

ИНДЕКС ТЕЛЕСНЕ МАСЕ У ДЕТЕРМИНАЦИЈИ ОДНОСА ТЕЛЕСНЕ КОНСТИТУЦИЈЕ И МОТОРИЧКИХ СПОСОБНОСТИ

Зоран Пајић¹, Саша Јаковљевић¹, Марија Анђелковић², Слободан Симовић³

¹Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Београду, Србија

²Удружење за медицину спорта Србије, Београд, Србија

³Факултет физичког васпитања и спорта, Универзитет у Бања Луци, Босна и Херцеговина

Сажетак

Циљ рада је преглед и сумирање теоријских и емпиријских чињеница употребе индекса телесне масе ВМИ (енгл. Body Mass Index) у утврђивању релација телесне конституције и моторичких способности. Утврђено је неколико кључних околности при којима индекс телесне масе може дати погрешне информације о стварној телесној композицији, а посебно о количини масног ткива у телу. Фактори као што су узраст, пол, раса, здравствено стање и мишићна маса могу да утичу на везу између ВМИ-а и телесних масти. Због релативно ниског коефицијента детерминације између ВМИ-а и процента телесних масти, при коришћењу ВМИ-а у процени телесне композиције као предиктора гојазности или као заменске мере у процени утицаја телесне конституције на ефикасност моторичких перформанси, треба бити опрезан. Анализа извора указује на постојање неразјашњених чињеница употребе заменских мера телесне композиције и њихово ограничено коришћење у истраживачкој и непосредној тренажној пракси. Стога су предложени нови концепти и модели у експликацији утицаја телесне композиције на ефикасност моторичког испољавања. Поред неопходне процене варијабли процента масног ткива и процента мишићног ткива, може се претпоставити да би примена двокомпонентног ВМИ= FFMI+FMI (енгл. Fat Free Mass Index, Fat Mass Index), тј. индекс безмасне телесне масе + индекс масног ткива и/или MFR (енгл. Muscle Fat Ratio), тј. мишићно-масни однос модела обезбедила квалитетнији увид у ове релације.

Кључне речи: ТЕЛЕСНИ САСТАВ / МОТОРИЧКЕ ПЕРФОРМАНСЕ / МИШИЋНО-МАСНИ ОДНОС/ ИНДЕКС МАСНОГ ТКИВА / ИНДЕКС БЕЗМАСНЕ ТЕЛЕСНЕ МАСЕ

Кореспонденција са аутором: Зоран Пајић, Е-mail: zoran.pajic@dif.bg.ac.rs

УВОД

Разумевање телесне композиције спортиста током неколико протеклих деценија сматрано је есенцијалним делом укупног управљачког процеса тренингом (Wilmore, 1982). Многи истраживачи су сложни да се од сваког спортисте очекују погодне антропометријске карактеристике, телесна композиција, као и функционалне способности које су пожељне за њихов развој у складу са специфичностима датог спорта или спортске гране (Singh et al., 2010; Massuca & Fragoso, 2011).

Антропометријске и кинанторпометријске студије теже да покажу како одређени морфолошки фактори, укључујући телесне масти, телесну масу, мишићну масу и телесну висину, утичу на кретање – тренажне и такмичарске перформансе спортиста (Carter, 1970). Како сваки спорт има своје специфичне моторичке захтеве, то се може закључити да би сваки спортиста требало да има специфичне антропометријске карактеристике које одговарају његовој/њеној конкретној спортској грани и дисциплини. Промене у телесној композицији и моторичким перформансама се дешавају на свим нивоима каријере и спортске успешности, самим тим оне се одвијају од почетка до краја спортске тренажне и такмичарске сезоне (Silvestre, Kraemer, West et al., 2006). Дакле, могуће је говорити о идеалној телесној композицији, зависно од спорта или дисциплине, структуре такмичарске активности, позиције у тиму и сл. У неким контактним спортовима, као што је нпр. рагби, већа телесна маса представља предност, док у другим, као што су гимнастика, маратон и слични, мања телесна маса и велике вредности односа снага/маса (тј. већа релативна сила – продукција силе по килограму телесне тежине), су неопходни. Тако су код маратонаца идентификовани најприкладнији профили и односи, неопходни за остваривање оптималних перформанси у овој тркачкој дисциплини (Marc, Sedeaud, Guillaume et al., 2014). Утврђен је оптималан индекс телесне масе ВМІ за мушкарце од $19,8 \text{ kg/m}^2$, а код 10 најбољих такмичара свих времена, он се кретао између $17,5$ и $20,7 \text{ kg/m}^2$. ВМІ је интензивно коришћен у антрополошким истраживањима као показатељ телесне конституције испитаника. Уобичајено је у пракси да ВМІ није само показатељ "саме тежине", већ да преко своје структуралне компоненте телесне масе индиректно указује и на количину масног ткива, посебно у случајевима екстремних телесних маса (Malina, Bouchard & Bar-Or, O., 2004).

У већем броју истраживања ВМІ се користио и као индикатор телесне конституције у односу на различите перформансе моторичких активности. Многа истраживања су јасно указала на повезаност телесне композиције и ВМІ-а са ефикасношћу испољавања моторичких способности, али у неким другим та повезаност није утврђена. С обзиром да је ВМІ морфометријска карактеристика која се пре свега односи на масу тела, евалуација релација масе тела и моторичког испољавања кретања је веома актуелна.

Оправданост за сумњу о неприкладности ВМІ-а као заменске мере, могла би се претпоставити у:

- анализи разлика утицаја на моторичке перформансе масе тела која у својој структури има више мишића наспрам масти и супротно;
- чињеници да се из његовог резултата не може утврдити колики је удео бескорисног масног ткива и корисног мишићног ткива у укупној компоненти масе тела;
- великом броју доказа да је мишићна, а не масна маса, знатно позитивно повезана са мерама физичких перформанси.

ИНДЕКС ТЕЛЕСНЕ МАСЕ КАО ЗАМЕНСКА МЕРА

Индекс телесне масе се често користи као "заменска мера" телесне конституције и један од критеријума у праћењу како спортиста, тако и особа у другим областима живота (посебно оних са специфичним радним местима, као што су регрути у војсци, полицији и др.). Међутим, када одређене граничне вредности ВМІ-а нису достигнуте или су прекорачене, може се појавити проблем око интерпретације резултата. Сходно томе, постоје одређене околности у којима долази до неслагања између неких "заменских мера", а посебно ВМІ-а са стварним телесним саставом, а посебно са количином масног ткива у телу (Prentice & Jebb, 2001). При процењивању телесних масти у телу, ослањање на ВМІ као заменску меру, узрокује неподударности у свеопштој популацији (Cohn, 1987), а које такође могу да створе погрешну слику вишка телесне масе и код спортиста (Heyward & Wagner, 2004). Мерење само телесне масе не може да одреди количину телесних масти у организму (Рајс, Пис, Јаковљевић et al., 2011), зато што не дискриминише вредности и односе између масне и безмасне телесне компоненте. Стога при оваквим анализама треба нагласити ограниченост употребе ВМІ-а и неопходност примене додатних мерења. Из претходних навода може се поверовати да заменске мере могу дати погрешне и не баш тако релијабилне информације о телесној композицији, као и да је ВМІ индиректна мера телесне масе, а не адипозности. Ово ствара услове за погрешно дијагностификовање гојазности и стога неприкладне покушаје редукције телесне масе, као и неразумевање ефеката утицаја актуелне телесне композиције на моторичке перформансе испитаника. Дакле, претпостављена непоузданост ВМІ-а је могућа, с обзиром да се из његовог резултата не може утврдити колики је удео вишка масног ткива и корисног мишићног ткива у укупној компоненти масе тела.

Образложења за претходо наведене претпоставке морају се сагледати кроз одређена ограничења употребе ВМІ, као мере телесне масти, а поготово код особа са повишеном телесном масом, јер, пре свега, ВМІ је мера телесне масе, а не прекомерних телесних масти. Такође, ВМІ не прави разлику између прекомерне масноће, мишићне и-или коштане масе, и исти, не може да укаже на дистрибуцију масти код различитих особа. Фактори као што су узраст, пол, раса, здравствено стање и мишићна маса могу да утичу на релацију између ВМІ-а и телесних масти. У просеку, **старије особе** имају више масног ткива од млађих за исте вредности (ВМІ), (Cohn, 1987). Телесна маса и ВМІ не упућују на „конверзију“ безмасног у масно ткиво (Cohn, 1987), што представља сасвим нормалну појаву која се дешава током старења. Старење је праћено прогресивним порастом односа масти и безмасне телесне масе. Ово се дешава чак и код људи који успеју да задрже исте вредности ВМІ. Стога, веза између ВМІ-а и телесних масти зависи од година. Ова одступања долазе до изражаја након средњег доба и током менопаузе код жена. У савременом седентарном свету, јако је изражен пораст ВМІ-а код већине индивидуа. Иако ови подаци, како се уобичајено мисли, указују на повећање телесних масти код људи, тиме се и даље озбиљно потцењује прави пораст у телесним мастима. Постоје предикционе једначине, које укључују године за претварање, тј. добијање одређених вредности телесних масти из ВМІ, и оне су ефикасне у превазилажењу претходно поменутих проблема (Deurenberg, Weststrate & Seidell, 1991). Затим, композиција мишића се мења са повећаном инфилтрацијом масти. Повећана масна инфилтрација у мишићима са старењем може бити важан, ако не и главни аспект **саркопеније** (губитак мишићне масе и мишићне снаге), (Roubenoff & Hughes, 2000). Што се тиче протеина, њихов унос обично опада код одраслих особа, што доприноси губитку мишићне масе и мањем

базалном метаболизму и следствено води ка повећању тежине тела, чак и ако енергетски унос остаје исти (Shin, Liu, Panton & Ilich, 2014). Ове појаве могу бити значајан предиктор неприкладности ВМI-а у процени телесне конституције.

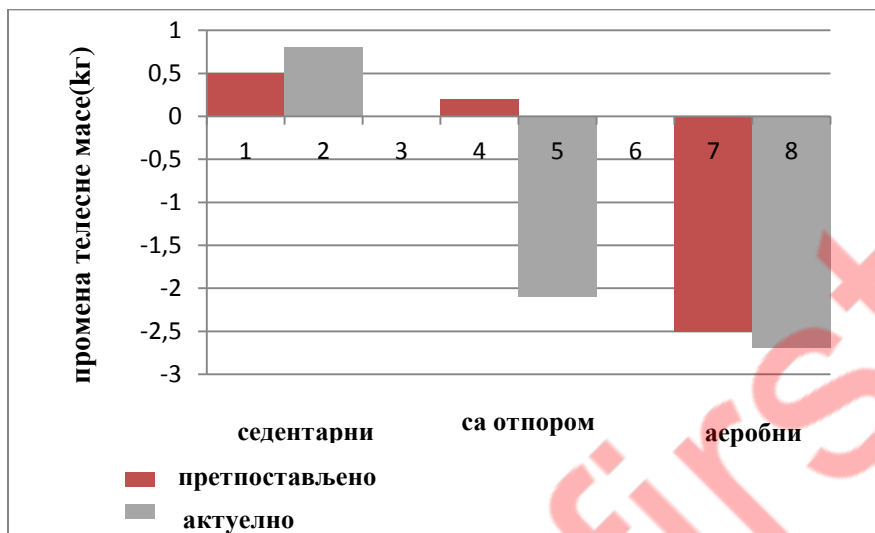
Код деце, ВМI се генерално повећава од 8 до 18 година и у свим узрастима је високо повезан са масном и безмасном компонентом тела. Штавише, за разлику од одраслих, где телесна висина и ВМI генерално нису повезани, код деце - они су повезани. Годишње промене у ВМI-у могу бити снажно проузроковане променама како у масној и безмасној компоненти телесне композиције, тако и променама у телесној висини детета. Годишњи пораст у ВМI-у током детињства су примарно вођени повећањем у безмасној компоненти ВМI-а, посебно код дечака током пубертета, због брзог пораста у висини и релативно малих годишњих падова или повећања у укупним телесним мастима. Ово резултује просечним негативним кретањима масне компоненте ВМI-а (тј. укупне телесне масти/висина²). Степен до кога свака компонента доприноси просечном повећању у ВМI-у зависи, делимично, од година и пола детета. Обим екстремитета, као и количина мишићног ткива се повећавају са годинама од раног детињства и кроз адолесценцију. Са 11 година старости деца су још у периоду предпубертета и веће промене на телу још нису изражене. Тек уласком у пубертет (девојчице око 12, а дечаци око 13 година) почињу да се догађају веће и нагле промене облика и састава тела, које тиме утичу на ВМI и посредно доприносе квалитету извођења моторичких задатака, а посебно у испољавању мишићне снаге (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Ово јасно илуструје комплексност интерпретираних промена у ВМI-у код деце, и оснажује чињеницу да је ВМI мера телесне масе, а не адипозности. Иако ВМI може бити користан при дефинисању преференце гојазности код одраслих, ВМI код деце и адолесцената нема иста својства. Примена ВМI-а код деце компликована је његовом зависношћу од висине, релативне разлике између дужине трупа и ногу, безмасне телесне масе FFM и нивоа зрелости (Siervogel, Maynard, Wisemandle et al., 2000). Висина и ниво сексуалне зрелости утичу на везу између ВМI-а и телесних масти код деце (Dawkins, 1990). Следствено томе, у већини спортова, једна од првих селективних карактеристика је висина, па она веома често регрутује децу – као кинантропометријски прикладне спортисте.

У просеку, **жене** имају веће количине укупних телесних масноћа него мушкарци за исте вредности ВМI. Оне имају мању мишићну масу, већу масну инфилтрацију у мишиће и мању мишићну силу (Shin, Liu, Panton & Ilich, 2014; Visser, Harris, Langlois et al., 1998; Visser, Goodpaster, Kritchevskiy et al., 2005). Жене у менопаузи имају већу склоност ка добијању тежине са масном инфилтрацијом у мишиће, као и за депозицијом и редистрибуцијом масти у централни, абдоминални регион. Истовремено код њих је присутан губитак у мишићној маси, што води саркопенији и губитку густине костију (тј. долази до остеопеније или остеопорозе). Оба случаја се дешавају у саркопеничној и у остеопеничној гојазности.

Добро је познато да ВМI не даје валидне податке о телесним мастима код људи који имају развијену мускулатуру, стечену дуготрајним вежбањем или захваљујући природној мишићној грађи (генетски наслеђено). **Мускуларне особе** могу имати висок ВМI због повећане мишићне масе. Због чињенице да су мишићи тежи од масноће, људи који су врло мишићаве грађе могу имати високе вредности ВМI-а (Sum, Wang, Cho et al., 1994).

У данашњем седентарном окружењу, индивидуе које воде рачуна о свом здравственом стању, све више упражњавају како аеробне, тако и форме тренинга са отпором, у намери да буду у доброј физичкој кондицији. Многи од њих не желе нужно да изгубе на маси, већ теже ка побољшавању кондиције и телесне композиције. Други пак, губитак масних наслага, сматрају као

примарни циљ. Промене у телесној маси могу да дају варљиве утиске о темељним променама у мастима, нарочито у вежбању са отпором које изграђује мишићну масу (Prentice & Jebb, 2001). (Слика 1).

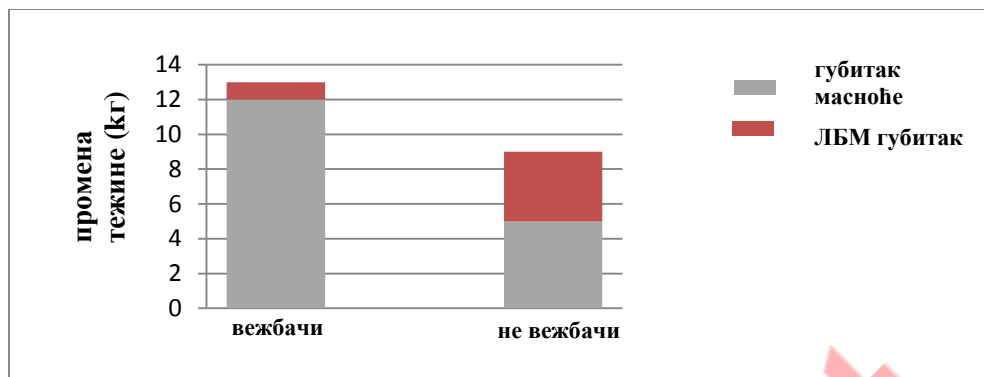


Слика 1 Претпостављена и стварна промена у телесним мастима након тренинга (модификовано према Prentice & Jebb, 2001)

"Претпостављена" промена у телесним мастима је једноставно изведена као 75% од свеукупног губитка килограма, а „стварна” промена је директно мерен губитак у мастима. Просечно у анализираним студијама, разлике нису тако велике, али могу имати важне мотивационе ефекте на вежбача, тако да, они који су упражњавали тренинг са оптерећењем, претпостављају да нису постигли никакав губитак у мастима.

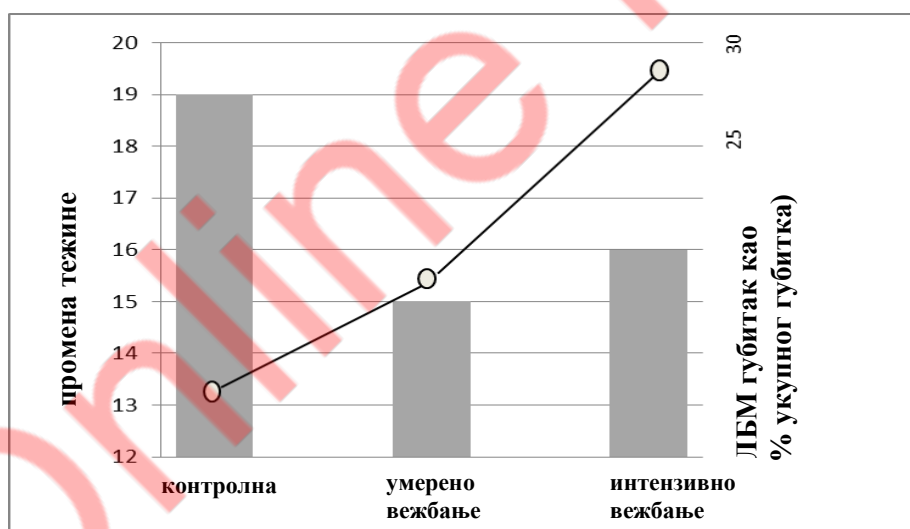
Једноставне мере телесне масе (стога и мере изведене из ВМІ) генерално дају задовољавајуће процене клиничког прогреса у програмима губитка телесне тежине уз помоћ дијета. Инкорпорација вежбања у режиме телесне редукације, оправдана је због дуготрајнијег задржавања телесне масе постигнуте након губитка килограма. Међутим, под овим околностима губитак у маси није једнак губитку у мастима, па телесна маса и ВМІ могу да дају варљиве мере прогреса у губитку масти.

Композиција губитка телесне масе је утврђена код 72 средње гојазне особе којима су примењени различити програми редукације телесне масе, а који укључују телесно вежбање (Pavlou, Steffee, Lerman & Burrows, 1985), (Слика 2). Да није било доступно мерење телесне композиције, предности вежбања би наизглед биле скромне и статистички незначајне (11,8 наспрам 9,2 кг губитка телесне масе). Како год, анализа телесних масти је показала да је вежбајућа група изгубила 11.2 ± 1.5 кг масти наспрам само 5.2 ± 1.6 кг у групи која није вежбала ($p < 0,001$). Ово је само један од примера успешног губитка телесне масе, али поред тога истиче да утврђивање самог губитка у маси, а тиме и ослањање на заменске мере, може бити неприкладно.



Слика 2 Композиција губитка телесне масе (модификовано према Pavlou, Steffee, Lerman & Burgows, 1985)

У аналогној студији (Whatley, Gillespie, Honig et al., 1994), анализиран је и оцењиван ефекат интензитета вежбања на губитак масног ткива код гојазних жена (Слика 3). Види се да је пропорција телесног губитка безмасне компоненте већа у групи која није вежбала (тј. у контролној групи), као и то да је стварни износ губитка тежине био нижи. Ови налази указују на непримереност употребе заменских мера и значајност детектовања ефеката примењених програма применом анализе телесних масноћа.

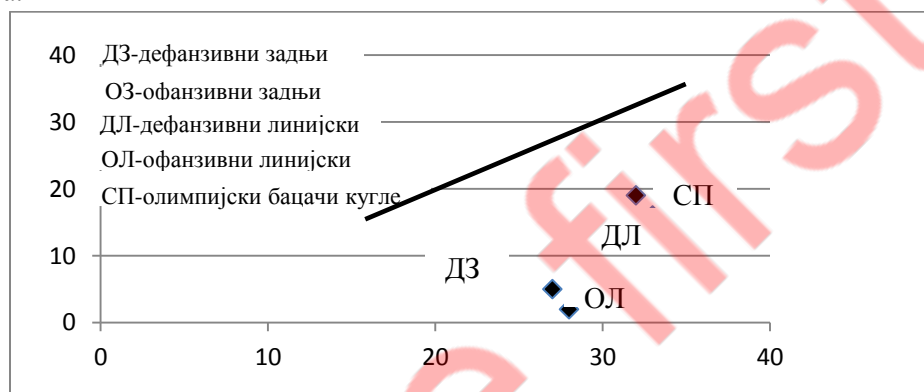


Слика 3 Ефекти вежбања на састав изгубљене тежине при коришћењу дијете (Whatley, Gillespie, Honig et al., 1994)

У експерименту у коме су екстремно гојазне особе са $BMI > 30$ поштовале посебан режим исхране и програмираног вежбања, добијени су слични налази (Dikić & Andjelković, 2013). Просечна телесна маса на почетку програма је била $107,2 \pm 19,4$ кг, BMI $37,1 \pm 4,3$ kg/m^2 а просечан проценат телесних масти $41,0 \pm 5,7$. После 90 дана програма просечан губитак телесне масе износио је $9,2 \pm 5,4$ кг (9,19% почетне ТМ). Индекс телесне масе је са просечних $37,1 \pm 4,3$ kg/m^2 статистички значајно смањен на $32,7 \pm 3,4$ на крају 90 дана програма. Процент телесних масти је, с просечних $41,0 \pm 5,7$ статистички значајно смањен на $36,4 \pm 6,3$. Испитаници су у просеку изгубили 7,2 кг масног ткива, што је било статистички значајно. Процент масти и

количина масног ткива у екстремитетима и трупy су статистички значајно смањени, што говори у прилог ефекту вежбања који се може, условно, представити као ремоделирање тела. Ремоделирање тела, сегментни губитак масти и губитак масног ткива од чак 7,2 кг не би могао да се наговести уколико би се гледали само ВМI и телесна маса, што указује на њихову ограничену информативност у свакодневном раду.

Како год, у разним специфичним групама, а међу њима и код спортиста, процене на основу примене заменских мера, а посебно ВМI-а могу да воде систематској грешци. Изразита грешка је произашла из покушаја да се процене телесне масти на основу ВМI-а код играча америчког фудбала и бацача кугле (Katch & Katch, 1984), (Слика 4). Они имају већи проценат безмасне компоненте него што то показује ВМI. Та веза важи за већину спортиста, чак и код јако ниских вредности ВМI-а.



Слика 4 Неслагање између ВМI-а и процента телесних масти код спортиста (Katch & Katch, 1984)

Постоје бројна клиничка стања при којима поремећен хормонски статус мења уобичајену везу између безмасног и масног ткива и у којима телесна маса и ВМI дају погрешне утиске о телесној композицији и променама у њој. Велике промене у хидратацији ткива могу имати сличне ефекте (Vukašinović-Vesić, Anđelković, Stojmenović et al., 2015). На пример, група пацијената са дијагнозом сепсе изгубила је 8 кг на маси у првих неколико дана болести без икаквих значајнијих губитака у телесним мастима (Plank, Connolly & Hill, 1998). Под овим и сличним околностима, директно мерење телесних масти и безмасне компоненте су есенцијални, зарад праћења прогреса у стању ухрањености.

Због релативно ниског коефицијента детерминације између ВМI-а и процента телесних масти, коришћење ВМI-а као предиктора гојазности било је критиковано. ВМI је прикладнији као индекс укупних телесних масноћа или телесних масноћа у односу на висину, него укупних телесних масноћа у односу на масу (Garrow & Webster, 1985). Степен адипозности је донекле предвидив користећи ВМI, барем на популационој скали, ако је адипозност дефинисана као вишак телесних масти по јединици телесне висине, али не као вишак телесних масноћа по јединици телесне масе. Као и предвиђање процента телесних масти из ВМI, предвиђање телесних масти/висина² из ВМI-а је много променљивије код људи са ВМI-ом испод 30кг/м².

Гојазност је дефинисана ако је ВМI најмање 30кг/м² или ако је присутна количина масти најмање 25% од укупне телесне масе за мушкарце и 30% за жене (Frankenfield, Rowe, Cooney et al., 2001). Међутим, утврдили су да је 30% мушкараца и 46% жена са ВМI-ом испод 30кг/м² имало повишене нивое телесних масти. Они су такође гојазни и стога погрешно класификовани према ВМI. Највећа варијабилност у предвиђању процента телесних масти и телесних масти подељених

са висином на квадрат (телесне масти/висина²) из регресионих једначина користећи BMI је била при вредностима BMI-а испод 30 кг/м². Стога, мерење телесних масти је много прикладнији начин за оцењивање гојазности код људи са BMI-ом испод 30кг/м².

Највећа мана BMI-а је та да се његовом применом не узима у обзир стварна телесна композиција (Schutz, Kyle & Pichard, 2002). Вишак телесне масе може настати услед повећања масног ткива или од мишићне хипертрофије. С друге стране, смањење вредности BMI-а може бити услед губитка безмасне компоненте FFM (тј.саркопенија), губитка масног ткива или комбинације оба случаја.

Повећана инфилтрација масти у мишиће са старењем може бити круцијалан аспект саркопеније која утиче на функционални статус у старости. Масна инфилтрација мишића је позитивно повезана са свеукупним телесним мастима (Ryan & Nicklas, 1999; Sinha, Dufour, Petersen et al., 2002) и може бити фактор који доприноси неадекватности примене BMI-а у процени телесне конституције. Иако многе студије подржавају то да је мишићна маса јак предиктор физичке функције код одраслих особа, евидентно је да би се нижа масна инфилтрација у мишићима, као мера мишићног квалитета, могла користити као добар предиктор бољих физичких перформанси. Додатно је указано да особе које спадају у „нормалну” категорију по BMI-у могу имати повећане вредности масти FM, што указује на потребу да те особе морају нормализовати своје телесне масти без обзира на вредности BMI, (Schutz, Kyle & Pichard, 2002). Горња објашњења илуструју неколико кључних околности при којима BMI као заменска мера телесне конституције, а посебно телесних масти може дати погрешне информације о стварној телесној композицији индивидуе, а пре свега, због непоклапања у уобичајној вези између безмасне FFM и масне компоненте FM.

РЕЛАЦИЈЕ ИНДЕКСА ТЕЛЕСНЕ МАСЕ И МОТОРИЧКИХ СПОСОБНОСТИ

У већем броју истраживања BMI се користио и као индикатор телесне конституције у односу на различите перформансе моторичких активности. Многа истраживања су јасно указала на повезаност телесне композиције и BMI-а са ефикасношћу испољавања моторичких способности свих узраста (Табела 1).

Табела 1 Повезаност BMI-а са ефикасношћу испољавања моторичких способности

Повезаност BMI-а са моторичким перформансама			Извори конфирмације
Инверзна	Позитивна	Нема повезаности	
Фундаменталне кретне вештине ФМС - трчања, галоп, поскоци и скок у даљ; генералне моторичке вештине			(28); (39); (72); (81); (88); (97).
Изддржљивост VO_{2max} , потрошња енергије; аеробни фитнес кардиореспираторни фитнес			(8); (11); (15); (55); (62); (64); (81).
Максимална брзина трчања			(15); (33); (34); (40); (56); (58); (64).
Прецизност, тј. спретност у извођењу локомоторних вештина			(22); (35); (97).
Ефикасност извођења скокова			(8); (33); (34); (48); (64).
Агилност		Агилност	(15); (34); (56); (58); (82); (86).
Равнотежа			(2); (75); (88).
Перцептуално – моторичка координација		Укупна и фина координација	(4); (7); (9); (27); (44); (50).
		Флексибилност	(20); (37); (82).
		Експлозивна снага	(7); (20); (87).
		Прецизност	(22); (35); (53).

Интересантни су налази који су добијени помоћу дистинктивних група насталих дељењем узорка испитаника на оне са испод просечним, просечним и изнад просечним индексом телесне масе (Табела 2).

Табела 2 Повезаност различитих нивоа *BMI*-а са ефикасношћу испољавања моторичких способности

Повезаност нивоа <i>BMI</i> -а са моторичким перформансама			Извори конфирмације
Испод просека	Просек	Изнад просека	
Брзина			(36); (82); (54).
Агилност			
Вертикални скок	Вертикални скок	Вертикални скок	
Мишићна сила			(20).
Флексибилност	Флексибилност	Флексибилност	(20).
Изддржљивост у снази			
Равнотежа			

Потпуно је разумљива сумња да је у овој проблематици недовољно ослањање на *BMI*, који не говори о структури масе тела, те се може претпоставити да он није поуздан показатељ у експликацији релација третираних морфолошких карактеристика и моторичких способности. Отуда је и претпоставка да у многим горе поменутих истраживањима није анализирана структура телесне масе, што је проузроковало повезаност или неповезаност *BMI*-а са третираним моторичким перформансама. Оправданост за сумњу о неприкладности *BMI*-а, као заменске мере, дедукује се кроз анализу разлика утицаја масе тела, која у својој структури има више мишића наспрам масти и супротно (Табела 3).

Табела 3 Анализа разлика утицаја на моторичке перформансе масе тела која у својој структури има више мишићне масе наспрам масног ткива и супротно

Моторичка способност	Телесна маса		Извори конфирмације
	Мишићно ткиво	Масно ткиво	
Брзина	+	-	(3); (57); (64).
Брзина промене смера		-	(41); (57).
Сила, снага	+		(1); (5); (13); (14); (24); (31); (43); (57); (64); (65); (66); (67); (69); (70); (73); (83); (85); (89); (96).
Изддржљивост	+		(1); (16); (43); (45); (55); (57); (64); (69); (76); (89); (91).

Напомена: позитивна повезаност (+); инверзна повезаност (-); нема повезаности (нп)

Телесна маса може да утиче на моторичке перформансе и успех у различитим спортовима, али телесни састав и количина телесних масти, могу да буду прецизнији предвиђач моторичке ефикасности од телесне масе (Wolinsky & Driskell, 2008). Спортови у којима је мања количина телесних масти имају предност (трчање, скокови у воду, гимнастика, клизање и рвање). Мишићна маса побољшава спортско постигнуће у активностима које захтевају мишићну силу, снагу и издржљивост, али и у онима које захтевају завидну аеробну способност (Ramadan & Byrd, 1987; Rico-Sanz, 1998). Индекс телесне масе не узима у обзир телесну грађу и не може илустровати проценат масног ткива у односу на мишићну или коштану масу (Рајић, Пић, Јаковљевић et al., 2011). Спортисти са већом телесном масом и високим *BMI*-ом, за које је нађено да имају велики удео мишићне и коштане масе у односу на висину, не могу бити третирано као гојазни (Рајић, Пић, Јаковљевић et al., 2011).

Више аутора (Prentice & Jebb, 2001; Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011; Sporiš, Vuleta, D., Vuleta Jr, D., & Milanović, 2010) су приметили јаку негативну корелацију између телесних масти и максималне брзине трчања. Они истичу да је ефикасност локомоције спортиста комплекснија што је кретање брже. Она је обрнуто пропорционална волумену и маси његовог тела, у случају да је она у великом делу одређена масним ткивом. Дакле, уочава се различит утицај телесне масе на спортско постигнуће у зависности од структуре тела. Изразито „тешки“ фудбалери, чија је маса детерминисана већом количином масног ткива, постижу слабије резултате у моторичким активностима максималне брзине трчања, а и брзине промене смера кретања (Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011). Телесна маса може утицати на брзину, издржљивост и снагу спортисте, док телесна композиција може утицати на јачину и агилност (Prentice & Jebb, 2001; Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011). Претходни наводи указују да треба истражити и упоредо користити и остале морфолошке карактеристике које могу имати утицај на брзину и брзину промене смера кретања (Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011). То су поред телесне висине и релативна дужина екстремитета (Cronin, McNair, Peter, & Marshall, 2003), висина центра масе (Sheppard & Young, 2006), проценат масног ткива и др.

С обзиром да је у овој анализи третирана морфометријска карактеристика, односно BMI, који пре свега одговара маси тела, евалуација релација масе тела и моторичког испољавања кретања је веома актуелна. Утицај масе тела приликом покретања сегмента тела (транслокација) или целог тела (транспозиција) може бити отежавајући фактор извођења с обзиром да спортиста треба да савлада своје инерционе карактеристике, најчешће у што краћем времену да произведе брзи прираст радног напора. Ово се најчешће тражи при испољавању фактора брзине или брзине промене смера кретања (Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011). Инверзна повезаност између моторичких вештина и телесне масе са више масног ткива се углавном објашњава са механичке тачке гледишта, јер вишак телесних масти утиче на телесну геометрију. Стога, та бескорисна маса (маса масноће) може довести до биомеханичке неефикасности кретања и може бити штетна за моторичку вештину. Поред тога, детаљна кинематичка анализа образаца кретања код спортиста са вишком телесних масти може пружити додатне информације и доказе да се код моторичких вештина које укључују више телесних сегмената, а тиме и већу количину масе тела, потврђује хипотеза подношења сопствене тежине (енгл. weight-bearing hypothesis), (D'Hondt, Deforche, De Bourdeaudhuij & Lenoir, 2009). Спортиста са више масноће у телесном саставу има већу инерцију тела или појединих сегмената тела. То захтева већу продукцију силе по килограму безмасне масе, да би се извела одређена промена у брзини или смеру кретања, односно има мању безмасну тежину (енгл. lean body mass; LBM) која може имати утицај на тражене брзинске захтеве, као што су старт, убрзање или промена смера кретања (Sheppard & Young, 2006). Поткожно масно ткиво делује као баластна маса тзв. „мртва маса”, јер смањује релативну снагу, тј. однос између развијене снаге и масе тела, који је битан за успешно извођење (Godek, S., Godek, J. & Bartolozzi, 2004). Тиме долази и до дефицита у свим видовима манифестне снаге (стартна, убрзавајућа, успоравајућа и реактивна), а које су (у различитим комбинацијама) неопходне при извођењу већине тражених кретања у моторичким активностима (Pajic, Ilic, Jakovljevic et al., 2011). То су кретања у измењеним условима савладавања гравитационих сила, сила реакције подлоге, отпора ваздуха, као и инерције тела или његових екстремитета. Показано је, да је теже померати своју већу телесну масу, насупрот гравитацији (Riddiford-Harland, Steele & Storlien, 2000). Дакле, негативан утицај масног ткива свих регија тела на ефикасност локомоције је неоспоран.

Разни аутори су показали да повећане баластне масноће у структури масе тела, следствено томе и промењене инерционе карактеристике тела или сегмената тела намећу ограничења у одређеним покретима (Табела 4).

Табела 4 Утицај повећане баластне масноће у структури масе тела на ограничења покрета

Покрети и кретања	Ефекти	Извор конфирмације
Усмерени ка неком циљу (<i>engl. goal – directed movements</i>)	Негативан утицај на контролу равнотеже	(26); (68).
Пропулзију или подизање сопствене телесне масе (<i>engl. weight – bearing activities</i>)	Савладавање инерције тела или сегмената	(26); (68).
Одржавања динамичке равнотеже у локомоцији, баланса, брзине	Фазе контакта са једном и са обе ноге дуже трају	(30); (93); (98).
Брзих заустављања и/или окрета	Савладавање инерције тела или сегмената	(34); (41); (57).
Понављаног подизања тела против силе гравитације	Савладавање инерције тела или сегмената	(51).
Пројектовање тела кроз ваздух		(15).

Супротно претходним наводима, већа количина мишићног ткива обезбеђује боље моторичке перформансе (Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005). Томе доприносе многе детерминанте, а пре свега способност савлађивања и усклађивања деловања сила инерције, реакције подлоге, гравитације и сл. Последица тога је и већа економичност у померању тежишта тела (тј. телесне масе) вертикално нагоре у скок за лоптом и у трчању по терену (Gorostiaga, Granados, Ibanez, & Izquierdo, 2005). Током трчања, сила реакције подлоге и мишићне силе могу прекорачити вредности телесне тежине, тј. могу бити веће од телесне тежине од 2.5 до 5 пута (Weyand, Sternlight, Bellizzi & Wright, 2000; Wright, S. E. T. H., & Weyand, 2001), (зато је опасно изразито гојазним особама допустити трчање због претераног оптерећења зглобова). Испољавање овако великих сила приликом брзог трчања захтева да брзи тркачи морају поседовати релативно већу количину мишићне масе, како би генерисали ове силе (Hill, 1950; Nelson, Gabaldón & Roberts, 2004; Biewener, 1989). Према томе, већа телесна маса брзих тркача је директно повезана са апсорбовањем већег испољавања силе реакције која је неопходна зарад бржег трчања.

Аутори (Chaouachi, Brughelli, Levin et al., 2009; Krustup, Mohr, Amstrup et al., 2003) су показали да је VO_{2max} корелирала са безмасном и масном компонентом. Овај налаз би се могао објаснити тиме што безмасна, "мршава компонента" представља метаболизам безмасне ћелијске масе, која може достићи и обављати главну улогу у телесном метаболизму. Неке студије су утврдиле да "мршава маса" ствара сву метаболичку активност тела, одређује укупну кисеоничку потрошњу (Payette, Hanusaik, Boutier et al., 1998; Newman, Kupelian, Visser et al., 2003; Pedersen, Ovesen, Schroll et al., 2002).

НОВИ КОНЦЕПТИ И МОДЕЛИ У ЕКСПЛИКАЦИЈИ УТИЦАЈА ТЕЛЕСНЕ КОМПОЗИЦИЈЕ НА ЕФИКАСНОСТ МОТОРИЧКОГ ИСПОЉАВАЊА

Несагласност са претходним наводима упућује на то да су потребни нови концепти и модели у експликацији утицаја телесне композиције на ефикасност моторичког испољавања. Поред неопходне процене варијабли процента масног ткива и процента мишићног ткива, може се претпоставити да би примена двокомпонентног ВМІ и МFR (енгл. Muscle to Fat Ratio) модела обезбедила квалитетнији увид у ове релације. Испитивање телесног састава има за циљ да подели и измери телесну масу на основне компоненте. Неки теоријски модели су узети као основ за развој

метода за мерење телесног састава, као нпр: антропометријска, мерење кожних набора, биоелектрична импеданца и NIR метода (Malina, 2007). Класични модели деле телесну масу на компоненте како је приказано (Табела 5).

Табела 5 Теоријски модели валидације телесног састава

Теоријски модели		Телесна маса	
Двокомпонентни	Масну FM	Безмасну FFM	
Трокомпонентни		Телесну воду	Суву безмасну -LBM
Четворокомпонентни		Кости	Остатак

Дакле, масно ткиво и безмасна телесна маса су компоненте укупне телесне масе. Кад се узме у обзир и висина тела, они постају индекс масног ткива FMI и индекс безмасне телесне масе FFMI и представљају масну и немасну компоненту BMI-а, респективно. Ови индекси се дефинишу (Schutz, Kyle & Pichard, 2002):

$$\text{FFMI} = \text{безмасна телесна маса} / \text{висина}^2 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

$$\text{FMI} = \text{масно ткиво} / \text{висина}^2 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

С обзиром да је $\text{BMI} = \text{FFMI} + \text{FMI}$, повећање (или смањење) у BMI-у би се могло објаснити порастом (или падом) у једној или у обе компоненте. Дакле, за одређени BMI, ако се FFMI повећа, онда би FMI требало да опадне, пошто при константним вредностима BMI, између ова два индекса постоји инверзна математичка релација. Стога, предност комбинованог коришћења ових индекса може показати да ли је дефицит или вишак у телесној маси настао услед промене у FFMI, FM или од обе комбиновано.

Тако (Schutz, Kyle & Pichard, 2002), особа висока 1.85 м и тешка 100 кг има BMI 29.2 кг/м^2 , што је сврстава у категорију предгојазне особе, која је на граници да постане гојазна. Ово би било тачно ако је FMI већи од референтних вредности и обрнуто, ако FFMI те особе није истовремено повећан. Дакле, FMI може идентификовати особе са „нормалним” вредностима BMI-а који су изложени потенцијалном ризику услед повећања FM. Особе које спадају у „нормално” ухрањене по BMI-у могу, дакле, имати повећане вредности FMI, што указује на потребу да оне морају нормализовати своје телесне масти без обзира на вредности BMI (Schutz, Kyle & Pichard, 2002).

На пример, током менопаузе и старења, промене у FFM и FM нису адекватно праћене променама у BMI-у пошто, као што је описано горе, две компоненте BMI-а, FFMI и FMI могу варирати у разним правцима. Пад у висини са старењем представља додатни фактор за прорачунавање BMI, FMI и FFMI, (Schutz, Kyle & Pichard, 2002). Пошто висина природно опада током година, вредности BMI, FFMI и FMI би требало да се повећају са старењем. Дакле, примена овог двокомпонентног, структуралног концепта BMI-а омогућава предвиђање четири типичне ситуације (Schutz, Kyle & Pichard, 2002):

- низак FFMI наспрам FMI - назван саркопенична гојазност;
- низак FFMI наспрам ниског FMI - представља хроничан дефицит у енергији;
- висок FFMI наспрам ниског FMI - доказ мишићне хипертрофије и
- висок FFMI наспрам високог FMI - указује на комбинован вишак FFM и FM (сумо соматотип).

Укратко, FMI и FFMI се могу користити као индикативне вредности за евалуацију статуса ухрањености (преухрањеност или потхрањеност) код очигледно здравих особа и могу обезбедити додатне информације у поређењу са класичним изражавањем референтних вредности телесне композиције (Schutz, Kyle & Pichard, 2002).

Ако је могућа прецизна процена варијабли процента масног ткива и процента мишићног ткива (мерење кожних набора, биоелектрична импеданца), може се претпоставити да би примена MFR модела обезбедила квалитетнији увид у релације телесне конституције и моторичког испољавања, него примена BMI-а.

Генерално, може се претпоставити да постоји обавеза увида у релације између BMI-а и MFR-а, када се BMI користи као заменска мера у процени утицаја телесне конституције на ефикасност моторичких перформанси (Anđelković, Baralić, Đorđević et al., 2015; Djordjevic, Baralic, Kotur-Stevuljevic et al., 2012). Уобичајено је тврдити да је боље имати мањи BMI, јер се подразумева да је тада у структури телесне композиције актуелног спортисте уравнотежена телесна маса. Међутим, за такву тврдњу не постоје гаранције, с обзиром да се може десити да у тој релативно мањој маси тела, која је узроковала мањи BMI, исто тако има и мање мишићне масе у односу на масну, што је из аспекта утицаја телесне конституције на моторичке перформансе – неповољно. Исто тако, моторички ефикаснији може бити и спортиста са већим или повишеним вредностима BMI, под условом да је усклађен мишићно-масни однос MFR, тј. да је у структури телесне масе повишен проценат телесних мишића у односу на телесне масноће.

Дакле, сама промена у вредности BMI-а у смислу његовог повећавања, није аларм да је дошло до неприкладности телесне композиције у односу на ефикасност моторичког испољавања, јер је могуће да је при истој телесној висини дошло до увећања телесне масе, али на начин да се под утицајем тренинга повећала мишићна маса, а самим тиме и мишићно-масни однос MFR. Већ је обрзложен позитиван утицај повишене телесне мишићне масе, а самим тиме и MFR-а на ефикасност моторичког испољавања у већини моторичких перформанси.

Стога при оваквим анализама треба нагласити ограниченост употребе индекса телесне масе BMI и неопходност примене додатних мерења. Дакле, морају се разматрати одређена ограничења при употреби BMI, као мере телесне масти, а поготово код особа са повишеном телесном масом, јер, пре свега, BMI је мера телесне масе, а не ексцесивних телесних масти. Исто тако, наведене чињенице указују да особе које спадају у „нормалну” категорију по BMI-у могу имати повећане вредности масти FM, што указује на потребу да те особе морају нормализовати своје телесне масти, без обзира на вредности BMI. Поред неопходне процене варијабли процента масног ткива и процента мишићног ткива, може се претпоставити да би примена двокомпонентног BMI и/или MFR модела обезбедила квалитетнији увид у ове релације. Дискрепанција свих претходних навода упућује на то да су потребни нови концепти и модели у експликацији утицаја телесне композиције на ефикасност моторичког испољавања.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anđelković M, Baralić I, Đorđević B, Stevuljević JK, Radivojević N, Dikić N, Škodrić SR, Stojković M. (2015). Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. *J Med Biochem*, 34(4): 460–466
2. Arabaci, R., Gorguu, R., & Catikkas, F. (2010). Relationship Between Agility and Speed, Reaction Time and Body Mass Index in Taekwondo Athletes. *Sport Sciences*, 5(2), pp.71-77.
3. Baine, B., Gorman, D., Kern, C. J., Hunt, B. S., Denny, S. G., & Farris, W. J. (2009, April). Relationship between Body Mass Index and motor skills of children. In Exhibit Hall RC Poster Sessions (Tampa Convention Center).
4. Barth, N., Ziegler, A., Himmelmann, G.W., Coners, H., Wabitsch, M., Hennighausen, K., Mayer, H., Remschmidt, H., Schäfer, H. & Hebebrand, J. (1997). Significant weight gains in a clinical sample of obese children and adolescents between 1985 and 1995. *International journal of obesity*, 21(2), pp.122-126.

5. Berrigan, F., Simoneau, M., Tremblay, A., Hue, O., & Teasdale, N. (2006). Influence of obesity on accurate and rapid arm movement performed from a standing posture. *International Journal of Obesity*, 30(12), 1750-1757.
6. Biewener, A. A. (1989). Scaling body support in mammals: limb posture and muscle mechanics. *Science*, 245(4913), 45-48.
7. Bundred, P., Kitchiner, D., & Buchan, I. (2001). Prevalence of overweight and obese children between 1989 and 1998: population based series of cross sectional studies. *British Medical Journal*, 322(7282), 326.
8. Carter, J. L. (1970). The somatotypes of athletes—a review. *Human biology*, 535-569.
9. Castetbon, K., & Andreyeva, T. (2012). Obesity and motor skills among 4 to 6-year-old children in the United States: Nationally-representative surveys. *BMC pediatrics*, 12(1), 1-9.
10. Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of sports sciences*, 27(2), 151-157.
11. Chatrath, R., Shenoy, R., Serratto, M., & Thoele, D. G. (2002). Physical fitness of urban American children. *Pediatric cardiology*, 23(6), 608-612.
12. Cohn, S. H. (1987). *New concepts of body composition. In vivo body composition studies*. Oxford, Boca Raton Press.
13. Cossio-Bolanos, M., Portella, D., Hespanhol, J. E., Fraser, N., & De Arruda, M. (2012). Body size and composition of the elite Peruvian soccer player. *JEPonline*, 15(3), 30-8.
14. Cronin, J., McNair, P. E. T. E. R., & Marshal, R. (2003). Lunge performance and its determinants. *Journal of sports sciences*, 21(1), 49-57.
15. D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2008). Childhood obesity affects fine motor skill performance under different postural constraints. *Neuroscience letters*, 440(1), 72-75.
16. D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2009). Relationship between motor skill and body mass index in 5-to 10-year-old children. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26(1), 21-37.
17. Dawkins R. (1990). *The Selfish Gene*. 2nd ed. Oxford University Press.
18. Deurenberg, P., Weststrate, J. A., & Seidell, J. C. (1991). Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *British journal of nutrition*, 65(2), 105-114.
19. Dikic N, Andjelkovic M. (2013). *Metabolic fitness. 1st ed*. Belgrade, Sport Medicine Association of Serbia.
20. Djordjevic, B., Baralic, I., Kotur-Stevuljjevic, J., Stefanovic, A., Ivanisevic, J., Radivojevic, N., Andjelkovic, M. and Dikic, N. (2012). Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(4), pp.382-92.
21. Frankenfield, D. C., Rowe, W. A., Cooney, R. N., Smith, J. S., & Becker, D. (2001). Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. *Nutrition*, 17(1), 26-30.
22. Gardasevic B, Jakovljevic S, Pajic Z, Preljevic A. (2011). Some anthropometric and power characteristics of elite junior handball and basketball players, *APES*, (1)1: 5-9.
23. Garrow, J. S., & Webster, J. (1985). Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *International journal of obesity*, 9(2), 147-153.
24. Godek, S. F., Godek, J. J., & Bartolozzi, A. R. (2004). Thermal responses in football and cross-country athletes during their respective practices in a hot environment. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 235.
25. Gallo, P.A.O., Daguere, R., Batista, J. and Liotta, G., (2002). Relationships Between Age, Biological Maturity, Body Composition and Physical Fitness in Youth Argentinean Soccer Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), p.64.
26. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International journal of sports medicine*, 26(03), 225-232.
27. Goulding, A., Jones, I. E., Taylor, R. W., Piggot, J. M., & Taylor, D. (2003). Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait & posture*, 17(2), 136-141.
28. Graf, C., Koch, B., Kretschmann-Kandel, E., Falkowski, G., Christ, H., Coburger, S., Lehmacher, W., Bjarnason-Wehrens, B., Platen, P., Tokarski, W. and Predel, H.G., (2004). Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *International journal of obesity*, 28(1), pp.22-26.
29. Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment (No. Ed. 2)*. Champaign, IL, Human kinetics.
30. Hill, A. V. (1950). The dimensions of animals and their muscular dynamics. *Science Progress* (1933-), 38(150), 209-230.
31. Hills, A. P., & Parker, A. W. (1991). Gait characteristics of obese children. *Archives of physical medicine and*

- rehabilitation*, 72(6), 403-407.
32. Hills, A. P., & Parker, A. W. (1992). Locomotor characteristics of obese children. *Child: care, health and development*, 18(1), 29-34.
 33. Jakovljevic S, Pajic Z, Gardasevic B, Visnjic D. (2011a). Some anthropometric and power characteristics of 12 and 13 years old soccer and basketball players, In Proceedings *Anthropological aspects of sports physical education and recreation*. University of Banja Luka. Faculty of Physical Education and Sport, 42-48.
 34. Jakovljević, S., Karalejić, M., Pajić, Z., & Mandić, R. (2011). Acceleration and speed of change of direction and the way of movement of quality basketball players. *Fizička kultura*, 65(1), 16-23.
 35. Jakovljević, S., Karalejić, M., Pajić, Z., Gardašević, B., & Mandić, R. (2011). The influence of anthropometric characteristics on the agility abilities of 14 year-old elite male basketball players. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 9(2), 141-149.
 36. Kapetanakis, S., Papadopoulos, K., Fiska, A., Vasileiadis, D., Papadopoulos, P., Papatheodorou, K., Adamopoulos, P. & Papanas, N. (2010). Body composition and standing long jump in young men athletes aged 6-13 years. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, 1(9), 418-422.
 37. Karalejic, M., Jakovljevic, S., & Macura, M. (2011). Anthropometric characteristics and technical skills of 12 and 14 year old basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 51(1), 103-110.
 38. Katch, F. I., & Katch, V. L. (1984). The body composition profile. Techniques of measurement and applications. *Clinics in sports medicine*, 3(1), 31-63.
 39. Kinnunen, D. A., Colon, G., Espinoza, D., Overby, L. Y., & Lewis, D. K. (2001). Anthropometric correlates of basketball free-throw shootings by young girls. *Perceptual and motor skills*, 93(1), 105-108.
 40. Korsten-Reck, U., Kaspar, T., Korsten, K., Kromeyer-Hauschild, K., Bös, K., Berg, A., & Dickhuth, H. H. (2007). Motor abilities and aerobic fitness of obese children. *International journal of sports medicine*, 28(09), 762-767.
 41. Krneta Z, Keric M, & Pelemis M. (2011). Analysis of mobile status of young adolescents of both sexes in relation to the value of the body mass index. *Sport and health VI*; 1: 80-85.
 42. Krstrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P.K. and Bangsbo, J., 2003. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4), pp.697-705.
 43. Lee, J. S., Auyeung, T. W., Kwok, T., Lau, E. M., Leung, P. C., & Woo, J. (2007). Associated factors and health impact of sarcopenia in older Chinese men and women: a cross-sectional study. *Gerontology*, 53(6), 404-410.
 44. Lopes, V. P., Stodden, D. F., Bianchi, M. M., Maia, J. A., & Rodrigues, L. P. (2012). Correlation between BMI and motor coordination in children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(1), 38-43.
 45. Malina, R. M. (2007). Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clinics in sports medicine*, 26(1), 37-68.
 46. Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL, Human kinetics.
 47. Marc, A., Sedeaud, A., Guillaume, M., Rizk, M., Schipman, J., Antero-Jacquemin, J., Haida, A., Berthelot, G. & Toussaint, J.F. (2014). Marathon progress: demography, morphology and environment. *Journal of sports sciences*, 32(6), pp.524-532.
 48. Marshall, J. D., & Bouffard, M. (1994). Obesity and movement competency in children. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 11(3), 297-305.
 49. Massuça, L., & Frago, I. (2011). Study of portuguese handball players of different playing status. a morphological and biosocial perspective. *Biology of Sport*, 28(1).
 50. McGraw, B., McClenaghan, B. A., Williams, H. G., Dickerson, J., & Ward, D. S. (2000). Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(4), 484-489.
 51. Nelson, F. E., Gabaldón, A. M., & Roberts, T. J. (2004). Force-velocity properties of two avian hindlimb muscles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 137(4), 711-721.
 52. Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., Kritchevsky, S.B., Tylavsky, F.A., Rubin, S.M., Harris, T.B. and Health ABC Study Investigators, (2003). Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), pp.1602-1609.
 53. Nummela, A., Keränen, T., & Mikkelsen, L. O. (2007). Factors related to top running speed and economy. *International journal of sports medicine*, 28(08), 655-661.

54. Okely, A. D., Booth, M. L., & Chey, T. (2004). Relationships between body composition and fundamental movement skills among children and adolescents. *Research quarterly for exercise and sport*, 75(3), 238-247.
55. Onetti-Onetti, W., Molina-Sotomayor, E., González-Jurado, J.A. and Castillo-Rodriguez, A., (2020). Comparison between sexes of the relationships between body composition and maximum oxygen volume in elderly people. *Sustainability*, 12(8), p.3156.
56. Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Sjörström, M. (2007). Physical activity, overweight and central adiposity in Swedish children and adolescents: the European Youth Heart Study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 4(1), 1-10.
57. Pajic Z, Ilic J, Jakovljevic S, Macura M, Preljevic A. (2011). Relations between morphological and characteristics and speed of movement direction changes in professional soccer players. In M. Mikalački, & G. Bala (eds.) 2nd *International Scientific Conference Exercise and quality of life*, Novi Sad: Faculty of Sport and PE, 393-398.
58. Pajić Z. (2006). *Effects of inertial loads on the motor, morphological and biomechanical performance of movement at maximum speed*. Doctoral thesis. Belgrade. Faculty of Sport and Physical Education.
59. Pavlou, K. N., Steffee, W. P., Lerman, R. H., & Burrows, B. A. (1985). Effects of dieting and exercise on lean body mass, oxygen uptake, and strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(4), 466-471.
60. Payette, H., Hanusaik, N., Boutier, V., Morais, J. A., & Gray-Donald, K. (1998). Muscle strength and functional mobility in relation to lean body mass in free-living frail elderly women. *European journal of clinical nutrition*, 52(1), 45-53.
61. Pedersen, A. N., Ovesen, L., Schroll, M., Avlund, K., & Era, P. (2002). Body composition of 80-years old men and women and its relation to muscle strength, physical activity and functional ability. *The Journal of nutrition, health & aging*, 6(6), 413-420.
62. Pissanos, B. W., Moore, J. B., & Reeve, T. G. (1983). Age, sex, and body composition as predictors of children's performance on basic motor abilities and health-related fitness items. *Perceptual and motor skills*, 56(1), 71-77.
63. Plank, L. D., Connolly, A. B., & Hill, G. L. (1998). Sequential changes in the metabolic response in severely septic patients during the first 23 days after the onset of peritonitis. *Annals of surgery*, 228(2), 146.
64. Prentice, A. M., & Jebb, S. A. (2001). Beyond body mass index. *Obesity reviews*, 2(3), 141-147.
65. Ramadan J, Byrd R. (1987). Physical characteristics of elite soccer players. *J Sports Med Phys*; 27: 424-428.
66. Reid, K. F., Naumova, E. N., Carabello, R. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2008). Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *The journal of nutrition health and aging*, 12(7), 493-498.
67. Rico-Sanz, J. (1998). Body composition and nutritional assessments in soccer. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 8(2), 113-123.
68. Riddiford-Harland, D. L., Steele, J. R., & Storlien, L. H. (2000). Does obesity influence foot structure in prepubescent children?. *International journal of obesity*, 24(5), 541-544.
69. Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Cournot, M., Nourhashemi, F., Reynish, W., Rivière, D., Vellas, B. & Grandjean, H. (2003). Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(8), pp.1120-1124.
70. Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Pahor, M., Fillaux, J., Grandjean, H., & Vellas, B. (2004). Muscle strength in obese elderly women: effect of recreational physical activity in a cross-sectional study. *The American journal of clinical nutrition*, 79(4), 552-557.
71. Roubenoff, R., & Hughes, V. A. (2000). Sarcopenia: current concepts. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(12), M716-M724.
72. Ryan, A. S., & Nicklas, B. J. (1999). Age-related changes in fat deposition in mid-thigh muscle in women: relationships with metabolic cardiovascular disease risk factors. *International journal of obesity*, 23(2), 126-132.
73. Savelsbergh, G. J., Bennett, S. J., Angelakopoulos, G. T., & Davids, K. (2005). Perceptual-motor organization of children's catching behaviour under different postural constraints. *Neuroscience letters*, 373(2), 153-158.
74. Schutz, Y., Kyle, U. U. G., & Pichard, C. (2002). Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18–98 y. *International journal of obesity*, 26(7), 953-960.
75. Sharma, R., & Nigam, A. K. (2011). A study of body mass index in relation to motor fitness components of school going children involved in physical activities. *Journal of exercise science and physiotherapy*, 7(1), 29-33.
76. Sheppard JM, & Young WB. (2006). Agility literature review: Classification, training and testing. *J Sports Sci*; 24(9): 919-932.

77. Shin, H., Liu, P. Y., Panton, L. B., & Ilich, J. Z. (2014). Physical performance in relation to body composition and bone mineral density in healthy, overweight, and obese postmenopausal women. *Journal of geriatric physical therapy*, 37(1), 7-16.
78. Siervogel, R. M., Maynard, L. M., Wisemandle, W. A., Roche, A. F., Guo, S. S., Chumlea, W. C., & Towne, B. (2000). Annual changes in total body fat and fat-free mass in children from 8 to 18 years in relation to changes in body mass index: the Fels Longitudinal Study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 420-423.
79. Silvestre, R., Kraemer, W.J., West, C., Judelson, D.A., Spiering, B.A., Vingren, J.L., Hatfield, D.L., Anderson, J.M. & Maresch, C.M. (2006). Body composition and physical performance during a National Collegiate Athletic Association Division I men's soccer season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), p.962.
80. Singh, S., Singh, K., & Singh, M. (2010). Anthropometric measurements, body composition and somatotyping of high jumpers. *Brazilian Journal of Biometricity*, 4(4), 266-271.
81. Sinha, R., Dufour, S., Petersen, K.F., LeBon, V., Enoksson, S., Ma, Y.Z., Savoye, M., Rothman, D.L., Shulman, G.I. and Caprio, S., (2002). Assessment of skeletal muscle triglyceride content by ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy in lean and obese adolescents: relationships to insulin sensitivity, total body fat, and central adiposity. *Diabetes*, 51(4), pp.1022-1027.
82. Southall, J. E., Okely, A. D., & Steele, J. R. (2004). Actual and perceived physical competence in overweight and nonoverweight children. *Pediatric Exercise Science*, 16(1), 15-24.
83. Sporiš, G., Vuleta, D., Vuleta Jr, D., & Milanović, D. (2010). Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium antropologicum*, 34(3), 1009-1014.
84. Sum, C. F., Wang, K. W., Choo, D. C. A., Tan, C. E., Fok, A. C. K., & Tan, E. H. (1994). The effect of a 5-month supervised program of physical activity on anthropometric indices, fat-free mass, and resting energy expenditure in obese male military recruits. *Metabolism*, 43(9), 1148-1152.
85. Taaffe, D. R., Cauley, J. A., Danielson, M., Nevitt, M. C., Lang, T. F., Bauer, D. C., & Harris, T. B. (2001). Race and sex effects on the association between muscle strength, soft tissue, and bone mineral density in healthy elders: the Health, Aging, and Body Composition Study. *Journal of bone and mineral research*, 16(7), 1343-1352.
86. Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S. H., & Ahmaidi, S. (2009). Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European journal of pediatrics*, 168(4), 457-464.
87. Tokmakidis, S. P., Kasambalis, A., & Christodoulos, A. D. (2006). Fitness levels of Greek primary schoolchildren in relationship to overweight and obesity. *European journal of pediatrics*, 165(12), 867-874.
88. Toriola, A. L., & Igbokwe, N. U. (1986). Age and sex differences in motor performance of pre- school Nigerian children. *Journal of Sports Sciences*, 4(3), 219-227.
89. Visser, M., Deeg, D.J., Lips, P., Harris, T.B. & Bouter, L.M. (2000). Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower- extremity performance in older men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(4), 381-386.
90. Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M., Simonsick, E.M. & Harris, T.B., (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(3), pp.324-333.
91. Visser, M., Harris, T.B., Langlois, J., Hannan, M.T., Roubenoff, R., Felson, D.T., Wilson, P.W.F. & Kiel, D.P., (1998). Body fat and skeletal muscle mass in relation to physical disability in very old men and women of the Framingham Heart Study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 53(3), pp.M214-M221.
92. Vukašinović-Vesić, M., Anđelković, M., Stojmenović, T., Dikić, N., Kostić, M., & Ćurčić, Đ. (2015). Sweat rate and fluid intake in young elite basketball players on the FIBA Europe U20 Championship. *Vojnosanitetski preglad*, 72(12), 1063-1068.
93. Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of applied physiology*, 89(5), 1991-1999.
94. Whatley, J. E., Gillespie, W. J., Honig, J., Walsh, M. J., Blackburn, A. L., & Blackburn, G. L. (1994). Does the amount of endurance exercise in combination with weight training and a very-low-energy diet affect resting metabolic rate and body composition?. *The American journal of clinical nutrition*, 59(5), 1088-1092.
95. Wilmore JH. (1982). Body composition and athletic performance. *J Appl Physiol*; 82(5): 1508-1516.
96. Wolinsky, I., & Driskell, J. A. (2008). *Sports Nutrition; Energy Metabolism and Exercise*, New York.

In Library of Congress Cataloging (Vol. 420).

97. Wong, A. K. Y., & Cheung, S. Y. (2006). Gross Motor Skills Performance of Hong Kong Chinese Children: *Asian Journal of Physical Education & Recreation*, 12(2), 23-29.
98. Wright, S. E. T. H., & Weyand, P. G. (2001). The application of ground force explains the energetic cost of running backward and forward. *Journal of Experimental Biology*, 204(10), 1805-1815.

Online first