

*Lidija Gradišnik, Danica Železnik,
Uroš Maver, Tomaž Velnar*

Pomen vitamina D za kakovostno staranje

POVZETEK

Pomanjkanje različnih vitaminov lahko povzroči različne vrste obolenj, pri katerih so bolezenski znaki značilno povezani z vlogo posameznega vitamina v delovanju telesa. Tudi vitamin D je vključen v patogenezo mnogih bolezni, njegovo pomanjkanje pa je kritično predvsem pri starejših ljudeh. K izboljšanju zdravja starejše populacije bi lahko pripomogli z nadomeščanjem vitamina D, z ustrežno motivacijo in ozaveščanjem glede vplivov njegovega pomanjkanja na nastanek osteoporoze, s promocijo zdravega življenjskega sloga in poudarjanjem aktivne starosti ter vseživljenjskega učenja.

Ključne besede: vitamin D, pomanjkanje vitamina D, dejavniki tveganja, staranje.

AVTORJI

Lidija Gradišnik je študentka socialne gerontologije na Almi Mater Europaea, zaposlena kot raziskovalka na Inštitutu za biomedicinske vede na Medicinski fakulteti v Mariboru. Njeno primarno področje raziskovanja so celične kulture, ljubiteljsko študira socialno gerontologijo. Sodeluje pri projektih, katerih cilj je zdrava in aktivna starost.

Danica Železnik je redna profesorica s področja zdravstvenih ved in gerontologije. Zaključila je specializacijo iz gerontologije in rehabilitacije na Deaconal University College, Lovisenberg v Oslu na Norveškem in doktorat s področja zdravstvenih ved na University of Oulu, Faculty of Medicine na Finskem. Karierno pot je pričela v UKC Maribor na ortopedskem oddelku, kjer je delovala več kakor dvajset let. Kot prodekanica za izobraževanje je delovala na Univerzi v Mariboru, od leta 2009 pa opravlja funkcijo dekanice na Fakulteti za zdravstvene in socialne vede Slovenj Gradec.

Uroš Maver je farmacevt, raziskovalec in predavatelj na Medicinski fakulteti v Mariboru, kjer vodi Inštitut za biomedicinske vede. Med primarne raziskovalne usmeritve sodijo interdisciplinarne raziskave s fokusom na izboljšanje kvalitete življenja različnih bolnikov. S področjem vpliva pomanjkanja vitamina D na zdravje se ukvarja že nekaj časa.

Tomaž Velnar je zaposlen kot zdravnik v UKC Ljubljana, aktiven pa je tudi na raziskovalnem področju. Raziskovalno redno sodeluje z ostalimi avtorji, skupaj pa so začeli z multicentrično raziskavo o pomanjkanju vitamina D med starejšimi ljudmi.

ABSTRACT

Importance of vitamin D for quality ageing

Deficiency of various vitamins may cause different types of illnesses where the signs of the disease are characterized by the lack of a particular vitamin. Vitamin D is an important vitamin, involved in the pathogenesis of many diseases. Its deficiency is critical especially for older people. In order to improve the health of the elderly, vitamin D supplements, proper motivation and awareness of vitamin D and osteoporosis deficiency can be promoted by encouraging a healthy lifestyle and emphasizing active ageing and lifelong learning.

Keywords: vitamin D, vitamin D deficiency, risk factors, aging.

AUTHORS

Lidija Gradišnik is a student of social gerontology at the Alma Mater Europea and employed as a researcher at the Institute of Biomedical Sciences at the Faculty of Medicine – University of Maribor. Her primary field of research are cell cultures; additionally, she studies social gerontology. She is involved in healthy and active ageing projects.

Danica Železnik is a professor of health sciences and gerontology. She made specialization in gerontology and rehabilitation at Deaconal University College, Lovisenberg in Oslo, Norway and got her PhD degree in health sciences at University of Oulu, Faculty of Medicine in Finland. She has worked at UKC Maribor, department of orthopaedics for two decades. Since 2009 she has been working as a dean of the Faculty of Health and Social Sciences in Slovenj Gradec.

Uraš Maver is a pharmacist, researcher and lecturer at the Faculty of Medicine in Maribor, where currently is a head of the Institute of Biomedical Sciences. His primary research field is multi-disciplinary approach, focused on improvement of life of patients and impact of deficiency of vitamin D on health.

Tomaž Velnar is employed as medical doctor at the UKC Ljubljana, but is also very active on research field, cooperating with other researchers; together they initiated a multicentric research on deficiency of vitamin D among older people.

1 UVOD

Pomanjkanje vitamina D je v zadnjih letih postalo zelo pomemben problem, ki pa se ga kljub temu še ne zavedamo dovolj. Vitamin D je vključen v patogenezo številnih bolezenskih procesov in je pomemben za normalno delovanje organizma v vseh starostnih obdobjih. Kljub dostopnosti literature v zvezi s priporočili za vnos vitamina D in problematiki pomanjkanja pri starejših, še vedno ni dovolj dostopnih podatkov na širši ravni, ki bi omogočili primerno postavitev strategij za vnos ustrezne količine vitamina D. Po grobih ocenah naj bi približno milijardi ljudi po svetu primanjkovalo vitamina D. Njegovemu pomanjkanju so

lahko izpostavljene vse starostne skupine (Holick, 2007). Pomanjkanje je kritično predvsem pri starejših ljudeh. Natančnega zbiranja podatkov o vsebnosti in pomanjkanju vitamina D pri ljudeh v različnih življenjskih obdobjih še nimamo. Pri tem se je pomembno tudi zavedati, da so priporočila in zahteve za vnos v preventivi in kurativi zelo različne. Zaradi izjemnega pomena za zdravje dodajajo vitamin D preventivno v prehrano dojenčkov in ponekod tudi nosečnic, še vedno pa pomanjkanje zadeva predvsem starejšo populacijo, saj ga pri tej starostni skupini ne odpravljamo tako aktivno kot na primer pri dojenčkih (Shlisky in sod., 2017; Artaza in sod., 2009).

Vitamin D v večji meri nastaja v koži, v manjši meri pa ga vnesemo s hrano, v kateri pa je prisoten le v majhnih količinah, zato je njegov ustrezen vnos s hrano težko zagotoviti. To je še posebej velik problem za tiste skupine ljudi, ki se soncu ne izpostavljajo dovolj. EFSA (*angl.* European Food Safety Agency) je nedavno objavila poročilo, v katerem povezuje pomanjkanje vitamina D z mnogo več bolezenskimi stanji, kakor je veljalo v preteklosti. Tako so dokazali povezavo med pomanjkanjem vitamina D in nekaterimi znanimi oblikami raka, multiple skleroze, sladkorne bolezni, nekaterimi avtoimunskimi boleznimi, hipertenzijo in infekcijskimi boleznimi (Artaza in sod., 2009).

2 ODKRITJE VITAMINA D

Ime *vitamin* je prvi uporabil poljski biokemik Casimir Funk leta 1911. Najprej so znanstveniki mislili, da gre za amine, ker so te substance vsebovale amino-skupino. Ker pa so življenjsko pomembne, so dobile ime iz skovanke dveh besed (*vita* – življenje in *amini* – dušikova substanca, ki je nujna za delovanje organizma). Leta 1912 je bilo ime sprejeto v znanstvenih krogih (Semba, 2012). Preden je bila znana kemijska struktura vitaminov, je njihovo označevanje potekalo z velikimi črkami. Poimenovanje vitaminov s črkami je še danes zelo razširjeno: A, B, C, D, E, K (Harrison, Curley, 2016).

Ko so iskali zdravilo proti rahitisu, so leta 1913 raziskovalci odkrili pomožne hranilne substance – vitamine, topne v maščobah. Sprva so predvidevali, da gre za eno obliko vitamina, nato pa so izolirali dve substanci. Eno so poimenovali vitamin A, drugo, ki je preprečevala nastanek rahitisa, pa vitamin D (Rosenfeld, 1997). Zaradi pozitivnega učinka na rahitis so ga imenovali tudi antirahitični vitamin. Dokazano je bilo, da vnos tega vitamina s hrano in z izpostavljanjem soncu omogoča preprečevanje in zdravljenje te bolezni (Eggersdorfer idr., 2012).

Vitamin D (kalciferol) je lipotopni vitamin (Holick, 2007). Skupina vitaminov D zajema sedem različic ali izomer. Te imajo podobno kemijsko strukturo, med seboj se razlikujejo le v strukturi stranske verige. V terapevtske namene in pri kliničnem določanju količine vitamina D v krvni plazmi uporabljamo le dve obliki

tega vitamina, ki sta tudi najbolj učinkoviti. To sta vitamin D3 (holekalciferol) in vitamin D2 (ergokalciferol).

Vitamin D je po načinu delovanja in strukturi predstopnja steroidnih hormonov. Večinoma se sintetizira v koži pod vplivom sončne svetlobe – ultravijoličnih žarkov (vitamin D3), majhen delež pa ga dobimo s hrano ali prehranskimi dodatki (vitamin D3 in D2). Iz 7-dehidroholesterola, ki je živalskega izvora in je provitamin za vitamin D3, nastane najprej previtamin D3, ki se nato v kožnih celicah takoj pretvori v vitamin D3. Vitamin D2 pridobivajo z ultravijoličnim sevanjem iz ergosterola. Ta je rastlinskega izvora, pridobivajo ga iz gliv in je provitamin za vitamin D2 (Holick, 2007; Norval, Björn, de Gruijl, 2010; Resmini, Tarantino, Iolascon, 2013).

3 KLINIČNI POMEN VITAMINA D

Z laboratorijskimi testi v klinični medicini navadno določamo vrednosti 25-hidroksivitamina D v plazmi (Zaplени idr., 2007). Čeprav ta koncentracija ne predstavlja koncentracije vitamina D, ki je shranjena v tkivih, je ta oblika najbolj primeren kazalec celotne vsebnosti vitamina D v telesu, ki ga dobimo s hrano, prehranskimi dopolnili ali ki nastane pri sončenju (NIH, 2009; Zapleni idr., 2007). Idealne koncentracije vitamina D v plazmi niso natančno določene, vendar so na osnovi velikih študij oblikovali priporočila za vnos vitamina D in določili klinične referenčne vrednosti (NIH, 2009).

Koncentracijo vitamina D v plazemskem vzorcu vrednotimo po vrednostnih kriterijih in preiskovance uvrstimo v skupine ogroženosti glede na vsebnost tega vitamina (NIH, 2009). Tako vrednosti pod 12 ng/ml kažejo na hudo pomanjkanje, ki vodi pri otrocih v nastanek rahitisa, pri odraslih pa v osteoporozo. Vrednosti med 12 in 20 ng/ml pomenijo pomanjkanje vitamina D. To je nezadostna količina za vzdrževanje splošnega zdravja in zdravja kosti. Priporočene vrednosti za zdrave ljudi se gibajo med 20 in 50 ng/ml. Vrednosti nad 50 ng/ml kažejo na previsoko koncentracijo, ki je lahko povezana s škodljivimi učinki, nad 60 ng/ml pa je koncentracija vitamina D v plazmi potencialno toksična (NIH, 2009).

4 VLOGA VITAMINA D V OBDOBJU STARANJA

Vitamin D sodeluje pri številnih fizioloških in patofizioloških procesih v organizmu. Na molekularnem nivoju sodeluje pri rasti celic, pri vnetnih procesih, vlogo ima pri nastanku avtoimunskih bolezni, pomemben je v bioloških dogajanjih, ki zajemajo nevro-mišične funkcije in mišično-skeletni sistem (Holick, 2007; Wintermeyer in sod., 2016). Na makroskopskem nivoju se njegovo pomanjkanje kaže kot različne bolezni, ki so posledica motenega delovanja organskih sistemov.

To so osteoporoza, sarkopenija, mišična in skeletna obolenja, okužbe, kardiovascularna obolenja, metabolni sindrom ...

Nastanek teh bolezni je tudi v starosti ob pomanjkanju vitamina D bolj verjeten, njihov potek pa težji. Prav zato je problem pomanjkanja vitamina D še posebej zaskrbljujoč med starejšimi ljudmi (Hayes in sod., 2016). Glavni vzroki so lahko neustrezna prehrana, nezadostna izpostavljenost sončni svetlobi ali oboje skupaj (Wyskida in sod., 2017). Tudi določena bolezenska stanja lahko vplivajo na pomanjkanje vitamina D (Keller in sod., 2017; Watanabe in sod., 2013). Ocenjujejo, da kar 90 % odraslih v starostnem obdobju med 50 in 80 let samo s hrano ne dobi dovolj vitamina D. Pomanjkanje vitamina D je zato pri starejših ljudeh pomembno pri nastanku številnih bolezni in je povezano z različnimi dejavniki tveganja za poslabšanje zdravstvenega stanja. Ti vključujejo spol, prehranske navade, upad kostne gostote, izpostavljenost sončenju, pomanjkanje gibanja (Watanabe in sod., 2013).

Znano je, da lahko vitamin D pomaga pri preprečevanju različnih bolezenskih stanj. Tako zadostne količine vitamina D preprečujejo nastanek osteoporoze in osteopenije. Manj je virusnih obolenj; z dvigom plazemske koncentracije vitamina D za 4 ng/ml je za 7 % zmanjšana verjetnost obolevnosti zaradi gripe. Z uživanjem zadostnih količin vitamina D je tudi manj astmatičnih napadov ali obstruktivne pljučne bolezni (Berry, Hesketh, Power, Hypponen, 2011; Shahen idr. 2011). Nizka koncentracija vitamina D pri starejših kar za 55 % poveča tveganje za nastanek okužbe dihal, obolevnost za Alzheimerjevo boleznijo in različnimi vrstami demence (Afzal, Bojesen, Nordestgaard, 2014). V pomenopavzalnem obdobju je za ženske z višjimi koncentracijami vitamina D 12 % manj tveganja, da bodo zbolele za rakom dojke (Bauer, Hankinson, Bertone-Johnson, Ding, 2013). Dvig plazemske koncentracije vitamina D zmanjša možnost za nastanek povišanega krvnega tlaka, metabolnega sindroma, sladkorne bolezni, multiple skleroze in psihiatričnih obolenj (Kunutsor, Burgess, Munroe, Khan, 2014). Pojavnost depresivnih simptomov pri starejši populaciji se giba do 40 %. Dokazano je, da je eden izmed vzrokov za nastanek depresije in kognitivnega upada lahko tudi pomanjkanje vitamina D, ki je bistven za normalno funkcioniranje kolesja mentalnega in psihofizičnega mehanizma (Jovanova in sod. 2017).

5 POMEN VITAMINA D ZA MIŠIČNO-SKELETNI SISTEM

Epidemiološke raziskave kažejo, da je pomanjkanje vitamina D povezano s številnimi težavami pri starejših. Klinično pa se pomanjkanje vitamina D najpogosteje kaže kot bolezen kosti zaradi demineralizacije. Lahko se pojavijo bolečine v kosteh in sklepih, oslabeledost mišic, mišični krči ali zlomi že ob delovanju majhne sile na kosti, ker so te preveč krhke in lomljive. Podporno zdravljenje z dodatki vitamina D te težave lahko zmanjša (Artaza idr., 2009; Žofková, 2016).

S pomanjkanjem vitamina D najpogosteje povezujemo nastanek osteoporoze. To je metabolna kostna bolezen, ki je zaradi svoje visoke smrtnosti in obolevnosti eden od pomembnih javnozdravstvenih problemov. Zanj je značilno zmanjšanje kostne jakosti in mase kosti ter porušena sestava kostnega tkiva do te mere, da kost postane lomljiva in krhka. Od normalne kosti se osteoporotična kost razlikuje po sestavi in vsebnosti kostnih mineralov. Kostne trabekule se tanjšajo in izginjajo, zato je za zlom potrebna majhna zunanja sila (Bouxsein, Karasik, 2006). Pomembna prednost kostnine je sposobnost samoobnavljanja, tako da lahko bolje prenaša mehanične obremenitve. Pri osteoporozi je ta sposobnost samoobnavljanja zmanjšana, slabša pa je tudi kvaliteta kostnine, kar se odraža v njeni krhkosti in patološki lomljivosti (Holick, 2007; Velnar, Bunc, Gradišnik, 2015). V raziskavah so pokazali, da ima več kot 50 % žensk, ki se zdravi zaradi osteoporoze, neustrezno količino vitamina D, zato je dodajanje vitamina D pri ljudeh z izgubo kostne mase ključnega pomena za optimalno okrevanje (Holick, 2007).

Osteoporotični zlomi so trikrat pogostejši pri ženskah, pogosteje pa se pojavljajo po 50. letu starosti. Najpogosteje pride do sesedanja ali kompresijskih zlomov vretenc, stegneničnega vratu, zlomov koželjnice v zapestju in zgornjega dela nadlahtnice (Benhamou, 2007; Rincon-Kohli, Zysset, 2008). Tako je na primer smrtnost, povezana z zlomi kolka, v prvem letu po poškodbi od 13 % do 30 %, po enem letu pa se preživetje izenači z ostalo populacijo za isto starostno skupino. Zlomi stegneničnega vratu in kosti trohanternega predela so namreč eni najpogostejših zlomov in zavzemajo skoraj polovico vseh zlomov stegenice pri starejših (Annweiler, Beuchet, 2015).

Pomanjkanje vitamina D je tudi znan dejavnik tveganja za pridružene zdravstvene težave ter predvsem padce in poškodbe pri starejših ljudeh (Jovanova idr., 2017; Watanabe, Okazaki, 2013). Opisana je bila tudi večja nagnjenost k padcem in poškodbam pri ljudeh s pomanjkanjem vitamina D. Klinične raziskave so tako pokazale, da vsakodnevno uživanje 20 µg (kar ustreza 800 IE) vitamina D, in lahko tudi kalcija, učinkovito zmanjša tveganje padcev in zlomov. Pokazali so tudi, da 10 µg (400 IE) vitamina D dnevno ali parenteralni odmerki (100000 IE) trikrat letno zmanjšajo tveganje za nastanek zlomov pri starejših od 65 let, ki živijo doma (Katrinaki idr., 2016).

6 DEJAVNIKI TVEGANJA, POVEZANI S POMANJKANJEM VITAMINA D PRI STAREJŠIH

Dejavniki tveganja, povezani s pomanjkanjem vitamina D, so številni predvsem pri starejših ljudeh (Seals idr., 2016). Z naraščajočo starostjo je izpostavljenost sončenju navadno omejena zaradi sprememb v življenjskem slogu, kot so zmanjšane dejavnosti na prostem in zmanjšana zmožnost gibanja. S tem so ljudje

manj izpostavljeni sončni svetlobi, ki je potrebna za sintezo vitamina. Gibanje povzroča stalno obremenjevanje mišično-skeletnega sistema, kar krepi mišice in stalno pregrajuje kostne strukture, ohranja spretnosti in ravnotežje ter zmanjšuje verjetnost za padce (Velnar idr., 2015).

V koži s starostjo upada potencial za sintezo vitamina D zaradi atrofičnih sprememb in manjše vsebnosti vitaminskega prekursorja. Te spremembe v presnovi vitamina D so sicer prisotne pri starejših na splošno, postanejo pa bolj izrazite pri tistih, ki imajo povečano tveganje za pomanjkanje vitamina D, še posebej v zimskih mesecih in ki večino časa preživijo v zaprtih prostorih.

Številni starejši ljudje se zdravijo zaradi ledvičnih bolezni, kar zmanjša ledvično produkcijo vitamina D (Jankowska idr., 2017). Pomemben dejavnik je tudi prehrana, ki lahko postane manj raznolika, z nižjo vsebnostjo naravnega vitamina D. Vse to lahko privede do hudih posledic, ki se kažejo na delovanju vseh organskih sistemov (Holick, 2007).

7 IZGLEDI ZA PRIHODNOST

Kakovostno življenje v starosti omogočata – poleg socialne vključenosti – tudi ustrezna prehrana in primerna telesna aktivnost. Svetovna zdravstvena organizacija je v strategiji za enega izmed ciljev postavila tudi prizadevanje za zdravo staranje. Cilj je povečanje deleža starejših, ki so sposobni ostati čim dlje samostojni in živeti v domačem okolju, ter povečati delež starejših, ki imajo dejavno družbeno vlogo in uživajo poln zdravstveni potencial (Maurice, 2016; WHO, 2004).

Poleg aktivnosti posameznika, ki je pri tem glavno gonilo, lahko na tem področju pomaga tudi družba z vzdrževanjem zdravja, preventivnim delovanjem in preprečevanjem razvoja bolezni v vseh življenjskih obdobjih (Maurice, 2016). Eno od rešitev za prihodnost vidimo tudi v bolj intenzivnem vključevanju socialnih gerontologov v to problematiko in tesnejše povezovanje z zdravstvenim sistemom na primarnem in sekundarnem nivoju zdravstvenega varstva, kar bi izboljšalo oskrbo starejših ljudi. Socialni gerontologi lahko na tem področju s poznavanjem in razumevanjem problematike starejšega prebivalstva pomagajo k izboljšanju življenjskega sloga, psihofizične kondicije in sodelujejo pri spodbujanju zdrave in kakovostne starosti (Schmidt in sod., 2016).

LITERATURA

- Afzal S, Bojesen SE, Nordestgaard BG. Reduced 25-hydroxyvitamin D and risk of Alzheimer's disease and vascular dementia. *Alzheimers Dement.* 2014;10(3):296-302.
- Annweiler C, Beauchet O. Questioning vitamin D status of elderly fallers and nonfallers: a meta-analysis to address a 'forgotten step'. *J Intern Med.* 2015;277(1):16-44.
- Artaza JN, Mehrotra R, Norris KC. Vitamin D and the Cardiovascular System. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology.* 2009;4(9):1515-22.
- Bauer SR, Hankinson SE, Bertone-Johnson ER, Ding EL. Plasma vitamin D levels, menopause, and risk of breast cancer: dose-response meta-analysis of prospective studies. *Medicine (Baltimore).* 2013;92(3):123-31.

- Benhamou CL. Effects of osteoporosis medications on bone quality. *Joint Bone Spine*. 2007;74(1):39-47.
- Berry DJ, Hesketh K, Power C, Hyppönen E. Vitamin D status has a linear association with seasonal infections and lung function in British adults. *Br J Nutr*. 2011;106(9):1433-40.
- Bouxsein ML, Karasik D. Bone geometry and skeletal fragility. *Curr Osteoporos Rep*. 2006;4(2):49-56.
- Eggersdorfer M, Laudert D, Létinois U, McClymont T, Medlock J, Netscher T, Bonrath W. One hundred years of vitamins-a success story of the natural sciences. *Angew Chem Int Ed Engl*. 2012;51(52):12960-90.
- Harrison EH, Curley RW Jr. Carotenoids and Retinoids: Nomenclature, Chemistry, and Analysis. *Subcell Biochem*. 2016;81:1-19.
- Hayes A, Cashman KD. Food-based solutions for vitamin D deficiency: putting policy into practice and the key role for research. *Proc Nutr Soc*. 2016;1-10.
- Holick MF. Vitamin D deficiency. *N Engl J Med*. 2007;357(3):266-81.
- Jankowska M, Rutkowski B, Dębska-Ślizień A. Vitamins and microelement bioavailability in different stages of chronic kidney disease. *Nutrients*. 2017;9(3):e282. Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Jankowska+M%2C+Rutkowski+B%2C+D%C4%99bska-%C5%9Alizie%C5%84+A.+Vitamins+and+Microelement+Bioavailability+in+Different+Stages+of+Chronic+Kidney+Disease> (18. 4. 2017).
- Jovanova O, Aarts N, Noordam R, Carola-Zillikens M, Hofman A, Tiemeier H. Vitamin D serum levels are cross-sectionally but not prospectively associated with late-life depression. *Acta Psychiatr Scand*. 2017;135(3):185-94.
- Katrinaki M, Kampa M, Margioris A, Castanas E, Malliaraki N. Vitamin D levels in a large Mediterranean cohort: reconsidering normal cut-off values. *Hormones (Athens)*. 2016;15(2):205-23.
- Keller HH, Carrier N, Slaughter S, Lengyel C, Steele CM, Duizer L, Brown KS, Chaudhury H, Yoon MN, Duncan AM, Boscart VM, Heckman G, Villalon L. Making the most of mealtimes (M3): protocol of a multi-centre cross-sectional study of food intake and its determinants in older adults living in long term care homes. *BMC Geriatr*. 2017;17(1):15.
- Kunutsor SK, Burgess S, Munroe PB, Khan H. Vitamin D and high blood pressure: causal association or epiphenomenon? *Eur J Epidemiol*. 2014;29(1):1-14.
- Maurice J. WHO puts healthy ageing on the front burner. *Lancet*. 2016 Jan 9;387(10014):109-10.
- NIH- National institutes of health. Vitamin D fact sheet for health professionals, 2009. Dostopno na: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/> (3. 5. 2017).
- Norval M, Björn LO, de Grujil FR. Is the action spectrum for the UV-induced production of previtamin D3 in human skin correct? *Photochem Photobiol Sci*. 2010;9(1):11-7.
- Resmini G, Tarantino U, Iolascon G. Vitamin D: role and opportunity to prescribe. *Aging Clin Exp Res*. 2013;25(1):125-7.
- Rincon-Kohli L, Zysset PK. Multi-axial mechanical properties of human trabecular bone. *Biomech Model Mechanobiol*. 2009;8(3):195-208.
- Rosenfeld L. Vitamine-vitamin. The early years of discovery. *Clin Chem*. 1997;43(4):680-5.
- Seals DR, Justice JN, LaRocca TJ. Physiological geroscience: targeting function to increase healthspan and achieve optimal longevity. *J Physiol*. 2016;594(8):2001-24.
- Semba RD. The discovery of the vitamins. *Int J Vitam Nutr Res*. 2012;82(5):310-5.
- Schmidt L, Rempel G, Murray TC, McHugh TL, Vallance JK. Exploring beliefs around physical activity among older adults in rural Canada. *Int J Qual Stud Health Well-being*. 2016;11(1):32914. Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28169777> (19. 4. 2017).
- Shaheen SO, Jameson KA, Robinson SM, Boucher BJ, Syddall HE, Sayer AA, Cooper C, Holloway JW, Dennison EM. Relationship of vitamin D status to adult lung function and COPD. *Thorax*. 2011;66(8):692-8.
- Shlisky J, Bloom DE, Beaudreault AR, Tucker KL, Keller HH, Freund-Levi Y, Fielding RA, Cheng FW, Jensen GL, Wu D, Meydani SN. Nutritional Considerations for Healthy Aging and Reduction in Age-Related Chronic Disease. *Adv Nutr*. 2017;8(1):17-26.
- Velmar T, Bunc G, Gradišnik L. Fractures and Biomechanical Characteristics of the Bone. *Surgical Science*. 2015;6(6):255-63.
- Zapleni J, Rucker BR, McCormic BD, Suttie WJ. *Handbook of vitamins*. Florida: Taylor&Francis; 2007.
- Žofková I. Hypercalcemia. Pathophysiological aspects. *Physiol Res*. 2016;65(1):1-10.

- Watanabe R, Okazaki R. Secondary osteoporosis or secondary contributors to bone loss in fracture. Vitamin D deficiency and fracture. *Clin Calcium*. 2013;23(9):1313-9.
- WHO. World Health Organization launches new initiative to address the health needs of a rapidly ageing population. *Cent Eur J Public Health*. 2004 Dec;12(4):210,216.
- Wintermeyer E, Ihle C, Ehnert S, Stöckle U, Ochs G, de Zwart P, Fleisch I, Bahrs C, Nussler AK. Crucial Role of Vitamin D in the Musculoskeletal System. *Nutrients*. 2016;8(6):e391. Dostopno na: [\(https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Wintermeyer+E%2C+Ihle+C%2C+Ehnert+S%2C+St%C3%B6ckle+U%2C+Ochs+G%2C+de+Zwart+P%2C+Fleisch+I%2C+Bahrs+C%2C+Nussler+AK.+Crucial+Role+of+Vitamin+D+in+the+Musculoskeletal+System.+Nutrients.+2016%3B8\(6\)\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Wintermeyer+E%2C+Ihle+C%2C+Ehnert+S%2C+St%C3%B6ckle+U%2C+Ochs+G%2C+de+Zwart+P%2C+Fleisch+I%2C+Bahrs+C%2C+Nussler+AK.+Crucial+Role+of+Vitamin+D+in+the+Musculoskeletal+System.+Nutrients.+2016%3B8(6)) (3. 1. 2017).
- Wyskida M, Wiczorowska-Tobis K, Chudek J. Prevalence and factors promoting the occurrence of vitamin D deficiency in the elderly. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. 2017;71(0):198-204.

Naslovi avtorjev:

Lidija Gradišnik, Inštitut za biomedicinske vede, Medicinska fakulteta Maribor, Taborska 8, 2000 Maribor in AMEU-ECM, Slovenska 17, 2000 Maribor.

E-naslov: lidija.gradisnik@um.si

Danica Železnik, Fakulteta za zdravstvene in socialne vede Slovenj Gradec, Glavni trg 1, 2380 Slovenj Gradec.

E-naslov: danica.zeleznik@gmail.com

Uroš Maver, Inštitut za biomedicinske vede, Medicinska fakulteta Maribor, Taborska 8, 2000 Maribor.

E-naslov: uros.maver@um.si

Tomaž Velnar, Klinični oddelek za nevrokirurgijo, UKC Ljubljana, Zaloška 7, 1000 Ljubljana.

E-naslov: tvelnar@hotmail.com