Pregledni naučni članak

FAKTORI KOJI UTIČU NA IZVOĐENJE SKOKA SA POČUČNJEM

UDK 796.012.414.6

Dragan Klisarić¹

Master profesor fizičkog vaspitanja i sporta
Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Milan Matić

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Apstrakt: Skok sa počučnjem je vežba kojom se utiče na razvoj snage mišića nogu, efikasnost korišćenja ciklusa izduženje – skraćenje i visine skoka. Mnogobrojni faktori utiču na visinu skoka sa počučnjem. U radu su obrađeni najznačajniji spoljašnji i unutrašnji faktori. Cilj rada bio je da se opiše i objasni uticaj spoljašnjih i unutrašnjih faktora na visinu skoka sa počučnjem. U radu je korišćena komparativna analitička metoda kojom su se upoređivali i komentarisali rezultati naučnih istraživanja. U ovom radu razmatrani su sledeći spoljašnji faktori: tip treninga, tehnika izvođenja i instrukcije, kao i unutrašnji faktori: pol, uzrast i telesni sastav. Rezultati rada su pokazali da kod spoljašnjih faktora najveći uticaj ima tehnika izvođenja, dok kod unutrašnjih faktora postoji kontingentan uticaj faktora pol, uzrast i telesni sastav na visinu skoka sa počučnjem. Rezultati rada doprinose razumevanju prirode uticaja spoljašnjih i unutrašnjih faktora koji utiču na visinu skoka sa počučnjem čime se može poboljšati naučno - stručni rad u sporte.

Ključne reči: *tip treninga, tehnika izvođenja, pol, uzrast*

UVOD

Motoričke sposobnosti predstavljaju urođene kvalitete koje mogu da se razvijaju i procenjuju primenom odgovarajućih metoda. Redovnim praće-

¹ ✉ dklisaric94@gmail.com

njem nivoa motoričkih sposobnosti i njihovim razvojem doprinosi se kvalitetu naučnog i stručnog rada. Skok sa počučnjem (eng. *Countermovement jump* – CMJ) se koristi radi razvoja i procene snage, zamora i napretka u sposobnostima sportista. Skok sa počučnjem podrazumeva ciklus izduženje – skraćenje (eng. *Stretch and shortening cycle* - SSC), koji omogućava ispoljavanje mišićne sile u što kraćem vremenskom periodu. Visina skoka sa počučnjem može se meriti na različite načine, poput dohvatne visine skoka, putem kontaktnih strunjača, tenziometrijskih platformi i druge tehnologije. Različiti faktori koji utiču na visinu skoka sa počučnjem zaokupljaju pažnju istraživača.

Faktori mogu ispoljavati uticaj različitog stepena intenziteta: mali, umereni i veliki uticaj, a takođe mogu imati potpuni uticaj i tako u celosti određivati posmatranu pojavu. Na složenu pojavu, faktori mogu imati kontigentan uticaj, gde jedan isti faktor može delovati u većoj ili manjoj meri na posmatranu pojavu, u zavisnosti od interakcije sa drugim uticajnim faktorima (npr. ishrana sportista u interakciji sa treningom, oporavkom, psihološkim stanjem, odnosima u klubu i saigračima itd.)

Česta podela faktora u naučnim istraživanjima jeste na spoljašnje i unutrašnje. Prema klasifikaciji faktora kod skoka iz saskoka u studiji Matića (2016), slična klasifikacija faktora definisana je u ovoj studiji kod trenažnog sredstva skok sa počučnjem. Ova podela izvršena je prema kriterijumu pripadnosti faktora spoljašnjoj tj. objektivnoj sredini (okolini) ili unutrašnjoj, tj. subjektivnoj (ličnoj). U ovom radu analizirani su značajniji spoljašnji faktori: tip treninga, tehnika izvođenja i instrukcije i unutrašnji faktori: uzrast, pol, telesna kompozicija. Osnovno problemsko pitanje u radu je složeno i glasi: Koji faktori ostvaruju uticaj na visinu skoka sa počučnjem, kao i koji faktori imaju najveći uticaj i da li među njima postoji kontigentno (združeno) dejstvo? Predmet ovog rada čine spoljašnji i unutrašnji faktori, skok sa počučnjem i uticaj faktora na visinu skoka sa počučnjem. Cilj rada je da se opiše i objasni uticaj spoljašnjih i unutrašnjih faktora na visinu skoka sa počučnjem, kao i da se utvrdi koji faktori imaju najveći uticaj i da li među njima ima združenog dejstva.

METOD

U radu je korišćena komparativna analitička metoda, kojom su se upoređivali i komentarisali rezultati naučnih istraživanja. Pretraživanjem baza PubMed, Journal of Strength and Conditioning Research, Google Scholar i ključnih reči: „*countermovement jump height*“, „*plyometric*“, „*plyometric training*“, „*instructions*“, „*technique*“, „*sex*“, „*age*“, „*body composition*“, izabrani su i analizirani radovi koji odgovaraju temi ovog rada. Pretraživani su i analizirani samo originalni naučni radovi.

REZULTATI I DISKUSIJA

SPOLJAŠNJI FAKTORI KOJI UTIČU NA VISINU SKOKA SA POČUČNJEM

Tip treninga

U sportskom treningu se koriste različiti metodi treninga u cilju poboljšanja sportskih sposobnosti, poput klasičnog dizanja tegova, olimpijskog dizanja, treninga sa sopstvenim telom (telesna masa kao otpor), pliometrijskog metoda, balističkog metoda i drugih. Zavisno od specifičnosti sporta i zahteva sportske discipline primenice se odgovarajući metodi radi postizanja željenih adaptacija organizma sportista. Redovnim kontrolama nivoa sposobnosti sportista stiže se uvid u efektivnost primenjenih metoda treninga i omogućava kvalitetnije usmeravanje trenažnog procesa. U tom cilju, Mur i saradnici (Moore, Hickey & Raoul, 2005) ispitivali su kako različiti metodi treninga utiču na sposobnosti fudbalera. Tokom 12 nedelja, ispitanici prosečne starosti 20 godina i 13 godina trenažnog iskustva podeljeni su u grupu olimpijskog dizanja tegova – grupa 1 (n=8) i u pliometrijsku grupu – grupa 2 (n=7). Vežbe koje se izvode u okviru ovih metoda smatraju se brzim pokretima, kao što su: sprint, bacanja, poskoci, skokovi i drugi pokreti. Bitno je napomenuti da su ispitanici imali veoma malo iskustva u treningu sa opterećenjem (rad u tere-tani i pliometrijske vežbe) i da se grupe značajno nisu razlikovale u antropometrijskim vrednostima telesne visine (TV) i telesne mase (TM). Obe grupe sprovodile su trening program tri puta nedeljno, gde su na svakom treningu poslednjih 30 minuta sprovodile metod klasičnog dizanja tegova, kome su pokreti izvođenja sporiji nego kod pomenutih metoda. U Tabeli 1. prikazani su rezultati merenja visine skoka sa počučnjem.

Tabela 1. Rezultati prosečnih vrednosti visine skoka sa počučnjem kod obe grupe, pre i nakon 12 nedelja trening programa
(Moore, Hickey & Raoul, 2005)

Test	Grupa	Pre-test	Post-test	Razlike
Skok sa počučnjem (cm)	Grupa 1	47.3	51.5	4.2
	Grupa 2	41.4	46.2	4.8

Merenjem pre početka programa utvrđene su visine skoka sa počučnjem kod grupe 1 od 47.3 cm i kod grupe 2 od 41.4 cm. Rezultati pokazuju da su obe grupe značajno poboljšale visinu skoka nakon 12 nedelja, gde nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p>0.05$) između grupa. Grupa 1 ostva-

rila je kontinuirani napredak u visini skoka od početka programa u odnosu na završetak programa za 4.2 cm. Visina skoka kod grupe 2 na sredini programa opala je za 2 cm u odnosu na početak programa, a zatim povećala visinu skoka za 4.8 cm na kraju programa u odnosu na sredinu programa. Apsolutno posmatrano obe grupe su ostvarile sličan napredak na kraju programa treninga u odnosu na početak. Mur i saradnici (2005) objašnjavaju da je pad na sredini programa kod grupe 2 nastao zbog potrebnog vremena da se nauči pravilno izvođenje pliometrijskih vežbi kao i potrebnog vremena da se organizam oporavi od novonastalih opterećenja. Takođe, u drugoj polovini programa korišćene su pliometrijske vežbe višeg intenziteta, što je doprinelo većoj visini skoka na kraju programa.

Studija Mura i saradnika (2005) pokazala je da su navedeni metodi treninga u sličnoj meri doprineli većoj visini skoka iz počućnja za vremenski period od 12 nedelja. Ovi nalazi korisni su za sportiste koji tek počinju da se takmiče, zato što olimpijsko dizanje tegova zahteva posebnu opremu, a sa druge strane, pliometrijski trening može da se izvodi na otvorenom ili u slabije opremljenom zatvorenom prostoru.

Pliometrijski metod, čije su osnovno sredstvo skokovi predstavlja efikasan način za razvoj eksplozivne mišićne sile. Karakteristika ovog metoda je da se izvodi bez opterećenja ili sa veoma malim dodatnim opterećenjem, a intenzitet opterećenja može se dozirati različitim uslovima izvođenja skokova (npr. variranje visine skokova i saskoka, upotreba različitih rekvizita, prepona, kutija, izvođenje na jednoj nozi i drugo). Da bi se ispitao uticaj pliometrijskog treninga na brzinu, eksplozivnu silu i brzinu štuta u ženskom fudbalu, Ozbar (2015) je sproveo studiju u trajanju od deset nedelja. Ispitanici (n=20) prve turske lige, uzrasta 19 godina, sa iskustvom od najmanje pet godina treninga i najmanje tri godine pliometrijskog treninga, podjednako su podeljeni u eksperimentalnu grupu, koja je sprovodila pliometrijski trening dva puta nedeljno i kontrolnu grupu, koja nije sprovodila pliometrijski trening. Grupe su bile homogene u pogledu trenažnog iskustva i morfoloških karakteristika: TV, TM i indeks telesne mase (BMI). Trening program koji je sprovodila eksperimentalna grupa činile su različite vežbe poskoka, skokova i sprinteva, koje su izvođene preko prepona visine od 40 do 60 cm. Rezultati studije prikazani su na Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati prosečnih vrednosti visine skoka sa počućnjem pre i nakon trening programa u trajanju od 10 nedelja za eksperimentalnu i kontrolnu grupu (Ozbar, 2015)

Test	Grupa	Pre-test	Post-test	Razlike
Skok sa počućnjem (cm)	Eksperimentalna grupa	40.1	48.6	8.5
	Kontrolna grupa	39.7	42.3	2.6

Merenjem pre početka programa eksperimentalna grupa ostvarila je visinu skoka sa počučnjem od 40.1 cm, a nakon programa visinu od 48.6 cm, što predstavlja razliku od 8.5 cm. To je više za 5.9 cm od kontrolne grupe koja je ostvarila napredak za 2.6 cm. Komparacijom studija, uviđa se da su u Murovoj studiji (2005) ispitanici koji su sprovodili metod olimpijskog dizanja ostvarili manju visinu skoka sa počučnjem za 4.27 cm, kao i oni koji su sprovodili pliometrijski metod za 3.7 cm u odnosu na ispitanike u Ozbarovoj studiji (2015) koji su sprovodili samo pliometrijski metod. Apsolutno gledano faktor tip treninga u umerenoj meri od 8.5 cm doprinosi povećanju visine skoka sa počučnjem.

Tehnika izvođenja

Skok sa počučnjem izvodi se kao jedan kontinuirani pokret, počevši iz uspravnog položaja iz kojeg se vrši brzi počučanj koji podrazumeva fleksiju u skočnim zglobovima, zglobovima kolena i kukova. Odmah nakon počučnja izvodi se ekstenzija u sva tri pomenuta zgloba. Skok sa počučnjem može se izvesti bez zamaha ruku (ruke se drže na potiljku ili na bokovima) ili sa zamahom ruku. U svakodnevnim i sportskim aktivnostima skokovi se najčešće izvode sa brzim zamahom ruku zajedno sa kretanjem nogu, čime se postiže veća visina skoka. U studiji Akla (Akl, 2013) cilj je bio da se uporede biomehanički parametri između skoka sa počučnjem sa zamahom ruku i bez zamaha ruku i da se istraži kako zamah ruku može da poveća visinu skoka. Ispitanici su bili visoko utrenirani odbojkaši koji su izvodili skok sa počučnjem bez zamaha ruku i sa zamahom ruku.

Rezultati istraživanja Akla (2013) na osnovu posmatranja kretanja težišta tela pokazuju da su ispitanici u proseku ostvarili visinu skoka sa počučnjem od 61 cm sa zamahom ruku, dok su bez zamaha ruku ostvarili visinu skoka od 48 cm, što čini značajnu razliku od 13 cm. Pored toga, u izvođenju skoka sa počučnjem sa zamahom ruku ostvarene su veće vrednosti maksimalne sile, brzine, kinetičke i potencijalne energije pri odvajanju stopala od podloge, sa utvrđenom statistički značajno razlikom ($p < 0.001$) u odnosu na izvođenje skoka sa počučnjem bez zamaha ruku.

Nešto novija i složenija studija Sančeza-Siksta i saradnika (Sánchez-Sixto et al., 2018) imala je za cilj da odredi kako modifikacije dubine počučnja dovode do promene u visini skoka. U studiji je učestvovalo 29 košarkaša i fudbalera koji se takmiče u regionalnim ligama i svi su imali prethodno iskustvo u izvođenju skoka sa različitim dubinama počučnja. Svi ispitanici su izvodili tri različita skoka sa počučnjem držeći ruke na bokovima i sa sledećim verbalnim instrukcijama:

1. Skok sa slobodno odabranom dubinom počučnja (Skok 1): „Skoči što je više moguće“.

2. Skok sa malom dubinom počučnja (Skok 2): „Skoči što je više moguće sa manjom dubinom počučnja“.
3. Skok sa velikom dubinom počučnja (Skok 3): „Skoči što je više moguće sa većom dubinom počučnja“.

Svi skokovi sa počučnjem izvođeni su na tenziometrijskoj platformi za merenje sile (eng. *force plate*), preko koje je kontrolisana dubina počučnja i računata visina skokova. Uspešno izvođenje skokova sa malom i velikom dubinom počučnja bilo je kada su bili manji, odnosno veći za 5 cm od skoka sa počučnjem sa samoodabranom dubinom počučnja. Rezultati istraživanja pokazuju da dubina počučnja značajno utiče na visinu skoka sa počučnjem, što je prikazano u Tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati prosečnih vrednosti visine skoka sa počučnjem, posmatrano na osnovu pomeranja težišta tela (Sánchez-Sixto, Harrison & Floría, 2018)

Test	Skok 1	Skok 2	Skok 3
Skok sa počučnjem (cm)	48	45	50

Iz Tabele 3. vidi se da su ispitanici u proseku ostvarili najveću visinu kod Skoka 3 od 50 cm, sa statistički značajnom razlikom ($p < 0.05$) u odnosu na Skok 1, što predstavlja malu razliku od 2 cm i u odnosu na Skok 2, gde je razlika nešto veća za 5 cm.

Može se zaključiti da faktor tehnika izvođenja i faktor instrukcije u studiji Sančeza-Siksta i saradnika (2018) deluju kontigentno i u maloj meri od 2 do 5 cm doprinose povećanju visine skoka u poređenju sa druga dva uslova izvođenja skoka sa počučnjem. Ukoliko je cilj postizanje maksimalne visine skoka ili ispoljavanje/razvijanje maksimalne snage mišića, treneri treba da pružaju instrukciju koja će omogućiti veliku dubinu počučnja, kako bi se proizveli željeni trenažni efekti.

Komparacijom studija, uočava se razlika u intenzitetu uticaja faktora tehnika izvođenja, tako što ispitanici u studiji Akla (2013) ostvaruju veći skok sa počučnjem od 13 cm kada koriste zamah ruku, dok ispitanici u studiji Sančeza-Siksta i saradnika (2018) većom dubinom počučnja u kontigentnom delovanju sa faktorom instrukcije ostvaruju veći skok od 3 do 5 cm. To predstavlja značajnu razliku od 6 do 8 cm i samim tim veći intenzitet delovanja faktora tehnika izvođenja. Apsolutno gledano faktor tehnika izvođenja u studiji Akla (2013) u velikoj meri od 13 cm doprinosi većoj visini skoka sa počučnjem.

Instrukcije

U sportskom treningu se koriste različite instrukcije radi učenja veština i tehnike kretanja, kao i povećanja efikasnosti kretanja sportista. Dokazano

je da instrukcije sa spoljašnjim fokusom kod kojih se pažnja usmerava na neki objekat ili predmet imaju bolji učinak na izvođenje pokreta i kretanja, nego instrukcije sa unutrašnjim fokusom, kod kojih se pažnja usmerava na sopstveno telo i osećaj tela u prostoru.

U prethodno pomenutoj studiji Sančeza-Siksta i saradnika (2018) kod faktora tehnika izvođenja, kontigentno dejstvo faktora tehnika izvođenja i faktora instrukcija doprineli su većoj visini skoka sa počučnjem od 3 do 5 cm. U nešto novijoj studiji Keršnerove i saradnika (Kershner, Fry, Cabarkapa, 2019) merene su akutne razlike u izvođenju skoka sa počučnjem, tako što su ispitanicima zadavane instrukcije sa spoljašnjim i unutrašnjim fokusom. Instrukcija sa spoljašnjim fokusom glasila je: „U ovim uslovima, samo se koncentriši na odgurivanje od podloge što je eksplozivnije moguće“. Instrukcija sa unutrašnjim fokusom: „U ovim uslovima, samo se koncentriši na opružanje kolena i kukova što je eksplozivnije moguće“. Svi ispitanici (n=43) imali su prethodno iskustvo od najmanje šest meseci u treningu sa opterećenjem, pet godina takmičarskog bejzbola i smatrani su ekspertima u izvođenju skoka sa počučnjem. Rezultati istraživanja pokazuju da su ispitanici koji su izvodili skok sa počučnjem uz instrukciju sa spoljašnjim fokusom u proseku ostvarili visinu skoka od 48.0 cm, dok su ispitanici koji su izvodili skok uz instrukciju sa unutrašnjim fokusom u proseku ostvarili visinu skoka od 46.4 cm, što predstavlja razliku od samo 1.6 cm. Ovi rezultati su u saglasnosti sa studijom Talpeja i saradnika (Talpey, Young, Beseler, 2016), gde su ispitanici koji su izvodili skok sa počučnjem uz instrukciju sa spoljašnjim fokusom u proseku ostvarili visinu skoka od 45.9 cm, dok su ispitanici koji su izvodili skok uz instrukciju sa unutrašnjim fokusom u proseku ostvarili visinu skoka od 44.0 cm, što predstavlja sličnu razliku od 1.9 cm.

Poređenjem studija uočava se da su ispitanici u studiji Sančeza i saradnika (2018), gde postoji kontigentno dejstvo faktora instrukcije i tehnike, ostvarili veću visinu skoka u odnosu na studije Keršnerove (2019) i Talpeja (2016), stoga razlike u jačini – intenzitetu faktora postoje. Ako posmatramo izolovano dejstvo faktora instrukcija u maloj meri od 1.6 do 1.9 cm utiče na povećanje visine skoka sa počučnjem.

UNUTRAŠNJI FAKTORI KOJI UTIČU NA VISINU SKOKA SA POČUČNJEM

Pol

Između muškaraca i žena postoje određene razlike, kao što su: veća mišićna masa za 3% u gornjem delu tela kod muškaraca nego kod žena, veći procenat masti i to posebno u predelu butina i kukova kod žena, u proseku žene su 40% do 60% slabije od muškaraca u gornjem delu tela, a 25% do

30% u donjem delu tela. Kada se mišićna sila izrazi u relativnim vrednostima u odnosu na bezmasnu komponentu tela, razlike između polova ne postoje, što ukazuje na urođene slične kvalitete mišića i motorne kontrole (Kenney, Wilmore, Costill, 2015).

U transverzalnoj studiji Temfema i saradnika (Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue & Ahmaidi, 2009) ispitivane su razlike u izvođenju skoka sa počučnjem kod dečaka (n=240) i devojčica (n=239) različitog uzrasta. Instrukcija je bila ista za sve ispitanike: „Skoči što brže možeš da postigneš maksimalnu visinu skoka“. Rezultati istraživanja prikazani u Tabeli 4. pokazuju veće visine skoka sa počučnjem kod dečaka u svim uzrastima u odnosu na devojčice, gde je utvrđena statistički značajna razlika ($p < 0.05$), osim kod uzrasta od 11 godina.

Tabela 4. Rezultati prosečnih vrednosti visine skoka sa počučnjem dečaka i devojčica uzrasta od 11 do 16 godina
(Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue & Ahmaidi, 2009)

Varijabla	Uzrast	11	12	13	14	15	16
Visina skoka sa počučnjem (cm)	Dečaci	25.3	28.9	32.5	36.9	39.9	42.9
	Devojčice	25.3	27.5	30.7	33.2	35.5	36.8
Telesna visina (cm)	Dečaci	148.0	155.6	162.4	168.4	172.5	174.1
	Devojčice	149.1	156.3	159.8	163.2	163.7	164.3
Telesna masa (kg)	Dečaci	41.9	46.0	51.9	56.0	60.4	62.8
	Devojčice	43.0	47.7	50.9	54.6	56.9	58.1
BMI (kg/m ²)	Dečaci	19.1	19.0	19.6	20.0	20.7	21.0
	Devojčice	19.3	19.5	19.9	20.6	21.2	21.5
Procenat masti (%)	Dečaci	15.9	14.5	16.1	17.4	17.9	18.5
	Devojčice	18.7	19.6	21.3	22.8	23.4	24.0
Bezmasna komponenta (kg)	Dečaci	35.3	39.4	43.6	46.3	49.6	51.2
	Devojčice	34.9	38.4	40.0	42.2	43.6	44.1
Procenat brzih mišićih vlakana (%)	Dečaci	22.1	23.8	25.2	27.5	28.5	31.8
	Devojčice	22.1	22.3	23.5	25.9	27.1	27.6

Iz Tabele 4. može se videti da su dečaci ostvarili najveću visinu skoka sa počučnjem od 42.9 cm pri najstarijem uzrastu od 16 godina, dok su devojčice u istom uzrastu ostvarile najveću visinu skoka od 36.8 cm, što čini značajnu razliku između polova od 6.1 cm. Sa druge strane, vidi se da su najmanju visinu skoka sa počučnjem od 25.3 cm ostvarila oba pola, pri uzrastu od 11

godina, to znači da pri najmanjoj visini skoka ne postoje razlike između polova. Zajedničko za oba pola jeste linearan porast u visini skoka u uzrastima od 12 do 16 godina. S tim u vezi, može se primetiti da se i razlika u visini skoka između dečaka i devojčica linearno povećava u korist dečaka.

Poređenjem najviših vrednosti visine skoka sa počučnjem od 36.8 cm kod devojčica iz studije Temfema i saradnika (2009) sa najvišim vrednostima visine skoka od 36.1 cm kod dečaka iz studije Nikolaidisa (Nikolaidis, 2014), prikazanih u Tabeli 2, ne uviđa se značajna razlika, koja iznosi svega 0.7 cm, pri istom uzrastu od 16 godina. Sa druge strane, poređenjem najmanje ostvarene visine skoka sa počučnjem kod devojčica od 27.5 cm i kod dečaka od 22.80 cm (u istom uzrastu od 12 godina) postoji veća razlika od 4.7 cm. Razlika u visini skoka sa počučnjem od 4.7 cm može se objasniti delovanjem faktora telesni sastav, čije su vrednosti varijabli: telesna visina (TV), telesna masa (TM) i bezmasna komponenta veće kod devojčica u odnosu na dečake istog uzrasta. Takođe, devojčice ostvaruju veću visinu skoka sa počučnjem za 3.2 cm (u istom uzrastu od 14 godina). To se takođe može objasniti većim vrednostima varijabli telesnog sastava: TV, TM, indeksa telesne mase (BMI) i procenta masti (%) u korist devojčica. Navedeno može da ukazuje da su dečaci u studiji Nikolaidisa (2014) biološki manje zreli i verovatno motorički manje razvijeni, s obzirom da ostvaruju manje visine skoka sa počučnjem pri svim uzrastima, nego dečaci u studiji Temfema i saradnika. Pored toga, uviđa se da faktori pol, uzrast i telesni sastav deluju kontigentno na visinu skoka sa počučnjem.

Na osnovu prethodno analiziranog, može se zaključiti da je faktor pol u studiji Temfema i saradnika (2009) u kontigentnom dejstvu sa faktorom telesni sastav (većim vrednostima varijabli telesnog sastava) doprineo većem ispoljavanju visine skoka sa počučnjem kod dečaka u odnosu na devojčice za 6.1 cm. Poređenjem rezultata devojčica iz studije Temfema i saradnika (2009) i rezultata dečaka iz studije Nikolaidisa (2014) nisu pronađene značajne razlike pri najvećim vrednostima u visini skoka sa počučnjem u uzrastu od 16 godina (zajednički uzrast), dok razlika od 4.7 cm postoji pri najmanjim vrednostima uzrasta 12 godina (zajednički uzrast), gde takođe postoji kontigentno delovanje sa faktorom telesni sastav. Apsolutno posmatrano faktor pol u delovanju sa faktorom telesni sastav i faktorom uzrast (uzrast od 12 godina) u korist devojčica utiče u umerenoj meri na povećanje visine skoka sa počučnjem za 4.7 cm, dok u uzrastu od 16 godina takođe umereno utiče i u korist dečaka povećava visinu skoka sa počučnjem za 6.1 cm.

Uzrast

Kod dece često postoje razlike u hronološkom i biološkom uzrastu, te deca istih godina mogu biti biološki zrelija i jača od svojih vršnjaka. Mišićna

sila (jačina) kao sposobnost svakog čoveka poboljšava se sa povećanjem mišićne mase koja raste zajedno sa uzrastom. Najveće vrednosti mišićne sile kod žena ostvaruju se u 20 godina, dok se kod muškaraca ostvaruju između 20 i 30 godina (Kenney et al., 2015).

U studiji Temfema i saradnika (2009), na Tabeli 4. može se videti da se najveća visina skoka sa počučnjem od 42.9 cm ostvaruje pri najstarijem uzrastu od 16 godina kod dečaka. Sa druge strane, najmanja visina skoka sa počučnjem od 25.3 cm ostvaruje se pri uzrastu od 11 godina kod oba pola. Razlika između najveće i najmanje visine iznosi 17.6 cm, što predstavlja značajan uticaj faktora uzrast. Uticaj faktora uzrast ne treba posmatrati izolovano, već u interakciji sa faktorom pol i telesni sastav.

Zajedničko za sve uzraste jeste linearan porast u visini skoka sa počučnjem, s tim što se najveći porast u visini skoka ispoljava između uzrasta od 13 i 14 godina kod dečaka od 4.4 cm, dok se najveći porast u visini skoka ispoljava između uzrasta 12 i 13 godina kod devojčica od 3.2 cm. Kontigentno dejstvo faktora uzrast i faktora pol ogleda se u postojanju linearnog porasta u razlici u visini skoka sa počučnjem pri uzrastu od 12 do 16 godina u korist dečaka u odnosu na devojčice (po godinama: 1.4 cm, 1.8 cm, 3.7 cm, 4.4 cm, 6.1 cm), dok pri uzrastu od 11 godina nisu pronađene razlike u visini skoka. Takođe, pri linearnom porastu u razlici visine skoka sa počučnjem, ispoljavaju se različite vrednosti faktora telesni sastav. U studiji Nikolaidisa (2014) utvrđena je visoka povezanost ($r=0.68$) između uzrasta i visine skoka sa počučnjem. U Tabeli 2, može se videti da najveću visinu skoka sa počučnjem ostvaruje odrasla grupa od 41.8 cm. Pored toga, najmanja visina skoka ostvaruje se pri uzrasnoj grupi od 10 godina, koja je 19.80 cm. Razlika između najveće i najmanje visine skoka sa počučnjem iznosi 22 cm, što predstavlja takođe značajan uticaj faktora uzrast. Zajedničko za sve uzraste jeste linearan porast u visini skoka sa počučnjem, gde se najveći porast u visini skoka od 6.1 cm uočava između uzrasta od 12 i 14 godina.

Poređenjem razlika (raspona) u najvećoj i najmanjoj vrednosti visine skoka sa počučnjem između studije Temfema i saradnika (2009) od 17.6 cm i studije Nikolaidisa (2014) od 22 cm, dobija se razlika od 4.4 cm. Dobijena razlika predstavlja jači uticaj, odnosno veći intenzitet faktora uzrasta u studiji Nikolaidisa (2014), gde postoji više uzrasnih kategorija. Prema tome može se zaključiti da faktor uzrast u većem rasponu godina ostvaruje veći uticaj na visinu skoka sa počučnjem za 4.4 cm. Apsolutno posmatrano, faktor uzrast u velikoj meri od 22 cm utiče na povećanje visine skoka sa počučnjem.

Telesni sastav

Telesni sastav podrazumeva relativnu zastupljenost različitih elemenata u ukupnoj telesnoj masi čoveka. Osnovni elementi građe ljudskog orga-

nizma su telesna voda, bezmasna i masna masa tela. Bezmasnu komponentu čine koštano tkivo, mišićno tkivo, unutrašnji organi i „bitna” mast. Masnu komponentu čini „nebitna” mast. Prilikom skoka uvis telesna masa zajedno sa delovanjem sile gravitacije ($g=9.81\text{m/s}^2$) predstavlja otpor koji se suprotstavlja pravcu delovanja mišićne sile sportiste. Što je otpor kretanju veći i mišićna sila koja se ispoljava mora biti veća kako bi se ispoljila veća visina skoka sa počučnjem.

U studiji Temfema i saradnika (2009), u Tabeli 4. prikazani su rezultati varijabli telesnog sastava dečaka i devojčica. Može se zaključiti da se najveća visina skoka sa počučnjem od 42.9 cm ispoljava pri najvećim vrednostima varijabli: TV od 174.1 cm, TM od 62.8 kg, indeks telesne mase od 21.5%, procenat masti od 18.5%, bezmasne komponente od 51.2 kg, procentu brzih mišićnih vlakana od 31.8 %, u uzrastu od 16 godina kod dečaka. Sa druge strane, najmanja visina skoka sa počučnjem od 25.3 cm ispoljava se pri najmanjim vrednostima varijabli pri uzrastu od 11 godina kod oba pola. Razlika između najveće i najmanje visine skoka sa počučnjem iznosi 17.6 cm. Zajedničko za sve varijable telesnog sastava jeste da pokazuju linearan porast sa porastom uzrasta dečaka i devojčica.

Analizirajući razlike u varijablama telesnog sastava po uzrastima, kod visine skoka sa počučnjem najveća razlika je 4.4 cm, koja se ispoljava kod dečaka između uzrasnih grupa 13 i 14 godina, gde postoje sledeće razlike između vrednosti varijabli telesnog statusa: TV od 6 cm, TM od 4.1 kg, indeks telesne mase od 0.4%, procenta masti 1.3%, bezmasna komponenta 2.7 kg, procenta brzih mišićnih vlakana od 2.3%. Pored toga, najmanja razlika u visini skoka sa počučnjem od 1.3 cm ispoljava se kod devojčica između uzrasnih grupa 15 i 16 godina, gde postoje daleko manje razlike između vrednosti varijabli telesnog statusa nego kod najveće visine skoka: TV od 0.6 cm, TM od 1.2 kg, BMI od 0.3%, procenat masti od 0.6%, bezmasna komponenta od 0.5 kg, procenta brzih mišićnih vlakana od 0.5%. Na osnovu navedenog, zbirno gledano može se zaključiti da veće razlike u vrednostima varijabli telesnog sastava po uzrastima uslovljavaju i veću razliku u visini skoka sa počučnjem. Prema tome, može se zaključiti da faktor telesni sastav deluje kontigentno sa faktorom uzrast (dečaci u tom periodu se pod uticajem muškog polnog hormona značajno razlikuju u biološkoj starosti u odnosu na hronološku).

U studiji Nikolaidisa (2014), u Tabeli 5. prikazani su rezultati varijabli telesnog sastava uzrasnih grupa fudbalera. Može se uočiti da se najveća (apsolutna) visina skoka sa počučnjem od 41.8 cm ispoljava pri najvećim vrednostima varijabli: TV od 177 cm, TM od 74.1 kg, indeks telesne mase od 23.6%, bezmasne komponente od 62.1 kg, izuzev varijable procenat masti od 15.9% kod odrasle grupe fudbalera. Sa druge strane, najmanja visina skoka sa počučnjem od 19.80 cm ispoljava se pri najmanjim vrednostima varijabli: TV od 137 cm, TM od 33.60 kg, indeks telesne mase od 17.8%, bezmasne kompo-

nente od 27.80 kg, procentu brzih mišićnih vlakana od 22.1%, izuzev varijable procenat masti 16.4% pri uzrastu od 11 godina kod fudbalera. Razlika između najveće i najmanje visine skoka sa počućnjem iznosi 22 cm. Zajedničko za sve varijable telesnog sastava jeste da pokazuju linearan porast sa porastom uzrasnih grupa, izuzev varijable procenat masti (%). Procenat masti (%) je varijabla na čiju se vrednost može uticati ishranom, koja u ovoj studiji nije obuhvaćena predmetom istraživanja.

Tabela 5. Rezultati prosečnih vrednosti bezmasne komponente tela i visine skoka sa počućnjem za sve uzrasne grupe (Nikolaidis, 2014)

Varijabla	Uzrasne grupe					Odrasla grupa (n=36)
	10 (n=17)	12 (n=27)	14 (n=70)	16 (n=92)	18 (n=33)	
Telesna visina (cm)	137	146	160	171	175	177
Telesna masa (kg)	33.6	42.50	50.8	62.6	66.6	74.1
BMI (kg/m ²)	17.8	19.60	19.70	21.2	21.9	23.6
Procenat masti (%)	16.4	19.3	16.1	15.4	14.4	15.9
Bezmasna komponenta (kg)	27.8	33.9	42.4	52.8	56.9	62.1
Skok sa počućnjem (cm)	19.8	22.8	30.0	36.1	40.8	41.8

Analizirajući razlike u varijablama telesnog sastava po uzrasnim grupama u visini skoka sa počućnjem najveća razlika je 7.2 cm, koja se ispoljava između uzrasnih grupa 12 i 14 godina, gde postoje sledeće razlike između vrednosti varijabli telesnog sastava: TV od 14 cm, TM od 8.3 kg, indeks telesne mase od 0.10%, procenta masti 3.2%, bezmasna komponenta 8.5kg. Najmanja razlika u visini skoka sa počućnjem od 1 cm ispoljava se između uzrasnih grupa 18 godina i odraslih, gde postoje daleko manje razlike između vrednosti varijabli telesnog sastava nego kod najveće visine skoka: TV od 2 cm, TM od 7.5 kg, BMI od 1.7%, procenat masti od 1.5%, bezmasna komponenta od 5.2 kg. Na osnovu navedenog može se zaključiti da sumarno (zbirno) gledano veće razlike u vrednostima varijabli telesnog sastava uslovljavaju i veću razliku u visini skoka sa počućnjem. Prema tome, kao i u studiji Temefema i saradnika (2009) može se zaključiti da faktor telesni sastav deluje kontigentno sa faktorom uzrast, gde se dečaci značajno razlikuju u biološkoj starosti u odnosu na hronološku.

Na osnovu analize i komparacije, može se zaključiti da faktor telesni sastav deluje kontigentno sa faktorom uzrast (širi raspon/opseg uzrasnih kategorija) i faktorom pol (dečaci ostvaruju veće visine skoka) u studiji Nikolaidisa (2014) i utiče u velikoj meri na visinu skoka sa počućnjem od 22 cm, što je za 4.4 cm više nego u studiji Temefema i saradnika (2009). Na osnovu prethodno

analiziranog, apsolutno gledano, kontigentno delovanje faktora pol, uzrast i telesni sastav u velikoj meri utiču na povećanje visine skoka sa počučnjem.

ZAKLJUČAK

U ovom radu svi analizirani faktori utiču na visinu skoka sa počučnjem. Najveći uticaj ostvaruje faktor tehnika izvođenja, gde korišćenje zamaha ruku u velikoj meri utiče na povećanje visine skoka sa počučnjem. Stoga, ukoliko je cilj testiranje pripremljenosti sportista u specifičnim uslovima, kao što je skok u odbojci, košarci, skok uvis u atletici i drugi, preporučuje se izvođenje skoka sa počučnjem sa zamahom ruku. Međutim, ukoliko se testira snaga nogu, preporučuje se izvođenje skoka sa počučnjem bez zamaha ruku. Tip treninga je faktor koji u umerenoj meri, putem pliometrijskog metoda treninga utiče na povećanje visine skoka sa počučnjem. Prilikom primene pliometrijskog treninga, potrebno je imati u vidu trenutni nivo pripremljenosti sportista, kao i prethodno iskustvo u izvođenju pliometrijskih vežbi, te prema tome dozirati trenažno opterećenje. Faktor instrukcije u kontigentnom dejstvu sa faktorom tehnika izvođenja utiče u maloj do umerenoj meri na povećanje visine skoka sa počučnjem, pa se prema tome preporučuje zajednička i istovremena primena ovih faktora. Analizom unutrašnjih faktora uočava se postojanje kontigentnog dejstva faktora uzrast, pol i telesni sastav. Kontigentnim dejstvom navedenih faktora ostvaruje se najveći uticaj na visinu skoka sa počučnjem. Što je raspon u godinama veći, to je i intenzitet uticaja faktora uzrast veći, čime se ostvaruju veće razlike u visini skoka sa počučnjem. Praćenjem i upravljanjem varijabli telesnog sastava u skladu sa specifičnostima određenog uzrasta može se uticati na ostvarivanje veće visine skoka sa počučnjem. Kod faktora pol, veće visine ostvaruju se kod dečaka u gotovo svim uzrastima, gde takođe postoje veće vrednosti varijabli telesnog sastava. Dobijeni nalazi mogu biti od koristi za identifikaciju i selekciju mladih sportista. Analiza i produbljeno znanje o spoljašnjim i unutrašnjim faktorima koji utiču na visinu skoka sa počučnjem može biti od koristi trenerima i drugim stručnjacima u zavisnosti od potreba i željenog cilja njegove primene. Za preciznije merenje nivoa uticaja navedenih i drugih faktora potrebno je unapred pripremiti skalu uticaja sa definisanim kriterijumima i vrednostima za raspoređivanje po nivoima u datoj skali.

LITERATURA

1. Akl, A. R. (2013). A comparison of biomechanical parameters between two methods of countermovement jump. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 7(2), 123-128.
2. Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
3. Matić, M. (2016). Faktori koji utiču na optimalnu visinu skoka iz saskoka. *Godišnjak Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu*, 21, 121- 134.
4. Moore, E. W. G., Hickey, M. S. & Raoul, F. Reiser, I. I. (2005). Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players'performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 791-798.
5. Nikolaidis, P. T. (2014). Age-related differences in countermovement vertical jump in soccer players 8-31 years old: the role of fat-free mass. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(2), 60-64.
6. Kershner, A. L., Fry, A. C. & Cabarkapa, D. (2019). Effect of Internal vs. External Focus of Attention Instructions on Countermovement Jump Variables in NCAA Division I Student-Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(6), 1467-1473.
7. Ozbar, N. (2015). Effects of plyometric training on explosive strength, speed and kicking speed in female soccer players. *The Anthropologist*, 19(2), 333-339.
8. Sánchez-Sixto, A., Harrison, A. J. & Floría, P. (2018). Larger countermovement increases the jump height of countermovement jump. *Sports*, 6(4), 131.
9. Talpey, S. W., Young, W. B. & Beseler, B. (2016). Effect of instructions on selected jump squat variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(9), 2508-2513.
10. 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.

Review scientific paper

FACTORS OF INFLUENCE ON PERFORMANCE OF COUNTERMOVEMENT JUMP

UDK 796.012.414.6

Dragan Klisarić¹

MSc in Physical Education and Sport

Faculty of Sports and Physical Education, University of Belgrade, Serbia

Milan Matić

Faculty of Sports and Physical Education, University of Belgrade, Serbia

Abstract: Countermovement jump is an exercise that develops leg muscle power, the efficiency of using the stretch-shortening cycle, and the jump height. Numerous factors influence countermovement jump height. This paper analyses the most important external and internal factors. The aim of this paper was to describe and explain the influence of external factors on countermovement jump height. A comparative analytical method is used to compare and comment on the results of scientific research. The following external factors are considered in this paper: type of training, performance technique, and instructions, and internal factors: age, sex, body composition. The results of the paper showed that among external factors, the greatest influence is noted in the performance technique factor, while among internal factors there is a contingent influence of age, sex, and body composition factors on countermovement jump height. The results of the paper contribute to the understanding of the nature of the influence of external and internal factors that affect countermovement jump height, which can improve scientific - professional work in sports.

Keywords: *type of training, performance technique, sex, age*

INTRODUCTION

Motor abilities are inborn qualities, which can be developed and assessed by applying appropriate exercises and methods. Regular monitoring of the levels

¹ ✉ dklisaric94@gmail.com

of motor abilities and their development contributes to the quality of scientific and professional work. Countermovement jump (CMJ) is used to develop and assess power, fatigue, and progress in athletes' abilities. Countermovement jump implies a stretching and shortening cycle (SSC), which enables the manifestation of muscular force in the shortest possible time. Countermovement jump height can be measured in various ways, such as the reach height of the jump, via contact mats, force plates, and other types of technology. Various factors that affect the height of countermovement jump draw the attention of researchers.

Factors can exert an influence of different degrees of intensity: small, moderate, and big influence and they can also fully influence and thus completely determine the observed phenomenon. Factors can have a contingent influence on a complex phenomenon, where one factor can have a greater or lesser impact on the observed phenomenon, depending on the interaction with other influencing factors (e.g. nutrition of athletes in interaction with training, recovery, psychological state, club relations, and teammates, etc.).

Factors in scientific research are frequently divided in external and internal. According to the classification of factors in drop jump in the Matić study (Matić, 2016), a similar classification of factors was defined in this study for countermovement jump. This division was made according to the affiliation criterion of external factors, i.e. objective environment or internal, i.e. subjective environment. In this paper, the most important external factors are analysed: type of training, performance technique, and instructions, and internal factors: age, sex, body composition.

The basic problem question in the paper is complex and reads: Which factors have an impact on countermovement jump height, as well as which factors have the greatest influence, and is there a contingent effect between them? The subject of this paper consists of external and internal factors, countermovement jump, and the influence of factors on countermovement jump height. The aim of this paper is to describe and explain the influence of external and internal factors on countermovement jump height, as well as to determine which factors have the greatest influence and whether there is a combined influence between them.

METHOD

In this paper the authors used comparative analytical method, which compares and comments on the results of scientific research. By searching the databases PubMed, Journal of Strength and Conditioning Research, Google Scholar, and keywords: "*countermovement jump height*", "*plyometric*", "*plyometric training*", "*instructions*", "*technique*", "*sex*", "*age*", "*body composition*", papers corresponding to the topic of this paper were selected and analysed. Only original scientific papers were searched and analysed.

RESULTS AND DISCUSSION

EXTERNAL FACTORS THAT INFLUENCE COUNTERMOVEMENT JUMP HEIGHT

Training type

In sports training, various training methods are used in order to improve sports abilities, such as classical weightlifting, Olympic lifting, bodyweight training (body weight as resistance), plyometric method, ballistic method, and others. Depending on the specificity of the sport and the requirements of the sports branches, appropriate methods will be applied to achieve the desired adaptations of an athlete's organism. Monitoring the level of abilities of athletes provides insight into the effectiveness of the applied training methods and enables better management of the training process. To this end, Moore et al. (Moore, Hickey, Reiser, 2005) examined how different training methods affect a player's abilities. During 12 weeks, participants with an average age of 20 and 13 years of training experience were divided into the Olympic weightlifting group - group 1 (n=8) and the plyometric group - group 2 (n=7). Exercises performed within these methods are considered to be fast movements, such as sprints, throws, hops, jumps, and other movements. It is important to note that the participants had very little experience in training with load (gym training and plyometric exercises) and that the groups did not differ significantly in terms of anthropometric values of body height and body weight. Both groups conducted a training program three times a week, where in each training session for the last 30 minutes they implemented the method of classical weightlifting, for which the performance movements are slower than with the mentioned methods. Table 1 shows the results of countermovement jump height.

Table 1. *Results of average values of countermovement jump height in both groups, before and after 12 weeks of training program (Moore, Hickey & Raoul, 2005)*

Test	Group	Pre-test	Post-test	Difference
Countermovement jump (cm)	Group 1	47.3	51.5	4.2
	Group 2	41.4	46.2	4.8

Measuring before the start of the program determined that the countermovement jump height in group 1 was 47.3 cm and in group 2 it amounted to 41.4 cm. The results show that both groups significantly improved their jump height after 12 weeks, while no statistically significant differences ($p>0.05$) between

groups were found. Group 1 made continuous progress in jump height from the beginning of the program compared to the end of the program by 4.2 cm. The jump height in group 2 in the middle of the program decreased by 2 cm compared to the beginning of the program and then increased by 4.8 cm at the end of the program compared to the middle of the program. In absolute terms, both groups made similar progress at the end of the training program compared to the beginning. Moore et al. (2005) explains that the drop in the middle of the program in group 2 occurred due to the time needed to learn how to perform plyometric exercises correctly, as well as the time needed for the organism to recover from the new loads. Also, in the second half of the program, plyometric exercises of higher intensity were used, which contributed to a higher jump height at the end of the program.

The study by Moore et al. (2005) showed that the mentioned training methods similarly contributed to the higher jumping height for the period of 12 weeks. These findings are useful for athletes who are just beginning to compete because Olympic weightlifting requires special equipment, and on the other side, plyometric training can be performed outdoors or in a poorly equipped indoor space.

The plyometric method, whose main tools are jumps, is an effective way to develop explosive muscular force. The characteristic of this method is that it is performed without load or with very little additional load, and the intensity of the load can be dosed with different jumping conditions, such as: varying the height of jumps and drop heights, use of different equipment, hurdles, boxes, running on one leg, etc. To examine the impact of plyometric training on speed, explosive force, and kick speed in women's soccer, Ozbar et al. (Ozbar, 2015) conducted a 10-week study. Participants (n=20) of the first Turkish league, aged 19, with experience of at least five years of training and at least three years of plyometric training, were equally divided into an experimental group, which conducted plyometric training twice a week and a control group, which did not conduct plyometric training. The groups were homogeneous in terms of training experience and morphological characteristics: body height, body mass, and body mass index (BMI). The training program conducted by the experimental group consisted of various exercises of hops, jumps, and sprints, which were performed over hurdles that were 40 to 60 cm high. The results of the study are shown in Table 2.

Table 2. *Results of average values of countermovement jump height before and after training program for 10 weeks for experimental and control group (Ozbar, 2015)*

Test	Group	Pre-test	Post-test	Difference
Countermovement jump (cm)	Experimental group	40.1	48.6	8.5
	Control group	39.7	42.3	2.6

By conducting measuring before the start of the program, the experimental group achieved a countermovement jump height of 40.1 cm, and after the program the height was 48.6 cm, which is a difference of 8.5 cm. That is 5.9 cm more than the control group, which achieved an improvement of 2.6 cm. Comparing the studies, it can be seen that in the Moore et al. (2005) study, the participants who performed the Olympic lifting method achieved a lower countermovement jump height of 4.27 cm, as well as those who performed the plyometric method by 3.7 cm compared to the participants in Ozbar's study (2015) who conducted only the plyometric method. In absolute terms, the factor type of training in a moderate extent of 8.5 cm contributes to the increase of countermovement jump height.

Performance technique

Countermovement jump is performed as one continuous movement, starting from an upright position from which a quick squat is performed, which implies flexion in the ankle joints, knee joints, and hips. Immediately after the squat, an extension is performed in all three mentioned joints. Countermovement jump can be performed without swinging the arms (hands are held at the nape of the neck or on the hips) or with swinging the arms. In everyday and sports activities, jumps are usually performed with a quick swing of the arms together with the movement of the legs, which results in a higher jump height. In Akl's study (Akl, 2013), the aim was to compare the biomechanical parameters between countermovement jump with arm swing and without arm swing and to investigate how arm swing can increase the height of the jump. The participants were highly trained volleyball players who performed countermovement jump with and without swinging the arms.

The results of Akl's study (2013) based on the observation of the movement of the centre of gravity of the body show that the participants achieved an average jump height of 61 cm with arm swing, while without arm swing they achieved a jump height of 48 cm, which makes a significant difference of 13 cm. In addition, higher values of maximum force, speed, kinetic and potential energy when separating the feet from the ground were achieved in the performance of countermovement jumps with arm swing, with a statistically significant difference ($p < 0.001$) in relation to the performance of countermovement jumps without arm swing.

A somewhat newer and more complex study by Sanchez-Sixto et al. (Sánchez-Sixto, Harrison, Floría, 2018) aimed to determine how modifications to the squat depth lead to a change in jump height. The study involved 29 basketball and football players competing in regional leagues and all had

previous experience in performing jumps with different squat depths. All participants performed three different squats with a squat holding their hands on their hips and with the following verbal instructions:

1. Jump with freely selected squat depth (Jump 1): "Jump as high as possible"
2. Jump with a small squat depth (Jump 2): "Jump as high as possible with smaller squat depth"
3. Jump with large squat depth (Jump 3): "Jump as high as possible with greater squat depth"

All countermovement jumps were performed on a "Force plate", through which the squat depth and the jump heights were measured and controlled. Successful performance of jumps with small and large squat depth was when they were smaller, or larger than 5 cm than the countermovement jump with self-selected squat depth. The results of the research show that squat depth significantly affects the height of countermovement jumps, which is shown in Table 3.

Table 3. *Results of average values of countermovement jump height, observed based on movement of body weight centre*
(Sánchez-Sixto, Harrison & Floría, 2018)

Test	Jump 1	Jump 2	Jump 3
Countermovement jump (cm)	48	45	50

Table 3 shows that the participants achieved the highest height on average in Jump 3 of 50 cm, with a statistically significant difference ($p<0.05$) in relation to Jump 1, which is a small difference of 2 cm and in relation to Jump 2, where the difference is slightly larger - 5 cm.

It can be concluded that the performance technique factor and the factor of instructions in the study of Sanchez-Sixto et al. (2018) act contingently, contributing to a small extent of 2 to 5 cm to the increase in jump height compared to the other two conditions for performing a countermovement jump. If the goal is to achieve maximum jump height or to manifest/develop maximum muscle power, trainers should provide instruction that will allow a large squat depth, in order to produce the desired training effects.

By comparing the studies, a difference is perceived in the influence intensity of the performance technique factor, so the participants in Akl's study (2013) achieve a 13 cm higher countermovement jump when swinging their arms, while the participants in the Sanchez-Sixto et al. study (2018) with a larger squat depth in contingent action with the factor of instructions achieve a jump higher by 3 to 5 cm. This represents a significant difference of 6 to 8 cm and thus a higher intensity of the action of the performance

technique factor. In absolute terms, the performance technique factor in Akl's study (2013) largely contributes to higher countermovement jump height.

Instructions

In sports training, various instructions are used to learn movement skills and techniques, as well as to increase the efficiency of athletes' movements. It has been proven that instructions with an external focus in which attention is centered on an object or subject have a better effect on performing motions and movements, than instructions with internal focus, in which attention lies on one's own body and body feeling in space.

In the previously mentioned study by Sanchez-Sixto et al. (2018), with the analysed factor of performance technique, the contingent effect of performance technique factor and instruction factor contributed to a 3 to 5 cm higher countermovement jump height. A more recent study by Kershner et al. (Kershner, Fry, Cabarkapa, 2019) measured acute differences in performing countermovement jump by instructing participants with external and internal focus. The instruction with the external focus was: "In these conditions, only concentrate on pushing off the surface as explosively as possible", while the instruction with internal focus was: "In these conditions, only concentrate on stretching the knees and hips as explosively as possible". All participants (n=43) had previous experience of at least six months in weight training, five years in competitive baseball, and were considered experts in performing countermovement jump. The results of the research show that the participants who performed countermovement jump with the external focus instruction achieved an average jump height of 48.0 cm, while the participants who performed the jump with internal focus instruction achieved an average jump height of 46.4 cm, which is a difference of only 1.6 cm. These results are consistent with the Talpey et al. study (Talpey, Young, Beseler, 2016), where participants who performed countermovement jump with external focus instruction achieved an average jump height of 45.9 cm, while participants who performed a jump with instruction to accentuate internal focus scored an average jump height of 44.0 cm, which represents a similar difference of 1.9 cm.

Comparing the studies, it is noticed that the participants in the study of Sanchez-Sixto et al. (2018), where there is a contingent effect of factor instructions and performance technique, achieved higher jump height compared to the studies of Kershner et al. (2019) and Talpey et al. (2016), therefore differences in intensity of factors exist. If we observe the isolated effect of the instructions factor, it has a small effect of 1.6 to 1.9 cm on increase in countermovement jump height.

**INTERNAL FACTORS THAT INFLUENCE
COUNTERMOVEMENT JUMP HEIGHT**

Sex

There are certain differences between men and women, such as higher muscle mass by 3% in the upper part of the body in men than in women, a higher percentage of fat, especially in the thighs and hips in women, on average women are 40% to 60 % weaker than men in the upper body and 25% to 30% in the lower body. When muscle strength is expressed relative to lean body mass, sex differences do not exist, indicating inborn similar muscle qualities and motor control (Kenney, Wilmore, Costill, 2015).

A transversal study by Temfemo et al. (Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue, Ahmaidi, 2009) examined differences in the performance of countermovement jumps in boys (n=240) and girls (n=239) of different age. The instruction was the same for all participants: "Jump as fast as you can to reach the maximum jump height." The results of the research shown in Table 1 show higher countermovement jump heights in boys of all ages compared to girls, with statistically significant difference ($p<0.05$), except at 11 years of age.

Table 4. *Results of mean values of countermovement jump height
in boys and girls aged 11 to 16*
(Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue & Ahmaidi, 2009)

Variables	Age	11	12	13	14	15	16
Countermovement jump height (cm)	Boys	25.3	28.9	32.5	36.9	39.9	42.9
	Girls	25.3	27.5	30.7	33.2	35.5	36.8
Body height (cm)	Boys	148.0	155.6	162.4	168.4	172.5	174.1
	Girls	149.1	156.3	159.8	163.2	163.7	164.3
Body weight (kg)	Boys	41.9	46.0	51.9	56.0	60.4	62.8
	Girls	43.0	47.7	50.9	54.6	56.9	58.1
BMI (kg/m2)	Boys	19.1	19.0	19.6	20.0	20.7	21.0
	Girls	19.3	19.5	19.9	20.6	21.2	21.5
Fat percentage (%)	Boys	15.9	14.5	16.1	17.4	17.9	18.5
	Girls	18.7	19.6	21.3	22.8	23.4	24.0
Fat-free component (kg)	Boys	35.3	39.4	43.6	46.3	49.6	51.2
	Girls	34.9	38.4	40.0	42.2	43.6	44.1
Percentage of fast twitch muscle fibres (%)	Boys	22.1	23.8	25.2	27.5	28.5	31.8
	Girls	22.1	22.3	23.5	25.9	27.1	27.6

From Table 1, it can be seen that boys achieved the highest counter-movement jump height of 42.9 cm at the oldest age of 16, while girls at the same age achieved the highest counter-movement jump height of 36.8 cm, which makes a significant difference between the sexes of 6.1 cm. On the other hand, it can be seen that the lowest counter-movement jump height of 25.3 cm was achieved by both sexes, at the age of 11, which means that at the lowest jump height there are no differences between the sexes. Common to both sexes is a linear increase in counter-movement jump height at the ages of 12 to 16. In this regard, it can be noticed that the difference in counter-movement jump height between boys and girls increases linearly in favour of boys.

Comparing the highest values of counter-movement jump height of 36.8 cm in girls from the study of Temfemo et al. (2009) with the highest values of counter-movement jump height of 36.1 cm in boys from the study of Nikolaidis (2014), shown in Table 2, no significant difference is observed, which is 0.7 cm, at the same age of 16 years. On the other hand, by comparing the lowest achieved counter-movement jump height in girls of 27.5 cm and boys of 22.80 cm (at the same age of 12 years) there is a bigger difference of 4.7 cm. The difference in counter-movement jump height of these 4.7 cm can be explained by the action of body composition factor, whose variable values are: body height, body weight, and fat-free component in girls compared to boys of the same age. Also, girls achieve higher counter-movement jump height by 3.2 cm (at the same age of 14). This can also be explained by the higher values of body composition variables: body height, body weight, body mass index (BMI) and fat percentage (%) in favour of girls. This may indicate that the boys in the Nikolaidis study (2014) are less biologically mature and probably less motorically developed since they achieve lower jump heights at all ages than the boys in the study of Temfemo et al. (2009). Also, it is founded that factors such as sex, age, and body composition act combined on counter-movement jump height.

The sex factor in the study of Temfemo et al. (2009) in a combined action with the body composition factor (higher values of body composition variables) in favour of boys contributed to a greater manifestation of counter-movement jump height in boys compared to girls by 6.1 cm. A comparison of girls from the Temfemo et al. study (2009) and boys from the Nikolaidis study (2014) showed no significant differences in the highest values in counter-movement jump height at the age of 16 (common age), while a difference of 4.7 cm exists at the lowest age values of 12 years (common age), where there is also a combined effect with the factor of body composition. In absolute terms, the sex factor in action with the body composition factor and the age factor (age 12) in favor of girls has a moderate influence on increasing counter-movement jump height by 4.7 cm, while at the age of 16 it has a moderate influence, increasing counter-movement jump height in favour of boys by 6.1 cm.

Age

There are often differences in children's chronological and biological age, and children of the same age can be biologically more mature and stronger than their peers. Muscle strength as the ability of each person improves with increasing muscle mass that grows with age. The highest values of muscle strength in women are achieved at the age of 20, while in men they are achieved between 20 and 30 years of age (Kenney, Wilmore, Costill, 2015).

In a study by Temfemo et al. (2009), Table 4 shows that the highest countermovement jump height of 42.9 cm is achieved at the oldest age of 16 in boys. On the other hand, the lowest jump height is achieved at the age of 11 and it amounts to 25.3 cm in both sexes. The difference between the maximum and minimum height is 17.6 cm, which represents a significant influence of the age factor. The influence of the age factor should not be viewed in isolation, but in interaction with the sex and body composition factors.

Common to all ages is a linear increase in countermovement jump height, with the highest increase between ages of 13 and 14 in boys - 4.4 cm, while the highest increase in jump height is between ages of 12 and 13 in girls - 3.2 cm. The combined effect of age and sex factors is reflected in the existence of linear growth in the difference in countermovement jump height at the age of 12 to 16 in favour of boys compared to girls (by age: 1.4 cm, 1.8 cm, 3.7 cm, 4.4 cm, 6.1 cm, respectively), while at the age of 11 no differences in jump height were found. Also, during linear growth in the difference of countermovement jump height, different values of the body composition factor are manifested.

In the Nikolaidis study (2014), a strong correlation ($r=0.68$) between age and countermovement jump height was found. In Table 2, it can be seen that the highest countermovement jump is achieved by the adult group - 41.8 cm. In addition, the lowest jump height is achieved at the age of 10, and it amounts to 19.80 cm. The difference between the maximum and minimum countermovement jump height is 22 cm, which also represents a significant influence of the age factor. Common for all ages is a linear growth in countermovement jump height, where the largest increase in the jump height of 6.1 cm is observed between the age of 12 and 14.

By comparing the differences (range) of the largest and smallest values of countermovement jump height between the study of Temfemo et al. (2009) of 17.6 cm and the study of Nikolaidis (2014) of 22 cm, a difference of 4.4 cm was obtained. The obtained difference represents a stronger influence that is a higher intensity of age factor in the Nikolaidis study (2014), where there are more age categories. Therefore, it can be concluded that the age factor in a larger age range has a greater influence on countermovement jump height

- 4.4 cm. In absolute terms, the age factor of 22 cm greatly increases counter-movement jump height.

Body composition

Body composition implies a relative representation of various elements in a person's total body weight. The basic elements of the structure of the human body are body water, fat-free mass, and fat body mass. The fat-free component consists of bone tissue, muscle tissue, internal organs, and "essential" fat. The fat component is "irrelevant" fat. When jumping up, body weight together with the action of gravity ($g=9.81 \text{ m/s}^2$) represents a resistance that opposes the direction of action of an athlete's muscular force. The greater the resistance to movement, the greater the muscular force that must be exerted in order to achieve greater countermovement jump height.

The study of Temfemo et al. (2009) in Table 4 shows the results of the body composition variables of boys and girls. It can be concluded that the highest countermovement jump height of 42.9 cm is manifested at the highest values of variables: body height of 174.1 cm, body weight of 62.8 kg, body mass index of 21.5%, fat percentage of 18.5%, a fat-free component of 51.2 kg, percentage of fast-twitch muscle fibres of 31.8%, at the age of 16 in boys. On the other hand, the lowest countermovement jump height of 25.3 cm is manifested at the lowest values of variables at the age of 11 in both sexes. The difference between the maximum and minimum countermovement jump height is 17.6 cm. Common to all body composition variables is that they show a linear increase as the age increases in boys and girls.

Analysing the differences in body composition variables by age, in countermovement jump height the biggest difference is 4.4 cm, which is manifested in boys between the age of 13 and 14, where there are the following differences between the values of body composition variables: body height 6 cm, body weight 4.1 kg, body mass index of 0.4%, fat percentage 1.3%, fat-free component 2.7 kg, percentage of fast-twitch muscle fibres of 2.3%. In addition, the smallest difference in countermovement jump height of 1.3 cm is manifested in girls between the age of 15 and 16, where there are far less differences between the values of body composition variables than the maximum height of the jump: body height of 0.6 cm, body weight of 1.2 kg, BMI of 0.3%, percentage of fat of 0.6%, fat-free component of 0.5 kg, percentage of fast-twitch muscle fibres of 0.5%. Based on the above, it can be concluded that larger differences in the values of body composition variables by age condition a larger difference in countermovement jump height. Therefore, it can be concluded that the body composition factor acts in combination with the age factor (boys in that period, under the influence of the male sex hormone, differ significantly in biological age in relation to chronological age).

The Nikolaidis study (2014) in Table 5 shows the results of body composition variables of age groups of football players. It can be seen that the highest (absolute) countermovement jump height of 41.8 cm is manifested at the highest values of variables: body height of 177 cm, body weight of 74.1 kg, BMI of 23.6%, fat-free component of 62.1 kg, except for the percentage of fat of 15.9% in the adult group of football players. On the other hand, the lowest countermovement jump height of 19.80 cm is manifested at the lowest values of variables: body height of 137 cm, body weight of 33.60 kg, BMI of 17.8%, a fat-free component of 27.80 kg, the percentage of fast twitch muscle fibres of 22.1%, except the fat percentage variable of 16.4% at the age of 11 in football players. The difference between the maximum and minimum countermovement jump height is 22 cm. Common for all body composition variables is that they show a linear increase as the age increases, except for the fat percentage variable (%). Fat percentage (%) is a variable whose value can be manipulated by nutrition, which is not included in the subject of the research in this study.

Table 5. *Results of average values of fat-free body component and countermovement jump height for all age groups (Nikolaidis, 2014)*

Variables	Age categories					Adult group (n=36)
	10 (n=17)	12 (n=27)	14 (n=70)	16 (n=92)	18 (n=33)	
Body height (cm)	137	146	160	171	175	177
Body weight (kg)	33.6	42.50	50.8	62.6	66.6	74.1
BMI (kg/m2)	17.8	19.60	19.70	21.2	21.9	23.6
Fat percentage (%)	16.4	19.3	16.1	15.4	14.4	15.9
Fat-free component (kg)	27.8	33.9	42.4	52.8	56.9	62.1
Countermovement jump height (cm)	19.8	22.8	30.0	36.1	40.8	41.8

Analysing the differences in the body composition variables by age groups in countermovement jump height, the biggest difference is 7.2 cm, which is manifested between the groups aged 12 and 14, which show the following differences between the values of body composition variables: body height 14 cm, body weight 8.3 kg, BMI of 0.10%, fat percentage 3.2%, fat-free component 8.5kg. The smallest difference in countermovement jump height of 1 cm is manifested between the age groups of 18 years and adults, where there are far smaller differences between the values of body composition variables than the maximum jump height: body height of 2 cm, body weight of 7.5 kg, BMI of 1.7%, fat percentage of 1.5%, fat-free component of 5.2 kg. Based on the above, it can be

concluded that in summary (collectively), larger differences in the values of body composition variables condition a larger difference in countermovement jump height. Therefore, as in the study of Temfemo et al. (2009), it can be concluded that the body composition factor acts in combination with the age factor, where boys differ significantly in biological age in relation to their chronological age.

Based on the analysis and comparison, it can be concluded that the body composition factor acts in combination with the age factor (wider range/range of age categories) and the sex factor (boys achieve higher jump heights) in the Nikolaidis study (2014) and greatly affects countermovement jump height of 22 cm, which is 4.4 cm more than in the study by Temfemo et al. (2009). Based on the previously analysed data, in absolute terms, the combined action of the sex, age, and body composition factors greatly influence the increase in countermovement jump height.

CONCLUSION

In this paper, it was found that all the analysed factors influence countermovement jump height. The greatest influence is exerted by the performance technique factor, where the use of arm swinging greatly influences the increase in countermovement jump height. Therefore, if the goal is to test the readiness of athletes in specific conditions, such as a high jump in volleyball, basketball, high jump in athletics, and others, it is recommended to perform countermovement jump with arms swinging. However, if the leg strength is being tested, it is recommended to perform countermovement jump without arm swinging. The type of training is a factor that to a moderate extent, through the plyometric training program, influences the increase of countermovement jump height. When applying plyometric training, it is necessary to take into account the current level of preparation of athletes, as well as previous experience in performing plyometric exercises, and therefore dose the training load. The instruction factor in contingent action with the performance technique factor has a small to moderate influence on increasing countermovement jump height, and therefore a contingent and simultaneous application of these factors is recommended. The analysis of internal factors indicate that there is a contingent influence of the age, sex and body composition factors. The combined action of the mentioned factors manifests the greatest influence on countermovement jump height. The larger the range in years, the greater is the intensity of the influence of the age factor, which results in greater differences in countermovement jump height. By monitoring and managing body composition variables in accordance with the specifics of a certain age, it is possible to influence the achievement of higher countermovement jump height. With the sex factor, higher heights are achieved in boys at almost all ages, where there are also higher values of the body composition variables. The findings can be useful for the

identification and selection of young athletes. Analysis and in-depth knowledge of external and internal factors influencing countermovement jump height can be useful to trainers and other professionals depending on the needs and desired goal of its application. For more precise measurement of the level of the influence of the stated and other factors, it is necessary to prepare in advance the scale of influence with defined criteria and values for distribution by levels in the given scale.

REFERENCES

1. Akl, A. R. (2013). A comparison of biomechanical parameters between two methods of countermovement jump. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 7(2), 123-128.
2. Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
3. Matić, M. (2016). Faktori koji utiču na optimalnu visinu skoka iz saskoka. *Godišnjak* Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, 21, 121- 134.
4. Moore, E. W. G., Hickey, M. S. & Raoul, F. Reiser, I. I. (2005). Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players'performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 791-798.
5. Nikolaidis, P. T. (2014). Age-related differences in countermovement vertical jump in soccer players 8-31 years old: the role of fat-free mass. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(2), 60-64.
6. Kershner, A. L., Fry, A. C. & Cabarkapa, D. (2019). Effect of Internal vs. External Focus of Attention Instructions on Countermovement Jump Variables in NCAA Division I Student-Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(6), 1467-1473.
7. Ozbar, N. (2015). Effects of plyometric training on explosive strength, speed and kicking speed in female soccer players. *The Anthropologist*, 19(2), 333-339.
8. Sánchez-Sixto, A., Harrison, A. J. & Floría, P. (2018). Larger countermovement increases the jump height of countermovement jump. *Sports*, 6(4), 131.
9. Talpey, S. W., Young, W. B. & Beseler, B. (2016). Effect of instructions on selected jump squat variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(9), 2508-2513.
10. 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.