

# Utjecaj treninga ravnoteže različitog modaliteta na eksplozivnu jakost tipa skočnosti

---

Pezić, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:399104>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-10**



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)

Marta Pezić

**UTJECAJ TRENINGA RAVNOTEŽE**  
**RAZLIČITOG MODALITETA NA**  
**EKSPLOZIVNU JAKOST TIP**  
**SKOČNOSTI**

(diplomski rad)

Mentor:

doc. dr. sc. Lidija Petrinović

Zagreb, rujan 2016.

## UTJECAJ TRENINGA RAVNOTEŽE RAZLIČITOG MODALITETA NA EKSPLOZIVNU JAKOST TIPA SKOČNOSTI

### Sažetak

Vježbe ravnoteže i eksplozivne jakosti, sastavni su dio preventivskih programa vježbanja, pogotovo kod ozljeda donjih ekstremiteta. Vježbe ravnoteže mogu, kroz različite mehanizme prilagodbe, utjecati na razvoj eksplozivne jakosti. Glavni cilj ovog randomiziranog kontroliranog istraživanja bio je utvrditi utjecaj dva različita modaliteta treninga ravnoteže na razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti.

Ovo istraživanje je provedeno na uzorku od 39 zdravih, tjelesno aktivnih osoba (Ž=13, M=26). Slučajnim odabirom ispitanici su raspoređeni u eksperimentalnu skupinu – EN (N=12), eksperimentalnu skupinu – EU (N=14) i kontrolnu skupinu – K (N=13). Eksperimentalne skupine provodile su petotjedni trening ravnoteže. EN skupina provodila je trening koji se sastojao od vježbi stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima; EU skupina provodila je trening s vježbama u uporima.

Rezultati provedene dvofaktorske analize kovarijance pokazuju na znatan razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti, u eksperimentalnim skupinama, u odnosu na K skupinu ( $p= 0,06$  za SJ i  $p= 0,48$  za CMJ). Moguće je pretpostaviti da su dobiveni rezultati posljedica činjenice što se u pozadini ravnotežnih zadataka i zadataka skočnosti nalazi sposobnost živčano-mišićnog sustava da brzo i pravovremeno korigira položaj tijela u prostoru. Ovo istraživanje naglašava komplementarnost sposobnosti održavanja ravnoteže i brzog ispoljavanja sile te potvrđuje mogućnost primjene vježbi ravnoteže za razvoj eksplozivne jakosti. Dobiveni rezultati mogu znatno unaprijediti svakodnevnu trenersku praksu u području prevencije ozljeda sportaša, a pogotovo u području funkcionalne rehabilitacije ozljeda donjih ekstremiteta. Zaključno, ovo bi istraživanje moglo pružiti znanstvenu osnovu za planiranje primjene vježbi ravnoteže u svrhu razvoja eksplozivne jakosti tipa skočnosti u ranim fazama funkcionalne rehabilitacije, odnosno onda kada sportaš radi ozljede nije u mogućnosti izvoditi zahtjevne pliometrijske treninge.

Ključne riječi: ravnoteža, skočnost, eksplozivnost

# **IMPACT OF DIFFERENT TYPES OF BALANCE TRAINING ON EXPLOSIVE STRENGTH**

## **Summary**

Balance and explosive strength exercises, are an integral part of preventive training programmes, especially for lower extremities injuries. Balance exercises may affect the development of explosive strength, through different mechanisms of adaptation.. The main purpose of this randomized controlled trial was to determine the effect of two different modalities of balance training on the development of explosive strength, assessed through jumping performance tests.

This research was conducted on a sample of 39 healthy, physically active individuals (Z = 13, M = 26). Randomized subjects were divided into an experimental group - EN (N = 12), experimental group - the EU (N = 14) and control group - K (N = 13). Five week balance training was implemented for experimental groups. EN group conducted the training, which consisted of standing exercises; EU group conducted training with various plank exercises.

Explosive strength was evaluated by means of two jumping tasks (squat jump – SJ and countermovement jump – CMJ).

The results of the two-factor analysis of covariance showed a significant increase of explosive strength jumping performance, in experimental groups compared to control group ( $p = 0.06$  for SJ and  $p=0.48$  for CMJ). It may be assumed that this is because both, balance and explosive strength performance rely on the capability of the body to promptly correct position in space. This study emphasizes the complementarity of balance and explosive strength. It confirms the possibility of applying balance exercises in order to develop explosive strength. The results can significantly improve the everyday coaching practice in sports injuries prevention. Results may also be useful in the field of functional rehabilitation considering lower extremity injuries. In conclusion, this study may provide scientific basis for planning balance exercise in order to develop explosive strength in the early stages of functional rehabilitation, or when an athlete, is temporarily unable to perform demanding plyometric trainings.

Key words: balance, jumping performance, explosive strength

## Sadržaj

UVOD.....	5
METODE ISTRAŽIVANJA .....	8
Eksperimentalni pristup problemu .....	8
Ispitanici .....	8
Protokol istraživanja.....	10
Varijable .....	14
Statistička analiza podataka.....	15
REZULTATI .....	16
RASPRAVA.....	18
ZAKLJUČAK.....	22
LITERATURA .....	23

## UVOD

Osnovna funkcija skeletnih mišića je proizvodnja sile. Kada govorimo o funkcionalnosti skeletnih mišića, možemo nabrojati njegove tri temeljne sposobnosti. To su: sposobnost proizvodnje maksimalne sile, sposobnost brze proizvodnje sile, sposobnost proizvodnje sile kroz duži vremenski period (Marković, 2009). U ovom radu najviše će se govoriti o sposobnosti brze proizvodnje sile to jest proizvodnje maksimalne mišićne sile u što kraćem vremenu ili *eksplozivnoj jakosti*. Eksplozivna jakost je zapravo sposobnost svladavanja nekog otpora velikom brzinom kontrakcije. Eksplozivno generiranje sile ovisi i o vrsti mišićne kontrakcije. „Najveću eksplozivnu jakost mišić može proizvesti u takvom režimu rada mišića kod kojeg eksplozivnoj koncentričnoj kontrakciji prethodi kratko i brzo predistezanje aktivnog mišića - ekscentrična kontrakcija.“ (Marković, 2009). Za razvoj eksplozivne jakosti koristi se trening koji može biti sastavljen od bacanja, skokova, sprintova ili pak vježbi dizanja utega te izometrijskih vježbi; bitno je da se one izvode maksimalnom brzinom, odnosno eksplozivno (Trošt Bobić, 2012). Trening jakosti također se koristi za poboljšanje motoričke izvedbe te prevenciju ili rehabilitaciju ozljeda donjih ekstremiteta (Marković i Mikulić, 2010). Primjenjuju se koncentrične, ekscentrične i izometrijske kontrakcije. Provode se bilateralne i unilateralne vježbe te izolirani ili kompleksni pokreti koji uključuju više zglobnih sustava. Valja istaknuti kako visoka razina eksplozivne jakosti može, kod sportaša, smanjiti rizik ponovnog ozljeđivanja donjih ekstremiteta.

Nedavno provedena istraživanja ukazuju na mogućnost razvoja eksplozivne jakosti primjenom vježbi ravnoteže. Unatrag 10-tak godina počela se intenzivnije istraživati mogućnost razvoja eksplozivne jakosti primjenom vježbi ravnoteže. Trening ravnoteže, proveden u periodu od 4 do 7 tjedana sa 6 do 12 trenažnih jedinica, u trajanju od 20 do 90 minuta, može utjecati na maksimalnu i eksplozivnu jakost, EMG aktivnost mišića, sposobnost precizne repozicije zgloba te na statičku i dinamičku ravnotežu (Heitkamp i sur., 2001; Bruhn, Kullmann i Gollhofer, 2004; Gruber i Gollhofer, 2004; Myer i sur., 2006; Beck i sur., 2007; Schubert i sur., 2008). Također, trening ravnoteže proveden na zdravim sedentarnim pojedincima dva puta

tjedno, u trenažnom periodu od 4 tjedna (sveukupno samo 8 trenažnih jedinica), može značajno povećati maksimalnu jakost mišića natkoljenice (Gruber i Gollhofer, 2004).

Ravnoteža je sposobnost održavanja tijela u stabilnom položaju međusobnom interakcijom dijelova tijela, tijela i podloge i tijela s uvjetima sredine koja ga okružuje. Ona je uvjet održanja uspravnog stava, kretanja i obavljanja sportskih aktivnosti. Trening ravnoteže predstavlja sastavni dio preventivskih i rehabilitacijskih programa vježbanja, u slučaju ozljeda donjih ekstremiteta. U pozadini ravnoteže, nalazi se sposobnost živčano-mišićnog sustava da brzo i pravovremeno korigira položaj tijela u prostoru. Vježbe ravnoteže specifične su radi visoke razine aktivacije motoričkih jedinica, kratkog trajanja kontrakcije i visokog vršnog gradijenta momenta sile, što također opisuje zadatke eksplozivne jakosti. Čini se da brzina ispoljavanja sile tijekom održavanja ravnoteže može djelovati na sposobnost brzog ispoljavanja maksimalne sile, tj. na eksplozivnu jakost (Schubert i sur., 2008). U skladu s time, trening ravnoteže se sve više koristi kao sredstvo poboljšanja živčano-mišićne funkcije i eksplozivne jakosti vježbača (Gruber i Gollhofer, 2004; Gruber i sur., 2007).

Vježbe ravnoteže koriste se radi poboljšanja sportske izvedbe (Myer i sur., 2006; Taube i sur., 2007) ili prevencije ozljeda sportaša (Olsen i sur., 2005; McKeon i Hertel, 2008). Sastavni dio treninga ravnoteže jesu vježbe na stabilnim i nestabilnim površinama s povremenim destabilizacijama ili bez njih (McKeon i Hertel, 2008; Schubert i sur., 2008; Taube, Gruber i Gollhofer, 2008) u predvidivim i nepredvidivim uvjetima (Myer i sur., 2006). Pri tome, vježbač može zauzimati različite položaje (stajanje, upori...) te na taj način mijenjati omjer uključivanja pojedinih mišićnih skupina. Iako postoji mogućnost da vježbe ravnoteže provedene na različite načine drugačije utječu na razvoj eksplozivne jakosti, to još nije u potpunosti istraženo. Istraživanja usmjerena k izučavanju utjecaja raznih modaliteta treninga ravnoteže na razvoj eksplozivne jakosti mogla bi pripomoći boljem shvaćanju mehanizama prilagodbe ljudskog organizma na trening ravnoteže te točnijem planiranju programa vježbanja za razvoj eksplozivne jakosti. Rečeno je od

posebne važnosti u ranim fazama rehabilitacije sportskih ozljeda, kada ozlijeđeni sportaš nije u stanju izvoditi zahtjevnije vježbe jakosti.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj dva različita modaliteta treninga ravnoteže na razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti.



## **METODE ISTRAŽIVANJA**

### **Eksperimentalni pristup problemu**

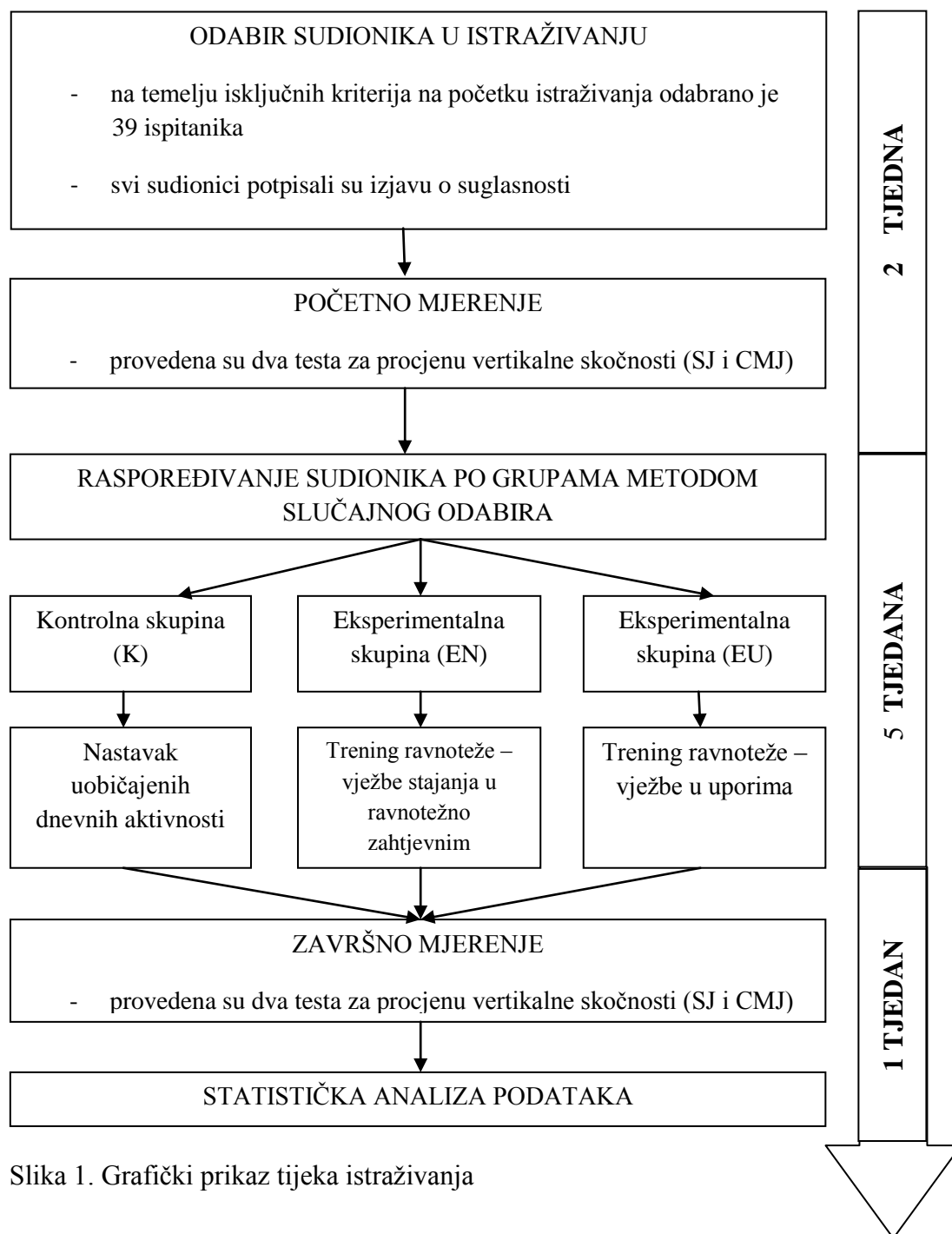
Randomizirano kontrolirano istraživanje trajalo je 8 tjedana. Provodio se trening ravnoteže i mjerili su se njegovi učinci na eksplozivnu jakost. Ispitanici su nasumično podijeljeni u 3 skupine: jednu kontrolnu (koja nije provodila treninge ravnoteže) i dvije eksperimentalne skupine (koje su provodile dva različita modaliteta treninga ravnoteže). Kako bi se procijenila eksplozivna jakost prije i nakon provedenog perioda treninga, koristila su se dva testa za procjenu vertikalne skočnosti (skok s pripremom i skok bez pripreme).

### **Ispitanici**

U istraživanju je sudjelovalo 39 ispitanika muškog i ženskog spola (Ž=13, M=26), studentica i studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ispitanici su nasumično raspoređeni u 3 skupine: 1. EN eksperimentalna skupina, provodila je vježbe stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima (Ž= 3, M= 9; dob= 22,00 ± 2,08 godina; visina= 177,16 ± 8,12 m; težina= 74,91 ± 11,41 kg); 2. EU eksperimentalna skupina, provodila je vježbe ravnoteže u uporima (Ž= 5, M= 9; dob= 22,50 ± 2,87 godina; visina= 177,18 ± 8,55 m; težina= 72,04 ± 9,36 kg); 3. K kontrolna skupina, nastavila je svakodnevnim načinom života i nije provodila treninge ravnoteže (Ž= 5, M= 8; dob= 25,23 ± 2,12 godina; visina= 174,34 ± 10,84 m; težina= 70,09 ± 12,53 kg).

Prije početka istraživanja ispitanici su upoznati s planom istraživanja i njegovim rizicima te su potpisali izjavu o suglasnosti. Kako bi sudjelovali u istraživanju ispitanici nisu smjeli imati povijest ozljeda koljenog zgloba ni lumbalnog dijela kralježnice unazad 2 godine kao ni ozljedu glave ili bilo kakvu operaciju unazad

godine dana. Temeljem postojećih isključnih kriterija za sudjelovanje u istraživanju, prije samog početka isključena su dva potencijalna ispitanika.



Slika 1. Grafički prikaz tijeka istraživanja

## **Protokol istraživanja**

### Testovi za procjenu eksplozivne jakosti

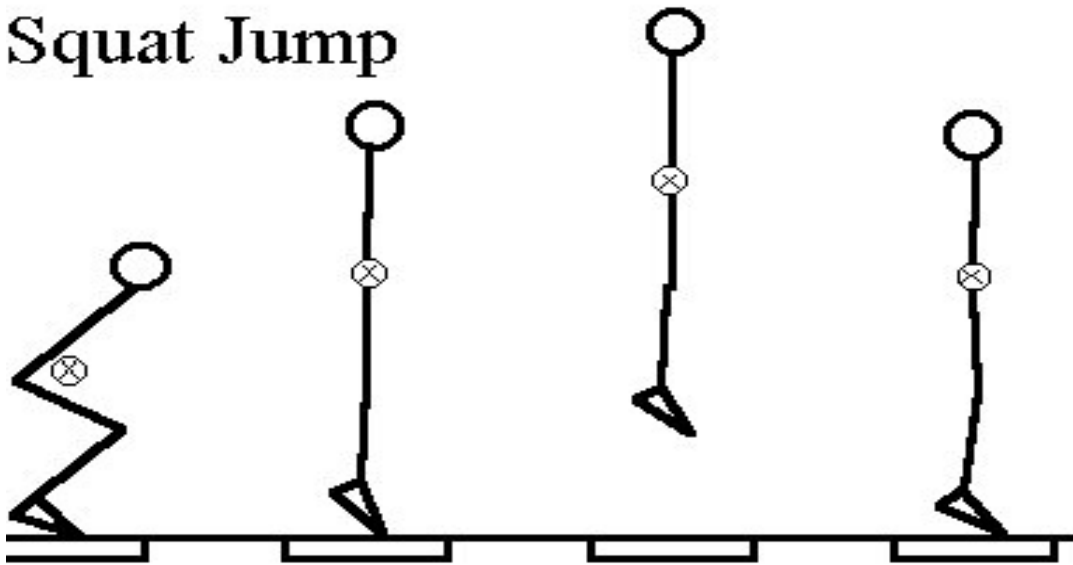
Mjerenje je provedeno u dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Svaki ispitanik izveo je maksimalne vertikalne skokove dvije vrste: skok iz čučnja (engl. squat jump – SJ, slika 2), skok iz čučnja s pripremom (engl. countermovement jump – CMJ, slika 3) na Kistlerovoj platformi. Testiranjima je prethodilo zagrijavanje od 10 minuta koje podrazumijeva 5 minuta trčanja i 5 minuta različitih vježbi za razgibavanje donjih ekstremiteta. Pri izvođenju različitih skokova, ispitanici su trebali držati ruke na bokovima kako bi se isključio efekt zamaha rukama tijekom izvedbe skokova. Također, nije bilo dozvoljeno doskakati s naglašenom ekstenzijom u koljenom zglobu već se tražio amortizirani doskok.

Kako bi pravilno izveli SJ, sudionici su trebali stajati na platformi u položaju čučnja (s kutom od 90° u koljenom zglobu) sa stopalima u širini ramena i okrenutima ravno naprijed. Skok iz čučnja izvodi se bez ikakve pripreme nakon zadržavanja položaja čučnja 3 do 4 sekunde.

CMJ se izvodio iz uspravne početne pozicije, nakon čega je slijedio brzi čučanj (kut u koljenom zglobu cca. 90°) te maksimalni vertikalni odraz.

U svakom testu ispitanici su imali 3 mjerenja/pokušaja. Odmor između mjerenja bio je oko 1 minute. Za daljnju analizu uzeta je aritmetička sredina skokova iz 3 mjerenja za svakog ispitanika. Mjerenje je provodio podučeni mjeritelj te je isti provodio i početno i završno mjerenje.

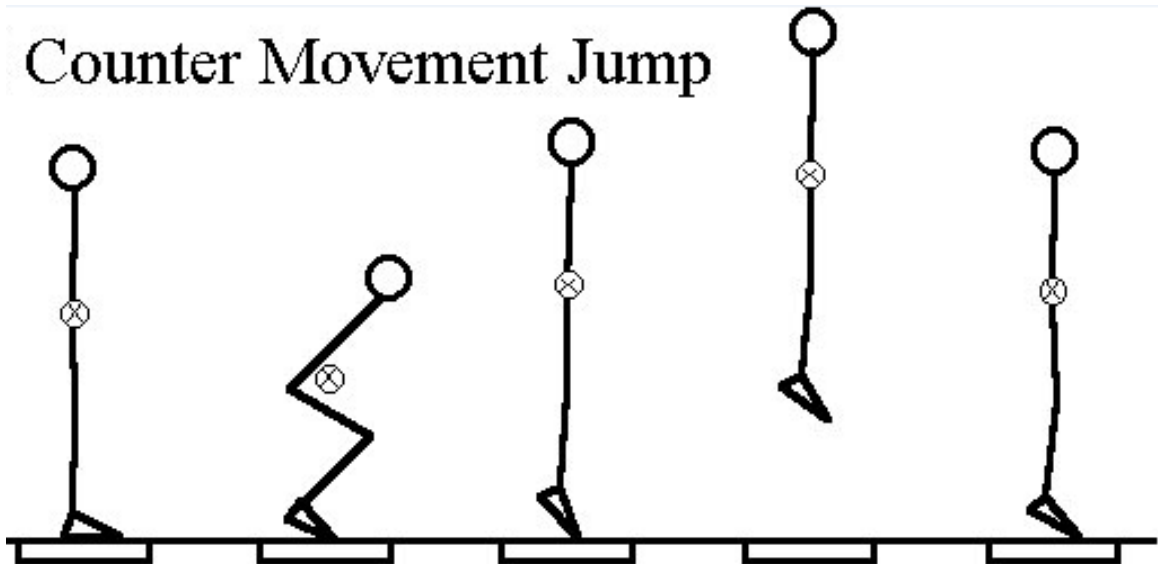
## Squat Jump



Slika 2. Skok iz čučnja (SJ) po fazama (preuzeto s:

<http://aclprevention.blogspot.hr/2014/01/squat-jump-vs-counter-jump-squat-as.html>)

## Counter Movement Jump



Slika 3. Skok iz čučnja s pripremom po fazama (CMJ) (preuzeto s:

<http://aclprevention.blogspot.hr/2014/01/squat-jump-vs-counter-jump-squat-as.html>)

### Program treninga

Trenažni proces trajao je 5 tjedana s ukupno 20 pojedinačnih treninga (4 treninga tjedno, svaki trening je trajao 30 minuta). Trenažne vježbe mijenjale su se svaki tjedan te se povećavalo trenažno opterećenje kako bi se postigla progresivnost treninga i trenažnih učinaka.

EN skupina izvodila je vježbe stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima (Tablica 1). Noga je tijekom stajanja na različitim podlogama (balans daska, Dyna disc, Thera band jastuk, Airex jastuk, Bosu lopta) bila ili ispružena ili zgrčena u koljenom zglobu ( $90^{\circ}$  –  $110^{\circ}$ ). Svaka vježba izvodila se se u 8 serija, 4 s ispruženom nogom i 4 sa zgrčenom nogom. Nakon jedne serije mijenjala se stajna noga.

EU skupina provodila je vježbe upora (Tablica 2) u različitim položajima, upor pred rukama, upor za rukama i bočni upor, također na različitim podlogama (tlo, Dyna disc, pilates lopta).

EU skupina vježbe je izvodila u 8 ili 6 serija, ovisno o njihovoj zahtjevnosti/težini. Povećanje trenažnog opterećenja u obje eksperimentalne skupine postignuto je promjenom zadatka/vježbe ili zatvaranjem očiju kako bi se vid izostavio iz izvora senzornih informacija iz okoline. Različite serije u obje skupine izvodile su se u razmaku od 3, 5 ili 6 sekundi, ovisno o zahtjevnosti određene vježbe. Trajanje vježbi u eksperimentalnim skupinama bilo je izjednačeno da bi se osigurala jednaka mogućnost djelovanja oba modaliteta rada.

Tablica 1. Program treninga ravnoteže EN; vježbe stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima

EN	1.TJEDAN	2.TJEDAN	3.TJEDAN	4.TJEDAN	5.TJEDAN
Broj serija	3	3	4	4	4
Broj ponavljanja	30 s	40 s / 12x	40 s	45 s	50 s / 10x
Balans daska	Kruženje rukama u suprotnim smjerovima s otvorenim očima	Prednoženje – zanoženje sa zatvorenim očima	Laterofleksija glavom sa zatvorenim očima	Prednji polukrugovi glavom sa zatvorenim očima	Kruženje glavom s promjenom smjera sa zatvorenim očima
Dyna disk	Prebacivanje teniske loptice iz ruke u ruku iznad glave s otvorenim očima	Vaga s otvorenim očima	Prebacivanje teniske loptice iz ruke u ruku u transverzalnoj ravnini sa zatvorenim očima	Laterofleksija, fleksija, ekstenzija glavom sa zatvorenim očima	Čučnjevi s odnoženjem sa zatvorenim očima
Thera band jastuk	Dijagonalne sklopke u stojećem položaju s otvorenim očima	Stajanje u položaju mirno sa zatvorenim očima	Prebacivanje teniske loptice iz ruke u ruku iznad glave sa zatvorenim očima	Čučnjevi sa zatvorenim očima	Čučnjevi s rotacijom trupa u lijevo i desno s otvorenim očima
Airex jastuk	Vaga s otvorenim očima	Podizanje pogrčene noge sa zatvorenim očima	Dijagonalne sklopke u stojećem položaju sa zatvorenim očima	Čučnjevi s prebacivanjem teniske loptice iznad glave sa zatvorenim očima	Kruženje glavom s promjenom smjera sa zatvorenim očima
Bosu lopta	Stajanje u položaju 'mirno' s otvorenim očima	Dodavanje i hvatanje teniske loptice s otvorenim očima	Stajanje u položaju mirno sa zatvorenim očima	Podizanje pogrčene noge sa zatvorenim očima	Čučnjevi sa zatvorenim očima

Tablica 2. Program treninga ravnoteže EU; vježbe ravnoteže u uporima

EU	1.TJEDAN	2.TJEDAN	3.TJEDAN	4.TJEDAN	5.TJEDAN
Broj serija	3	3	4	4	4
Broj ponavljanja	30 s	40 s / 12x	40 s	45 s	50 s / 10x
Tlo	Izdržaj u uporu pred rukama	Izdržaj u uporu pred rukama s prekrštenim nogama	Izdržaj u uporu pred rukama s dlanovima na airex jastuku i zatvorenim očima	Jednonožni izdržaj u uporu pred rukama sa zatvorenim očima	Jesnonožni izdržaj u uporu pred rukama, dlanovi na airex jastuku, oči su zatvorene
Pilates lopta	Izdržaj u uporu na pilates lopti	Izdržaj u uporu na pilates lopti s naizmjeničnim podizanjem ruku i zatvorenim očima	Izdržaj u uporu na pilates lopti s obje ruke u zraku i zatvorenim očima	Izdržaj u uporu na pilates lopti; mahati s obje ruke lijevo - desno	Izdržaj u uporu na pilates lopti s bacanjem i hvatanjem loptice

## Varijable

Eksplzivna jakost tipa skočnosti procijenjena je pomoću uvriježenih testova skok iz čučnja (SJ) i skok s pripremom (CMJ). Skokovi su se provodili na platformi za mjerenje sile (Quattro Jump, Kistler, Švicarska). Izračunata je visina skoka, definirana kao maksimalni pomak centra mase tijela izračunat na osnovi vertikalne komponente sile reakcije podloge i težine tijela.

## Statistička analiza podataka

Za sve varijable izračunati su osnovni centralni i disperzivni parametri u inicijalnom i finalnom mjerenju. Promjene između početnog i završnog mjerenja, za svaku treniranu skupinu posebno, provjerene su uz pomoć t-testa za zavisne uzorke. Značajnost međugrupnih razlika analizirana je pomoću dvofaktorske analize kovarijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme). S obzirom na to da su se kod testiranja zadaci ponavljali tri puta, za svaku zavisnu varijablu, u statističkoj analizi korištena je srednja vrijednost tih triju ponavljanja. Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ . Veličina učinka trenažnih programa procijenjena je *indeksom veličine učinka* (ES; razlika (završno minus početno stanje) podijeljena standardnom devijacijom početnog stanja). Veličina učinka od 0,01 smatra se malim učinkom, 0,06 umjerenim i 0,14 velikim učinkom (Field, 2009).



## REZULTATI

Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja praćenih varijabli te promjene između početnog i završnog mjerenja za svaku skupinu posebno (t-test za zavisne uzorke), prezentirani su u Tablici broj 3. Rezultati ukazuju na znatno poboljšanje eksplozivne jakosti tipa skočnosti u obje eksperimentalne skupine (Tablica 3).

Tablica 3. Deskriptivni pokazatelji početnog i završnog mjerenja (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke za eksplozivnu jakost izmjerenu putem skoka s pripremom (CMJ) i skoka iz čučnja (SJ).

Varijabla	KONTROLNA SKUPINA			EKSPERIMENTALNA SKUPINA EN			EKSPERIMENTALNA SKUPINA EU		
	Početno (AS $\pm$ SD)	Završn o (AS $\pm$ )	Pre/ Post t-test	Početno (AS $\pm$ SD)	Završno (AS $\pm$ SD)	Pre/ Post t-test (p)	Početno (AS $\pm$ SD)	Završno (AS $\pm$ SD)	Pre/ Post t-test (p)
CMJ (Cm)	43,24 $\pm$ 7,65	43,53 $\pm$ 6,88	0,81	45,67 $\pm$ 7,71	48,70 $\pm$ 7,34	<b>0,008</b>	45,44 $\pm$ 8,40	47,21 $\pm$ 7,17	<b>0,051</b>
SJ (Cm)	40,89 $\pm$ 7,30	41,52 $\pm$ 6,62	0,23	42,79 $\pm$ 7,00	46,74 $\pm$ 6,55	<b>0,007</b>	42,58 $\pm$ 7,37	44,06 $\pm$ 5,92	<b>0,054</b>

Legenda:

AS – aritmetička sredina

SD – standardna devijacija

CMJ – skok iz čučnja s pripremom

SJ – skok iz čučnja

p – p-vrijednost; pokazatelj statističke značajnosti

Rezultati provedene dvofaktorske analize kovarijance (grupa x vrijeme), pokazuju na znatan razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti, izmjerene SJ i CMJ testom, u obje eksperimentalne skupine - EN i EU, u odnosu na K skupinu (p= 0,06 za SJ i p= 0,48 za CMJ) (Tablica 4). Rezultati Bonferroni „post hoc“ analize ukazuju na razliku između EN i K skupine (p= 0,018 za SJ i p= 0,014 za CMJ) te između EU i K skupine (p= 0,047 za SJ i p= 0,038 za CMJ). Nije ustanovljena statistički značajna razlika između EN i EU skupine (p= 0,062 za SJ i p= 0,074 za CMJ). Ovakvi rezultati upućuju na sličan utjecaj provedenih modaliteta treninga ravnoteže na eksplozivnu jakost tipa skočnosti.

Tablica 4. Promjene u pokazateljima eksplozivne jakosti kod treniranih skupina, analizirane dvofaktorskom analizom kovarijance.

Varijabla	RANCOVA	F	P	VU (p $\eta^2$ )	Opis VU	Post hoc – Bonferroni (p)		
SJ	Vrijeme	19,407	,000	,357	veliki	EN	EU	,062
	Vrijeme*Kovarijanc	11,683	,002	,250	veliki	EU	K	,047
	Vrijeme*Grupa	5,860	,006	,251	veliki	K	EN	,018
CMJ	Vrijeme	15,103	,000	,301	veliki	EN	EU	,074
	Vrijeme*Kovarijanc	9,463	,004	,213	veliki	EU	K	,038
	Vrijeme*Grupa	2,733	,048	,143	veliki	K	EN	,014

Legenda:

SJ – skok iz čučnja

CMJ – skok iz čučnja s pripremom

p – pokazatelj statističke značajnosti

VU – veličina učinka

## **RASPRAVA**

Glavni nalaz provedenog istraživanja predstavlja zabilježeno značajno poboljšanje eksplozivne jakosti uslijed provedenih treninga ravnoteže. Trening ravnoteže doista je imao učinak na razvoj eksplozivne jakosti u obje skupine. Pokazalo se da provedeni trening u trajanju od 5 tjedana u obliku vježbi stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima ili vježbi upora utječe na razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti u odabranim varijablama - SJ i CMJ.

Dobiveni rezultati djelomično potvrđuju postojeće spoznaje. Dosadašnja istraživanja o učinku treninga ravnoteže na razvoj eksplozivne jakosti, kontradiktorna su. Heitkamp i sur. (2001) zabilježili su značajan razvoj eksplozivne jakosti nakon provedbe treninga ravnoteže, na sedentarnim pojedincima. Tri godine kasnije, Holm i sur. nisu potvrdili taj nalaz na zdravim tjelesno aktivnim pojedincima (Holm i sur., 2004). Moguće je da razina treniranosti vježbača utječe na mogućnost razvoja eksplozivne jakosti primjenom vježbi ravnoteže. Ipak, u okviru ovog istraživanja, zabilježeno je značajno djelovanje treninga ravnoteže na razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti i kod tjelesno aktivnih pojedinaca.

Gruber i Gollhofer (2004), su nakon 4 tjedna treninga ravnoteže zabilježili značajno povećanje eksplozivne jakosti mišića natkoljenice kod zdravih, tjelesno aktivnih ispitanika. Njihovi su rezultati popraćeni značajnim povećanjem električne aktivnosti *m. vastus medialis* prilikom maksimalne voljne izometrijske kontrakcije, u ranoj fazi mišićne aktivacije (0-50 ms). Nadalje, Gruber i suradnici (2007) su nakon 4 tjedna treninga ravnoteže s naglaskom na rad plantarnih i dorzalnih fleksora stopala (kao u vježbama stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima), zabilježili znatno povećanje elektromiografske aktivnosti *m. soleus* i *m. gastrocnemius* prilikom balistički izvedene izometrijske plantarne fleksije stopala. Autori spomenutih istraživanja upućuju na vjerojatnost da je provedeni trening ravnoteže doveo do kvalitativnih promjena na neurološkoj razini, kao što su promjene u regrutaciji i frekvenciji aktivacije motoričkih neurona u mišićima donjih ekstremiteta što može utjecati na sposobnost eksplozivnog ispoljavanja maksimalne jakosti.

Razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti, uslijed provedenih treninga ravnoteže, kakav je zabilježen u ovom istraživanju, najvjerojatnije je posljedica razvoja međumišićne koordinacije. Kean, Behm i Young su 2006. pokazali da trening ravnoteže s vježbama stajanja na balans daski povećava brzinu međumišićne koordinacije (*m. rectus femoris*, *m. biceps femoris*) te u konačnici utječe na poboljšanje eksplozivne jakosti tipa skočnosti. Iako u okviru ovog istraživanja, to nije direktno izmjereno, radi prirode provedenih vježbi, moguće je pretpostaviti da je proveden trening ravnoteže doveo do niza promjena u živčano-mišićnoj funkciji vježbača, koje su rezultirale boljim radom mišića stabilizatora tijela, a samim time i efikasnijom izvedbom skoka. Pri tome je moguće da su upori djelovali na bolju koordinaciju paravertebralnih mišića, dok su vježbe stajanja na jednoj nozi djelovale na bolju aktivaciju mišića stabilizatora gležnja, a koji također igraju važnu ulogu u održavanju uspravne posture čovjeka i u skakanju (Latash, 2008). Anderson i Behm, su 2004. godine dokazali da mogućnost ispoljavanja maksimalne i eksplozivne jakosti opada sa smanjenjem stabilnosti trupa. Prema tome, moguće je da je poboljšanje stabilnosti trupa kod ispitanika koji su sudjelovali u ovom istraživanju, povećalo količinu sile na raspolaganju za izvedbu zadatka skoka (a ne za stabilizaciju trupa). Konačno, stabilnije težište tijela trebalo bi osigurati optimalnu putanju sila reakcije podloge (vertikalno), pri izvođenju SJ i CMJ.

Važno je istaknuti da u okviru ovog istraživanja nije zabilježena značajna razlika u djelovanju vježbi tipa stajanja na nogama ili vježbi tipa upora. Oba su modaliteta vježbanja dovela do sličnog poboljšanja eksplozivne jakosti tipa skočnosti. Dosadašnje spoznaje upućuju na mogućnost da je djelovanje treninga ravnoteže na eksplozivnu jakost mišića donjih ekstremiteta moguće detektirati na različite načine. Tako je, na primjer, u istraživanju koje su proveli Gruber i suradnici (2007), nakon 4 tjedna treninga ravnoteže sa sveukupno 16 trenažnih jedinica, zabilježeno značajno poboljšanje vršnog gradijenta momenta sile plantarnih fleksora stopala (+ 16%), bez značajne promjene vremena potrebnog za njegovo postizanje. S druge strane, vrlo sličan trening ravnoteže je u istraživanju koje su godinu dana kasnije proveli Schubert i suradnici (2008) rezultirao 21% smanjenjem vremena potrebnog za postizanje vršnog gradijenta momenta sile plantarnih fleksora stopala bez popratnog povećanja vrijednosti samog vršnog gradijenta momenta sile. Dosadašnje spoznaje

upućuju na činjenicu da trening ravnoteže može poboljšati eksplozivnu jakost donjih ekstremiteta te da je pri tome moguće zabilježiti izolirano povećanje vršnog gradijenta momenta sile (Gruber i suradnici (2007), izolirano smanjenje vremena potrebnog za njegovo postizanje (Schubert i sur., 2008) ili istovremeno povećanje vršnog gradijenta momenta sile i smanjenje vremena potrebnog za njegovo postizanje (Gruber i sur., 2007). Riječ je zapravo o različitim mehanizmima prilagodbe na provedene treninge ravnoteže. U okviru ovog istraživanja planirana je izvedba dva različita modaliteta treninga ravnoteže, upravo iz pokušaja izazivanja dva različita mehanizama adaptacije na trening ravnoteže: adaptacije na razini mišića stabilizatora gležnja (primjenom vježbi stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima) i adaptacije na razini mišića stabilizatora trupa (primjenom vježbi upora). Rezultati ukazuju da su oba modaliteta treninga ravnoteže vrlo slično djelovala na eksplozivnu jakost tipa skočnosti, bez značajne razlike između skupina. Čini se dakle, da je svaki provedeni trening, kroz specifične mehanizme prilagodbe, doveo do efikasnijeg skoka.

Takvi podaci upućuju na mogućnost poboljšanja eksplozivne jakosti vježbača primjenom različitih vježbi ravnoteže. Za pretpostaviti je da bi istovremena primjena zadataka stajanja na jednoj nozi i upora, mogla dovesti do značajnijih pomaka u eksplozivnoj jakosti vježbača, kumulativnim djelovanjem provedenih vježbi. Ipak, tu je pretpostavku potrebno istražiti u budućim istraživanjima.

Sa znanstvenog stajališta, ova spoznaja važna je jer može doprinijeti boljem razumijevanju mehanizama prilagodbe ljudskog organizma na trening ravnoteže, u ovom slučaju vježbe stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima i vježbe upora.

Praktično gledano, kod različitih ozljeda gležnja ili koljenog zgloba gdje osoba u ranim fazama rehabilitacije ne može izvoditi zahtjevne pliometrijske treninge, mogu se planirati i primjenjivati ovakve vježbe kako bi se u konačnici ipak povećala eksplozivna jakost ciljanih mišića. Na taj je način u ranijim fazama rehabilitacijskog vježbanja moguće osobu bolje pripremiti za nadolazeće napore. Ovakav, znanstveno utemeljeni, pristup rehabilitaciji ozljeda donjih ekstremiteta, može osigurati brzu i sigurnu progresiju rehabilitacije, te smanjiti mogućnost recidiva ozljede.

Također, ovakve se vježbe mogu koristiti i u preventivne svrhe. Primjena vježbi ravnoteže, na zdravim pojedincima, može razviti bolju stabilnost gležnja i koljena (lokalno), te osigurati bolju stabilnost trupa (na razini cijelog tijela – globalno). Samim time, može smanjiti mogućnost ozljeđivanja sportaša, a prema rezultatima provedenog istraživanja, može povećati efikasnost njegove izvedbe, u ovom slučaju skočnosti. Ipak, u radu sa zdravim sportašima, za razvoj eksplozivne jakosti balistički trening trebao bi biti prvi izbor. Rezultati ovog istraživanja samo naglašavaju komplementarnost balističkih pokreta i vježbi ravnoteže te pružaju znanstveni temelj za njihovu zajedničku primjenu. Istovremena primjena takvih vježbi mogla bi izazvati njihovo zajedničko, sinergično djelovanje. Takvim bi se pristupom osiguralo smanjenje rizika od ozljeda (kroz razvoj stabilnosti tijela) i sportska efikasnost vježbača (kroz razvoj skočnosti).

## **ZAKLJUČAK**

Na temelju ovog istraživanja saznali smo da trening u obliku vježbi stajanja u ravnotežno zahtjevnim položajima i vježbi upora pozitivno utiče na razvoj eksplozivne jakosti kod tjelesno aktivnih pojedinaca. Čini se kako takav petotjedni trening ravnoteže može poslužiti kao dobro sredstvo za razvoj eksplozivne jakosti tipa skočnosti. Ova saznanja u budućnosti mogu poslužiti u planiranju treninga u rehabilitacijske svrhe pošto u ranim fazama rehabilitacije nije moguće provoditi zahtjevnije treninge za razvoj eksplozivne jakosti. Ovakav se trening, isto tako, može koristiti i u preventivne svrhe kod zdravih, tjelesno aktivnih osoba. Na kraju, moguće je da bi kombinacija ove dvije vrste treninga provedenih u eksperimentalnim skupinama dovela do još boljih rezultata, no to je potrebno istražiti.

## **LITERATURA**

Anderson, K. and Behm, D.G. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 637-640.

Beck, S., Taube, W., Gruber, M., Amtage, F., Gollhofer, A., Schubert, M. (2007). Task-specific change in motor evoked potentials of lower limb muscles after different training interventions. *Brain Research*, 1179, 51-60.

Bruhn, S., Kullmann, N. and Gollhofer, A. (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilization, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal Sports Medicine* 25, 56-60.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. Third edition. London: SAGE Publications Ltd.

Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92(1-2), 98-105.

Gruber, M., Gruber, S. B. H., Taube, W., Schubert, M., Beck, S. C., & Gollhofer, A. (2007). Differential effects of ballistic versus sensorimotor training on rate of force development and neural activation in humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 274-282.

Heitkamp, H.C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. and Dickhuth, H.H. (2001) Gain in strength and muscular balance after balance training. *International Journal of Sports Medicine* 22, 285- 290.

Holm, I., Fosdahl, M.A., Friis, A., Risberg, M.A., Myklebust, G., and Steen, H. (2004) Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal Sport Medicine* 14, 88-94.



Kean, C.O., Behm, D.G., Young, W.B. (2006). Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of Sports Science and Medicine* 5, 138-148.

Latash, M.L. (2008). *Neurophysiological Basis of Movement*. Second Edition. Human Kinetics: Urbana, IL

Marković, G. (2009). Razlikujmo jakost i snagu u sportu. *Osnove kondicijskog treninga*. 7(2), 9-11.

Marković, G. i Mikulić, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10):859-95.

McKeon, P. O., & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: Is balance training clinically effective? *Journal of Athletic Training*, 43(3), 305-315.

Move to improve (2014). *Squat Jump Vs. Counter Jump - Squat As A Performance Measure*. / on line/. S mreže preuzeto 21. rujna 2016. s: <http://aclprevention.blogspot.hr/2014/01/squat-jump-vs-counter-jump-squat-as.html>

Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 345-353.

Olsen, O. -, Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: Cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 330(7489), 449-452.

Schubert, M., Beck, S., Taube, W., Amtage, F., Faist, M., & Gruber, M. (2008). Balance training and ballistic strength training are associated with task-specific corticospinal adaptations. *European Journal of Neuroscience*, 27(8), 2007-2018.

Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F., Gollhofer, A. (2007). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 999-1005.

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

