

# Pliometrijski trening u hrvanju, efekti tretmana

---

Škugor, Krešo

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:389937>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-08**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

**PLIOMETRIJSKI TRENING U  
HRVANJU; EFEKTI TRETMANA**

(DIPLOMSKI RAD)

**Student:**

Krešo Škugor

**Mentor:**

Dr. sc. Damir Sekulić

Split, 2019.

## Sadržaj

1. UVOD .....	5
1.1. Hrvanje .....	5
1.1.1. Povijest hrvanja .....	5
1.1.2. Fiziološki zahtjevi hrvanja .....	6
1.2. Pliometrija .....	7
1.2.1. Prilagodbe na pliometrijski trening .....	7
1.2.2. Utjecaj pliometrijskog treninga na sportsku izvedbu.....	9
2. PROBLEM I CILJ RADA .....	11
3. METODE RADA.....	12
1.3. Uzorak ispitanika.....	12
1.4. Uzorak varijabli .....	12
1.5. Protokol .....	14
1.6. Metode obrade rezultata .....	14
4. REZULTATI.....	16
5. RASPRAVA .....	27
6. ZAKLJUČAK .....	30
7. LITERATURA .....	31

## SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je utvrditi efikasnost 8-tjednog programa treninga koji se sastojao od pliometrijskog vježbanja koje je bilo uključeno kao supstitucijski trening za uobičajeni hrvački trening snage i kondicijskih sposobnosti. Uzorak ispitanika sastojao se od 22 hrvača dobi od 9 do 19 godina iz hrvačkog kluba Split. Sportaši su podijeljeni u dvije grupe: pliometrijska grupa (n=13) koja je 8 tjedana radila specifičan pliometrijski trening posljednjih 15 minuta hrvačkog treninga i kontrolna grupa (n=9) koja je zadnjih 15 minuta hrvačkog treninga radila vježbe repetitivne snage. Varijable koje su korištene u ovom istraživanju su tjelesna visina, tjelesna težina i kožni nabor nadlaktice kao antropometrijske varijable, vertikalni skok i skok u dalj s mjesta za testove skokova, zatim bacanje medicinske lopte iz ležećeg položaja i bacanje medicinske lopte iz sjedećeg položaja, te sklekovi u gimnastičkom mostu. Analiza varijance za ponovljena mjerenja ukazala je na značajne promjene u mjerama tjelesne visine ( $F=10,80$ ,  $p<0,01$ ), kožnog nabora nadlaktice ( $F=18,80$ ,  $p<0,01$ ), skoka u dalj ( $F=7,90$ ,  $p<0,01$ ), bacanja medicine iz ležanja ( $F=13,58$ ,  $p<0,01$ ), bacanja medicine iz sjeda ( $F=9,68$ ,  $p<0,01$ ) i skleka u mostu ( $F=29,21$ ,  $p<0,01$ ), ali bez diferencijalnih efekata tretmana. Pliometrijski trening koji se koristio kao zamjena za klasični hrvački trening snage jednako je efikasan u razvoju snage mladih hrvača kao i klasični trening snage u hrvanju.

*Ključne riječi: trening, pliometrija, hrvanje, snaga*

## ABSTRACT

### **Plyometric training in wrestling; the effects of the treatment**

The aim of this research was to determine the effects of 8-week training procedure consisted of plyometric exercises which were included as substitute training for regular wrestling training. The subjects sample consisted of 22 wrestlers aged from 9 to 19 years old, all from Wrestling club Split, Croatia. Athletes were divided into two groups: plyometric group (n=13) which was included for 8 weeks in specific plyometric training at the last 15 minutes of regular wrestling training, and control group (n=9) which conducted specific wrestling strength and conditioning exercises for the last 15 minutes of regular wrestling training. Variables included in this research are body height, body weight, triceps skinfold as anthropometric variables, vertical jump and standing long jump as jumping variables, medicine ball throws from sitting and lying position, and push-ups from gymnastics bridge. The analysis of variance for repeated measures showed

significant changes in the measures of body height ( $F=10,80$ ,  $p<0,01$ ), triceps skinfold ( $F=18,80$ ,  $p<0,01$ ), standing long jump ( $F=7,90$ ,  $p<0,01$ ), laying medicine ball throw ( $F=13,58$ ,  $p<0,01$ ), sitting medicine ball throw ( $F=9,68$ ,  $p<0,01$ ), and push-ups from the gymnastics bridge ( $F=29,21$ ,  $p<0,01$ ), but without the differential effects of the training. Plyometric training that was used as a substitution for regular wrestling strength training is as effective for strength development at young wrestlers as regular strength training in wrestling.

*Key words: training, plyometrics, wrestling, strength*

# 1. UVOD

## 1.1. Hrvanje

### 1.1.1. Povijest hrvanja

Hrvanje je od pamtivijeka jedna od osnovnih tjelesnih aktivnosti u svijetu, koristilo se za održavanje reda u zajednici i u borbi protiv životinja u divljini. Hrvanje je omogućavalo da se porazi protivnik bez da ga se ozljedi ili ubije. Hvatanje i kontroliranje protivnikovih udova bilo je obilježje mezopotamskog hrvanja. Postoji čak i vrlo jasan slikovni prikaz hrvača koji je uzeo protivnikovu desnu bedro te ga podigao s tla, a desnom rukom prihvatio vrat hrvača i bacio ga na leđa. Hrvači su uvijek bili odjeveni samo u pojas, a pojas se mogao koristiti za bacanje protivnika. Pojas je često bio pojas od tri sloja i njegovo ime je bilo "kannu". Postoji teorija da se pobjeda mogla postići uklanjanjem suparničkog remena, prema pravilu koje se koristilo u Nubiji. Postoji također teorija da su pojasevi koje su nosili ratnici u hebrejskoj Bibliji bili hrvački pojasevi (Azize, 2002). U drevnom Egiptu, 3000 godina prije nove ere, nubijski hrvači su obučavali i trenirali Egipatske vojnike. U grobnici faraona Amenemheta pronađeno je preko 400 oslikanih hrvačkih tehnika koje su egipatski visoki dužnosnici čuvali za svoj zagrobni život (Poliakoff, 1987). Hrvanje je bilo jako popularno u drevnom Egiptu sudeći po čestom pojavljivanju hrvačkih motiva u Egipatskoj umjetnosti. Jedan od prvih viđenih motiva hrvačkih tehnika je u grobnici Ptahhotepa iz 2300. godine prije Krista. Neke od najzanimljivijih slika prikazuju strance kako se hrvaju s Egipćanima (Carroll, 1988). Preteča hrvanja i suvremene slobodne borbe je bio Grčki sport Pankration koji je sadržavao elemente hrvanja, boksa, udaranja nogom i poluga na zglobovima. Pankration je nastao u antičkoj Grčkoj kao potreba ljudi za izbacivanjem negativne energije kroz borbu (Azize, 2002).

Hrvanje je jedno od najranije zapisanih sportova i među prvima je uključeno u program antičkih Olimpijskih igara. Muško hrvanje je uključeno u program modernih Olimpijskih igara od razdoblja renesanse, 1896. godine u Ateni. Osim što su Olimpijski pobjednici bili počasno tretirani u društvu, isto tako se poštivalo i trenere, kojima su veliki šampioni podizali spomenike kao zahvalu za ono što su za njih učinili (Dokmanac, Ercegan, & Dujmić, 2005).

### 1.1.2. Fiziološki zahtjevi hrvanja

Hrvanje je polistrukturalna aciklička aktivnost u kojoj se velika važnost pridaje položajima tijela dvaju hrvača i biomehaničkim polugama i silama koje djeluju na tijelo hrvača. Hrvanje je složeni sport koji ima mnogobrojne stilove. Međutim, kroz povijest su se najviše razvila dva osnovna stila, slobodni i grčko-rimski stil (Marić, Baić, Aračić, Milanović, & Jukić, 2003). U slobodnom i u grčko-rimskom stilu hrvanja borci pokušavaju steći bodove koristeći pokrete kao što su bacanja, rušenja, okretanja te pokušaji „tuširanja“ (zadržavanje protivnika na leđima s obje lopatice na tlu) i „tuširanje“. Slobodni stil dozvoljava držanja i napade na gornje i donje ekstremitete. Grčko-rimski način hrvanja ne dozvoljava dodirivanje i napadanje donjih ekstremiteta hrvača. Slobodni stil samim time postaje raznovrsniji i kreativniji te ga karakteriziraju rušenja, dok grčko-rimski stil karakterizira snaga gornjeg djela tijela hrvača te bacanja visokih amplituda (Demirkan, Kutlu, Koz, Özal, & Favre, 2014). Oba hrvačka stila su uključena u olimpijske igre. Također, postoji i hrvanje za žene koje je slično hrvanju slobodnim stilom kod muškaraca, jedina razlika je što žene ne smiju izvoditi određene tehnike koje mogu naštetiti vratnoj kralježnici. Trajanje seniorske i juniorske borbe je 2x3 minute s pauzom od jedne minute između rundi. Slobodni stil je sličan Američkom načinu hrvanja koji se naziva „folkstyle wrestling“ koji se koristi u Američkim koledžima, a razlika je ta što je sistem bodovanja različit i strategija borbe je drugačija (Callan et al., 2000). U svim oblicima hrvanja bitna je anaerobna snaga, eksplozivna snaga i snažna izdržljivost. Anaerobni sustav je zastupljen u svim stilovima hrvanja te ga karakterizira kratak intenzivan rad i aktivacija maksimalne snage, dok aerobni sustav služi da se submaksimalni i maksimalni naponi održavaju kroz čitav meč, te da se u odmorima između rundi anaerobni i aerobni sustavi oporave (Mirzaei, Curby, Rahmani-Nia, & Moghadasi, 2009).

Jedan od glavnih prediktora uspješnosti u hrvanju je snaga (maksimalna, eksplozivna, repetitivna i statička). Zatim slijedi izdržljivost, i to u oba svoja oblika (aerobna i anaerobna). Brzina obrade informacija i brzina izvođenja pokreta su također bitne sposobnosti za uspjeh u hrvanju. Uz sve navedeno, psihološka pripremljenost sportaša je komponenta koja može donijeti prednost svakom hrvaču u tijeku meča. Otpornost na bol, mogućnost toleriranja ekstremnih napora i odgoda umora čine razliku na najvećim razinama svjetskog hrvanja (Marić et al., 2003).

## 1.2. Pliometrija

Pliometrija je trenažna tehnika koju koriste sportaši za razvijanje snage i eksplozivnosti u mnogim vrstama sportova. Pliometrijska aktivnost se sastoji od brzog izduživanja mišića (ekscentrična kontrakcija) koju odmah prati skraćivanje (koncentrična kontrakcija) istog mišića i vezivnog tkiva (Miller, Herniman, Ricard, Cheatham, & Michael, 2006). Pliometrijski trening obuhvaća izvođenje vježbi skokova s vlastitom težinom i vježbi bacanja medicinskih lopti upotrebljavajući tzv. Stretch-shortening cycle (SSC) mišićne aktivnosti. SSC omogućava živčanom i mišićno-tetivnom sustavu da generiraju maksimalnu silu u što kraćoj jedinici vremena. Stoga se pliometrijski trening često koristi kod sportaša s ciljem poboljšanja eksplozivnih i dinamičkih aktivnosti, posebice vertikalnih skokova (Markovic & Mikulic, 2010). Ovom vrstom treninga poboljšava se sveukupna živčano-mišićna aktivnost i kontrola (Myer, Ford, PALUMBO, & Hewett, 2005), dolazi do koštanih i mišićno-tetivnih prilagodbi te se smanjuje rizik od ozljeda donjih ekstremiteta (Mandelbaum et al., 2005).

### 1.2.1. Prilagodbe na pliometrijski trening

#### ***Mišićno-koštane prilagodbe na pliometrijski trening***

##### *Prilagodba koštanog sustava uslijed pliometrijskog treninga*

Pri izvođenju vježbi pliometrije dolazi do velikih sila reakcije s podlogom, shodno tome ovaj oblik treninga utječe na povećanje koštane mase i na poboljšanje strukture i čvrstoće kostiju (Bobbert, Mackay, Schinkelshoek, Huijing, & van Ingen Schenau, 1986). Dokazano je da pliometrijski trening u djetinjstvu ima izrazito velik utjecaj na kasniji tjelesni rast i razvoj (Gunter et al., 2008). Utjecaj na koštani sustav se razlikuje s obzirom na biološku dob djece, najizraženiji je kod djece u ranom pubertetu, a manje je izražen kod djece koja su već ušla u pubertet (Petit et al., 2002).

##### *Prilagodba mišićno-tetivnog kompleksa na pliometrijski trening*

Elastičnost mišića, tetiva i ligamenata ima glavnu ulogu pri aktivnostima koje uključuju SSC (Alexander, 2002). Nekoliko istraživanja je dokazalo da je krutost (čvrstoća) mišićno-tetivnog kompleksa optimalna za izvođenje SSC aktivnosti jer omogućava brži i



efikasniji prijelaz mišićne sile na koštani sustav i posljedično generiranje veće sile (Aura & Komi, 1986; Komi, 1986). Međutim, postoje i dokazi da labavost mišićno-tetivne jedinice dovodi do poboljšanja SSC izvedbe. Kao objašnjenje je navedeno da labaviji mišićno-tetivni kompleks može pohraniti i otpustiti veću količinu elastične energije tako da se mišićnim vlaknima omogućuje da djeluju pri optimalnoj dužini tijekom prvog dijela skraćivanja (GREGORY J Wilson, Elliott, & Wood, 1992).

Trening pliometrije (skokovi) utječe na promjene elastičnih svojstava u mišićno-tetivnom kompleksu, posebice u dvoglavom mišiću potkoljenice (m. gastrocnemius) i u Ahilovoj tetivi (Kubo, Morimoto, Komuro, Tsunoda, et al., 2007). Brojna istraživanja su dokazala kako kratkotrajni pliometrijski trenažni proces (8-12 tjedana) dovodi do značajnog povećanja maksimalnog izduživanja Ahilove tetive i količine skladištene elastične energije, što dovodi do poboljšanja SSC izvedbe (Kubo, Morimoto, Komuro, Yata, et al., 2007; Wu et al., 2010).

#### *Mišićna snaga i jakost*

Prijašnja istraživanja su promatrala efekte kratkotrajnih pliometrijski trening na snagu i jakost mišića donjih ekstremiteta. Dokazano je kako 15 tjedana pliometrije poboljšava snagu i razinu aktivacije plantarnih fleksora i stopu generiranja sile (Kyröläinen et al., 2005). Snaga mišića opružaća natkoljenice se povećala uslijed pliometrijskog treninga, uz značajan porast poprečnog presjeka mišića vastus lateralis (Potteiger et al., 1999). Nadalje, zapaženo je da je došlo do povećanja snage i jakosti mišića opružaća natkoljenice, uz povećanje dijametra mišićnih vlakana i brzine skraćivanja mišića (Malisoux, Francaux, Nielens, & Theisen, 2006). Navedena istraživanja sugeriraju da poboljšanje mišićne jakosti i snage uslijed pliometrijskog treninga može imati i živčano i mišićno podrijetlo (Markovic & Mikulic, 2010).

#### *Stretch-Shortening Cycle mišićna funkcija*

SSC mišićna funkcija se dijeli na sporu (vrijeme kontakta s podlogom >0.25 sekunda) i brzu (vrijeme kontakta s podlogom <25 sekunda) (Schmidtbleicher, 1992). Istezanje prije aktivnosti povećava maksimalnu silu koju mišići mogu proizvesti tijekom koncentrične faze, u sporom i brzom SSC. Mogući mehanizmi koji su odgovorni za ovo poboljšanje su: vrijeme koje je dostupno za razvijanje sile, skladištenje i ponovna upotreba elastične energije, potencijal kontraktilnog sustava, interakcija između nekoliko elastičnih

komponenti i kontraktilnog sustava i djelovanje refleksa (Ettema, Van Soest, & Huijing, 1990). Pliometrijski trening može poboljšati i brzu i sporu SSC mišićnu funkciju, međutim efekti su specifični s obzirom na vrstu SSC vježbe koja se koristi u treningu (Bobbert et al., 1986).

### 1.2.2. Utjecaj pliometrijskog treninga na sportsku izvedbu

Pliometrijski trening ima utjecaj na mnoge sportske aktivnosti kao što su skokovi, sprint, agilnost i izdržljivost. U daljem tekstu osvrnuti će se na neke od ovih komponentni sportske pripremljenosti.

#### ***Skokovi***

Brojna istraživanja su dokazala da kratkotrajni pliometrijski trening poboljšava visinu vertikalnog skoka kod djece, adolescenata, sportaša i nesportaša oba spola (de Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009; Markovic, 2007) . Utjecaji pliometrijskog treninga su veći kod brzih SSC vertikalnih skokova (Drop jump) , nego kod sporih SSC vertikalnih skokova (Countermovement jump) i samo koncentričnih skokova (Squat jump). Pliometrija kroz brze SSC skokove poboljšava sposobnost upotrebe živčanih, kemijsko-mehaničkih i elastičnih benefita SSC vježbe (Greg J Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993).

Pliometrija poboljšava i izvedbu horizontalnih skokova, iako u manjoj mjeri u usporedbi s vertikalnim skokovima. Pretpostavka je da utjecaj pliometrijskog treninga ovisi o specifičnosti vježbe s obzirom na zahtjeve sporta. Primjerice, sportaši kojima su potrebne eksplozivne horizontalne kretnje (sprinteri, skakači u dalj) koriste uglavnom ponovljene skokove prema naprijed u horizontalnoj ravnini, dok skakači u vis, odbojkaši i košarkaši koriste vertikalne skokove (Sale, 2003).

#### ***Sprint***

Sprint zahtijeva eksplozivnu koncentričnu i SSC produkciju sile mnogih mišića donjih ekstremiteta, stoga je očekivano da će trening pliometrije imati utjecaj na izvedbu sprinta. Najveći utjecaj pliometrije se zabilježava u fazi akceleracije jer je brzina mišićne

aktivnosti u početnoj fazi sprinta najsličnija mišićnoj aktivaciji pri pliometrijskim skokovima (Rimmer & Sleivert, 2000).

### ***Agilnost***

Agilnost se definira kao sposobnost brze promjene smjera kretanja, kao odgovor na neki vanjski podražaj. Za izvedbu kretnji agilnosti potrebna je brza promjena iz ekscentrične prema koncentričnoj aktivnosti mišića ekstenzora noge (Sheppard & Young, 2006). Smatra se da se pliometrijskim treningom može skratiti vrijeme reakcije s podlogom jer se poveća produkcija mišićne sile i učinkovitost pokreta, što dovodi do poboljšanja u izvedbi agilnih kretnji (Roper, 1998).

### ***Izdržljivost***

Iako uspjeh u dugotrajnim sportskim aktivnostima najviše ovisi o razvijenosti kardiovaskularne i mišićne izdržljivosti, zapaženo je i da trening pliometrije može imati utjecaj na poboljšanje izvedbe. Istraživanja provedena na trkačima na duge staze, skijašima i veslačima su pokazala da pliometrijski trening povećanjem mišićne snage utječe na ekonomiju kretanja, što posljedično dovodi do poboljšanja rezultata (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela, & Rusko, 1999). Točan mehanizam ove pojave je nejasan, pretpostavlja se da do poboljšanja dolazi zbog poboljšanja živčano-mišićnih karakteristika, uključujući povećanje motoričkih jedinica i smanjenje vremena kontakta s podlogom (Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003).

Konačno, može se zaključiti da pliometrijski trening ima veliku mogućnost da poboljša široki spektar sportskih aktivnosti i kretnji kod cjelokupne zdrave populacije. Mehanizmi koji mogu to objasniti su: povećanje živčane aktivacije mišića agonista, poboljšanje međumišićne i unutarmišićne koordinacije, promjene u mehaničkim karakteristikama mišićno-tetivnog kompleksa plantarnih fleksora te promjene građe i veličine mišića (Markovic & Mikulic, 2010).

## **2. PROBLEM I CILJ RADA**

Pliometrijski trening efikasna je metoda treninga za poboljšanje širokog spektra kondicijskih sposobnosti. Stoga postoje pretpostavke da bi pliometrijski trening mogao biti efikasna metoda treninga i u hrvanju. Međutim, nedostaju konkretna istraživanja koja bi efikasnost pliometrijskog treninga istraživala u ovom sportu.

Cilj ovog rada bio je utvrditi efikasnost 8-tjednog programa treninga koji se sastojao od pliometrijskog vježbanja koje je bilo uključeno kao supstitucijski trening za uobičajeni hrvачki trening snage i kondicijskih sposobnosti.

### 3. METODE RADA

#### 1.3. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika sastojao se od 22 hrvača dobi od 9 do 19 godina iz hrvačkog kluba Split. Sportaši su podijeljeni u dvije grupe: pliometrijska grupa (n=13) koja je 8 tjedana radila specifičan pliometrijski trening posljednjih 15 minuta hrvačkog treninga i kontrolna grupa (n=9) koja je zadnjih 15 minuta hrvačkog treninga radila vježbe repetitivne snage.

#### 1.4. Uzorak varijabli

Varijable koje su korištene u ovom istraživanju su tjelesna visina (ATV), tjelesna težina (ATT) i kožni nabor nadlaktice (KNN) kao antropometrijske varijable, vertikalni skok (SVIS) i skok u dalj s mjesta (SDALJ) za testove skokova, zatim bacanje medicinske lopte iz ležećeg položaja (ML) i bacanje medicinske lopte iz sjedećeg položaja (MS) te sklekovi u gimnastičkom mostu (SKLEK MOST).

##### *Antropometrijske varijable:*

Tjelesna visina (ATV) je mjerena pomoću centimetarske vrpce zalijepljene okomito na zid. Sportaši su stajali leđima naslonjenim na zidu, petama su dodirujući zid u raskoračnom stavu, a glava je bila postavljena u položaj tzv. frankfurtske horizontale (horizontalan položaj zamišljene linije koja spaja najvišu točku gornjeg luka lijevog zvukovoda i najnižu točku donjeg ruba lijeve orbite). Na tjeme se horizontalno postavio tanki drveni štap kojim se određivala visina na centimetarskoj vrpici.

Tjelesna težina (ATT) je mjerena digitalnom osobnom vagom. Nakon što se vaga postavi na nultu vrijednost, ispitanici stanu na nju bez obuće i u donjem rublju te se očita vrijednost u kilogramima.

Kožni nabor nadlaktice na tricepsu (KNN) se mjerio kaliperom tako da je mjeritelj palcem i kažiprstom uzdužno podignuo nabor kože na nadlaktici, nad mišićem tricepsom, na središnjem mjestu između akromiona i olekranona. Odignuti nabor kože se obuhvatio

vrhovima kalipera i pročitao se rezultat. Nabor se mjerio tri puta, a u daljnju obradu podataka se uzimala srednja vrijednost.

### *Skokovi*

Vertikalni skok s pripremom (engl. Countermovement jump-CMJ): Test se izvodi tako da se sportaši iz uspravnog stava i s rukama na kukovima spuštaju u počučanj i izvode maksimalni vertikalni skok. Test je mjereno Opto jump sustavom (Opto jump, Microgate, Bolzano, Italija). Test se ponavljao tri puta, s pauzom od 20 sekunda između skokova. U daljnju analizu je uzet najbolji rezultat, odnosno najviši skok.

Skok u dalj s mjesta (SDALJ): Hrvači s odskočne daske iz uspravnog položaja izvode maksimalni skok prema naprijed koristeći počučanj uz koordinirani zamah rukama i sunožni odraz. Duljina skoka se mjeri pomoću centimetarske prostrirke (Elan, Ljubljana), mjereći duljinu skoka u metrima od početne linije do pete noge koja je najbliža mjestu odraza. Kako bi skok bio valjan, sportaš mora zadržati ravnotežu nakon doskoka i ne pasti unatrag. Test se izvodio tri puta s pauzom od 20 sekunda između skokova. Za analizu je uzet najbolji rezultat, odnosno najdulji skok.

Bacanje medicinske lopte iz ležećeg položaja (ML): Hrvači leže na leđima s ispruženim rukama i nogama, petama dodirujući početnu liniju. Opruženih ruku, bez podizanja u trupu i bez podizanja glave izbacuju medicinsku loptu (starija grupa 3 kilograma, mlađa grupa 2 kilograma) maksimalno ispred sebe. Udaljenost se mjeri centimetarskom vrpcom, uzimajući kao rezultat prvi dodir lopte s tlom. Zadatak se izvodi 3 puta uzastopno, a kao rezultat se uzima najdalji izbačaj.

Bacanje medicinske lopte iz sjedećeg položaja (MS): Sportaši sjede leđima priljubljenim na stolici te izbacuju medicinsku loptu s prsa bez da se leđa odmaknu od naslona stolice. Mjeri se centimetarskom vrpcom, uzimajući kao rezultat prvi dodir lopte s tlom. Zadatak se izvodi 3 puta uzastopno, a kao rezultat se uzima najdalji izbačaj.

Sklekovi u gimnastičkom mostu (SKLEK MOST): Sportaši iz ležećeg položaja postavljaju dlanove uz uši i povlače pete maksimalno prema stražnjici. Iz tog položaja se podižu na glavu (ćelo) u poziciju stražnjeg hrvačkog mosta iz čega slijedi opružanje ruku u laktovima do gimnastičkog mosta. Ispravnim ponavljanjem se smatra kada hrvač iz

početnog položaja na glavi, maksimalno ispruži ruke u laktovima bez da mijenja položaj dlanova i stopala. Hrvači izvode test do otkaza, odnosno kao rezultat se zabilježava maksimalan broj ponavljanja.

## 1.5. Protokol

Hrvači su testirani dva puta, prije početka specifičnog pliometrijskog trenažnog protokola i nakon 8 tjedana provedenog treninga.

Grupa pliometrije je radila specifičan trening pliometrije posljednjih 15 minuta hrvačkog treninga. Kombinirale su se razne vježbe bacanja, skakanja i sprintova. Trening se sastojao od jednoručnih i dvoručnih bacanja medicinske lopte prema naprijed, bacanja medicinke o pod, bacanja medicinke s rotacijom trupa, jednonožnih poskoka u vis i u dalj, sunožnih skokova u vis i u dalj, troskoka, sprintova na 10 i 20 metara. Primjer treninga: izbačaj medicinke suručno s prsiju iz pozicije na koljenima, slijedi pad na ruke i dva skleka s pljeskom, skok s koljena na noge te sprint 10 metara. Hrvači su imali pauzu između navedenog kompleksa 1,5 minuta i kompleks su ponavljali 5 puta.

Kontrolna grupa je posljednjih 15 minuta hrvačkog treninga, umjesto treninga pliometrije izvodila vježbe repetitivne snage, snažne izdržljivosti, vježbe koordinacije i hrvački sparing. Korištene vježbe su sklekovi, čučnjevi, trbušnjaci, penjanje na užu, vježbe s bugarskom vrećom, specifično hrvačko zavlacenje ruku i hrvački sparing. Primjer treninga: pola grupe izvodi 15 čučnjeva, 15 trbušnjaka i 5 sklekova, a druga polovica se penje na užu. Grupe se izmjene, slijedi pauza od 1,5 minuta i kompleks se ponavlja 4 puta.

## 1.6. Metode obrade rezultata

U prvoj fazi obrade rezultata sve varijable su deskriptivno statistički obrađene, te su izračunate aritmetičke sredine, standardne devijacije, minimalni i maksimalni rezultati mjerenja.

U drugoj fazi izračunata je dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja, a kojom su utvrđene značajnosti po faktorima „grupa“ i „mjerenje“, te faktoru interakcije „grupa x mjerenje“. Ovom statističkom procedurom se utvrdilo postoje li efekti tretmana, te može li se govoriti o diferencijalnim efektima dviju primijenjenih vrsta treninga.



## 4. REZULTATI

*Tablica 1. Deskriptivni podatci inicijalnog i finalnog mjerenja za pliometrijsku grupu (AS-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, Min-minimalna vrijednost, Max-maksimalna vrijednost)*

	INICIJALNO				FINALNO			
	AS	SD	Min	Max	AS	SD	Min	Max
ATV (cm)	152,04	15,93	130,00	178,50	152,42	15,74	131,00	178,50
ATT (kg)	48,09	15,80	27,30	73,00	48,22	15,63	27,30	72,80
KNN (mm)	16,11	5,25	8,00	25,20	14,70	5,62	6,90	26,50
SVIS (cm)	23,11	6,13	15,00	34,30	22,88	6,97	12,90	36,10
SDALJ (cm)	150,08	42,37	90,00	225,00	156,69	36,79	110,00	225,00
ML (cm)	402,31	153,89	210,00	695,00	431,15	143,09	220,00	695,00
MS (cm)	328,38	93,08	200,00	530,00	367,85	96,00	225,00	532,00
SKLEK MOST (ponavljanja)	20,31	9,35	10,00	40,00	33,00	11,58	13,00	48,00

U tablici 1 prikazani su rezultati deskriptivnih statističkih analiza za rezultate inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe koja je provodila pliometrijski trening. Sama tablica ne može se objektivno interpretirati bez podataka o promjenama koje su nastupile od inicijalnog do finalnog mjerenja, a koje su analizirane temeljem analize varijance pa će se samo kratko osvrnuti na podatke koje su dobiveni u smislu numeričkih promjena od inicijalnog do finalnog mjerenja.

Kao što se može primijetiti, tjelesna visina se prosječno minimalno promijenila (<0,5 centimetara), kao i tjelesna težina (<0,2 kilograma). S druge strane, promjene u kožnom naboru su relativno izražene pa se radi o promjena sa 16,11 milimetara na 14,7 milimetara (približno manje od 2 milimetra smanjenja).

Promjene u motoričkim varijablama su varijabilne, tako je pliometrijska grupa u finalnom mjerenju postigla nešto slabije rezultate u skoku u vis nego u inicijalnom mjerenju (sa 23,11 na 22,88 centimetara). S druge strane, očit je porast rezultata u skoku u dalj (sa 150 na 156,7 centimetara). Rezultati u testu bacanje medicine iz ležanja ukazuju na pozitivni trend promjena pa su ispitanici koji su provodili pliometrijski trening poboljšali rezultat za okvirno 30 centimetara (sa 402 na 431 centimetara). Drugi test bacanja također pokazuje pozitivan trend promjena te su ispitanici u finalnom mjerenju postigli okvirno 40 centimetara bolje rezultate nego u inicijalnom (sa 328 na 367 centimetara).

Konačno, najveći relativni prirast uočen je kod testa sklek u gimnastičkom mostu. Rezultati ukazuju na porast od gotovo 50% (sa 20 na 33 ponavljanja).

*Tablica 2. Deskriptivni podatci inicijalnog i finalnog mjerenja za kontrolnu grupu (AS-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, Min-minimalna vrijednost, Max-maksimalna vrijednost)*

	INICIJALNO				FINALNO			
	AS	SD	Min	Max	AS	SD	Min	Max
ATV (cm)	156,22	28,82	116,00	204,00	156,56	28,45	116,50	204,00
ATT (kg)	56,38	29,19	22,00	107,50	56,56	28,91	22,00	106,40
KNN (mm)	15,41	6,02	9,00	27,60	13,60	7,09	6,50	27,90
SVIS (cm)	23,99	6,75	16,20	34,30	23,61	6,83	14,50	31,80
SDALJ (cm)	162,33	37,83	120,00	215,00	166,56	37,24	120,00	222,00
ML (cm)	424,67	186,08	210,00	660,00	479,44	197,55	260,00	720,00
MS (cm)	356,67	147,08	200,00	560,00	370,00	145,09	230,00	590,00
SKLEK MOST (broj ponavljanja)	24,44	18,26	10,00	65,00	34,89	11,58	23,00	52,00

U tablici 2 prikazani su rezultati inicijalnog i finalnog mjerenja za kontrolnu skupinu ispitanika, odnosno ispitanike koji nisu učestvovali u programu pliometrijskog treninga. Što se tiče promjena u samim varijablama tjelesne visine i tjelesne težine, one su vrlo slične kao i kod prethodno interpretirane skupine koja je provodila pliometrijski trening. Ukratko, minimalan je prirast u tjelesnoj visini (od okvirno 0,3 centimetra), kao i u tjelesnoj težini (od okvirno 0,2 kilograma). Kožni nabor nadlaktice je znatno smanjen (sa 15,4 na 13,6 milimetara). Ispitanici su i u kontrolnoj grupi imali nešto manji rezultat u skoku u vis u finalnom mjerenju nego u inicijalnom (sa 23,99 na 23,60 centimetara), ali su poboljšali rezultate u skoku u dalj (sa 162 na 166 centimetara). Očit je napredak u bacanju medicine iz ležećeg položaja gdje su rezultati ukazali na okvirno 55 centimetara napretka od inicijalnog do finalnog mjerenja (sa 424 na 479 centimetara). Međutim, kod ove grupe zabilježen je nešto manji prirast u bacanju medicine iz sjeda (sa 356 na 370 centimetara), a ispitanicu su očito napredovali i u testu skleka u gimnastičkom mostu (sa 24 na 34 ponavljanja).

Tablica 3. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja

	GRUPA		MJERENJE		INTERAKCIJA	
	F	p	F	p	F	p
ATV (cm)	0,19	0,67	10,80	0,00	0,06	0,82
ATT (kg)	0,76	0,40	0,35	0,56	0,01	0,92
KNN (mm)	0,13	0,73	18,80	0,00	0,30	0,59
SVIS (cm)	0,08	0,78	0,72	0,41	0,04	0,84
SDALJ (cm)	0,44	0,52	7,90	0,01	0,39	0,54
ML (cm)	0,24	0,63	13,58	0,00	1,31	0,27
MS (cm)	0,09	0,77	9,68	0,01	2,37	0,14
SKLEK MOST (ponavljanja)	0,36	0,56	29,21	0,00	28,00	0,61

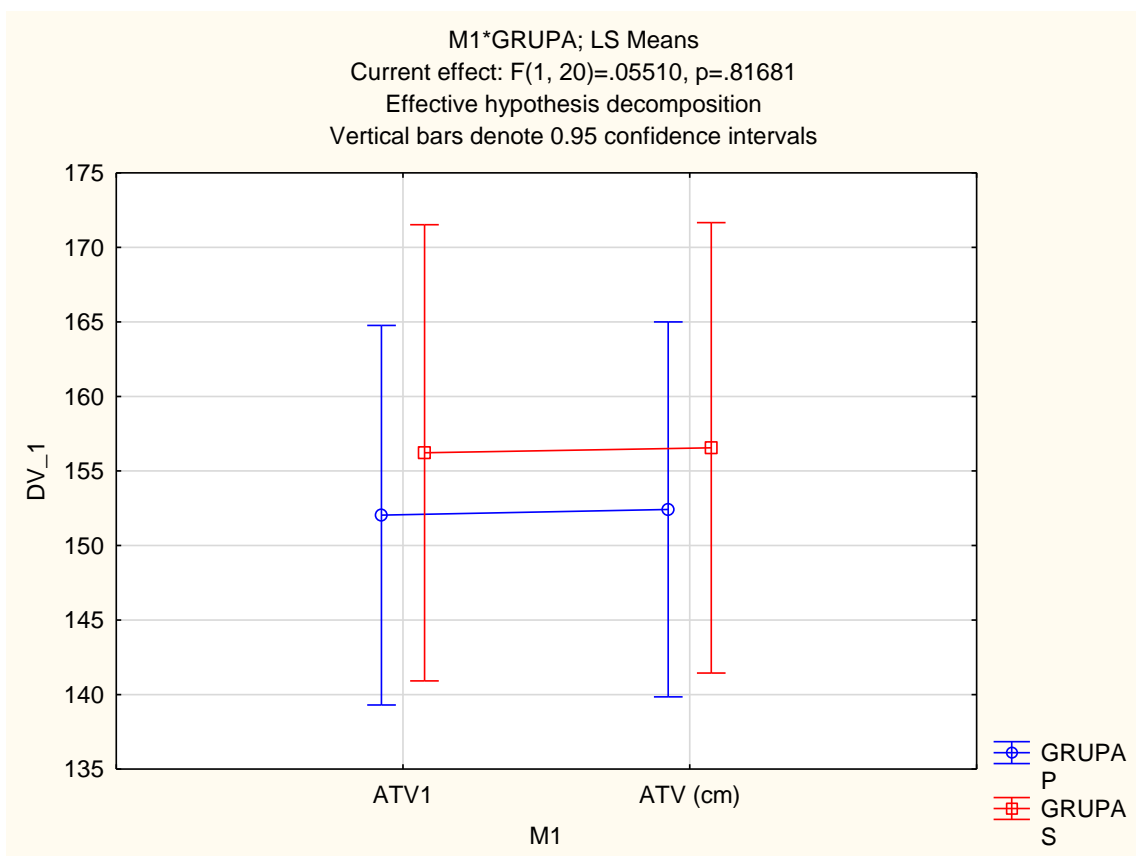
Tablica 3 prikazuje rezultate analize varijance za ponovljena mjerenja, te su posebno prikazani rezultati po faktoru „Grupa“, po faktoru „Mjerenje“ te po interakciji „Grupa x Mjerenje“.

Što se tiče faktora „Grupa“, ni u jednoj od analiziranih varijabli nisu zabilježene značajne razlike, što u stvari znači da se grupe na globalnom nivou ni u jednoj od varijabli značajno ne razlikuju.

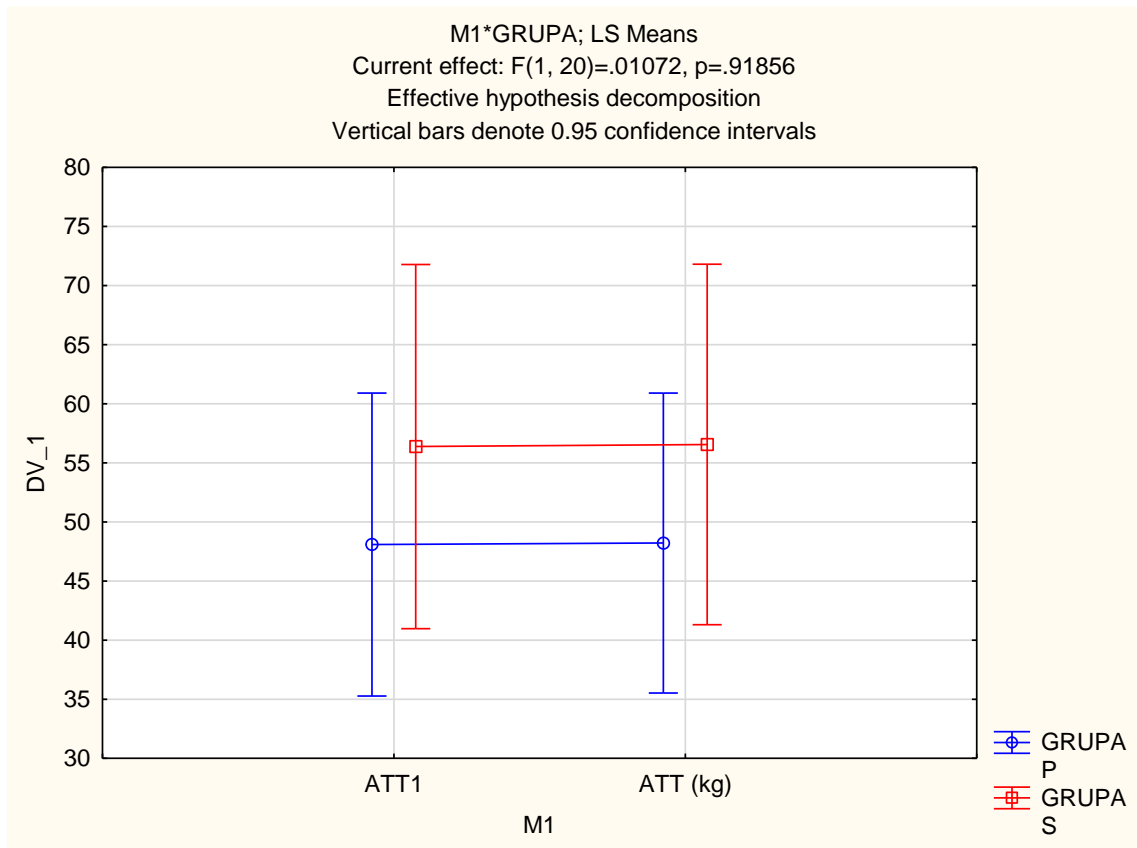
Po pitanju faktora „Mjerenje“ uočene su značajni efekti po varijablama tjelesna visina ( $F=10,80$ ,  $p<0,01$ ), kožni nabor nadlaktice ( $F=18,80$ ,  $p<0,01$ ), skok u dalj ( $F=7,90$ ,  $p<0,01$ ), bacanje medicine iz ležanja ( $F=13,58$ ,  $p<0,01$ ), bacanje medicine iz sjeda ( $F=9,68$ ,  $p<0,01$ ) i sklek u mostu ( $F=29,21$ ,  $p<0,01$ ). Kako su prije prikazani rezultati deskriptivnih analiza, može se kazati kako u svim varijablama u kojima je zabilježen značajan efekt po faktoru „Mjerenje“ dolazi do značajnog napretka u mjerama. Naravno, kod tjelesne visine radi se o tjelesnom rastu u visinu, kod kožnog nabora smanjenju kožnog nabora, a kod motoričkih varijabli o poboljšanju rezultata od inicijalnog do finalnog mjerenja.

Po pitanju interakcije „Grupa x Mjerenje“, može se kazati kao ne postoje značajni efekti. Drugim riječima, nema značajnosti ni za jednu od analiziranih varijabli što zapravo znači da nije primijećen diferencijalni utjecaj pliometrijskog programa u odnosu na kontrolni program, a po pitanju promjena koje su u analiziranom periodu nastale u varijablama koje su bile predmet ove studije.

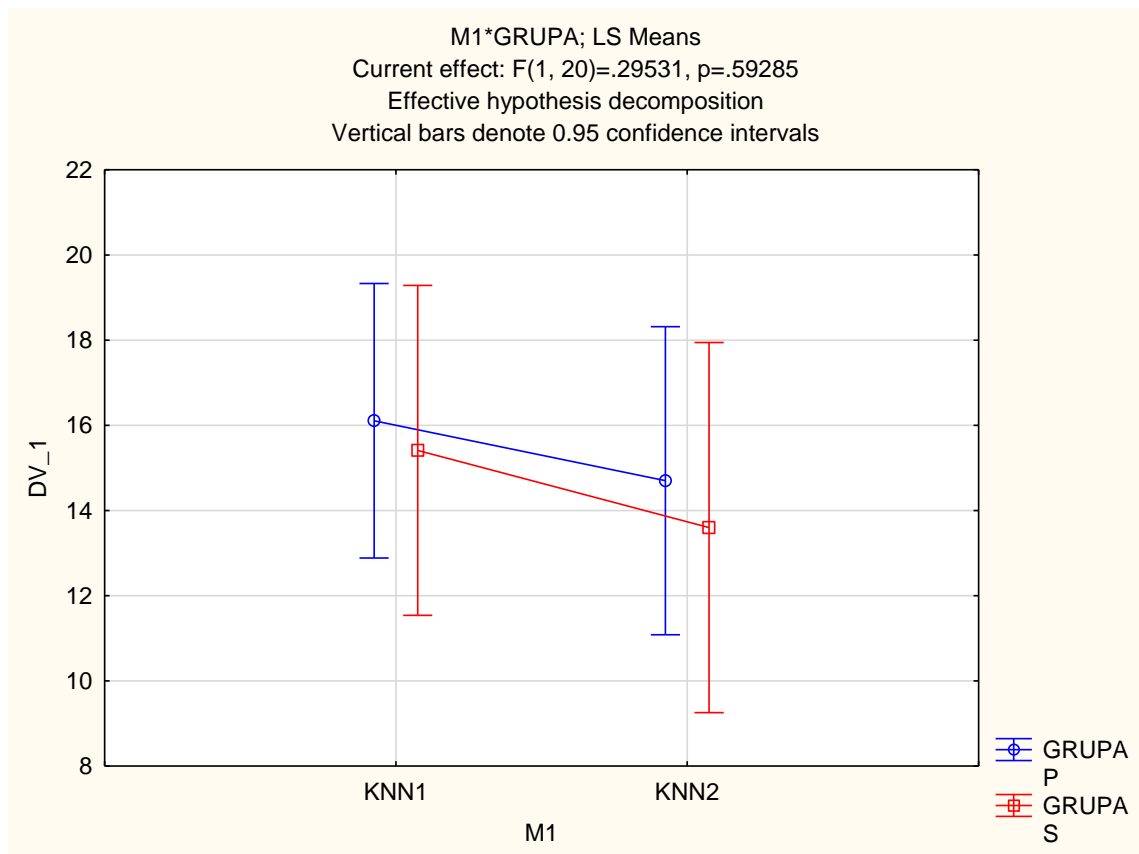
Sve navedeno u prethodnom predavljanju rezultata analize varijance je prikazano grafički u narednim grafovima koji na slikoviti način predstavljaju promjene koje se događaju od inicijalnog do finalnog mjerenja po pojedinim varijablama i za svaku od analiziranih grupa. Nema potrebe analizirati svaki graf pojedinačno s obzirom da je jednim dijelom to predstavljeno kroz prethodne analize, ali treba globalno kazati kako u većini analiziranih varijabli dolazi do promjena od inicijalnog do finalnog mjerenja, ali su promjene redovito vrlo slične pa se nije uočio diferencijalni utjecaj programa (nema značajnosti po faktoru interakcije „grupa x mjerenje“).



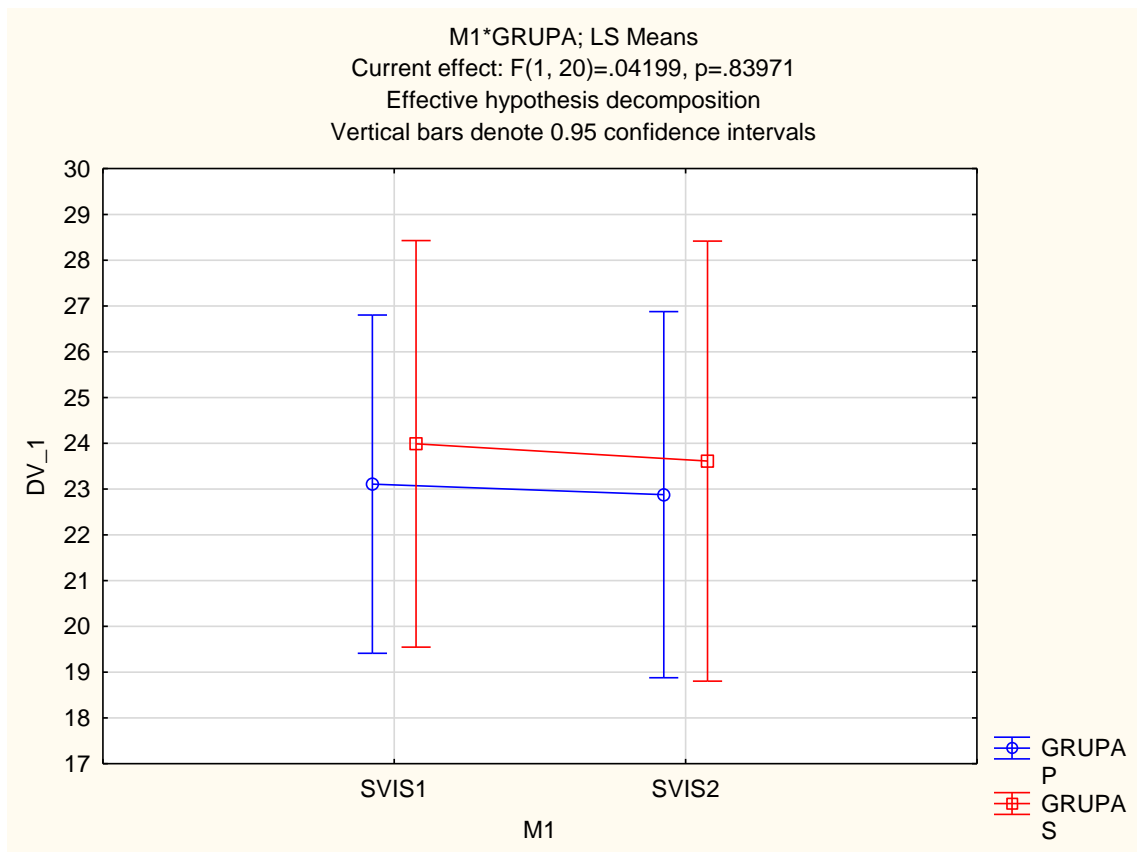
*Slika 1. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu tjelesna visina*



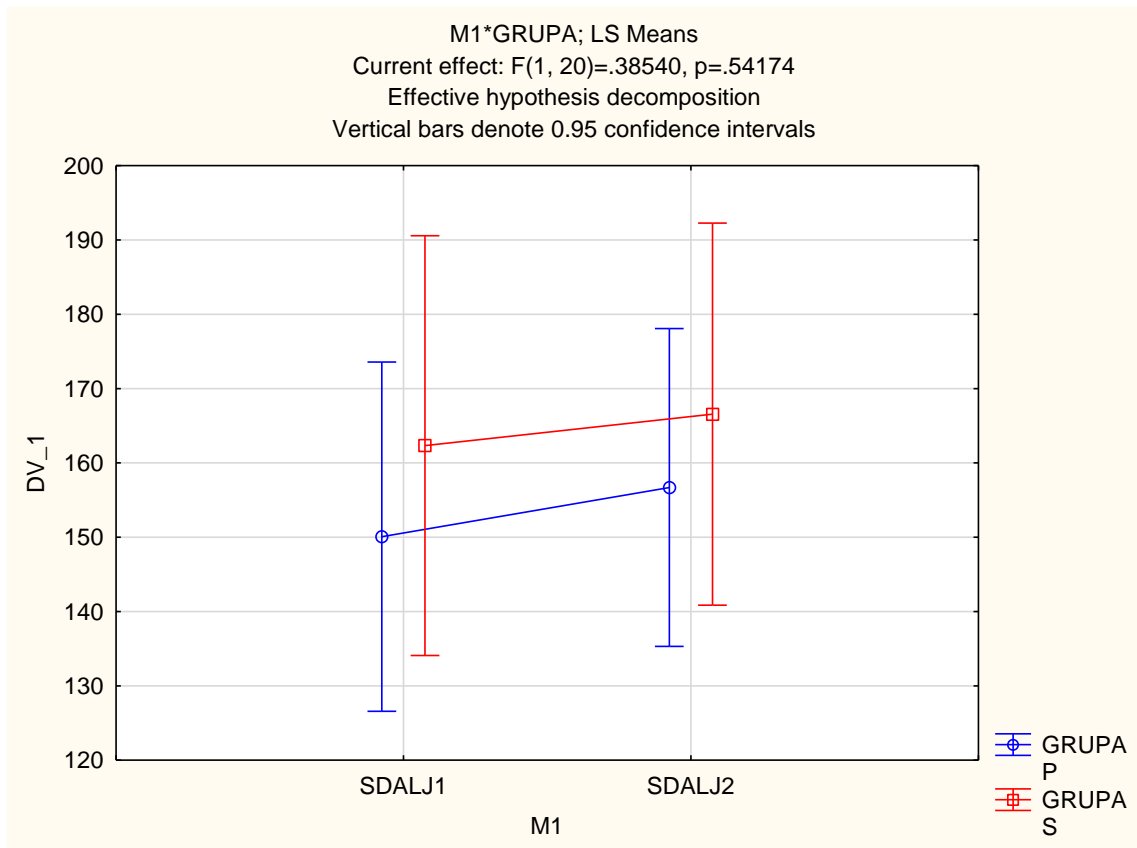
*Slika 2. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu tjelesna masa*



*Slika 3. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu kožni nabor nadlaktice*

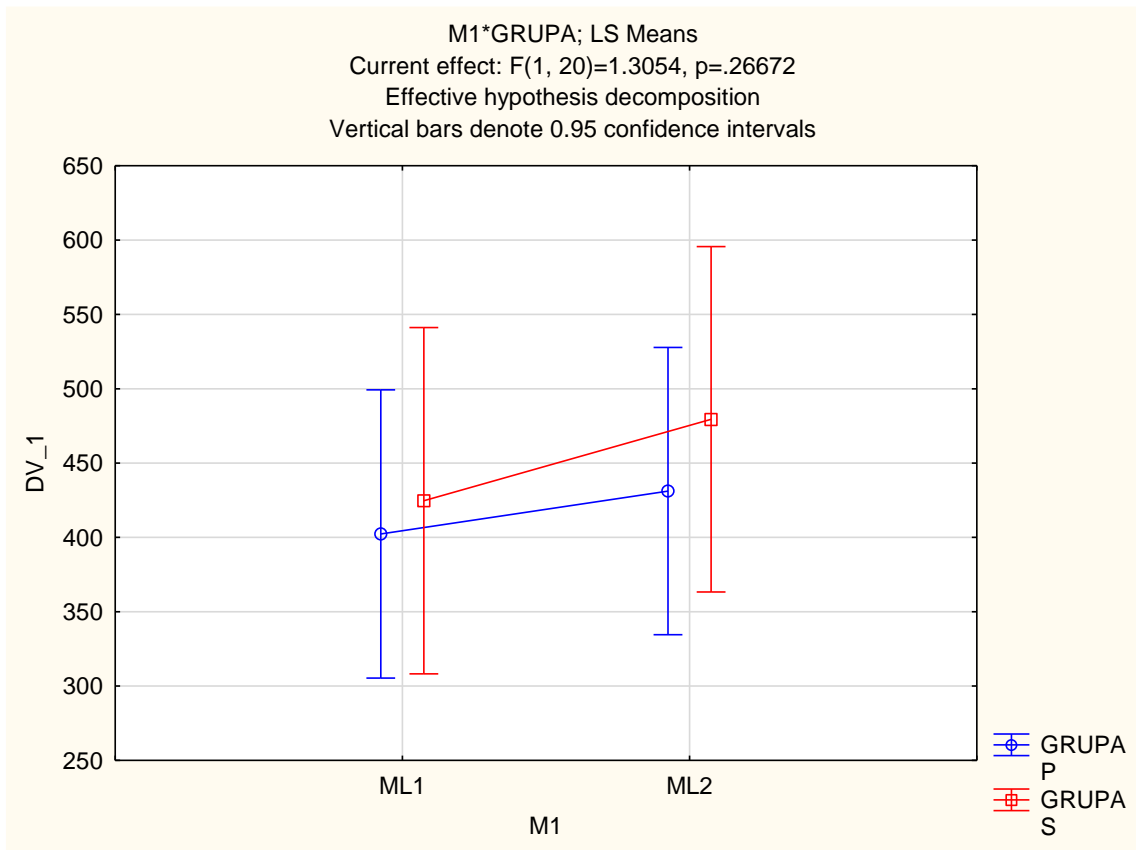


*Slika 4. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu skok u vis*

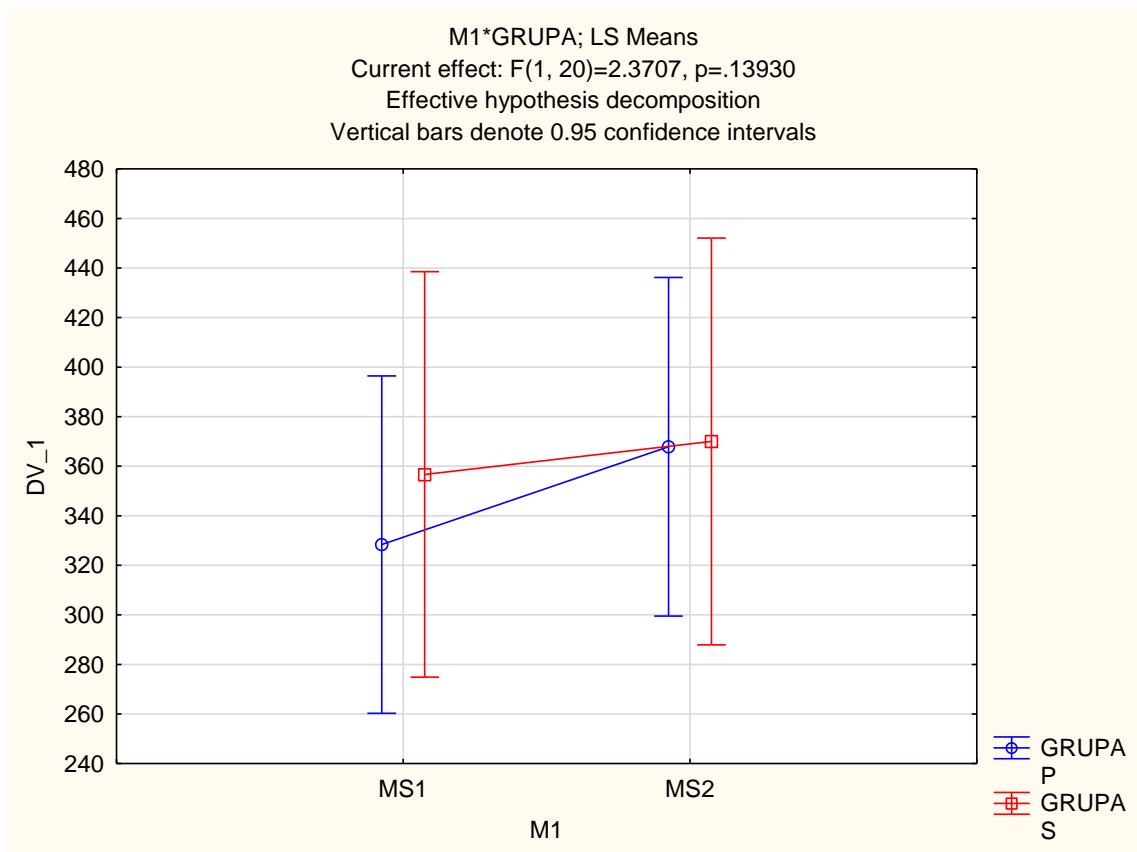


*Slika 5. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu skok u dalj*

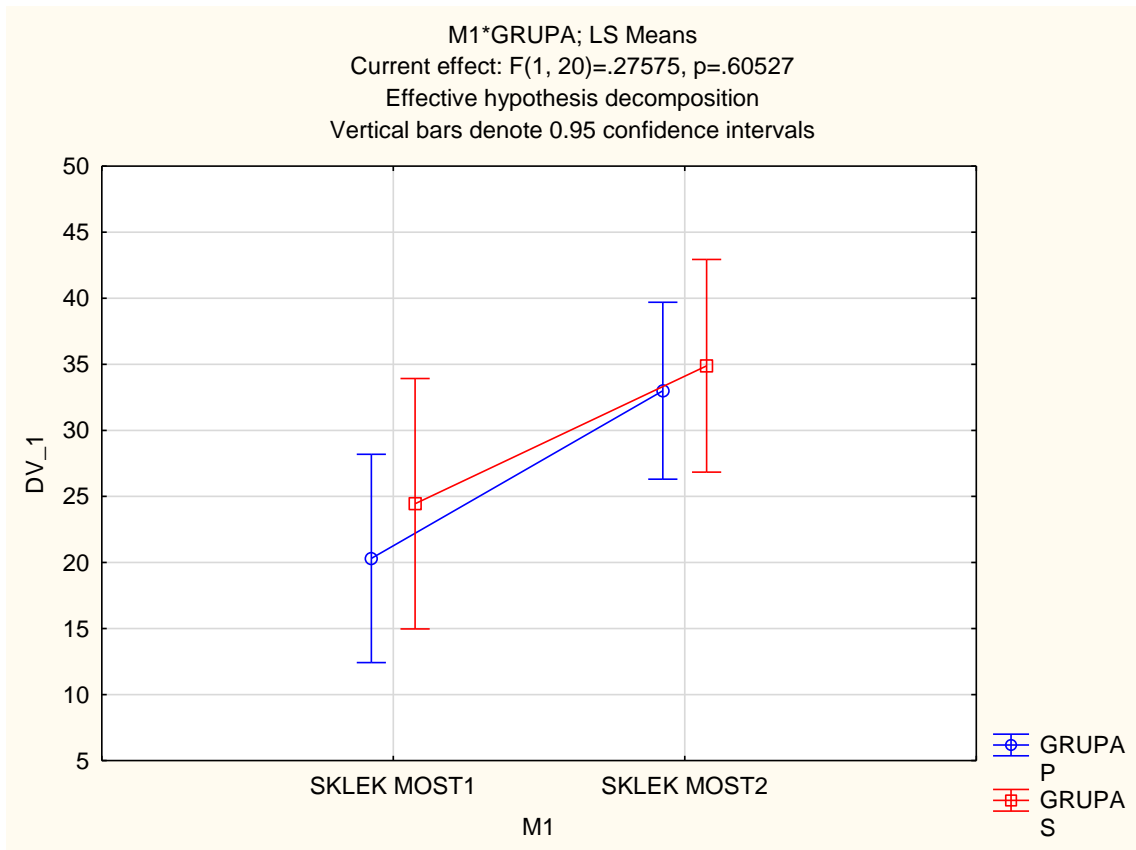




*Slika 6. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu bacanje medicine iz ležanja*



*Slika 7. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu bacanje medicinske lopte iz sjeda*



*Slika 8. Rezultati dvofaktorske analize varijance za ponovljena mjerenja za varijablu sklek u mostu*

## 5. RASPRAVA

Ovo istraživanje imalo je za cilj utvrditi efekte pliometrijskog treninga koji je proveden na natjecateljima hrvačima tijekom osmotjednog programa vježbanja. Ukupan uzorak ispitanika podijeljen je u dvije skupine od kojih je jedna skupina provodila posebni pliometrijski trening tijekom posljednjih 15 minuta svog redovnog treninga. U tom sustavu treninga su se kombinirale različite vježbe kojima je, osim pliometrijskog karaktera, bilo karakteristično i to da su uključivale i različita bacanja, skokove i sprintove, a s idejom da bi takav trening mogao polučiti rezultate u razvoju karakterističnih motoričkih sposobnosti hrvača. Sve te vježbe su bile koncipirane na način da su se pokušali koristiti sadržaji koji su sportašima koji su učestvovali u samom programu treninga bili relativno poznati po pitanju tehnike izvedbe. Time se pokušao izbjeći eventualno niski trenažni stres koji bi bio izazvan primjenom nepoznatih trenažnih sadržaja. Druga grupa-kontrolna, imala je zapravo jednaku količinu treninga kao i pliometrijska grupa, ali je tijekom zadnjih 15 minuta treninga, za razliku od grupe koja je provodila pliometrijski trening, učestvovala u različitim vježbama hrvačkog sparinga, provodila je vježbe snažne izdržljivosti, koordinacije i repetitivne snage, primjenjujući standardne trenažne operatore kao što su sklekovi, čučnjevi, podizanje trupa-trbušnjaci i slično.

Kada bi se rezultati ovog istraživanja pokušali kratko sažeti, moglo bi se kazati kako nije zabilježen diferencijalni efekt pliometrijskog treninga, odnosno kontrolnog treninga. O mogućim razlozima pokušat će se dati osvrt u narednom tekstu.

Postoji nekoliko mogućih razloga za izostanak diferencijalnog utjecaja pliometrijskog treninga na promjene u analiziranim motoričkim sposobnostima hrvača. Ono što je važno za kazati jest da su obje skupine zapravo napredovale u većini motoričkih sposobnosti analiziranih u ovom radu te se može govoriti o značajnim efektima treninga kao takvog, bez diferencijalnog učinka. Prvo moguće objašnjenje ovakvog izostanka diferencijalnog učinka treba tražiti u činjenici da su ispitanici analizirani u ovom radu bili relativno varijabilne dobi (od 9 do 19 godina), ali je prosječna dob bila pubertetska (14 godina) te se u ovom nisu razlikovale skupine. U ovakvim uzorcima ispitanika se može očekivati kako svaka vrsta treninga, pod uvjetom da je adekvatnog intenziteta i volumena, proizvodi značajne promjene, odnosno napredak. To je gotovo sigurno slučaj bio i ovdje.

Naime, kontrolna grupa u ovom istraživanju nije bila klasična pasivna kontrolna grupa već se radilo o grupi koja je u jednakoj količini rada (volumena) provodila druge vrste sadržaja u odnosu na one koje je provodila pliometrijska grupa. Treba pri tome imati na umu da je kontrolna grupa provodila vježbe snage koje doduše nisu bile maksimalnog intenziteta i pliometrijskog karaktera, pa se iz tog razloga i moglo eventualno očekivati kako trening kontrolne grupe neće polučiti efekte u eksplozivnim manifestacijama bacanja i skokova. Međutim, uzrast ispitanika vjerojatno je utjecao na činjenicu da do diferencijalnog učinka tretmana nije došlo.

Konkretno, promjene u manifestacijama eksplozivnog karaktera (bacanja, skokovi) mogu se izazvati kroz nekoliko mehanizama. Prvi mehanizam je mehanizam koji se povezuje za povećanje energetske kapaciteta mišića, a što proizvodi veću količinu adenozin trifosfata u aktivnim mišićima te pridonosi boljoj izvedbi eksplozivnih manifestacija. Drugi mehanizam koji bi mogao dovesti do poboljšanja eksplozivnih manifestacija su promjene u kvaliteti „Stretch-shortening cycle-a“ kod ispitanika, odnosno promjene u ekscitaciji mišićne mase koja kretnju izvodi. Svakako je za očekivati da bi pliometrijski trening trebao proizvesti bolje efekte u ovom pogledu. Treći mehanizam je mehanizam poboljšanja motoričke kontrole, odnosno motoričkog učenja kojega u ovom trenutku ne treba pretjerano spominjati s obzirom da bi se on odnosio samo na manifestacije u kojima se primjećuju sličnosti sa izvedenim kretnjama na samom treningu. Konačno, posljednji mehanizam koji bi mogao doprinijeti poboljšanju su promjene u morfološkoj strukturi, odnosno gubitak tjelesne mase, ali do ovih promjena, kao što je vidljivo, nije došlo u značajnijoj mjeri. Uzimajući to sve skupa u obzir, može se zapravo pretpostaviti kako je „kontrolni trening“ vrlo vjerojatno doveo do poboljšanja u energetskim kapacitetima mišićne mase što je proizvelo efekte i u manifestacijama koje su ovdje analizirane. S druge strane, pliometrijski trening je najvjerojatnije poboljšao ekscitabilnost mišićne mase, povećao je frekvenciju paljenja motoričkih jedinica, a što je u konačnici s druge strane dovelo do poboljšanja u pliometrijskim manifestacijama skokova i bacanja.

Ipak, bez obzira na izostanak diferencijalnog utjecaja treba napomenuti kako postoje sve pretpostavke da se pliometrijski trening u određenoj mjeri smatra efikasnim. Konkretno, vježbe koje su sportaši izvodili tijekom pliometrijskog treninga nisu klasične vježbe koje se primjenjuju na hrvačkom treningu. Ovakvim je vježbama zasigurno obogaćen trenažni proces te je primjena ovih vježbi očito doprinijela napretku u analiziranim varijablama

jednako kao i primjena klasičnih vježbi hrvačkog treninga koje je provodila kontrolna grupa. Bez obzira na to što nisu zabilježeni superiorniji efekti, pliometrijski bi se trening sasvim sigurno mogao primjenjivati u hrvačkom treningu, samim tim što je do pozitivnih efekata primjenom istoga došlo.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju nije utvrđen diferencijalni efekt pliometrijskog treninga provedenog na mladim hrvačima natjecateljima. Međutim, i kod grupe koja je provodila trening pliometrije, i kod kontrolne grupe koja je provodila specifičan trening vježbi snage, došlo je do napretka u promatranim varijablama uslijed primijenjenih treninga, ali bez diferencijalnog efekta. Ovakav nalaz se može pokušati objasniti time što su djeca koja su uključena u istraživanje pubertetske, odnosno osjetljive dobi što znači da je moguće da primjenom bilo kakve vrste treninga može doći do promjena (napretka) u motoričkoj izvedbi. Konačno, može se zaključiti kako primjenom pliometrijskog treninga ipak dolazi do napretka u manifestacijama skokova i bacanja te se isti može primjenjivati u hrvačkim treninzima.

Kako bi se konkretnije moglo odrediti ima li pliometrijski trening značajniji utjecaj na razvoj eksplozivnih sposobnosti hrvača, u budućim studijama će vjerojatno biti potrebno analizirati skupine sportaša koji su manje varijabilne dobi i na čiji napredak ne utječe toliko period rasta i razvoja. Nadalje, s obzirom da je u ovom istraživanju kontrolna grupa provodila treninge snage koji također mogu dovesti do promjena u promatranim motoričkim varijablama, možda bi se ubuduće takav trening trebao izostaviti kako bi se egzaktnije mogao promatrati utjecaj samog pliometrijskog treninga.

## 7. LITERATURA

- Alexander, R. M. (2002). Tendon elasticity and muscle function. *Comparative biochemistry and physiology part a: Molecular & integrative physiology*, 133(4), 1001-1011.
- Aura, O., & Komi, P. (1986). Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise. *International journal of sports medicine*, 7(03), 137-143.
- Azize, J. (2002). Wrestling as a symbol for maintaining the order of nature in ancient Mesopotamia. *Journal of Ancient Near Eastern Religions*, 2(1), 1-26.
- Bobbert, M. F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P., & van Ingen Schenau, G. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54(6), 566-573.
- Callan, S. D., Brunner, D. M., Devolve, K. L., Mulligan, S. E., Hesson, J., Wilber, R. L., & Kearney, J. T. (2000). Physiological profiles of elite freestyle wrestlers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(2), 162-169.
- Carroll, S. T. (1988). Wrestling in ancient Nubia. *Journal of Sport History*, 15(2), 121-137.
- de Villarreal, E. S.-S., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 495-506.
- Demirkan, E., Kutlu, M., Koz, M., Özal, M., & Favre, M. (2014). Physical fitness differences between freestyle and Greco-Roman junior wrestlers. *Journal of human kinetics*, 41(1), 245-251.
- Dokmanac, M., Ercegan, M., & Dujmić, I. (2005). *Pripremna i osnovna škola rvanja: Savez rvačkih sportova Srbije*.
- Ettema, G., Van Soest, A., & Huijing, P. (1990). The role of series elastic structures in prestretch-induced work enhancement during isotonic and isokinetic contractions. *Journal of Experimental Biology*, 154(1), 121-136.
- Gunter, K., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Almstedt, H., Fuller, A., Durski, S., & Snow, C. (2008). Jump starting skeletal health: a 4-year longitudinal study assessing the effects of jumping on skeletal development in pre and circum pubertal children. *Bone*, 42(4), 710-718.



- Komi, P. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International journal of sports medicine*, 7(S 1), S10-S15.
- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Tsunoda, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2007). Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint. *European journal of applied physiology*, 99(3), 235-243.
- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1801-1810.
- Kyröläinen, H., Avela, J., McBride, J. M., Koskinen, S., Andersen, J., Sipilä, S., . . . Komi, P. (2005). Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 15(1), 58-64.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 100(3), 771-779.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., . . . Garrett Jr, W. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1003-1010.
- Marić, J., Baić, M., Aračić, M., Milanović, D., & Jukić, I. (2003). Kondicijska priprema hrvača. U: *Dragan Milanović i Igor Jukić (ur.), Zbornik radova Međunarodnog znanstveno-stručnog skupa "Kondicijska priprema sportaša, 12*, 339-346.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41(6), 349-355.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40(10), 859-895.
- Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C., & Michael, T. J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of sports science & medicine*, 5(3), 459.

- Mirzaei, B., Curby, D. G., Rahmani-Nia, F., & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite Iranian junior freestyle wrestlers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2339-2344.
- Myer, G. D., Ford, K. R., PALUMBO, O. P., & Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 51-60.
- Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86(5), 1527-1533.
- Petit, M., McKay, H. A., MacKelvie, K., Heinonen, A., Khan, K. M., & Beck, T. (2002). A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(3), 363-372.
- Poliakoff, M. B. (1987). *Combat sports in the ancient world: Competition, violence, and culture*: Yale University Press.
- Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder, J. M., & Zebas, C. J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 275-279.
- Rimmer, E., & Sleivert, G. (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 295-301.
- Roper, R. L. (1998). Incorporating agility training and backward movement into a plyometric program. *Strength & Conditioning Journal*, 20(4), 60-63.
- Sale, D. G. (2003). Neural adaptation to strength training. *Strength and power in sport*, 281-314.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. *Strength and power in sport*, 1, 381-395.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European journal of applied physiology*, 89(1), 1-7.

- Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Wood, G. A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 116-123.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Wu, Y. K., Lien, Y. H., Lin, K. H., Shih, T. F., Wang, T. G., & Wang, H. K. (2010). Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), e80-e86.