

POVEZANOST ANTROPOMETRIJSKIH PARAMETARA SA VERTIKALNIM SKOKOM KADETSKE SELEKCIJE U ODBOJCI ¹

UDK: 796.325.012.414.6-055.25

DOI: 10.5937/snp15-1-57773

Daliborka Stanković ^{2,3}

Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

<https://orcid.org/0009-0007-3043-0123>

Apstrakt: Odbojka je timska igra koju igraju dva tima na terenu koji je podeljen mrežom i intenzivan je sport koji kombinuje vertikalni i horizontalni pravac, koji uključuje anaerobni energetske sistem sa kratkim periodima oporavka. Antropometrijske karakteristike sportista predstavljaju važan preduslov za uspešno bavljenje određenim sportom, utiču na sportske performanse i neophodne su za postizanje vrhunskih sportskih veština. Cilj ove studije je da utvrdi odnos između antropometrijskih parametara i vertikalnog skoka kod kadetkinja u odbojci. Sprovedeno je istraživanje u kojem su procenjene motoričke sposobnosti i fizičke karakteristike 40 kadetkinja koje se bave odbojkom. Mereni su antropometrijski parametri, uključujući telesnu visinu, telesnu masu, procenat telesne masti, procenat mišićne mase i indeks telesne mase, kao i raspon ruku, koristeći odgovarajuće instrumente. Motoričke sposobnosti su procenjene putem testa vertikalnog skoka na OptoJump sistemu. Pearsonovi korelacioni koeficijenti pokazali su značajne pozitivne korelacije između skoka iz čučnja (CMJ) i procenta mišićne mase ($r=0.588$, $p<0.001$), raspona ruku ($r=0.515$, $p<0.001$), telesne visine ($r=0.502$, $p=0.001$) i telesne mase ($r=0.342$, $p=0.031$). Procenat mišićne mase se pokazao kao statistički značajan prediktor ($B=1.488$, $p=0.004$), dok je raspon ruku takođe imao značajnu pozitivnu povezanost sa CMJ ($B=0.095$, $p=0.002$). S druge strane, telesna masa ($B=0.233$, $p=0.146$) i telesna visina ($B=-0.238$, $p=0.447$) nisu se pokazali kao statistički značajni prediktori u ovom modelu. Rezultati analize višestruke regresije ukazuju na statističku značajnost modela ($F=6.667$, $p<0.001$), sa višestrukim korelacionim koeficijentom $R=0.660$. Rezultati ove studije naglašavaju potrebu za multidimenzionalnim pristupom u trenažnom procesu, koji ne uključuje samo fizičku pripremu, već i biomehaničke i tehničke faktore.

Ključne reči: odbojka, vertikalni skok, antropometrija, antropometrijski parametri, pliometrijski trening, skokovi

UVOD

Odbojka je timska igra koju igraju dva tima na igralištu podeljenom mrežom. To je intenzivan sport koji kombinuje vertikalne i horizontalne pravce, uključujući anaerobni energetske sistem sa kratkim periodima oporavka (Polglaze & Dawson, 1992; Gabbett & Georgieff, 2007; Sheppard et al., 2009). Većina trenera i istraživača slaže se da je pliometrijski trening (PT) metoda koja se koristi kada se želi poboljšati sposobnost vertikalnog skoka i snaga mišića nogu (Ebben & Blackard, 2001; Ebben et al., 2004; Markovic et al., 2007; Simenz et al., 2005).

Kada se brzina i agilnost kombinuju sa maksimalnom snagom, rezultat je snaga (Saeed, 2013). Za donji deo tela, PT uključuje izvođenje različitih vrsta skokova sa sopstvenom težinom, kao što su drop skokovi, saskoci, skokovi sa počučnjem (CMJ), naizmenični skokovi, skokovi i druge skakačke vežbe sa ciklusom istezanja i skraćivanja (Fleck & Kraemer, 2004). PT karakteriše korišćenje ciklusa istezanja i skraćivanja (SSC), koji se javlja tokom

¹ Rad primljen: 25. 3. 2025; korigovan: 1. 4. 2025; prihvaćen za objavljivanje: 22. 4. 2025.

² ✉ daliborka7.ds@gmail.com

³ Daliborka Stanković je student doktorskih studija na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

prelaska sa brze ekscentrične kontrakcije mišića (faza usporavanja) u brzu koncentričnu mišićnu kontrakciju (faza ubrzanja) (Sole et al., 2022). SSC pokreti koriste prednosti elastičnih svojstava vezivnog tkiva i mišićnih vlakana, omogućavajući mišićima da skladište elastičnu energiju tokom faze usporavanja i oslobađaju je tokom faze ubrzanja kako bi povećali mišićnu snagu i proizvodnju snage (Morio, 2011; Davies et al., 2015).

Štaviše, PT izaziva brojne povoljne adaptacije u mišićno-skeletnom i neuronskom sistemu, funkciji mišića i performansama zdravih osoba. U tom smislu, poboljšanjem SSC i srodnih neuromehaničkih mehanizama, PT može potencijalno poboljšati ljudske performanse. Vertikalni skok je osnovni deo napada, blokiranja i servisa. Na visokom nivou odbojke, skakanje se takođe koristi i pri podizanju lopte jer smanjuje vreme leta lopte, ubrjava napad i otežava prvoj liniji odbrane – bloku, da pročitava mogućnosti napadačkog tima.

Procena vertikalnog skoka u odbojci neizbežan je deo treninga i testiranja (Ziv & Lidor, 2010). U odbojkaškoj utakmici koja se igra u pet setova, igrači na različitim pozicijama izvode različit broj skokova, od 65 do 136. U proseku, najveći broj skokova izvode tehničari, zatim srednji napadači, suprotnim napadači i spoljašnji napadači (Fontani et al., 2000). Naime, akcije za postizanje poena (npr. servis, smeč i blok) su zasnovane na skoku, sa tipičnim timom ($n \sim 12$) odbojkaša koji izvode oko 120.000 skokova tokom sezone (Garcia-de-Alcaraz et al., 2020). Po principu specifičnosti treninga, odbojkašice treba sistematski da se bave programima vežbanja zasnovanim na skokovima.

Antropometrijske osobine sportista predstavljaju važan preduslov za uspešno takmičenje u istom sportu, utiču na performanse sportista i neophodne su za postizanje izuzetnih veština u sportu. Fizičke karakteristike odbojkaša uglavnom se procenjuju merenjem antropometrijskih parametara kao što su visina, indeks telesne mase i drugi fizički faktori povezani sa performansama, kao što su sposobnost skakanja, agilnost, snaga i izdržljivost (Bayios et al., 2006; Ibrahim, 2010; Duncan et al., 2006). Kod sportistkinja, početak pubertetskog ubrzanja rasta je oko 10. godine, dok se odrasla visina dostiže oko 14-15. godine (Malina et al., 2004). Pubertetski rast kod devojčica prati povećanje telesne masti, što negativno utiče na sportske performanse (Rogol et al., 2002; Lidor & Ziv, 2010). Uspesne odbojkašice imaju manji procenat telesne masti, što se vidi po razlikama u adipozitetu između igračica prve i druge lige (Malousaris et al., 2008). Jedan oblik vežbanja koji se često zanemaruje je pliometrijski trening (PT), koji uključuje vežbe skoka koje koriste ciklus skraćivanja i istezanja (Chen et al., 2023). Pliometrijsko opterećenje je posebno efikasno i kod dece i kod adolescenata tokom perioda rasta kostiju. Dosadašnja istraživanja su pokazala da pliometrijski trening pozitivno utiče na rast i razvoj adolescenata (Kryeziu et al., 2023). Pliometrijski trening je vrsta treninga koji može značajno da poboljša skakačku sposobnost adolescenata (Coşkun et al., 2022), što je važno kako za atletski uspeh, tako i za opšte zdravlje.

Sila donjih ekstremiteta i vertikalni skokovi su značajni pokazatelji uspešnosti odbojkaša (Stec & Smulsky, 2007). Prosečna visina savremenog odbojkaša je viša u poređenju sa prethodnim periodima i iznosi između 195 i 200 cm (Ercolessi, 1999).

Cilj ovog istraživanja je da se utvrdi odnos između antropometrijskih parametara i vertikalnog skoka kod kadetkinja u odbojci. Ove informacije mogu pružiti značajan uvid i referentne vrednosti za identifikaciju talenta i procenu primenjenih trenažnih programa.

METOD

Učesnici

Izvršena je studija sa ciljem procene motoričkih veština i fizičkih karakteristika 40 odbojkašica uzrasta 12-15 godina, koje su trenirale četiri puta nedeljno sa prosečnim sportskim iskustvom od tri godine, u odbojkaškoj školi „DIF“. Standardni odbojkaški trening je trajao 90 minuta i uključivane su odbojkašice koje imaju trenažni staž u školi odbojke u proseku od tri godine (± 6 meseci). Uključivani su tehnički elementi skoka, servisa, prijema i napada, kao i vežbe snage. Vežbe snage obuhvatale su vežbe za gornji i donji deo tela, koje su rađene u 3-4 seta po 10-15 ponavljanja, sa pauzama od po jedan minut. Fokus je bio na razvoju i učenju tehnike. U studiju su uključene samo one igračice koje nisu imale povrede koje bi mogle uticati na rezultate. Antropometrijske karakteristike poput visine tela, telesne mase, procenta telesne masti, procenta mišićne mase i indeksa telesne mase merene su odgovarajućim instrumentima – antropometar po Martinu i tanita vaga, dok je raspon ruku meren pomoću metra. Ovi antropometrijski parametri su izabrani kao prediktori performansi vertikalnog skoka jer imaju direktan ili indirektan uticaj na biomehaniku i energetska efikasnost skoka, dok raspon ruku može imati prednost u fazi zaleta i zamaha rukama.

Sva testiranja su urađena u jednom danu. Antropometrijske dimenzije su merene na početku, pre merenja motoričke sposobnosti. To je izvršeno na sledeći način:

- Antropometar po Martinu je instrument koji smo koristili za merenje visine tela. Dužine je 2m i na njemu su iscrtani milimetri i centimetri. Antropometar se stavlja iza leđa ispitanika, vertikalno, da bar u jednoj tački dodiruje telo. Ispitivač desnom rukom drži antropometar, tako da palcem i kažiprstom pomera klizni prsten, a levom rukom drži vrh horizontalne šipke tačno na sredini temena ispitanika.
- Tanita vaga - koristi revolucionarnu metodu analize bioelektričnog otpora. Automatski meri telesnu težinu i količinu ostalih telesnih masti i matematičkim modelom preračunava, na osnovu pola i starosti, odstupanje od idealne kilaže.
- Raspon ruku (RR) - izmeren je tako što su odbojkašice maksimalno raširile ruke (odručile) i uz pomoć metra smo izmerili raspon ruku s leđa.

Motorička veština je procenjena pomoću testova vertikalnog skoka na OptoJump sistemu.

Vertikalni skok (CMJ) (Slika 1): Skok je započet iz čučanj pozicije. Nisu date specifične instrukcije u vezi dubine ili brzine skoka. Intra-klasni koeficijent korelacije za pouzdanost testiranja i tipičnu grešku merenja za test vertikalnog skoka je bio 0,96 i 2,9%, redom.

Slika 1. Grafički prikaz testa skok sa počučnjem (CMJ)



Optojump (Microgate, Italija) je korišćen za procenu CMJ. OptoJump sistem se sastoji od dve prenosive ploče opremljene sa 33 optičke LED diode koje su postavljene na prenosnoj ploči u razmaku od 3,125 cm. LED diode na prenosnoj ploči komuniciraju kontinuirano sa onima na prijemnoj ploči. Sistem detektuje svako prekidanje komunikacije između ploča i izračunava njihovo trajanje. Ovo omogućava merenje vremena leta i kontakta tokom serije skokova sa tačnošću do 1/1.000 dela sekunde.

Dobijeni podaci su analizirani pomoću deskriptivne statistike, a sve merenja su opisivana prosekom, standardnom devijacijom, minimumom, maksimumom, koeficijentom korelacije i regresionom analizom. Excel, ANOVA i statistički programi su korišćeni za pripremu i obradu baze podataka. P-vrednost manja od 0,05 smatrana je statistički značajnom.

REZULTATI

Analiza deskriptivne statistike (Tabela 1) pruža pregled uzorka od 40 učesnika za odabrane varijable. Prosečna visina tela (TV) bila je 155,6 cm, sa standardnom devijacijom od 10,4 cm, dok su minimalne i maksimalne vrednosti iznosile 134,9 cm i 176,9 cm, redom. Raspon ruku (RR) imao je prosečnu vrednost od 156,4 cm (SD = 12,1 cm), u rasponu od 134,4 cm do 184,0 cm.

Prosečna telesna masa (TM) bila je 48 kg, sa standardnom devijacijom od 8 kg. Minimalne i maksimalne vrednosti bile su 30,5 kg i 72,3 kg. Indeks telesne mase (BMI) imao je prosečnu vrednost od 19,9 kg/m² (SD = 3,1), u rasponu od 14,2 do 25,7 kg/m².

Prosečan procenat telesne masti (PM) bio je 20,9%, sa standardnom devijacijom od 6,9%. Minimalne i maksimalne vrednosti iznosile su 7,7% i 33,9%. Procenat mišićne mase (%M) imao je prosečnu vrednost od 34,8% (SD = 2,5%), sa minimalnim procentom od 29% i maksimalnim od 39,4%.

Na kraju, visina skoka iz počučnja (CMJ) imala je prosečnu vrednost od 22,4 cm (SD = 5,7 cm), sa najnižom zabeleženom vrednošću od 9,8 cm i najvišom vrednošću od 34,0 cm.

Tabela 1. Rezultati deskriptivne statistike

	<i>TV</i>	<i>RR</i>	<i>TM</i>	<i>BMI</i>	<i>PM</i>	<i>%M</i>	<i>CMJ</i>
<i>N</i>	40	40	40	40	40	40	40
<i>M</i>	155.6	156.4	48.8	19.9	20.9	34.8	22.4
<i>Max</i>	176.9	184.0	72.3	25.7	33.9	39.4	34.0
<i>Min</i>	134.9	134.4	30.5	14.2	7.7	29.6	9.8
<i>SD</i>	10.4	12.1	11.8	3.1	6.9	2.5	5.7

TV - telesna visina; *RR* – raspon ruku; *TM* - telesna masa; *BMI* – indeks telesne mase; *PM* – procenat masti; *%M* – procenat mišića; *CMJ* - skok sa počučnjem; *N* – ukupan broj učesnika; *M* – srednja vrednost; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimum; *Max* – maksimum

Tabela 2. prikazuje Pearsonove koeficijente korelacije između visine skoka sa počučnjem (CMJ) i odabranih antropometrijskih varijabli, uključujući telesnu masu, procenat mišićne mase, raspon ruku i visinu tela. Uočene su značajne pozitivne korelacije između CMJ i procenta mišićne mase ($r = 0.588$, $p < 0.001$), raspona ruku ($r = 0.515$, $p < 0.001$), visine tela ($r = 0.502$, $p = 0.001$) i telesne mase ($r = 0.342$, $p = 0.031$). Ovi rezultati sugerisu da veći procenat mišićne mase, telesne dimenzije i masa tela imaju povezanost sa boljim performansama skoka.

Tabela 2. Pearsonov koeficijent korelacije između visine skoka sa počučnjem (CMJ) i odabranih antropometrijskih varijabli

<i>Varijable</i>	<i>Corelacija (r)</i>	<i>p-vrednost</i>
<i>Telesna masa (kg)</i>	0.342	0.031
<i>Procenat mišića (%)</i>	0.588	<0.001
<i>Raspon ruku (cm)</i>	0.515	<0.001
<i>Telesna visina (cm)</i>	0.502	0.001

Tabela 3. sumira rezultate višestruke regresione analize sprovedene kako bi se istražila veza između visine skoka sa počučnjem (CMJ) kao zavisne varijable, i telesne mase, procenta mišićne mase, raspona ruku i telesne visine kao prediktora. Rezultati iz ANOVA tabele ukazuju da je model statistički značajan ($p < 0.001$).

Procenat mišićne mase bio je statistički značajan prediktor ($B=1.488$, $p=0.004$), što sugerise da je viši procenat mišićne mase povezan sa većom visinom CMJ skoka.

Raspon ruku takođe je pokazao značajnu pozitivnu povezanost sa CMJ ($B=0.095$, $p=0.002$), što znači da pojedinci sa većim rasponom ruku imaju tendenciju da postignu veće skokove.

Telesna masa ($B=0.233$, $p=0.146$) i telesna visina ($B=-0.238$, $p=0.447$) nisu bili statistički značajni prediktori u ovom modelu, što sugerise da njihov pojedinačni doprinos visini skoka postaje minimalan kada se kontrolišu druge varijable.

Telesna masa i telesna visina nisu bili statistički značajni u regresionoj analizi, verovatno zbog snažne objašnjavajuće moći procenta mišićne mase, koji je mogao da prikrije njihov doprinos.

Tabela 3. *Multipla regresiona analiza*

<i>Prediktor</i>	<i>B</i>	<i>Std. greška</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>p-vrednost</i>
<i>Telesna masa (kg)</i>	0.233	0.157	0.182	1.487	0.146
<i>Procenat mišića (%)</i>	1.488	0.480	0.558	3.100	0.004
<i>Raspon ruku (cm)</i>	0.095	0.031	0.310	3.100	0.002
<i>Telesna visina (cm)</i>	-.238	0.435	-.076	-.769	0.447

B - regresioni koeficijent; *Std. greška* – standardna greška u proceni; *Beta* – standardizovani koeficijent; *t* – t-vrednost; *p-vrednost* – nivo značajnosti

$$R = .660 \quad R^2 = .436 \quad F = 6.667$$

R – koeficijent multiple korelacije; **R²** – koeficijent determinacije; **F** – F-test veze između zavisne promenljive i skupa nezavisnih promenljivih

DISKUSIJA

Studija je osmišljena sa ciljem utvrđivanja veze između odabranih antropometrijskih varijabli i vertikalnog skoka kod odbojkašica. Poznavanje razlika u odabranim antropometrijskim varijablama vrlo je važno za implementaciju treninga i performansi u odbojci. Rezultati studije takođe su korišćeni prilikom razmatranja faktora za izbor igrača uključujući trenažno iskustvo, kondiciju, itd. Prilikom odabira igrača za uključivanje u utakmice, ovi rezultati mogu se koristiti od strane trenera pri planiranju trening programa, imajući u vidu taktički plan za igrača. U savremenoj odbojci, svaka ekipa nastoji da skoči što više i da visoko skače kako bi akcije kao što su blok i napad učinilo kompleksnijim za protivnika, te se zbog toga mora posvetiti veća pažnja napadu, bloku i servisu tima jer su to ofanzivne akcije i većina poena ekipe postiže se kroz ove akcije. Takođe, verovatnoća pobeđe raste uz efikasan blok, čime se tim čini jačim u ovim akcijama.

U ovom istraživanju, cilj nam je bio da ispitamo uticaj različitih antropometrijskih varijabli – telesne mase, procenta mišićne mase, raspona ruku i telesne visine na visinu vertikalnog skoka. Rezultati Pearsonovog koeficijenta korelacije otkrili su značajne povezanosti između ovih varijabli i skoka.

Telesna masa (TM) pokazala je značajnu povezanost, pri čemu veća telesna masa može negativno uticati na performanse skoka. Međutim, naša analiza nije pokazala snažnu negativnu korelaciju, verovatno zbog visine učesnika i specifične telesne strukture. Korelacija između telesne mase i CMJ-a je niža, što ukazuje da viša telesna masa nije toliko kritična kao mišićna masa u objašnjavanju performansi skoka.

Procenat mišićne mase (%M) pokazao je značajnu pozitivnu korelaciju sa visinom skoka. Ovo se može objasniti činjenicom da veća mišićna masa doprinosi većoj snazi mišića, što je od suštinskog značaja za eksplozivne vertikalne aktivnosti poput skakanja (Bobbart & van Ingen Schenau, 1988). Veća mišićna masa omogućava brže kontrakcije mišića, poboljšavajući performanse skoka.

Telesna visina (TM) može se smatrati najvažnijim fizičkim atributom. Međutim, velika sposobnost skakanja može pomoći u kompenzaciji visinskog nedostatka pojedinca (Marques et al., 2009).

Raspon ruku (RR) takođe pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju. Ovo može biti povezano sa biomehanikom pokreta, gde veći raspon ruku omogućava efikasniju upotrebu zamaha ruku tokom skoka. U drugom istraživanju (Reeves et al., 2008) postavljena je hipoteza da duža ruka stvara dodatno vertikalno ubrzanje kroz duži krak poluge generisan zamahom ruke. To je razlog značajne korelacije između raspona ruku i vertikalnog skoka u ovom istraživanju. Zamah ruku tokom CMJ-a može povećati brzinu odskoka za najmanje 6% u poređenju sa skokom bez zamaha i povećati visinu skoka za 15% ili više (Vaverka et al., 2016).

U istraživanju Pandeya i saradnika (Pandey et al., 2016) bilo je evidentno da je koeficijent korelacije između visine i sportskih performansi u odbojci bio značajan na nivou od 0.05, dok koeficijent korelacije između telesne mase i performansi u odbojci nije bio značajan. U našem istraživanju, rezultati multiple regresije ukazuju da telesna masa i visina nisu statistički značajni prediktori visine vertikalnog skoka kada se razmatraju zajedno sa drugim

varijablama. Međutim, Pearsonov test pokazuje da telesna masa i visina imaju značajne individualne efekte. Ovo sugerise da je njihov direktni doprinos ograničen kada se kontrolišu druge varijable. Ova promena sugerise da odnos između telesne visine i vertikalnog skoka može biti posredovan ili zasenčen kombinovanim efektima telesne mase i mišićne mase. Moguće je da ovi faktori interaguju na način koji smanjuje izolovani doprinos telesne visine performansama vertikalnog skoka. Nedostatak značajnosti takođe može ukazivati na to da su telesna visina i mišićna masa međusobno povezani, pri čemu je mišićna masa direktniji određivač visine skoka, dok telesna visina može imati indirektnu ulogu.

Rezultati višestruke regresije pokazuju da je model statistički značajan ($F=6.667$, $p<0.001$), sa koeficijentom višestruke korelacije $R=0.660$. Koeficijent determinacije ($R^2=0.436$) pokazuje da predloženi model objašnjava 43.6% varijabilnosti u visini CMJ skoka. Rezultati studije (Stojanović et al., 2020) sugerisu da ne postoji značajna povezanost između telesne mase i performansi vertikalnog skoka kod adolescenata. Naši nalazi su slični onima iz prethodnih istraživanja (Pérez-López et al., 2015; Davis et al., 2003), koji su takođe pokazali da telesna masa nema značajan uticaj na vertikalni skok. To podržavaju nalazi Markovića i Jarića (Davis et al., 2003), koji su istraživali vezu između visine vertikalnog skoka i telesne mase, pri čemu su rezultati pokazali da je telesna masa nezavisna od visine vertikalnog skoka. Naši rezultati ukazuju na to da ne postoji značajna povezanost između telesne visine i performansi vertikalnog skoka u CMJ testovima, u skladu sa istraživanjima (Stojanović et al., 2020; Aslan et al., 2011; Aragón-Vargas & Gross, 1997).

ZAKLJUČAK

Moderna odbojka, zbog kraćeg trajanja akcije u igri i povećane intenzivnosti vremena, zahteva sve veću upotrebu energije iz alaktatnog anaerobnog metabolizma. To znači da postoji rastuća potreba za sportistima sa poboljšanom kondicijom, koji su takođe brzi i sposobni da izvode visoke skokove. U ovoj studiji, cilj nam je bio da istražimo uticaj različitih antropometrijskih varijabli – telesne mase, procenta mišićne mase, raspona ruku i telesne visine na visinu vertikalnog skoka. Rezultati Pearsonovog koeficijenta korelacije otkrili su značajne veze između ovih varijabli i CMJ. Međutim, rezultati višestruke regresije pokazuju da telesna masa i visina nisu statistički značajni prediktori visine vertikalnog skoka kada se razmatraju zajedno sa drugim varijablama.

Pored nalaza predstavljenih u ovoj studiji, rezultati se mogu praktično primeniti u dizajnu specifičnih programa treninga usmerenih na poboljšanje performansi vertikalnog skoka kod odbojkaša. Ovi programi treba da se prioritarno fokusiraju na poboljšanje mišićne snage i eksplozivne moći, a ne samo na telesnu masu ili visinu, jer ove varijable nisu pokazale statistički značajnu ulogu kao prediktori.

Ova studija ima određena ograničenja, uključujući relativno mali broj uzoraka i drugih potencijalno uticajnih faktora, kao što su neuromišićna koordinacija i tehnika skoka. Buduća istraživanja trebala bi detaljnije istražiti ove aspekte i razmotriti širi opseg antropometrijskih i motoričkih varijabli kako bi se pružilo sveobuhvatnije razumevanje determinanti vertikalnog skoka.

Rezultati ove studije naglašavaju potrebu za multidimenzionalnim pristupom u treningu koji uključuje ne samo fizičku kondiciju, već i biomehaničke i tehničke faktore. Takav pristup može pomoći u optimizaciji performansi i smanjenju rizika od povreda u modernoj odbojci, gde se od igrača zahteva da izvode skokove sa sve većim intenzitetom i preciznošću.

LITERATURA

1. Aragón-Vargas, L. F., & Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(1), 24–44.
2. Aslan, C. S., Koc, H., Aslan, M., & Ozer, U. (2011). The effect of height on the anaerobic power of sub-elite athletes. *World Applied Science Journal*, 12(2), 208–211.
3. Bayios, I. A., Bergeles, N. K., Apostolidis, N. G., Noutsos, K. S., & Koskolou, M. D. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball, and handball players. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 46(2), 271–280.
4. Bobbert, M. F., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21(3), 249–262.
5. Chen, L., Huang, Z., Xie, L., He, J., Ji, H., & Huang, W. (2023). Maximizing plyometric training for adolescents: a meta-analysis of ground contact frequency and overall intervention time on jumping ability: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 21222. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48274-3>.
6. Coşkun, B., Aras, D., Akalan, C., Kocak, S., Hamlin, M. J. (2022). Plyometric Training in Normobaric Hypoxia improves Jump Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 43(6), 519-25. <https://doi.org/10.1055/a-1656-9677>.
7. Davies, G., Riemann, B. L. & Manske, R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10, 760–786.
8. Davis, D. S., Briscoe, D. A., Markowski, C. T., Saville, S. E., & Taylor, C. J. (2003). Physical characteristics that predict vertical jump performance in recreational male athletes. *Physical Therapy in Sport*, 4(4), 167–174.
9. Duncan, M. J., Woodfield, L., & Al-Nakeeb, Y. (2006). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(7), 640–651.
10. Ebben, W. P., & Blackard, D. O. (2001). Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 48–58.
11. Ebben, W. P., Carroll, R. M., & Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 889–897.
12. Ercolelli, D. (1999). La caduta dal salto. *Super Volley*, 1, 79–82.
13. Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). Designing resistance training programs (2nd ed.). *Human Kinetics*.
14. Fontani, G., Ciccarone, G., & Giulianini, R. (2000). Nuove regole di gioco ed impegno fisico nella pallavolo. *SDS*, 19, 14–20.
15. Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 902–908.
16. Garcia-de-Alcaraz, A., Ramirez-Campillo, R., Rivera-Rodriguez, M., & Romero-Moraleda, B. (2020). Analysis of jump load during a volleyball season in terms of player role. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23, 973–978. doi:10.1016/j.jsams.2020.03.002
17. Ibrahim, M. A. (2010). Anthropometric measurements as a significant factor for choosing juniors in volleyball and handball sports. *World Journal of Sports Sciences*, 3(4), 227–289.
18. Kryeziu, A. R., Iseni, A., Teodor, D. F., Croitoru, H., & Badau, D. (2023). Effect of 12 weeks of the plyometric training program model on speed and explosive strength abilities in adolescents. *Applied Sciences*, 13(5), 2776.
19. Lidor, R., & Ziv, G. (2010). Physical characteristics and physiological attributes of adolescent volleyball players: A review. *Pediatric Exercise Science*, 22(1), 114.
20. Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity (2nd ed.). *Human Kinetics*.
21. Malousaris, G. G., Bergeles, N. K., Barzouka, K. G., Bayios, I. A., Nassis, G. P., & Koskolou, M. D. (2008). Somatotype, size, and body composition of competitive female volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(3), 337.
22. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 543–549.
23. Marques, M. C., van den Tillaar, R., Gabbett, T. J., et al. (2009). Physical fitness qualities of professional volleyball players: Determination of positional differences. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1106–1111.

24. Morio, C. (2011). Time course of neuro-mechanical changes underlying stretch–shortening cycle during intermittent exhaustive rebound exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2295–2305. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1859-6>
25. Pandey, A., Meena, T. R., Kerketta, I., & Bisht, S. (2016). Relationship between selected anthropometric measurements and volleyball players' performance. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 3, 217–219.
26. Pérez-López, A., Sinovas, M. C., Álvarez-Valverde, I., & Valades, D. (2015). Relationship between body composition and vertical jump performance in young Spanish soccer players. *Journal of Sport and Human Performance*, 3(3), 1–12.
27. Polglaze, T., & Dawson, B. (1992). The physiological requirements of the positions in state league volleyball. *Sports Coach*, 15, 32.
28. Reeves, R. A., Hicks, O. D., & Navalta, J. W. (2008). The relationship between upper arm anthropometrical measures and vertical jump displacement. *International Journal of Exercise Science*, 1(1), 22–29.
29. Rogol, A. D., Roemmich, J. N., & Clark, P. A. (2002). Growth at puberty. *Journal of Adolescent Health*, 31(6 Suppl), 192.
30. Saeed, K. K. (2013). Effect of complex training with low-intensity loading interval on certain physical variables among volleyball infants (10–12 ages). *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 13, 16–21.
31. Sheppard, J. M., Gabbett, T. J., & Stanganelli, L. R. (2009). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: Considerations for competition demands and physiologic characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1858–1866.
32. Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P. (2005). Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 495–504.
33. Sole, C. J., Bellon, C. R. & Beckham, G. K. (2022). Plyometric training. In A. Turner & P. Comfort (Eds.), *Advanced Strength and Conditioning: An Evidence-Based Approach*, 307–327. Routledge.
34. Stec, M., & Smulsky, V. (2007). The estimation criteria of jump actions of high-performance female volleyball players. *Research Yearbook*, 13, 77–81.
35. Stojanović, D., Savić, Z., Vidaković, H. M., Stojanović, T., Momčilović, Z., & Stojanović, T. (2020). Relationship between body composition and vertical jump performance among adolescents. *Acta Medica Medianae*, 59(1), 64–70.
36. Vaverka, F., Jandačka, D., Zahradník, D., Uchytil, J., Farana, R., Supej, M., & Vodičar, J. (2016). Effect of an arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players. *Journal of Human Kinetics*, 53, 41–50.
37. Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: A review of observational and experimental studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 556–567.