

Review

TJELESNA AKTIVNOST U PREVENCIJI OSTEOPOROZE

Tina DUŠEK¹, Darko KAŠTELAN¹ i Marko PEĆINA²

*Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Klinika za unutarnje bolesti, Zavod za endokrinologiju, KBC Zagreb¹,
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti², Zagreb, Hrvatska*

Primljeno u lipnju 2012.

Prihvaćeno u kolovožu 2012.

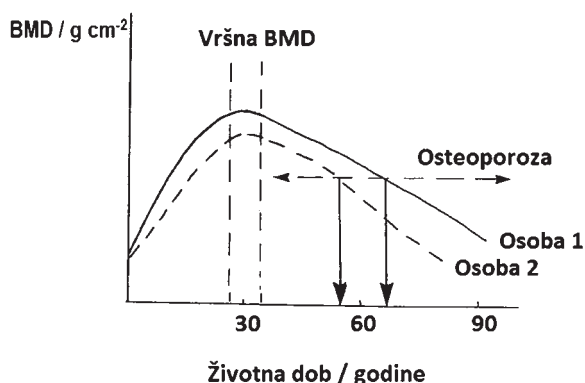
Na gustoću kosti utječu dob, spol, hormonske promjene, genetski i okolišni faktori. Najvažniji okolišni faktori su: unos kalcija i vitamina D, zatim izloženost suncu, pušenje i tjelesna aktivnost. Tijekom djetinjstva i adolescencije povećava se koštana masa, a odrasloj i starijoj dobi dolazi do njezinog postupnog fiziološkog smanjenja. Najznačajnije mjere u prevenciji osteoporoze su postizanje što veće vršne koštane mase u mladosti i njezino očuvanje tijekom života. Tjelesnom aktivnosti povećava se koštana masa, a s njom i snaga i gibljivost mišića što smanjuje rizik od padova i prijeloma. Utjecaj tjelesne aktivnosti na povećanje koštane mase ovisan je o dobi i najintenzivniji je u periodu rasta. Da bi mehanički podražaj povećao koštanu masu, potrebno je da bude naizmjeničan i intenzivan te da istovremeno postoji adekvatan unos kalcija i kalorija u organizam. Djeca koja su fizički aktivnija i koja se rekreativno bave određenim sportovima imaju veću koštanu masu u odnosu na ostale vršnjake. Sportovi u kojima se skače, opire o podlogu ili podiže teret poput gimnastike, trčanja i dizanja utega značajnije povećavaju koštanu masu. Brojna istraživanja na vrhunskim sportašima pokazala su da sportaši imaju značajno veću mineralnu gustoću kosti u odnosu na nesportaše. Nakon 40. godine života koštana se masa prosječno smanjuje za oko 0,5 % do 1,5 % godišnje. Gubitak koštane mase javlja se brže ako nema nikakvog mehaničkog opterećenja na kost. Brojne studije pokazuju povoljan učinak tjelesne aktivnosti na smanjenje gubitka mineralne gustoće kosti u odrasloj dobi. Osim održavanja mineralne gustoće kosti, tjelesna aktivnost u starijoj životnoj dobi ima dodatnu važnost jer povećava mišićnu snagu i ravnotežu. Preporuke za provođenje tjelesne aktivnosti odnose se na sve dobne skupine i nemaju dobní limit. Uz to je važno osobama starije životne dobi savjetovati vježbe koordinacije i ravnoteže kao važnih mjera u prevenciji padova.

KLJUČNE RIJEČI: *koštana pregradnja, mineralna gustoća kosti, prijelom, vježbanje, vršna koštana masa*

Osteoporoza je karakterizirana smanjenjem koštane gustoće i promijenjenom arhitekturom kosti koja dovodi do smanjenja biomehaničkih svojstava kosti te posljedičnih prijeloma i deformiteta. Prijelomi kralješaka i kuka česta su komplikacija osteoporoze i predstavljaju veliki javnozdravstveni problem jer dovode do nepokretnosti, smanjenja kvalitete života i povećavaju mortalitet (1, 2). Prema podacima Hrvatskoga zavoda za javno zdravstvo i Centra za gerontologiju Zavoda za javno zdravstvo „Dr. A. Štampar“ u Hrvatskoj je u 2010. godini 5979 pacijenata

bilo hospitalizirano zbog prijeloma bedrene kosti, od kojih je 80 % bilo starije od 65 godina. Dijagnoza osteoporoze postavlja se mjerenjem mineralne gustoće kosti (BMD, engl. *bone mineral density*) metodom dvoenergetske apsorpcimetrije X-zraka (DXA). BMD označava količinu minerala na jediničnoj površini kosti i danas predstavlja najbolji predskazatelj rizika od prijeloma kosti (3, 4). Na BMD utječu dob, spol, hormonske promjene, genetski i okolišni faktori. Najznačajniji okolišni faktori su: unos kalcija i vitamina D, zatim izloženost suncu, pušenje i tjelesna

aktivnost (5, 6). Obolijevanje i smrtnost od osteoporotičnih prijeloma smanjuje se preventivnim i kurativnim mjerama usmjerenim na povećanje koštane mase i mineralne gustoće kosti. Koštana masa se povećava tijekom djetinjstva i adolescencije. Njene vršne vrijednosti dosežu se u kasnim dvadesetim godinama, a u odrasloj i starijoj dobi fiziološki dolazi do postupnog smanjenja koštane mase (7, 8). Iz slike 1 je vidljivo da će osoba koja je u mladosti dosegla veću vršnu koštanu masu osteoporozi dobiti kasnije nego osoba čiji je postupni fiziološki gubitak koštane mase započeo od nižih vršnih vrijednosti (9). Stoga su najznačajnije mjere u prevenciji osteoporoze postizanje što veće vršne koštane mase u mladosti i njezino očuvanje tijekom života. Tjelesnom aktivnosti povećava se koštana masa, a uz to i snaga i gibljivost mišića što smanjuje rizik od padova. Prestanak pušenja i adekvatna prehrana s dovoljnim unosom kalorija, kalcija i vitamina D također su važne mjere za povećanje i održavanje mineralne gustoće kosti.



Slika 1 Krivulja mineralne gustoće kosti u odnosu na životnu dob. Osoba 2 je postigla manju vršnu mineralnu gustoću kosti od osobe 1 te je stoga osteoporoza nastupila ranije. Prilagođeno prema (9).

UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA KOST

Da je tjelesna aktivnost, odnosno mehaničko opterećenje kosti presudno za normalan razvoj i održavanje koštane mase najuvjerljivije dokazuju rezultati ispitivanja koštane mase u ljudi koji su dugotrajno bili izloženi ležanju ili bestežinskom stanju kod kojih je primijećen rapidni gubitak mineralne gustoće kosti, brzinom od oko čak 1 % tjedno (10).

Koštanu pregradnju je proces kojim se kost trajno obnavlja. Osnovna je zadaća koštane pregradnje uklanjanje oštećenih dijelova kosti i održavanje

homeostaze kalcija u organizmu. Za održavanje normalne mikrostrukture kosti važno je da su u koštanoj pregradnji procesi razgradnje i stvaranja nove kosti ravnomjerni (11, 12). Koštana masa se pojačano razgrađuje na dijelovima skeleta gdje nema velikog mehaničkog opterećenja i izgrađuje na mjestima gdje postoji mehanički podražaj (13). Mišićna kontrakcija i nošenje težine predstavljaju najjače mehaničke podražaje na kost. Mehanizam kojim mehaničko opterećenje pokreće koštanu adaptaciju nije sasvim jasan. Pretpostavlja se da su osteociti (osteoblasti ukopani u koštanu međustaničnu tvar) kao i obložne stanice kosti (stanice nastale iz osteoblasta koje pokrivaju unutrašnju površinu kosti) mehanosenzitivni te reagiraju na kompresiju, torziju i savijanje kosti prijenosom potencijala kroz lakunarni mrežni sustav kosti i potiču proces koštane pregradnje (14). Da bi se koštana masa povećala kao rezultat mehaničkog podražaja potrebno je da taj podražaj bude intermitentan i intenzivan te da istovremeno postoji adekvatan unos kalcija i kalorija u organizam (13).

Ispitivanja kojima se pratio utjecaj tjelesne aktivnosti i vježbanja na rizik od pojave fraktura pokazala su da već mala povećanja BMD-a dovode do značajnog smanjenja relativnoga rizika od prijeloma (15, 16). Utjecaj tjelesne aktivnosti na povećanje koštane mase ovisan je dobi i najintenzivniji je u periodu tjelesnog rasta. U daljnjem će tekstu biti opisan utjecaj tjelesne aktivnosti na kost u različitim fazama životnoga ciklusa.

UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA KOST U RAZLIČITIM DOBNIM SKUPINAMA

Djeca i mladi

U djetinjstvu i adolescenciji se odvija rast kosti u dužinu i širinu te mineralizacija skeleta. Ukupna masa kosti prisutna pri završetku maturacije skeleta naziva se vršna koštana masa i važan je predskazatelj razvoja osteoporoze i rizika od prijeloma kosti u starijoj životnoj dobi. Rast kosti i njenu mineralizaciju omogućuje djelovanje hormona, mehaničkih podražaja te unos nutrijenata potrebnih kao izvor energije i kao izvor minerala za izgradnju kosti (8).

Jedan od najvažnijih načina prevencije osteoporoze je povećanje vršne koštane mase u mladosti (17). To se postiže adekvatnim unosom kalorija, kalcija i vitamina D, izlaganjem suncu te adekvatnom fizičkom

aktivnosti. Djeca koja su fizički aktivnija i koja se rekreativno bave određenim sportovima imaju veću koštanu masu u odnosu na vršnjake koji se ne bave sportom (18-20). Sportovi koji značajnije povećavaju koštanu masu su oni u kojima se skače, opire o podlogu ili podiže teret (engl. *weight-bearing*) poput gimnastike, baleta, trčanja, dizanja utega (21). Brojna su istraživanja na vrhunskim sportašima pokazala da sportaši imaju značajno veću mineralnu gustoću kosti u odnosu na one koji se ne bave sportom (22, 23). Više je studija pokazalo da u periodu puberteta, u stadiju razvoja sekundarnih spolnih osobina od II do IV stupnja po Tanneru (što traje oko 2 godine) pojačana fizička aktivnost ima najveći utjecaj na povećanje koštane mase (24-27). Osnovni je preduvjet da tjelesna aktivnost pozitivno utječe na koštanu masu istovremeni adekvatan unos kalorija i kalcija (8). Kod djece koja se intenzivno bave sportom tjelesna aktivnost može imati i stimulatorni i inhibitorni učinak na rast kosti, ovisno o nutritivnom statusu (28). Intenzivna fizička aktivnost zahtjeva pojačan unos energije. U nekim sportovima potiče se održavanje niske tjelesne mase, što može imati negativne posljedice na razvoj skeleta. Ako je intenzivna tjelesna aktivnost praćena adekvatnim kalorijskim unosom, lučenje i djelovanje hormona važnih za rast kosti (hormon rasta, IGF-1, estrogen, leptin, glukokortikoidi, hormoni štitnjače) biti će normalno. U tom slučaju će intermitentni, intenzivni mehanički podražaji na kost tijekom sportske aktivnosti dovesti do povećanja koštane mase. Ako je pak intenzivna tjelesna aktivnost praćena nedovoljnim unosom kalorija, može doći do zaostajanja u rastu jer se u pothranjene djece pojavljuje rezistencija na hormon rasta s posljedičnim smanjenjem proizvodnje njegovoga medijatora IGF-I u jetri (29). Hormon leptin jedan je od hormona koji se luče iz masnog tkiva i njegovo je lučenje ovisno o količini masnog tkiva. Smanjena koncentracija leptina posredno inhibira lučenje gonadotropin-oslobađajućeg hormona i dovodi do insuficijencije osovine hipotalamus-hipofiza-spolne žlijezde (30). Uslijed prekomjerne fizičke aktivnosti i neodgovarajuće prehrane kod nekih sportašica dolazi do pojave amenoreje i posljedičnoga gubitka koštane mase (31). Američko društvo za sportsku medicinu (*American College of Sports Medicine*) je 1992. godine uvelo pojam *The Female Athlete Triad*, odnosno simptomatske trijade u sportašica koji karakteriziraju amenoreja, poremećaj hranjenja i osteoporoza (32, 33). Sportašice s amenorejom imaju značajno manji BMD u odnosu na sportašice s normalnim menstrualnim ciklusima

(34). Poznata je učestalija pojava prijeloma zamora (stres fracture) u sportašica s navedenom simptomskom trijadom (35, 36). Iako je puno više studija ispitivalo BMD kod sportašica nego kod sportaša, rezultati postojećih studija pokazuju da oni sportaši koji nemaju adekvatan kalorijski unos imaju, isto kao i sportašice, sniženu BMD u odnosu na one sportaše koji unose adekvatnu količinu energije (37). Simptomsku trijadu u sportašica treba pravovremeno prepoznati i liječiti, prvenstveno povećanjem kalorijskoga unosa kako bi se spriječile njegove dugoročne negativne posljedice na koštani sustav. Djeci i mladima preporučuje se redovita tjelesna aktivnost srednje do jakoga intenziteta, barem 3 puta tjedno, uz odgovarajući unos kalcija i kalorija. Sportovi koji najviše pridonose povećanju mineralne gustoće kosti jesu gimnastika, trčanje, skokovi i tenis (21).

Osobe srednje i starije životne dobi

Nakon 40. godine života koštana se gustoća prosječno smanjuje za oko 0,5 % do 1,5 % godišnje, bez obzira na spol i rasu (7, 8). Brzina gubitka koštane gustoće ovisi o skeletnoj regiji, genetskoj podlozi, prehrani, hormonskom statusu te o fizičkim aktivnostima. Temeljni je način prevencije osteoporoze u odrasloj dobi usporavanje prirodnog gubitka koštane gustoće koji se javlja brže ukoliko na kost nema nikakvog mehaničkog opterećenja. Najintenzivniji gubitak mineralne gustoće kosti događa se u žena u prvih nekoliko postmenopauzalnih godina zbog naglog gubitka antiresorptivnog učinka estrogena. U kasnoj postmenopauzalnoj dobi žene gube koštanu gustoću podjednako brzinom kao i muškarci njihove dobi. Brojne su studije pokazale povoljan učinak tjelesne aktivnosti na smanjenje gubitka mineralne gustoće kosti u odrasloj dobi (38, 39), no upitno je može li se vježbanjem u odrasloj dobi postići povećanje BMD-a. Kao i u dječjoj dobi, sportovi u kojima postoji intenzivan kontakt tijela s podlogom (npr. gimnastika, trčanje i dizanje utega) i podnošenje težine najpovoljnije djeluju na očuvanje koštane mase. Tjelesna aktivnost čak i uz optimalan unos kalcija i vitamina D ipak ne može nadoknaditi gubitak mineralne gustoće kosti koji se događa u ranom postmenopauzalnom periodu (40).

Kod ljudi starije životne dobi prijelomi kosti se događaju uglavnom nakon padova koji su uzrokovani sarkopenijom, slabljenjem mišićne snage, slabijim vidom i ravnotežom. Osim održavanja mineralne gustoće kosti, tjelesna aktivnost u starijoj životnoj dobi ima dodatnu važnost jer se njome povećava

mišićna snaga i poboljšava ravnoteža te na taj način prevenira pad (41). Opservacijske studije su pokazale da čak umjerena tjelesna aktivnost u odrasloj i starijoj životnoj dobi smanjuje rizik od prijeloma (42, 43), no ne postoje randomizirane studije kojima bi se te opservacije dodatno potvrdile te nije poznata egzaktna mjera i intenzitet fizičke aktivnosti potreban za navedene učinke. Velikom prospektivnom danskom studijom u koju je bilo uključeno 30000 ispitanika nađeno je da je incidencija prijeloma kuka dvostruko veća kod fizički neaktivnih ljudi u odnosu na njihove fizički aktivne vršnjake (44).

Preporuke za provođenjem redovite tjelesne aktivnosti odnose se na sve dobne skupine i nemaju dobni limit. Osobe starije životne dobi trebale bi provoditi umjerenu tjelesnu aktivnost 3-5 puta tjedno. Osim provođenja vježbi kojima se postiže najveće opterećenje na kost (poput gimnastike, tenisa, penjanja, trčanja) osobama starije životne dobi savjetuju se i vježbe koordinacije i ravnoteže radi prevencije padova (21).

ZAKLJUČCI

Tjelesna aktivnost, odnosno mehaničko opterećenje kosti presudno je za normalan razvoj i održavanje koštane mase. Utjecaj tjelesne aktivnosti na povećanje koštane mase ovisan je o dobi i najintenzivniji je u periodu tjelesnog rasta. Tjelesnom aktivnosti u dječjoj i adolescentnoj dobi povećava se vršna koštana masa koja je važan predskazatelj kasnijeg razvoja osteoporoze. To znači da se osteoporotični prijelomi starije životne dobi preveniraju tjelesnom (sportskom) aktivnosti u djece i adolescenata odnosno u mlađoj životnoj dobi te je i u tom smislu potrebno razvijati svijest o značenju bavljenja sportom u mlađoj životnoj dobi. Tjelesna aktivnost u odrasloj dobi usporava i smanjuje prirodni gubitak koštane mase. Sportovi koji značajnije djeluju na povećanje koštane mase oni su u kojima se skače, opire o podlogu ili podiže teret (poput gimnastike, trčanja, dizanja utega). Preporuke za redovito provođenje tjelesne aktivnosti odnose se na sve dobne skupine i nemaju dobnu granicu. Odgovarajući unos kalorija i kalcija preduvjet je za pozitivan utjecaj tjelesne aktivnosti na skelet.

LITERATURA

1. Pećina M, Smoljanović T, Cicvara Pećina T, Tomek Roksandić S. Prijelomi kostiju u ljudi odmakle dobi s osteoporozom. *Arh Hig Rada Toksikol* 2007;58:41-7.

2. Schürch MA, Rizzoli R, Mermillod B, Vasey H, Michel JP, Bonjour JP. A prospective study on socioeconomic aspects of fracture of the proximal femur. *J Bone Miner Res* 1996;11:1935-42.
3. World Health Organization (WHO). Assessment of Fracture Risk and Its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis: Report of a WHO Study Group. Geneva: WHO; 1994.
4. Kröger H, Huopio J, Honkanen R, Tuppurainen M, Puntila E, Alhava E, Saarikoski S. Prediction of fracture risk using axial bone mineral density in perimenopausal population: a prospective study. *J Bone Miner Res* 1995;10:302-6.
5. Karlsson MK, Rosengren BE. Training and bone - from health to injury. *Scand J Med Sci Sports* 2012;22:e15-23.
6. Giangregorio L, Blimkie CJ. Skeletal adaptations to alterations in weight-bearing activity: a comparison of models of disuse osteoporosis. *Sports Med* 2002;32:459-76.
7. Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, Mazess RB, Offord KP, Melton LJ. Differential changes in BMD of the appendicular and axial skeleton with aging: relationship to spinal osteoporosis. *J Clin Invest* 1981;67:328-35.
8. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women; interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 2005;35:779-830.
9. Kemper HCG. Skeletal development during childhood and adolescence and the effects of physical activity. *Pediatr Exerc Sci* 2000;12:198-216.
10. Krølner B, Toft B. Vertebral bone loss: an unheeded side effect of therapeutic bed rest. *Clin Sci (Lond)* 1983;64:537-40.
11. Seeman E, Delmas PD. Bone quality - the material and structural basis of bone strength and fragility. *N Engl J Med* 2006;354:2250-61.
12. Compston JE. Bone marrow and bone: a functional unit. *J Endocrinol* 2002;173:387-94.
13. Souminen H. Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res* 2006;18:85-93.
14. Duncan R, Turner CH. Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. *Calcif Tissue Int* 1995;57:344-58.
15. Gregg EW, Cauley JA, Seeley DG, Ensrud KE, Bauer DC. Physical activity and development of bone osteoporotic fracture risk in older women. *Ann Intern Med* 1998;129:81-8.
16. Lord SR, Ward JA, Williams P, Zivanovic E. The effects of community exercise program on fracture risk factors in older women. *Osteoporos Int* 1996;6:228-32.
17. Karlsson MK. Does exercise during growth prevent fractures in later life? *Med Sport Sci* 2007;51:121-36.
18. MacKelvie KJ, Petit MA, Khan KM, Beck TJ, McKay HA. Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone* 2004;34:755-64.
19. Daly RM. The effect of exercise on bone mass and structural geometry during growth. *Med Sport Sci* 2007;51:33-49.
20. Cvijetić S, Barić IC, Bolanča S, Jureša V, Dekanić Ožegović D. Ultrasound bone measurement in children and adolescents. Correlation with nutrition, puberty, anthropometry, and physical activity. *J Clin Epidemiol* 2003;56:591-7.

21. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR; American College of Sports Medicine. Physical activity and bone health; American College of Sports Medicine Position Stand. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1985-94.
22. Arasheben A, Barzee KA, Morley CP. A meta-analysis of bone mineral density in collegiate female athletes. *J Am Board Fam Med* 2011;24:728-34.
23. Kaštelan D, Kraljević I, Kardum I, Kasović M, Dušek T, Protulipac JM, Giljević Z, Perković Z, Jelčić J, Aganović I, Koršić M. The effects of the level of physical activity on calcaneal ultrasound measurements: bone properties of medical and physical education students". *Coll Antropol* 2007;31:701-4.
24. Mackelvie KJ, McKay HA, Khan KM, Crocker PR. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr* 2001;139:501-8.
25. Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, Oja P, Pasanen M, Vuori I. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000;11:1010-7.
26. Haapasalo H, Kannus P, Sievänen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Effect of longterm unilateral activity on BMD of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998;13:310-9.
27. Bailey DA, Martin AD, McKay HA, Whiting S, Mirwald R. Calcium accretion in girls and boys during puberty: a longitudinal analysis. *J Bone Miner Res* 2000;15:2245-50.
28. Caine D, Lewis R, O'Connor P, Howe W, Bass S. Does gymnastics training inhibit growth of females? *Clin J Sports Med* 2001;11:260-70.
29. Ketelslegers JM, Maiter D, Maes M, Underwood LE, Thissen JP. Nutritional regulation of the growth hormone and insulin-like growth factor-binding proteins. *Horm Res* 1996;45:252-7.
30. Kaufman BA, Warren MP, Dominguez JE, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bone density and amenorrhea in ballet dancers are related to a decreased resting metabolic rate and lower leptin levels. *J Clin Endocrinol Metab* 2002;87:2777-83.
31. Dušek T. Influence of high intensity training on menstrual cycle disorders in athletes. *Croat Med J* 2001;42:79-82.
32. West RV. The female athlete. The triad of disorderd eating, amenorrhoea and osteoporosis. *Sports Med* 1998;26:63-71.
33. Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J. American College of Sports Medicine Position Stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:i-ix.
34. Drinkwater BL, Nilson K, Chesnut CH 3rd, Bremner WJ, Shainholtz S, Southworth MB. Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *N Engl J Med* 1984;311:277-81.
35. Ivković A, Franić M, Bojanić I, Pećina M. Overuse injuries in female athletes". *Croat Med J* 2007;48:767-78.
36. Dušek T, Pećina M, Lončar-Dušek M, Bojanić I. Multiple stress fractures in a young female runner. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2004;71:308-10.
37. Hetland ML, Haarbo J, Christiansen C. Low bone mass and high bone turnover in male long distance runners. *J Clin Endocrinol Metab* 1993;77:770-5.
38. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Exercise and lumbar spine BMD in postmenopausal women: a meta-analysis of individual patient data. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57:M599-M604.
39. Zhang J, Feldblum PJ, Fortnej JA. Moderate physical activity and bone density among perimenopausal women. *Am J Public Health* 1992;82:736-8.
40. Prince RL, Smith M, Dick IM, Price RI, Webb PG, Henderson NK, Harris MM. Prevention of postmenopausal osteoporosis: a comparative study of exercise, calcium supplementation, and hormone-replacement therapy. *N Engl J Med* 1991;325:1189-95.
41. Carter ND, Kannus P, Khan KM. Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 2001;31:427-38.
42. Feskanich D, Willett W, Colditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA* 2002;288:2300-6.
43. Kujala UM, Kaprio J, Kannus P, Sarna S, Koskenvuo M. Physical activity and osteoporotic hip fracture risk in men. *Arch Intern Med* 2000;160:705-8.
44. Høidrup S, Sørensen TI, Strøger U, Lauritzen JB, Schroll M, Grønbaek M. Leisure-time physical activity levels and changes in relation to risk of hip fracture in men and women. *Am J Epidemiol* 2001;154:60-8.

Summary

PHYSICAL ACTIVITY IN THE PREVENTION OF OSTEOPOROSIS

Bone mineral density (BMD) is influenced by gender, age, hormonal changes, and genetic and environmental factors. Nutrition, calcium intake, sun exposure, smoking, and physical activity represent the most important environmental factors influencing BMD. Bone mass is gained during childhood and adolescence and gradually declines in adulthood. The two generally accepted strategies in the prevention of osteoporosis are maximising BMD gain in the first three decades of life and minimising age-related bone loss. Evidence shows that growing bone is more responsive to mechanical load than mature bone. To produce adaptive bone response and improve bone mass, mechanical stimulation has to be dynamic, intermittent, and intensive. Simultaneously, abundant availability of nutrient energy, calcium, and vitamin D has to be present. Children who exercise have higher bone mass than their other counterparts. Athletes have higher bone mass than non-athletes. Weight-bearing exercises like gymnastics, running, and weight-lifting have the highest impact on bone mass accrual. In adulthood, bone mass gradually decreases by 0.5-1.5 % per year. In that period of life, the principal strategy for preventing osteoporosis is based on maintaining bone mass and attenuating age-related bone loss. Bone loss occurs more rapidly if there is no mechanical load on the bone. Besides improving BMD in older age, exercise may improve muscular strength and balance and reduce the risk of falls. Recommendations for physical activities are not age-limited. Besides the weight-bearing activities like gymnastics, tennis, climbing, and running, which are essential for preserving bone mass, elderly individuals are advised to perform the activities designed to improve coordination and balance and prevent falls.

KEY WORDS: *bone mineral density, bone turnover, exercise, fracture, peak bone mass*

CORRESPONDING AUTHOR:

Tina Dušek
Clinic for Internal Medicine, Department of Endocrinology
University Hospital Centre Zagreb
Kišpatićeva 12, 10 000 Zagreb, Croatia
E-mail: tdusek@mef.hr