

Originalni naučni rad

Uticaj vrste sporta, sedmičnog fizičkog opterećenja i indeksa tjelesne mase na vrijednosti markera koštanog metabolizma elitnih sportistkinja

**Nenad Ponorac¹,
Tanja Šobot¹,
Nela Rašeta²**

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, Katedra za fiziologiju, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

²Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, Katedra za patološku fiziologiju, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Primljen – Received: 17/03/2018
Prihvaćen – Accepted: 18/09/2018

Adresa autora:
Prof. dr Nenad Ponorac
Sime Miljuša 28 A, 78 000 Banja Luka
nenad.ponorac@med.unibl.org

Copyright: ©2018 Ponorac N, et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

Kratak sadržaj

Uvod. Cilj ovog istraživanja je bio da se odrede koncentracije markera koštanog metabolizma (srednji fragment osteokalcina i β -CrossLaps) u serumu sportistkinja koje se bave različitim sportovima, kao i njihova povezanost sa vrstom sporta, sedmičnim fizičkim opterećenjem i indeksom tjelesne mase.

Metode. Od ukupno 111 ispitanica 78 su bile elitne sportistkinje dok su kontrolnu grupu činile 33 studentkinje medicinskog fakulteta slične dobi. Iz studije su isključene sportistkinje sa bilo kojom vrstom menstrualne neregularnosti (N = 18). Tako je uzorak činilo 27 sportistkinja koje se bave sportovima igara sa loptom, 11 atletičarki i 22 sportistkinje koje se bave plesom.

Rezultati. Sportistkinje iz grupe igara sa loptom imale su značajno veći indeks tjelesne mase i značajno duži sportski staž u odnosu na druge dvije grupe, dok su sportistkinje iz grupe plesa imale i značajno najmanje sedmično fizičko opterećenje. Utvrđena je statistički značajna razlika u vrijednostima koštanih markera osteokalcina ($49,55 \pm 16,83$ vs. $36,13 \pm 7,26$; $p = 0,001$) i β -CrossLaps ($0,75 \pm 0,25$ vs. $0,53 \pm 0,14$; $p = 0,001$) između sportistkinja i ispitanica kontrolne grupe. Sportistkinje koje se bave igrama sa loptom su imale veći osteogeni efekat u odnosu na one koje se bave atletikom i plesom ($p < 0,05$). Pokazana je značajna povezanosti između sedmičnog fizičkog opterećenja i indeksa tjelesne mase sa vrijednostima koštanih markera.

Zaključak. Hronična fizička aktivnost ispoljava osteogeni efekat što potvrđuje koncentracija serumskog osteokalcina koji je značajno povezan sa sedmičnim fizičkim opterećenjem.

Cljučne riječi: koštani markeri, osteokalcin, β -CrossLaps, sport

Uvod

Kost je metabolički veoma aktivno tkivo, u kojem se kontinuirano odvija remodelovanje, proces koji obuhvata izgradnju kosti posredovanu osteoplastnom aktivnošću i razgradnju kosti djelovanjem osteoklasta. U fiziološkim uslovima formiranje kosti tijesno prati njenu razgradnju održavajući ravnotežu koštanog metabolizma i ukupnu masu kosti [1]. Ukupna koštana masa omogućava skeletu da obavlja svoje ključne uloge: mehaničku podršku tijelu, dinamičku ravnotežu kalcijuma i fosfata,

te hematopoezu [2]. Narušavanjem ove ravnoteže dolazi do nesklada u koštanom metabolizmu i posljedične promjene koštane mase. Osteoporoza je progresivni metabolički poremećaj kosti, koji se karakteriše gubitkom koštane mase i remećenjem arhitektonike koštanog tkiva te prijetećim stres frakturama [3]. Poznato je da na njenu pojavu utiče vrijednost maksimalne koštane mase postignute do kraja treće dekade života [4]. Proces remodelovanja je precizno regulisan relativnom ravnotežom između uticaja unutrašnjih i spoljašnjih faktora. Važni unutrašnji faktori, koji doprinose porastu koštane mase, su anabolički efekti hormona rasta i insulinu sličnog faktora rasta (engl. insulin like growth factor-I – IGF-I), te antiresorptivno djelovanje estrogena za koje je neophodan očuvan menstrualni ciklus [5]. Dokazano je da fizički aktivne sportistkinje češće pate od hipotalamičke funkcionalne amenoreje koja ima negativan uticaj na koštanu masu te značajno umanjuje pozitivne efekte fizičke aktivnosti na kost [4]. Zato su u ovom istraživanju uzete u obzir samo sportistkinje sa urednim menstrualnim ciklusom.

Spoljašnji faktori koji utiču na proces remodelovanja su ishrana i fizička aktivnost, odnosno mehaničko opterećenje kosti. U kontekstu fizičke aktivnosti posebnu ulogu ima aktivnost sa podnošenjem sopstvene težine tzv. „weight bearing“ aktivnost koja dovodi do najvećeg osteogenog impakta. Uticaj ovih faktora može objasniti varijacije i do 20% maksimalne koštane mase ispitnica sličnih karakteristika [2, 6-8].

Više studija je pokazalo da aktivne sportistkinje imaju veću koštanu mineralnu gustinu (engl. body mass density – BMD) nego nesportistkinje [8, 9]. Međutim, različite vrste fizičke aktivnosti, intenzitet i dužina trajanja uzrokuju i različite promjene u koštanom metabolizmu, što je bila i polazna osnova ovog istraživanja [10]. Uz fizičku aktivnost, pozitivan uticaj na prirast koštane mase u mladosti imaju i optimalan unos kalcijuma, vitamina D i proteina, optimalan indeks tjelesne mase te veći procenat bezmasne mase tijela [5]. Tako je i ovaj posljednji faktor uzet kao parametar praćenja u našoj studiji.

Dijagnostički standard za određivanje koštane mase i dijagnozu osteoporoze predstavlja vri-

jednost BMD. Pozitivan nalaz osteodenzitometrije predstavlja kasni efekat narušene ravnoteže u remodelovanju kosti i daje samo statičku sliku stanja koštanog sistema [11]. Praćenjem koncentracija različitih molekula u krvi i urinu, koji se oslobađaju tokom procesa koštanog remodelovanja, omogućava procjenu pravca metabolizma kosti (resorpcije ili formiranja kosti) mnogo ranije nego li one budu vidljive mjerenjem BMD. Zajedničkim imenom ovi se molekuli nazivaju biohemijski markeri koštanog metabolizma (engl. bone metabolism markers) ili koštani markeri (engl. bone markers) [12]. Oni mogu, takođe, dati rane informacije o poremećenom sticanju koštane mase u pubertetu i adolescenciji, a imaju i prognostičku vrijednost u odnosu na pojavu stres fraktura [12, 13]. U kliničke i istraživačke svrhe se koristi nekoliko različitih koštanih markera. Jedan od najsenzitivnijih markera formiranja kosti je serumski osteokalcin (OC), najvažniji nekolageni sialoprotein koštanog matriksa. Tokom osteosinteze produkuju ga osteoblasti. U dijagnostičke svrhe se određuje njegov srednji, N-MID fragment pošto je u punom obliku nestabilan [14]. Više od 90% organskog matriksa kosti čini kolagen tipa I. Razgradni produkt C terminalnog telopeptid kolagena tipa I, fragment β -CTx (β -CrossLaps), je visoko specifičan pokazatelj razgradnje kosti [15]. Oba ova markera su korišćena u našem istraživanju.

Prema dostupnoj literaturi, veoma mali broj istraživanja je proučavao metabolizam kosti mladih eumenoreičnih sportistkinja prateći vrijednosti markera koštanog metabolizma. To se posebno odnosi na uporedive grupe u kojima se nalaze sportistkinje angažovane u različitim vrstama sportova. Prvi cilj ove studije je bio odrediti pravac metabolizma kosti mladih sportistkinja koje su pod hroničnim uticajem fizičke aktivnosti u odnosu na nesportistkinje određivanjem koncentracija koštanih markera. Drugi cilj je bio da se ispita postojanje razlika u koštanom metabolizmu u odnosu na vrstu mehaničkog stimulusa (vrstu sporta), stepen sedmičnog fizičkog opterećenja, kao i u odnosu na indeks tjelesne mase. Rezultati bi govorili u prilog zdravstvene vrijednosti bavljenja pojedinim vrstama sportova. Pretpostavili smo da će hronična fizička aktivnost/bavljenje

sportom usmjeriti metabolizam kosti u pravcu formiranja, kao i da će sportistkinje sa većim sedmičnim opterećenjem i optimalnom vrijednosti indeksa tjelesne mase imati veći osteogeni efekat.

Metode rada

Ispitanice. Od ukupno 111 ispitanica 78 su bile sportistkinje koje se bave različitim vrstama sportova, koji na različite načine utiču na koštani metabolizam. Sve su bile u dobi između 17 i 20 godina. U vrijeme uzimanja uzoraka za analizu sve sportistkinje su bile na kraju takmičarske sezone, tako da je kumulativni efekat fizičke aktivnosti na kost bio najveći. Ispitanice su popunile upitnik o zdravstvenom stanju (Medical History Questionnaire) preporučeni od strane Američkog koledža sportske medicine u svrhu skrininga poremećaja zdravlja [16]. Kriterijumi isključivanja iz studije su bili postojanje menstrualnih disfunkcija, upotreba hormonske terapije u svrhu regulacije menstrualnog ciklusa, upotreba oralnih kontraceptiva ili lijekova koji utiču na koštani metabolizam. Iz studije je isključeno 18 sportistkinja zbog prisustva menstrualnih disfunkcija. Ostalih 60 sportistkinja i sve nesportistkinje su bile eumenoreične. Sportistkinje su podijeljene u tri podgrupe: 27 u grupi igara sa loptom, 11 atletičarki i 22 u grupi plesa. Kontrolnu grupu su činile 33 studentkinje medicinskog fakulteta, slične dobi, koje se aktivno ne bave sportom. Svim ispitanicama su date pisane informacije o ciljevima, toku i mogućim neželjenim efektima istraživanja, a sve su prije početka istraživanja dale pismenu saglasnost za učestvovanje u istraživanju i bile podvrgnute opštem ljekarskom pregledu. Maloljetne ispitanice dobile su pismeno odobrenje roditelja za učešće u studiji.

Svim ispitanicama su izmjerene antropometrijske karakteristike (visina, težina, indeks tjelesne mase - BMI), a sportistkinje su dale podatke o sportskom stažu i sedmičnom fizičkom opterećenju.

Biohemijske analize. Uzorci krvi su uzimani minimalno 48 h nakon posljednjeg fizičkog napora, tako da se izbjegao akutni efekat fizičke aktivnosti na koštani metabolizam. Uzorak krvi dobijen je venepunkcijom brahiocefalične vene,

na tašte, u jutranjim časovima između 8 i 9 h. Krv je odmah po vađenju centrifugirana, odvojen serum i odmah zamrznut na -20°C do analiziranja. Uzorci su prije zamrzavanja pregledani na pojavu hemolize da bi se izbjegao uticaj eritrocitne proteaze na osteokalcin i na nivo β -CrossLaps (preporuka proizvođača). Nakon prikupljanja uzoraka seruma od svih ispitanica urađena je analiza specifičnih koštanih markera. Određen je nivo srednjeg, najstabilnijeg, fragmenta osteokalcina (N-MID osteokalcin) i β -CrossLaps elektroluminiscentnom imunohemijskom metodom (ECLIA immunoassay) na automatskom aparatu Elecsys 2010 (Roche Diagnostics GmbH, Njemačka). Korišćen je i reagens kit Roche Diagnostics GmbH. Sve analize urađene su na Katedri za fiziologiju Medicinskog fakulteta u Banjaluci u saradnji sa Zavodom za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju „Dr Miroslav Zotović“, Banja Luka.

Dobijene vrijednosti su statistički obrađene upotrebom SPSS 20 programa određivanjem standardnih statističkih varijabli deskriptivne statistike (srednja vrijednost i standardna devijacija) i inferencijalne statistike (t-test i analiza varijanse).

Rezultati

Tabela 1 prikazuje deskriptivne osobine uzorka. Grupe ispitanica se nisu statistički razlikovale po starosnoj dobi ali su se razlikovale po vrijednostima BMI, dužini sportskog staža i sedmičnom fizičkom opterećenju u proteklom jednogodišnjem period. Sportistkinje iz grupe igara sa loptom imale su statistički značajno veće ($p < 0,001$) vrijednosti indeksa tjelesne mase u odnosu na one iz druge dvije grupe sportova. Isto tako, ove sportistkinje su imale statistički značajno duži sportski staž u odnosu na druge dvije grupe. Sportistkinje iz grupe plesa su imale statistički značajno najmanji ($p < 0,05$) obim sedmičnog fizičkog opterećenje, koji je u ovom istraživanju uzet kao jedan od parametara poređenja u odnosu na markere koštanog metabolizma.

Da bi se ispitaio uticaj same fizičke aktivnosti, ali i različitih oblika hroničnog fizičkog opterećenja na koštani metabolizam vršena su višestruka poređenja. Vrijednosti oba markera, osteokalcina i β -CrossLaps su bile statistički značajno veće

($p < 0,001$) u ukupnoj grupi svih sportistkinja u odnosu na kontrolnu grupu. Zatim su poređene vrijednosti markera koštanog metabolizma u podgrupama sportistkinja međusobno, te u odnosu na nesportistkinje. Koncentracije serumskog osteokalcina i β -CrossLaps bile su statistički značajno veće ($p < 0,01$) u svim podgrupama sportistkinja pojedinačno u odnosu na kontrolnu grupu. Takođe, vrijednost osteokalcina, markera izgradnje kosti je bila statistički značajno veća kod sportistkinja podgrupe igara sa loptom u odnosu na grupu plesačica (Tabela 2).

Iznesene su brojne tvrdnje da tjelesna kom-

pozicija, odnosno indeks tjelesne mase ima uticaj na stepen fizičkog opterećenja skeleta (weight bearing efekat) pa tako i na sam koštani metabolizam. Da bi provjerili ove tvrdnje uporedili smo vrijednosti ovih parametara. Upoređene su vrijednosti koštanih markera kod sportistkinja sa vrijednostima BMI većim od 20 kg/m^2 i manjim od te vrijednosti što teži prema granici pothranjenosti. Sportistkinje koje su imale vrijednosti BMI veće od 20 kg/m^2 imale su statistički veće koncentracije oba markera koštanog metabolizma u odnosu na sportistkinje sa manjim BMI (Tabela 3).

Stepen fizičkog opterećenja skeleta je izražen

Tabela 1. Deskriptivne karakteristike grupa

	Grupa			
	Igre s loptom N=27	Atletika N=11	Ples N=22	Kontrolna N=33
Godine starosti	20,34 \pm 2,68	18,06 \pm 4,11	18,23 \pm 2,91	20,44 \pm 0,51
BMI, kg/m^2	22,31 \pm 1,88 ^a	19,29 \pm 1,31	19,44 \pm 1,82	21,17 \pm 2,45
Fizičko opterećenje, h/sedmično	12,22 \pm 2,53	12,72 \pm 5,15	9,61 \pm 5,01 ^b	0
Sportski staž, godine	9,40 \pm 3,11 ^c	5,22 \pm 4,81	6,88 \pm 3,10	0

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm SD.

^a $p = 0,001$ za poređenje grupe igre sa loptom sa grupom atletika i ples

^b $p = 0,05$ za poređenje grupe ples sa grupom igre sa loptom i grupom atletika

^c $p = 0,01$ za poređenje grupe igre sa loptom sa grupom atletika i ples

Tabela 2. Koncentracije markera koštanog metabolizma u grupama sportistkinja i kontrolnoj grupi

	Sportistkinje (svi sportovi) N=60	Igre sa loptom N=27	Atletika N=11	Ples N=22	Kontrola N=33
Osteokalcin, ng/ml	49,55 \pm 16,83 ^a	54,64 \pm 19,44 ^{b,c}	49,20 \pm 18,30 ^c	45,74 \pm 13,25 ^c	36,13 \pm 7,26
β -CrossLaps, ng/ml	0,75 \pm 0,25 ^a	0,79 \pm 0,23 ^c	0,76 \pm 0,32 ^c	0,73 \pm 0,25 ^c	0,53 \pm 0,14

^a $p = 0,001$ za poređenje sportistkinja (svi sportovi) sa kontrolnom grupom

^b $p = 0,031$ za poređenje grupe Igre sa loptom sa grupom Ples

^c $p = 0,01$ za poređenje grupa Igre sa loptom, Atletika i Ples sa kontrolnom grupom

Tabela 3. Koncentracije markera koštanog metabolizma u grupama sportistkinja u odnosu na vrijednosti indeksa tjelesne mase (BMI) i sedmično fizičko opterećenje

		Broj ispitanica	Osteokalcin ng/ml	β -CrossLaps ng/ml
BMI	< 20 kg/m^2	37	55,57 \pm 16,74 ^a	0,85 \pm 0,27 ^b
	> 20 kg/m^2	23	45,71 \pm 15,95	0,69 \pm 0,23
P			0,030	0,020
Sedmično fizičko opterećenje	< 8 h/sedmično	44	56,31 \pm 13,53 ^c	0,82 \pm 0,18
	> 8 h/sedmično	16	47,25 \pm 17,36	0,73 \pm 0,27
P			0,072	0,142

i sedmičnim fizičkim opterećenjem sportistkinja, odnosno brojem sati treniranja i takmičenja u proteklom jednogodišnjem periodu. Kao graničnu vrijednost smo uzeli 8 sati sedmičnog fizičkog opterećenja. Statističkom analizom smo pronašli da su sportistkinje koje su bile fizički opterećenije od 8 sati sedmično imale i veće vrijednosti markera koštanog metabolizma, tj. intenzivniji koštani metabolizam. Razlika nije statistički značajna, ali se približava i iznosila je ($p < 0,072$). Ovakav rezultat ukazuje na pozitivan, osteogeni pravac koštanog metabolizma u odnosu na sedmično fizičko opterećenje (Tabela 3).

Diskusija

Koštano tkivo, nije samo okvir za ostatak čovjekovog tijela. Skelet igra mnogo značajniju ulogu. Kost kao kalcifikovano vezivno tkivo je osjetljivo na različite mehaničke stimuluse, kojima se prilagođava. Široko je prihvaćena činjenica da je porast koštane mase usljed bavljenja sportom uglavnom rezultat adaptacije kosti na povećan mehanički stimulans [17]. Koštano tkivo posjeduje specifični mehanoreceptor kojim započinje proces adaptacije na mehanički stres [18]. Mehanička sila tokom fizičke aktivnosti djeluje na skelet uticajem sile podloge (tzv. sila gravitacije ili sila reakcije podloge) ili posredno preko kontrakcije skeletnih mišića (tzv. sila reakcije mišića i zglobova) [19]. Međutim, i drugi faktori, kao što su biohemijske i metaboličke promjene doprinose skeletnoj adaptaciji na fizičku aktivnost [20]. Pošto su promjene skeletne mase rezultat sporo-djelujućih (slow-acting) metaboličkih procesa remodelovanja kosti, prodiskutovaćemo o najvažnijim rezultatima našeg istraživanja uticaja hronične fizičke aktivnosti na koštani metabolizam.

Najbolji uvid u fiziološki uticaj sporta/ fizičke aktivnosti na koštani sistem dalo nam je praćenje nivoa koštanih markera kod sportistkinja sa očuvanim menstrualnim ciklusom koje se bave različitim vrstama sportova u odnosu na kontrolnu grupu nesportistkinja. Na taj način smo posmatrali adaptaciju koštanog metabolizma na različite mehaničke stimuluse. Posmatrajući vrijednosti koštanih markera našli smo brži ukupni koštani metabolizam u grupi svih eumenoreičnih

sportistkinja u odnosu na kontrolnu grupu. Oba markera, i formiranja (osteokalcin) i resorpcije kosti (β -CrossLaps) bili su statistički značajno veći kod sportistkinja ($p < 0,001$) nego u kontrolnoj grupi. Isto tako, svaka podgrupa sportistkinja je imala statistički značajno veći nivo oba markera u odnosu na kontrolnu grupu. Pošto ubrzan koštani metabolizam prati i proces rasta skeleta u pubertetu, to može da maskira uticaj fizičke aktivnosti na nivo koštanih markera, posebno serumskog osteokalcina [17]. Međutim, značajan porast serumskog osteokalcina samo u podgrupama sportistkinja slične dobi sa nesportistkinjama, može da ukaže na pozitivan učinak sporta u smislu pojačane izgradnje kosti.

Generalno, tip sporta ima mnogo veći uticaj na koštani metabolizam nego pol sportiste. Isto tako, intenzitet treninga i takmičarski nivo moraju se uzeti u obzir pri tumačenju rezultata [21]. Iako sve tri vrste sportova u našem istraživanju spadaju u tzv. aktivnosti sa podnošenjem tjelesne težine ili „weight bearing“ aktivnosti, vrijednost osteokalcina je bila najveća u grupi sportistkinja koje igraju sa loptom ($54,64 \pm 19,44$ ng/ml) u odnosu na grupu atletičarki ($49,20 \pm 18,38$) i plesačica ($45,74 \pm 13,25$). Ova razlika je bila statistički značajna poredeći podgrupu igre sa loptom i podgrupu ples. Ovakav nalaz se poklapao i sa sedmičnim fizičkim opterećenjem. Sportistkinje iz grupe plesačica su imale ujedno statistički značajno manje sedmično fizičko opterećenje u odnosu na druge dvije grupe sportistkinja ($p < 0,05$). Tako možemo pretpostaviti da je pored mehaničkog efekta samog bavljenja sportom na osteogenezu imao uticaj i stepen mehaničkog sedmičnog opterećenja koštanog sistema.

Da bi se potvrdila ova pretpostavka uporedili smo vrijednosti nivoa sedmičnog fizičkog opterećenja u svim podgrupama sportistkinja u odnosu na vrijednosti koštanih markera. Kao granicu smo uzeli vrijednost od 8 h sedmičnog fizičkog opterećenja. Pronašli smo da je u grupi sportistkinja koje su se sportom bavile manje od 8 h sedmično ($N = 16$) vrijednost koštanih markera bila manja nego kod sportistkinja koje su bile fizički aktivne više od 8 h ($N = 44$). Razlika nije bila statistički značajna, ali je vrijednost p bila 0,072) što se približava statističkoj značajnosti. Ovo govo-

ri u prilog pretpostavke da pored vrste fizičkog opterećenja i stepen sedmičnog opterećenja igra ulogu u pravcu metabolizma kosti.

Mnoge studije su pokazale rezultate slične našim i potvrdile pozitivan učinak hronične fizičke aktivnosti na izgradnju kosti. Creighton i saradnici [22] su pronašli veći nivo serumskog osteokalcina i višu BMD na mjestima opterećenja, kod sportistkinja uključenih u sportove sa velikim impaktom na kost (košarka, odbojka), nego kod plivača (non-impaktni sport) i nesportista. Jürimäe i saradnici [23] su takođe pokazali porast serumskog osteokalcina i BMD elitnih veslača na specifičnim mjestima (ruke) nakon hroničnog opterećenja u trajanju od 6 mjeseci, a Bell sa saradnicima [24] je prikazao 44% veće vrijednosti osteokalcina kod mladih body-bildera nego kod nesportista. Osteogeni efekat sportova sa mehaničkim opterećenjem skeleta su potvrdili i Mohr i saradnici [21] poredeći vrijednosti markera koštanog metabolizma kod netreniranih osoba koje su se bavile 15 nedjelja fudbalom u odnosu na plivanje. Takođe, i nekoliko drugih studija, koje su ispitivale markere formiranja i resorpcije kosti, je pokazalo prisutan ubrzan ukupni koštani metabolizam fizički aktivnih osoba i značajan porast serumskog osteokalcina u odnosu na nesportiste ili fizički manje aktivne osobe [25-27]. Slično je potvrđeno i u našem istraživanju pošto su vrijednosti serumskog β -CrossLaps bile na statistički višem nivou kod sve tri grupe sportistkinja ($p < 0.01$) u odnosu na kontrolu. Poznato je da je početak remodelovaja kosti vezan za pojačanu resorpciju i početni porast serumskog β -CrossLaps [28, 29].

Pozitivni efekti fizičke aktivnosti na kost mogu biti umanjeni narušenim hormonalnim statusom ili negativnim energetske balansom [30-32]. Negativan energetski balans najbolje se potvrđuje mjerenjem tjelesne kompozicije ili određivanjem indeksa tjelesne mase. Normalne vrijednosti indeksa tjelesne mase (od 20-25kg/m²) ukazuju na povoljan uticaj tjelesne mase na koštani sistem. Smanjene vrijednosti BMI idu u prilog pothranjenosti, a granica je postavljena na 18,5 kg/m². U našem istraživanju nije bilo dovoljno sportistkinja koje su imale BMI ispod ove vrijednosti da bi formirale grupu za statistička poređenja, ali je

bilo dovoljno ispitanica koje su imale vrijednost BMI manju od 20 kg/m² (N = 23). Poredeći vrijednosti koštanog markera u grupi ispitanica sa BMI manjim od 20 i grupu ispitanica čiji je BMI bio veći od 20 pronašli smo značajne razlike u vrijednostima koštanog markera. Vrijednost oba markera je bila statistički značajno manja u grupi ispitanica sa manjim vrijednostima BMI. Ovo je ukazalo da negativan energetski balans, praćen smanjenjem vrijednosti BMI i vjerovatno smanjenjem procenta mišićnog tkiva, ima manji osteogeni efekat, smanjenim opterećenjem sopstvenom težinom, a vjerovatno i smanjenim efektom trakcije od strane mišićnog tkiva. Do sličnog rezultata je došla i nedavna studija Ambroszkiewicz-a i saradnika [33] kojom je utvrđeno da eumenoreične djevojke adolescentne dobi koje imaju manji BMI imaju veće vrijednosti markera razgradnje kosti CTX, a manje vrijednosti osteokalcina. Slične tvrdnje je pokazala i nedavna studija Thralls-a i saradnika [34] u kojoj su potvrdili da smanjene vrijednosti opštih antropometrijskih indeksa (BMI i IBW) mogu biti prediktori smanjene vrijednosti BMD kod aktivnih sportistkinja. Ovakvi nalazi idu u prilog našoj tvrdnji, iako se u navedenoj studiji radilo o fizički neaktivnim djevojkama. Isto tako naše dvije podgrupe sportistkinja sa različitim vrijednostima BMI su pripadale različitim sportovima pa je potrebno dodatno istraživanje da bi se potvrdila ova pretpostavka.

Ograničenje naše studije je bila nemogućnost mjerenja BMD i utvrđivanje morfološkog statusa kosti, pa smo zato ostali uskraćeni za konačnu potvrdu naše hipoteze o efektu različitih vrsta sportova, opštih antropoloških indeksa i stepena fizičkog opterećenja na kost. Sa druge strane jasno smo pokazali biohemijski pravac remodelovanja kosti pod uticajem navedenih faktora.

Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata možemo zaključiti da je koštani metabolizam ubrzan u grupi eumenoreičnih sportistkinja u odnosu na kontrolnu grupu, odnosno ide u pravcu formiranja kosti. Posebno je izražen efektat na povećanje serumskog osteokalcina što potvrđuje hipotezu o prevazi formiranja kosti usljed uticaja hronič-

ne fizičke aktivnosti. Pored toga, različite vrste sportova na različit način utiču na koštani metabolizam. Veći stepen sedmičnog fizičkog opterećenja pozitivno utiče na koštanu izgradnju. Vrijednost BMI u rangu normalnih vrijednosti

takođe pozitivno utiče na pravac formiranja kosti, pokazujući veći osteogeni efekat.

Autori izjavljuju da nemaju sukoba interesa.
The authors declare no conflicts of interest.

Literatura

1. Olmedillas H, Gonzalez-Agüero A, Rapún-López M. Bone metabolism markers and vitamin D in adolescent cyclists. *Arch Osteoporosis* 2018;13:11.
2. Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Lippi G. Bone Metabolism Markers in Sports Medicine. *Sports Med* 2010;40 (8): 697-714.
3. Harding A T, Beck B R. Exercise, Osteoporosis, and Bone Geometry. *Sports* 2017;5:29.
4. Gracia-Marco L, Vicente-Rodríguez G, Valtuena J, Rey-Lopez JP, Díaz Martínez AE, Mesana MI, et al. Bone mass and bone metabolism markers during adolescence: The HELENA Study. *Horm Res Paediatr* 2010;74:319-28.
5. Misra M. Bone density in the adolescent athlete. *Rev Endocr Metab Disord* 2008;9:139-144.
6. Janz KF, Letuchy EM, Eichenberger Gilmore JM, Burns TL, Torner JC, Willing MC, Levy SM . Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42 (6):1072-8
7. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. American College of Sports Medicine Position Stand: physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36 (11):1985-96.
8. Vlachopoulos D, Barker A R, Williams CA, Arngrimsson SK, Knapp K M, Metclaf BS. Impact of Sport Participation on Bone Mass and Geometry. *Med Sci Sport Exerc* 2017;49(2):317-26.
9. Torstveit MK, Sundgot-Borgen J. Low bone density is two to three times more prevalent in non-athletic premenopausal women than in elite athletes: a comprehensive controlled study. *Br J Sport Med* 2005;39:282-7.
10. Vlachopoulos D, Barker AR, Williams CA, Knapp KM, Metcalf BS, Gracia-Marco L. Effect of a program of short bouts of exercise on bone health in adolescents involved in different sports: the PRO-BONE study protocol. *BMC Public Health* 2015;15:361.
11. Redman L, Louks A. Menstrual disorders in athletes. *Sports Med* 2005;35:747-55.
12. Vlot MC, den Heijer M, de Jongh RT, Vervloet MG, Lems WF, de Jonge R, Obermayer-Pietsch B, Heijboer AC. Clinical utility of bone markers in various diseases. *Bone* 2018;114:215-25.
13. Čelapek I, Čvorišćec D. Biochemical markers of bone remodeling. *Biochemia Medica* 2009;19 (1):17-35.
14. Claudon A, Vergnaud P, Valverde C, Mayr A, Klaus U, Garner P. New Automated Multiplex Assay for Bone Turnover Markers in Osteoporosis. *Clinical Chemistry* 2008;54:1554-63.
15. Kaczmarek A, Nowak A, Leszczynski P. Bone Mineral Density and Biochemical Markers of Bone Metabolism in Women Engaging in Recreational Horseback Riding. *J Phys Act Helth* 2016;13(5):520-4.
16. Kaminsky LA. ACSM Health related physical fitness assessment manual. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health and Lippincott Williams&Wilkins. 2014.
17. Maimouna L, Sultana Ch. Effects of physical activity on bone remodeling. *Metabolism* 2011;60:373-88.
18. Gombos G, Bajsz V, Pék E, Schmidt B, Sió E, Molics B, Betlehem J. Direct effects of physical training on markers of bone metabolism and serum sclerostin concentrations in older adults with low bone mass. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17:254-68.
19. Kohrt W, Barry D, Schwartz R. Muscle Forces or Gravity: What Predominates Mechanical Loading on Bone? *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:2050-5.
20. Scott A, Khan K M, Duronio V, David A, Hart D. Mechanotransduction in Human Bone: In Vitro Cellular Physiology that Underpins Bone Changes with Exercise. *Sports Med* 2008;38(2):139-60.
21. Mohr M, Helge E W, Petersen LF, Lindenskov A, Weihe P, Mortensen J, Jørgensen NR, Krstrup P. Effects of soccer vs swim training on bone formation in sedentary Middle aged women. *Eur J Appl Physiol*, 2017;115:2671-9.
22. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol* 2001;90:565-70.
23. Jürimäe J, Purge P, Jürimäe T, von Duvillard SP. Bone metabolism in elite male rowers: adaptation to volume-extended training. *Eur J Appl Physiol* 2006;97(1):127-32.
24. Bell NH, Godsen RN, Henry DP, Shary J, Epstein S. The effects of muscle-building exercise on vitamin D and mineral metabolism. *J Bone Miner Res* 1988;3:369-73.

25. 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.
26. Karlsson KM, Karlsson C, Ahlberg HG, Valdimarsson O, Ljunghall S. The duration of exercise as a regulator of bone turnover. *Calcif Tissue Int* 2003;73:350-5.
27. Maimoun L, Coste O, Puech AM, Peruchon E, Jausent A, Paris F, et al. No negative impact of reduced leptin secretion on bone metabolism in male decathletes. *Eur J Appl Physiol* 2008;102:343-51.
28. Jurimae J, Jurimae T. Bone metabolism in young female athletes: a review. *Kinesiology* 2008; 40 (1):39-49.
29. Szulc P, Naylor K, Hoyle N R, Eastell R E, Leary T. Use of CTX-I and PINP as bone turnover markers: National Bone Health Alliance recommendations to standardize sample handling and patient preparation to reduce pre-analytical variability. *Osteoporosis Int* 2017;28 (9):2541-56.
30. Papageorgiou M, Dolan E, Elliott-Sale K, Sale C. Reduced energy availability: implications for bone health in physically active populations. *Eur J Nutr* 2018;57:847-59.
31. 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;29:5-16.
32. Barnoskya A, Kroegera C M, Trepanowskia J F, Klempelel MC, Bhutania S, Hodhya K, Gabela K. Effect of alternate day fasting on markers of bone metabolism: An exploratory analysis of a 6-month randomized controlled trial. *Nutr Healthy Aging* 2017;4:255-63.
33. Ambroszkiewicz J, Gajewska J, Rowicka G, Klemarczyk W, Chelchowska M. Assessment of Biochemical Bone Turnover Markers and Bone Mineral Density in Thin and Normal-Weight Children. *Cartilage* 2017;9(3):255-62.
34. Thralls KJ, Nichols JF, Barrack MT, Kern M, Rauh MJ. Body Mass-Related Predictors of the Female Athlete Triad Among Adolescent Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016; 26(1):17-25.

Effect of type of sport, weekly physical exertion and body mass index on values of bone turnover markers in elite female athletes

Nenad Ponorac¹, Tanja Šobot¹, Nela Rašeta²

¹University of Banja Luka, Faculty of Medicine, Department of Physiology, Banja Luka, The Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

²University of Banja Luka, Faculty of Medicine, Department of Pathophysiology, Banja Luka, The Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Introduction. The aim of the study was to determine the level of bone turnover markers (serum middle fragment of osteocalcin and β -CrossLaps) in young female athletes involved in different sports, as well as to determine the relation between bone turnover markers (BMT) and type of sports activity, weekly physical exertion and body mass index.

Methods. Out of a total of 111 female participants, 78 of them were elite athletes while the control group consisted of 33 female students of the faculty of medicine, of a similar age. Athletes with any kind of menstrual irregularity (N=18) were excluded from the study. Therefore, the sample was comprised of 27 basketball and handball players, 11 middle- and long-distance runners and 22 dancers.

Results. Athletes belonging to ball game group had significantly greater body mass index and sport experience compared to the other two groups, while the dancers had the lowest weekly physical exertion. There was a statistically significant difference in serum level of osteocalcin bone markers (49.55 ± 16.83 vs. 36.13 ± 7.26 ; $p = 0.001$) and β -CrossLaps (0.75 ± 0.25 vs. 0.53 ± 0.14 ; $p = 0.001$) between female athletes and the control group respondents. Ball game players had a greater osteogenic effect compared to runners and dancers ($p < 0.05$). Furthermore, the results revealed significant connection between weekly physical exertion and body mass index on the one hand and BMT level on the other hand.

Conclusion. Chronic physical activity exerts an osteogenic effect, which is made evident by the concentration of serum level of osteocalcin significantly connected with weekly physical exertion.

Keywords: bone turnover markers, osteocalcin, β -CrossLaps, sport