

# Učinci vibracijskih podražaja u uvodnopripremnom dijelu treninga na opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta u nogometaša

---

**Babajić, Fuad**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2015**

*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:117:875643>

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

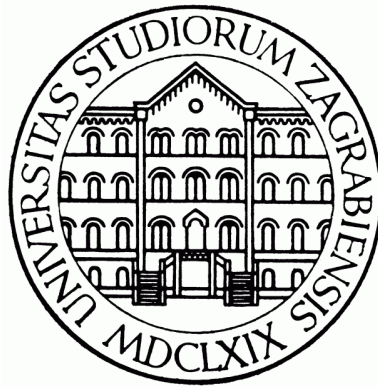
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-08**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)





**Sveučilište u Zagrebu**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Mr. sc. Fuad Babajić

**UČINCI VIBRACIJSKIH PODRAŽAJA U UVODNO-  
PRIPREMNOM DIJELU TRENINGA NA OPSEG  
POKRETA I MIŠIĆNU FUNKCIJU DONJIH  
EKSTREMITETA U NOGOMETAŠA**

**DOKTORSKI RAD**

Zagreb, 2015.



**University of Zagreb**  
**FACULTY OF KINESIOLOGY**

Mr. sc. Fuad Babajić

**EFFECTS OF THE VIBRATION DURING THE WARM  
– UP ON RANGE OF MOTION AND MUSCLE  
FUNCTION OF LOWER LIMBS IN SOCCER  
PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2015.



**Sveučilište u Zagrebu**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Mr. sc. Fuad Babajić

**UČINCI VIBRACIJSKIH PODRAŽAJA U UVODNO-  
PRIPREMNOM DIJELU TRENINGA NA OPSEG  
POKRETA I MIŠIĆNU FUNKCIJU DONJIH  
EKSTREMITETA U NOGOMETAŠA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof.dr.sc. Igor Jukić

Zagreb, 2015.



**University of Zagreb**  
**FACULTY OF KINESIOLOGY**

Mr. sc. Fuad Babajić

**EFFECTS OF THE VIBRATION DURING THE WARM  
– UP ON RANGE OF MOTION AND MUSCLE  
FUNCTION OF LOWER LIMBS IN SOCCER  
PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Igor Jukić, PhD

Zagreb, 2015.

## SAŽETAK

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi akutne i kronične učinke treninga vibracija cijelog tijela primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, na opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta u nogometaša, izvođenih u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga. U tu svrhu angažirani su nogometaši (N=34), kronološke dobi od 20-24 godine. U akutnom djelu studije, eksperimentalni protokol (VSI) podrazumjevaio je provođenje vježbi statičkog istezanja izvođenih na uključenoj vibracijskoj platformi ( $f = 40 \text{ Hz}$ ,  $A = 2 \text{ mm}$ ), dok je standardni protokol (SSI) podrazumjevaio izvođenje jednakih vježbi, ali sa isključenom platformom. Oba protokola sprovedena su u dva zasebna dana, sa 48 sati pauze između. U akutnim postavkama t-testom uparenih uzoraka utvrđeno je značajno poboljšanje rezultata na svim varijablama za procjenu pasivnog opsega pokreta ( $p < 0.05$ ), mjerenih neposredno nakon VSI protokola u odnosu na SSI protokol, ali i da ne postoji statistički značajna razlika između SSI i VSI protokola, kada je riječ o rezultatima u varijablama za procjenu brzinsko-snažnih sposobnosti ( $p > 0.05$ ). Rezultati provedenog t-testa demonstrirali su da je vibracijski protokol (VSI) u akutnim postavkama doprinio znatnom trenutnom (akutnom) poboljšanju rezultata na varijablama za procjenu opsega pokreta mišića donjih ekstremiteta, u odnosu na standardni (SSI) protokol. Međutim, na varijablama za procjenu mišićne funkcije (vertikalni skokovi i sprint) nisu utvrđene statistički značajne razlike između primjenjenih protokola (SSI i VSI).

Kronični dio studije podrazumijevao je primjenu vježbi statičkog istezanja u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga uz dodatni vibracijski podražaj (VSI), u odnosu na ekvivalentne vježbe istezanja bez primjene vibracija (SSI). U tu svrhu svi ispitanici su na randomizirani način selektirani u dvije podjednake skupine (SSI i VSI). Kompletan tretman za obje skupine trajao je četiri tjedna (3 x tjedno). VSI skupina je provela identičan trening kao i SSI skupina, s tim što je vježbanje izvodila na uključenoj platformi ( $f = 40 \text{ Hz}$ ,  $A = 2 \text{ mm}$ ). Rezultati kombinirane analize varijanse, ukazuju da postoji statistički značajna interakcija ( $p < 0.05$ ) na varijablama za procjenu opsega pokreta, osim na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije ( $p = .079$ ). Rezultati za procjenu mišićne funkcije donjih ekstremiteta ukazuju da nema razlika među promatranim skupinama ( $p < 0.05$ ). Dobiveni rezultati ovog istraživanja ukazuju da u akutnim i kroničnim postavkama vježbe statičkog istezanja uz dodatnu vibraciju imaju potencijal da izazovu znatno povećanje pasivnog opsega pokreta, ali bez znatnog poboljšanja mišićne funkcije (vertikalni skokovi i sprint).

**Ključne riječi:** zagrijavanje, statičko istezanje, vibracijski trening, mišićna funkcija, nogomet.

## **ABSTRACT**

The main objective of the research was to determine the acute and chronic effects of whole body vibration training applied in the exercises of static stretching, on range of motion and muscle function of the lower extremities in soccer players, performed in warm part of soccer training. For that purpose 34 football players are selected, chronological age of 20-24 years. In the acute part of the study, the experimental protocol (VSI) has assumed a static stretching exercises performed on the vibrating platform ( $f = 40$  Hz,  $A = 2$  mm), while the standard protocol (SSI) assumed equal exercises but with off platform. Both protocols are conducted in two separate days, with 48 hours wash out period. In acute settings, paired t-test showed improvement on all variables to assess passive range of motion ( $p < 0.05$ ), measured immediately after the VSI protocol, compared to SSI protocol, but also that there is no statistically significant difference between SSI and VSI protocol, in terms of results on the variables for estimating sprint and jump abilities ( $p > 0.05$ ). The results of t-tests demonstrated that the vibration protocol (VSI) in acute settings could have significant contribution to improving the results of range of motion for muscles of the lower limbs, as compared to the standard (SSI) protocol. However, the variables for assessing muscle function (vertical jumping and sprinting) showed no significant differences between the two protocol ( $p > 0.05$ ).

Chronic part of the study involved the application of static stretching exercises in warm-up part of soccer training with vibration stimulus (VSI), compared to an equivalent stretching exercises without applying vibration (SSI). For this purpose, all subjects, are in a randomized manner selected in two equal groups (SSI and VSI). Complete treatment for both groups lasted four weeks (3 x per week). VSI group has implemented an identical training as SSI group, with difference that all exercises performed on the platform ( $f = 40$  Hz,  $A = 2$  mm). Results of the combined analysis of variance, indicating that there is a statistically significant interaction ( $p < 0.05$ ) on variables to assess range of motion, in addition to the variable to assess range of motion in the position of plantar flexion ( $p = .079$ ). Results of muscle function of lower limbs showed no differences between the study groups ( $p < 0.05$ ). The results of this study suggest that in acute and chronic settings static stretching with vibration have the potential to cause a substantial increase in range of motion, but without significant improvement of muscle function (vertical jumping and sprinting).

**Keywords:** warm-up, stretching, vibration training, muscle function, soccer.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1 Pregled literature.....	6
2. PROBLEM.....	13
3. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	14
4. METODE ISTRAŽIVANJA .....	15
4.1 Uzorak ispitanika.....	15
4.2 Eksperimentalni dizajn akutnog dijela studije.....	16
4.3 Eksperimentalni dizajn kroničnog dijela studije.....	17
4.3.1 Protokol izvođenja vibracijskih vježbi .....	18
4.4 Uzorak varijabli .....	19
4.5 Mjerna aparatura.....	20
4.6 Protokol testiranja .....	21
4.6.1 Potokol mjerenja morfoloških karakteristika.....	21
4.6.2 Protokol testiranja opsega pokreta donjih ekstremiteta .....	22
4.6.3 Protokol testiranja brzinsko snažnih svojstava mišića donjih ekstremiteta .....	26
4.7 Statističke analize.....	28
5. REZULTATI .....	29
5.1 Rezultati akutnog dijela studije (akuti učinci vibracijskog treninga) .....	30
5.2 Rezultati longitudinalnog dijela studije (kronični učinci vibracijskog treninga) .....	31
6. RASPRAVA.....	41
6.1 Raprava o akutnim učincima na opseg pokreta i mišićnu funkciju .....	41
6.3 Raprava o kroničnim učincima na opseg pokreta i mišićnu funkciju .....	50
7. ZAKLJUČAK .....	60
8. LITERATURA.....	62



## 1. UVOD

U trenažnom procesu sportaši uobičajeno provode različite aktivnosti zagrijavanja radi pripreme za veći intenzitet vježbanja. Takve aktivnosti često su korištene prije natjecanja ili treninga radi optimiziranja sportske izvedbe, povećanja tjelesne temperature i fleksibilnosti, te stimuliranja većeg broja metaboličkih promjena (Fradkin i sur. 2010). Proces zagrijavanja (eng. warm up), prije glavne tjelesne aktivnosti univerzalno je privlačna praksa sa ciljem mentalne i tjelesne pripreme sportaša radi dostizanja maksimalne performanse (McArdle i sur. 1991; Safran i sur. 1988).

Zagrijavanje dovodi sportaša u takvo fiziološko stanje koje će mu poboljšati sportsku uspješnost (Elam, 1986), te će mu omogućiti da djeluje i izvede svoju aktivnost na najvišoj mogućoj razini. Tijekom procesa zagrijavanja događaju se fiziološke prilagodbe u dišnom, metaboličkom, skeletno-mišićnom sustavu, živčanom i cirkulacijskom sustavu, a mnoge ovise o povišenju tjelesne temperature (Bennet, 1984, prema Shellock, 1986). Smatra se da zagrijavanje, osim poboljšanja izvedbe motoričke aktivnosti, smanjuje i rizik od ozljeda (McArdle, Katch i Katch, 1991, a sve prema Young i Behm, 2002).

Generalno, dva načina zagrijavanja mogu biti korištena u sportu: pasivno (povišenje tjelesne temperature egzogenim faktorima), i aktivno (povišenje tjelesne temperature fizičkim vježbanjem) (Bishop, 2003). Kada je riječ o aktivnom zagrijavanju, onda se uvodna pred priprema obično provodi kroz tri tipične zajedničke cjeline. Na prvom mjestu su različite aerobne aktivnosti niskog intenziteta, radi podizanja optimalne tjelesne temperature sa ciljem poboljšanja živčano-mišićne funkcije (McArdle i sur., 1991). Potom, primjenom različitih metoda slijedi specifično istezanje muskulature (uglavnom dinamičko ili statičko) koja treba biti angažirana tijekom glavnog opterećenja, a kao posljednja faza pojavljuje se uvježbavanje specifičnih kretnih zadataka, sa intenzitetom koji nekada može prevazilaziti i prag glavnog opterećenja. Sve to sa ciljem da se aktiviraju specifična mišićna vlakna i neurološki putevi, radi dosezanja optimalne trenažne ili natjecateljske performanse (McArdle i sur., 1991).

Kada je riječ o dijelu pred pripreme koji se odnosi na vježbe istezanja, većina trenera preporučuje primjenu vježbi statičkog istezanja, sa idejom da to pomaže u smanjenju rizika od ozljeda nastalih tijekom treninga ili natjecanja. Međutim, metode za optimalno povećanje fleksibilnosti, promatrajući dugoročno trenutno su pod znanstvenom debatom, a statičko istezanje još uvijek se pojavljuje kao modalitet koji se uobičajeno koristi u zagrijavanju i pred pripremi sportaša za glavna trenažna ili natjecateljska opterećenja.

Govori li se o fleksibilnosti, onda se ona može definirati kao opseg pokreta oko jednog ili više zglobova (Alter, 1996). Fleksibilnost ima značajnu ulogu u sportovima koji zahtijevaju ispoljavanje velikih amplituda pokreta. Sa druge strane, statičko istezanje je često korištena metoda radi poboljšanja fleksibilnosti. Ona podrazumjeva pomjeranje ekstremiteta do kranjih granica amplitude pokreta i određenog zadržavanja u toj poziciji, obično u trajanju između 15 i 60 sekundi (Norris, 1999). Cilj ovakvog modaliteta istezanja tijekom zagrijavanja je da se dosegnu kratkoročna poboljšanja u veličini opsega pokreta, ili da se izazove trenutačna kratkoročna mišićna relaksacija (Hunter i sur., 2001; McArdle i sur., 1991; Norris, 1999), te smanji krutost mišićno-tetivnog sustava (Gleim i sur., 1997; Norris, 1999). Međutim, iako statički stretching može biti učinkovit pri akutnom poboljšanju opsega pokreta, istraživanja novijeg datuma sve više ukazuju da ovakav modalitet istezanja može da dovede do značajnog akutnog narušavanja jakosti i snage.

Jedna od novijih studija pokušala je dati odgovor na višegodišnje kontroverzno pitanje o akutnim učincima statičkog istezanja na radnu sposobnost vježbača. U meta-analitičkom članku znanstvenici (Šimić i sur., 2013) su analizirali i sumirali rezultate više od stotinu prethodnih istraživanja koja su proučavala akutne učinke statičkog istezanja kao isključive metode zagrijavanja prije vježbanja, te koristeći se sofisticiranim statističkim izračunima odredili koliko istezanje utječe na vježbačev učinak. Istraživanje je rezultiralo spoznajom kako statičko istezanje, ukoliko predstavlja jedini oblik zagrijavanja prije treninga, značajno akutno (trenutno) smanjuje jakost, snagu i motoričku izvedbu vježbača, bez obzira na njegovu dob, spol ili razinu treniranosti.

Konkretno, nakon statičkog istezanja mišića (30 do 60 sekundi po mišićnoj skupini), njihova jakost opada za prosječno 5.5%, snaga za oko 2%, a eksplozivna izvedba zadataka poput skokova i sprintova za oko 2% (Šimić i sur., 2013). Time su potvrdili da statičko istezanje može umanjiti sprinterske i skakačke performanse. Između ostalog, studijom je utvrđena visoka negativna povezanost ( $P < 0.001$ ) između vremena trajanja pojedine vježbe istezanja (po jednoj mišićnoj skupini), za sve kategorije testova. Ukratko, najmanji negativni akutni učinci uočeni su kada je istezanje trajalo kraće od 45 s, te da bi buduće studije, a obzirom na mogući pozitivni učinak ovakvog tipa istezanja (prevencija mišićnog istegnuća), trebale razmotriti akutne učinke statičkog istezanja sa kraćim vremenom trajanja pojedine vježbe (15-30 s). Zaključak je autora, da statičko istezanje nije preporučljivo kao glavni oblik zagrijavanja, jer bi ono trebalo povećati radnu sposobnost, a ne je smanjiti.

Nakon svega kazanog, postavlja se opravdano pitanje da li statičko istezanje treba ili ne u potpunosti, ili samo pod određenim uvjetima, biti eliminirano iz protokola pred pripreme kada treba da uslijedi izvedba sportskih aktivnosti tipa jakosti i snage. U svakom slučaju, da bi se odgovorilo na ovakvo pitanje trebalo bi izvagati negativne, naspram pozitivnih učinaka ovakvog modaliteta istezanja.

Shodno rezultatima ranijih studija, a i prema preporuci nekih od autora (Šimić i sur., 2013), statičko istezanje ne bi trebalo provoditi kao glavni i isključivi modalitet pripreme sportaša za trening ili natjecanje. Sukladno tome, nameće se i realna potreba da se učinci statičkog istezanja promatraju i utvrđuju u sinergiji sa određenim modalitetima zagrijavanja, kao što je to vibracijski trening, ili kao jedan integrirani dio protokola aktivnog zagrijavanja koji uključuje sve značajke kvalitetne pripreme sportaša za glavna opterećenja. U sportovima gdje su fleksibilna i snažna svojstva jednako važna, ovaj modalitet istezanja mogao bi poboljšati opseg pokreta, ali istovremeno i narušiti ispoljavanje brzinsko snažne performanse.

Međutim, istovremenom kombinacijom statičkog istezanja i vibracijskog treninga možda bi se mogla prevazići ovakva vrsta problema. Vibracijski trening mogao bi predstavljati adekvatan modalitet za povećanje fleksibilnosti, uz istovremeno ne narušavanje, ili čak poboljšanje živčano mišićne funkcije. Riječ je o relativno novijoj trenažnoj tehnologiji, a posljednji trenažni oblik poznat je pod nazivom vibracija cijelog tijela (eng. WBV – whole body vibration training), koji se u potpunosti odvija na vibracijskoj platformi (Marković i Gregov, 2005).

Predloženi mehanizam vibracijskog treninga ogleda se u povećanju gravitacijskog opterećenja i akceleracijskih sila koje uzrokuju aktivaciju mišića. U tom smislu, kada subjekt stoji na vibracijskoj platformi izložen je povećanom opterećenju koje se ogleda u povećanom gravitacijskom ubrzanju te se stoga povećava mišićna aktivacija (Cardinale i Lim, 2003). Stoga, vibracijski trening predstavlja sustavnu primjenu vibracijskog podražaja određenog oblika, amplitude i frekvencije na ranije aktivirani mišić ili mišićnu skupinu, sa ciljem izazivanja funkcionalnih (kvalitativnih) i strukturalnih (kvantitativnih) promjena (Marković i Gregov, 2005). Vibracije koje generiraju motori ispod platforme prenose se na osobu koja se nalazi na uređaju, a intenzitet vježbanja najčešće se definira kroz parametre frekvencije ( $f$ ), određene brojem oscilacija, izraženo u hercima (Hz) i amplitude vibriranja ( $A$ ), određene dužinom translukacije vibracijske platforme, izraženo u milimetrima (mm).

Fizioterapeutska i klinička uporaba vibracijskog treninga pokazala je da aplikacija vibracija može imati brojne prednosti za pojedince u rangu od elitnih sportaša do fizički neaktivnih osoba (Issurin, 2005; Nordlund i sur., 2007; Rehn i sur., 2007; Wilcock i sur., 2009). To uključuje poboljšanja brzine trčanja (Bullock i sur., 2008; Paradisis i sur., 2007), vertikalne i horizontalne skočnosti (Bosco i sur., 1998; Delecluse i sur., 2003; Paradisis i sur., 2007; Roelants i sur., 2004. Torvinen i sur., 2003, te fleksibilnosti (Cochrane i sur., 2004; Fagnani i sur. 2006; Tillaar, 2006).

Dok je tradicionalno mišljenje da vibracija može da nosi visok rizik od štetnosti, sve više studija stavlja svoj fokus na pozitivne učinke ovakvog modaliteta treninga (Rittweger, 2010). Često se raspravlja da su poboljšanja mišićne snage u tjeku ili odmah nakon primjene vibracija povezana sa živčano-mišićnom facilitacijom (Cochrane i sur., 2004; Delcluse i sur., 2003; Issurin i Tenenbaum, 1999).

Ovakvo zapažanje i nije baš u skladu sa neurofiziološkim odgovorima, te je kontraindikativno navodnoj pojavi supresije generiranja mišićne sile (De Ruyter i sur. 2003) što sugerira na pojavu inhibicije više nego facilitacije.

Čini se da onda ima više smisla pripisati akutna poboljšanja mišićne snage dobro dokumentovanom učinku zagrijavanja pri primjeni ovakvog tipa treninga, kada trenje između vibrirajućih tkiva može izazvati povećanje mišićne temperature (Issurin i sur., 1999), zajedno s povećanjem protoka krvi (Kerschman i sur., 2001.). S toga vibracijski trening sve je više korišteno sredstvo zagrijavanja, obzirom na svoju vremensku učinkovitost.

Tragom ovakvih saznanja, moglo bi se pretpostaviti da vibracijski trening može nositi sinergijski učinak, koji bi se ogledao ne samo kroz akutno povećanje opsega pokreta, uslijed povećanja temperature (vibraciji izložene muskulature) nego i na poboljšanje živčano-mišićne funkcije, mjerene kroz povećanje mišićne snage (Cochrane i Stannard, 2005).

Da bi provjerili tu tvrdnju, autori (Kinser i sur. 2008) su proveli istraživanje i demonstrirali da je fleksibilnost u vježbi prednjeg iskoraka kod dobro utreniranih mladih gimnastičara značajno poboljšana kombinacijom vježbi istezanja uz primjenu vibracija ( $f = 30$  Hz,  $A = 2$  mm), ali da nije došlo do značajnih negativnih promjena na varijablama za procjenu eksplozivne snage mišića donjih ekstremiteta, a do čega inače dolazi pri primjeni statičkog istezanja samostalno.

Iako je trend među istraživanjima novijeg datuma, da sve više dokumentiraju pozitivne učinke vibracijskog treninga kao modaliteta pred pripreme za glavna opterećenja, ipak zbog nedovoljnog broja studija ne bi se mogao izvući konačni zaključak o tome da li zaista vibracijsko vježbanje predstavlja ili ne, prijetnju sportskoj performansi kada se koristi u svrhu trenutačne pripreme za glavna trenažna ili natjecateljska opterećenja.

U kroničnim postavkama u svrhu poboljšanja vježbi istezanja, autori (Dastmenash i sur., 2010) su pokušali kombinirati različite vrste istezanja uz dodatnu primjenu vibracijskog podražaja na poboljšanje opsega pokreta. Rezultati pokazuju da kombinirani trening, koji inkorporira vibraciju sa vježbama istezanja (vibracija + pnf metoda), nakon tri tjedna, producira mnogo bolje rezultate u povećanju fleksibilnosti mišića hamstringa u odnosu na ostala dva protokola zasebno (čučanj na vibracijskoj platformi i pnf metoda bez vibracija).

Drugo slično istraživanje proveli su Tillarr i suradnici (2006), kada se pokušalo odgovoriti na pitanje hoće li vibracije cijelog tijela pomoći u povećanju fleksibilnosti mišića hamstringa. Obje skupine istezale su se sustavno 3 puta u tjednu, ukupno četiri tjedna, PNF metodom (kontrakcija – opuštanje). Rezultati pokazuju da su skupine imale značajno povećanje fleksibilnosti mišića zadnje lože u odnosu na početno mjerenje, ali da je WBV skupina ostvarila pomake od 30%, dok je kontrolna skupina zabilježila povećanje od 14%.

Ako je sve ovo uistinu točno, onda bi vibracijsko vježbanje možda moglo predstavljati učinkovito sredstvo za pred pripremu i zagrijavanje sportaša neposredno za glavna trenažna ili natjecateljska opterećenja, ali i kao dopunski modalitet vježbanja inkorporiran u standardne protokole zagrijavanja, koje sportisti redovno provode na svojim treninzima.

## 1.1 Pregled literature

Neka od ranih istraživanja, provedenih krajem prošlog stoljeća prijavljuju pozitivne učinke primjene vibracijskog podražaja na fleksibilnost i mišićnu jakost (Atha i Wheatley, 1976; Issurin, 1994.). Studija (Atha i Wheatley, 1976), u kojoj je uporabljen lokalno aplicirani vibracijski uređaj (smješteni ispod mišića hamstringsa i slabinskog dijela), tijekom sjedeće pozicije ispitanika ( $f = 44$  Hz,  $A = 0.1$  mm), demonstrirala je da ovakav modalitet vježbanja produciraju akutna poboljšanja (8.5%) na opseg pokreta u položaju fleksije kuka. Zaključak je autora da 15 minuta lokalno aplicirane vibracije na ovakav način, biva jednako učinkovito kao i primjenjeni program istezanja u trajanju od 15 minuta.

Analizirajući takva rana istraživanja može se primjetiti da su primjenjeni vibracijski uređaji uglavnom aplicirani lokalno, na određeni mišić ili skupinu mišića, s sve sa ciljem izazivanja različitih adaptacijskih odgovora na ovakvu vrstu živčano mišićnog treninga. Suvremenija izvješća koja svjedoče o učincima primjene vibracija cijelog tijela mnogo više su prisutnija u istraživačkoj literaturi, te su stoga i vibracijske platforme mnogo više u uporabi u odnosu na ostale vibracijske uređaje. Većina istraživanja u polju treninga vibracija cijelog tijela bi se mogla podijeliti u dvije kategorije.

U prvu kategoriju bi se mogla svrstati istraživanja koja su se bavila isključivo utjecajem vibracijskog vježbanja na učinke nastale neposredno nakon primjene ovakvog tipa treninga – akutni učinci, dok bi drugu kategoriju činile studije koje se bave dugoročnim učincima primjene ovakvog modaliteta vježbanja – kronični učinci.

Stoga ne čudi činjenica, da uporaba vibracijskog treninga cijelog tijela kao dopunskog modaliteta zagrijavanja i pred pripreme sportaša za glavna trenažna ili natjecateljska opterećenja postaje sve više popularna, obzirom na dobro dokumentirane pozitivne učinke utvrđene kroz nekoliko ranijih studija.

U jednoj takvoj studiji vibracijski trening u formi vibracija cijelog tijela, pokušao se koristiti kao dodatni modalitet vježbanja radi poboljšanja standardnog nogometnog protokola zagrijavanja (Cloak i sur. 2014). U istraživanju autori su pokušali utvrditi da li kombiniranjem standardnog nogometnog zagrijavanja i vibracijskog treninga cijeloga tijela ( $f = 40$  Hz,  $A = 4$  mm), primjenjenog u vježbi statičkog polu-čučnja ( $100^0$  koljeno), izvođenog po završetku protokola nogometnog zagrijavanja (FIFA 11+), a u trajanju od 30 sekundi, može izazvati značajna poboljšanja rekativne jakosti i agilnosti.

Rezultati provedenog istraživanja (Cloak i sur. 2014) demonstriraju da kombiniranjem standardnog protokola zagrijavanja i treninga vibracija cijelog tijela u odnosu na samo jedanki protokol zagrijavanja bez primjene vibracija, može biti znatno učinkovitiji modalitet pri trenutnom poboljšanju indeksa reaktivne jakosti, ali ništa značajniji u ispoljavanju agilnosti. Ovo je veoma važno saznanje, obzirom da je ovo jedna od rijetkih studija, u kojoj su učinci vibracijskog treninga promatrani i utvrđivani kao jedan integrirani dio protokola zagrijavanja, što je i od praktične značajnosti kada je riječ o primjeni vibracijskog treninga cijelog tijela u uvodno pripremnom dijelu nogometnog treninga.

Sa druge strane, vibracijska platforma sve je češće uporabljivana i u slučaju kada treba brzo izvršiti opetovanu pripremu lokomotornog aparata tijekom natjecanja. U jednoj takvoj studiji (Lovell i sur., 2013) autori su pokušali utvrditi da li primjena treninga vibracija cijelog tijela nosi znatno bolji učinak na sprinterske i skakačke performanse nogometaša, u odnosu na ostale strategije zagrijavanja. Eksperimentalne procedure provedene su u poluvremenu tijekom trajanja (simulirane) nogometne utakmice. Primjenjeni vibracijski protokol podrazumjeva da ispitanici na vibracijskoj platformi zauzimaju poziciju statičkog polu-čučnja ( $30^0$  koljeno), sa točno određenim parametrima vibracijskog opterećenja ( $f = 40$  Hz,  $A = 4.8$  mm).

Rezultati ukazuju da nije bilo značajnih razlika između standardnih procedura opetovanog zagrijavanja. Međutim, rezultati također ukazuju da je trening vibracija cijelog tijela prolongirao opadanje mišićne performanse zajedno sa intervalnim vježbama agilnosti, ali sa ograničenim razlikama između apliciranih protokola. Iako su prema namjeni svrsi te uzorku ispitanika, obje studije veoma slične ovom istraživanju, ipak se može pronaći bitna razlika u tretmanskim operatorima. Naime, vidljivo je da su eksperimentalnim protokolom, autori kroz obje studije inkorporirali drugačije vibracijske vježbe (statički čučanj), što ne daje jasnu sliku o tome kakve učinke nosi vibracijski podražaj primjenjen u vježbama statičkog istezanja, i to na način kada se one izvode u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga.

Sa druge strane, istraživanja koja su prema svom dizajnu više sličnija, provedena su sa ciljem da istraže akutne učinke različitih protokola istezanja sa i bez primjene vibracijskog podražaja. Jedno takvo istraživanje (Jemni i sur., 2014) provedeno je sa namjerom da se kompariraju akutni učinci statičkog istezanja bez, i sa vibracijskim podražajem, na jakost mišića hamstringsa i kvadricepsa (izokinetička jakost pri pokretima ekstenzije i fleksije koljena) i fleksibilnosti mjerene u vježbi prednjeg iskoraka.

U te svrhe, selektirani nogometaši ( $21.9 \pm 1.8$  godina) angažirani su u dva protokola statičkog istezanja mišića hamstringsa i kvadricepsa, sa i bez primjene vibracijskog podražaja. Istezanje uz pridodanu vibraciju ( $f = 35$  Hz,  $A = 2$  mm) izazvalo je znatno veće akutne učinke na fleksibilnost mišića hamstringsa (7.8%), u odnosu na istezanje bez primjene vibracija. Interesantno, rezultati ukazuju da nije došlo do značajnih razlika između dva protokola kada je riječ o poboljšanjima mišićne jakosti, mjerene pri maksimalnim voljnim kontrakcijama ekstenzora i fleksora koljena.

Međutim, još je interesantnije da nakon primjene statičkog istezanja uz dopunski vibracijski podražaj nije došlo do opadanja ugaonog momenta sile pri izvođenju maksimalne mišićne kontrakcije, mjerene na izokinetičkoj aparaturi. To otvara i mogućnost, da vibracijski trening u akutnim postavkama ima potencijal da izazove određena poboljšanja u domeni fleksibilnosti, uz istovremeno ne narušavanje mišićne jakosti.

Sa druge strane, Kinser i suradnici (2008) htjeli su utvrditi akutne učinke istezanja uz pridodanu vibraciju na poboljšanje fleksibilnosti i eksplozivne snage mladih gimnastičara. Vibracijski protokol sastojao se od vježbi statičkog istezanja izvođenih na vibrirajućem uređaju ručne izrade ( $f = 30$  Hz,  $A = 2$  mm). Zaključak je autora, da obzirom na saznanja da statički strečing proveden samostalno, može producirati znatna smanjenja tijekom manifestiranja brzinsko-snažnih performansi, primjena vibracijskog podražaja u takvim slučajevima može biti faktor u nadvalađivanju negativnih učinaka ovakvog načina istezanja, uz istovremeno poboljšanje opsega pokreta, pa se može preporučiti kao učinkovito sredstvo pred pripreme (zagrijavanja) kod gimnastičara.

Kada je riječ o gimnastičarima Sands i suradnici (2006), htjeli su utvrditi akutne i kronične učinke primjene vježbi istezanja uz dopunski vibracijski podražaj na poboljšanje fleksibilnosti, u odnosu na jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.

U te svrhe, angažirani su mladi gimnastičari ( $10.1 \pm 1.5$  godina). Eksperimentalna skupina se istezala na uključenom uređaju ručne izrade ( $f = 30$  Hz,  $A = 2$  mm) smještenom ispod prednje noge, a potom i zadnje noge, i to samo u jednoj vježbi (prednji iskorak). Rezultati ukazuju da je u akutnoj postavci eksperimentalna (vibracijska) skupina bilježila znatno bolje akutne učinke kod oba ekstremiteta. U konačnici zaključak je autora, da veličina dobivenih učinaka ukazuje da statičko istezanje uz dodatni vibracijski podražaj ima potencijal da poveća fleksibilnost više u odnosu na jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.



Međutim, iako ove dvije navedene studije pružaju dosta relevantnih informacija u vezi sa poboljšanjima opsega pokreta i živčano mišićne funkcije promatrane kroz manifestiranje jakosti i snage, ipak treba napomenuti da je u studiji koju su sproveli Sands i suradnici, kao dio eksperimentalnog protokola korišten vibracijski uređaj ručne izrade, lokalno apliciran na mišiće prednje i stražnje strane nadgoljenične kosti, i to pri zauzimanju samo jedne statičke pozicije (prednji iskorak).

Slična saznanja dobili su i Dallas i Kirialanis (2013). Naime, cilj njihovog istraživanja bio je da se utvrde učinci različitih modaliteta vibracijskog treninga u obliku vibracija cijelog tijela, na fleksibilnosti i skakačku performansu. Dvanaest utreniranih gimnastičara angažirano je u dva različita protokola (statičko istezanje uz pridodanu vibraciju i vježbe statičke snage na vibracijskoj platformi).

Rezultati pokazuju da oba protokola mogu dovesti do određenih akutnih poboljšanja opsega pokreta, uz istovremeno ne narušavanje skakačke performanse. Također, autori sugeriraju da obzirom na rezultate protokola statičkog istezanja uz dodatni vibracijski podražaj može biti korisan modlitet neuro-muskularne pripreme za glavna trenažna opterećenja kod dobro utreniranih gimnastičara.

Bez obzira na određeni broj istraživanja u vezi sa akutnim učincima vibracijskog treninga na jakost i snagu, do sada postoji mali broj studija koje su se bavile vibracijom i njenim istovremenim utjecajem na fleksibilnost i živčano mišićnu funkciju. U nekoliko ranijih studija korištena je lokalno aplicirana vibracija (Kinser i sur., 2008; Sands i sur., 2006), i to na način da je vibracijska jedinica ili specijalno dizajnirani vibracijski modul direktno apliciran ispod mišića ili mišićne skupine. Također, evidentne su i određene razlike između testnih protokola. Tako da su za procjenu fleksibilnosti, u različitim studijama korišteni i različiti testovi za mjerenje fleksibilnosti, kao što je to test „dohvat u sjedu“ (Atha i Wheatley 1976), potom procjena aktivnog ili pasivnog opsega pokreta, te varijanta prednjeg iskoraka (Kinser i sur., 2008; Sands i sur., 2006).

Zajedno, to sve jasno ukazuje na smanjenu mogućnost sumiranja konačnih učinaka primjene vibracijskog treninga, a naročito kada je riječ o primjeni vibracijskog treninga u formi vibracija cijelog tijela primjenjenog na vježbe statičkog istezanja. Samo u nekoliko studija utvrđivani su učinci vibracija u vježbama istezanja (Issurin i sur., 1994; Kinser i sur., 2008; Sands i sur., 2006).

Iako istraživanja u polju vibracijskog treninga raspolažu sa relativno većim brojem akutnih studija, u kojima su utvrđivani neposredni učinci vibracijskog treninga pri izvođenju različitih vrsta vibracijskih vježbi, kao i vibracijskih uređaja, znatno ja manji broj istraživanja koja su se bavila dugoročnom primjenom vibracijskog treninga sa ciljem poboljšanja fleksibilnosti i živčano mišićne funkcije, mjerene kroz varijable jakosti i snage.

Jedna od ranih studija (Issurin i sur., 1994) bavila se utvrđivanjem dugoročne primjene vibracijskog vježbanja (9 trenažnih jedinica), lokalno aplicirane vibracije ( $f = 44$  Hz,  $A = 3$  mm) sprovedene 3 puta tjedno, tijekom 3 tjedna. Rezultati navedenog istraživanja ukazuju na znatna poboljšanja fleksibilnosti donjih ekstremiteta i maksimalne jakosti ruku i ramenog pojasa. Pored ovih poboljšanja, autori izjavljuju da ispitanici nisu prijavili niti jedan od mogućih negativnih učinaka ovakvog modaliteta vježbanja. Međutim, obzirom na ovakvu vrstu aplicirane vibracije (lokalno aplicirani vibracijski podražaj), veoma je teško komparirati učinke ovakvog načina vježbanja kada se ono sprovodi u nešto drugačijoj formi, u odnosu na vibracijski trening cijelog tijela, koji se u potpunosti odvija na vibracijskoj platformi, a ne pomoću indirektno aplicirane vibracije prenešene sistemom kabela (Issurin i sur., 1994). U svakom slučaju ovakva i slična istraživanja u polju vibracijskog treninga otvorila su put ka utvrđivanju učinaka vibracijskog vježbanja na suvremenijim uređajima, a sve sa ciljem poboljšanja sportske performanse.

U jednom od takvih istraživanja, htjelo se ispitati da li će vibracijski trening u formi vibracija cijelog tijela poboljšati fleksibilnost mišića hamstringsa tri puta tjedno, tijekom četiri tjedna (Tillar, 2006). Ekperimentalni dizajn podrazumjevaio je da neposredno po završetku protokola zagrijavanja ispitanici eksperimentalne skupine pristupe vibracijskoj platformi, te uspostave poziciju statičkog čučnja ( $90^0$  koljeno), sa trajanjem od 30 sekundi, i to pri točno definiranim parametrima vibracijskog opterećenja ( $f = 28$  Hz,  $A = 10$  mm). Ispitanici eksperimentalne skupine su po završetku rada na vibracijskoj platformi pristupili protokolu istezanja (pnf metoda, kontraktacija-relaksacija).

Ispitanici kontrolne skupine radili su sve jednako kao i ispitanici eksperimentalne skupine, s tim da su nakon generalnog zagrijavanja bez predhodne vibracije, pristupali izvođenju vježbi istezanja pnf metodom. Rezultati potvrđuju da istezanje pnf metodom (kontraktacija-relaksacija) tijekom 4 tjedna ima pozitivan učinak na povećanje fleksibilnosti mišića hamstringsa kod obje skupine. Međutim istezanje u kombinaciji sa treningom vibracija cijelog tijela izaziva značajno veće povećanje fleksibilnosti navedene mišićne skupine.

U drugoj, veoma sličnoj studiji (Dastmenash i sur., 2010), autori su koristili različite modalitete istezanja u kombinaciji sa treningom vibracija cijeloga tijela. Cilj njihove studije bio je utvrditi kronične učinke treninga vibracija cijelog tijela ( $f = 28$  Hz,  $A = 10$  mm), pnf metode istezanja samostalno, kao i kombinacije oba tipa treninga (vibracija + istezanje) u trajanju od 6 tjedana, na povećanje fleksibilnosti mišića zadnje lože kod studenata. Rezultati njihove studije su pokazali da je došlo do značajnog povećanja rezultata na varijabli za procjenu opsega pokreta, kao i to da je kombinacija oba tipa treninga (vibracija + istezanje) demonstrirala i najveće učinke. Autori u zaključku iznose da je trening vibracija cijelog tijela u kombinaciji sa pnf metodom učinkovitiji nego dvije navedene metode pojedinačno.

Međutim, analiziraju li se navedene studije, treba istaknuti da su angažirani ispitanici koji ne pripadaju populaciji aktivnih sportista. Također, iz vibracijskih protokola vidljivo je da su autori u obje studije koristili drugačiji modalitet istezanja (pnf metoda), pa to ne daje dovoljno jasnu sliku kada je riječ primjeni vježbi statičkog istezanja uz pridodani vibracijski podražaj. Daljnjom analizom uočljivo je da su autori zasebno izdvojili vježbe istezanja od vježbi izvođenih na vibracijskoj platformi.

U obje studije ispitanici su prvo pristupali izvođenju vibracijskih vježbi i to kroz vježbu statičkog čučnja, pa su tek onda pristupali izvođenju vježbi istezanja, bez dodatnog vibracijskog podražaja. Takva postavka je znatno drugačija, u odnosu na eksperimentalni dizajn tijekom kojeg se vježbe istezanja izvode direktno na vibracijskoj platformi. Nadalje, pregledom testnih procedura vidljivo je (a i razumljivo obzirom na ciljeve istraživanja), da su korišteni samo testovi u za dijagnostikovanje fleksibilnosti, bez dodatnog mjerenje ostalih komponenti živčano mišićne funkcije, kao što je jakost i snaga. Ovakva i slična saznanja otvaraju i dodatnu mogućnost da se učinci ovakvo modaliteta vježbanja pokušavaju utvrđivati istovremeno, na jednakoj skupini ispitanika, kako u pogledu utjecaja na fleksibilnost, tako i na mišićnu funkciju mjerenu kroz varijable jakosti i snage.

Sukladno s tim, interesantna je studija koja je pokušala istovremeno utvrditi kronične učinke vibracijskog treninga na jednakoj skupini ispitanika, ne samo na fleksibilnost, nego i na mišićnu performansu (Fagnani i sur., 2006). Osmotjednom studijom htjeli su se utvrditi učinci treninga vibracija cijelog tijela na fleksibilnost i mišićnu performansu. Ispitanice su randomizirano podijeljene u dvije skupine. Vibracijski trening proveden je tri puta tjedno na vibracijskoj platformi ( $f = 35$  Hz,  $A = 4$  mm), na kojoj su ispitanice zauzimale statičku poziciju polučučnja na obje, a potom i na jednoj nozi ( $90^\circ$  koljeno).

Mjere korištene za procjenu učinaka sastojale su se od tri testa (izokinetički nožni potisak, skok sa pripremom, dohvat u sjedu). Po završetku programa rezultati ukazuju, da je eksperimentalna (vibracijska) skupina na svim varijablama bilježila značajno poboljšanje rezultata (dinamička snaga 11.2%, visina ekscentrično-koncentrično skoka 8.7%, fleksibilnost 13%), u odnosu na kontrolnu skupinu, koja nije ostvarila značajne promjene na jedankim varijablama. U zaključku autora stoji da trening vibracija cijeloga tijela izvođen na takav način može biti učinkovita metoda vježbanja radi poboljšanja mišićne performanse.

Međutim, kao i u većini ranije provedenih studija, i u ovoj su za vibracijske operatore selektirane vježbe statičkog čučnja. Također, iz protokola nije sasvim jasno da li je trening vibracija cijelog tijela provođen tijekom glavnih treninga ili odvojeno od njih kao zasebna trenažna jedinica. Zajedno, to ne prikazuje jasnu sliku o vibracijskim učincima korištenog kao dio glavnog treninga primjenjenog u nekom od zasebnih cjelina uvodno-pripremnog, glavnog ili završnog dijela trenažne jedinice.

Sa druge strane, prema svom eksperimentalnom dizajnu mnogo sličnija našoj, jeste studija Sandsa i suradnika (2006), pominjana u djelu sa akutnim učincima vibracijskog treninga. Rezultati kroničnog dijela studije, ukazuju na dodatna poboljšanja fleksibilnosti.

Međutim, važno je napomenuti i to da je za potrebe njihove studije korišten vibracijski uređaj manualne izrade, a specijalno dizajnirani vibracijski uređaj apliciran je ispod mišićne grupacije kroz dvije statičke pozicije (Sands i sur. 2006).

Pregledom literature, bez obzira na veliku uporabu vibracijskog vježbanja u bilo kojoj od navedenih formi (lokalna vibracija ili vibracije cijelog tijela), moguće je utvrditi da postoji veliki broj različitih eksperimentalnih procedura, koje se odnose na parametre vibracijskog opterećenja, karakteristike selektiranih ispitanika, odabir vibracijskih vježbi.

Zajedno, to sve predstavlja problem pri komparaciji različitih studija, te dovodi do smanjene mogućnosti valjane sinteze dobivenih saznanja, ali se time istovremeno i otvaraju mogućnosti za daljnjim istraživanjem u polju primjene vibracija, a naročito u formi vibracija cijelog tijela.

## 2. PROBLEM

Jakosti i snaga predstavljaju primarna svojstva sportske performanse, a većina studija u polju vibracijskog treninga u bilo kojoj od navedenih formi, provedena je sa ciljem da se utvrde da li ovakav način vježbanja može dovesti do značajnijih kratkoročnih ili dugoročnih poboljšanja navedenih svojstava. Međutim, bez obzira na veliki broj istraživanja provedenih sa ciljem utvrđivanja njegovog utjecaja na jakost i snagu, ipak se malo zna o učincima primjene ovakve vrste treninga na fleksibilnost, naročito kad se vibracijski trening cijelog tijela provodi kao jedan integrirani segment pripreme pred glavna trenažna ili natjecateljska opterećenja. To je iznenađujuće obzirom da ranije dokumentirana saznanja potvrđuju da trening vibracija cijelog tijela može imati pozitivna višestrana dejstva na lokomotorni sustav vježbača, pa je i opravdano pitanje da li ovakav trening, integriran u standardne protokole zagrijavanja, ima potencijal da kratkoročno ili dugoročno pospješi opseg pokreta i mišićnu funkciju sportaša.

Shodno tome, u akutnom dijelu studije biti će utvrđivani neposredni učinci treninga vibracija cijelog tijela izvođenog u vježbama statičkog istezanja, na poboljšanje fleksibilnih i brzinsko snažnih svojstava mišića donjih ekstremiteta kod nogometaša, u odnosu na jednake vježbe istezanja bez primjene vibracijskog podražaja. Rezultati ovog dijela studije mogli bi ponuditi odgovor na pitanje, da li dodatna primjena vibracija u vježbama statičkog istezanja, ima potencijal izazvati trenutna poboljšanja fleksibilnosti i mišićne funkcije. Kao nadogradnja akutnoj studiji, u kroničnom dijelu studije pokušat će se utvrditi da li vibracijski podražaj primjenjen u vježbama statičkog istezanja nakon više trenažnih jedinica (12 treninga), izvođenih u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga (3 x tjedno) može doprinjeti znatnom poboljšanju pasivnog opsega pokreta i mišićne funkcije.

Prema tome, problem je ove studije pokušati utvrditi utjecaj dopunskog vibracijskog podražaja u formi treninga vibracija cijelog tijela, provođenog u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga kroz vježbe statičkog istezanja. S toga je svrha istraživanja pokušati utvrditi akutne i kronične učinke vibracija cijelog tijela na pasivni opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta nogometaša, mjerenu kroz varijable vertikalne skočnosti i brzine sprinta, i to u uvjetima kada se vibracijski trening provodi kao jedan integrirani dio pred pripreme za glavna opterećenja. Kronični učinci vibracijskog treninga komparirat će se u odnosu na jednake vježbe zagrijavanja bez primjene vibracija. Pri tome će posebna pozornost biti na tome da obje skupine budu izjednačene prema intenzitetu i volumenu treninga, te da jedina razlika u parametrima opterećenja bude samo primjena vibracija.

### 3. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

**Temeljni cilj** istraživanja jeste utvrditi akutne i kronične učinke treninga vibracija cijelog tijela primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, na opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta nogometaša, izvođenih u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga.

**Shodno postavljenim ciljevima istraživanja postavljene su i radne hipoteze:**

*H1 – Primjena vibracija cijelog tijela u vježbama statičkog istezanja izazivat će značajno veća akutna poboljšanja na varijablama za procjenu opsega pokreta donjih ekstremiteta nogometaša, u odnosu jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.*

*H2 – Primjena vibracija cijelog tijela u vježbama statičkog istezanja izazivat će značajno veća akutna poboljšanja na varijablama za procjenu mišićne funkcije donjih ekstremiteta nogometaša, u odnosu jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.*

*H3 – Primjena vibracija cijelog tijela u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, izazvat će značajno veće kronične učinke na opseg pokreta donjih ekstremiteta u odnosu na jednaki protokol zagrijavanja bez primjene vibracija.*

*H4 – Primjena vibracija cijelog tijela u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, izazvat će značajno veće kronične učinke na mišićnu funkciju donjih ekstremiteta u odnosu na jednaki protokol zagrijavanja bez primjene vibracija.*

## 4. METODE ISTRAŽIVANJA

### 4.1 Uzorak ispitanika

Za potrebe ovog istraživanja uzorak ispitanika bio je sačinjen od sportaša, nogometaša (N=34), kronološke dobi 19-24 godina. Nitko od ispitanika selektiranog uzorka nije prijavio neke od kroničnih oboljenja, niti je imao medicinski kontraindicirana stanja, a koja su usko vezana za provođenje vibracijskog treninga.

Medicinski kontraindicirana stanja podrazumjevala su: epilepsiju, akutne zapaljenske procese, akutna uganuća i lomove, povrede očiju, nedavni operativni zahvati, implantati zgloba kuka, koljena i ramena, povrede kičmenog stuba, povrede mišića zadnje lože ili bol u slabinskom dijelu leđa.

Kondicijski treneri klubova bili su informirani o karakteru i vrsti eksperimentalnog postupka te su instruirani da ne provode treninge kondicijskog karaktera za vrijeme trajanja ove studije. Na ovaj način osigurano je da se ostvareni učinci za obje skupine ispitanika na kraju eksperimentalnog postupka mogu objasniti isključivo primjenom provedenih programa.

Akutni dio proveli su svi ispitanici (N=34). Međutim, u kroničnom djelu studije, djelomice radi početka natjecateljske sezone te povećanog broja kontaktnih povreda, a i zbog vlastite inicijative za napuštanjem eksperimenta, programske sadržaje završilo je ukupno 26 ispitanika koji su uzeti u daljnje razmatranje.

Bez obzira na tu činjenicu, u tablici 1. predstavljeni su osnovni deskriptivni parametri svih selektiranih entiteta unutar uzorka (N=34), a koji se odnose na kronološku dob, tjelesnu težinu, kao i parametre adipoznog tkiva izražene u procentima.

*Tablica 1. Pregled osnovnih morfoloških karakteristika selektiranog uzorka*

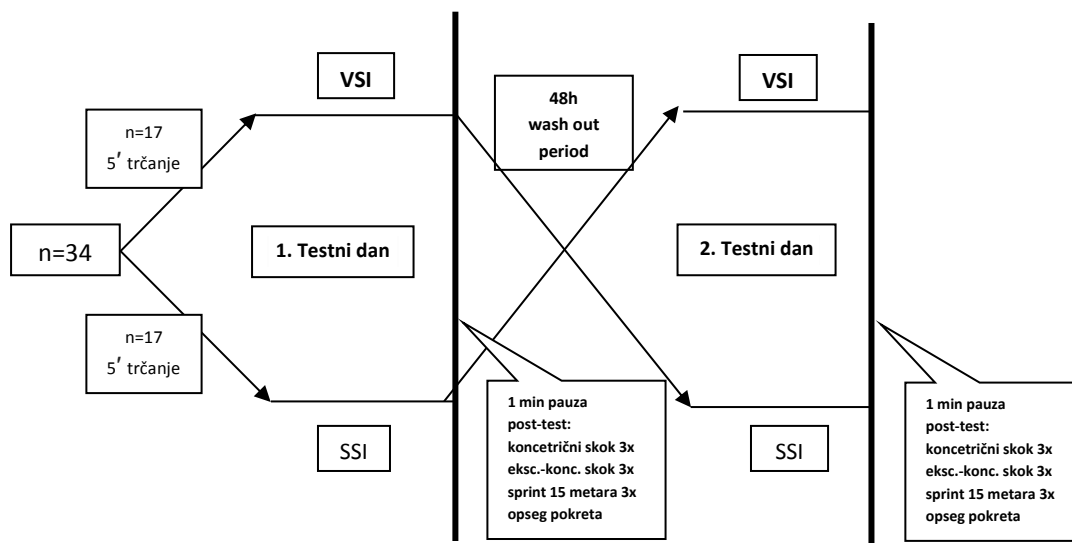
TJELESNA KOMPOZICIJA ISPITANIKA					
	N	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
KRONOLOŠKA DOB	34	19	24	20.9	1.5
TJELESNA VISINA	34	169	186	178.7	4.0
TJELESNA MASA	34	62.6	92.6	76.2	5.9
% ADIPOZNOG TKIVA	34	6	15	11.0	2.5

#### 4.2 Eksperimentalni dizajn akutnog dijela studije

Prema protokolu, svim ispitanicima (N=34) pojedinačno je izmjerena tjelesna visina, a potom su izmjereni i konstitucijski parametri. Nakon što su završili sa antropometrijskim mjerenjem, svi ispitanici nasumično su podjeljeni u dvije podjednake skupine (SSI i VSI). Vibracijski (VSI) protokol podrazumjeva je izvođenje 5 vježbi statičkog istezanja (opisano u protokolu izvođenja vibracijskih vježbi), na vibracijskoj platformi sa unaprijed definiranim parametrima opterećenja ( $f = 40 \text{ Hz}$ ,  $A = 2 \text{ mm}$ ,  $t = 30 \text{ s}$  istezanje /  $5 \text{ s}$  relaksacija). Standardni (SSI) protokol izvođen je jednako kao i vibracijski protokol, s tom razlikom da su sve vježbe statičkog istezanja izvođenje na isključenom vibracijskom uređaju. Prije provođenja jednog ili drugog protokola (SSI i VSI), svakom ispitaniku predhodilo je umjereno kontinuirano trčanje u trajanju od 5 minuta ( $400 \text{ m} / 120 \text{ s}$ ).

Za utvrđivanje akutnih učinaka primjenjen je randomizirani ukriženi eksperimentalni dizajn, prema kom je jedna skupina u prvom testnom danu izvodila SSI protokol, dok je druga skupina u istom danu izvodila VSI protokol. Potom je napravljena pauza do drugog testnog dana (48 sati), radi otklanjanja mogućih učinaka zamora, kao i mogućeg utjecaja predhonih tretmana (eng. wash-out period). U drugom testnom danu primjenjeno je ukrštanje skupina, tako da je skupina koja je u prvom danu prošla SSI protokol bila angažirana u VSI protokol, a po istom principu se ponašala i druga skupina ispitanika. U konačnici, kroz oba testna dana svi ispitanici (N=34) prošli su oba protokola. Neposredno (1 minut) po završetku jednog ili drugog protokola (VSI i SSI), ispitanicima su prvo izmjerene varijable za procjenu brzinsko-snažnih sposobnosti, a potom i varijable za procjenu opsega pokreta donjih ekstremiteta.

Slika 1. Shematski prikaz provođenja akutnog protokola





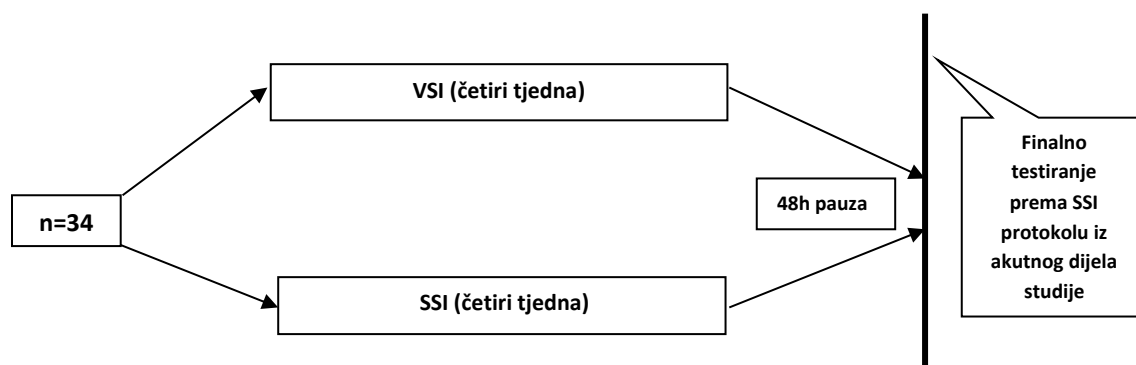
### 4.3 Eksperimentalni dizajn kroničnog dijela studije

Kronični dio studije podrazumijevao je primjenu vibracijskog treninga cijelog tijela primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, izvođenog tijekom uvodno-pripremnog dijela nogometnog treninga. U te svrhe, kompletan uzorak randomiziranim odabirom podijeljen je u dvije jednake skupine (VSI i SSI). VSI skupina je tijekom trajanja uvodno-pripremnog dijela nogometnog treninga izvodila 5 vježbi statičkog istezanja (identične akutnom dijelu studije) na uključenoj vibracijskoj platformi ( $f = 40$  Hz,  $A = 2$  mm  $t = 30$  s istezanje / 5 s relaksacija), dok je SSI skupina izvodila ekvivalentne vježbe istezanja, u jednako vrijeme (u uvodno-pripremnom dijelu) kao i VSI skupina, s tom razlikom da ih je provodila na aerobik-steperu, koji po svom obliku i dimenzijama simulira dizajn i visinu vibracijske platforme.

Vrijeme trajanja pojedine vježbe, kao i vrijeme stanke između svake vježbe, za ispitanike SSI skupine bila je jednaka vremenu trajanja identičnih vježbi VSI skupine. Radi standardizacije protokola u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, ispitanici obje skupine bili su podvrgnuti jednakom modificiranom protokolu zagrijavanja (FIFA 11+), specifičnog programa zagrijavanja nogometaša. Shodno potrebama istraživanja, specifični protokol zagrijavanja nogometaša (FIFA 11+), modificiran je na način da su umjesto vježbi dinamičnog istezanja, ubačene vježbe statičkog istezanja sa i bez vibracijskog podražaja.

Tjedna distribucija vibracijskog treninga određena je odnosom 3:1 (trening/pauza). Važno je napomenuti, da su zbog limitirajućeg faktora (jedne vibracijske platforme), u svrhu učinkovitijeg protoka tijekom jedne trenažne sesije, ispitanici obje skupine vježbe istezanja izvodili u parovima. Ukupno vrijeme trajanja izloženosti vibraciji sa stankama, za odabrani par iznosilo je približno šest minuta, a nakon što su obje skupine završile s predviđenim četverotjednim programima, 48 sati nakon posljednje trenažne jedinice, izvršeno je finalno testiranje radi utvrđivanja učinaka provedenih tretmana.

Slika 2. Shematski prikaz provođenja kroničnog protokola



### 4.3.1 Protokol izvođenja vibracijskih vježbi

Vibracijski trening provodio se na vibracijskoj platformi, njemačkog proizvođača Powrx, model Pro Evolution 2.7. Uređaj generira vertikalni linearni tip vibracija ( $f = 25 - 50$  Hz), s mogućnošću podešavanja amplitude vibriranja na dvije razine ( $A = 2 - 4$  mm). Radi potreba ovog istraživanja selektirano je pet vibracijskih vježbi:

**Statičko istezanje u prednjem iskoraku** – ispitanik vrši prednji iskorak, s prednjom nogom flektiranom u koljenom zglobu (pravi kut). Vršeći predklon trupom, dovodi mišiće hamstringsa i glutealne regije u elongiranu poziciju. Ispitanik zadržava poziciju u zadanom vremenu, prema protokolu izvođenja vibracijskih vježbi. Po završetku, ispitanik izvrši promjenu, odnosno izvodi istu vježbu drugom nogom.

**Statičko istezanje u lateralnom čučnju** – ispitanik zauzima poziciju lateralnog čučnja, odvođeći lateralno opruženu nogu na vibracijsku platformu, uz istovremeno spuštanje u poziciju unilateralnog čučnja na stajnoj nozi. Ispitanik završava spuštanje u čučanj do granice nelagode, dovodeći mišićnu skupinu aduktora u elongirani položaj. Po završetku utvrđenog vremena trajanja vježbe, ispitanik vrši promjenu drugom nogom.

**Statičko istezanje u položaju dorzalne fleksije** – ispitanik s oba stopala stoji na vibracijskoj platformi i vrši iskorak jednom nogom ka nazad, prema zadnjem rubu platforme oslonjen samo prednjim dijelom stopala. Pri započinjanju vježbe, ispitanik spušta petu stopala stražnje noge ispod ruba platforme, dovodeći stopalo u položaj dorzalne fleksije. Ispitanik u tom položaju ostaje u zadanom vremenu, a potom vrši promjenu drugom nogom.

**Statičko istezanje u pretklonu** – ispitanik zauzima poziciju prednjeg iskoraka s opruženom prednjom nogom u koljenu, oslonjenom na platformi. Zatim vrši pretklon trupa ka naprijed (fleksija u zglobu kuka), dovodeći tako mišiće hamstringa prednje noge u elongiranu poziciju. Završetak pokreta određen je osjećajem boli. Ispitanik zadržava poziciju u zadanom vremenu, a po završetku ispitanik vrši promjenu, odnosno izvodi istu vježbu drugom nogom.

**Statičko istezanje u zadnjem iskoraku** - ispitanik je okrenut leđima prema platformi te vrši iskorak ka unazad postavljajući stražnju nogu, podkoljениčnim dijelom oslonjenu na vibracijsku platformu (engl. *rear lunge*). S flektiranom prednjom nogom u koljenom zglobu (pravi kut), ispitanik aktivno vrši pomjeranje kukovima ka naprijed, dovodeći preponsku mišićnu regiju i fleksore kuka u elongirani položaj. Ispitanik zadržava elongiranu poziciju u zadanom vremenu, a po završetku ispitanik vrši promjenu, izvodeći vježbu drugom nogom.

#### 4.4 Uzorak varijabli

Pored utvrđivanja tjelesne kompozicije selektiranog uzorka, prostor motorike pokriven je setom varijabli iz područja fleksibilnosti mjerene goniometrom, dok su za utvrđivanje eksplozivnih svojstava korištene varijable za procjenu brzinsko-snažnih svojstava mišića. Za procjenu vertikalne komponente eksplozivne snage korišten je koncentrični skok (engl. *squat jump*) i skok sa pripremom (engl. *countermovement jump*), bez aktivnog angažmana gornjih ekstremiteta. Za procjenu eksplozivne snage tipa trčanja, korišten je specifični nogometni test sprinta, koji se provodio na distanci od petnaest metara (SP15M).

Kao set odabranih aktivacijskih vježbi, pod čijim su se tretmanom očekivale pozitivne promjene u rezultatima ostvarenim na zavisnim varijablama, selektirano je pet vježbi statičkog istežanja, izvedenih na uključenoj vibracijskoj platformi (VSI), i pet jednakih vježbi provedenih bez vibracijskog podražaja (SSI).

**Tablica 2.** Pregled selektiranih varijabli (antropometrija i motorika)

<b>Varijable za procjenu morfoloških karakteristika uzorka</b>		
1.	Tjelesna visina	TV
2.	Tjelesna masa	TM
3.	Procenat adipoznog tkiva	PAT
<b>Varijable za procjenu opsega pokreta</b>		
4.	Pasivna fleksija u zglobu kuka (test podizanja opružene noge)	FZK
5.	Pasivna ekstenzija u zglobu kuka (dominantna noga)	EZK
6.	Pasivna plantarna fleksija (dominantna noga)	PF
7.	Pasivna dorzalna fleksija (dominantna noga)	DF
<b>Varijable za procjenu brzinsko – eksplozivni svojstava</b>		
8.	Vertikalni koncentrični skok	KS
9.	Vertikalni ekscentrično – koncentrični skok	EKS
10.	Sprint test na 15 metara	S15M
<b>Aktivacijske varijable na vibracijskoj platformi</b>		
11.	Statičko istežanje u prednjem iskoraku	IPI
12.	Statičko istežanje u lateralnom čučanju	ILČ
13.	Statičko istežanje u položaju dorzalne fleksije stopala	IDF
14.	Statičko istežanje u položaju predklona	IUP
15.	Statičko istežanje u položaju stražnjeg iskoraka	IZI

#### 4.5 Mjerna aparatura

**Mjerenje tjelesne visine** – izvršeno je pomoću mehaničke vage (Astra scale 27310, Gima, IT) durabilnih karakteristika izrađene od metala s fiksnim mjeracom tjelesne visine, izuzetno pogodna za istovremeno uzimanje mjera tjelesne težine i tjelesne visine. Pomični krak može mjeriti visinu u rasponu od 75 do 200 centimetara, s točnošću od jednog milimetra.

**Mjerenje tjelesne kompozicije** – izvršeno je metodom bioelektrične impedance (BIA). BIA-metoda procjenjuje strukturu sastava tijela emitiranjem niske, sigurne doze struje kroz ljudski organizam. Za potrebe ovog testiranja korišten je model Tanita TBF-300, Japan. Kod ovog modela odvojeni zaslon moguće je postaviti na vidno mjesto, tako da i ispitanik može odmah imati uvid u dobivene parametre, a i moguće je svaki individualni rezultat dobiti u printanoj formi neposredno po završetku mjerenja.

**Mjerenje opsega pokreta** – izvršeno je pomoću goniometra (Baseline® Goniometers, 12-1240: 12", 360°, USA) napravljenog od providne plastike koja dopušta precizno promatranje u toku mjerenja. Glava od 360° na sebi ima tri mjerne jedinice kalibrirane sa ISOM (STFR – engl. *International Standards of Measurement*) sustavom. Jedan krak ima linearnu skalu, dok kutomjer može očitavati pomjeranja i do jednog stupnja.

Mjerenje brzinsko-eksplozivnih svojstava mišića izvršeno je pomoću dva elektronska instrumenta, koja rade na identičnoj tehnologiji – sustavu fotostanica.

**Microgate, OptoJump (single unit), IT** – omogućuje mjerenje performansi sportaša. Podaci koji mogu biti dobiveni jesu vrijeme kontakta stopala s podlogom, vrijeme leta provedeno u bespotpornoj fazi prilikom izvođenja skokova, vrijeme reakcije na audio-vizualni signal, specifična snaga (W/Kg), frekvencija skokova i utrošena energija (J).<sup>1</sup>

**Browsers Timing System, IRD-T175, USA** – predstavlja moderni elektronički sustav za precizno mjerenje vremena sa sportskih borilišta, uključujući najčešće atletske discipline tipa sprinterskog trčanja. Jednostavan za postaviti na atlešku stazu ili bilo koju drugu podlogu na kojoj treba izvršiti terensko testiranje.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <http://www.optojump.com/>

<sup>2</sup> <http://www.browertiming.com/>

## 4.6 Protokol testiranja

### 4.6.1 Protokol mjerenja morfoloških karakteristika

Sama tehnika mjerenja, kao i odabir varijabli za potrebe ovog istraživanja, podliježu pod međunarodni biološki program (IBP – engl. *International biological programme*). Prije samog početka mjerenja, izvršena je provjera točnosti mjernog instrumenta, a prema postavljenim zadacima istraživanja omogućeni su i tehnički uvjeti za preciznije mjerenje.

Osnovni antropometrijski testovi utvrđeni su prema standardiziranom postupku koji je preporučio Međunarodni biološki program (Mišigoj i sur., 2008):

Tjelesna visina (TV) testirana je antropometrom po Martinu (GPM, Švicarska) s točnošću od 0.1 cm. Ispitanici su stajali na ravnoj podlozi, težina tijela bila je jednako raspoređena na obje noge, ramena relaksirana, pete spojene, a glava postavljena u položaj tzv. frankfurtske horizontale.

Tjelesna masa (TM) i mjere sastava tijela su izmjerene pomoću “Tanita” (Tanita, Japan) vage koja određuje sastav tijela na principu bioelektrične impedancije.

Za potrebe ovog testiranja korišten je model TBF-300 pomoću kojeg su dobiveni parametri ispitivanog uzorka:

Total body weight / Ukupna tjelesna težina (TM) – ukupna tjelesna težina izražena u kilogramima (kg).

Body Fat Percentage / Postotak adipoznog tkiva (PAT) – predstavlja procenat adipoznog tkiva (%).

#### 4.6.2 Protokol testiranja opsega pokreta donjih ekstremiteta

Goniometrijskom metodom izmjerene su i varijable za procjenu pasivnog opsega pokreta donjih ekstremiteta, i to prema preuzetim protokolima (Berryman Reese i William D.; 2002)<sup>3</sup>. Važno je napomenuti je za potrebe ovog testiranja, a radi prirode samog sporta ispitanika (nogomet), mjeren opseg pokreta samo jednog (dominantnog) ekstremiteta.

**Pasivna plantarna fleksija stopala** – postavljanje goniometra kao i startni kut je u položaj kada je stopalo paralelno s potkoljenicom. Centar goniometra postavlja se na lateralni maleolus. Nakon poravnanja ispitaniku se stopalo pomjera maksimalno prema dole s prstima uperenim ka patosu, a potom se očitava i novoformirani kut u zglobu.



*Slika 3. Detaljni prikaz izvođenja testa za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije stopala*

<sup>3</sup> Nancy Berryman Reese; William D. Bandy; (2002); Joint Range of Motion and Muscle Length Testing; Publisher: Saunders (W.B.) Co LtdPublished: 2001; ISBN 13: 9780721689425 ISBN 10: 0721689426 (e-book).

**Pasivna dorzalna fleksija stopala** – ispitanik sjedi na ortopedskom stolu s nogama flektiranim u zglobu koljena u relaksiranom položaju. Centar goniometra postavlja se na lateralni maleolus. Fiksni krak postavlja se tako da se poravnava sa sredinom potkoljenice, dok se aktivni krak postavlja paralelno s metatarzalnom kosti pete. Bitno je napomenuti da je startni ili nulti kut u položaju kada je stopalo paralelno s potkoljenicom. Mjeritelj prati podizanje stopala ispitanika prema gore, a potom se vrši i očitavanje novoformiranog kuta.



*Slika 4. Detaljni prikaz izvođenja testa za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije stopala*

**Pasivna ekstenzija u zglobu kuka** – ispitanik se nalazi u ležećem položaju okrenut na trbuh. Mjeritelj locira veliki trohanter i lateralni epikondil femura. Centar goniometra postavlja se preko velikog trohantera, a potom se poravna fiksni krak goniometra s lateralnom stranom bedrene kosti. Aktivni krak se poravna s lateralnim epikondilom femura. Jedan mjeritelj stabilizira karlicu, a potom drugi mjeritelj podiže istu nogu savijenu u koljenu, do otpora. Prvi mjeritelj prati kretanje aktivnog kraka i očitava kut u odnosu na fiksni krak.



*Slika 5. Detaljni prikaz izvođenja testa za procjenu opsega pokreta u položaju ekstenzije kuka*



**Test podizanja opružene noge** – ispitanik se nalazi na u ležećem položaju okrenut na leđima. Mjeritelj palpacijom locira veliki trohanter i lateralni epikondil femura. Centar goniometra postavlja se preko velikog trohantera, a potom se poravnava fiksni krak goniometra s lateralnom stranom bedrene kosti. Aktivni krak se poravnava sa lateralnim epikondilom femura. Jedan mjeritelj stabilizira karlicu, dok drugi pomjera opruženu nogu ispitanika prema trupu dok se ne osjeti čvrsti mišićni otpor, ili do prijave osjećaja nelagodnosti kod ispitanika.



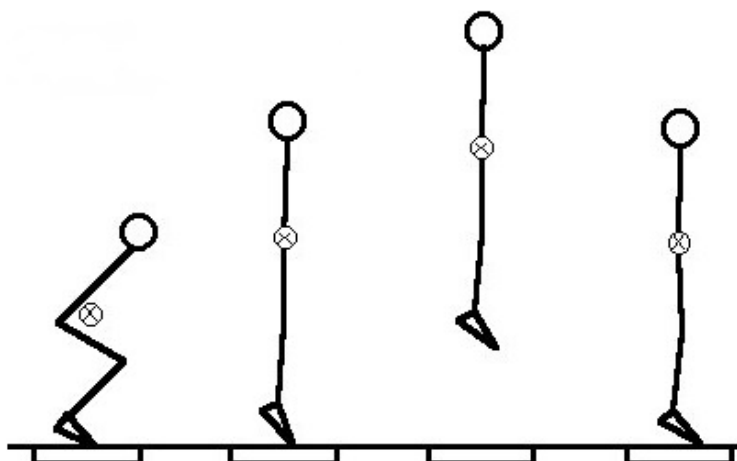
*Slika 6. Detaljni prikaz izvođenja testa za procjenu mišića stražnje strane natkoljenice (hamstringsa) (test podizanja opružene noge, eng. slr test )*

#### 4.6.3 Protokol testiranje brzinsko snažnih svojstava mišića donjih ekstremiteta

Protokol testiranja skokova korišten u ovoj studiji je preporučen od Bosco (1997) (prema Čanaki i sur., 2006). Jednokratni testovi eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti (skok iz čučnja, skok iz čučnja s pripremom) ponavljaju se u tri čestice, a nepravilno izveden skok se opetovao. Rezultat najboljeg pokušaja za oba skoka uzet je za daljnju analizu podataka.

**Koncentrični skok** - test procjenjuje eksplozivnu snagu donjih ekstremiteta u “koncentričnom režimu mišićnih kontrakcija”, najčešće u obliku visine skoka, mjerene u centimetrima. Pouzdanosti mjernog instrumenta izražena je intraklasnim koeficijentom korelacije (ICC), koji za ovaj test iznosi 0.97, i koeficijentom varijacije (CV), koji iznosi 3.3% (Marković i sur., 2004). Test je izvođen iz statičkog položaja, i to s nogama flektiranim u koljenima pod pravim kutom. Ruke ispitanika bile su fiksirane u položaju na kukovima, kako bi se pri izvedbi skoka njihovo djelovanje maksimalno izoliralo te time smanjio njihov utjecaj na sposobnost koja se ovim skokom i testira. Pri izvođenju ispitanik je stajao u uspravnoj poziciji nekoliko sekundi, a potom je uslijedilo sporo spuštanje u poziciju čučnja s kutom natkoljenice i potkoljenice od 90°. Nakon kratke faze mirovanja (1-2 sekunde) u poziciji čučnja uslijedio je maksimalan vertikalni skok (koncentrična faza), a potom i doskok s blagom fleksijom u koljenima, te ponovno zauzimanje početne pozicije. Svrha testa bila je procijeniti koncentričnu komponentu eksplozivnosti donjih ekstremiteta.<sup>4</sup>

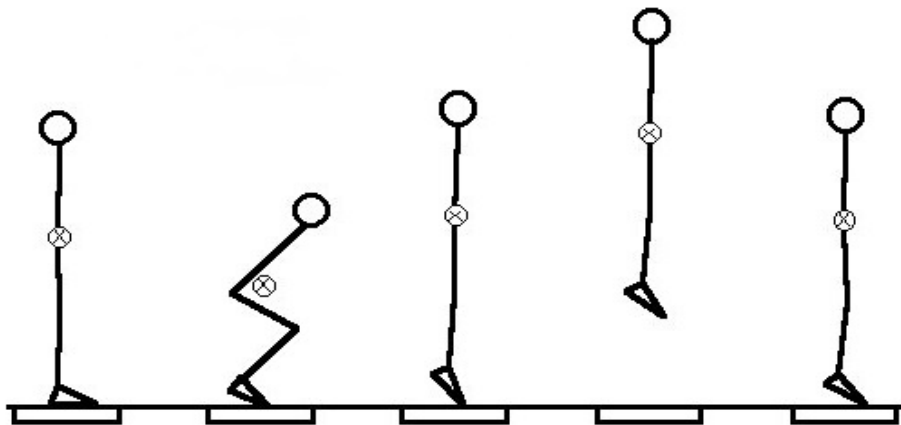
*Slika 7. Tehnika izvođenja koncentričnog skoka po fazama*



<sup>4</sup> Markovic, Goran; Dizdar, Dražan; Jukic, Igor; Cardinale, Marco Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests; Journal of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publish; Aug2004, Vol. 18 Issue 3, p551)

**Ekscentrično-koncentrični skok** - procjenjuje eksplozivnu snagu donjih ekstremiteta “u ekscentrično koncentričnom režimu mišićnih kontrakcija” nerijetko u obliku visine skoka mjerene u centimetrima (cm). Pouzdanost mjernog instrumenta izražena je intraklasnim koeficijentom korelacije (ICC), koji iznosi 0.98, i koeficijentom varijacije (CV), koji iznosi 2.8% (Marković i sur., 2004). Prilikom izvođenja ovog skoka kao i kod predhodnog, ruke ispitanika bile su izolirane u položaju na kukovima kako bi se smanjio njihov utjecaj na sposobnost koja se testira. Prema protokolu izvođenja, svaki ispitanik je stajao u uspravnoj poziciji nekoliko sekundi, a potom se brzo spuštao u poziciju čučnja (ekscentrična faza), s kutom natkoljenice i potkoljenice od 90°, nakon čega bi brzo i bez stanke, uslijedilo izvođenje maksimalnog vertikalnog skoka (koncentrična faza). Prilikom završetka svakog pojedinačnog skoka, ispitanik bi ponovo zauzimao početnu poziciju koja je označavala kraj izvedbe predhodnog skoka, kao i početak izvođenja narednog skoka sa pripremom.<sup>5</sup>

*Slika 8. Tehnika izvođenja ekscentrično-koncentričnog skoka po fazama*



**Maksimalni sprint na 15 metara** – jedan od specifičnih testova nogometaša podrazumijevao je izvođenje maksimalnog sprinta s već unaprijed definiranom distancom od petnaest metara. Cilj ovog testa, bio je da se na osnovu postignutog rezultata, procijeni sposobnost ubrzanja na zadanoj distanci. Nakon pripremnih radnji, test se provodio na već utvrđenoj distanci, a startna pozicija bila je standardizirana. Uvijek se startalo iz stacionirane pozicije (visoki start), sa stopalom iza startne linije, bez pripremnih kretnji. Svaki ispitanik izvodio je test u tri repeticije, a najbolji rezultat je selektiran je za daljnju analizu.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Markovic, Goran; Dizdar, Drazan; Jukic, Igor; Cardinale, Marco *Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests*; Journal of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publish; Aug2004, Vol. 18 Issue 3, p551

<sup>6</sup> Marković, Goran; Bradić, Asim. *Nogomet - integralni kondicijski trening*. Zagreb, 2008. godine

#### 4.7 Statističke analize

Svi dobijeni rezultati obrađeni su programskim paketom SPSS 20 za Microsoft Windows platformu (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Za sve zavisne varijable i u svim mjerenjima izračunati su standardni deskriptivni parametri: aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD). U svrhu operacionalizacije podataka ovog istraživanja korišteno je nekoliko različitih analiza. Za potrebe akutnog dijela studije korišten je Studentov t-test uparenih uzoraka, dok je za kronični dio korištena Kombinirana analiza varijance (vrijeme x skupina). Normalitet distribucije testiran je Shapiro-Wilks testom, a razina statističke značajnosti podešena je na  $p \leq 0.05$ .

## 5. REZULTATI

Dobiveni rezultati prikazani su logičkim redoslijedom, odnosno u skladu s dizajnom studije, a koji se odnosi na utvrđivanje akutnih i kroničnih učinaka vibracijskog treninga. Za procjenu normalnosti distribucije korišten je Shapiro-Wilks test, a obzirom na dobivene vrijednosti, moguće je konstatirati da su rezultati na svim ovisnim varijablama za obje skupine normalno distribuirani ( $p > 0.05$ ). Obzirom da su rezultati normalno distribuirani, rezultati SW testa nisu pojedinačno predstavljeni.

Za potrebe akutnog dijela studije korišten je Studentov t-test uparenih uzoraka. U longitudinalnom dijelu studije razlike u veličini ostavrenih promjena u svim ovisnim varijablama između skupina analizirane su kombiniranom analizom varijance (skupina x vrijeme) za ponovljena mjerenja, s tim da su promjene u ovisnim varijablama između inicijalnog i finalnog mjerenja u svakoj skupini analizirane t-testom za ovisne uzorke. S ciljem utvrđivanja postojanja inicijalnih razlika između tretmanskih skupina, upotrebljena je Multivarijacijska analiza varijance (MANOVA).

Obzirom na vrijednosti testa,  $F(.674)$ ,  $p > .0005$ ; Wilks'  $\Lambda = .674$ ; partial  $\eta^2 = .208$  moguće je konstatirati da ne postoji značajna razlika između dvije tretmanske skupine na inicijalnom mjerenju. Stoga se razlike u veličini učinaka pojedinih tretmana između skupina mogu pripisati upravo razlikama u provedenim tretmanima.

### 5.1 Rezultati akutnog dijela studije (akuti učinci vibracijskog treninga)

U tablici 3. prezentirani su osnovni deskriptivni parametri (SV i SD) za svaku ovisnu varijablu izmjerenu neposredno nakon SSI i VSI protokola. U tablici 3. su također i indirektno preračunate razlike u ovisnim varijablama (izmjerenih neposredno nakon dva primjenjena protokola) izražene u procentima, uz pridodane vrijednosti provedenog t-testa.

**Tablica 3.** Srednje vrijednosti (SV), standardne devijacije (SD) ispitanika za sve ovisne varijable nakon oba protokola. Veličina ostvarenih učinaka nakon SSI i VSI protokola (%), uz vrijednosti T-testa (razina statističke značajnosti: (\* $p < 0.05$ ))

SSI protokol / post-test rezultati (n=34) SV ± SD		VSI protokol / post-test rezultati (n=34) SV ± SD		Neto razlike u učincima SSI i VSI
<b>FZK</b>	95.6 ± 6.7	<b>VFZK</b>	100.4 ± 13.7	5%*
<b>EZK</b>	27.8 ± 2.7	<b>VEZK</b>	30.6 ± 3.5	10%*
<b>PF</b>	47.9 ± 3.7	<b>VPF</b>	51.4 ± 3.4	7.3%*
<b>DF</b>	19.7 ± 1.6	<b>VDF</b>	26.1 ± 2.9	32.4%*
<b>KS</b>	32.6 ± 4.2	<b>VKS</b>	33.4 ± 3.9	2.4%
<b>EKS</b>	34.6 ± 4.0	<b>VEKS</b>	35.0 ± 3.9	1.1%
<b>S15M</b>	2.49 ± 0.11	<b>VS15M</b>	2.48 ± 0.10	0.40%

Iz tablice 3. primjetno je da prosječni rezultati na setu varijabli za procjenu pasivnog opsega pokreta donjih ekstremiteta, izmjereni neposredno nakon VSI protokola, ukazuju na više vrijednosti u odnosu na identične varijable mjerene neposredno (jedan minut) nakon SSI protokola. Istovremeno, rezultati na varijablama za procjenu mišićne funkcije između oba protokola očituju se s minornim razlikama. T-testom uparenih uzoraka procijenjen je utjecaj samo jedne sesije VSI protokola (vježbi statičkog istezanja uz vibraciju), na sve ovisne varijable u odnosu na samo jednu sesiju SSI protokola (vježbe istezanja bez vibracije), na jednakom uzorku ispitanika.

T-testom tvrđeno je postojanje značajnih razlika na varijablama za procjenu opsega pokreta donjih ekstremiteta, mjerenih neposredno nakon primjene VSI protokola, u odnosu na prosječne vrijednosti jednakih varijabli mjerenih nakon primjene SSI protokola. Budući da su svi rezultati na varijablama za procjenu fleksibilnosti pokazali vrijednosti *alfa* manje od zadanog kriterija ( $p < 0.05$ ), moguće je konstatirati da nastala razlika nije proizvod slučajne razlike, nego sustavnog i namjernog utjecaja tretmana, u ovom slučaju vibracijskog treninga cijelog tijela primjenjenog na vježbe statičkog istezanja donjih ekstremiteta. Na varijablama za procjenu visine skokova i brzine trčanja, t-testom uparenih uzoraka nije utvrđeno postojanje značajnih finalnih razlika između dva primjenjena protokola ( $p > 0.05$ ).

## 5.2 Rezultati longitudinalnog dijela studije (kronični učinci vibracijskog treninga)

U tablici 4. dati su deskriptivni parametri koji se odnose na prosječne vrijednosti (SV) i standardne devijacije (SD) svih ispitanika u obje skupine (SSI i VSI), za sve ovisne varijable izmjerene u inicijalnom i finalnom mjerenju. U istoj tablici date su i indirektno preračunate veličine ostvarenih učinaka prema skupinama, izražene u procentima (%).

Tablica 4. Prosječne vrijednosti (Mean) i standardne devijacije (SD) svih ispitanika u obje skupine za sve ovisne varijable u inicijalnom i finalnom mjerenju. T-test inicijalnog i finalnog stanja te veličina ostvarenih učinaka po skupinama (%) (razina statističke značajnosti: (\*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$ . \*\*\*  $p < 0.001$ )

Varijable	Standardna skupina (SSI)					Vibracijska skupina (VSI)				
	Inicijalno		Finalno		Učinci	Inicijalno		Finalno		Učinci
	SV	SD	SV	SD	pre-post (t - test)	SV	SD	SV	SD	pre-post (t - test)
KS	31.3	3.2	34.9	2.9	11.5%**	33.2	4.6	37.1	4.2	11.7%*
EKS	34.1	3.4	35.9	3.2	5.2%	34.4	4.6	38.1	4.5	10.7%*
S15M	2.52	0.09	2.41	0.05	4.4%**	2.51	0.10	2.35	0.08	6.4%***
FZK	93.2	6.9	106.3	6.0	14%**	96.9	6.7	118.6	4.3	22.3%***
EZK	27.2	2.5	32.2	2.0	18.3%***	27.7	2.8	37.4	1.6	35%***
PF	48.3	2.8	54.9	1.5	13.6%***	49.3	3.0	56.5	1.6	14.6%***
DF	19.2	1.5	23.5	3.4	22.3%***	19.9	1.8	26.3	3.9	32.1%***

Iz tablice 4. vidljivo je da su obje skupine (SSI i VSI) ostvarile određeni napredak između dva testna perioda (pre-post). Promatrajući pojedinačno može se konstatirati da na varijablama za procjenu brzinsko-snažnih sposobnosti donjih ekstremiteta, eksperimentalna skupina (VSI) bilježi nešto veća poboljšanja u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja u odnosu na SSI skupinu, te da je na svim varijablama kod obje skupine utvrđena značajna promjena, osim u varijabli ekscentrično koncentričnog skoka (EKS) kod standardne skupine, gdje taj napredak nije bio statistički značajan ( $p > 0.05$ ).

Promatrajući varijable za procjenu pasivnog ospega pokreta donjih ekstremiteta, uočljiv je statistički značajan napredak u svim testiranim varijablama kod obje skupine u periodu prije i poslije sprovedenog tretmana. Komparacijom ostvarenih učinaka (pre-post) uočljivo je da je VSI skupina na svim promatranim varijablama za procjenu opsega pokreta donjih ekstremiteta bilježila nešto viši pozitivni prirast rezultata u odnosu na SSI skupinu.

Kombiniranom analizom varijance (skupina x vrijeme) testiran je utjecaj dva različita programska tretmana (SSI i VSI) na rezultate ovisnih varijabli, mjerenih u dva vremenska perioda (prije i poslije intervencije).

*Tablica 5. Rezultati Kombinirane analize varijance (2x2 Mixed ANOVA) - faktori skupina, vrijeme i interakcija faktora skupina x vrijeme za sve ovisne varijable. Predstavljene su pripadajuća F vrijednost, razina statističke značajnosti (Sig) i veličina (jačina) ostvarenih razlika ( $\eta^2$ )*

VSI i SSI skupina (prije i poslije tretmana)									
Varijabla	Skupina			Vrijeme			Skupina x vrijeme		
	F	Sig	$\eta^2$	F	Sig	$\eta^2$	F	Sig	$\eta^2$
<b>KS</b>	3.016	.095	.112	19.654	<b>.000</b>	.450	.033	.856	.001
<b>EKS</b>	.974	.334	.039	8.451	<b>.008</b>	.260	.976	.333	.260
<b>S15M</b>	1.201	.284	.048	51.231	<b>.000</b>	.681	1.867	.185	.072
<b>FZK</b>	12.897	<b>.001</b>	.350	511.454	<b>.000</b>	.955	31.127	<b>.000</b>	.565
<b>EZK</b>	12.450	<b>.002</b>	.342	407.910	<b>.000</b>	.944	43.435	<b>.000</b>	.644
<b>PF</b>	3.377	.079	.123	147.050	<b>.000</b>	.860	.290	.595	.012
<b>DF</b>	17.695	<b>.000</b>	.424	183.862	<b>.000</b>	.885	24.874	<b>.000</b>	.509

Interakcija faktora (skupina x vrijeme) pokazuje da su promjene u skupinama unutar dvije vremenske točke različite. Pregledom rezultata (tablica 5.) može se konstatirati da je došlo do statistički značajne interakcije na tri ovisne varijable za procjenu pasivnog opsega pokreta donjih ekstremiteta (FZK: fleksija u zglobovima kuka; EZK: ekstenzija u zglobovima kuka; DF: dorzalna fleksija).

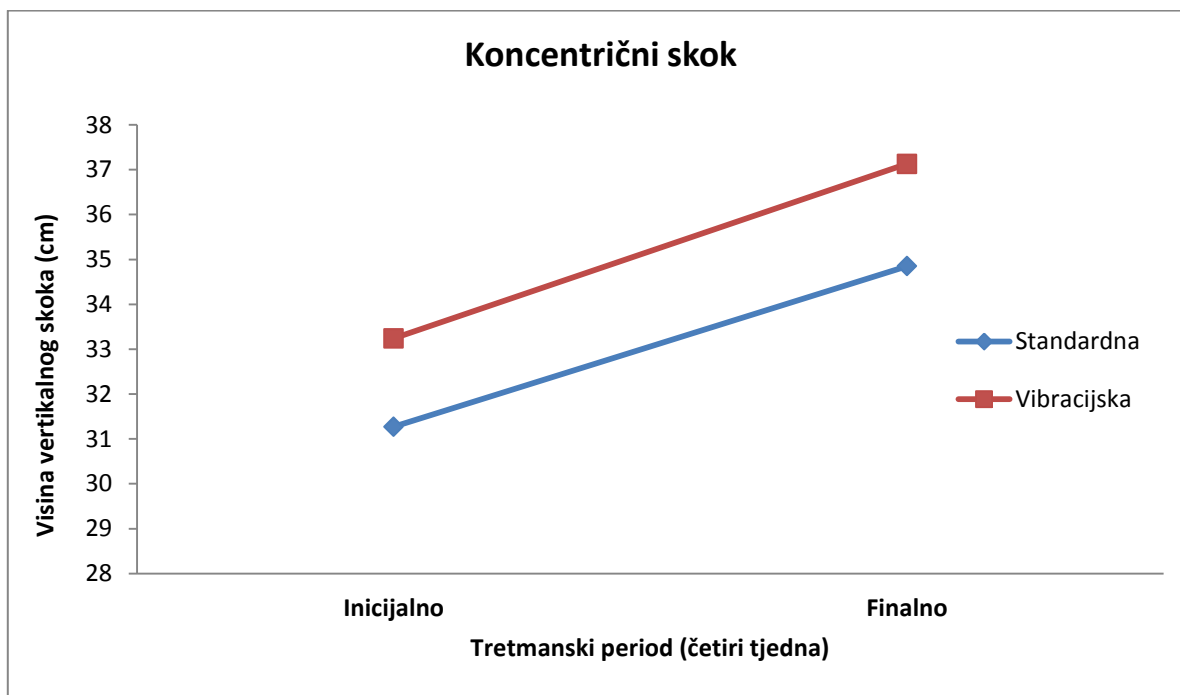
Nadalje, na varijablama za procjenu brzinsko snažnih svojstava (KS: koncentrični skok; EKS: ekscentrično-koncentrični skok; S15M: sprint na 15 metara), utvrđen je samo glavni utjecaj vremena (prije i poslije intervencije), pri čemu su kod obje skupine (SSI i VSI) zabilježena poboljšanja rezultata u periodu između inicijalnog i finalnog vremena, osim kod standardne skupine na varijabli za procjenu visine vertikalnog ekscentrično – koncentričnog skoka.

Identična situacija je i sa varijablom za procjenu pasivnog opsega pokreta stopala (PF: opseg pokreta u položaju plantarne fleksije), kod koje je utvrđen samo značajan osnovni utjecaj faktora “vrijeme“, pri čemu je kod obje skupine (SSI i VSI) zabilježeno značajno poboljšanje rezultata na promatranoj varijabli u periodu između inicijalnog i finalnog perioda.



## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu eksplozivne snagu tipa skoka u koncentričnim uvjetima

*Grafikon 1. Grafički prikaz učinaka u eksplozivnoj snazi donjih ekstremiteta koncentričnog karaktera između inicijalnog i finalnog mjerenja kod analiziranih skupina nakon četverotjednog eksperimentalnog tretmana*



Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 1. gdje su prikazani položaji skupina obzirom na prosječne vrijednosti rezultata u varijabli za procjenu eksplozivne snage tipa skoka, mjenog u koncentričnim uvjetima mišićne kontrakcije.

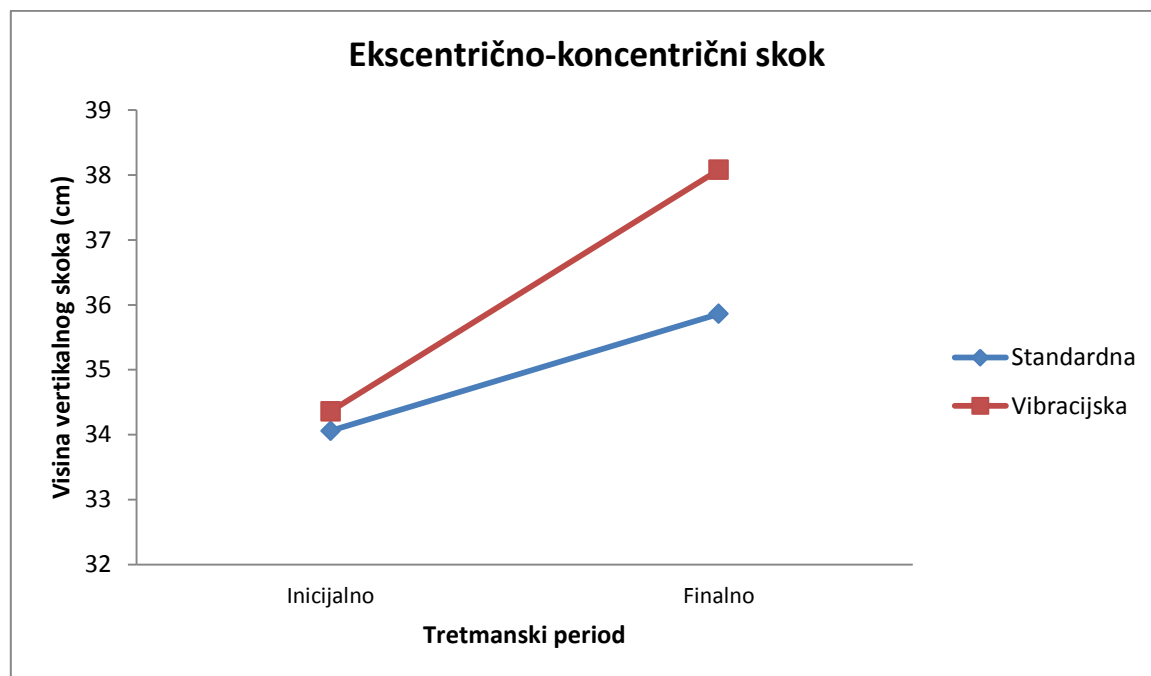
Uvidom u tablicu 4. i grafikon 1. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli koncentričnog skoka (KS) s  $31.3 \pm 3.2$  cm na  $34.9 \pm 2.9$  cm, odnosno za 3.6 cm, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 11.5%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.01$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se s  $33.2 \pm 4.6$  cm na  $37.1 \pm 4.2$  cm, odnosno za 3.9 cm, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 11.7%, sa utvrđenom značajnom razlikom između inicijalnog i finalnog mjerenja ( $p < 0.05$ ).

Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za 0.3 cm.

## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu eksplozivne snage tipa skoka u ekscentrično-koncentričnim uvjetima

*Grafikon 2. Grafički prikaz učinaka u eksplozivnoj snazi donjih ekstremiteta ekscentrično-koncentričnog karaktera između inicijalnog i finalnog mjerenja kod analiziranih skupina nakon četverotjednog eksperimentalnog tretmana*

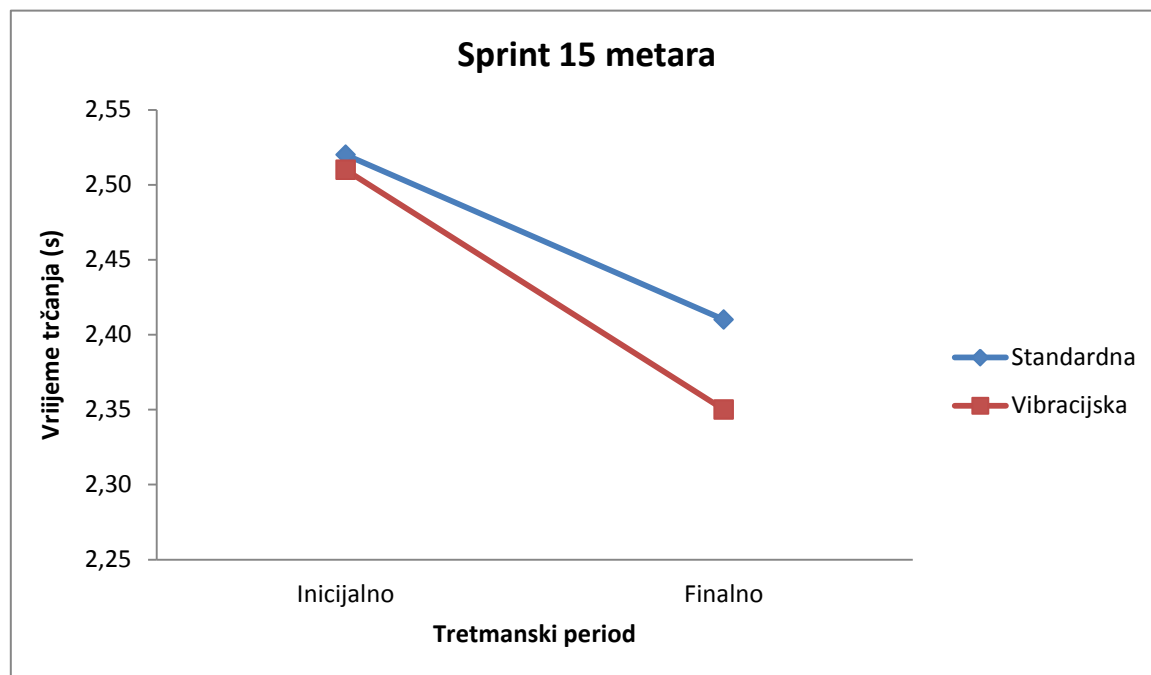


Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 2. gdje su prikazani položaji skupina obzirom na prosječne vrijednosti rezultata u varijabli za procjenu eksplozivne snage tipa skoka u ekscentrično-koncentričnim uvjetima. Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu visine ekscentrično-koncentričnog skoka za obje skupine pozitivno mjenjali u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja, odnosno prije i poslije provedenih tretmana.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 2. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli ekscentrično-koncentričnog skoka (EKS) s  $34.1 \pm 3.4$  cm na  $35.9 \pm 3.2$  cm, odnosno za 1.8 cm, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 5.2%, a ostvareni učinak između inicijalnog i finalnog stanja u ovoj ovisnoj varijabli nije statistički značajan. Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se s  $34.4 \pm 4.6$  cm na  $38.1 \pm 4.5$  cm, odnosno za 3.7 cm, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 10.7%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.05$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za 1.9 cm.

**Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu brzine sprinta na 15 metara**

**Grafikon 3.** Grafički prikaz učinaka na brzinu sprinta na 15 m između inicijalnog i finalnog mjerenja kod analiziranih skupina nakon četverotjednog eksperimentalnog tretmana



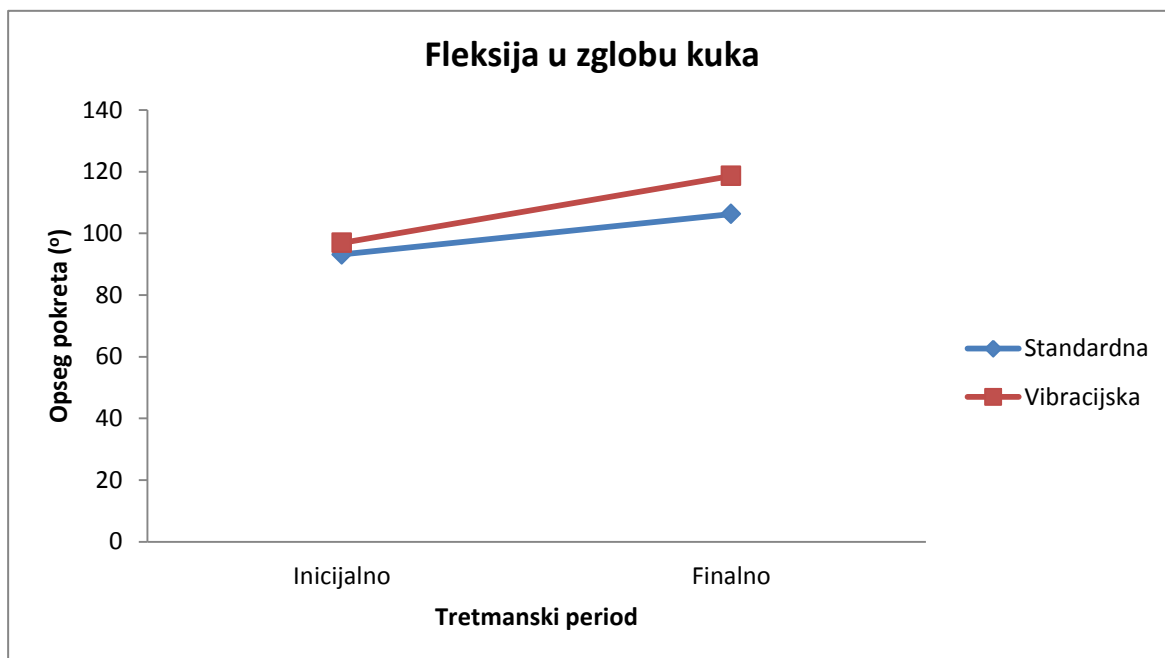
Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 3. gdje su precizno prikazani položaji skupina obzirom na srednje vrijednosti rezultata ostvarenih na varijabli za procjenu brzine sprinta na distanci od 15 metara. Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu brzine trčanja za obje skupine (SSI i VSI) mijenjali u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 3. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli sprint na 15 metara (S15M) sa  $2.52 \pm 0.09$  s na  $2.41 \pm 0.05$  s, odnosno za 0.11 s, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 4.4%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.01$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se sa  $2.51 \pm 0.10$  s na  $2.35 \pm 0.08$  s, odnosno za 0.16 s, što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 6.4%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za 0.05 s.

## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju fleksije zgloba kuka – FZK

**Grafikon 4.** Grafički prikaz ostvarenih učinaka na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju fleksije zgloba kuka (test podizanja opružene noge) između analiziranih skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju.



Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 4., gdje su prikazani položaji skupina obzirom na prosječne vrijednosti izmjerene na varijabli za procjenu opsega pokreta pri položaju pasivne fleksije noge u zglobu kuka (FZK).

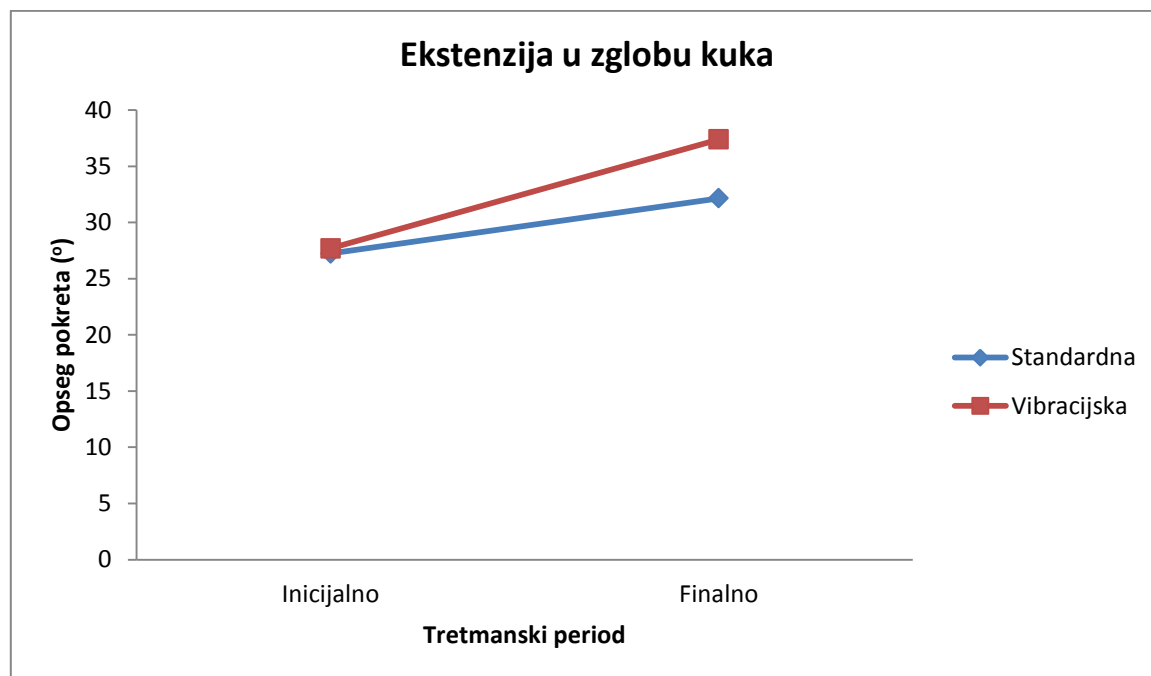
Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu pasivnog opsega pokreta noge u navedenom položaju, za obje skupine mjenjali između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 4. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli za procjenu fleksije u zglobu kuka (FZK) sa  $93.2 \pm 6.9^\circ$  na  $106.3 \pm 6.0^\circ$ , odnosno za  $13.1^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 14%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.01$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se sa  $96.9 \pm 6.7^\circ$  na  $118.6 \pm 4.3^\circ$ , odnosno za  $22^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 22.3%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je značajna ( $p < 0.001$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za  $8.9^\circ$ .

## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju ekstenzije u zglobu kuka – EZK

*Grafikon 5. Grafički prikaz ostvarenih učinaka na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju ekstenzije zgloba kuka između analiziranih skupina na inicijalnom i finalom mjerenju*



Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 5., gdje su prikazani položaji skupina obzirom na srednje vrijednosti izmjerene na varijabli za procjenu opsega pokreta pri položaju pasivne ekstenzije noge u zglobu kuka (EZK).

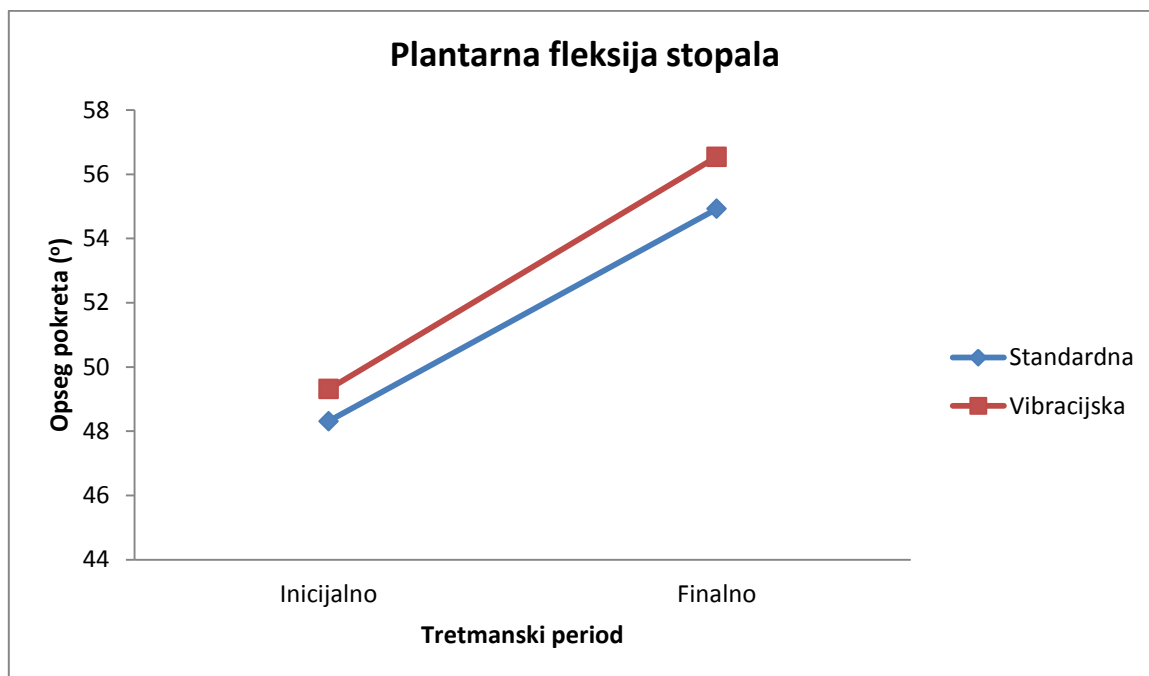
Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu pasivnog opsega pokreta noge u navedenom položaju, za obje skupine pozitivno mijenjali u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 5. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli za procjenu pasivne ekstenzije u zglobu kuka (EZK) sa  $27.2 \pm 2.5^\circ$  na  $32.2 \pm 2.0^\circ$ , odnosno za  $5^\circ$ , što bi preračunato u procentima iznosilo 18.3%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se sa  $27.7 \pm 2.8^\circ$  na  $37.4 \pm 1.6^\circ$ , odnosno za  $9.7^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 35%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za  $4.7^\circ$ .

## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije stopala –PF

*Grafikon 6. Grafički prikaz ostvarenih učinaka na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije između analiziranih skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju.*



Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 6., gdje su prikazani položaji skupina obzirom na prosječne vrijednosti rezultata na varijabli za procjenu kuta u položaju plantarne fleksije stopala (PF).

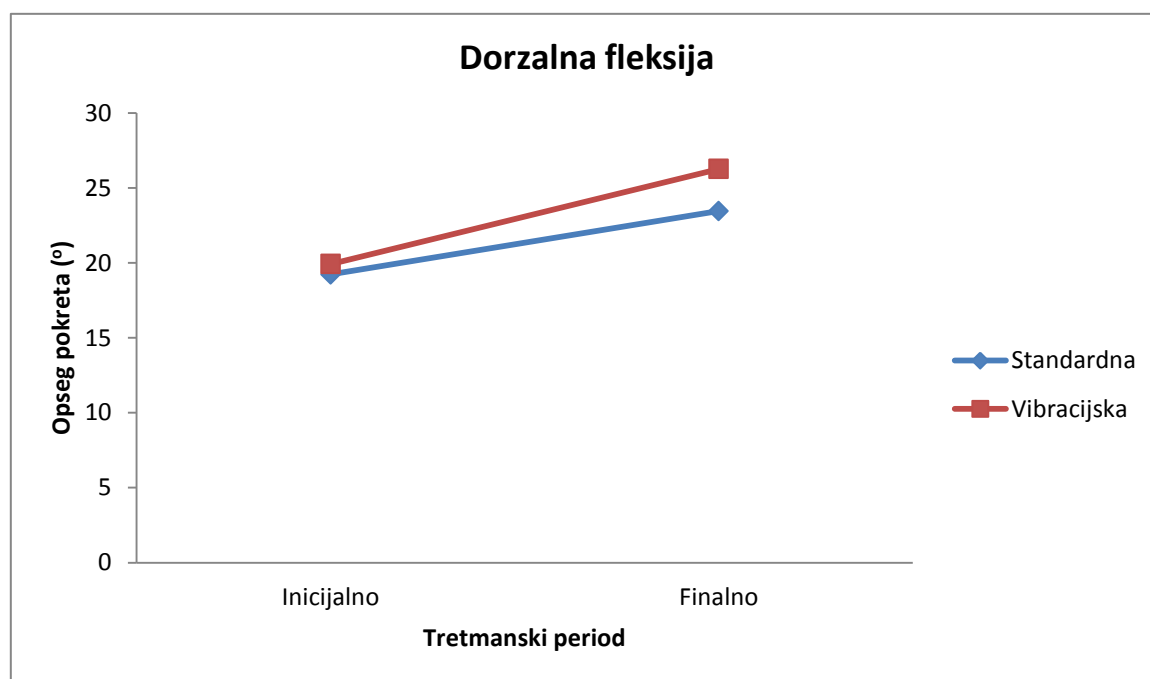
Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije stopala, za obje skupine pozitivno mijenjali u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 6. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli pasivne plantarne fleksije stopala (PF) sa  $48.3 \pm 2.8^\circ$  na  $54.9 \pm 1.5^\circ$ , odnosno za  $6.6^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 13.6%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se sa  $49.3 \pm 3.0^\circ$  na  $56.5 \pm 1.6^\circ$ , odnosno za  $7.2^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 14.6%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za  $0.6^\circ$ .

## Položaji skupina (pre-post) na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije stopala –DF

*Grafikon 7. Grafički prikaz ostvarenih učinaka na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije između analiziranih skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju*



Jasniji prikaz skupina na inicijalnom i finalnom mjerenju dat je u grafikonu 7. gdje su prikazani položaji skupina obzirom na prosječne vrijednosti izmjerene na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije stopala (DF).

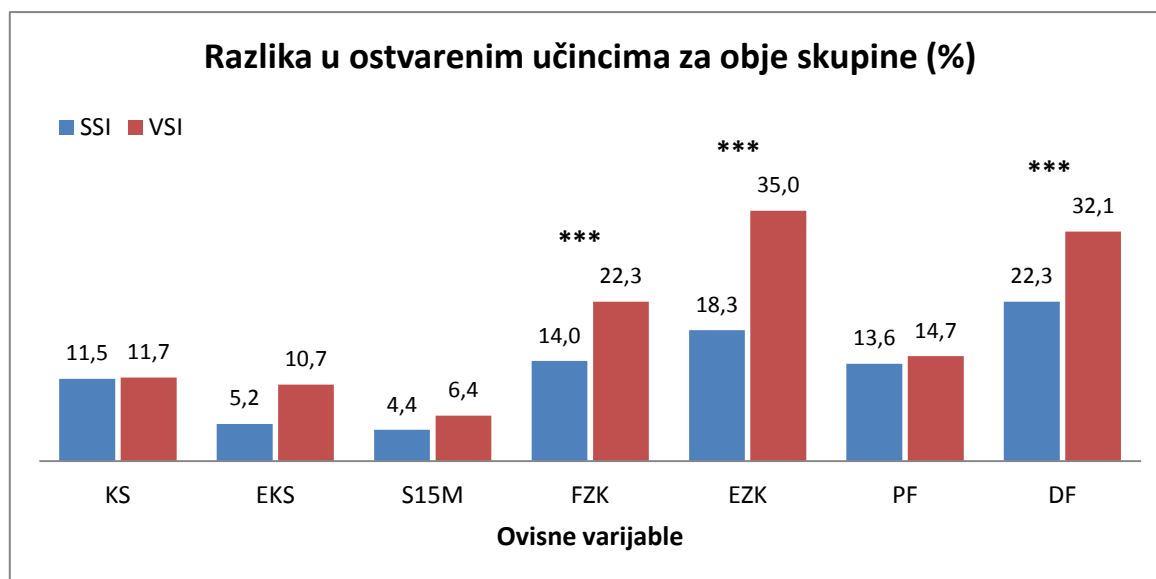
Površinskim pregledom moguće je konstatirati da su se rezultati na varijabli za procjenu opsega pokreta stopala, u navedenom položaju za obje skupine pozitivno mijenjali u periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Uvidom u tablicu 4. i grafikon 7. uočava se poboljšanje rezultata STANDARDNE (SSI) skupine u varijabli za procjenu pasivne dorzalne fleksije stopala (DF) sa  $19.2 \pm 1.5^\circ$  na  $23.5 \pm 3.4^\circ$ , odnosno za  $4.3^\circ$ , što bi preračunato u procentima iznosilo 22.3%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ).

Rezultati VIBRACIJSKE (VSI) skupine u ovoj varijabli poboljšali su se sa  $19.9 \pm 1.8^\circ$  na  $26.3 \pm 3.9^\circ$ , odnosno za  $6.4^\circ$ , što bi indirektno preračunato u procentima iznosilo 32.1%, a veličina ostvarenih učinaka između inicijalnog i finalnog stanja je statistički značajna ( $p < 0.001$ ). Komparacijom rezultata, uočava se i da su promjene u ovoj ovisnoj varijabli veće u VIBRACIJSKOJ (VSI) skupini u odnosu na STANDARDNU (SSI) skupinu za  $2.1^\circ$ .

## Razlike u veličini ostvarenih promjena između vibracijske i standardne skupine

Grafikon 8. Veličina promjena (%) u snazi, brzini sprinta i u opsegu pokreta kod analiziranih skupina nakon četverotjednih tretmana (\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ )



Analiza ostvarenih učinaka između standardne (SSI) i vibracijske (VSI) skupine prikazana je na grafikonu 8. i tablici 5. Detaljnim uvidom se uočava da su učinci vibracijske skupine (VSI) statistički značajno veći od učinaka standardne skupine (SSI) u tri promatrane varijable za procjenu pasivnog ospega pokreta (FZK, EZK, DF).

Naime, rezultati kombinirane analize varijance za ponovljena mjerenja (interakcija faktora “skupina x vrijeme”) pokazuju da su ostvareni učinci na pasivni ospeg pokreta donjih ekstremiteta (fleksija u i ekstenzija u zglobu kuka, dorzalna fleksija) statistički značajno veći na razini ( $p < 0.001$ ) kod vibracijske skupine (VSI) u odnosu na ostvarene učinke standardne skupine (SSI). FZK;  $F(1,24) = 31.127$   $p = .000$  parcijalno  $\eta^2 = .567$ ; EZK;  $F(1,24) = 43.435$   $p = .000$  parcijalno  $\eta^2 = .644$ ; DF  $F(1,24) = p = .000$  parcijalno  $\eta^2 = .509$ .

Analiza razlika u veličini ostvarenih učinaka između (VSI) i (SSI) skupine pokazuje da ne postoji statistička značajnost ( $p > 0.05$ ) u veličini ostvarenih učinaka na brzinu sprinta na 15 metara, visinu vertikalnih skokova, kao i na opseg pokreta u položaju plantarne fleksije.

Naime, rezultati kombinirane analize varijance na varijablama za procjenu visine vertikalnih skokova (skupina x vrijeme) pokazuju vrijednosti KS:  $F(1,24) = 0.33$   $p = .856$ , parcijalno  $\eta^2 = .001$ , te za ekscentrično koncentrični skok EKS;  $F(1,24) = .976$   $p = .333$ , parcijalno  $\eta^2 = .260$ . Nadalje, na varijabli sprinta, također nije utvrđena značajna interakcija (S15M;  $F(1,24) = 1.867$   $p = .185$ , parcijalno  $\eta^2 = .072$ ).



## 6. RASPRAVA

### 6.1 Rasprava o akutnim učincima na opseg pokreta i mišićnu funkciju

Cilj je akutnog dijela studije bio da se utvrde neposredni učinci vibracijskog treninga cijelog tijela, primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, na poboljšanje opsega pokreta i mišićne funkcije nogometaša, u odnosu na identične vježbe statičkog istezanja izvođene bez uporabe vibracija. U tom smislu postavljene su i dvije hipoteze, a u prvoj radnoj hipotezi ( $H_1$ ) očekivalo se da će primjena vibracija cijelog tijela u vježbama statičkog istezanja, izazivati značajno veća akutna poboljšanja na varijablama za procjenu pasivnog opsega pokreta donjih ekstremiteta, u odnosu jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.

U drugoj radnoj hipotezi ( $H_2$ ) očekivalo se da će primjena vibracija cijelog tijela, u vježbama statičkog istezanja, izazivati značajno veća akutna poboljšanja na varijablama za procjenu mišićne funkcije donjih ekstremiteta nogometaša, u odnosu jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija. Rezultati akutnog dijela studije, potvrđuju prvu radnu hipotezu ( $H_1$ ), dok su rezultati na varijablama za procjenu mišićne funkcije doveli do odbacivanja druge hipoteze ( $H_2$ ).

Naime, rezultati provedenog t-testa demonstrirali su da je vibracijski protokol (VSI) u akutnim postavkama doprinio znatnom trenutnom poboljšanju rezultata na varijablama za procjenu opsega pokreta mišića donjih ekstremiteta, u odnosu na standardni (SSI) protokol (statičkog istezanja bez primjene vibracija). Međutim, na varijablama za procjenu mišićne funkcije (vertikalni skokovi i sprint) nisu utvrđene statistički značajne razlike između primjenjenih protokola (SSI i VSI).

Na varijabli za procjenu pasivne fleksije u zglobu kuka utvrđene su značajne razlike između dva aplicirana protokola (SSI  $95.6 \pm 6.7^\circ$  / VSI  $100.4 \pm 13.7^\circ$ ), sa ukupnom neto razlikom od 5% u korist VSI protokola. Potom, na varijabli za procjenu pasivne ekstenzije u zglobu kuka, identična je situacija kao i na predhodnoj varijabli (SSI  $27.8 \pm 2.7^\circ$  / VSI  $30.6 \pm 3.4^\circ$ ), sa ukupnom neto razlikom od 10% u korist VSI protokola.

Na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije dobiveni rezultati idu u korist vibracijskog protokola (SSI  $47.9 \pm 3.7^\circ$  / VSI  $51.4 \pm 3.4^\circ$ ), sa značajnom razlikom od 7.3% za vibracijski protokol. Podjednako je i sa rezultatima na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije (SSI  $19.7 \pm 1.6^\circ$  / VSI  $26.1 \pm 2.9^\circ$ ), s ukupnom razlikom od 32.4%, u korist vibracijskog protokola.

Rezultati akutnog dijela koji se bavio utvrđivanjem neposrednih učinaka vibracijskog treninga cijelog tijela primjenjenog u vježbama statičkog istezanja na poboljšanje mišićne funkcije donjih ekstremiteta, mjerenih kroz varijable za procjenu brzine trčanja, kao i eksplozivne snage tipa skokova (koncentrični i ekscentrično-koncentrični vertikalni skok), ukazuju na postojanje određenih razlika između apliciranih protokola na svim promatranim varijablama.

Naime, rezultati na varijabli koncentričnog skoka (KS), ukazuju na postojanje razlika između standardnog (SSI =  $32.6 \pm 4.2$  cm) i vibracijskog protokola (VSI =  $33.4 \pm 3.9$  cm). Indirektno preračunata ukupna razlika od 2.4% ide u korist vibracijskog protokola. Rezultati za procjenu visine ekscentrično-koncentričnog skoka (EKS) bilježe niže finalne vrijednosti standardnog (SSI =  $34.6 \pm 4.0$  cm) u odnosu na finalne (post test) vrijednosti vibracijskog protokola (VSI =  $35.0 \pm 3.9$  cm), sa ukupnom neto razlikom od 1.1% u korist VSI protokola. Rezultati na varijabli sprinta (S15M), pokazuju identične post vrijednosti nakon provedbe obaju protokola (SSI  $2.49 \pm 0.11$  s ; VSI  $2.49 \pm 0.10$  s).

Međutim, t-testom uparenih uzoraka nije utvrđeno postojanje značajnih finalnih razlika na promatranim varijablama za procjenu eksplozivne snage tipa trčanja i vertikalnih skokova, bez obzira testiraju li se oni u koncentričnim ili ekscentrično-koncentričnim uvjetima mišićne kontrakcije. Pregledom dobivenih rezultata moguće je konstatirati da vibracije cijelog tijela primjenjene u vježbama statičkog istezanja, u akutnim postavkama nisu doprinjele znatnom akutnom poboljšanju mišićne funkcije donjih ekstremiteta nogometaša, u odnosu na jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija.

Promatrajući dobivene rezultate ove studije postavlja se opravdano pitanje, zbog čega su vibracije cijelog tijela, primjenjene u vježbama statičkog istezanja izazvale značajne akutne pozitivne učinke na opseg pokreta, ali ne i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta nogometaša.

Prije daljnjeg diskutiranja, važno je napomenuti da je ovo jedna od rijetkih studija u kojoj je testni protokol podrazumjevaao mjerenje ospega pokreta goniometrijskom metodom, uz istovremeno utvrđivanje neposrednih učinaka vibracijskog vježbanja na manifestiranje mišićne funkcije, pa je time i komparacija ostvarenih učinaka sa ranije provedenim studijama, u određenoj mjeri otežana. Međutim, nekoliko je različitih studija koje su utilizirale procjenu aktivne ili pasivne amplitude pokreta, neposredno nakon primjene određenog vibracijskog podražaja, pri različitim modalitetima njegova izvođenja.

Tako na primjer, u istraživanju Cronin i suradnici (2007) autori utvrđuju značajne promjene aktivnog opsega pokreta pri fiksnoj poziciji kuka ( $90^\circ$ ), (eng. knee extension test), Značajno poboljšanje aktivne amplitude pokreta (prije-poslije) zabilježeno je u tri od četiri vibracijska protokola (1.6-2.1%), a najveće prosječno poboljšanje ( $3.1^\circ$  ili 2.1%,  $p = 0.007$ ) zabilježeno je u protokolu sa najvećom frekvencijom vibriranja ( $f = 47$  Hz,  $A = 5$  mm), ali ništa značajnije u odnosu na ostale primjenjene protokole istezanja bez primjene vibracija.

Kompariraju li se dobiveni učinci njihova istraživanja (1.6-2.1%), sa učincima naše studije (6.15%), na sličnoj varijabli za procjenu opsega pokreta (fleksija u zglobu kuka) uočavaju se velike razlike u veličini ostvarenih učinaka.

Međutim, analiziraju li se obje studije, primjetno je da su Cronin i suradnici za potrebe svoga istraživanja koristili ručno konstruirani vibracijski uređaj, koji za razliku od komercijalnog uređaja korištenog za potrebe ovog istraživanja, generira nasumični tip vibracija (eng. random), što je znatno drugačije u odnosu na vrstu aplicirane sinusoidalne (harmonične) vibracije, primjenjene u ovoj studiji. Također, autori navedene studije koristili su lokalno (segmentarno) aplicirani uređaj, na kojem nisu provedene vježbe istezanja, nego je testirani ekstremitet bio samo u kontaktu sa vibracijskim uređajem u relaksiranoj poziciji.

Pored toga, razlika između amplitude pokreta, mjerene u studiji Cronina i suradnika i amplitude pokreta izmjerene u ovoj studiji, može predstavljati još jedan važan čimbenik pri obrazloženju nastalih finalnih razlika u učincima ove dvije studije. Naime, za potrebe istraživanja Cronin i suradnici koristili su procjenu aktivne amplitude pokreta, dok je za potrebe ovog istraživanja korištena pasivna amplituda pokreta, izvođena uz asistenciju, do krajnje granice nelagode.

Sa druge strane, studija Sandsa i suradnika (2006), za razliku od predhodno navedene studije (Cronin i sur. 2007) inkorporirala je vježbe statičkog istezanja uz dodatni vibracijski podražaj. Slično ovoj, Sands i suradnici htjeli su utvrditi akutne i kronične učinke lokalno aplicirane vibracije, primjenjene u vježbama statičkog istezanja, a radi poboljšanja opsega pokreta u odnosu na jednake vježbe istezanja bez primjene vibracija. Prema protokolu ispitanici su uspostavljali poziciju prednjeg iskoraka do granice nelagode. Eksperimentalna skupina istezala se na uključenom vibracijskom uređaju ( $f = 30$  Hz /  $A = 2$  mm), smještenim ispod prednje, a potom i stražnje noge, dok je kontrolna skupina izvodila jednake vježbe istezanja, ali sa isključenim vibracijskim uređajem.

Kao i u ranijoj studiji, rezultati ukazuju da je u akutnom dijelu istraživanja opseg pokreta oba ekstremiteta značajno poboljššan ( $p < 0.05$ ), i to kod skupine koja je izvodila vježbe statičkog istezanja uz dodatnu primjenu vibracija. Međutim, autori ne prijavljuju veličinu dobivenih učinaka, pa je teško komparirati njihove učinke sa ostvarenim učincima ove studije.

Mnogo su jasniji rezultati druge studije (Jemni i sur. 2014), a koji u određenoj mjeri potvrđuju i rezultate ove studije. Navedeno istraživanje provedeno je sa ciljem da se kompariraju akutni učinci statičkog istezanja sa i bez dodatne primjene vibracija, na jakost mišića hamstringsa i kvadricepsa (izokinetička jakost pri pokretima ekstenzije i fleksije u zglobu koljena) i fleksibilnosti mjerene u vježbi prednjeg iskoraka.

Kao i u ovoj studiji, angažirani su nogometaši, identične kronološke dobi ( $21.9 \pm 1.8$  godina), selektirani u dva protokola statičkog istezanja mišića hamstringa i kvadricepsa sa i bez primjene vibracijskog podražaja.

Statičko istezanje uz primjenu vibracija cijelog tijela ( $f = 35$  Hz,  $A = 2$  mm) izazvalo je znatno veće akutne učinke na fleksibilnost mišića hamstringa (7.8%), u odnosu na jednake vježbe statičkog istezanje bez primjene vibracija.

Interesantno, autori prijavljuju da nisu utvrđene značajne razlika između dva protokola kada je riječ o poboljšanjima jakosti, mjerene pri maksimalnim voljnim kontrakcijama mišića ekstenzora i fleksora zgloba koljena. Analizira li se naša studija vidljivo je da na sličnom testu (fleksija u zglobu kuka) ostvarena slična razlika (6.15%) u korist vibracijskog protokola, što je veoma slično utvrđenoj razlici iz predhodno navedene studije (7.8%).

Sa druge strane, prema testnim varijablama mišićne funkcije sličnija ovoj, jeste studija koju su sprovedeli Yapicioglu i suradnici (2013), sa ciljem da se utvrde akutni učinci osam vježbi statičkog istezanja (30 s svaka, ukupno 4 min), sa direktno apliciranom vibracijom ( $f = 50$  Hz,  $A = 1-2$  mm), primjenjenoj direktno na mišićnoj tetivi skočnog zgloba, a sve radi poboljšanja performanse vertikalnog skoka sa pripremom, kao i EMG aktivacije.

Rezultati ukazuju da nakon statičkog istezanja uz dodatni vibracijski podražaj, nije došlo do značajnih poboljšanja, ali ni pogoršanja ostvarenih rezultata visine vertikalnog skoka sa pripremom, kao ni dodatnog aktivacijskog učinka mjenog EMG metodom. U zaključku stoji da statičko istezanje uz dodatni vibracijski podražaj, lokalno aplicirane vibracije, nema dopunski učinak zagrijavanja kada treba da uslijede aktivnosti eksplozivnog karaktera.

Posljedne rečeno jednako je saznanjima ove studije kada je riječ o ostvarenim učincima na varijablama za procjenu mišićne funkcije, točnije visine vertikalnog skoka sa pripremom. Naime rezultati ove studije demonstriraju da dodatna primjena vibracija cijelog tijela, primjenjena u vježbama statičkog istezanja, ne doprinosi znatnom poboljšanju skakačke performanse u uvjetima ekscentrično-koncentrične mišićne kontrakcije, u odnosu na jednake vježbe statičkog istezanja izvođene bez primjene vibracija ( $SSI = 34.6 \pm 4$  cm,  $VSI = 35 \pm 3.9$  cm,  $p > 0.05$ ).

Slične rezultate bilježi i studija Kinsera i suradnika (2008), a kojoj je temeljni cilj bio utvrditi akutne učinke lokalno apliciranog vibracijskog podražaja ( $f = 30$  Hz /  $A = 2$  mm), na fleksibilnosti i eksplozivnu snagu mladih sportaša. Kinser i suradnici (2008), htjeli su utvrditi akutne učinke istezanja uz pridodanu vibraciju na poboljšanje fleksibilnosti i eksplozivne snage mladih gimnastičara. Vibracijski protokol sastojao se od vježbi statičkog istezanja izvođenih na vibrirajućem uređaju ručne izrade ( $f = 30$  Hz,  $A = 2$  mm). Rezultati ukazuju na identična saznanja kao i iz predhodne studije (Yapicioglu i sur., 2013).

Zaključak je Kinsera i suradnika (2008), (obzirom na saznanja da statičko istezanje provedeno samostalno može producirati znatna smanjenja tijekom manifestiranja brzinsko-snažnih performansi), da primjena vibracijskog podražaja u takvim slučajevima može biti faktor u nadvalađivanju negativnih učinaka ovakvog načina istezanja, uz istovremeno poboljšanje opsega pokreta, pa se može preporučiti kao učinkovito sredstvo zagrijavanja kod gimnastičara.

Slično predhodnoj studiji, u svom istraživanju Dallas i Kirialanis (2013), imali su zadatak utvrditi akutne učinke različitih protokola treninga vibracija cijelog tijela na fleksibilnost i performansu skoka kod aktivnih gimnastičara.

Rezultati eksperimenta potvrđuju rezultate naše studije, s tom razlikom da je za potrebe njihova istraživanja, za procjenu fleksibilnosti korišten nešto drugačiji test (dohvat u sjedu). Za testiranje eksplozivne snage donjih ekstremiteta, slično našem eksperimentalnom protokolu korišten je koncentrični i ekscentrično-koncentrični skok s pripremom.

U oba tretmana trening se izvodio na vibracijskoj platformi ( $f = 30$  Hz /  $A = 2$  mm), i to jedan set od 15 sekundi rada za svaku od pet vježbi (WBV – 2 statičke vježbe snage; WBVSS – 3 statičke vježbe istezanja). Baterija testova provedena je prije, neposredno odmah, te 15 i 30 minuta po završetku vibracijskog tretmana.

Rezultati demonstriraju da su oba protokola učinkovita u poboljšanju fleksibilnosti, ali s nešto višim procentom poboljšanja kod WBVSS skupine. Podaci drugog dijela istraživanja, koji se odnosio na utvrđivanje akutnih učinaka vibracijskog treninga na poboljšanje eksplozivnih svojstava nisu otkrili značajnu interakciju između tretmana za koncentrične i ekscentrično-koncentrične skokove, neposredno odmah, te 15 i 30 minuta po završetku vibracije.

U daljnjoj diskusiji, a oslanjajući se na rezultate ranijih istraživanja, autori navode nekoliko različitih mehanizama fiziološke prirode, eventualno zaslužnih za akutna poboljšanja fleksibilnih svojstava. Između ostalog, navode se cirkulatorni, termoregulacijski te neuralni mehanizmi.

Također, spominje se da vibracijski podražaj može poboljšati refleksni luk, i to aktivacijom primarnih završetaka senzoričkih receptora, a koji opet direktno ili indirektno mogu pozitivno da djeluju na poboljšanje kontrakcijske moći agonističke mišićne skupine, uz istovremeni inhibirajući učinak mišića antagonista.

Naime, to je i veoma često spominjana fiziološka pojava koju autori navode u ranijim studijama. Dallas i Kirialanis (2013) u svojoj diskusiji iznose da akutno aplicirana vibracija ima pospješujući učinak na fleksibilnost, dok isti podražaj na eksplozivnost nosi više održavajući nego pogoršavajući učinak. U konačnici zaključak je autora, da bez opasnosti od bilo kakve štetnosti po zdravlje ispitanika, na ovakav način primjenjena vibracija može predstavljati učinkovit modalitet pred pripreme za natjecanje.

Budući da se u ovoj studiji nije radilo na direktnom utvrđivanju fizioloških odgovora vibracijskog vježbanja, niti je to bilo obučeno generalnim ciljem istraživanja, moguće se samo u određenoj mjeri složiti sa pojedinačnim zaključcima autora ranije provedenih istraživanja.

Već je ranije poznato da izlaganje vibracijskom treningu može dovesti do povećanja tjelesne temperature, pa time i do poboljšanja mišićne elastičnosti (Bosco i sur., 1999; Issurin i sur., 1994; Mester i sur., 1999; Sands i sur., 2006).

Ekscitacija Golgijevog tetivnog organa (Issurin i sur., 1994; Sands i sur., 2006) kao i inhibicija mišića antagonista (Bosco i sur., 1999; Issurin i sur., 1994) mogu biti faktori djelimično odgovorni za akutna poboljšanja fleksibilnih svojstava.

Dokumentirano je da vibracijski podražaj ima određeni kratkoročni analgetički učinak, odnosno da nociceptorna osjetljivost postupno opada kako dolazi do povećanja amplitude vibracije, te da vibracije u određenom rangu mogu da interferiraju s osjećajem bola (Hollins i sur., 2014).

U preglednom članku (Cochrane, 2011), a u vezi sa neuralnim mehanizmima akutno primjenjene vibracije diskutira oko nekoliko bitnih fizioloških mehanizama vezanih za akutne adaptacijske odgovore vibracijskog treninga. Isti autor zaključuje da nije moguće precizno odrediti koji su to individualni mehanizmi odgovorni za poboljšanje mišićne performanse, ali također ne isključuje i mogućnost da je nakon akutno primijenjenog vibracijskog podražaja, istovremeno uključeno i više neuralnih mehanizama odgovornih za finalni ishod vibracijskog treninga.

U radovima koji su obuhvaćeni u preglednom članku Cochrane predloženi neuralni mehanizmi ispitivani su kroz različite protokole, primjenom različitih vibracijskih uređaja, na različitim frekvencijama, amplitudama i vremenima trajanja izloženosti vibraciji.

Neuralni aspekti, kao što su regrutiranje motorne jedinice, mišićna sinkronizacija, mišićna ko-kontraktura, mogu da predstavljaju primarne mehanizme, eventualno zaslužne za akutna poboljšanja fleksibilnih svojstava.

Drugi mehanizmi akutno primijenjene vibracije, kao što su učinci zagrijavanja, kada frikcija između tkiva koja vibriraju ima potencijal da izazove povišenje tjelesne temperature okolnih tkiva (Issurin i Tenenbaum, 1999), u kombinaciji s poboljšanim lokalnim krvnim protokom (Kerschman-Schindl i sur., 2001), što u konačnici može doprinijeti znatnom akutnom poboljšanju živčano-mišićne funkcije.

Zanimljiva je činjenica da je u nekim od ranije provedenih istraživanja, utvrđeno da vibracijski trening u akutnim postavkama, može biti učinkovit modalitet vježbanja radi poboljšanja brzine sprinterskog trčanja (Bullock i sur., 2008).

U kratkom preglednom članku Dabbsa i suradnika (2012), navodi se da vibracija u formi treninga vibracija cijelog tijela ima potencijal akutno poboljšati mišićnu performansu donjih i gornjih ekstremiteta, kako kod utreniranih tako i kod neutreniranih pojedinaca (Bosco i sur., 1999; Cochrane i sur., 2007; Cochrane i sur., 2005).

Važno je napomenuti, da iako postoji određeni broj istraživanja u vezi s pozitivnim učincima vibracijskog vježbanja na brzinsko-eksplozivna svojstva, ipak većina studija u formi treninga vibracija cijelog tijela provedena je na način dok vježbač izvodi neku statičku ili dinamičku vježbu u kontrahiranom položaju na vibracijskoj platformi (čučanj ili polučučanj).

Dakako, nekolicina provedenih studija u vezi sa neposrednim učincima vibracijskog treninga na poboljšanja živčano-mišićne funkcije nerijetko prijavljuju i rezultate koji nisu dosljedni, pa time često dovode i do konfuznih zaključaka. Opozitni i nerijetko konfuzni rezultati mogli bi se pripisati složenim adaptacijskim procesima živčano-mišićne prilagodbe na sam vibracijski trening.

Kada je riječ o varijabli sprinta, moguće je istaknuti da rezultati potvrđuju ono što se desilo i na varijablama za procjenu eksplozivne snage tipa skokova. Iako je radna hipoteza u vezi s poboljšanjima na varijabli sprinta, postavljena u afirmativnom smislu, ipak podaci nakon akutno aplicirane vibracije ukazuju na opozitne rezultate. Naime, pregledom podataka vidljivo je da na varijabli sprinta, nije bilo značajnih razlika u srednjim vrijednostima između dva primjenjena protokola. Shodno tome, moguće je zaključiti da nema ni razlike između standardno apliciranih vježbi statičkog istezanja i identičnih vježbi istezanja na vibracijskoj platformi, kada su u pitanju poboljšanja brzine trčanja mjerene na 15 metara.

Analizirajući ranije studije u vezi primjene vibracija u formi treninga vibracija cijelog tijela i njegova utjecaja na performansu sprinta, važno je napomenuti da iako postoji određeni broj radova koji su se bavili navedenom problematikom u kroničnim postavkama (Delcluse i sur., 2005; Paradisis i Zacharogiannis, 2007), ipak deficitaran je broj radova u vezi sa utvrđivanjem akutnih učinaka indirektno primijenjene vibracije cijelog tijela na poboljšanje sprinterskih sposobnosti.

Jedna od dostupnih studija, (Bullock i sur., 2008), iako po svom eksperimentalnom dizajnu nešto drugačija od ove studije, prijavljuje identične rezultate. Za potrebe njihova istraživanja odabrano je sedam vrhunskih sportaša, angažiranih u dvije testne sesije provedene tijekom dva dana, a sa ciljem da se utvrde akutni učinci treninga vibracija cijelog tijela na sprintersku i skakačku performansu. Specifično takmičarsko zagrijavanje provedeno je prije obje testne sesije, a vibracijski protokol odvijao se na vibracijskoj platformi ( $f = 30$  Hz /  $A = 4$  mm). Tretmanska vježba sastojala se od zauzimanja pozicije polučučnja, a varijable za procjenu brzinsko-snažnih svojstava činilo je nekoliko primjenjenih testova.



Rezultati na varijabli sprinta, pokazuju da je kod kontrolnog protokola došlo do pogoršanja od 0,06 sekundi, a kod vibracijskog 0.03 sekunde. Prolazna vremena također pokazuju identične rezultate. Slična je situacija kada su u pitanju i rezultati za procjenu visine skokova. Diskutirajući dobijene rezultate, autori navode da je to prije svega jedna od prvih studija koja se bavila akutnim učincima treninga vibracija cijelog tijela na sprintersku performansu visoko treniranih sportaša.

Rezultati njihove studije ne ukazuju na veliki potencijacijski učinak na brzinu trčanja (30 metara s prolaznim vremenima) ni na visinu vertikalnih skokova. Diskutirajući oko neuroloških aspekata selektiranih ispitanika, navodi se da dobro utrenirani pojedinci iz sportova gdje je dominantno ispoljavanje brzinskih svojstava imaju dobro razvijenu mišićnu snagu, optimiziranu moto-neuronsku ekscitabilnost, izrazitu refleksnu senzitivnost, te dobro regrutiranje brzih mišićnih jedinica.

Zaključak autora jest da vibracijski podražaj u takvim postavkama opterećenja nije predstavljao dovoljno snažan stimulans za dugoročno sprinterski utrenirane sportaše. Obzirom na činjenicu da prilikom izvođenja trčanja (sprint 15 metara) ni u našoj studiji nije došlo do značajnih razlika kod primjenjenih protokola, a budući da su i za naše potrebe angažirani sportaši, moguće je djelimično se složiti s ranije iznesenom konstatacijom.

Kada su akutna poboljšanja u pitanju, primjetno je da kod dobro utreniranih pojedinaca postoji znatno manje prostora za dodatna poboljšanja u uvjetima brzog ispoljavanja maksimalne mišićne sile, u odnosu na slabije utrenirane pojedince. Prema tome, ta spoznaja može predstavljati još jedan značajan čimbenik koji može značajno doprinijeti pojavi različitih, a ponekad i opozitnih, pa i konfuznih rezultata provedenih istraživanja.

Neka od mogućih objašnjenja jesu da visoko utrenirani pojedinci imaju znatno viši potencijal za učinkovitije regrutiranje motorne jedinice, u odnosu na slabije utrenirane individue, što otvara više prostora za aktivaciju slabije utreniranih pojedinaca.

Razlike u trenažnom statusu, kao i njihov utjecaj na manifestiranje brzinsko-eksplozivnih svojstava nakon akutno apliciranog vibracijskog podražaja, neophodno je uzeti u obzir kao još jedan od značajnih faktora, kada su u pitanju akutna poboljšanja živčano-mišićne funkcije.

### 6.3 Raprava o kroničnim učincima na opseg pokreta i mišićnu funkciju

Fokus istraživanja u longitudinalnom dijelu studije bio je uperen ka utvrđivanju kroničnih učinaka dodatnog vibracijskog treninga cijelog tijela, izvođenog u uvodno pripremnom dijelu nogometnog treninga na opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta, u odnosu na jednake vježbe primjenjene u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga.

U longitudinalnom dijelu studije, u radnoj hipotezi ( $H_3$ ) očekivalo se da će primjena vibracija cijelog tijela u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, izazvati značajno veće kronične učinke na opseg pokreta donjih ekstremiteta nogometaša u odnosu na jednaki protokol zagrijavanja bez primjene vibracija.

Rezultati na varijablama za procjenu opsega pokreta ukazuju da je došlo do pozitivnih promjena u povećanju opsega pokreta promatranih regija, kao i da postoji statistički značajna razlika između dva primjenjena protokola (VSI i SSI), izuzev na testu za procjenu opsega pokreta u položaju plantarne fleksije, čime se većinski potvrđuje radna hipoteza ( $H_3$ ), a koja se odnosi utvrđivanje kroničnih učinaka vibracija cijelog tijela na poboljšanje opsega pokreta.

Sumarno, rezultati na varijabli za procjenu fleksije u zglobu kuka (FZK) demonstriraju da su obje skupine značajno napredovale kroz trenažni period (VSI – 22.3%, SSI – 14%). Također, na varijabli za procjenu ekstenzije u zglobu kuka, obje skupine bilježe statistički značajan pozitivan pomak između incijalnog i finalnog stanja (VSI – 35%, SSI – 18.3%), a kombiniranom analizom varijance, utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u ostvarenim učincima između dvije promatrane skupine (VSI i SSI).

Nešto drugačija situacija je kada su u pitanju varijable za procjenu opsega pokreta u skočnom zglobu. Naime, na varijabli za procjenu opsega pokreta u položaju dorzalne fleksije vidljivo je da su kod obje skupine zabilježena značajna poboljšanja kroz promatrani period (VSI – 32.1%, SSI – 22.3%), sa utvrđenom značajnom razlikom u veličini ostvarenih učinaka. Izuzetak je varijabla za procjenu opsega pokreta stopala u položaju plantarne fleksije, gdje je samo na faktoru vremena došlo do značajnih promjena dvaju skupina (VSI – 14.6%, SS – 13.6%), ali bez utvrđenih interakcijskih učinaka.

Znatan je broj studija koje su se bavile sličnom problematikom, a koje prijavljuju značajna poboljšanja opsega pokreta pri primjeni vibracijskog treninga, potvrđujući time i rezultate ovog istraživanja (Issurin i sur., 1994; Tillarr i sur., 2006; Fagnani i sur., 2006; Sands i sur., 2006; Kholvadia i Baard, 2012; Dastmenash i sur., 2010).

Međutim, važno je napomenuti i da su rijetke studije koje su kao ovisne testove, a radi procjene učinaka vibracijskog vježbanja na opseg pokreta, koristile isključivo standardnu goniometrijsku metodu, uz istovremenu procjenu mišićne funkcije.

Također, deficitaran je i broj istraživanja koja su kao tretmanske varijable (vibracijske vježbe), koristile isključivo vježbe statičkog istezanja, provođene isključivo na vibracijskoj platformi namjenjenoj za trening cijelog tijela. U literaturi uglavnom se mogu pronaći kombinirani protokoli, koji podrazumijevaju vježbe snage u kombinaciji s vježbama različitih tipova statičkog ili pnf istezanja.

Jedna od sličnih studija koja ide u prilog rezultatima ovog istraživanja, a koja se na jednakoj skupini ispitanika istovremeno bavila utvrđivanjem akutnih i kroničnih učinaka vibracijskog treninga, jeste studija Sandsa i suradnika (2006). Autori su proveli istraživanje sa namjerom da ispituju akutne i kronične učinke četverotjednog statičkog istezanja sa i bez primjene vibracijskog podražaja (lokalno primjenjene vibracije), na akutna i kronična poboljšanja pasivne amplitude pokreta u vježbi prednjeg iskoraka kod dobro utreniranih gimnastičara.

Kronični dio trajao je četiri tjedna, a vibracijski trening izvođen je kroz pet trenažnih jedinica tjedno. Vibracijsko vježbanje predstavljale su vježbe statičkog istezanja u položaju prednjeg iskoraka, a svi ispitanici su zauzimali statičku poziciju prednjeg iskoraka (4 min ukupno) na ručno izrađenom vibrirajućem uređaju ( $f = 30 \text{ Hz}$  /  $A = 2 \text{ mm}$ ) postavljenom ispod prednje, a potom i stražnje noge. U kroničnim postavkama pokazalo se da statičko istezanje uz dodatni vibracijski podražaj (lokalno aplicirane vibracije), može dovesti do znatnih akutnih i kroničnih povećanja pasivne pokretljivosti, izmjerene kroz vježbu prednjeg iskoraka.

Sa druge strane, Issurin i suradnici (1994) prijavljuju slična saznanja. Njihova studija bavila se utvrđivanjem primjene vibracijskog vježbanja kroz devet trenažnih jedinica, lokalno aplicirane vibracije na ručno izrađenom uređaju ( $f = 44 \text{ Hz}$ ,  $A = 3 \text{ mm}$ ) izvođenih 3 puta tjedno kroz vježbu pasivnog raskoraka (6-7 s rad, 3-4 s pauza, 2-4 serije). Rezultati ukazuju da je vibracija producirala znatna poboljšanja u pasivnom opsegu pokreta kod vibracijske skupine (43.6%), u odnosu na standardnu skupinu (19.3%). Pored ovih poboljšanja, Issurin i suradnici izjavljuju da ispitanici nisu prijavili niti jedan od negativnih učinaka ovakvog modaliteta vježbanja, te se navode tri potencijalna mehanizma koja bi mogla objasniti poboljšanja u povećanju amplitude pokreta nakon ovako primjenjenog vibracijskog podražaja.

Kao prvo, navodi se da istezanje uz dodatnu vibraciju može dovesti do povećanja granice osjećaja boli, potom povećanja lokalnog krvnog protoka, sa odgovarajućim porastom mišićne temperature, kao i povećanom relaksacijom elongiranog mišića. Obzirom na prvi mehanizam, moglo bi se zaključiti da redukcija osjećaja boli pri izvođenju vježbi statičkog istezanja uz pridodanu vibraciju može dozvoliti vježbaču da ostvari veće amplitude pokreta, prije nego što se subjektivni osjećaj boli intenzificira, što u konačnici kroz nekoliko trenažnih jedinica, može dovesti i do kroničnih poboljšanja pri ostvarivanju pasivne amplitude pokreta.

Sa druge strane interesantna je nešto drugačija studija Fagnania i suradnika (2006), a koja je imala za cilj utvrditi učinke vibracijskog treninga u trajanju od osam tjedana ne samo na poboljšanje fleksibilnosti, nego i na poboljšanje mišićne funkcije mjerene kroz postignutu visinu ekscentrično-koncentričnog skoka i izokinetičku snagu nožnog potiska. Primjenjeni vibracijski trening (90° čučanj na obje noge, 90° čučanj na jednoj nozi) proveden je tri puta tjedno na vertikalnoj sinusoidalnoj vibracijskoj platformi ( $f = 35 \text{ Hz}$  /  $A = 4 \text{ mm}$ ). Autori prijavljuju značajna poboljšanja rezultata vibracijske (eksperimentalne) skupine, i to 8.7% (pre-post) za visinu ekscentrično-koncentričnog skoka, 11.2% (pre-post) za dinamičku snagu nogu, te 13% (pre-post) za aktivni opseg pokreta (dohvat u sjedu).

U odnosu na našu studiju, autori su za potrebe njihova istraživanja, a radi procjene razine fleksibilnosti koristili nešto drugačiji test, koji po svojoj strukturi izvođenja angažira više zglobova, pa time obuhvaća i više mišićnih grupacija, te se u određenoj mjeri i razlikuje od primjenjenih testova za procjenu pasivnog opsega pokreta goniometrijskom metodom. Treba napomenuti da nije bilo značajnih poboljšanja kod kontrolne skupine niti u jednom od tri ovisna testa.

Diskutirajući oko dobivenih rezultata vezanih za poboljšanja fleksibilnosti Fagnani i suradnici navode nekoliko različitih fizioloških mehanizama, koji su u manjoj ili većoj mjeri identični sa već ranije iznesenim tvrdnjama oko živčano-mišićne prilagodbe na vibracijski trening. Između ostalog, ti čimbenici uključuju cirkulatorne i termoregulacijske mehanizme, kao i mogućnost da je primjenjeni vibracijski podražaj za posljedicu imao akutno izazivanje određene vrste analgetičkog dejstva na (vibraciji) izloženi mišić ili mišićnu skupinu.

Kao drugi mehanizam autori navode i povećanu ekscitaciju GTO-a (Goldžijev tetivni organ), koja može producirati znatnu inhibiciju mišićne kontrakcije, izazvanu neposredno poslije mišićne relaksacije, nastale tijekom vibracijskog treninga (Fagnani i sur., 2006).

U drugoj studiji, metodološki slično ovom istraživanju, Rolan van der Tillaar (2006), svojim eksperimentom pokušao je dati odgovor na pitanje hoće li trening istezanja pnf metodom (proprioceptivna neuromuskularna facilitacija) uz dopunski vibracijski trening (90° statički čučanj) izvođen na vibracijskoj platformi ( $f = 28 \text{ Hz}$ ,  $A = 10 \text{ mm}$ ) proveden tijekom 4 tjedna, doprinijeti znatnom povećanju pasivnog opsega pokreta mišića hamstringa. Rezultati ukazuju da su obje skupine značajno napredovale kroz četverotjedni tretmanski period.

U pomenutoj studiji, ukupna razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja iznosila je 26.8° (30%) za vibracijsku skupinu, te 12.4° (14%) za kontrolnu, izmjereno pri položaju pasivne fleksije kuka. Komparirajući dobivene učinke naše studije, sa rezultatima navedene studije, na varijabli za procjenu fleksibilnosti mišića hamstringa, moguće je zaključiti da su ostvareni učinci skoro identični, odnosno da su oni iznosili 21.7° (22.3%) za VSI skupinu i 13.1° (14%) za SSI skupinu, mjereno prije i poslije provedenih tretmana.

Autor zaključuje da korištenje pnf metode istezanja na takav način, u trajanju od četiri tjedna, može značajno doprinijeti poboljšanju veličine pasivnog opsega pokreta mišića hamstringa. Međutim, u kombinaciji s vibracijskim treningom ti su učinci znatno superiorniji, što bi u konačnici bilo u skladu sa zaključkom naše studije u vezi sa kroničnim učincima koji se odnosi na povećanje pasivne amplitude pokreta.

U drugoj, veoma sličnoj studiji autori (Dastmenash i sur., 2010), su koristili različite modalitete istezanja u kombinaciji sa treningom vibracija cijeloga tijela. Cilj njihove studije bio je utvrditi kronične učinke treninga vibracija cijelog tijela ( $f = 28 \text{ Hz}$ ,  $A = 10 \text{ mm}$ ), pnf metode istezanja samostalno, kao i kombinacije oba tipa treninga (vibracija + istezanje) u trajanju od 6 tjedana, na povećanje opsega pokreta zadnje lože kod studenata.

Rezultati njihove studije su pokazali da je došlo do znatnog povećanja rezultata na varijabli za procjenu opsegu pokreta mišića hamstringsa, kao i to da je kombinacija oba tipa treninga (vibracija + istezanje) demonstrirala i najveće učinke.

Autori u svom zaključku iznose da je trening vibracija cijelog tijela u kombinaciji sa pnf metodom učinkovitiji nego dvije navedene metode pojedinačno. Pregledom ukupnih učinaka, može se uočiti da rezultati nakon trećeg tjedna prate najveći prirast, te su vrijednosti za sve tri skupine, na varijabli za procjenu opsega pokreta po završetku trećeg tjedna u prosjeku iznosile 90°–100°, a nakon šestog tjedna 100°–120°.

Diskutirajući dalje, a na osnovu rezultata ranijih studija, autori obje navedene studije (Dastamenash i sur., 2010; Tillaar, 2006) akcentiraju na nekoliko fizioloških mehanizama koji bi mogli biti zaslužni za navedena poboljšanja opsega pokreta. Jedan od njih se može pripisati poboljšanom lokalnom krvnom protoku, nastalom neposredno nakon apliciranja vibracijskog podražaja. Kao potvrda takvoj tvrdnji ide istraživanja Kershana-Schindla i suradnika (2001), a koji su utvrdili da devetominutno izlaganje vibraciji može producirati znatniji lokalni krvni protok (vibraciji) izložene muskulature. Takvo poboljšanje može da prati dodatno povećanje tjelesne topline, pa time i poboljšanje mišićnog elasticiteta, koje u konačnici za posljedicu može da ima povećanje opsega pokreta tijekom izvođenja vježbi istezanja.

Također, akutna deformacija mekog tkiva kao posljedica izlaganja vibraciji, može dovesti do aktivacije mišićnih receptora zaduženih za detekciju promjene duljine mišića, te na takav način izazivati poboljšanja u refleksnom luku istezanja. (Cardinale i sur., 2003, a sve prema Tillaar, 2006). Također, navodi se da vibracijski trening može izazvati proprioceptivnu povratnu potencijaciju, uz istovremenu inhibiciju senzacije bolnosti.

Takvi neurološki mehanizmi mogu imati za posljedicu da u elongiranim statičkim pozicijama pri izvođenju vježbi istezanja, kada se i pojavljuju prvi znakovi nelagode, izazivaju viši prag tolerancije na bol (Atha i sur., 1976). U ranije navedenoj studiji (Issurin i sur. 1994) navodi se da su ispitanici prijavljivali da je subjektivni osjećaj boli reduciran 10-15 sekundi nakon početka primjene istezanja uz dodatni vibracijski podražaj.

Važno je napomenuti da u našoj studiji fiziološki mehanizmi nisu direktno ispitivani, budući da eksperimentalni protokol nije uključivao EMG (elektromiografija) analizu, a niti mišićnu biopsiju.

Međutim, temeljem dosadašnjih spoznaja u oblasti vibracijskog treninga i njegova utjecaja na poboljšanje amplitude pokreta, moguće je diskutirati o fiziološkim mehanizmima, eventualno odgovornim za živčano-mišićne adaptacijske procese primijenjenog vibracijskog treninga, samo kroz saznanja iz predhodno provedenih studija koje su se bavile identičnom problematikom.

Pored utvrđivanja kroničnih učinaka na poboljšanje opsega pokreta, longitudinalni dio studije imao je za cilj utvrditi i postojanje kroničnih učinaka dopunskog vibracijskog treninga cijeloga tijela, izvođenog u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, na mišićnu funkciju donjih ekstremiteta, točnije na brzinu sprinta, te na visinu vertikalnih skokova.

Podaci otkrivaju da ni na jednoj od promatranih varijabli za procjenu mišićne funkcije (KS, EKS, S15M) nije došlo do značajnih razlika u ostvarenim učincima između SSI i VSI protokola. Naime, rezultati za procjenu visine vertikalnog koncentričnog skoka (KS) jasno ukazuju da je eksperimentalna skupina u inicijalnom mjerenju ostvarila nešto bolji rezultat ( $VSI = 33.2 \pm 4.6$  cm), u odnosu na standardnu skupinu ( $SSI = 31.3 \pm 3.2$  cm). Po završetku programa obje skupine su značajno poboljšale svoje rezultate, s tom razlikom da je eksperimentalna skupina ostvarila nešto više finalne vrijednosti visine koncentričnog skoka ( $VSI = 37.1 \pm 4.2$  cm) u odnosu na standardnu skupinu ( $SSI = 34.9 \pm 2.9$  cm). Izraženo u procentima četverotjedni napredak za SSI skupinu iznosio je 11.5%, dok je za VSI skupinu iznosilo 11.7%.

Na varijabli za procjenu visine vertikalnog skoka s pripremom (EKS), vibracijska skupina u inicijalnom mjerenju bilježi nešto bolji prosječni rezultat ( $VSI = 34.4 \pm 4.6$  cm), u odnosu na standardnu skupinu ( $SSI = 34.1 \pm 3.4$  cm). Po završetku eksperimentalnog programa, vidljivo je da su obje skupine su napredovale kroz četverotjedni tretmanski period, i to eksperimentalna značajno ( $VSI = 38.1 \pm 4.5$  cm), te standardna ( $SSI = 35.9 \pm 3.2$  cm). Izraženo u procentima, tijekom četverotjednog perioda, taj napredak između inicijalnog i finalnog mjerenja je za SSI skupinu iznosio 5.2 %, dok je za VSI skupinu to bilo 10.7 %, ali bez utvrđenih značajnih razlika u ostvarenim učincima između dvije skupine.

Rezultati na varijabli za procjenu brzine trčanja na 15 metara (SP15M), ukazuju da je vibracijska skupina u inicijalnom mjerenju ostvarila nešto bolji rezultat ( $VSI = 2.51 \pm .10$  s), u odnosu na standardnu skupinu ( $SSI = 2.52 \pm 0.98$  s). Nakon eksperimentlanog tretmana, obje skupine su značajno napredovale, eksperimentalna ( $VSI = 2.35 \pm .083$  s), standardna ( $SSI = 2.41 \pm .056$  s), ali bez utvrđenih značajnih razlika u ostvarenim učincima dva sprovedena tretmana. Razlike prije i poslije tretmana, ukazuju da je standardna (SSI) napredovala 4.4%, a eksperimentalna 6.4%.

Shodno činjenici da kombiniranom analizom varijance niti na jednoj ovisnoj varijabli za procjenu mišićne funkcije nisu utvrđeni interakcijski učinci (skupina x vrijeme), moguće je konstatirati da nema značajnih razlika u ostvarenim učincima između dva tretmanana, čime je odbačena četvrta radna hipoteza ( $H_4$ ) u kojoj se očekivalo se da će dodatna primjena vibracija cijelog tijela, u uvodno-pripremnom dijelu nogometnon treninga, izazvati značajno veće kronične učinke na mišićnu funkciju donjih ekstremiteta u odnosu na jednaki protokol zagrijavanja bez primjene vibracija.

U konačnici, a obzirom na rezultate ovog istraživanja, moglo bi se zaključiti da nema značajnih razlika u ispoljavanju mišićne funkcije pri dodatnoj uporabi vibracija cijelog tijela, primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, a provedenog u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, u odnosu na identične vježbe bez primjene vibracija.

Međutim, iako nisu utvrđene statistički značajne razlike u ostvarenim učincima između provedenih tretmana, evidentno je da su obje skupine napredovale u tretmanskome periodu između inicijalnog i finalnog mjerenja, kada je riječ o rezultatima na varijablama za procjenu mišićne funkcije.

Iako nije bilo namjernog pokušaja da se u tretmanskome periodu ciljano radi na razvoj brzinsko-eksplozivnih sposobnosti nogometaša, ipak je postojana mogućnost da su određeni sadržaji glavnog nogometnog treninga (sprintevi, skokovi, šutiranja), u manjoj ili većoj mjeri mogla utjecati na pozitivnu promjenu ostvarenih rezultata na varijablama za procjenu mišićne funkcije kod obje promatrane skupine (SSI i VSI).

U prilog ovoj tvrdnji ide i činjenica da se kompletna selektirana momčad u obje skupine, za vrijeme provođenja eksperimentalnih programa, nalazila u ranom pripremnom ciklusu, koji je podrazumjevaio izvođenje pet nogometnih trenažnih jedinica tjedno, uz jednu kontrolnu utakmicu tjedno.

Naime, cjelokupna saznanja u polju vibracijskog treninga, u formi vibracija cijeloga tijela, i njegova učinka na poboljšanje jakosti i snage još uvijek su pod širokom lupom znanstvenika. Rezultati studija, koje su imale za cilj utvrditi njegovu učinkovitost na poboljšanje jakosti i snage, ponekad prijavljuju opozitne rezultate, često dovodeći do konfuznih i nedovoljno jasnih zaključaka.

Interesantna je studija Fagnania i suradnika (2006), koja je imala za cilj utvrditi učinke vibracijskog treninga u trajanju od osam tjedana ne samo na fleksibilnost, nego i mišićnu funkciju mjrenu kroz poboljšanja ekscentrično-koncentričnog skoka i izokinetičke snage nožnog potiska kod sportašica. Za razliku od rezultata naše studije, autori prijavljuju značajna poboljšanja rezultata kod vibracijske (eksperimentalne) skupine u odnosu na standardnu (kontrolnu) skupinu. Shodno rezultatima istraživanja, autori zaključuju da vibracijski trening cijeloga tijela predstavlja odgovarajuće trenažno sredstvo za razvoj navedenih sposobnosti. Međutim, analizira li se njihova studija, vidljivo je postojanje nekoliko bitnih razlika u metodološkim postavkama njihova eksperimenta odnosu na postavku ovog istraživanja.



Naime, autori su za potrebe njihova istraživanja tijekom osam tjedana (3x tjedno) vibracijski trening provodili kroz vježbe statičkog čučnja na oba ili na jednom ekstremitetu (90° koljeno). Pored toga, opterećenje vibracijskog treninga, povećavalo se na tjednoj razini, dok je za potrebe ovog istraživanja vibracijsko opterećenje bilo fiksno od početka do kraja četverotjednog tremanskog perioda.

Sarshin i suradnici (2010) dolaze do identičnih saznanja, o tome kako vibracijski trening producira značajne kronične učinke na eksplozivnu snagu i brzinu trčanja. U te svrhe anagažirani su studenti, u podjeljeni u dvije skupine. Vibracijski trening provoden je 3 puta tjedno, tijekom 4 tjedna, na vibracijskoj platformi ( $f = 30 \text{ Hz}$ ,  $A = 10 \text{ mm}$ ), i to kroz vježbu statičkog čučnja (110°). Autori prijavljuju značajna poboljšanja u visini vertikalnog skoka (Sardžent) kod vibracijske skupine (9,7%) mjerene prije i poslije tretmana, dok kontrolna skupina ne bilježi znatna poboljšanja. Također, rezultati ukazuju i na značajna poboljšanja u rezultatima sprinta (5,10,20 m), ali bez značajnih promjena kontrolne skupine.

Međutim, u komparaciji sa našom studijom, vidljivo je kako su autori (Sarshin i sur., 2010) primjenili vježbe statičkog čučnja na vibracijskoj platformi, kao i činjenicu da kontrolna skupina nije izvodila jednake vježbe kao i eksperimentalna (vibracijska) skupina, nego je nastavila uobičajene aktivnosti, sa zabranom primjene treninga jakosti i snage.

Također, za potrebe njihova istraživanja selektirani su studenti, koji nisu uključeni u neku od sportskih aktivnosti, pa samim time i ne podpadaju pod skupinu aktivnih sportaša. U prilog takvoj konstataciji, a koja se odnosi na karakteristike selektiranog uzorka, odnosno kako razina utreniranosti može biti značajan čimbenik pri ispoljavanju kroničnih učinaka vibracijskog treninga na brzinsko-snažna svojstva, svjedoči i istraživanje koje su proveli Wilcock i suradnici (2009).

Naime, u preglednom članku autori su pokušali dati odgovore na pitanje može li vibracijski trening producirati kronična poboljšanja jakosti, snage i brzine kod utreniranih sportaša. U poglavlju s rezultatima autori navode da od ukupno 5 selektiranih studija 3 bilježe značajna poboljšanja jakosti u odnosu na kontrolne skupine, dok dvije studije bilježe opozitne rezultate. Kada je riječ o poboljšanju mišićne snage, mjerene na varijabli skoka sa pripremom, podaci demonstriraju da od 5 studija samo 3 studije prijavljuju pozitivne učinke na snagu. Naime, kada je utvrđena veličina učinaka navedenih studija, došlo se do spoznaje o veoma malim učincima na visinu skoka s pripremom, i to samo u vibracijskim skupinama.

Iako je prosječno trajanje navedenih studija iznosilo između 5 i 8 tjedana, autori navode da se kombinacijom podataka tih istraživanja (budući da su slična) meta-analizom otkriva mali doprinos vibracijskog treninga ( $6.1 \pm 17.1\%$ ) ( $ES=0.35$ ) u poboljšanju visine skoka s pripremom. Diskutirajući o podacima koji se odnose na procjenu brzine trčanja, a istovremeno oslanjajući se na rezultate studija koju su proveli Owen (2004) i Delcluse (2005), Wilcock i suradnici zaključuju da nema značajnih promjena ( $ES = -0.17$  do  $0.09$ ) kada su u pitanju poboljšanja startne i maksimalne brzine trčanja.

Također, spominje se često opetovana informacija, da dobro utrenirani sportaši imaju znatno manje prostora za živčano-mišićnu prilagodbu u odnosu na neutrenirane ispitanike. U preporuci oko poboljšanja brzinsko-snažnih performansi kod sportaša, autori preglednog članka (Wilcock i sur., 2009) navode niz strategija kada je riječ o poboljšanju sportske performanse primjenom vibracijskog treninga. Između ostalog, navodi se da ukoliko treneri žele poboljšanja jakosti, snage i brzine kod svojih sportaša, onda trenažne metode koje se redovno koriste u treningu za razvoj istih primjenjuju uz dopunsku vibraciju. Konkretno to znači da, ako je cilj razviti snagu nogu submaksimalnim ili maksimalnim opterećenjem onda bi trebalo razmisliti i o tome da se oni izvode uz primjenu dodatnih vibracijskih podražaja.

Također ako je cilj razviti eksplozivnu snagu donjih ekstremiteta, onda bi trebalo pomjerati težinu pri maksimalnoj brzini mišićne kontrakcije uz primjenu vibracijskih podražaja. Takav trening može biti zasnovan na laganim do umjerenim pliometrijskim sadržajima (zaskoci s platforme na jednu ili dvije noge). Stavka koju bi svakako trebalo uzeti u obzir, kod ovakvog modaliteta vježbanja, odnosi se na sigurnosne aspekte njegova provođenja.

Prema mišljenju autora drugog preglednog članka (Osawa i sur., 2013), postoji mogućnost da varijabilnost različitih programa vibracijskog vježbanja može znatno utjecati na ispoljavanje finalnih učinaka vibracijskog treninga. Cilj je njihovog meta-analitičkog članka bio komparirati učinke randomiziranih kontrolnih studija vibracijskog vježbanja u odnosu na paralelne identične protokole bez primjene vibracija.

Rezultati preglednog članka demonstriraju da apliciranje treninga vibracija cijelog tijela, u kroničnim postavkama, može dovesti do superiornijih poboljšanja rezultata u odnosu na identične protokole bez primjene vibracija. Međutim, u svom zaključku autori navode i nekoliko limitirajućih faktora preglednog članka.

Između ostalog, navodi se da su u njihovu analizu angažirani ispitanici s veoma varijabilnim karakteristikama, a koje se osobito odnose na njihovu kronološku dob, spol te trenažni status. Slične spoznaje demonstrira i pregledni članak Marina i suradnika (2010), koji se odnosi na utvrđivanje akutnih i kroničnih učinaka vibracijskog vježbanja na poboljšanje mišićne snage. Na osnovu dobivenih rezultata autori tvrde, da vibracijski trening može predstavljati učinkovit modalitet vježbanja za poboljšanje kroničnih adaptacijskih odgovora u domeni mišićne snage. Naime, njihovi podaci demonstriraju informaciju koja se konstantno provlači kroz većinu dosadašnjih istraživanja kada su u pitanju kronični učinci vibracijskog vježbanja. Navodi se da kronološka dob ispitanika, može biti značajan moderator kada je u pitanju primjena vibracijskog vježbanja radi poboljšanja mišićne snage. Podaci ukazuju, da je za populaciju ispod 25 godina, veličina učinaka bilježila znatno niže vrijednosti ( $ES = 0.43$ ), u odnosu na ispitanike preko 50 godina starosti ( $ES = 2.24$ ).

Također, Marin i suradnici (2010) navode da se razlike u učincima mogu pripisati i različitom planiranju i programiranju trenažnih jedinica (sustavna periodizacija i progresija trenažnog opterećenja). Shodno dobivenim podacima, mišljenje je autora da bi to mogle biti varijable od vitalne važnosti, kada je u pitanju dostizanje maksimalnih beneficija vibracijskog vježbanja. Nakon analize selektiranih studija podaci ukazuju da programski sadržaji dugoročno primijenjene vibracije, a koji su u svojim tretmanima imali fiksne parametre opterećenja, bilježe znatno manje vrijednosti veličine tretmanskih učinaka ( $ES = 0.39$ ), u odnosu na periodizirane programe vibracijskog vježbanja ( $ES = 1.28$ ). Budući da u našem eksperimentalnom programu nije došlo do promjene u varijablama opterećenja u toku četiri tjedna, već je opterećenje prema svim determinirajućim varijablama (frekvencija, amplituda, vrijeme izloženosti) bilo fiksno, onda bi se i ovom čimbeniku mogao pripisati djelomični ishod krajnje ostvarenih rezultata.

U svakom slučaju sve prikupljene spoznaje sugeriraju da vibracijski trening u formi vibracija cijelog tijela može predstavljati učinkovit modalitet vježbanja radi poboljšanja živčano-mišićne performanse. Međutim, bilo bi prikladno u razmatranje uzeti i sve relevantne čimbenike koji su od primarne važnosti, kada je u pitanju aplikacija vibracijskog treninga kod različitih uzrasnih kategorija, ili trenažnih rangova ispitanika. Također, neophodno je i više otvoriti znanstveno polje istraživanja u dugoročnim postavkama, kako bi se što valjanije i preciznije odredili faktori koji doprinose kroničnim poboljšanjima pri uporabi vibracijskog treninga.

## 7. ZAKLJUČAK

**Temeljni cilj** istraživanja bio je utvrditi akutne i kronične učinke treninga vibracija cijelog tijela primjenjenog u vježbama statičkog istezanja, na opseg pokreta i mišićnu funkciju donjih ekstremiteta nogometaša, izvođenih u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga.

- Rezultati akutnog dijela studije ukazuju da vibracijski trening cijelog tijela primjenjen u vježbama statičkog istezanja, učinkovito poboljšava opseg pokreta donjih ekstremiteta nogometaša, ali ne i mišićnu funkciju mjerenu kroz varijable za procjenu eksplozivne snage tipa vertikalnih skokova i maksimalnog sprinta.
- Rezultati akutnog dijela studije pokazali su da vibracija cijelog tijela primjenjena u vježbama statičkog istezanja producira značajna akutna poboljšanja pasivnog opsega pokreta donjih ekstremiteta nogometaša, u odnosu na jedanke vježbe istezanja bez primjene vibracija.
- Akutna studija demonstrira da vibracija cijelog tijela primjenjena u vježbama statičkog istezanja, ne producira značajna akutna poboljšanja mišićne funkcije, u odnosu na identične vježbe istezanja bez primjene vibracija, pa shodno tome, ne bi ni trebala na ovakav način biti primjenjena neposredno pred aktivnosti brzinsko-eksplozivnog karaktera, osim u slučajevima kada je primarni cilj glavnog dijela treninga trenutno poboljšanje amplitude pokreta.
- Sa druge strane, vibracijski trening cijelog tijela izvođen u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, nakon četiri tjedna, veoma učinkovito poboljšava opseg pokreta donjih ekstremiteta, u odnosu na jednaki protokol nogometnog zagrijavanja bez primjene vibracija.
- Međutim, vibracijski trening cijelog tijela sproveden u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga, nakon četiri tjedna ne produkuje značajna kronična poboljšanja mišićne funkcije donjih ekstremiteta, u odnosu na identični protokol zagrijavanja bez vibracija.
- Zaključno, ova randomizirana kontrolna studija demonstrirala je da vibracijski trening cijelog tijela primjenjen u vježbama statičkog istezanja, a proveden u uvodno-pripremnom dijelu nogometnog treninga (tri puta tjedno), nakon četiri tjedna značajno utječe na povećanje opsega pokreta, ali ne i na poboljšanje mišićne funkcije mjerene kroz povećanje brzine sprinta i visine vertikalnih skokova (bez obzira na mjere li se oni pri koncentričnim ili ekscentrično-koncentričnim uvjetima), u odnosu na jednaki protokol zagrijavanja bez primjene vibracije.

Promatrajući kratkoročno ili dugoročno, poboljšanje sportske performanse predstavlja konačni cilj svih sportaša i njihovih trenera. Zajedno s tradicionalnim trenažnim tehnikama, inkorporiranje novije trenažne tehnologije u području sporta postalo je od vitalnog značaja za stručnjake u polju kondicijske pripreme sportaša. Ovo istraživanje konstruirano je s namjerom da se demonstriraju kratkoročni i dugoročni učinci vibracijskog treninga kao dopunskog sredstva pred pripreme za glavna trenažna opterećenja.

Konkretno, rezultati ukazuju da akutno primijenjena vibracija, aplicirana u vježbama statičkog istezanja dovodi do znatnog poboljšanja fleksibilnosti, odnosno poboljšanja pasivne amplitude pokreta donjih ekstremiteta, ali ne i znatnog poboljšanja mišićne performanse. Sumarno, u akutnim postavkama vibracijski podražaj može biti korišten kao učinkovito sredstvo, kada se želi na relativno brz i jednostavan način izvršiti pred priprema lokomotornog aparata kada glavni sadržaji treninga nameću potrebu za povećanom amplitudom pokreta ali ne i kada treba da uslijede aktivnosti brzinsko-eksplozivnog karaktera.

U kroničnim postavkama pak, vibracijski trening primjenjen kao integrirani segment cjelokupne pred pripreme za glavna trenažna opterećenja, pokazao se kao učinkovit modalitet kada su u pitanju poboljšanja pasivnog ospega pokreta donjih ekstremiteta kod nogometaša. Iako rezultati demonstriraju da vibracijski trening u ovakvim postavkama ne utječe na znatno poboljšanje brzinsko-eksplozivnih svojstava, ipak je neophodno istaknuti da ovakav način vježbanja treba razmotriti i pod drugačijim uvjetima primjene, te da ovakav tip treninga može više doprinijeti kao dopunsko trenažno sredstvo, nego kao zamjena standardno apliciranim metodama za usavršavanje promatranih sposobnosti.

Dobiveni rezultati u značajnoj mjeri produbljuju naše spoznaje o prilagodbi živčano-mišićnog sustava na vibracijski trening cijelog tijela. Premda nisu bili predmetom ovog istraživanja, mehanizmi koji se nalaze u pozadini uočenih trenažnih učinaka vjerojatno imaju živčano izvorište, a koji su opet najvjerojatnije odgovorni za veći učinak na fleksibilnosti vibracijske u odnosu na standardnu skupinu ispitanika. U svakom slučaju, vibracijski trening u periodu koji dolazi, s punim pravom može tražiti svoje mjesto u trenažnom procesu sportaša. Trenutne spoznaje u polju vibracijskog treninga relativno su novijeg datuma, pa time i rasprava oko konačnih učinaka ovakvog načina vježbanja još uvijek traje. Obzirom na širok spektar različitih trenažnih protokola vibracijskog treninga, od budućih istraživanja trebala bi se zahtijevati kompletnija analiza svih ulazno-izlaznih čimbenika opterećenja, kako u akutnim tako i u kroničnim trenažnim postavkama.

## 8. LITERATURA

1. Alter, M.J. (1996). *Science of Flexibility (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics,
2. Atha J., Wheatley D. W. (1976). *Joint mobility changes due to low frequency vibration and stretching exercise*. Br J Sports Med ;**10**:1 26-34doi:10.1136/bjism.10.1.26
3. Barrett, S. M., Carter, D., Small, K. & Lovell, R. J. (2009). *Soccer Half-time Re-warm-up: Whole Body Vibrations on Soccer Specific Power Performance*. Presented at the annual conference of the British Association of Sport and Exercise Sciences in Leeds.
4. Bishop, D. (2003) *Warm up II – performance changes following active warm-up and how to structure the warm up*. Sport Medicine 33 (7), 483–498.
5. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O. (1999.) *Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles*. Eur. J. Appl. Physiol. 79:306–311.
6. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., von Duvillard, S., Viru, A. (1998). *The influence of whole body vibration on jumping performance*. Biol Sport 15:157-64.
7. Bullock, N., Martin, D. T., Ross, A., Rosemond, C. D., Jordan, M. J., Marino, F. E. (2008). *Acute effect of whole body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes*. J Strength Cond Res. 22(4):1371-4. 9.
8. Burns, P. A., Beekhuizen, K. S., Jacobs, P. L.. (2010). *Acute Effects of Whole-Body Vibration on Lower Body Flexibility and Strength*, Patricia University of Miami School of Medicine, Miami FL.
9. Cardinale, M., Lim, J. (2003). *The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance*. Medicina Dello Sport, 56 (4), 287–92.
10. Cochrane DJ. (2011). *Vibration exercise: the potential benefits*. Int J Sports Med. Feb;**32**(2):75-99. doi: 10.1055/s-0030-1268010. Epub 2010 Dec 16.
11. Cronin, J., M. Nash and C. Whatman, 2007. *The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings*. Physical Therapy in Sport, 8(1): 30-36.

12. Cochrane, D. J., Legg, S. J., Hooker M. J. (2004). *The shortterm effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance*. J Strength Cond Res. 18(4):828-32.
13. Cochrane, D. J., Stannard, S. R. (2005). *Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players*. British journal of sports medicine 39 (11): 860–5. doi:10.1136/bjism.019950 PMC1725065.
14. Čanaki, M., Šoš, K., & Vučetić, V. (2006). *Dijagnostika eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti na platformi za mjerenje sile "Quattro jump"*. Kondicijski trening, 4(1), 19-24.
15. Dallas, G., Kirialanis, P. (2013). *The effect of two different conditions of whole-body vibration on flexibility and jumping performance on artistic gymnasts*, Science of Gymnastics Journal, Vol. 5 Issue 2, p67 Academic Journal.
16. De Ruyter, C. J., Van der Linden, R. M., van Der Zijden, M. J. A., Hollander, A. P., and De Haan, A. (2003). *Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise*. Eur. J. Appl. Phys. 88:472– 475.
17. Delecluse, C., Roelants, M., Diels, R., Koninckx, E., and Verschueren, S. (2005). *Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes*. Int J Sports Med 26: 662–668.
18. Delecluse, C., Roelants, M., Verschueren, S. (2003). *Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training*. Med Sci Sports Exerc. 35(6):1033-41.
19. Elam, R. (1986) *Warm-up and athletic performance: A physiological analysis*. Strength and Conditioning Journal, 8 (2), 30–32.
20. Elam, R. (1986). *Warm-up and athletic performance: A physiological analysis*. Strength and Conditioning Journal, 8 (2), 30–32.
21. Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F., Di Salvo, V. (2006). *The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes*. Am J Phys Med Rehabil. 85(12):956-62.

22. Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., Smoliga, J. M. (2010.) *Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis*. J Strength Cond Res. Jan; 24(1):140-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c643a0.
23. Gleim, G.W., and M.P. McHugh (1997). *Flexibility and its effects on sports injury and performance*. Sports Med. 24(5): 289–299..
24. Hollins M, McDermott K, Harper D. (2014). *How does vibration reduce pain?* PMID: 24689133
25. Hunter, G., V. Coveney, and J. Spriggs (2001). *Investigation into the effect of static stretching on the active stiffness and damping characteristics of the ankle joint plantar flexors*. Phys. Ther. Sport. 2:15–22.
26. Issurin, V. B. (2005). *Vibrations and their applications in sport*. A review. J Sports Med Phys Fitness.45(3):324-36.
27. Issurin, V. B., Liebermann, D. G. and Tenenbaum, G. (1994). *Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility*. Journal of Sports and Sciences 12, 561-6.
28. Issurin, V. B., Tenenbaum, G. (1999). *Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes*. Journal of sports sciences 17 (3): 177–82. PMID10362384.
29. Jemni M, Mkaouer B, Marina M, Asllani A, Sands WA. (2014). *Acute static vibration-induced stretching enhanced muscle viscoelasticity but did not affect maximal voluntary contractions in footballers*. J Strength Cond Res. 2014 Nov;28(11):3105-14. doi: 10.1519/JSC.0000000000000404.
30. Kerschán-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., Imhof, H. (2001). *Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume*. Clinical physiology (Oxford, England) 21 (3): 377–82. PMID11380538. 11.
31. Kinser, A. M., Ramsey, M. W., O'Bryant, H. S., Ayres, C. A., Sands, W. A., and Stone, M. H. (2008.) *Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts*. Med Sci Sports Exerc 40: 133– 140.



32. L Simic, N Sarabon, G Markovic (2013). *Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review*. Scandinavian journal of medicine & science in sports 23 (2), 131-148
33. Lovell R, Midgley A, Barrett S, Carter D, Small K. (2013). *Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength*. Scand J Med Sci Sports. Feb;23(1):105-13. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01353.
34. Marín, P. J., Rhea, M. R. (2010). *Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis*. Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association 24 (3): 871–8. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c7c6f0. PMID 20145554.
35. Marković, G., Dizdar, D., Jukić, I., & Cardinale, M. (2004). *Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests*. Journal of Strength and Conditioning Research, 18(3), 551-5.
36. Marković, G., Gregov, C. (2005). *Primjena vibracijskog treninga u kondicijskoj pripremi sportaša*. Kondicijski trening, Volumen 3, broj 1.
37. McArdle, W.D., F.I. Katch, and V.I. Katch. *Exercise Physiology (3rd ed.)*. Philadelphia: Lea and Febiger, 1991.
38. Mester, J., P. Spitzenfeil, Schwarzer J., and Seifriz F. (1999). *Biological reaction to vibration*, Implication for sport. J. Sci. Med. Sport. 2:211–226.
39. Mišigoj-Duraković, M. (2008). *Kinantropologija - biološki aspekti tjelesnog vježbanja*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
40. Nordlund, M. M., Thorstensson, A. (2007). *Strength training effects of whole-body vibration?* Scand J Med Sci Sports. 17(1):12-7.
41. Norris, C. (1999). *The Complete Guide to Stretching*. London: A & C Black.
42. Osawa Y1, Oguma Y, Ishii N. (2013) The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. J Musculoskelet Neuronal Interact. Sep;13(3):380-9
43. Owen, GJ. *The influence of whole body vibration on knee extensor stiffness and functional performance*. Master's thesis, Auckland University of Technology, Auckland, New Zealand, 2004. 34. Radovanovic, S, Jaric, S, Milanovic, S, Vukcevic, I, Ljubisavlje

44. Paradisis, G., Zacharogiannis, E. (2007). *Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance*. J Sport Sci Med. 6:44-49.
45. R Cloak, A Nevill, J Smith, M Wyon (2014). *The acute effects of vibration stimulus following FIFA 11+ on agility and reactive strength in collegiate soccer players*. Journal of Sport and Health Science 3 (4), 293-298
46. Rehn, B., Lidström, J., Skoglund, J., Lindström, B. (2007). *Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review*. Scand J Med Sci Sports. 17(1):2-11.
47. Rittweger, J. (2010). *Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be?* European journal of applied physiology 108 (5): 877–904. doi:10.1007/s00421-009-1303-3. PMID20012646.
48. Roelants, M., Delecluse, C., Verschueren, S. M. (2004). *Whole-body-vibration training increases knee extension strength and speed of movement in older women*. J Am Geriatr Soc. 52(6):901-8,
49. Safran, M.R., W.E. Garrett, A.V. Seaber, R.R. Glisson, and B.M. Ribbeck (1988.) *The role of warmup in muscular injury prevention*. Am. J. Sports Med. 16(2):123–128.
50. Sands, W. A., McNeal, J. R., Stone, M. H., Haff, G. G., Kinser, A. M. (2006). *Flexibility Enhancement with Vibration: Acute and Long-Term*; Medicine & Science in Sports & Exercise.
51. Sarshin Amir, Mohammadi Sardar, Khadam Reza Amir, Sarshin Khadijeh (2010). *The effect of whole body vibration training on explosive power and speed in male non athlete students*. facta universitatis Series: Physical Education and Sport Vol. 8, No 1, pp. 81 - 88 Original empirical article UDC 796.015.26
52. Shellock, F. (1986). *Physiological, psychological, and injury prevention aspects of warm-up*. Strength and Conditioning Journal, 8 (5), 24–27.
53. Siavash, D., van den Tillaar, R., Jacobs, P., Shafiee, G. H., Shojaedin, S. S. (2010). *The Effect of Whole Body Vibration, Pnf Training or a Combination of Both on Hamstrings Range of Motion*. World Applied Sciences Journal, 11: 744-751.

54. Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H., Järvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., Nenonen, A., Järvinen, T. L., Paakkala, T., Järvinen, M., Vuori, I. (2003). *Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study.* J Bone Miner Res. 18(5):876-84.
55. Van den Tillaar, R. (2006). *Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings?* Journal of Strength and Conditioning Research, 20(1), pages 192–196.
56. Wilcock, I. M., Whatman, C., Harris, N, Keogh, J. W. (2009). *Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes?* J Strength Cond Res. 23(2):593-603.
57. Yapicioglu Bulent, Colakoglu Muzaffer, Colakoglu Zafer , Gulluoglu Halil , Bademkiran Fikret , and Ozkaya Ozgur (2013). *Effects of a Dynamic Warm-Up, Static Stretching or Static Stretching with Tendon Vibration on Vertical Jump Performance and EMG Responses.* J Hum Kinet. Dec 18; 39: 49–57. PMID: PMC3916929
58. Young, W. B. i Behm, D. G. (2002). *Should static stretching be used during a warm-up for strength and power activities?* Strength and Conditioning Journal, 24 (6), 33–37