolismus fosfátů. Intravenózní podávání fosfátů snižuje koncentraci Ca^{2+} v séru, protože vzniká kalciumfosfát, který se ukládá v kostech. Naopak hypofosfatémie způsobuje hyperkalcemii uvolňováním Ca^{2+} z kostí.^[3]

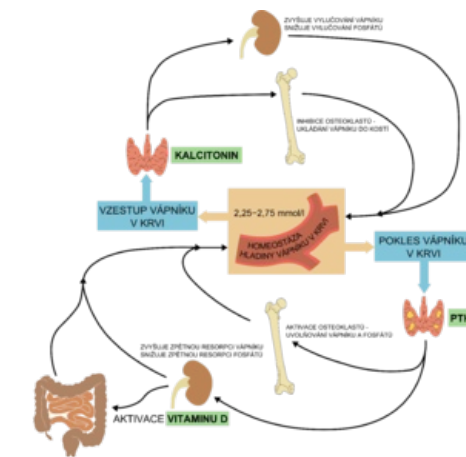
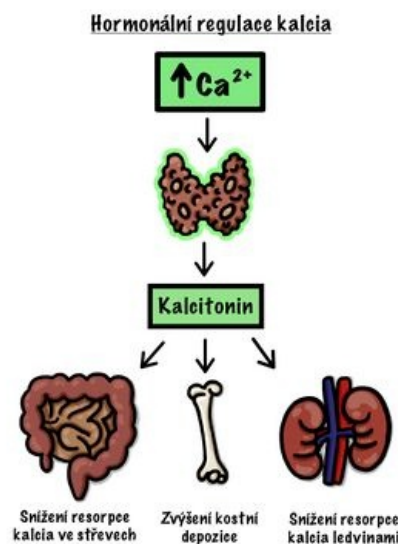


Schéma kalciofosfátového metabolismu



Hormonální up-regulace vápníku

Exkrece vápníku

Ledvinami filtrovatelný je pouze ionizovaný vápník. V oblasti proximálního kanálku probíhá zpětná resorpce jak transcelulárně (15–20 %, aktivně), tak paracelulárně (80–85 %, pasivně). Vzestupná část Henleovy kličky opět resorbuje vápník transcelulárně i paracelulárně.^[2]

Parathormon i kalcitriol (vit D) stimulují zpětnou resorpci transcelulární cestou v této oblasti nefronu. Parathormon snižuje výslednou koncentraci vápníku v moči a kalcitonin ji zvyšuje. V distální části nefronu se na zpětné resorpci vápníku podílí vedle parathormonu, kalcitoninu i kalcitriol.^[2]

Udržování homeostázy vápníku

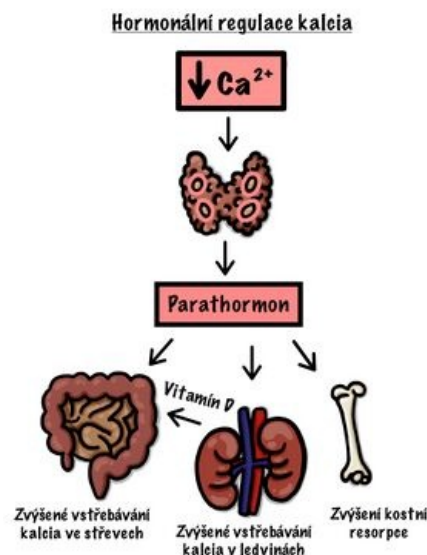
Homeostázu vápníku udržuje aktivita osteoklastů, které kost resorbují a zvyšují tak koncentraci vápníku v séru a současnou aktivitou osteoblastů, které se podílejí na novotvorbě kostní hmoty, a tím snižují koncentraci vápníku v séru. Mezi hormony, které udržují homeostázu vápníku, patří kalcitonin, parathormon a vitamin D za spoluúčasti střeva, ledvin a kostí. Pro udržování homeostázy vápníku je důležitá také pravidelná a přiměřená fyzická zátěž organismu, která zlepšuje resorpci vápníku ze střeva zvýšením prokrvení splanchnické oblasti a tvorbu a udržování kvality kostní hmoty. Vstup vápníku do buněk lze farmakologicky snížit blokátory vápníkového kanálu. Antagonistou vápníku je hořčík.^[2]

Fosfáty

 Podrobnější informace naleznete na stránce Fosfát.

Referenční meze:

- sérum 0,7–1,5 mmol/l,
- moč 15–90 mmol/l,
- 80 % fosfátů je uloženo v kostech a zubech.



Hormonální down-regulace vápníku

Regulace kalciofosfátového metabolismu

Kalciofosfátový metabolismus ovlivňuje parathormon, kalcitonin a vitamin D:

- parathormon (PTH) je peptidový hormon tvořený příštítnými tělísky; při hypokalcemii stoupá výdej PTH do krve;
- kalcitonin (tyreokalcitonin, CT) je peptidový hormon tvořený parafolikulárními (C-buňkami) štítné žlázy; koncentrace CT stoupá při hyperkalcemii;
- vitamin D (kalcitriol, 1,25-(OH)₂-cholecalciferol) je lipofilní hormon tvořený v kůži účinkem UV záření, dále přeměněn v játrech a dotvořen v ledvinách.^[3]

Vliv jednotlivých hormonů na kalcemii a fosfatemii:

- parathormon (PTH):
 - kost: uvolňuje vápník (Ca) + fosfor (P);
 - ledvina: zvyšuje zpětnou resorpci Ca, snižuje zpětnou resorpci P;
 - střevo – žádný přímý efekt (PTH zvyšuje v ledvinách tvorbu kalcitriolu a tak působí ve střevě nepřímo).
- kalcitonin
 - kost: zadržuje Ca + P;
 - ledvina: snižuje zpětnou resorpci Ca + P;
 - střevo – žádný přímý efekt (kalcitonin nejspíše snižuje tvorbu kalcitriolu v ledvinách).
- vitamin D (kalcitriol, 1,25-(OH)₂-cholecalciferol)
 - kost: udržuje transport Ca;
 - ledvina: usnadňuje zpětnou resorpci Ca²⁺^[5]
 - střevo: zvyšuje resorpci Ca + P.^[1]

Vliv jednotlivých hormonů na hladinu Ca²⁺ a fosfátů v krvi

	Parathormon	Kalcitonin	Vitamin D ^[3]
kost	aktivace osteoklastů, kalcemie a fosfatemie stoupá	inhibice osteoklastů, ukládání Ca ²⁺ do kostí	mineralizace skeletu; vysoké hladiny naopak odvápnují
ledviny	stimuluje resorpci Ca ²⁺ , tlumí resorpci fosfátů, stimuluje syntézu vitaminu D	zvyšuje vylučování Ca ²⁺ , zvyšuje vylučování fosfátů	zvyšuje reabsorpci Ca ²⁺ a fosfátů
střevo	stimuluje resorpci Ca ²⁺ a fosfátů	–	stimuluje resorpci Ca ²⁺ a fosfátů

Odkazy

Související články

- Poruchy kalciofosfátového metabolismu • Indikátory kostní přestavby, markery kostní resorpce
- Osteoporóza • Osteomalacie • Rachitida • Hypoparatyreóza

Reference

1. HAVRÁNEK, J.: *Dysbalance ostatních iontů*.
2. WILHELM, Z. Co je dobré vědět o vápník. *Praktické lékařství* [online]. 2007, roč. -, vol. 4, s. 184-189, dostupné také z <<http://solen.cz/pdfs/lek/2007/04/09.pdf>>.
3. SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka : 6. vydání, zcela přepracované a rozšířené*. 3. vydání. Praha : Grada, 2004. s. 290-293. ISBN 80-247-0630-X.
4. BENEŠ, Jiří. *Studijní materiály* [online]. ©2007. [cit. 2010]. <<http://jirben.wz.cz>>.
5. GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vydání. Praha : Galén, 2005. 890 s. s. 396. ISBN 80-7262-311-7.