

---

Анита Шолаја<sup>1</sup>,  
Даријан Ујсаси<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>Универзитет у Новом Саду, Факултет спорта и физичког васпитања  
Владан Пелемиш<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>Универзитет у Београду, Учитељски факултет

Прегледни рад  
Методичка теорија и пракса број 1/2019.  
УДК: 796.42:616.71  
стр. 63 - 76

## ПРЕГЛЕД ИСТРАЖИВАЊА МЕРЕЊА МИНЕРАЛНЕ ГУСТИНЕ КОСТИЈУ КОД СПОРТИСТА

**Сажетак:** Истраживање је имало за циљ да изврши преглед досадашњих истраживања везаних за густину костију код атлетичара, разлике између густине костију мереним на различитим анатомским регијама, као и разлике у густини костију код атлетичара који се баве различитим атлетским дисциплинама. Резултати истраживања указали су да врхунски атлетичари имају већу густину костију од неспортиста и спортиста који се баве спортовима ниског и средње ударног карактера. Такође је установљено да је код врхунских атлетичара, различита густина костију мерена на различитим анатомским локалитетима узрокована специфичностима дисциплине којом се баве. Активно бављење атлетским дисциплинама доприноси повећању густине кости и што има пресудну улогу у превенцији остеопорозе.

**Кључне речи:** тркачи, скакачи, бацачи, минерална густина кости.

## УВОД

Физичка активност може имати важну улогу у развоју масе кости током детињства и адолесценције, као и у одржавању масе скелета код младих особа (MacKelvie, Taunton, McKay & Khan, 2000). Механичка оптерећења до којих долази приликом вежбања, доказано мењају или одлажу смањење коштане масе (Smith & Giligan, 1991). Овај закључак се заснива на истраживањима у којима млади спортисти имају већи дензитет кости него њихови вршњаци који се не баве физичком активношћу (Kichver, Lenjis, & O'Connor 1996; Grimston, Njillonjs & Hanley 1993; Šolaja, A., Šolaja M. & Обрадовић, 2014; Rubin, Schirduan, Gendrevy, Sarfarazi, Mendola & Dalsku, 1993), као и на истраживањима да је повећање масе кости код старијих адолесцената повезано са већим нивоом физичке активности (recker, Davies, Hinders, Heaney, Slegman & Kimmel, 1992).

Физичка активност може преносити снагу на кост преко два механизма, а то су мишићно истезање и стимулациони притисак који се врши на тело, тако да оба механизма могу повећати минерални дензитет костију (енг.БМД) (Рамезанпоур, Махмoudib & Ghuchanic, 2013). Како коштаном ткивом показује одговарајућу адаптацију на повећано оптерећење скелета повећањем своје масе, дензитета, физичких и структурних карактеристика (снага, чврстина, капацитет абсорпције енергије), чини се да је узраст у коме се почне са тренингом пресудан. Уколико се са применом тренажног процеса почне пре или током пубертета, утицај је бољи (Kannus, Hanpasalo, Sankdo, Sievänen, Pasanen, Heinonen et al., 1995). Осим ове функције током младости, физичка активност игра важну улогу у очувању нормалне структуре и функционалне чврстине кости током целог живота. Смањена физичка активност или дуготрајно лежање у кревету код тешко оболелих лица, као и време проведено у безтежинском стању што сећемо код астронаута, доводи до наглог и значајног смањења дензитета кости (Chesnut, , 1993; Sibonga, Evans, Sung, Spector, Lang, Otanov, et al., 2007).

Активно бављење спортом у периоду када се постиже врхунац коштане масе може довести до адаптивних промена које побољшавају архитектуру костију као што су густина и геометријска својства кости (Tenforde & Fredericson, 2011). Истраживања су показала да је минерална густина кости код спортиста (БМД) знатно већа него код особа које се не баве спортом, и да је највећа густина костију код спортиста који се баве активностима високо ударног карактера, односно спортовима који укључују трчање, скакање и дизање тегова као што су атлетика, гимнастика, фудбал, тенис и други (Calbet, Mousi, Dorado, & Rodriguez, 2004; David, Greene, Gevaldine & Haughton, 2006; Petersen, Hastingsc & Gottschald, 2017). Чак и приликом интензивног тренажног процеса долази до повећања густине кости (Бајић, З., Понорац, Рашета и Бајић, Ђ., 2010). На спортску високо ударну активност даје позитиван одговор у смислу адаптације (Fredericson, Chenj, Ngo, Cleek, Karatli, & Cobb, 2007). Уколико је у питању тренинг са оптерећењем, тада то оптерећење доводи до одређеног притиска на кост

чиме се врши подстицај за процес ремоделовања и структурног прилагођавања кости (Mosti, Carlsen, Aas, Hoff, Stunes, Suversen., 2014; Yung, Lai, Tung, Tsui, Njong, Hung & Qin, 2005; Miltrom, Finestone, Simkin, Ekenman, Mendelson, Millgram et al., 2000). Према томе, један од веома важних фактора у постизању високе вредности минералне густине кости јесте врста спорта (Andreoli, Montedeone, Van Loan, Promenzio, Tarantino, De Lorenzo, et al., 2001). Разлике између спортова могу се делимично објаснити различитим моделима утицаја који су карактеристични за сваки спорт (Schinkel-Ivu, Burkhar & Andrenjs, 2014).

Тренинг снаге у скакачким и бацачким атлетским дисциплинама може значајно допринети повећању лумбалног дела БМД кичменог стуба, фемура и целокупног тела јер долази до промењивог оптерећења различите кости, тако да олакшавастимулациони праг формирања кости (Ramezanpour, ;ax,pidob, & Ghuchani, 2013).

Остеопороза је поремећај скелета узрокован губитком коштане масе (Post, Cremers, Kerbusch & Canhof, 2010). То је болест коју карактеришу ниска коштане маса, прогресивно погоршање коштаног ткива и поремећај микроархитектуре костију које може довести до смањења снаге костију и повећања ризика од прелома (НИХ, 2001). Мерење минералне густине кости (Боне минерал денситу– БМД) методом двоструке апсорпциометрије Х-зрака (дуал енергу Х-рау абсорпциометру – ДХА) сматра се златним стандардом за дијагнозу остеопорозе (Јелић, Стефановић, Петронијевић, & Анђелић – Јелић, 2008). Остеопороза седефинише као стање код којег се коштане маса смањује за 2,5 стандардне девијације од оне која је код младих и здравих особа истог пола (ЊХО, 1994),односно када је ДХА Т-сцоре  $\leq -2,5$ , а остеопенија када је  $> -2,5$  али  $< -1,0$  (Lash, Harrison, McCort, Nicholson & Velez, 2010).

Коштано ткиво се континуирано губи ресорпцијом и обнавља формацијом те губитак костију настаје ако је брзина ресорпције већа од брзине формирања (Sözen, Özişik, & Başaran, 2017).Остеопороза је заправо последица дисбаланса у ремоделовању кости на рачун појачаних катаболичких процеса где је појачана функција остеокласта, а смањена остеобласта (Несторовић, Рашић, Јанићијевић Худомал, & Мирић, 2013).Маса кости се моделује, односно расте и добија свој коначни облик, од рођења до одраслог доба. Коштана маса достиже свој врхунац у пубертету и након тога почиње губитак коштане масе (Sözen, Özişik, & Başaran, 2017). Ризик од остеопорозе расте са годинама живота, а опасност од остеопоротичних прелома је највећа код особа старијих од 80 година (Delmas & Fraser, 1999).

Истраживања на људима и животињама су утврдила да физичка активност може значајно (40-50%) да повећа минерални дензитет (БМД - боне минерал денситу) и минерални садржај кости (БМЦ – боне минерал цонтент) здраве кости (Kannus, Jozsa, Renström, Järvoten, Квист, Ленто, et al., 1992). Подаци из бројних студија показују да физичка активност повећава минерални дензитет костију (Petersen, Hastings, Gottschall, 2017; Bolam, Skinner, Sad, Adlard, Taaffe., 2016; Barru & Kohrt, 2008).

Превенција остеопорозе и остеопоротичних фрактура јесте константно повећавање

максималног пика коштане густине односновршне вредностигустине кости (Heinoven, Sievanen, Kannus et al., 2000). Уколико постоји неки хормонални поремећај, неадекватна исхрана или се јави синдром пренапрезања позитивни ефекти физичке активности која обухвата оптерећење скелета високим интензитетом, на густину костију се не могу уочити (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson & Yingling, 2004).

Идеја истраживања је указивање на минерализацију кости код врхунских атлетичара с обзиром на атлетску дисциплину.

## МЕТОД

За израду рада употребљена је дескриптивна метода, потрекљена теоријским анализама и уопштавањем. Ова метода је коришћена јер подразумева равноправан третман емпиријских и теоријских истраживања, тј.индуктивни и дедуктивни приступ у закључивању. Објединили су се примарни и секундарни извори, страна стручна и научна литература, стручни реферати, претрага интернет домена и електронских часописа. Приликом претраге истраживања спроведених од стране домаћих и страних аутора, коришћене су следеће базе података: PubMed, Medline, Google Scholar, DOAJ KOBSON, Crossref i HINARI. Претраживани су били часописи из области медицине, медицине спорта и спортских наука.

## ДИСКУСИЈА

Механизми којима физичка активност повећава масу кости су у великој мери непознати. На основу истраживања на животињама, утицај тренинга се највероватније преноси стимулацијом активности остеобласта и формацијом нове кости и вероватно не тако интензивном инхибицијом активности остеокласта и ресорпције кости (Kannus, Jozsa, Renström, Järvoten, Kvist, Lento., 1992; Yeh, Ligu & Alova, 1993).

Трчање, скакање и бацања су основни природни покрети који представљају базу већине осталих спортова, али су они централни у атлетици. Дисциплине трчања варирају од спринта (од 60метара до 400 метара) до трчања на средње и дуге пруге (1,500, 5,000 и 10,000 метара), маратона, као и дисциплине које укључују трчања преко препона (100 метара препоне – жене, 110 метара препоне - мушкарци, 400м препоне и 3000 м стипл). Бацачке дисциплине обухватају бацање кугле, диска, копља и кладива а скакачке хоризонталне (скок у даљ и троскок) и вертикалне (скок у вис и скок мотком) скокове.

Атлетика је спорт који захтева интензивну активност у доњим екстремитетима током тренажног процеса и невероватно је ефикасна за добијање мишићне масе, тако да су веће вредности минералне густине кости на доњим екстремитетима поткрепљене литературом (Faustino-da-Silva, Ragostinete, Njerneck, Maillane-Vanegas, Lunch, Edžupério, et al., 2018).

Тренинг на тврдим површинама врши веће оптерећење кости па се од скакача веће

вредностиминералне густине костимогу довести у везу са њиховим честим доскоком на тврде површине(Ramezanzpour, Махmoudib, &Ghuchani, 2013).

Приликом спринта локомоторни систем тркача, првенствено кости, трпе велико оптерећење, нарочитостопало и доњи екстремитети,јер они први имају контакт са подлогом односно стазом. Приликом трчања пик ударне силе обично достиже магнитуде у вредности већим 1,5 пута од тежине тела прималим брзинама ( $\approx 2$  м/ с) трчања и повећава се до 3 путаод тежине тела при већим брзинама ( $\sim 7$ м/с). Активни пиковисиле која делује од подлоге (енг.GRF-ground reaction force) обично досежу магнитуде од 2,5-2,8 пута веће од тежине тела и такође се повећавају са брзином трчања(Грабоњски &Крам, 2008).Обзиром да је минимално оптерећење потребно за стимулацију костију двоструко више одтелесне тежине или мало више, тако да се осигура гранична вредност за стимулацију коштаных целија (Zanker, Gannon, Cooke, Gee, Loldroud & Truscott, 2003), вероватно је да се приликом трчања при већим брзинама, односно спринту, врши стална стимулација костију. Због механичког утицаја стазе у атлетици, теоретски, може се побољшати БМД унапређујући стрес коштаног матрикса и произвести битне промене у расту коштане структуре (Faustino-da-Silva, Agostinete, Njerneck, Maillane-Vanegas, Lunchm Есžуперіо, ет ал., 2018).

Са друге стране, бацачи приликом бацања справе такође значајно користе ноге и то тако да бутна кост и њени различити делови трпе притисак целог тела. Сам кинетички ланац покрета почиње ногама, затим се снага преносинаторзо и на крају, у фази избачаја се снага и брзина преносе на руку. Због тога, бацачи имају већу минералну густину костијуод тркача на средње и дуге пругејер приликом бацања врше ротациони покрет, доскок, скок и нагло заустављање, односно фиксирање за подлогу (Ramezanzpour, Махmoudib, & Ghuchani, 2013).

Стварање максималане силе у кратком временском периоду је карактеристично за бацачке и скакачке дисциплине (Bennell, Malcolm, Khan, Thomas, Reid, Brukner, Ebeling ет ал., 1997).У већини атлетских дисциплина, тренажни процес осим трчања, обухвата различите врсте скокова, како у висину тако и у дубину.Научник Фрост је 60-тих година прошлог века, дефинисао тзв.Механостат теорију према којој мишићи са бољом инервацијом узрокују веће напрезање костију, односно повећану коштану формацију (Фрост, 1996). Према Беннеллу и сарадницима (1997), много је већи ефекат ако се на кост делује стимулусом високог интензитета, него ако је физичка активност ниског интензитета, а дугог времена трајања. Ако ове тврдње Фроста (1996) и Бенелла и сарадника (1997), применимо на атлетичаре, можемо закључити да они који се баве спринтерским, скакачким и бацачким дисциплинама имају услед своје активности, већи „импацт”утицај на кости у односу на дугопругаше, односно, једино трчање на средње и дуге пруге није активност високо-ударног карактера, те имају нижу феморалну БМД у поређењу са скакачима и бацачима. Разлог може бити да се тркачи на дуге пруге не излажу довољно великом оптерећењу како би се обезбедио одговарајући механички стимуланс за кости, тако да притисак и удар стопала о подлогу приликом трчањаније довољно значајан да стимулише ремоделирање скелетних целија. Осим тога, тркачи на

средње и дуге пруге због карактеристике дисциплине, у тренажном процесу примењују конзистентан волумен оптерећења, тако да се кост адаптира на то оптерећење (Ramezanzpour, Mahtoudib & Ghoushani, 2013).

У студији спроведеној на атлетичарима узраста од 17 до 26 година и испитаника који се не баве спортом, мерени су коштани минерални садржај (БМЦ) и минерална густина кости (БМД). Резултати су показали да су атлетичари који се баве дисциплинама у којима је доминантна снага, имали већи БМД доњих екстремитета, лумбалне кичме и горњих екстремитета ( $p < .05$ ) у односу на оне који се не баве спортом. Тркачи на средње и дуге пруге су имали већи БМД него неспортисти на местима мереним само на доњим екстремитетима ( $p < .05$ ). Највеће разлике су уочене у минералном дензитету костију на местима која позитивно одговарају на механичка оптерећења, односно вежбањем. Атлетичари и атлетичарке које се баве дисциплинама у којима је доминантна снага имали су већу вредност коштаног садржаја мереног на лумбалној кичми него дугопругаши. Током 12 месеци код свих испитаника (укључујући и контролну групу која се не бави спортом) уочено је скромно, али значајно повећање коштаног садржаја (енг. Bone Mineral Content) и БМД фемура ( $p < .001$ ) (Bennell et al., 1997). Максимални ефекат на минералну густину и садржај кости се може постићи путем тренинга снаге (Ruan, Ivey, Hurlbut, Мартел, Леммер et al., 2004) и спортисти који се такмиче у спортовима снаге, као што су дизање тегова и спортови у којима су заступљени скокови, имају бољу коштану масу и структуру у поређењу са особама које се не баве спортом, у свим старосним групама (Суоминен, 2006).

Утврђено је да атлетичари који се баве бацачким и скакачким дисциплинама имају већи БМД него они који се баве дугим пругама. Schmitt и сарадници (Schmitt Friebe, Sphender & Sabo, 2005) су истраживали минерални дензитет кости путем двоструке апсорпциометрије X-зрака (dual energy X-ray zbsorptometry - DHA ili DENA). Они су дошли до резултата по којима су бацачи и скакачи су имали већи БМД од тркача на дуге пруге. Дензитет кости мерен на лумбалној кичми је био већи код бацача, скакача са мотком, скакача у даљ и троскокаша у односу на маратонце. Различити типови механичког оптерећења, узроковани различитим дисциплинама којима се баве, су изгледа довела, до статистички значајне разлике густине костију лумбалне кичме између атлетичара који се баве бацањима и скоковима у односу на маратонце. Поред тога, трчање је повезано са повећањем густине костију, посебно на директно погођеним подручјима (Fredericson, Shenj, Ngo, Cleek, Kiratli & Cobb, 2007) што је потврдио у својој студији McKelvi са сарадницима (2000), који је у својој студији утврдио да трчање на дуге пруге, са тренажним обимом од 80 км недељно, има позитиван ефекат на густину костију и то на проксималном крајку фемура. Ову тврдњу су такође потврдили и резултати истраживања Njhittington, Schoen, Labountu, Намсу, Ramdu, Rimseu, Stone, et al. (2009), који су утврдили да бацачи имају већи коштани дензитет у поређењу са атлетичарима који се баве другим дисциплинама. У њиховој студији вредности БМД су биле незнатно веће мерене на доминантној руци у односу на руку

којом не бацају. Међутим, врло је вероватно да су веће вредности минералне густине кости биле условљене константним и специфичним тренингом снаге са теговима, карактеристичним за ову популацију.

Код врхунских атлетичара, скакача, троскокаша, препонаша и спринтера, без обзира што је дошло до мишићне асиметрије, односно, разлике у јачини мишића леве и десне ноге, углавном узроковане различитим оптерећењем због саме природе дисциплине којом се баве, такође је утврђен позитиван ефекат активности високо – ударног карактера на одржавање снаге костију током живота (Ireland, Korhonen, Heinonen, Suominen, Vaur, Stevens et al., 2011). То даље потврђују Tenforde и Freericson (2011), који су дошли до закључка да је бављење спортовима који укључују скокове, повезано са повећаном густином костију и промењеном геометријом костију у анатомским регионима одговорним за одређене покрете, карактеристичне за сваки спорт понаособ.

Када се минерална густина костију поредила између врхунских атлетичара и рукометаша, значи два спорта високо ударног карактера, атлетичари су имали већу минералну густину костију ( $0.732 \text{ г/цм}^2$ ) у односу на рукометаше ( $0.690 \text{ г/цм}^2$ ), иако та разлика није била на статистички значајном нивоу (Шолаја, А., Шолаја, М & Обрадовић, 2017).

Velez, Zhang, Stone, Perera, Miller & grenspan (2008) су у својој студији закључили да су у поређењу са пливачима и неспортистима, тркачи су имали већи тотални БМД ( $p < .05$ ). Густина петне кости (мерена QUS-ом, енг. Quantitative Ultrasound) је такође била статистички већа код тркача него код осталих испитаника у овом истраживању, док је БМД кука, интертрохантера и  $1/3$  дисталног радиуса такође била већа код тркача него код пливача.

Са друге стране, Kemmler, Engelke, Auminn, Beeskonj, von Stengel, Njenneck, et al., (2006) су ДЕХ-ом упоређивали тркаче и неспортисте и то не само на специфичним подручјима него и на не специфичним анатомским локалитетима. У њиховом истраживању, тркачи су имали статистички значајно већу минералну густину кости на специфичним анатомским локалитетима који одговарају на задата оптерећења путем тренажног процеса у атлетици, а то су петна кост, доњи екстремитети, глава бутне кости, карлица и трабекуларна лумбална кичма. Минерална густина кости на неспецифичним анатомским локалитетима као што су ребра, горњи екстремитети и лобања су били виши код тркача али не на статистички значајном нивоу. Упоредјујући кошаркаше, фудбалере, пливаче, атлетичаре – спринтере и скакаче и одбојкаше, Станфортх је са својим сарадницима (2016) дошао до закључка да је разлика у минералном садржају и минералном дензитету кости између спортова високо – ударног (хигх импацт) и ниско – ударног (нон импацт) карактера велика, док је разлика у наведеним параметрима између спортиста који се баве спортовима високо – ударног карактера мала (Stanforth, Lu, Stults-Kolehmainen, Crim & Stanforth, 2016).

Некада, бављење спортом, нарочито код дугих пруга, маратона и ултра маратона може да има негативне последице на кости спортиста. Једна од ретких студија

спроведених на ултра маратонцима, указује да трчање од око 250км, индукује промене у РАНК/РАНКЛ/ОПГ интеракцији, што указује на пролазно раздвајање у процесу метаболизма кости (односно ремоделовања), повећање коштане ресорпције и потиснуто формирање кости (Kerschhan-Schindl, Thalmann, Sodeck, Skenderi, Matalas, Grampp, et al., 2009).

У опширној студији која је обухватала 560 спортиста, где је просечна старост износила 65,9 година, утврђена је виша вредност минералног коштаног садржаја, код спортиста који су се бавили спортовима наглашеног ударног карактера, као што су кошарка, одбојка, трчање и триатлон, у односу на друге спортове који нису наглашеног ударног карактера. Позитиван ефекат упражњавања овакве врсте спортова, уочен је и код најстаријих испитаника (90 година) у овом истраживању (Leingey, Irring, Francis, Cohen & Njright, 2009).

Чак и 20 година после активног бављења врхунском атлетиком, минерални садржај кости код ових спортиста је био већи у односу на особе које су се бавиле спортом ниско-ударног карактера (Andreoli, Celi, Volpe, Copre & Rarantino, 2012).

Важно је напоменути и да квалитет кости који се достигао вежбањем не може трајно да се одржава уколико се то не одржава физичком активношћу касније у животу (Rautava, Lehtonen-Veromaa, Kautiainen & Kajander, 2007).

Са друге стране, смањена густина костију значајно повећава ризик од стрес фрактура костију (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson & Yuingling, 2004) које долазе најчешће као резултат хроничног репетитивног тренинга и могу бити различитог нивоа, од најобичније реакције кости на стрес до фрактуре кортикалне кости (Matheson, Clement, McKenzie, Taynton, Loud-Smitx & MacInture, 1987). Повреде овог типа, односно стрес фрактура костију, заузимају значајно место у укупном броју повреда код атлетичараса инциденцом до 21%, где је највише регистровано повреда тибие и метатарзалне кости (Nattiv, Kennedy, Barrack, Abdelkerim, Goolsby, Arends, & Seeger, 2013).

Корист од физичке активности се може уочити и у терапији прелома. Кноблоцх и сарадници (Knobloch, Schreinbmyller, Jagodžinski, Zeicxen i Krettek, 2007) су дали приказ случаја двадесетдвогодишње дугопругашице, која је имала стрес-прелом сакралне кости. Након почетне симптоматске терапије лековима против болова, и мировања од две недеље, постепено је почела са лакшом физичком активношћу у виду ходања (60-90 минута дневно) током наредне две недеље. Наставила је са умереном физичком активношћу, да би се седме недеље од дијагнозе прелома вратила трчању. У почетку је тренинг био мањег интензитета, а касније се повећавао. То је био један од ретких случајева у којем се применио овај вид терапије и у којем се спортиста тог калибра вратио на тркачке стазе у тако релативно кратком временском периоду.



## ЗАКЉУЧАК

Резултати истраживања указали су да врхунски атлетичари имају већу густину костију од неспортиста као и од спортиста који се баве спортовима ниског и средње ударног карактера. Такође је установљено да је код врхунских атлетичара, различита густина костију мерена на различитим анатомским локалитетима узрокована специфичностима дисциплине којом се баве. Највише позитиван утицај на кости атлетичара има активно бављење скакачким, бацачким и спринтерским дисциплинама. Најмањи, а некада и негативан ефекат на минерални садржај кости може имати активно бављење средњим и дугим пругама, а поготово маратоном и ултра маратоном. Код атлетичара који се баве овим дисциплинама, уочен је највећи број стрес фрактура стопала и потколенице, као и најмања минерална густина кости у односу на атлетичаре који се баве другим дисциплинама.

На основу наведених истраживања, може се закључити да бављење атлетиком, посебно дисциплинама као што су спринт, скокови и бацања имају позитиван ефекат на минералну густину кости што има пресудну улогу у превенцији остеопорозе.

## Литература

1. Andreoli, A., Celi, M., Volpe, S. L., Sorge, R. & Tarantino, U. (2012). Long-term effect of exercise on bone mineral density and body composition in post-menopausal ex-elite athletes: a retrospective study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(1), 69-74.
2. Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Promenzio, L., Tarantino, U., & De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 507-511.
3. Bajić, Z., Ponorac, N., Rašeta, N. i Bajić, Đ. (2010). Uticaj fizičke aktivnosti na kvalitet kosti. *Sportlogia* 6(1), 7-13.
4. Barry, D. W. & Kohrt, W. M. (2008). Exercise and the preservation of bone health. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 28(3), 153-162.
5. Bennell, K. L., Malcolm, S. A., Khan, K. M., Thomas, S. A., Reid, S. J., Brukner, P. D., et al., (1997). Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls: a 12-month longitudinal study. *Bone*, 20(5), 477-484.
6. Bolam, K. A., Skinner, T. L., Sax, A. T., Adlard, K. N. & Taaffe, D. R. A. (2016). Comparison of Bone Mineral Density in Amateur Male Boxers and Active Non-boxers. *International Journal of Sports Medicine*, 37(9), 694-699.
7. Calbet, J. A., Moysi, J. C., Dorado, C. & Rodriguez, I. P. (2004). Bone Mineral Content and Density in Professional Tennis Players. *Calcified Tissue International*, 62, 491-466.
8. David, A., Greene, A., Gevaldine, A. & Naughton, M. (2006). Adaptive Skeletal Responses to Mechanical Loading During Adolescence. *Sports Medicine*, 36(9), 723-732.
9. Delmas, P. D. & Fraser, M. (1999). Strong bones In later life: luxury or necessity?

- Bulletin of the World Health Organization. *The International Journal of Public Health*, 77(5), 416-422.
10. Faustino-da-Silva, Y., Agostinete, R. R., Werneck, A. O., Maillane-Vanegas, S., Lynch, K. R., Exupério, I. N., et al. (2018). Track and Field Practice and Bone Outcomes among Adolescents: A Pilot Study (ABCD-Growth Study). *Journal of bone metabolism*, 25(1), 35–42.
  11. Fredericson, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J. & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 664–668.
  12. Grabowski, A. M. & Kram, R.(2008). Effects of Velocity and Weight Support on Ground Reaction Forces and Metabolic Power During Running. *Journal of Applied Biomechanics*, 24, 288-297.
  13. Grimston, S. K., Willows, N. D. & Hanley, D. A. (1993). Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 25(11), 1203-1210.
  14. Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M. & Vuori, I. (2000). High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Internatioanal*, 11(12), 1010-1017.
  15. Ireland, A., Korhonen, M., Heinonen, A., Suominen, H., Baur, C., Stevens, S., et al., (2011). Side-to-side differences in bone strength in master jumpers and sprinters. *Musculoskelet and Neuronal Interactions*, 11(4), 298-305.
  16. Jelić, Đ., Stefanović, D., Petronijević, M. & Anđelić Jelić, M. (2008). Why dual X-ray absorptiometry is the gold standard in diagnosing osteoporosis. *Vojnosanitetski Pregled*, 65(12), 919–922.
  17. Kannus, P., Hanpasalo, H., Sankdo, M., Sievänen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., et al. (1995). Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Annals of Internal Medicine*, 123(1), 27-31
  18. Kannus, P., Jozsa, L., Renström, R., Järvtöen, M., Kvist, M., Lento, M. et al., (1992). The effects of training, immobilization and remobilization on musculoskeletal tissue. 2. Remobilization and prevention of immobilization atrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science i Sports*, 2(3), 110-118.
  19. Kemmler, W., Engelke, K., Baumann, H., Beeskow, C., von Stengel, S., Weineck, J. et al., (2006). Bone status in elite male runners. *European Journal of Applied Physiologi*, 96(1), 78-85.
  20. Kerschman-Schindl, K., Thalmann, M., Sodeck, G. H., Skenderi, K., Matalas, A. L., Grampp, S, et al., (2009). A 246-km continuous running race causes significant changes in bone metabolism. *Bone*. 45(6), 1079-1083.
  21. Kirchner, E. M., Lewis, R. D. & O'Connor, P. J. (1996). The effect of past gymnastics participation on adult bone mass: A cross sectional study. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 226-232.
  22. Knobloch, K., Schreibmueller, L., Jagodzinski, M., Zeichen, J. & Krettek, C. (2007).

- Rapid rehabilitation programme following sacral stress fracture in longdistance running female athlete. *Archives Orthopaedic and Trauma Surgery*, 127(9), 809-813.
23. Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E. & Yingling, V. R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1985-1996..
  24. Lash, R. W., Harrison, R. V., McCort, J. T., Nicholson, J. M., Velez, L. (2011). *Osteoporosis: Prevention and Treatment. Guidelines for Health System Clinical Care*. Michigan: University of Michigan; Updated July 2010. Revised December 2011.
  25. Leigey, D., Irrgang, J., Francis, K., Cohen, P. & Wright, V. (2009). Participation in high-impact sports predicts bone mineral density in senior olympic athletes. *Sports Health*, 1(6), 508-513.
  26. MacKelvie, K. J., Taunton, J. E., McKay, H. A. & Khan, K. M. (2000). Bone mineral density and serum testosterone in chronically trained, high mileage 40–55 year old male runners. *British Journal of Sports Medicine*, 34(4), 273-278.
  27. Matheson, G. O., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Taunton, J. E., Lloyd-Smith, D. R. & MacIntyre, J. G. (1987). Stress fractures in athletes. A study of 320 cases. *American Journal of Sports Medicine*, 15(1), 46-58.
  28. Milgrom, C., Finestone, A., Simkin, A., Ekenman, I., Mendelson, S., Millgram, M., et al. (2000). In-vivo strain measurements to evaluate the strengthening potential of exercises on the tibial bone. *Journal of Bone Joint Surgery British Volume*, 82(4), 591-594.
  29. Mosti, M. P., Carlsen, T., Aas, E., Hoff, J., Stunes, A. K., & Syversen, U. (2014). Maximal Strength Training Improves Bone Mineral Density and Neuromuscular Performance in Young Adult Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 28(10), 2935-2945.
  30. Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, M. T., Abdelkerim, A., Goolsby, M. A., Arends, J. C., & Seeger, L. L. (2013). Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play: a 5-year prospective study in collegiate track and field athletes. *The American journal of sports medicine*, 41(8), 1930–1941.
  31. Nestorović, V., Rašić, J., Jančićjević Hudomal, S. i Mirić, M. (2013). Osteoporoza prouzrokovana lekovima. *Biomedicinska istraživanja*, 4(1), 57-67.
  32. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy (2001). Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA*, 285, 785–95.
  33. Petersen, B. A., Hastings, B. & Gottschall, J. S. (2017). Low load, high repetition resistance training program increases bone mineral density in untrained adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(1-2), 70-76.
  34. Ramezanpour, M. R., Mahmoudib, R., & Ghuchanic, B. Z. (2013). Comparison of Femoral Bone Mineral Density in Elite Track and Field Athletes. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(1s), 383-387.
  35. Rautava, E., Lehtonen-Veromaa, M., Kautiainen, H. & Kajander, S. A. (2007). The reduction of physical reklects on the bone mass among young females:a follow-up study of 142 adolescent girls. *Osteoporos International*, 18, 915-922.

36. Recker, R. R., Davies, K. M., Hinders, S. M., Heaney, R. P., Stegman, M. R. & Kimmel, D. B. (1992). Bone gain in young adult women. *Journal of American Medicine Association*. 268(17), 2403–2408.
37. Rubin, K., Schirduan, V., Gendreau, P., Sarfarazi, M., Mendola, R. & Dalsky, G. (1993). Predictors of axial and peripheral bone mineral density in healthy children and adolescents, with special attention to the role of puberty. *Journal of Pediatrics*. 123, 863-870.
38. Ryan, A. S., Ivey, F. M., Hurlbut, D. E., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Sorkin, J. D. et al. (2004) Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports* 14(1), 16-23.
39. Schinkel-Ivy, A., Burkhart, T. A. & Andrews, D. M. (2014). Differences in distal lower extremity tissue masses and mass ratios exist in athletes of sports involving repetitive impacts. *Journal of Sports Sciences*, 32(6),533-541.
40. Schmitt, H., Friebe, C., Schneider, S. & Sabo, D. (2005). Bone mineral density and degenerative changes of the lumbar spine in former elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 26(6), 457-463.
41. Sibonga, J. D., Evans, H. J., Sung, H. G., Spector, E. R., Lang, T. F., Oganov, V. S., ... & LeBlanc, A. D. (2007). Recovery of spaceflight-induced bone loss: bone mineral density after long-duration missions as fitted with an exponential function. *Bone*, 41(6), 973-978.
42. Smith, E. L & Gilligan, C. (1991). Physical activity effects on bone metabolism. *Calcified Tissue International*49(1), 50-54.
43. Šolaja, A., Šolaja, M., Obradović, B. (2014). Differences in parameters of bone mineral density between elite athletes and non athletes. *Exercise and quality of life*, 6(2),14-23.
44. Šolaja, A. & Šolaja, M. (2017). Differences in the parameters of calcaneal bone mineral density between elite track and field athletes, elite handball players and sedentary male controls. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport*, 15(2), 261 – 270.
45. Sözen, T., Özişik, L., & Başaran, N. Ç. (2017). An overview and management of osteoporosis. *European journal of rheumatology*, 4(1), 46–56.
46. Stanforth, D., Lu, T., Stults-Kolehmainen, M. A., Crim, B. N. & Stanforth, P. R. (2016). Bone mineral content and density among female NCAA Division I athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2828-2838.
47. Suominen, H. (2006). Muscle training for bone strength. *Aging Clinical and Experimental Research*, 18(2), 85-93.
48. Tenforde, A. S. & Fredericson, M. (2011). The Influence of Sports Participation on Bone Health in the Young Athlete: A Review of the Literature. *PM&R Journal* 3(9), 861-867.
49. Velez, N. F., Zhang, A., Stone, B., Perera, S., Miller, M. & Greenspan, S. L. (2008). The effect of moderate impact exercise on skeletal integrity in master athletes. *Osteoporosis International*19(10),1457-1464.

50. Whittington, J., Schoen, E., Labounty, L. L., Hamdy, R., Ramsey, M. W., Stone, M. et al. (2009). Bone mineral density and content of collegiate throwers: influence of maximum strength. *Journal of Sports and Medicine Physical Fitness*, 49(4), 464-473.
51. World Health Organization (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Report of a World Health Organization Study Group (1994). World Health Organization Technical Report Series, 843, 1-129.
52. Yeh, J. K., Liu, C. C. & Aloia, J. F. (1993). Effects of exercise and immobilization on bone formation and resorption in young rats. *American Journal of Physiology*, 264(2 Pt1), E182-189
53. Yung, P., Lai, Y., Tung, P., Tsui, H., Wong, C., Hung, V, et al (2005). Effects of weight bearing and non-weight bearing exercises on bone properties using calcaneal quantitative ultrasound. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 547–551.
54. Zanker, C. L. Gannon, L., Cooke, C.B. Gee, K. L. Oldroyd, B. & Truscott, J. G. (2003). Differences in Bone Density, Body Composition, Physical Activity, and Diet Between Child Gymnasts and Untrained Children 7- 8 Years of Age. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18(6), 1043-1050.
55. Post, T. M., Cremers, S. C., Kerbusch, T. & Danhof, M. (2010). Bone physiology, disease and treatment: towards disease system analysis in osteoporosis. *Clinical Pharmacokinetics*, 49(2), 89-118.
56. Chestnut, C. H. (1993). Noninvasive methods for bone mass measurement. In: Alvioli LV, editor. *The Osteoporotic Syndrome: „Detection, Prevention, and Treatment. 3rd ed“* (pp-77-87). New York: Wiley-Liss Inc.

Anita Šolaja<sup>1</sup>,  
Darijan Ujsasi<sup>1</sup>,  
Vladan Pelemiš<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Novi Sad, Faculty of Sport and Physical Education

<sup>2</sup> University in Belgrade, Faculty of Teacher Education

## OVERVIEW OF THE RESEARCH OF MEASUREMENT OF MINERAL DUST BODY IN SPORTS

**Summary:** The aim of the study was to review the current research on bone density in athletes, the difference between the bone density measured in different anatomical regions, and differences in bone density in athletes dealing with different athletic disciplines. The results of the research have indicated that top athletes have a higher bone density than non-sportsmen and athletes who are engaged in low- and middle-impact sports. It was also found that among the top athletes, different bone density was measured at different anatomical sites caused by the specific discipline they deal with. Active participation in athletic disciplines contributes to increased bone density and plays a crucial role in the prevention of osteoporosis.

**Key words:** racers, jumper, pitchers, mineral bone density.

*Рад је примљен 17. 03. 2019. године, а рецензиран 22. 05. 2019. године*