

FIZIČKA AKTIVNOST I MINERALNA GUSTINA KOSTIJU

Bojan Međedović, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Romana Romanov, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Zoran Đokić, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Dušan Perić, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Zlatko Ahmetović, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

Sažetak

Kosti imaju važnu strukturalnu ulogu u organizmu. One obezbeđuju pokretljivost, oslonac, i zaštitu organizma, i predstavljaju mesto gde se skladište esencijalni minerali. Zdrave kosti su od ključnog uticaja na ukupno zdravlje čoveka, a aktivnosti koje promovišu zdravlje i utiču preventivno na nastanak bolesti kostiju su ključne u održavanju jakog i zdravog koštanog sistema. Fizička neaktivnost utiče na smanjenje funkcija koštanog sistema, a učestalo oboljenje koštanog sistema je osteoporoza. Osteoporoza je sistemska bolest koštanog sistema koja dovodi do male gustine kostiju i pogoršanja mikroarhitekture koštanog tkiva, i može dovesti do preloma. Fizička aktivnost je od suštinskog značaja za zdravlje kostiju i prevenciju nastanka osteoporoze. Na osnovu dostupnih informacija, najbolji efekat na održavanje i stimulaciju formiranja mineralne gustine kostiju ima kombinacija dinamičkih vežbi sa otporom koje angažuju više zglobova, velike mišićne grupe, i opterećuju kičmu i kukove. Rezultati ukazuju da vežbe koje opterećuju telo u uzdužnoj osi, kao što su trčanje, skokovi, kao i vežbe snage, dovode do pozitivnih efekata na mineralnu gustinu kostiju. Dakle, trening treba da bude usmeren na adaptaciju specifičnog dela tela koji je najpodložniji povredama, i treba da bude dovoljno intenzivan i da prevazilazi uobičajena opterećenja.

Ključne reči: koštani sistem, vežbanje, osteoporoza

PHYSICAL ACTIVITY AND BONE MINERAL DENSITY

Abstract

The bones play an important structural role in the organism. They provide mobility, support, and protect the body, and the place where the storage essential minerals. Healthy bones have a crucial impact on the overall health of a person, and activities that promote health and preventive influence on the formation of bone disease are crucial in maintaining a strong and healthy skeletal system. Physical inactivity affects the decrease in function of bone, and the most common disease of bone osteoporosis. Osteoporosis is a systemic skeletal disorder that results in low bone density and micro-architectural deterioration of bone tissue, that results in less bone density, and may lead to fracture. Physical activity is essential for bone health and prevention of osteoporosis. Based on available information, the best effect to maintain and stimulate the formation of bone mineral density is a combination of dynamic exercises with resistance training that engage multiple joints, large muscle groups, and have influence on the spine and hips. The results suggest that exercises with axial loading, such as running, jumping, and power exercise, promote the

positive gains in bone mineral density. Therefore, training should focus on the adaptation of specific parts of the body that is most susceptible to injury, and should be sufficiently intense that exceeds the normal loads.

Keywords: Bones, Exercise, Osteoporosis

TIMS Acta (2015) 9, 63-74

Uvod

Ljudski organizam je predodređen za fizičku aktivnost. Međutim, tehnološki razvoj i životne navike su uticale na znatno smanjenje fizičkih aktivnosti, pa se u takvim okolnostima čovek sve više nalazi u uslovima dugotrajne fizičke neaktivnosti, što posledično dovodi do znakova opadanja funkcija pojedinih organskih sistema, odnosno sedentarnog načina života. Sve to može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema i bolesti, pa čak i prerane smrti. Pored kardio-respiratornog i mišićnog sistema, čije funkcije opadaju usled dugotrajne fizičke neaktivnosti, i koštani sistem je takođe ugrožen modernim uslovima života. Troškovi zdravstvene nege osoba sa ovim oboljenjima su izuzetno visoki, a veoma jednostavno rešenje ovog problema ukazuje na to da ljudi treba više i češće da se kreću.

Kosti imaju važnu strukturalnu ulogu u organizmu. One obezbeđuju pokretljivost, oslonac, i zaštitu organizma, i predstavljaju mesto gde se skladište esencijalni minerali. Zdrave kosti su od ključnog uticaja na ukupno zdravlje čoveka, a aktivnosti koje promovišu zdravlje i utiču preventivno na nastanak bolesti kostiju su ključne u održavanju jakog i zdravog koštanog sistema. Kosti nisu statične, čak i kod potpuno zrelog i odraslog čoveka. One su takođe živi organ i prolaze kroz procese smenjivanja i zamene tkiva tokom života. Veličina i tok tih procesa zavisi od količine i kvaliteta fizičke aktivnosti. Fizička neaktivnost utiče na smanjenje funkcija koštanog sistema, a učestalo oboljenje koštanog sistema je osteoporoza. Osteoporoza je sistemska bolest koštanog sistema koja dovodi do smanjenja gustine kostiju i pogoršanja mikroarhitekture koštanog tkiva (Jordan & Cooper, 2002; See Tai et al., 2009), koje prouzrokuju manju čvrstinu kostiju, i može dovesti do preloma (National Osteoporosis Foundation, 2012). Najčešće, osteoporoza pogađa žene posle menopauze, primarno

one starije od 70 godina, iako se mogućnost preloma kostiju usled osteoporoze povećava posle 50-e godine života (Bessete et al., 2008). Ustanovljeno je da je samo jedan od 12 muškaraca, posle pedesete godine života, takođe ugrožen osteoporozom i rizikom od preloma kostiju (See Tai et al., 2009; Watts et al., 2012). U SAD, oko 1,5 miliona preloma kostiju godišnje nastane usled osteoporoze. Prelomi kuka, pršljenova i ručnog zgloba su uobičajeni kod osoba sa osteoporozom i povezani su sa povećanom stopom mortaliteta, morbiditeta, hroničnim bolom, i smanjenim kvalitetom života (Howe et al., 2011). Nelson i saradnici (2007) ukazuju na to da se nakon 40-e godine života mineralna gustina kostiju progresivno smanjuje; oko 0,5% ili više, po godini života, pogotovo kod žena (Gomez-Cabello et al., 2012). Nakon pedesete godine života, rizik od preoloma kostiju usled osteoporoze se povećava na više od 40% kod žena iz razvijenih zemalja, dok rizik od preloma kuka iznosi 20% (Bessette et al., 2008). Stopa mortaliteta nakon ovakvih preloma kod ove populacije je približno 20% (Cooper, 1993).

Johnell i Kanis (2006) su izvršili analizu zvaničnih dostupnih podataka o učestalosti osteoporoze, kao i njenih posledica po zdravlje ljudi širom sveta. Podaci ukazuju da se tokom 2000. godine kod žena uzrasta pedeset godina i starije, prelomi kostiju povezani sa osteoporozom najčešće javljali u predelu kukova, oko 1,1 milion slučajeva, i u predelu kičme, oko 826000 hiljada slučajeva. Burge i saradnici (2007) ukazuju na to da je ukupan trošak lečenja preloma usled osteoporoze u SAD iznosio oko 19 milijardi dolara tokom 2005. godine sa predviđenim troškovima od 25,3 milijarde dolara do 2025. godine. Isti autori smatraju da je većina troškova nastaje usled preloma kukova (72%), potom kičme (6%). Rezultati drugih studija ukazuju da se pored kukova, učestali prelomi kostiju javljaju u predelu kičme i ručnog zgloba (Howe et al., 2011; National Osteoporosis

Foundation, 2012). Brojne studije ukazuju na velike troškove lečenja problema nastalih usled osteoporoze. Ti troškovi su naročito veliki kod preloma kuka (Howe et al., 2011; Jordan & Cooper, 2002). Ukupan broj preloma kuka širom sveta bi mogao da poraste sa 1,7 miliona slučajeva, koliko je zabeleženo 1990. godine, na 6,3 miliona do 2050. godine, sa očekivanim troškovima lečenja oko 130 milijardi dolara (Johnell, 1997; Link, 2012). Prema podacima National Osteoporosis Foundation (2012) ukazuje se da su tokom 2005. godine troškovi lečenja osteoporoze iznosili 16 milijardi dolara u SAD, a očekuje se povećanje tih troškova na 25,3 milijarde dolara do 2025. godine. Prelomi kostiju usled osteoporoze, pored ekonomskog efekta, povezani su i sa učestalim mortalitetom, morbiditetom, hroničnim bolom, smanjenjem kvaliteta života, dugoročnim problemima (Papaioannou et al., 2010). Iako je ustanovljeno da se višestrukim uticajem može stimulisati rast kostiju, izgleda da fizička aktivnost predstavlja važnu ulogu u upravljanju i tretmanu individua sa osteoporozom (Howe et al., 2011; See Tai et al., 2009). Na osnovu ovih podataka veoma je važno usmeriti dejstvo fizičke aktivnosti upravo na najosetljivije delove koštanog sistema, tačnije na kukove, kičmu i ručne zglobove.

Kvalitet kostiju se prepoznaje po nekoliko faktora među koje spadaju: geometrija kostiju, kortikalna debljina i poroznosti kostiju, morfologija sunderastih kostiju, i unutrašnje osobine koštanog tkiva (Howe et al., 2011). Utvrđivanje mineralne gustine kostiju može doprineti prevenciji riziko faktora (Marshall & Hans, 1996) i može biti indikator drugih problema kao što je bol u donjem delu leđa, koji je povezan sa smanjenom mineralnom gustinom kostiju kod muškaraca (Hoozemans et al., 2012). Smanjena masa kostiju utvrđena denziometrijom predstavlja jedan od najvažnijih faktora za nastanak preloma (Howe et al., 2011), iako je većina preloma nastala nakon padova koji se dešavaju usled pogoršanja vizuelnih funkcija, mišićne snage i ravnoteže (Gillespie et al., 2009). U tom kontekstu veoma je važno fizičkom aktivnošću uticati i na poboljšanje ravnoteže tela i koordinacije, kao i snage mišića koji utiču na održavanje ravnoteže.

Generalno, fizička neaktivnosti i smanjenje opterećenja koštanog sistema dovode do smanjenja

mineralne gustine kostiju (Ratamess, 2008; Zerwekh et al., 1998). Period posle menopauze je povezan sa niskim nivoom fizičke aktivnosti (Chien et al., 2000), i posledično dolazi do smanjene stimulacije kostiju, smanjenja mišićne snage, koordinacije i ravnoteže (Roghani et al., 2013). Kvalitet života je pod negativnim uticajem smanjene fizičke aktivnosti (American College of Sports Medicine et al., 2011; Borer, 2005; Chien et al., 2000; Teoman et al., 2004). Učestvovanje u sportovima koje karakterišu jači sudari sa podlogom (opterećenje zglobova tokom trčanja, skakanja...), naročito pre puberteta, je važan faktor u povećanju koštane mase i dostizanja većeg pika koštane mase, nezavisno od pola (Guadalupe-Grau et al., 2009). Prisutni su brojni snažni naučni dokazi koji ukazuju da je fizička aktivnost tokom detinjstva povezana sa boljim održavanjem koštane mase u kasnijim periodima života (Karlsson & Rosengren, 2012; Kohrt et al., 2004). Regularna fizička aktivnost je povezana sa nižim rizikom od preloma oslabljenih kostiju kod starije populacije oba pola (Guadalupe-Grau et al., 2009). Iako je osteoporoza bolest odraslih i pogađa osobe koje su starije, proces bolesti počinje godinama, ako ne i decenijama, ranije. Deca i adolescenti koji ne razvijaju zdrav koštani sistem su u riziku da postanu odrasle osobe sa osteoporozom. Faktori koji povećavaju rizik od nastanka problema povezanih sa zdravljem koštanog sistema dece podrazumevaju: neadekvatan unos kalcijuma i vitamina D, učestvovanje u prolongiranom i napornom treningu uz malu telesnu masu, kasna pojava menstruacije ili poremećena menstruacija kod mladih žena, poremećaji u ishrani (anoreksija) ili sindrom malabsorpcije, bolest praćena upotrebom glukokortikosteroidne terapije (za tretiranje bolesti astme, artritisa, ili nekih oblika raka). Među manje značajnim uzrocima su: klinički hipertiroidizam, telesna masa ispod 57 kg, gubitak telesne mase za više od 10% oko 25. godine starosti, pušenje, prekomeran unos alkohola i kofeina, i hronična heparin terapija (Report of the Osteoporosis Action Plan Committee to the Ministry of Health and Long-Term Care, 2003).

Danas se sve češće ističe pozitivna uloga fizičke aktivnosti u prevenciji i korekciji neželjenih stanja koje nastaju usled sedentarnog načina života. Jedna od neželjenih posledica nedovoljne fizičke aktivnosti

je smanjena gustina kostiju koja može da dovede do osteoporoze. Upravo je cilj ovog preglednog članka da ukaže na saznanja brojnih studija koje su analizirale uticaj fizičke aktivnosti na smanjenje stope koštanog gubitka, i pruži osnovne informacije o karakteru i načinu primene vežbi u kontekstu poboljšanja stanja smanjene mineralne gustine kostiju.

Materijal i metode rada

Primenjena je bibliografsko-spekulativna metoda uz konsultaciju aktuelne literature. Korišćenja je literatura koja se odnosi na vežbanje, fizičku aktivnost i osteoporozu. Preporuke koje se nalaze u korišćenoj literaturi obuhvataju osobe oba pola, ali sa nešto većim brojem podataka koji se odnose na žene.

Uticaj fizičke aktivnosti na koštani sistem

Fizička aktivnost je od suštinskog značaja za zdravlje kostiju. Ona predstavlja esencijalni faktor zdravlja kostiju (American Thoracic Society and American College of Chest Physicians, 2003; Robertson et al., 2002; U.S. Department of Health and Human Services, 2004). Fizička aktivnost može da smanji rizik od preloma povezanih sa osteoporozom povećanjem pika koštane mase ostvarenog tokom rasta i razvoja, usporavanjem stope gubitka koštane mase sa starenjem, i/ili smanjenjem rizika od padova i poboljšanjem mišićne snage i ravnoteže (Beck & Snow, 2003; Robertson et al., 2002). Shodno tome, fizička aktivnost igra važnu ulogu u primarnoj (smanjenje rizika) i sekundarnoj (tretman) prevenciji nastanka osteoporoze (U.S. Department of Health and Human Services, 2004).

Prevencija osteoporoze je usmerena na maksimalno povećanje mineralne gustine kostiju tokom detinjstva i adolescencije i održavanje te gustine tokom odraslog doba (Prevention of Osteoporosis; National Osteoporosis Foundation, 2012). Sile reakcije podloge (trčanje) i sile reakcije zgloba (trening snage) koje se javljaju u toku fizičke aktivnosti se preporučuju tokom celoživotnog vežbanja.

Povećanje koštane mase

Tokom rasta, kosti prolaze kroz tri važna perioda: rast koštane mase, konsolidacija koštane mase, gubitak koštane mase. Od rođenja pa do srednjih i kasnih dvadesetih godina života većina osoba izgrađuje ili povećava koštanu masu brže nego što je gubi. Najvažniji period za zdrav rast kostiju je detinjstvo ili adolescentno doba. Između puberteta i mlađeg odraslog doba, koštana masa se udvostručuje. Između 17. i 20. godine života, oko 90% i 95% koštane mase odraslog čoveka je formirano. Pik razvoja koštane mase se dešava oko 13. godine kod devojčica i 14,5 kod dečaka (Brynat et al., 1999). Osobe sa ostvarenim pikom koštane mase u ranom uzrastu imaju manji rizik od gubitka koštane mase u kasnijim godinama života (Bass et al., 1999; Fassler & Bonjour, 1995). Detinjstvo i adolescentno doba predstavljaju kritičan period i priliku za prevenciju osteoporoze. Dok je genetska uslovljenost razvoja koštane mase veoma izražena, faktori životnog stila kao što su adekvatna ishrana i fizička aktivnost (sa nošenjem sopstvene mase) su takođe veoma značajne (Krall & Dawson-Hughes, 1993).

Konsolidacija koštane mase

Konsolidacije koštane mase se dešava između kasnih dvadesetih i 35. godine života. Tokom ovog perioda, slaba ishrana, sedentarni način života, lekovi ili stanja koja doprinose smanjenju koštane mase, i/ili dijeta i težnja ka mršavosti mogu ometati formiranje kostiju i doprineti povećanom gubitku koštane mase, čak i kod relativno mlađih odraslih osoba. Na primer, jedna studija je pokazala da mršavije devojke u ranim dvadesetim godinama, koje su verovatno i na dijete, imaju manju mineralnu gustinu kostiju (McGuigan et al., 2002).

Gubitak koštane mase

Oko 35. godine starosti, muškarci i žene počinju brže da gube koštanu masu nego što se ona izgrađuje. Ovo dovodi do ukupnog smanjenja koštane mase za oko 0,5 do 1% godišnje. Stabilno smanjenje koštane

mase se nastavlja dok žena ne uđe u menopauzu (obično između 45. i 55. godine) a kod muškaraca do 65. godine starosti (Osteoporosis Society of Canada, 1996). Nakon menopauze (i u narednih 10 godina), gubitak koštanog tkiva kod žena se povećava i iznosi oko 3-5% godišnje. Jedan od razloga tog smanjenja je opadanje funkcije bubrega. Smanjenje funkcije bubrega vodi do visokog nivoa paratiroidnog hormona (PTH) u serumu, što predstavlja signal kostima da otpuste kalcijum u krvotok, prouzrokujući gubitak koštanog tkiva (Osteoporosis Society of Canada, 1996). Tokom života, žena može izgubiti 45% svoje koštane mase, a muškarac oko dve trećine koštane mase koje izgubi žena. Starije odrasle osobe koji ne vežbaju u mladosti, i ne razvijaju ili održavaju značajnu koštanu masu u mladosti, su u visokom riziku od nastanka osteoporoze.

Kratkoroči i dugoročni uticaj fizičkih aktivnosti na koštani sistem

Specifični mehanizmi pomoću kojih fizička aktivnost utiče na metabolizam kostiju još uvek nisu potpuno razjašnjeni, međutim, dobro je poznato da povećanje koštane gustine nastaje usled povećanog mehaničkog opterećenja (Frost, 1988), ali izgleda da i ostali parametri, kao što su endokrine promene (Bell et al., 1988; Zittermann et al., 2000; Maimoun et al., 2003), doprinose adaptaciji koštanog sistema. Generalno, mineralna gustina kostiju je od koristi prilikom utvrđivanja snage kostiju i predstavlja primarni indikator rizika nastanka osteoporoze. Dobro je poznato da se dugoročni uticaj fizičke aktivnosti na koštani sistem ispoljava preko povećanja mineralne gustine kostiju. Utvrđivanje mineralne gustine kostiju obezbeđuje statičku meru metabolizma kosti, i promene tog stanja se dešavaju sporo. Tako da je ta mera neadekvatna u prepoznavanju suptilnih akutnih promena u metabolizmu kosti, koje se mogu desiti nakon jednog treninga ili fizičke aktivnosti. Kako su promene mineralne gustine kostiju spore, markeri biohemijskih procesa u kostima mogu poslužiti u objašnjavanju kratkoročnih efekata fizičke aktivnosti na stanje kostiju. Kako je kost dinamičko tkivo, ono ima kapacitet da menja strukturu i funkciju usled dejstva mehaničkih sila i metaboličkih zahteva, i u procesu remodeliranja kostiju učestvuje

dva tipa koštanih ćelija, osteoblasti koji formiraju novo koštano tkivo, i osteoklasti koji uklanjaju staro tkivo. Identifikovano je nekoliko biohemijskih markera koji mogu objasniti akutni uticaj fizičke aktivnosti na metabolizam kostiju. Biohemijski markeri formiranja koštanog tkiva su: osteokalcin, koštana alkalna fosfataza, N i C propeptidi prokolagena tipa 1. Biohemijski markeri koštane razgradnje su: deoksimiridinolin, piridinolin, N i C telopeptidi (Maimoun et al., 2003). U kontekstu fizičke aktivnosti, izgleda da su ovi biohemijski markeri dovoljno senzitivni da odrede reakciju kosti na vežbanje i posledično doprinose specifičnom uticaju vežbanja na kost. U istraživanjima koja su obuhvatila sportiste (Bell et al., 1988; Nishiyama et al., 1988; Karlsson et al., 1995) pored veće mineralne gustine kostiju, primećene su veće vrednosti biohemijskih markera formiranja koštanog tkiva. Uočeno je da redovno učešće u fizičkim aktivnostima, tokom dužeg perioda, povećava aktivnost tih markera, a oni stimulišu rad osteoblasta i na taj način poboljšavaju mineralnu gustinu kostiju. Dalje, neka istraživanja (Brahm et al., 1997; Ryan & Elahi, 1998) ukazuju na smanjene vrednosti biohemijskih markera koštane razgradnje kod osoba koje se bave sportovima izdržljivosti.

Preporuke o vežbama za prevenciju smanjenja mineralne gustine kostiju

Vežbe imaju esencijalnu ulogu u tretmanu osteoporoze. Anaerobni i aerobni trening se pokazao kao efikasan metod vežbanja za poboljšanje mineralne gustine kostiju (Hind & Burrows, 2007; Roghani et al., 2013; Sirola et al., 2005). Wolffov zakon ukazuje da se kosti životinja i čoveka prilagođavaju na neuobičajeno ili novo mehaničko opterećenje menjajući svoju arhitekturu (Frost, 2001). Koštano tkivo se prilagođava povećanjem aktivnosti osteoblasta na mestima gde se primenjuje mehaničko opterećenje. U suprotnom, bez mehaničkih opterećenja kost će progresivno slabiti usled povećanje resorpcije tkiva u odnosu na rast. Da bi se desilo formiranje kosti, potreban je minimalni esencijalni napon. Minimalni esencijalni napon je minimalni prag potreban za formiranje kosti (Baechle & Earle, 2008; Frost, 2001). Procenjeno je da minimalni

esencijalni napon za ljudsku kost iznosi oko 1/10 napona koji izaziva frakuru kosti (Frost, 2001). Vežbe mogu da obezbede neophodan esencijalni napon koji bi omogućio održavanje i stimulisanje rasta kostiju, i one predstavljaju efektivan tretman osteoporoze kod žena posle menopauze. Svako mehaničko opterećenje deformiše i napreže kost, a veća opterećenja dovode do većeg naprezanja. Kada naprezanje prevaziđe određeni opseg koji je potreban uobičajeno modelovanje kosti, dolazi do povećanja snage kosti i smanjenja narednog naprezanja u tom opsegu. Drugačije rečeno, uobičajeni proces modelovanja kosti se menja, odnosno prilagođava se na novonastala opterećenja koja prevazilaze dotadašnja uobičajena opterećenja. Takva reakcija čini kost dovoljno jakom i održava u optimalnom opsegu naprezanja i ne dozvoljava prevazilaženje tog opsega. Kada je veličina naprezanja ispod nivoa tokom spontanog opterećenja, odnosno kada se takva okolnost može posmatrati kao neupotreba koštanog sistema, proces modelovanja podrazumeva smanjenje gustine kostiju u regiji oko ili uz koštano srž. To dovodi to osteopenije usled neupotrebe koštanog sistema, odnosno do procesa remodelovanja koji se prepoznaje po smanjenju sušterastog tkiva kosti, povećanju šupljine koštane srži, i tanjeg omotača kosti, ali promena promer kosti ostaje nepromenjen. Kada naprezanje prevaziđe taj opseg, remodelovanje počinje da smanjuje ili zaustavlja gubitak gustine kostiju usled upotrebe koštanog sistema. Tako se deluje preventivno na nastajanje osteopenije ili progresiju ako je osteopenija prisutna, i na indirektni ali snažan uticaj na snagu i arhitekturu kostiju koje trpe to opterećenje.

Na kontrolu snage kostiju koje trpe opterećenje utiče više faktora: hormoni, kalcijum, genetika, lekovi, pol, uzrast, vitamini, drugi minerali, neke bolesti, itd. U suštini, većina ovih faktora može pomoći u modelovanju kostiju ali ne mogu zameniti mehanički uticaj i opterećenje. Na primer, na direktnu aktivnost koštanih ćelija, hormoni, kalcijum, vitamin D, genetika, mogu uticati sa oko 3-10%, dok mehaničko opterećenje utiče sa preko 40%. Kiratli (1996) utvrđuje smanjenje koštane mase donjih ekstremiteta paraplegičara usled inaktiviteta za oko 40%, godinama nakon pojave tog stanja, dok se kod gornjih ekstremiteta to nije desilo.

Nisu sve vežbe efektivne u povećanju mineralne gustine kostiju. Dve vrste vežbi koje ne utiču na koštani

sistem (National Osteoporosis Foundation, 2012) su vežbe u kojima nema sudara sa podlogom (npr. vežbe ravnoteže) i u kojima sopstvena masa tela ne predstavlja dodatno opterećenje (vožnja bicikla, plivanje), ali one doprinose prevenciji padova (Guadalupe-Grau et al., 2009; National Osteoporosis Foundation, 2012). Mnogo efektivniji tipovi vežbi podrazumevaju aktivnosti u kojima sopstvena masa tela predstavlja dodatno opterećenje, kao i vežbe sa otporom.

Vežbe sa sopstvenom masom (weight-bearing exercises)

Vežbe sa sopstvenom masom predstavljaju jednu od najefektivnijih formi vežbanja za održavanje ili poboljšanje mineralne gustine kostiju (Gomez-Cabello et al., 2012; Guadalupe-Grau et al., 2009; Howe et al., 2011; Kohrt et al., 2004; National Osteoporosis Foundation, 2012; Ratamess, 2008; Ross & Denegar, 2001). Po Nacionalnoj fondaciji za osteoporozu SAD, vežbe sa sopstvenom masom podrazumevaju aktivnosti suprotstavljanja gravitaciji u uspravnom stojećem stavu (National Osteoporosis Foundation, 2012). Ove aktivnosti mogu biti sa jačim (high-impact) sudarima sa podlogom (npr. skokovi) i slabijim (low-impact) sudarima sa podlogom (npr. hodanje).

Aerobne vežbe, naročito hodanje, predstavljaju najčešći tip aktivnosti zbog lake primene i sigurnosti (Gomez-Cabello et al., 2012; Ross & Denegar, 2001). Evidencije pokazuju da hodanje i trčanje imaju nekoliko pozitivnih efekata na mineralnu gustinu kostiju (Guadalupe-Grau et al., 2009). Različiti rezultati su dobijeni u zavisnosti od trenažnih varijabli korišćenih u tim protokolima. Na primer, bolji efekat na mineralnu gustinu kostiju ima hodanje sa većim intenzitetom i većom pređenom deonicom (Ross & Denegar, 2001). Takođe, bolji rezultati su ostvareni kada se koristio veći intenzitet vežbanja, odnosno jači sudari sa podlogom (Gomez-Cabello et al., 2012), jer je ustanovljeno da jači intenzitet vežbanja izaziva jači efekat na poboljšanje mineralne gustine kostiju kod žena u menopauzi (Guadalupe-Grau et al., 2009). Na primer, skokovi imaju značajan efekat na poboljšanje stanja koštanog sistema dve regije: kukovi i veliki trohanter butne kosti (Howe et al., 2011).

Trening sa otporom (resistance training)

Trening sa otporom je drugi efektivni tip vežbi koji može da utiče na održavanje ili poboljšanje mineralne gustine kostiju (Gomez-Cabello et al., 2012; Guadalupe-Grau et al., 2009; Howe et al., 2011; Kohrt et al., 2004; National Osteoporosis Foundation, 2012; Ratamess, 2008; Ross & Denegar, 2001; Zehnacker & Bemis-Dougherty, 2007). Po Nacionalnoj fondaciji za osteoporozu SAD, trening sa otporom predstavljaju aktivnosti u kojima se telo, teret, ili neki drugi otpor suprotstavlja gravitaciji (National Osteoporosis Foundation, 2012). U nekim vežbama sa otporom, kosti i mišići se suprotstavljaju gravitaciji, a stopala i noge nose sopstvenu masu, i tako ove vežbe možemo svrstati i u vežbe sa sopstvenom masom (na primer skokovi iz čučnja). Sa druge strane, neke vežbe sa različitim položajima tela koje se ne izvode u stojećem stavu (npr. bench press) mogu se posmatrati kao vežbe sa otporom bez sopstvene mase.

Dokazano je da je trening sa otporom potencijalni stimulan za formiranje i održavanje koštane mase (Gomez-Cabello et al., 2012; Zehnacker & Bemis-Dougherty, 2007). Pozitivni efekti su naročito pokazani kod vrata butne kosti, lumbalnog dela kičme (Gomez-Cabello et al., 2012; Howe et al., 2011), i distalnog dela radiusa (Gomez-Cabello et al., 2012). Trening s otporom poboljšava snagu mišića i tako smanjuje rizike od padova kod starijih odraslih osoba (Granacher et al., 2012; Ross & Denegar, 2001). Izgleda da je najefikasnija kombinacija vežbi sa sopstvenom masom sa jačim sudarima sa podlogom, kao što su skokovi, i vežbe sa otporom (Guadalupe-Grau et al., 2009). Hau i saradnici (2011) ukazuju da je program vežbanja u koji su uključeni različiti tipovi vežbi (vežbe sa otporom, vežbe izdržljivosti) imaju značajan utican na mineralnu gustinu kostiju u tri regije: vrat butne kosti, kičme, i velikog trohantera butne kosti.

Vulf i saradnici (1999) pregledom objavljenih članaka o uticaju vežbi na mineralnu gustinu kostiju zaključuju da vežbe utiču preventivno i nadoknađuju koštani gubitak za oko 1% godišnje, kod žena pre i posle menopauze. Bonajuti i saradnici (2002) takođe su izvršili sistematičan pregled objavljenih članaka o uticaju vežbi na mineralnu gustinu kostiju. Ustanovljeno je da aerobne aktivnosti, vežbe sa sopstvenom masom, i trening sa otporom, efikasno poboljšavaju mineralnu gustinu kostiju kičme

i ručnog zgloba. Hau i saradnici (2011) su ažurirali te podatke i potvrdili da su žene posle menopauze, koje su učestvovala u različitim modelima vežbanja, značajno povećale mineralnu gustinu kostiju u odnosu na žene koje nisu učestvovala u vežbanju. Ta studija ukazuje da su dinamičke vežbe sa sopstvenom masom kao što su džoging, skokovi, i vibrirajuće vežbe, poboljšale mineralnu gustinu kostiju kukova. Takođe, oni potvrđuju da vežbe bez nošenja sopstvene mase, kao što su pregibi i opružanja u zglobo kolena, potisci rukama, pregibi u zglobo lakta, veslanje sedeći, i povlačenja rukama, sa velikim opterećenjem poboljšavaju mineralnu gustinu kostiju u lumbalnom delu kičme i u predelu kukova. Isti autori utvrđuju da je za poboljšanje mineralne gustine kostiju najefikasnija kombinacija dinamičkih vežbi sa sopstvenom masom i vežbi sa podizanjem velikog opterećenja. Veliko opterećenje podrazumeva teret koji je 80% od 1RM. Trening snage sa nižim opterećenjem i većim brojem ponavljanja (npr. 16 ponavljanja sa 40% 1RM), nije doveo do dodatnih benefita na mineralnu gustinu kostiju. Treba napomenuti da vežbe sa visokim opterećenjem treba dodavati postepeno u program vežbanja kako bi se izbegle povrede.

Metkalf i saradnici (2001) su sprovedi randomiziranu kontrolisanu studiju o uticaju vežbi na mineralnu gustinu kostiju kod žena posle menopauze. Studija je obuhvatila ispitanike koji su bili podeljeni u nekoliko grupa. Jedna grupa je primala hormonsku supsticionu terapiju (HST), druga je pored HST i vežbala, treća je vežbala bez HST, i četvrta grupa nije ni vežbala ni primala HST (sve grupe su dobijale kalcijum kao dopunu ishrani). Program vežbanja se sastojao iz: vežbi sa sopstvenom masom i sa nošenjem dodatnog tereta (steping, penjanje na stepenice sa dodatim teretom), istezanja (grudni i leđni mišići), jačanja abdominalne muskulature, razvijanja ravnoteže (na jednoj nozi), i jačanja velikih mišićnih grupa (povlačenja rukama, potisci rukama, opružanje trupa, nožni potisci, i čučnjevi). Ispitanici su vežbali tri puta nedeljno tokom jedne godine. Rezultati ove studije ukazuju na povećanje mineralne gustine kostiju za 0,6-2,1% grupa koje su vežbale, a smanjenje gustine za oko 1% kod grupe koja nije vežbala. Grupa koja je pored vežbanja primala hormonsku supsticionu terapiju (HST) je pokazala najveći prirast mineralne gustine kostiju u odnosu na ostale grupe. Ova studija pokazuje

da je kombinacija vežbi sa nošenjem tereta, trening snage (visoko opterećenje), vežbe ravnoteže, HST, i suplementacija kalcijumom, dovela do najvećeg prirasta mineralne gustine kostiju.

Stengel i saradnici (2005) su ispitivali uticaj treninga jakosti i snage na mineralnu gustinu kostiju kod 53 žene posle menopauze. Studija se odnosila na dve grupe; jedna je upražnjavala spori trening sa otporom (4 sekunde koncentrične kontrakcije i 4 sekunde ekscentrične kontrakcije), a druga je upražnjavala brzi trening sa otporom (brza koncentrična kontrakcija i 4 sekunde ekscentrične kontrakcije). Studija je trajala više od godinu dana, sa 4 treninga nedeljno, i to 2 treninga sa otporom, jedan sa gimnastičkim vežbama, i jedan sa vežbama kod kuće. Rezultati ukazuju da je najjači uticaj na kosti kukova i kičme ostavio brzi trening sa otporom. Ova studija je pokazala benefite treninga snage i brzih koncentričnih kontrakcija na mineralnu gustinu kostiju i preventivan uticaj na gubitak te gustine kod žena posle menopauze. Ipak, iako se značajni efekti vežbanja se mogu primetiti nakon 4-6 meseci vežbanja (Gomez-Cabello et al., 2012), promene u mineralnoj gustini kostiju se dešavaju veoma sporo (Adami et al., 2008), pa su i istraživanja koja su utvrđivala uticaj fizičkih aktivnosti na koštani sistem trajala uglavnom oko jedne godine, ili više.

Preporuke o fizičkoj aktivnosti osoba sa problemima u mineralnoj gustini kostiju

Na osnovu prethodnih istraživanja, ali i na osnovu preporuka Američkog koledža sportske medicine (American College of Sports Medicine, 2010) osobe sa problemima u mineralnoj gustini kostiju kategorisane su u dve grupe: prva grupa se odnosi na osobe sa rizikom od nastanka osteoporoze koje se prepoznaju po jednom ili više faktora rizika (smanjena gustina kostiju, ženski pol), i druga grupa koja se odnosi na osobe za dijagnostikovanom osteoporozom.

Kod osoba sa rizikom od nastanka osteoporoze, preporuke su usmerene na očuvanja zdravlja kostiju, i ukazuju da aerobne aktivnosti sa sopstvenom težinom treba da se sprovode 3-5 puta nedeljno, i vežbe sa otporom 2-3 puta nedeljno. Intenzitet vežbanja treba

da bude između umerenih (60%-80% 1RM, 8 do 12 ponavljanja za vežbe sa otporom) do visokih (80%-90% 1RM, 5 do 6 ponavljanja za vežbe sa otporom) sila koje deluju na kosti. Vežbe treba da traju 30 do 60 minuta na dan, uz kombinaciju aerobnih aktivnosti sa sopstvenom masom i vežbi sa otporom. Treba upražnjavati aerobne aktivnosti sa sopstvenom masom (npr. tenis, penjanje/silaženje sa stepenica i šetanje sa intervalnim džogingom), skokove (npr. odbojka, košarka), i vežbe sa otporom (npr. podizanje tegova).

Kod osoba sa dijagnostikovanom osteoporozom, preporuke su usmerene na sprečavanje progresije bolesti, i ukazuju da se aerobne aktivnosti sa sopstvenom masom bi trebalo sprovoditi 3-5 puta nedeljno, i vežbe sa otporom 2-3 puta nedeljno. *Intenzitet vežbanja treba da bude* nizak (40% do < 60% VO₂R ili HRR) za aerobne aktivnosti sa sopstvenom masom, i umeren (60%-80% 1RM 8 do 12 ponavljanja za vežbe sa otporom) za vežbe sa otporom, iako neki individualci mogu biti u stanju da tolerišu intenzivnije vežbe. Vežbe treba da traju 30 do 60 minuta na dan, uz kombinaciju aerobnih aktivnosti sa sopstvenom masom i vežbi sa otporom. Treba upražnjavati aerobne aktivnosti sa sopstvenom masom (npr. penjanje/silaženje sa stepenica i slične aktivnosti), i vežbe sa otporom (npr. podizanje tegova).

Posebne preporuke koje se odnose na prisutnost osteoporoze, ukazuju na to da je teško odrediti kvantitet intenziteta vežbi u kontekstu sila koje deluju na kost. Veličina sile koja deluje na kost se povećava sa povećanjem intenziteta aktivnosti koji se utvrđuje konvencionalnim metodama (npr. %HRR ili % 1RM). Trenutno nema uspostavljenih smernica u vezi sa kontraindikacijama za vežbanje osoba sa osteoporozom. Generalne preporuke ukazuju na to da je potrebno propisati umereni intenzitet vežbanja koji ne izaziva ili pogoršava bol. Eksplozivne pokrete kao i vežbe sa velikim opterećenjem treba izbegavati. Vežbe koje izazivaju uvijanje, savijanje, ili kompresiju kičme takođe treba izbegavati. Mineralna gustina kostiju kičme može biti normalnih ili povećanih vrednosti nakon osteoporotičnih kompresivnih fraktura preloma ili kod osoba sa osteoartritisom kičme. Mineralna gustina kukova je pouzdaniji pokazatelj rizika za osteoporozu od mineralne gustine kostiju kičme. Za starije žene i muškarce sa povećanim rizikom od padova, preporuke za vežbanje takođe treba da obuhvate

aktivnosti koje poboljšavaju ravnotežu. U kontekstu naglih i dubokih efekata imobilizacije i ležanja u krevetu na gubitak gustine kostiju, i loših prognoza za oporavak minerala gustine kostiju nakon remobilizacije, čak i najslabije stare osobe treba da ostanu fizički aktivne onoliko koliko im njihovo zdravlje dozvoljava, kako bi se očuvao integritet kostiju (Nelson et al., 2007; American College of Sports Medicine, 1998).

Rezime

Brojne prethodne studije ukazuju na pozitivan uticaj fizičkih aktivnosti na koštani sistem. Iako najveća pažnja treba da bude usmerena na preventivni uticaj vežbanja u cilju izgradnje snažnih i zdravih kostiju još u mlađem uzrastu, važno je napomenuti da vežbe mogu da deluju i korektivno. Kod odraslih osoba te vežbe utiču na smanjenje stope gubitka gustine kostiju kao na i poboljšanja gustine kod osoba kod kojih su se promene na kostima već desile. U tom kontekstu, decu, naročito onu koja ulaze u ili prolaze kroz pubertet, treba podržati da učestvuju u sportovima udarnog karaktera, odnosno sportova u kojima dolazi do sudara sa podlogom (terenski i kolektivni sportovi). I muškarce i žene tokom celog života treba podržati da učestvuju u regularnim fizičkim aktivnostima, pogotovo u aktivnostima u kojima dolazi do sudara sa podlogom, kao što su trčanje, hodanje, ples, ili sportovi kao što su tenis, kuglanje ili fudbal, itd. Odrasle osobe treba da učestvuju u fizičkim aktivnostima najmanje 30 minuta 3 puta nedeljno. Starije muškarce i žene, koji su u riziku ili skloni padovima, treba podržati u učestvovanju u individualnim programima koji podrazumevaju jačanje snage i ravnoteže.

Na osnovu dostupnih informacija, najbolji efekat na održavanje i stimulaciju formiranja mineralne gustine kostiju ima kombinacija dinamičkih vežbi sa otporom koje angažuju više zglobova, velike mišićne grupe, i opterećuju kičmu i kukove. Rezultati ukazuju da vežbe koje opterećuju telo u uzdužnoj osi, kao što su trčanje, skokovi, i vibrirajuće vežbe, dovode do najvećih efekata na mineralnu gustinu kostiju kukova. Preporučuje se kombinacija vežbi sa nošenjem tereta i vežbi bez nošenja tereta sa početnim opterećenjem koje je 40-67% 1RM i većim brojem ponavljanja, i postepenim povećanjem

opterećenja na 80-85% 1RM sa manjim brojem ponavljanja. Kako bi trening za održavanje i stimulisanje mineralne gustine kostiju imao nabolji efekat, potrebno je da sadrži osnovne principe specifičnosti, opterećenja i progresije. Trening treba da bude usmeren na adaptaciju specifičnog dela tela, treba da bude dovoljno intenzivan i da prevazilazi uobičajena opterećenja, i da bude progresivan i raznolik. Trening takođe treba da bude direktno usmeren na mišićno-koštani sistem u regijama koje su najpodložnije prelomima, kao što su kukovi, kičma i ručni zglobovi. Progresija opterećenja treba da bude spora i postepena kako bi se izbegle povrede, i svi klijenti sa osteoporozom treba da dobiju medicinsko odobrenje za uključenje u program vežbanja. Posebne mere opreza treba preduzeti prilikom dizajniranja programa vežbanja za osobe sa verifikovanim osteoporozom. Ukoliko opterećenje prevazilazi mogućnost kosti da izdrži novi stres, to može dovesti do neželjenih posledica kao što su stres prelomi, upalna stanja, ili kompletni prelomi. Program vežbanja treba da bude dizajniran tako da opterećuje koštani sistem sporo i obezbeđuje dovoljno vremena za rast i adaptaciju. To se može postići malim povećanjem otpora u produženom periodu (npr. 5% nedeljno).

Evidentno je da različiti tipovi vežbanja utiču na održavanje ili povećanje mineralne gustine kostiju. Tip i intenzitet vežbi treba odrediti u odnosu na nekoliko faktora, vodeći računa o generalnom zdravstvenom stanju, prethodnom učešću u fizičkoj aktivnosti, i stanju koštanog sistema vežbača. Da bi trening bio efektivan, prioritet treba dati vežbama sa sopstvenom masom (pogotovo visoko intenzivne aktivnosti) i vežbama sa otporom, pošto te vežbe najviše utiču na poboljšanje mineralne gustine kostiju. Međutim, posebnu pažnju treba obratiti na sigurnost vežbača, pogotovo kod onih koji nisu učestvovali u fizičkoj aktivnosti ili su u njima učestvovali u nedovoljnom obimu. Kod osoba sa rizikom od preloma kostiju, ili kod početnika, na početku procesa vežbanja mogu se primeniti vežbe niskog intenziteta ili vežbe u vodi. Vežbe generalno treba da opterete kukove, kičmu i šake, jer su to regije kod kojih je smanjenje mineralne gustine najizraženije. Na početku programa izvođenje svake vežbe mora biti kontrolisano kako bi se usvojila pravilna tehnika izvođenja, ispunio cilj programa, i obezbedila sigurnost vežbača.

LITERATURA

- Adami, S., Gatti, D., Viapiana, O., Fiore, C., Nuti, R., & Luisetto, G. (2008). Physical activity and bone turnover markers; a cross-sectional and a longitudinal study. *Calcified Tissue International*, 83, 388–392.
- American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM guidelines for exercise testing and prescription*, 8th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.
- American College of Sports Medicine Position Stand. (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 30(6), 992–1008.
- American College of Sports Medicine, Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., Nieman, D.C., & Swain, D.P. (2011). American College of Sports Medicine Position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 43, 1334 – 1359.
- American Thoracic Society and American College of Chest Physicians. (2003). ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 167, 211–217.
- Baechle, T.R. & Earle, R.W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning (3rd ed)*. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 104.
- Bass, S., Delmas, P.D., Pearce, G., Hendrich, E., Tabensky, A., & Seeman, E. (1999). The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is regionspecific. *Journal of Clinical Investigation*, 104, 795 – 804.
- Beck, B.R., & Snow, C.M. (2003). Bone health across the lifespan-exercising our options. *Exercise and Sport Science Review*, 31, 117–122.
- Bell, N.H., Godsen, R.N., Henry, D.P., Shary, J., & Epstein, S. (1988). The effects of muscle-building exercise on vitamin D and mineral metabolism. *Journal of Bone Mineral Research*, 3, 369-73.
- Bessette, L., Ste-Marie, L.G., Jean, S., Davison, K.S., Beaulieu, M., Baranci, M., Bessant, J., & Brown, J.P. (2008). The care gap in diagnosis and treatment of women with a fragility fracture. *Osteoporosis International*, 19, 79–86.
- Bonaiuto, D., Shea, B., Lovine, R., Negrini, S., Robinson, V., Kemper, H.C., Wells, G., Tugwell, P., & Cranney, A. (2002). Exercise for preventing osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD000333.
- Borer, K.T. (2005). Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: Interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Medicine*, 35, 779–830.
- Brahm, H., Strom, H., Piehl-Aulin, K., Mallmin, H., & Ljunghall, S. (1997). Bone metabolism in endurance trained athletes: a comparison to population-based controls based on DXA, SXA, quantitative ultrasound, and biochemical markers. *Calcified Tissue International*, 1997;61:448-54.
- Brynat, R.J., Cadogan, J., & Weaver, C.M. (1999). The new dietary reference intakes for calcium: implications for osteoporosis. *Journal of American College Nutrition*, 18(5), 406S – 412S.
- Burge, R., Dawson-Hughes, B., Solomon, D.H., Wong, J.B., King, A., & Tosteson. (2007). A: Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005–2025. *Journal of Bone Mineral Research*, 22, 465–475.
- Chien, M.Y., Wu, Y.T., Hsu, A.T., Yang, R.S., & Lai J.S. (2000). Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 67, 443–448.
- Cooper, C. (1993). The epidemiology of fragility fractures: Is there a role for bone quality? *Calcified Tissue International*, 53, 23–26.
- Fassler, A.C., Bonjour, J.P. (1995). Osteoporosis as a pediatric problem. *Pediatric Nutrition*, 42, 811 – 821.
- Frost, H. (2001). From Wolff's law to the Utah paradigm: Insights about bone physiology and its clinical applications. *Anatomical Research*, 262, 398–419.
- Frost, H.M. (1988). Vital biomechanics: proposed general concepts for skeletal adaptations to mechanical usage. *Calcification Tissue International*, 42, 145 – 56.
- Gillespie, L.D., Robertson, M.C., Gillespie, W.J., Lamb, S.E., Gates, S., Cumming, R.G. & Rowe, B.H. (2009). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Systematic Review*, 15, CD007146.
- Gomez-Cabello, A., Ara, I., Gonzalez-Aguero, A., Casajus, J.A., & Vicente-Rodriguez, G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults: A systematic review. *Sports Medicine*, 42, 301–325.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., & Gruber, M. (2012). A qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: Impact for testing and training. *Journal of Aging Research*, 708905.
- Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J.A. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39, 439–468.
- Howe, T.E., Shea, B., Dawson, L., Downie, F., Murray, A., Ross, C., Harbour, R., Caldwell, L., & Creed, G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women [review]. *Cochrane Database Systematic Review*, 6, CD000333.
- Howe, T.E., Dawson, L.J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., Harbour, R.T., Caldwell, L.M., & Creed G. (2011). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Systematic Review*, 7, CD000333.
- Hind, K., & Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials. *Bone*, 40, 14–27.
- Hoozemans, M.J., Koppes, L.L., Twisk, J.W., & van Dieen, J.H. (2012). Lumbar bone mass predicts low back pain in males. *Spine (Phila Pa 1976)*, 37, 1579–1585.
- Johnell, O., & Kanis, J.A. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 17, 1726–1733.
- Johnell, O. (1997). The socioeconomic burden of fractures: Today and in the 21st century. *American Journal of Medicine*, 103, 20–26.
- Jordan, K.M., & Cooper, C. (2002). Epidemiology of osteoporosis. *Clinical Rheumatology*, 16, 795–806.
- Karlsson, M.K., & Rosengren, B.E. (2012). Training and bone – From health to injury. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 22, 15–23.
- Karlsson, M.K., Vergnaud, P., Delmas, P.D., & Obrant, K.J. (1995). Indicators of bone formation in weight lifters. *Calcified Tissue International*, 56, 177-80.
- Kiratli, B.J. (1996). Immobilization osteopenia. In Marcus, R., Feldman, D., Kesley, J. (Ed.). *Osteoporosis* (pp. 833-850). Orlando, FL: Academic Press.
- Kohrt, W.M., Bloomfield, S.A., Little, K.D., Nelson, M.E., & Yingling, V.R. (2004). American College of Sport Medicine Position stand: Physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 36, 1985–1996.
- Krall, E., & Dawson-Hughes, B. (1993). Heritable and lifestyle determinants of bone mineral density. *Journal of Bone and Mineral Research*, 8, 1 – 9.

- Link, T.M. (2012). Osteoporosis imaging: State of the art advanced imaging. *Radiology*, 263, 3–17.
- Maimoun L., Lumbroso, S., Manetta, J., Paris, F., Leroux, J.L., & Sultan, C. (2003). Testosterone is significantly reduced in endurance athletes without impact on bone mineral density. *Hormone Research*, 59, 285-92.
- Marshall, D., & Hans, W.O. (1996). Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *British Medical Journal*, 312, 1254–1339.
- Metcalfe, L., Lohman, T., Going, S., Houtkooper, L., Ferreira, D., Flint-Wagner, H., Guido, T., Martin, J., Wright, J., & Cussler, E. (2001). Post-menopausal women and exercise for prevention of osteoporosis. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 5, 6–14.
- McGuigan, F.E., Murray, L., Gallagher, A., Davey-Smith, G., et al. (2002). Genetic and environmental determinants of peak bone mass in young men and women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(7), 1273-9.
- National Osteoporosis Foundation. (2012). *National Osteoporosis Foundation Fast Facts*. Washington, DC: National Osteoporosis Foundation.
- Nelson, M.E., Rejeski, W.J., Blair, S.N., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 39(8), 1435–1445.
- Nishiyama, S., Tomoeda, S., Ohta, T., Higuchi, A., & Matsuda, I. (1988). Differences in basal and postexercise osteocalcin levels in athletic and nonathletic humans. *Calcified Tissue International*, 43, 150-154.
- Osteoporosis Society of Canada. (1996). *Osteoporosis to the Third Millennium: Priorities for Prevention and Treatment*. Summary Report.
- Papaioannou, A., Morin, S., Cheung, A.M., Atkinson, S., Brown, J.P., Feldman, S., Hanley, D.A., Hodsman, A., Jamal, S.A., Kaiser, S.M., Kvern, B., Siminoski, K., & Leslie W.D. (2010). Scientific Advisory Council of Osteoporosis Canada. 2010 clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada: Summary. *Canadian Medical Association Journal*, 182, 1829–1830.
- Prevention of Osteoporosis. <http://www.iofbonehealth.org/patients/public/about-osteoporosis/prevention.html>.
- Ratamess, N.A. (2008). Adaptations to anaerobic training programs. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Baechle TR and Earle RW, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 93–120.
- Report of the Osteoporosis Action Plan Committee to the Ministry of Health and Long-Term Care (2003). *Osteoporosis Action Plan: An Osteoporosis Strategy for Ontario*.
- Robertson, M.C., Campbell, A.J., Gardner, M.M., & Devlin, N. (2002). Preventing injuries in older people by preventing falls: a meta-analysis of individual-level data. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 905–911.
- Roghani, T., Torkaman, G., Movassegh, S., Hedayati, M., Goosheh, B., & Bayat, N. (2013). Effects of short-term aerobic exercise with and without external loading on bone metabolism and balance in postmenopausal women with osteoporosis. *Rheumatology International*, 33, 291–298.
- Ross, M.D., & Denegar, C.R. (2001). Effect of exercise on bone mineral density in postmenopausal women. *Strength and Conditioning Journal*, 23, 30.
- Ryan, A.S., & Elahi, D. (1998). Loss of bone mineral density in women athletes during aging. *Calcified Tissue International*, 63, 287-292.
- See Tai, S., Parsons, T., Rutherford, O., & Liffle, S. (2009). Physical activity for preventing and treating osteoporosis in men. *Cochrane Database Systematic Review*, 1, 1–5.
- Sirola, J., Tuppurainen, M., Honkanen, R., Jurvelin, J.S., & Kroger, H. (2005). Associations between grip strength change and axial postmenopausal bone loss – a 10-year population-based follow-up study. *Osteoporosis International*, 16, 1841–1848.
- Stengel, S.V., Kemmler, W., Pintag, R., Beeskow, C., Weineck, J., Lauber, D., Kalender, W.A., & Engelke, K. (2005). Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*, 99, 181–188.
- Teoman, N., Ozcan, A., & Acar, B. (2004). The effect of exercise on physical fitness and quality of life in postmenopausal women. *Maturitas*, 47, 71–77.
- U.S. Department of Health and Human Services. (2004). *Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General*. Rockville (MD): U.S. Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General.
- Watts, N.B., Adler, R.A., Bilezikian, J.P., Drake, M.T., Eastell, R., Orwoll, E.S., & Finkelstein, J.S. (2012). Osteoporosis in men: An endocrine society clinical guideline. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 97, 1802–1822.
- Wolff, I., van Croonenborg, J.J., Kemper, H.C., Kostense, P.J., & Twisk, J.W. (1999). The effect of exercise training programs on bone mass: A meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 9, 1–12.
- Zehacker, C.H., & Bemis-Dougherty, A. (2007). Effect of weighted exercises on bone mineral density in post menopausal women. A systematic review. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 30, 79–88.
- Zerwekh, J.E., Ruml, L.A., Gottschalk, F., & Pak, C.Y.C. (1998). The effects of twelve weeks of bed rest on bone histology, biochemical markers of bone turnover, and calcium homeostasis in eleven normal subjects. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13, 1594–1601.
- Zittermann, A., Sabatschus, O., Jantzen, S., Platen, P., Danz, A., Dimitriou, T., et al. (2000). Exercise-trained young men have higher calcium absorption rates and plasma calcitriol levels compared with age-matched sedentary controls. *Calcified Tissue International*, 67, 215-9.

Datum prijave rada: 28.04.2014.

Datum prihvatanja rada: 15.01.2015.

Kontakt

Bojan Međedović, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad, Radnička 30a

E-mail: bojan.medjedovic@tims.edu.rs

Romana Romanov, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad, Radnička 30a

E-mail: romana.romanov@tims.edu.rs

Zoran Đokić, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad,

Radnička 30a

E-mail: zoran.djokic@tims.edu.rs

Dušan Perić, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad,

Radnička 30a

E-mail: dusan.peric@tims.edu.rs

Zlatko Ahmetović, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad,

Radnička 30a

E-mail: zlatko.ahmetovic@tims.edu.rs