Utjecaj kombiniranog unilateralnog treninga jakosti i ravnoteže na maksimalnu jakost i bilateralni deficit plantarnih i dorzalnih fleksora stopala

Lulić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:274619

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Ivan Lulić

UTJECAJ KOMBINIRANOG UNILATERALNOG TRENINGA JAKOSTI I RAVNOTEŽE NA MAKSIMALNU JAKOST I BILATERALNI DEFICIT PLANTARNIH I DORZALNIH FLEKSORA STOPALA

(diplomski rad)

Mentor:

doc. dr. sc. Lidija Petrinović

Zagreb, rujan 2017.

Zahvala

Veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici dr. sc. Tatjani Trošt Bobić na pomoći, strpljenju, nesebičnom dijeljenju znanja, opremi i izvrsnom vođenju prilikom izrade ovog diplomskog rada, svakog puta sa osmijehom na licu.

Hvala svim prijateljicama i prijateljima, kolegicama i kolegama, bez kojih ovi studentski dani ne bi prošli tako brzo i zabavno.

Neizmjerno hvala cijeloj obitelji koja me uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I za kraj, najveća hvala mojim roditeljima, majci Marini i ocu Mili, koji su uvijek bili u mene i podržavali me u onome što radim. Bez njih, sve ovo što sam postigao ne bi bilo moguće.

Kratice korištene u radu:

BD - bilateralni deficit

SŽS - središnji živčani sustav

MVIK - maksimalna voljna izometrijska kontrakcija

ES - indeks veličine učinaka

M - maksimalna jakost

PF - plantarni fleksori

DF - dorzalni fleksori

NETR - netrenirana noga

TR - trenirana noga

UTJECAJ KOMBINIRANOG UNILATERALNOG TRENINGA JAKOSTI I RAVNOTEŽE NA MAKSIMALNU JAKOST I BILATERALNI DEFICIT PLANTARNIH I DORZALNIH FLEKSORA STOPALA

SAŽETAK:

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi na koji način i u kojoj mjeri kombinirani unilateralni trening jakosti i ravnoteže utječe na maksimalnu jakost treniranog i netreniranog ekstremiteta, kao i utjecaj istog treninga na bilateralni deficit plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Istraživanje je provedeno na 27 studenata i studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Prije početka trenažnog perioda od 5 tjedana, ispitanici su obavili inicijalno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Nakon 5 tjedana unilateralnog treninga jakosti i ravnoteže, obavljeno je završno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita. Značajnost promjene uslijed provedenog treninga provjerena je univarijatnom analizom kovarijance, dok je veličina učinka procijenjena Cohenovim indexom veličine učinka. U kontrolnoj skupini nije došlo do velike promjene u praćenim varijablama, dok je kod eksperimentalne skupine zabilježen trend povećanja jakosti obje noge, no taj trend nije postigao statističku značajnost. U obje skupine nema statistički značajnih razlika kod bilateralnog deficita, što samo djelomično potvrđuje rezultate dosadašnjih istraživanja. S obzirom da je unilateralni trening čest izbor u procesu rehabilitacije, ovi rezultati pomažu u boljem razumijevanju i prilagođavanju unilateralnog treninga specifičnostima sporta ili zanimanja tijekom procesa rehabilitacije.

Ključne riječi: rehabilitacija, krosedukacija, specifična adaptacija, izvedba sportaša, bilateralni deficit

THE EFFECT OF COMBINED UNILATERAL STRENGTH AND BALANCE TRAINING ON MAXIMUM STRENGTH AND ON THE BILATERAL DEFICIT OF PLANTAR AND DORSAL FOOT FLEXORS

SUMMARY:

The aim of this study was to determine how combined unilateral strength and balance training affects the maximum strength of the trained and untrained extremity, as well as to determine effect of the same training on the bilateral deficit in plantar and dorsal foot flexors. The study was conducted on 27 students of the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb. Before the training period that lasted 5 weeks, initial measurements of maximum strength and the bilateral deficit of plantar and dorsal foot flexors had been conducted on the participants. After 5 weeks of unilateral strength and balance training, the final measurements of maximum strength and the bilateral deficit were performed. The significance in changes after training was verified by univariate covariance analysis, while the effect size was estimated with Cohens effect-size indeks. In the control group there was no significant change in the observed variables, while there was a trend of increasing maximum strength in both legs in experimental group, but no statistical significance was observed. In both groups there are no statistically significant differences in the bilateral deficit, which has been only partially confirmed in up to date research. Since unilateral training has been a common choice in rehabilitation, these results help us in understanding and adapting unilateral training to specific goals of the rehabilitation.

Key words: rehabilitation, cross education, specific adaptation, athlete's performance, bilateral deficit

SADRŽAJ:

1. UVOD……...7

2. METODE ISTRAŽIVANJA……..10

2.1. Ispitanici……....10

2.2. Plan istraživanja……...10

2.3. Trenažni protokol…….....11

2.4. Protokol mjerenja…….12

2.5. Varijable……....13

2.6. Statistička analiza…….....13

3. REZULTATI……....14

4. RASPRAVA……..17

5. ZAKLJUČAK……...20

6. LITERATURA……..21

1. UVOD

Unilateralne mišićne kontrakcije kontrolira kontralateralna moždana hemisfera, dok bilateralne kontrakcije generira istovremena aktivacija obiju hemisfera mozga, ali ne na isti način kao kod unilateralnih kontrakcija (Šalaj, 2011).

Bilateralni deficit (BD) definiran je kao smanjenje sile tijekom bilateralnih kontrakcija homolognih mišića u odnosu na silu koju proizvode ti isti mišići u unilateralnim uvjetima (Khodiguian i sur., 2002; Kawakami i sur., 1998; Kuruganti i sur., 2010; Li i sur., 2001; MacDonald i sur., 2014; Taniguchi, 1998; Janzen i sur., 2006; Vieluf i sur., 2013; Šalaj, 2011). Enoka (1997) objašnjava da se maksimalna sila koju mišić može proizvesti smanjuje kada je u isto vrijeme aktiviran homologni mišić u kontralateralnom ekstremitetu, ali se to ne pojavljuje kada je istovremeno aktiviran nehomologni mišić. Beurskens i suradnici su 2015. godine BD definirali kao neurofiziološki fenomen kojeg karakterizira smanjenje kapaciteta stvaranja sile tijekom sinkroniziranih bilateralnih kontrakcija u odnosu na zbroj identičnih unilateralnih kontrakcija.

Vrijednosti BD-a kreću se između 5 do 25%, ovisno o primijenjenoj metodologiji testiranja (da li je korištena izometrijska ili dinamička kontrakcija), populaciji na kojoj je provođeno mjerenje (mladi, osobe srednje dobi ili starije osobe) ili mišićnim grupama koje su bile testirane (donji ili gornji ekstremiteti) (Beurskens i sur., 2015). Isto tako, vrijednosti BD-a ovise i o brzini mišićnih kontrakcija. Tako je, u većine ljudi BD pri sporim mišićnim kontrakcijama manji od 20% (Howard i Enoka, 1991; Koh i sur., 1993), dok se vrijednosti pri brzim mišićnim kontrakcijama kreću od 25 pa sve do 45% (Koh i sur., 1993; Vandervoort i sur, 1984).

Točan uzrok koji stoji u pozadini nastanka BD-a do danas nije utvrđen, ali većina autora prihvaća tezu da je uzrok neki oblik živčane inhibicije te da postoji neurološka osnova za to. Šalaj je 2011. navela četiri moguća uzroka BD-a. Prvi mogući uzrok je interhemisferna inhibicija motoričke moždane kore koju je predstavio Ohtsuki 1983. godine. On je pretpostavio da deficit u bilateralnim zadacima nastaje međusobnom inhibicijom moždanih hemisfera kada su obje aktivne u isto vrijeme. Drugi potencijalni uzrok BD-a su inhibicijski spinalni refleksi. Neki smatraju da bi BD mogao biti rezultat inhibicija na razini kralježničke

moždine (Ohtsuki, 1983), dok su Khodiguian i suradnici u svom istraživanju potvrdili taj mehanizam, no zbog malog broja istraživanja, o inhibiciji na razini kralježničke moždine kao uzroku BD-a može se samo spekulirati (Šalaj, 2011).

Kao treći mogući uzrok nastanka BD-a, Šalaj navodi živčanu inhibiciju. U istraživanju utjecaja živčane inhibicije korištena je elektromiografija (EMG) kao metoda ispitivanja BD-a, gdje signal koji proizlazi iz elektromiograma mjeri neurološke naredbe poslane u mišić i time dokazuje neurološke mehanizme koji stoje iza BD-a. Dio istraživanja je i demonstriralo BD, dok kod drugih nije došlo do promjena u EMG vrijednostima tijekom bilateralnih kontrakcija (Šalaj, 2011). Četvrti mogući uzrok BD-a, ujedno i najspominjaniji u literaturi kao uzrok BD-a, je smanjena aktivacija brzih motoričkih jedinica. Istraživanja BD-a spekulirala su o smanjenoj aktivaciji jednog od tipa motoričkih jedinica, prvo sporih (tzv. „slow twitch“) a nakon toga i brzih motoričkih jedinica (tzv. „fast twitch“), što je i najčešće objašnjenje za fenomen BD-a (Šalaj, 2011). Prema Howardu i Enoki (1991), farmakološki testovi sugeriraju da do BD-a dolazi zbog smanjenog doprinosa sporih motoričkih jedinica pri aktivaciji mišića.

BD se pojavljuje i u malim i u velikim mišićnim grupama, među populacijom sportaša i neaktivnim osobama, kao i među muškarcima i ženama (Janzen i sur., 2006). Howard i Enoka su 1991. godine otkrili da se BD pojavljuje pri istovremenom pregibu koljena obiju nogu, ali ne i kod istovremenog pregiba lijeve podlaktice i opružanja desne potkoljenice, što pokazuje da BD zahvaća samo homologne kontralateralne mišiće. Isto tako, istraživanja su pokazala da nema BD-a kod zajedničke kontrakcije aduktora palca i fleksora lakta (Khodiguian i sur., 2002). BD je potvrđen i u donjim i u gornjim ekstremitetima (Howard i Enoka, 1991). Postoje razlike između BD-a u gornjim i donjim ekstremitetima i to zbog češćeg korištenja gornjih ekstremiteta u svakodnevnom životu (Šalaj, 2011). Istraživanja pokazuju da je BD veći u donjim ekstremitetima (Vieluf i sur., 2013).

Isto tako, utvrđen je i fenomen suprotan BD-u, nazvan bilateralna facilitacija (Enoka, 1997). Bilateralna facilitacija pojavljuje se u sportaša koji sudjeluju u treningu koji zahtijeva istovremenu aktivaciju homolognih mišića sa intenzivnim mišićnim kontrakcijama (veslanje, dizanje utega). Pri bilateralnoj facilitaciji, veća sila se pojavljuje tijekom bilateralnih kontrakcija nego tijekom unilateralnih kontrakcija (Howard i Enoka, 1991; Secher, 1975).

Dosadašnja istraživanja tvrde da nema razlike u BD-u u odnosu na godine (Yamauchi i sur., 2009) te da BD nije uzrokovan starenjem (Hakkinen i sur., 1996), dok Beurskens i suradnici

(2015) tvrde da se BD s godinama povećava jer s godinama sposobnost postizanja maksimalne sile opada.

Ovaj neurološki fenomen, pri kojem je sila izvedena tijekom maksimalne voljne kontrakcije manja tijekom bilateralne izvedbe nego tijekom samostalne unilateralne izvedbe homolognog ekstremiteta prvi su uočili Henry i Smith. Oni su 1961. godine, pokušavajući dokazati hipotezu o postojanju međusobne facilitacije kada obje ruke izvode jednak pokret, dokazali uzajaman inhibicijski utjecaj na ukupnu silu kod istovremenog stiska obje šake, pri čemu je sila u jednoj ruci prilikom bilateralne kontrakcije bila puno manja nego tijekom unilateralne kontrakcije (Šalaj, 2011).

U istraživanju Janzen i suradnika (2006), BD je pronađen u vježbama „leg press“ i „lat pull down“, ali ne i u ekstenziji koljena, što objašnjavaju time da složenije vježbe u kojima sudjeluje više zglobova, u ovom slučaju „leg press“ i „lat pull down“, trebaju veći neuralni podražaj za razliku od jednostavnijih jednozglobnih vježbi (ekstenzija koljena), te su samim time složenije vježbe i osjetljivije na BD.

I tip treninga može utjecati na BD. Tako se bilateralnim treningom BD smanjuje, dok unilateralni trening negativno utječe na BD, tj. povećava ga (Rube i Secher, 1990; Beurskens i sur., 2015; Hakkinen i sur., 1996; Taniguchi, 1998; Janzen i sur., 2006). No iako negativno utječe na BD, unilateralni trening omogućava proizvodnju veće sile, ali i krosedukaciju, još jedan neurološki fenomen, povećanje jakosti i u kontralateralnom netreniranom ekstremitetu, to za 10 do 15% (Weir i sur., 1995; Šalaj, 2011; Enoka 1997; Trošt Bobić, 2012).

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj kombiniranog unilateralnog treninga jakosti i ravnoteže na maksimalnu jakost plantarnih i dorzalnih fleksora stopala te na BD plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Također je utvrđeno da li su ispitanici imali BD prije početka trenažnog procesa te koliko je unilateralni trening utjecao na BD. Prema rezultatima prijašnjih istraživanja, maksimalna jakost se trebala povećati u treniranom ekstremitetu, ali i u netreniranom i to putem krosedukacije. Dosadašnja istraživanja pokazuju da unilateralni trening povećava BD, no pitanje je hoće li se to dogoditi nakon 5 tjedana treninga nepreferirane noge.

Rezultati ovog istraživanja mogu se primijeniti u slučaju nemogućnosti bilateralnog treninga ili treninga sa oba ekstremiteta posebno (zbog ozljede ili operacije jednog od ekstremiteta). Rezultati ukazuju na mogućnost povećanja jakosti netrenirane noge uslijed unilateralnog treninga tijekom rehabilitacije, ali i na negativan utjecaj istog, odnosno povećanje BD-a.

2. METODE ISTRAŽIVANJA

2.1 Ispitanici

U ovom istraživanju sudjelovalo je ukupno 27 mladih, tjelesno aktivnih osoba oba spola (18 žena – Ž i 9 muškaraca – M), studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ispitanici su na zajedničkom sastanku prije početka istraživanja upoznati s planom provedbe istraživanja i mogućim rizicima njihova sudjelovanja, dok su im osnovni cilj istraživanja i detaljan opis protokola dostavljeni u pisanom obliku i usmeno objašnjeni. Kriteriji za neuključivanje ispitanika:

- povijest akutnih ozljeda lokomotornog sustava ili sindroma prenaprezanja
- neuromuskularni poremećaji
- visoka razina treniranosti (vrhunski sportaši)

Razina tjelesne aktivnosti ispitanika procijenjena je posebnim anketnim upitnikom (modificirano prema Bauman i sur., 2009; www.ipaq.ki.se). Nakon potpisivanja izjave o suglasnosti za sudjelovanje u istraživanju te ispunjavanju navedenog anketnog upitnika, ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u jednu od sljedeće dvije skupine:

1. Kontrolna skupina (K) – 11 ispitanika (7Ž + 4M)
2. Eksperimentalna skupina (E) – 13 ispitanika (11Ž + 2M)

Nakon petotjednog razdoblja treninga provedeno je završno mjerenje te obrada podataka.

2.2 Plan istraživanja

Eksperimentalni protokol provedenog istraživanja predviđao je nekoliko faza.

a) *Početno mjerenje živčano-mišićne funkcije* pomoću maksimalne izometrijske kontrakcije plantarnih i dorzalnih fleksora stopala s naglaskom na eksplozivnu proizvodnju sile (maksimalna balistička izometrijska kontrakcija – MVIK). Izvedeni

su parametri za procjenu maksimalne jakosti i BD-a plantarnih i dorzalnih fleksora stopala

b) *Raspoređivanje ispitanika po skupinama*. Prije početka trenažnog perioda, ispitanici su slučajnim odabirom svrstani u eksperimentalnu skupinu (E) ili u kontrolnu skupinu (K). Proces randominizacije se odvijao na sljedeći način: prvo je svakom ispitaniku određen redni broj, od 1 do 24, nakon čega su softverski (http://www.random.org/integrs/) generirane dvije kolone slučajnih brojeva, kolona E i K. Ispitanici su sukladno svom rednom broju svrstani u jednu od dviju skupina.

c) *Petotjedno trenažno razdoblje*. Nakon razvrstavanja u skupine slučajnim odabirom, ispitanici eksperimentalne skupine provodili su između početnog i završnog mjerenja kombinaciju izoliranog unilateralnog balističkog treninga plantarnih i dorzalnih fleksora stopala i treninga ravnoteže. Ispitanici kontrolne skupine nastavili su sa svojim uobičajenim aktivnostima, izbjegavajući provođenje vježbi jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala ili ravnoteže.

d) *Završno mjerenje živčano-mišićne funkcije* analognom baterijom testova kao u slučaju inicijalnog mjerenja.

2.3 Trenažni protokol

Kako bi se osigurali uvjeti za nastanak željenih promjena pod utjecajem provedenog treninga, u ovom je istraživanju planiran trenažni period od pet tjedana sa po 4 treninga tjedno (sveukupno 20 treninga). Tijekom trenažnog perioda, vodila se evidencija o dolasku ispitanika. Svi su ispitanici trenirali po 20 puta.

Ispitanici su vježbali nepreferiranom nogom jer dosadašnje spoznaje o fenomenu kros-edukacije ili kros-transfera jakosti govore da je kontralateralni razvoj jakosti u području gornjih ekstremiteta puno veći ukoliko se trenira dominantnom rukom (Caroll, Riek i Carson, 2001; Farthing, Chilibeck i Binsted, 2005) u odnos na treniranje nedominantnom rukom. Mogući razlog tome je činjenica da dominantna ruka proizvodi veću silu te da je uslijed jače ipsilateralne kontrakcije veći i kontralateralni učinak (Farthing, 2009). Znajući za te spoznaje, istraživači koji su htjeli detektirati kontralateralne promjene na donjim ekstremitetima, uglavnom su planirali provođenje treninga jakosti preferiranom nogom (Hortobagyi, Lambert i Hill, 1997; Fimland i sur., 2009). Prijašnja su istraživanja i dokazala kontralateralni razvoj

jakosti nakon ipsilateralnog treninga jakosti preferiranom nogom (Zhou, 2000; Munn, Herbert i Gandevia, 2004; Weir i sur., 1997; Weir i sur., 1995). Ovim istraživanjem proučavan je kontralateralni učinak nakon treninga jakosti nepreferirane noge koji je rijetko proučavan.

Ispitanici eksperimentalne skupine (E) provodili su unilateralni balistički trening plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge s dodatkom unilateralnog treninga ravnoteže. Treninzi su se provodili na istom dinamometru na kojemu se provodilo i inicijalno i finalno mjerenje, gdje su ispitanici, kroz 5 tjedana treninga progresivno izvodili 5 do 6 ponavljanja u 3 do 5 serija maksimalne voljne izometrijske kontrakcije plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge s naglaskom na eksplozivno stvaranje sile. Odmor između serija trajao je jednu minutu. Za izvođenje vježbi ravnoteže koristila su se 4 pomagala koja otežavaju zadržavanje ravnotežnog položaja pri jednonožnom stajanju: jastučić od pjenaste gume (*Airex balance pad)*, zračni jastučić, konusna daska i poluvaljčana daska. Ispitanici su kroz pet tjedana treninga progresivno izvodili jedno ponavljanje u trajanju od 30 do 50 sekundi u 3 do 5 serija različitih zadataka. Odmor između serija trajao je od 30 do 60 sekundi.

Ispitanici kontrolne skupine (K) tijekom petotjednog trenažnog razdoblja nisu provodili nikakav sustavni trening, već su nastavili sa svojim uobičajenim aktivnostima.

Takav plan istraživanja omogućio je uvid u učinak unilateralnog treninga jakosti i ravnoteže nepreferirane noge na BD. To omogućava otkrivanje potencijalnih mehanizama adaptacije koji stoje u pozadini unilateralnog treninga, koji se često koristi u početnim fazama rehabilitacije, gdje bolesnik, u nemogućnosti da vježba sa ozlijeđenim ekstremitetom, vježba sa zdravim u nastojanju da izazove kontralateralne učinke i u ozlijeđenom ekstremitetu. No s druge strane, istraživanja pokazuju kako unilateralni trening narušava, tj. povećava BD.

2.4 Protokol mjerenja

Prije početka mjerenja, ispitanici su prošli standardizirani protokol zagrijavanja koji se sastojao od desetominutnog trčanja sa zadacima te vježbi istezanja mišića donjih ekstremiteta. Isti protokol zagrijavanja korišten je tijekom početnog i završnog mjerenja.

Živčano-mišićna funkcija, kao i visina i težina, procjenjivale su se, odnosno mjerile, pri početnom i završnom mjerenju. Dužina stopala mjerila se isključivo na početnom mjerenju, na kojem se provodio i posebni anketni upitnik kojim je provjeravana razina tjedne tjelesne aktivnosti sudionika (modificirano prema Bauman i sur., 2009). Određivanje preferirane noge

provedeno je zadatkom šutiranja lopte pri kojem preferirana noga postiže bolji rezultat (Carpes i sur., 2011).

U ovom istraživanju koristio se zadatak *MVIK s naglaskom na eksplozivnu proizvodnju sile* kojim se procjenjivala maksimalna jakost plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Zadatak se izvodio na posebno oblikovanom dinamometru (S2P Ltd., Ljubljana, Slovenija). Ispitanik je sjedio na stolcu, koji je omogućavao individualnu prilagodbu antropometrijskim karakteristikama svakog pojedinca te je time omogućena standardizacija položaja sudionika. Kut u zglobu kuka, u koljenom zglobu te gležnju iznosio je 90°. Stopalo ispitanika postavljeno je na željeznu pedalu ispod koje je ugrađen senzor sile (HBM Inc., Z6C3, Darmstadt, Germany), dok je radna noga bila fiksirana na distalnom dijelu natkoljenice, a stopalo je bilo pričvršćeno neelastičnim remenom. Ispitanik je izvodio naizmjenično MVIK plantarnih te dorzalnih fleksora stopala s naglaskom na eksplozivnu proizvodnju sile, dok je dinamometar ugrađen ispod pedale bilježio proizvedenu silu. Mjerene su tri izvedbe od po jedne maksimalne volje izometrijske kontrakcije plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Svaka maksimalna voljna izometrijska kontrakcija trajala je 3 sekunde, sa odmorom od 30 sekundi između ponavljanja. Zadatak se izvodio unilateralno, prvo jednom, a zatim i drugom nogom, te bilateralno.

2.5 Varijable

Varijable koje su korištene u ovome istraživanju uključivale su maksimalnu jakost plantarnih i dorzalnih fleksora preferirane (netrenirane) i nepreferirane (trenirane) noge, kao i BD-i plantarnih i dorzalni fleksora stopala. Mjerna jedinica izmjerene sile jest Nm.

2.6 Statistička analiza

Promjena u svakoj od zavisnih varijabli u treniranoj skupini te značajnost međugrupnih razlika analizirana je pomoću dvofaktorske analize kovarijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme). S obzirom na to da se zadatak MVIK izvodio tri puta, za svaku zavisnu varijablu, u statističkoj analizi korištena je srednja vrijednost triju ponavljanja. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0,05$. Veličina učinka trenažnog programa procijenjena je Cohenovim indexom veličine učinka (ES; razlika (završno – početno stanje)/ standardna devijacija početnog stanja). Malim učinkom smatra se

veličina od 0,2, umjerenim učinkom smatra se veličina od 0,5 dok se velikim učinkom smatra veličina od 0,8 (Cohen, 1988).

Također su izračunate i postotne promjene od početnog do završnog mjerenja u praćenim varijablama.

3. REZULTATI

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na činjenicu da u kontrolnoj skupini nije došlo do znatne promjene praćenih varijabli, od inicijanog do finalnog mjerenja. Nema značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja maksimalne jakosti plantarne fleksije nepreferirane (sa 200,85 ± 62,17 na 196,4 ± 80,09: ES = -0,07; -2,2%) i preferirane noge (sa 178,82 ± 44,37 na 185,03 ± 66,55: ES = 0,13; 3,5%), kao ni između inicijalnog i finalnog mjerenja maksimalne jakosti dorzalne fleksije nepreferirane (sa 39,95 ± 9,07 na 37,98 ± 14,15: ES = -0,2; -4,9%) i preferirane noge (sa 37,83 ± 10,59 na 38,11 ± 9,32: ES = 0,03; 0,7%).

U eksperimentalnoj skupini zabilježen je trend povećanja maksimalne jakosti plantarnih fleksora trenirane (sa 162,21 ± 46,77 na 184,89 ± 31,32: ES= 0,48; 13,9%) i netrenirane noge (sa 168,37 ± 56,87 na 186,04 ± 34,99: ES = 0,31; 10,5%), kao i trend povećanja maksimalne jakosti dorzalnih fleksora trenirane (sa 33,18 ± 9,32 na 37,13 ± 6,14: ES = 0,43; 11,9%) i netrenirane noge (sa 36,45 ± 5,94 na 37,67 ± 7,89: ES = 0,21; 3,4%), koji nije postigao statističku značajnost. Pri tome, veći se trend poboljšanja ukazuje u treniranoj, u odnosu na ne treniranu nogu (Grafički prikaz 1 i tablica 1).

Kada je riječ o BD, u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini također nema statistički značajnih razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja. U kontrolnoj skupini nema značajne razlike između vrijednosti inicijalnog i finalnog mjerenja BD-a plantarnih (sa -4,47 ± 8,29 na -2,92 ± 5,64: ES = 0,18; -34% te sa -3,20 ± 7,93 na -2,79 ± 4,08: ES = 0,05; -12,8%) i dorzalnih fleksora (sa -2,98 ± 7,77 na -2,29 ± 4,95: ES = 0,08; -23,2% te -1,16 ± 10,34 na 1,10 ± 14,57: ES = 0,22; -194%).

Zanimljivo je naglasiti da je kod eksperimentalne skupine zabilježen trend porasta BD za plantarnu fleksiju (sa -0,86 ± 8,27 na -1,85 ± 6,62: ES = -0,11; 115% te sa -0,81 ± 7,48 na -

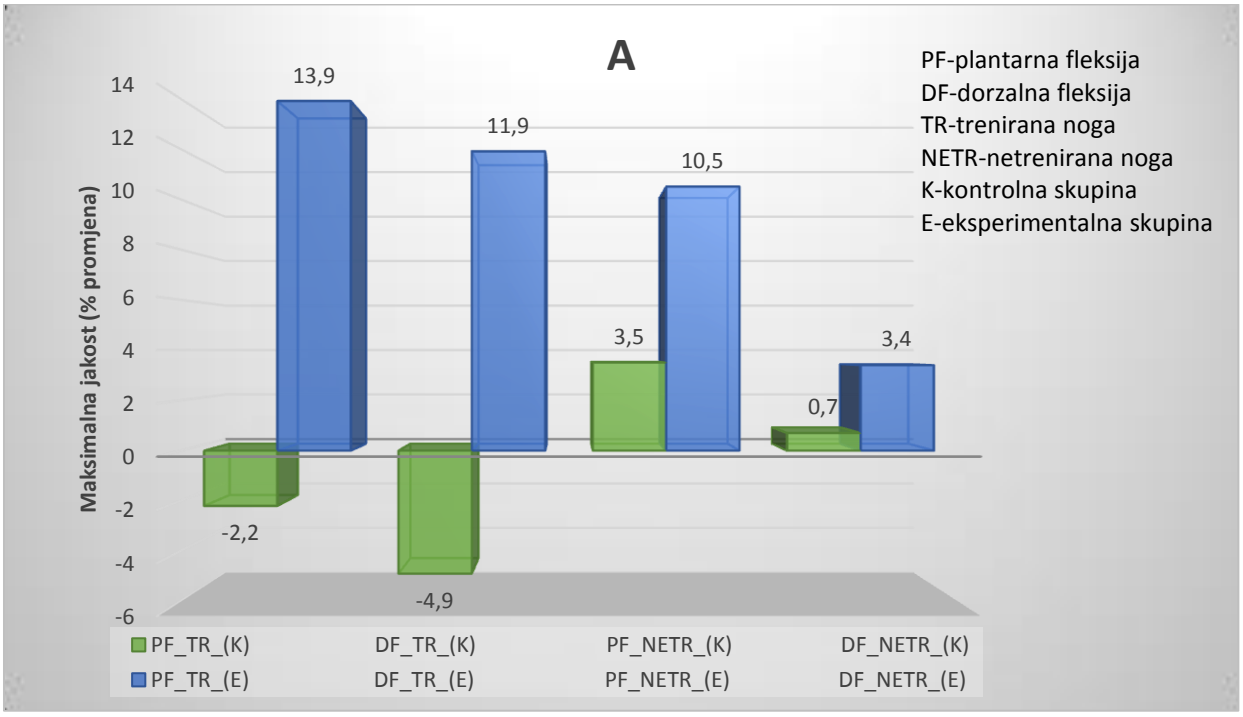
1,77 ± 5,53: ES = -0,13; 118,5%), uz istovremeni trend opadanja vrijednosti BD za dorzalnu fleksiju (sa -3,87 ± 14,89 na -2,60 ± 4,03: ES = 0,08; -32% te sa -6,82 ± 13,79 na -2,05 ± 3,27: ES = 0,35; -69,9%). Prema indeksu ES (indeks veličine učinaka, prema Cohen, 1997) zabilježeni trendovi promjena maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala trenirane noge, te BD-a za dorzalnu fleksiju dostižu umjerenu značajnost.

Tablica 1: Postotne promjene te rezultati provedene univarijantne analize kovarijance u praćenim varijablama za kontrolnu i eksperimentalnu skupinu.

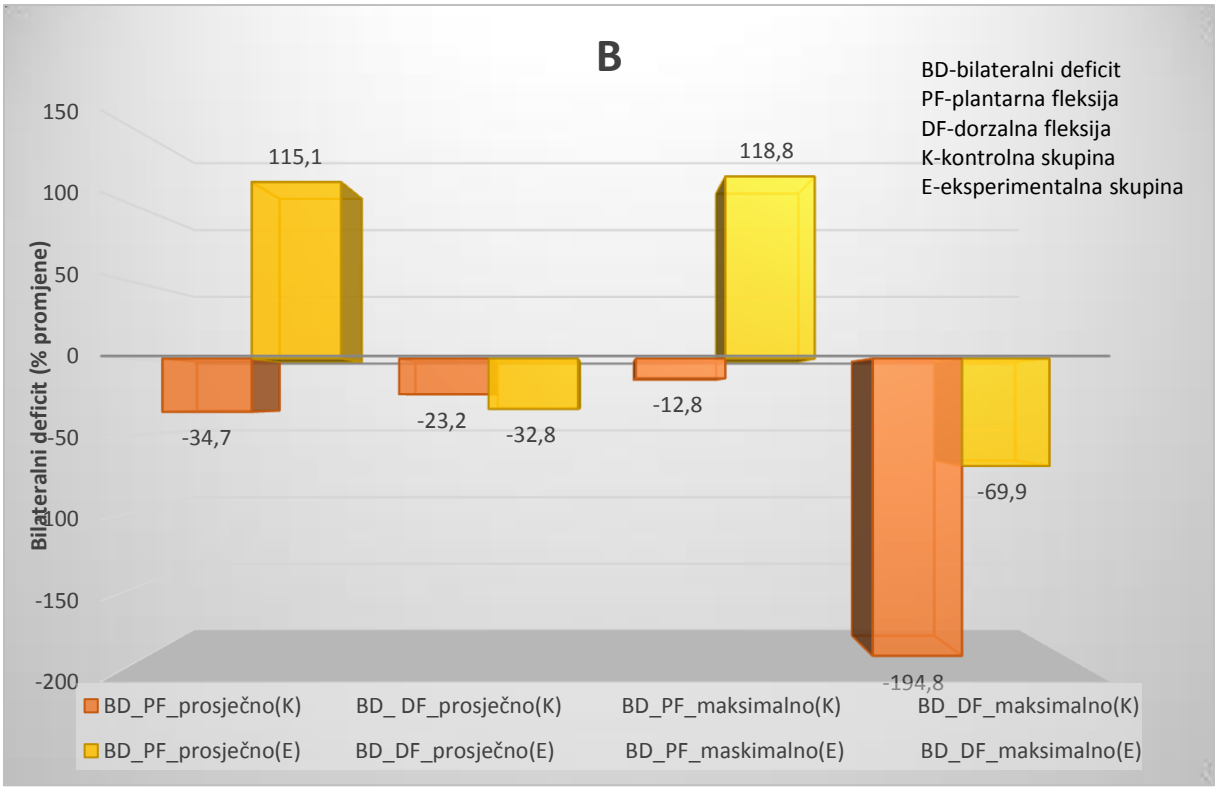
	Kontrolna skupina				Eksperimentalna skupina				Rezultati Ancova	
	Inicijalno	Finalno	ES	%	Inicijalno	Finalno	ES	%	F	Sig
M_PF_TR	200,85 ± 62,17	196,4 ± 80,09	-0,07	-2,2	162,21 ± 46,77	184,89 ± 31,32	0,48	13,9	2,482	,130
M_DF_TR	39,95 ± 9,07	37,98 ± 14,15	-0,2	-4,9	33,18 ± 9,32	37,13 ± 6,14	0,43	11,9	1,351	,258
M_PF_NETR	178,82 ± 44,37	185,03 ± 66,55	0,13	3,5	168,37 ± 56,87	186,04 ± 34,99	0,31	10,5	,365	,552
M_DF_NETR	37,83 ± 10,59	38,11 ± 9,32	0,03	0,7	36,45 ± 5,94	37,67 ± 7,89	0,21	3,4	,042	,839
M_BLD_PF_mean	-4,47 ± 8,29	-2,92 ± 5,64	0,18	-34,7	-0,86 ± 8,27	-1,85 ± 6,62	-0,11	115,1	,015	,903
M_BLD_DF_mean	-2,98 ± 7,77	-2,29 ± 4,95	0,08	-23,2	-3,87 ± 14,89	-2,60 ± 4,03	0,08	-32,8	,026	,874
M_BLD_PF_max	-3,20 ± 7,93	-2,79 ± 4,08	0,05	-12,8	-,81 ± 7,48	-1,77 ± 5,53	-0,13	118,5	,011	,916
M_BLD_DF_max	-1,16 ± 10,34	1,10 ± 14,57	0,22	-194,8	-6,82 ± 13,79	-2,05 ± 3,27	0,35	-69,9	,191	,666

M – maksimalna jakost; PF – plantarni fleksori; DF – dorzalni fleksori; BD – bilateralni deficit; NETR – netrenirana noga; TR – Trenirana noga; ES – Cohenov index

Grafički prikaz 1: Usporedbe promjena između kontrolne i eksperimentalne skupine u vrijednostima maksimalne jakosti plantarne i dorzalne fleksije trenirane noge te vrijednostima maksimalne jakosti plantarne i dorzalne fleksije netrenirane noge.



Grafički prikaz 2: Usporedbe promjena između kontrolne i eksperimentalne skupine u bilateralnom deficitu plantarne i dorzalne fleksije u prosječnim vrijednostima te u maksimalnim vrijednostima.



4. RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na trend suprotnog djelovanja provedenog treninga jakosti i ravnoteže na BD plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Provedeni trening jakosti i ravnoteže doveo je do trenda smanjenja BD-a dorzalnih fleksora stopala uz istovremeno povećanje BD-a plantarnih fleksora stopala. Također je uočeno da trend poboljšanja maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora nije postigao statističku značajnost.

Kao što je već napisano u uvodu, BD jakosti je smanjenje sile tijekom bilateralnih motoričkih zadataka u odnosu na zbroj sile koju proizvode ekstremiteti u unilateralnim uvjetima (Šalaj, 2011). prema tome, smanjenje BD-a jakosti je pozitivno, dok povećanje BD-a negativno utječe na bilateralnu maksimalnu jakost. Smanjenjem BD-a, smanjuje se i razlika između vrijednosti bilateralne maksimalne jakosti i sume unilateralnih kontrakcija te to može pozitivno utjecati na sportsku efikasnost vježbača. Prijašnja istraživanja pokazuju da sportaši, posebice veslači i dizači utega, imaju manje vrijednosti BD-a u odnosu na netreniranu populaciju (Enoka, 1997).

Trend poboljšanja maksimalne jakosti nije postigao statističku značajnost zbog prekratkog perioda treniranja. Tijekom ovog istraživanja proveden je petotjedni program treninga sa 20

trenažnih jedinica i to nije bio dovoljno dug period za razvoj maksimalne jakosti kod tjelesno aktivnih osoba kao što su studenti i studentice Kineziološkog fakulteta. S druge strane, trend poboljšanja ipak pokazuje da bi isti trenažni protokol dužeg trajanja vrlo vjerojatno razvio jakost. Jedan od razloga koji navodi na to je da je razvoj maksimalne jakosti u visokoj korelaciji sa morfološkom adaptacijom na trening, gdje do značajnog povećanja poprečnom presjeku mišića u tjelesno aktivnih osoba dolazi nakon barem 8 tjedana treniranja (Staron i sur., 1994). Prema tome bi se moglo zaključiti da bi nakon 8 tjedana treninga zabilježeni trend povećanja maksimalne jakosti bio statistički značajan. Isto tako, u obzir treba uzeti i fenomen krosedukacije, gdje dolazi do povećanja snage i u kontralateralnom netreniranom ekstremitetu i to povećanje se kreće od 10 do 15% (Enoka, 1988). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se maksimalna jakost dorzalnih fleksora netrenirane noge povećala za 3,4%, dok se maksimalna jakost plantarnih fleksora netrenirane noge povećala za 10,5%, što potvrđuje specifičnu adaptaciju u vidu krosedukacije.

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem samo djelomično potvrđuju rezultate prijašnjih studija o utjecaju kompleksnog treninga na BD. U ovom istraživanju proveden je unilateralni trening jer je takav trening najčešći izbor u rehabilitaciji. Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, kao i ovog istraživanja, možemo zaključiti da unilateralni trening, zbog svog negativnog utjecaja na BD, može usporiti proces rehabilitacije u kojem se koristi kombinacija unilateralnih pokreta karakterističnih za pojedini sport. Taniguchi je 1998. godine pokazao da je BD smanjen bilateralnim treningom iz razloga što se takvim treningom bilateralna sila povećala, dok se unilateralna nije mijenjala. Kao rezultat toga, BD se smanjio. S druge strane, koristeći unilateralni trening, BD se povećao. Hakkinen i suradnici su 1996. godine na uzorku od 48 ispitanika pokazali da je povećanje unilateralne jakosti bilo veće unutar grupe koja je vježbala unilateralno od grupe koja je vježbala bilateralno, dok je povećanje bilateralne jakosti bilo veće unutar grupe koja je vježbala bilateralno u odnosu na grupu koja je vježbala unilateralno. Takvi rezultati upućuju na mogućnost specifične živčano mišićne adaptacije na unilateralni i bilateralni trening.

Postoji mogućnost da je na dobivene rezultate utjecala specifičnost provedenih vježbi. Naime, prema dosadašnjim istraživanjima, unilateralni trening ravnoteže ima bilateralne benefite koji mogu značajno smanjiti BD (Beurskens i sur., 2015), dok s druge strane istraživanja pokazuju da unilateralni trening jakosti negativno utječe na BD, tj. povećava ga. U ovom istraživanju provedena je kombinacija vježbi ravnoteže i eksplozivne jakosti.

Također, moguće je da se pojedini mišići, ovisno o njihovim svakodnevnim funkcijama, različito adaptiraju na provedeni trening. Funkcija plantarnih fleksora stopala je podizanje čitavog tijela ili donjih ekstremiteta na prste, sudjelovanje u vrlo brzim balističkim pokretima kao što su sprintevi i skokovi te sudjelovanje u propulziji tijela prema naprijed pri hodanju i trčanju (Lulić i Grman Staničić, 2016).

S druge strane, dorzalni fleksori kroz ekscentričnu kontrakciju sprječavaju prerano opadanje stopala u plantarnoj fleksiji pri postavljanju pete na pod tijekom hoda (Trošt Bobić, 2012). Isto tako, dorzalni fleksori su važni stabilizatori tijela u zadacima ravnoteže koji su bili sastavni dio provedenog unilateralnog treninga. Iz tog razloga možemo zaključiti da postoji mogućnost da se pojedini mišići na različite načine adaptiraju na provedeni trening.

Isto tako, Belanger i McCormas su 1981. godine pokazali da maksimalna voljna kontrakcija varira ovisno o mišiću. Pokazalo se da ispitanici imaju više poteškoća pri postizanju maksimalne voljne kontrakcije mišića plantarnih fleksora (soleus i gastrocnemius) u odnosu na dorzalne fleksore stopala (tibialis anterior) tako da i to treba uzeti u obzir pri analizi rezultata ovog istraživanja.

Pri mjerenju maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala, kao i treningu jakosti, korištena je izometrijska kontrakcija jer, zbog nedosljednosti rezultata u izometrijskim uvjetima rada, postoji potreba proučavanja BD jakosti u takvim uvjetima (Šalaj, 2011). Izometrijska kontrakcija je po prirodi izvedbe puno sličnija koncentričnoj kontrakciji nego ekscentričnoj. Prema Yamauchi i suradnicima (2009), BD je bio najveći kod maksimalne izometrijske sile, uspoređujući je sa brzinom i snagom kretnji i njihovim međusobnim odnosom. Što se tiče vrsta kontrakcije, pojava i razina BD-a varira, kao i rezultati ovog istraživanja. Podaci govore da se vrijednosti BD jakosti u izometrijskim uvjetima kreću od 0 do 27%, niže vrijednosti se pojavljuju u zadacima gornjih ekstremiteta, dok su više vrijednosti u zadacima donjih ekstremiteta (Šalaj, 2011). Također, varijabilnost izometrijskih zadataka je vrlo mala u različitim istraživanjima, a u većini istraživanja BD uopće nije utvrđen.

Rezultati ovog istraživanja dovode u pitanje opravdanost korištenja unilateralnog tipa treninga u rehabilitacijske svrhe s obzirom na to da je potvrđeno da unilateralni trening, iako pozitivno utječe na razvoj jakosti ozlijeđene noge, negativno utječe na BD, tj. bilateralnu izvedbu.

Potrebno je i dalje istraživati ovaj oblik specifične adaptacije na trening jer postoji mogućnost da negativan utjecaj na BD nestaje nakon kraćeg vremena. U tom slučaju bi se unilateralni trening mogao koristiti u prvoj fazi procesa rehabilitacije, kako bi se na račun krosedukacije

povećala jakost ozlijeđenog ekstremiteta, a zatim bi se, u kasnijoj fazi, rehabilitacija usmjerila prema smanjenju BD-a. Upravo je zbog toga važno prilagoditi proces rehabilitacije specifičnostima sporta ili zanimanja ozlijeđene osobe.

5. ZAKLJUČAK

Unilateralni trening se često primjenjuje u rehabilitacijske svrhe u osoba koje nisu u mogućnosti koristiti ozlijeđeni ekstremitet. Glavni razlog korištenja unilateralnog treninga je jedan od oblika živčane adaptacije, tzv. krosedukacija, odnosno transfer sposobnosti u kontralateralni ozlijeđeni ekstremitet. No s druge strane, uzimajući u obzir da se postotak transfera sposobnosti u kontralateralni ekstremitet kreće od 10 do 15% (Enoka, 1997), upitno je koliko je etično provoditi takav tip treninga kada znamo da taj isti tip treninga ima negativan utjecaj na BD, tj. uzrokuje velike razlike u jakosti i funkciji dvaju homolognih ekstremiteta.

Znajući da živčana adaptacija na trening prethodi morfološkoj, u ovom istraživanju pratio se BD kao pokazatelj živčane adaptacije na provedeni trenažni protokol. Rezultati ovog istraživanja pokazuju povećanje trenda utjecaja provedenog kombiniranog unilateralnog treninga jakosti i ravnoteže na živčanu funkciju vježbača, ali taj trend nije postigao statističku značajnost. Ovi rezultati pokazuju da je moguće koristiti kombinirani unilateralni trening jakosti i ravnoteže u rehabilitacijskim procesima u trajanju od 5 tjedana, sa sveukupno 20 trenažnih jedinica, bez statistički značajnog narušavanja razlike u jakosti ozlijeđenog i

neozlijeđenog ekstremiteta. Ovo istraživanje provedeno je na populaciji studenata Kineziološkog fakulteta bez ikakvih zdravstvenih poteškoća, ali je, zbog specifičnosti primjene treninga u rehabilitacijske svrhe, potrebno slično istraživanje provesti i na uzorku ozlijeđenih ispitanika.

6. LITERATURA

1. Bauman, A., Bull, F., Chey, T., Craig, C. L., Ainsworth, B. E., Sallis, J. F., Bowles, H. R., Hagstromer, M., Sjostrom, M., Pratt, M. (2009). The International Prevalence Study on Physical Activity: results from 20 countries. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6:21, doi: 10. 1186/1479-5868-6-21.

2. Belanger, A. Y., McComas, A. J. (1981). Extent of motor unit activation during effort. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise Physiology*, 51, 1131-1135

3. Beurskens, R., Gollhofer, A., Muehlbauer, T., Cardinale, M., Granacher, U. (2015). Effects of Heavy-Resistance Strength and Balance Training on Unilateral and Bilateral Leg Strength Performance in Old Adults. *PLOS ONE,* 10(2), e0118535.

4. Caroll, T. J., Riek, S., Carson, R. G. (2001). Neural adaptations to resistance training: implications for movement control. *Sports Medicine,* 31(12), 829-840.

5. Carpes, F. P., Diefenthaeler, F., Bini, R. R., Stefanyshyn, D. J., Faria, I. E., Mota, C. B. (2011). Influence of leg preference on bilateral muscle activation during cycling. *Journal of Sports and Science, 29*(2), 151-159.

6. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.

7. Enoka, R. M. (1988). Muscle strength and its development: New perspectives. *Sport Medicine* 6, 146-148.

8. Enoka, R. M. (1997). Neural adaptations with chronic physical activity. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 447-455.

9. Farthing, J. P. (2009). Cross-education of strength depends on limb dominance: implications for theory and application. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37, 179–187.

10. Farthing, J.P., Chilibeck, P.D., Binsted, G. (2005). Cross-education of arm muscular strength is unidirectional in right-handed individuals. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(9), 1594-1600.

11. Fimland, M.S., Helgerud, J., Solstad, G.M., Iversen, V.M., Leivseth, G., Hoff, J. (2009).
Neural adaptations underlying cross-education after unilateral strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 723-730.

12. Hakkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U-M., Newton, R. U., Kraemer, W. J. (1996). Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 158(1), 77-88.

13. Henry, F. M., Smith, L. E**. (**1961). Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory andneuromotor specificity. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 32. 42–46.

14. Hortobagyi, T., Lambert, N.J., Hill, J.P. (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(1), 107-112.

15. Howard, J. D., Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neutrally mediated interlimb effects. *Journal of Applied Physiology*, 70(1), 306-316.

16. Janzen, C. L., Chilibeck, P. D., Davison, K. S. (2006). The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in post-menopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 253-260.

17. Kawakami, Y., Sale, D. G., MacDougall, J. D., Moroz, J. S. (1998). Bilateral deficit in plantar flexion: relation to knee joint position, muscle activation, and reflex excitability. *European Journal of Applied Physiology*, 77(3), 212-216.

18. Khodiguian, N., Cornwell, A., Lares, E., DiCaprio, P. A., Hawkins, S. A. (2002). Expression of the bilateral deficit during reflexively evoked contractions. *Journal of Applied Physiology*, 94(1), 171-178.

19. Koh, T. J., Grabiner, M. D., Clough, C. A**.** (1993). Bilateral deficit islarger for step than for ramp isometric contractions. *Journal od Applied Physiology,* 74. 1200–1205.

20. Kuruganti, U., Murphy, T., Pardy, T. (2010). Bilateral deficit phenomenon and the role of antagonist muscle activity during maximal isometric knee extensions in young, athletic men. *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1533-1539.

21. Li, S., Danion, F., Latash, M., Li, Z-M., Zatsiorsky, V. (2001). Bilateral deficit and symmetry in finger force production during two-hand multifinger tasks. *Experimental Brain Research,* 141(4), 530-540.

22. Lulić, I., Grman Staničić, B. (2016). Utjecaj izabranog vremena izračuna na pouzdanost varijabli za procjenu eksplozivne jakosti. (Rad za Rektorovu nagradu). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

23. MacDonald, M., Losier, D., Chester, V. L., Kuruganti, U. (2014). Comparison of bilateral and unilateral contractions between swimmers and nonathletes during leg press and hand grip exercises. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1245-1249.

24. Munn, J., Herbert, R. D., Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1861-1866.

25. Ohtsuki, T. (1983). Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behavioural Brain Research*. 7(2), 165-178.

26. Rube, N., Secher, N. H. (1990). Effect of training on central factors infatigue following two-and one-leg static exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica,* 141, 87–95.

27. Secher, N.H. (1975). Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and Science in Sports* **7**, 280-283.

28. Staron, R.S, Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A., C., Gordon, S. E., Falkel, J., E., Hagerman, F. C., Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Jounal of applied physiology, 76(3).* 1247-1255.

29. Šalaj, S. (2011). Bilateralni deficit jakosti donjih ekstremiteta: utjecaj umora, vrste i brzine mišićne kontrakcije. (Doktorska disertacija, Kineziološki fakultet). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

30. Taniguchi, Y. (1998). Relationship between the modifications of bilateral deficit in upper and lower limbs by resistance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 78(3), 226-230.

31. Trošt Bobić, T. (2012). Ipsilateralni i kontralateralni učinci treninga jakosti i ravnoteže na živčano-mišićnu funkciju i motoričku kontrolu tjelesno aktivnih osoba. (Doktorska disertacija, Kineziološki fakultet). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

32. Vandervoort, A. A., Sale, D. G.,Moroz, J. R. (1984). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *Journal of Applied Physiology* 56, 46–51.

33. Vieluf, S., Godde, B., Reuter, E., Voelcker-Rehage, C. (2013). Effects of age and fine motor expertise on the bilateral deficit in force initiation. *Experimental Brain Research*, 231(1), 107-116.

34. Weir, J. P., Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, L. L. (1995). The Effect of Unilateral Eccentric Weight Training and Detraining on Joint Angle Specificity, Cross-Training,

and the Bilateral Deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22(5), 207-215.

35. Weir, J. P., Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, L. L. (1997). The Effect of Unilateral Concentric Weight Training and Detraining on Joint Angle Specificity, Cross-Training, and the Bilateral Deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(4), 264-270.

36. Yamauchi, J., Mishima, C., Nakayama, S., Ishii, N. (2009). Force–velocity, force–power relationships of bilateral and unilateral leg multi-joint movements in young and elderly women. *Journal of Biomechanics*, 42(13), 2151-2157.

37. Zhou, S. (2000). Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(4), 177-184.

Elektronički izvori:

1. Random Integer Generator. Preuzeto s mreže 06.03.2017. s http://www.random.org/integers