

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Smer študija: Kineziologija

# **UČINEK ŽIVČNO-MIŠIČNE POTENCIACIJE NA HITROST META ŽOGE PRI ROKOMETU**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

doc. dr. Igor Štirn

RECENZENT:

izr. prof. dr. Marko Šibila

AVTOR:

Jure Mastnak

Ljubljana, 2015

## **ZAHVALA**

Hvala mentorju, docentu dr. Igorju Štirnu, za strokovno pomoč, dostopnost in usmerjanje pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem recenzentu, izrednemu profesorju Marku Šibili za dodatno pomoč.

Zahvalil bi se rad tudi družini, ki mi je v času študija stala ob strani in prijateljem, ki so mi pomagali pri raziskavi.

**Ključne besede:** potenciacija, rokometni met, mehanizmi potenciacije

## **UČINEK ŽIVČNO-MIŠIČNE POTENCIACIJE NA HITROST META ŽOGE PRI ROKOMETU**

**Jure Mastnak**

### **IZVLEČEK**

S pojmom živčno-mišična potenciacija se označuje pojav pri katerem pride do akutnih sprememb v mišici, zaradi njene kontraktilne zgodovine in zaradi katerih je njena sposobnost generiranja sile povečana. Osnovni namen raziskave je bil ugotoviti ali ima potenciranje vpliv na hitrost meta žoge pri rokometu takoj po 7. minutah ter 12 in 24 ur po intervenciji. V raziskavo so bili vključeni rokometarji z nekajletnimi izkušnjami v tem športu ter študentje Fakultete za šport, ki so opravili predmet Rokomet 1. V vzorec merjencev smo tako zajeli 10 študentov (povprečna starost 22,4 +/- 1,1 leta; povprečna telesna masa 77,8 +/- 8,6 kg; povprečna telesna višina 180,4 +/- 5,8 cm). Z radarjem smo izmerili hitrost meta žoge z mesta. Raziskava je potekala v dveh delih. En del meritev je potekal brez protokola za doseganje potenciacije, drugi del pa ga je vseboval. Vsi merjenci so izvedli oba dela meritev. Protokol potenciranja je bil sestavljen iz treh serij po 5 maksimalnih strelav 2kg težke terapevtske žoge in 6 maksimalnih skokov iz gležnja. Ugotovili smo, da se potenciacija pojavi v 7. minuti po intervenciji. Po 12. In 24 urah pa izzveni in ni bilo več statistično značilnih razlik med samimi meti. Statistične razlike pa so se pokazale pri primerjavi metov prve in druge serije vsake serije meritev, kar pomeni, da maksimalni meti kratkoročno potencirajo živčno-mišični sistem rokometarja. Glede na izsledke naše raziskave lahko sklepamo, da lahko z dokaj enostavnim naborom vaj izzovemo pojav kratkoročne potenciacije, medtem ko dolgotrajna ni bila statistično značilna.

**Key words:** potentiation, handball throw, mechanisms of potentiation

## **EFFECT OF POST-ACTIVATION POTENTIATION ON PERFORMANCE OF HANDBALL THROW**

**Jure Mastnak**

### **ABSTRACT**

Post-activation potentiation is a phenomenon during which acute changes happen in the muscle because of its contractile history and these changes augment the ability of generating force. The basic purpose of the research was to determine if potentiation has an effect on the speed of a ball throw in handball immediately after 7 minutes and then 12 and 24 hours after the intervention. Included in the research were handball players with few years of experience in this sport and students of Faculty of sports that finished the course Handball 1. 10 students were included in the sample of subjects (average age 22,4 +/- 1,1 year; average body mass 77,8 +/- 8,6 kg; average height 180,4 +/- 5,8 cm). We measured the speed of the ball throw from the spot with radar. The research consisted of two parts. First one did not contain the protocol for achieving potentiation and the second one did. Every subject performed both parts of measurements. The protocol for potentiation consisted of three series of 5 maximal throws of 2 kg therapeutic ball and 6 maximal jumps from the ankle. We determined that potentiation occurs in the seventh minute after intervention. However it does fade away after 12 and 24 hours, and there were no statistically significant differences between throws. Although there were statistically significant differences when comparing the first two series of throws which means that maximal throws cause short-term post-activation potentiation. According to the findings of our research we can conclude that it is possible to provoke the onset of short-term potentiation with a rather simple set of exercises, while long-term potentiation was not statistically significant.

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	7
1.1	MEHANIZMI POTENCIACIJE .....	7
1.2	VPLIV TIPA MIŠIČNE KONTRAKCIJE NA POTENCIACIJO .....	10
1.3	ČASOVNI OKVIR POTENCIACIJE .....	11
1.4	STREL S TAL PRI ROKOMETU.....	13
1.5	ŽIVČNO-MIŠIČNE OSNOVE ROKOMETNEGA STRELA .....	15
1.6	POTENCIACIJA PRI ROKOMETNEM METU.....	16
1.7	CILJI IN HIPOTEZE.....	17
2	METODE DELA.....	18
2.1	PREIZKUŠANCI.....	18
2.2	PRIPOMOČKI.....	18
2.3	POSTOPEK.....	19
2.3	OBDELAVA PODATKOV .....	22
3	REZULTATI IN RAZPRAVA .....	23
3.1	POTENCIACIJA PO 7 MINUTAH .....	23
3.2	POTENCIACIJA PO 12 IN 24 URAH .....	24
3.3	REZULTATI PRVIH IN DRUGIH METOV VSAKE SERIJE MERITEV .....	25
3.3	RAZPRAVA .....	26
4	SKLEP .....	29
5	VIRI .....	30

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1:</i>	Molekula miozina.....	8
<i>Slika 2:</i>	Časovni okvir fosforilizacije verih miozina in potenciacije navora skrčka .....	9
<i>Slika 3:</i>	Graf povišanja skoka z nasprotnim gibanjem .....	10
<i>Slika 4:</i>	Vpliv števila serij pri netrenirah, treniranih in vrhunskih športnikih. ....	11
<i>Slika 5:</i>	Odnos med utrujanjem in potenciacijo. ....	12
<i>Slika 6:</i>	Odstotek ljudi, ki v določen obdobju po vadbenem protokolu dosežejo maksimalno vrednost pri skoku z nasprotnim gibanjem.....	12
<i>Slika 7:</i>	Vpliv odmora na netrenirane in trenirane posameznike ter na vrhunske športnike ..	13
<i>Slika 8:</i>	Radar Stalker ATS Professional Sports, katerega smo uporabili na meritvah. ....	19
<i>Slika 9:</i>	Prikaz postavitve merjenca in radarja v prostoru.....	20

Slika 10: Postavitev merjenca in radarja. ....	20
Slika 11: Hitrost metov na prvih meritvah obeh serij. ....	23
Slika 12: Graf rezultatov meritev.....	24

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Vključene mišice in tip mišičnega napreznja glede na fazo strela.....	15
Tabela 2: Lastnosti merjencev in rokometni staž.....	18
Tabela 3: Časovni okvir meritev.....	21
Tabela 4: Časovni okvir meritev, ko se je izvedel protokol potenciranja.....	21
Tabela 5: Primerjava hitrosti metov.....	23
Tabela 6: Rezultati ANOVE za ugotavljanje razlik med hitrostmi žoge.....	25
Tabela 7: Rezultati ANOVE za ugotavljanje razlik med prvimi in drugimi meti vsake serije meritev.....	26

## **1 UVOD**

S pojmom živčno-mišična potenciacija se označi pojav pri katerem pride do akutnih sprememb v mišici, zaradi njene kontraktilne zgodovine in zaradi katerih je njena sposobnost generiranja sile povečana (Esformes, Keenan, Moody in Bampouras, 2011). Med seboj ločimo po-aktivacijsko in po-tetanično potenciacijo. V tem delu se bomo osredotočili na prvo, saj se pojavi pod vplivom zavestnih gibanj, medtem ko se druga pojavi po nezavednih tetaničnih kontrakcijah, katere dosežemo z elektrostimulacijo izbrane mišice (Tillin in Bishop, 2009). Način s katerim izzovemo živčno-mišično potenciacijo bomo imenovali potenciranje.

Po-aktivacijska potenciacija se izrazi predvsem po maksimalnih ekscentrično-koncentričnih in izometričnih kontrakcijah in se lahko na podlagi tega praktično uporabi pri kondicijski pripravi športnikov (Bogdanis, Tsoukos, Veligekas, Tsolakis in Terzis, 2009). Pravilno zastavljen in prakticiran protokol potenciacije se lahko uporablja namesto konvencionalnega ogrevanja pri eksplozivnih športnih aktivnostih, kot so meti, sprinti in skoki (Gullich in Schimdtbleicher, 1996).

Do sedaj je bilo rečeno, da spremembe v delovanju mišice izhajajo iz dveh mehanizmov, to je povečane fosforilizacije regulacijskih verig miozina in povečane rekrutacije motoričnih enot (Bogdanis idr., 2014). Pojavljajo se tudi dokazi, da je lahko sprememba kota penacije tudi eden izmed možnih mehanizmov pri pojavu potenciacije (Tillin idr., 2009)

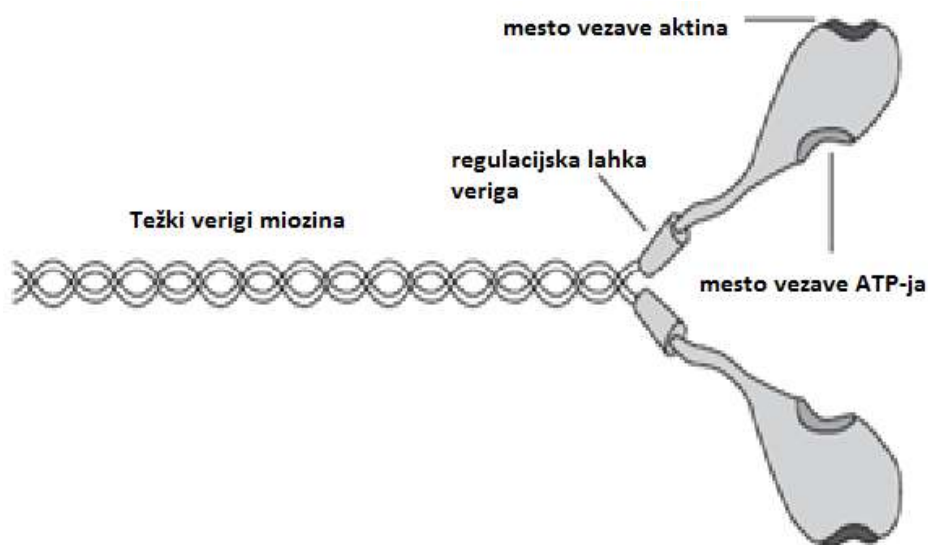
Pojav živčno-mišične potenciacije bomo raziskovali pri roketnem strelu z mesta, za katerega je značilna kompleksna, hitra, aciklična aktivnost, ki ima določen začetek in konec ter je izveden silovito z angažiranjem vseh potencialov živčno-mišičnega aparata (Skaza, 2011). In gibanje kot tako, je zaradi svoje eksplozivne izvedbe primerno za preučevanje praktične uporabe potenciacije. Preko hitrosti meta se bo spremljalo ali so testirani v potenciranem ali utrujenem stanju oziroma, da ni prišlo do sprememb. Pri vsem tem bomo opazovali še pojav dolgotrajne potenciacije, ki se izrazi čez 12 oziroma 24 ur. To področje je še neraziskano in tako ni literature, ki bi lahko tej raziskavi podala teoretično oporo.

### **1.1 MEHANIZMI POTENCIACIJE**

Domneva se, da se pojav živčno-mišične potenciacije zgodi zaradi dveh mehanizmov. Eden izmed njiju je fosforilizacija regulacijskih lahkih verig miozina, drugi pa je povečana rekrutacija motoričnih enot. Obstajajo pa tudi dokazi, da je za potenciacijo pomemben še tretji mehanizem, to je sprememba kota penacije mišičnih vlaken.

Vsokršnja kontraktilna aktivnost mišice sproži mehanizme potenciacije. Eden izmed njih je fosforilizacija miozinskih vezi, katera poveča občutljivost miofilamentov na  $\text{Ca}^{2+}$ . Rezultat tega je povišan nivo aktivnosti prečnih mostičkov miozina pri submaksimalni koncentraciji mioplazmatskega  $\text{Ca}^{2+}$  (Sale, 2004).

Molekula miozina je heksamer sestavljen iz dveh težkih verig. Vsaka izmed teh dveh verig imata svojo glavo miozina, ki vsebujeta vsaka dve lahki regulacijski verigi, kateri vsebujeta mesto, na katero se veže molekula fosfata. Fosforilizacija lahkih regulatornih verig je katalizirana s pomočjo encima RLC kinaza, ki se aktivira, ko se molekula  $\text{Ca}^{2+}$ , ki je bila pred tem sproščena iz sarkoplazmatskega retikuluma med mišično kontrakcijo, veže na kalcijev regulacijski protein calmodulin. Vloga fosforilizacije je, da vpliva na potenciacijo živčno-mišičnega sistema s tem, ko vpliva na spremembo strukture glave miozina in na njen položaj. Fosforilizacija regulacijskih lahkih verig vpliva tudi na povezavo aktina in miozina, s čimer ta postane bolj občutljiva na mioplazmatski  $\text{Ca}^{2+}$ . Posledično ima ta fosforilizacija največji efekt pri relativno nizkih koncentracijah  $\text{Ca}^{2+}$ , kot je to v primeru nizko frekvenčne tetanične kontrakcije (Tillin idr., 2009).



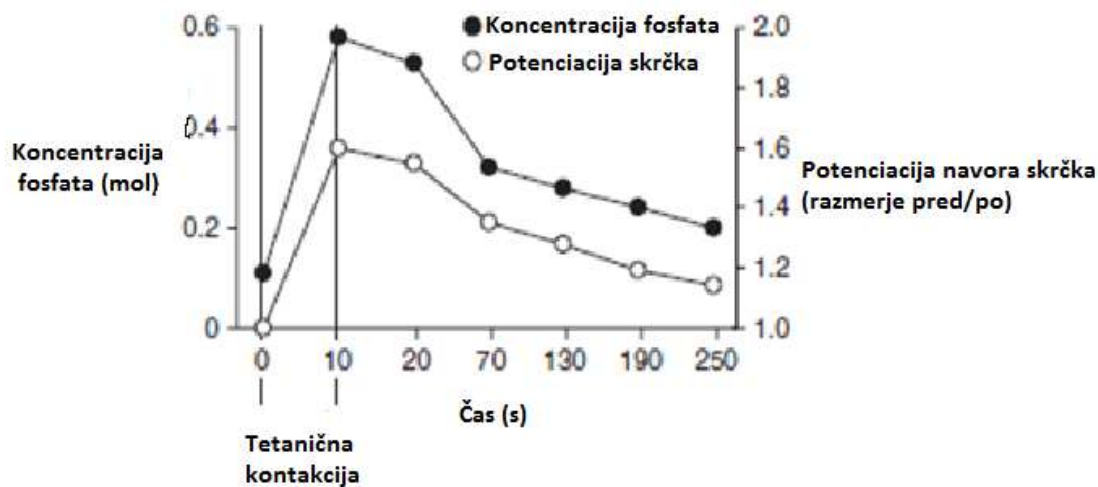
Slika 1. Molekula miozina (Tillin idr., 2009).

Molekula miozina (slika 1) je sestavljena iz dveh težkih verig (ang. myosin heavy chains). Regulatorna lahka veriga (ang. regulatory light chain – RLC-2) je postavljena na vrat glave miozina. Vsaka lahka veriga lahko sprejme eno molekulo fosfata, s čimer se spremeni struktura glave miozina. Na vsaki glavi je mesto za vezavo adenozintrifosfata (ATP) in aktina (Tillin idr., 2009).

Smith in Fry (2007) sta v raziskavi, v kateri so izvedli biopsijo na m. vastus lateralis in analizi iztega kolena v trenažerju pred in 7 minut po 10 sekundni maksimalni izometrični kontrakciji, ugotovili, da ni prišlo do nobenih razlik v fosforilizaciji miozinskih vezi na celotnem vzorcu. Prejšnje raziskave so se z raziskovanjem tega področja ukvarjale na živalih, kar je lahko tudi privedlo do drugačnih rezultatov. Porazdelitev tipa mišičnih vlaken med ljudmi in živalmi ni



enaka in zato je prišlo tudi do razlik v rezultatu raziskav. Pomembnost fosforilizacije pri ljudeh za potenciacijo ostaja neznana in mogoče je, da imajo drugi faktorji močnejši vpliv nanjo (Tillin idr., 2009).



Slika 2. Časovni okvir fosforilizacije verig miozina in potenciacije navora skrčka (Tillin idr., 2009).

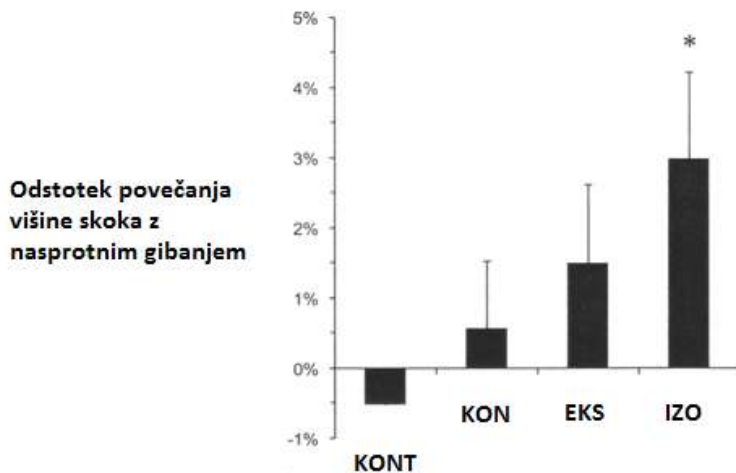
Graf (slika 2) prikazuje časovni okvir fosforilizacije verig miozina in potenciacije navora skrčka, ki sledi deset sekundnemu maksimalnemu izometričnemu naprežanju. Potenciacija je prikazana kot razmerje med največjim maksimalnim navorom in največjim navorom skrčka pred aktivnostjo. Rezultati kažejo na možno povezavo med koncentracijo fosfatov in potenciacijo skrčka. Po 10 sekundah tetanične kontrakcije je najvišja koncentracija fosfata in prav tako je največji navor skrčka. Po 20 sekundah začne padati tako koncentracija fosfata, kakor tudi navor skrčka. Ves čas merjenja padata približno vzporedno, kar lahko morda pripišemo njuni medsebojni povezanosti.

Drug mehanizem potenciacije je povečana rekrutacija motoričnih enot. Raziskave so pokazale, da izometrična tetanična kontrakcija (sprožena s stimulacijo specifičnega aferentnega živčnega vlakna, kar aktivira alfa-motonevron preko aferentne živčne poti) poveča prenos ekscitacijskih potencialov preko sinaptičnih vozlov v hrbtenjači. To stanje lahko traja nekaj minut po kontrakciji in kot rezultat tega je povečanje po-sinaptičnih potencialov za enak pred-sinaptični potencial med določeno aktivnostjo (Tillin idr., 2009).

Spremembo kota penacije navajajo kot tretji možni mehanizem potenciacije. Kot penacije mišice določa orientacijo mišičnih vlaken v odnosu do vezivnega tkiva. Tako kot penacije določa prenos sile iz mišice na tetive in kosti. Manjši kot je kot, večjo prednost ima mišica pri mehanskem prenosu energije. Raziskava izvedena na mišici vastus lateralis, pri kateri so izvedli tri tri-sekundne maksimalne izometrične kontrakcije, je pokazala, da se kot penacije takoj po izvedeni kontrakciji ne spremeni, po 3-6 minutah pa se statistično značilno zmanjša in tako pripomore k mehanski učinkovitosti mišice (Tillin idr., 2009).

## 1.2 VPLIV TIPA MIŠIČNE KONTRAKCIJE NA POTENCIACIJO

Način potenciranja oziroma vrsta mišične kontrakcije s katero izvajamo potenciranje zelo vpliva na pojav potenciacije. Pri tem se za doseganje pojava potenciacije najbolj izkaže izometrično naprežanje. V primerjavi z ekscentrično-koncentričnim in koncentričnim mišičnim naprežanjem je izometrično najmanj energijsko potratno za potrebe doseganje enake enote moči. Ker je sposobnost mišice odvisna od tega, kako je bila predhodno aktivirana, je za to pomembno razmerje med utrujanjem in potenciacijo. In ravno zaradi utrujanja je pri doseganju mišične potenciacije uspešnejša izometrična kontrakcija, ker za določeno enoto dela porabi manj energije kot drugi tipi kontrakcije (Esformes idr., 2011).

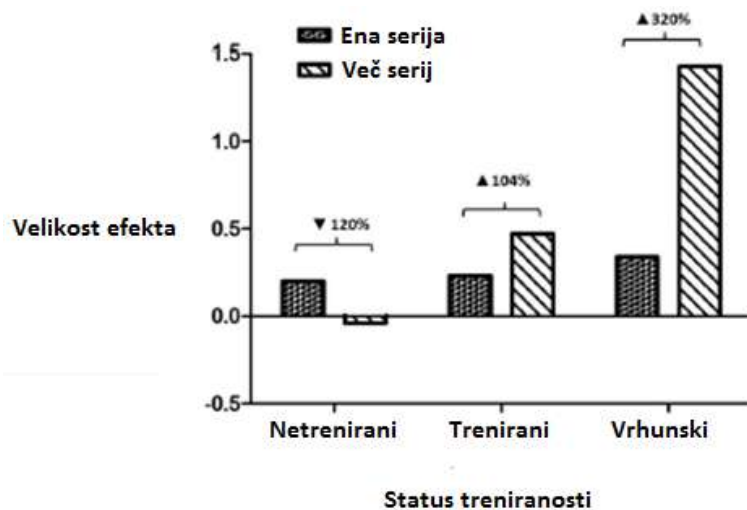


Slika 3. Graf povišanja skoka z nasprotnim gibanjem (Bogdanis idr., 2009).

*Legenda:* KONT – kontrolna skupina, KON – koncentrični protokol, EKS – ekscentrični in IZO - izometrični

Graf prikazuje povišanja skoka z nasprotnim gibanjem po določenem vadbenem programu, ki naj bi izzval pojav potenciacije (slika 3). Kontrolna skupina je izvedla meritve takoj po standardiziranemu ogrevanju, brez vpliva drugih naprežanj. Za izometrično skupino so uporabili protokol, ki je bil sestavljen iz treh serij tri-sekundnih maksimalnih izometričnih naprežanj v položaju polčepa z minutnimi odmori med serijami. Pri koncentričnih in ekscentričnih protokolih so uporabili za vsakega posameznika določeno število ponovitev, pri katerih je bil cilj doseči enak napor kot pri izometričnem protokolu. V primerjavi s kontrolno skupino je pri vse treh protokolih do izboljšanja, vendar je bilo statistično značilno le povišanje po izometričnem naprežanju, saj se je višina skoka povečala za 3%. Povečanje je bilo zaznati tudi pri koncentričnem in ekscentrično-koncentričnem protokolu, vendar to ni bilo zaznavno v takšni meri, da bi bilo statistično značilno. Na podlagi teh podatkov lahko pridemo do zaključkov, da le izometrična kontrakcija pripelje do potenciacije. Bogdanis idr. (2009) predlagajo, da je za praktično uporabo za največje doseganje potenciacije uporabna izometrična vadba s tremi serijami po tri sekunde dolgimi maksimalnimi naprežanji s premori med serijami dolgimi tri minute. Esformes idr. (2011) navajajo, da je edini uspešni protokol,

pri doseganju potenciacije zgornjega dela telesa, bil tisti, ki je vseboval 7 sekundno maksimalno izometrično naprežanje. Vajo so izvedli samo v eni seriji, učinek potenciacije pa so izmerili po 12 minutnem odmoru.

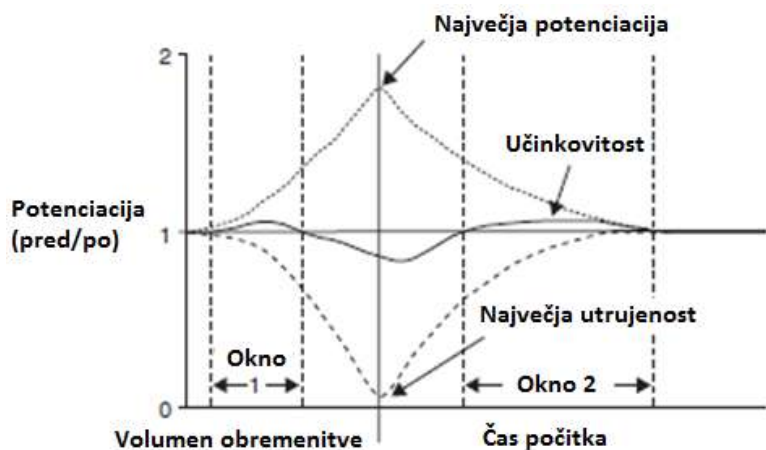


Slika 4. Vpliv števila serij pri netreniranih, treniranih in vrhunskih športnikih (Wilson, Marin, Lowery in Ugrinowitsch, 2013).

Glede na to, da so različni avtorji izvajali različne protokole, z različnimi stopnjami obremenjevanja merjencev in so vseeno prihajali do podobnih rezultatov, je pomembno tudi to, kako število serij in počitek vplivata na vadeče. Wilson idr. (2003) pravijo, da večje število serij povzroči večjo potenciacijo, vendar pri vsem tem igra posebno vlogo stopnja treniranosti preizkušancev (slika 4). Tako so preizkušance razdelili v tri skupine. Netrenirani nima nobenih izkušenj s treningom moči, trenirani najmanj eno leto, vrhunski športniki pa imajo že najmanj tri leta izkušenj s takšnim treningom. Netrenirani oziroma slabo trenirani posamezniki so prikazali 120% zmanjšanje v proizvedeni moči skozi vadbo, ko so izvajali več serij v primerjavi z eno samo. V nasprotju z njimi so trenirani in vrhunsko trenirani merjenci doživeli približno 104% in 320% povečanje v moči, v primerjavi med eno in več serijami. Iz tega lahko zaključimo, da aktivnost netreniranega posameznika, ki jo izvaja v več serijah, izzove večjo utrujenost kot potenciacijo. Na drugi strani pa vrhunsko trenirani športniki pri prehodu iz ene serije na več njih, doživijo večje izboljšanje v delovanju njihovega živčno-mišičnega sistema zaradi potenciacije, kot pa jih prizadene utrujenost.

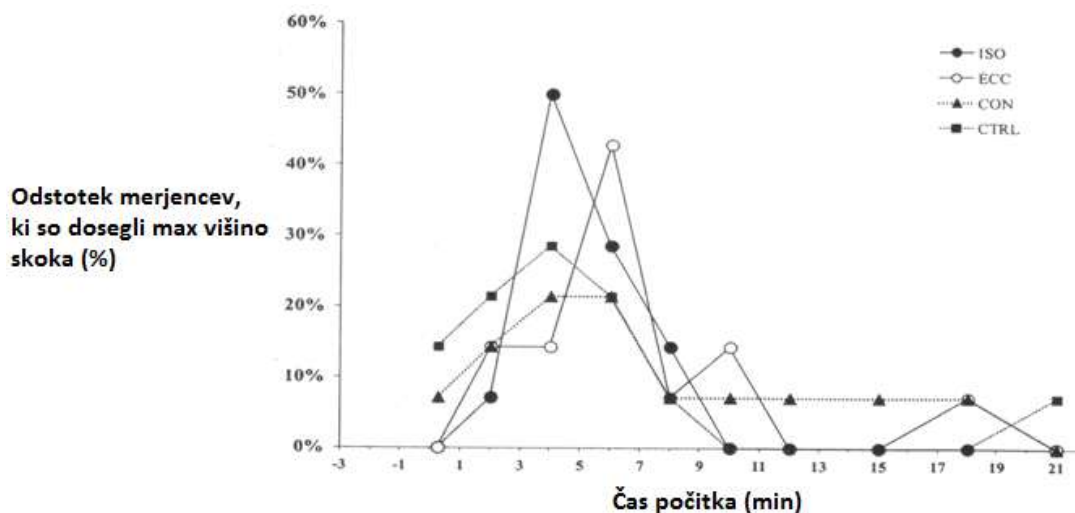
### 1.3 ČASOVNI OKVIR POTENCIACIJE

Vendar je pri vsem tem treba vedeti, da potenciacija ne traja neskončno dolgo in tudi vrha ne doseže takoj po koncu vadbe. Takoj po končani vadbi se utrujenost v primerjavi s potenciacijo bolj izrazi in zato je zavestno dosežena sila manjša kot pred tem. Vendar utrujenost hitreje upada in zato potenciacija po določeni časovni točki prevlada in mišica je sposobna generirati večjo silo v primerjavi z njenim normalnim stanjem (Sale, 2002).



Slika 5. odnos med utrujanjem in potenciacijo (Tillin idr., 2009).

Graf prikazuje (slika 5) teoretični model odnosa med potenciacijo in utrujenostjo po vadbenem protokolu. V primeru nizke intenzivnosti in volumna vadbe je potenciacija bolj dominantna kot utrujenost in lahko pride do izraza takoj po končanem protokolu (okno 1). Ko pa se vadbeni volumen in intenzivnost povečujeta, utrujenost postaja čedalje izrazitejša in potem negativno vpliva na delovanje živčno-mišičnega sistema. Vendar se utrujenost hitreje zmanjšuje in v določeni točki (okno 2) tako potenciacija ponovno prevlada in dosežki se izboljšajo (Tillin idr., 2009).

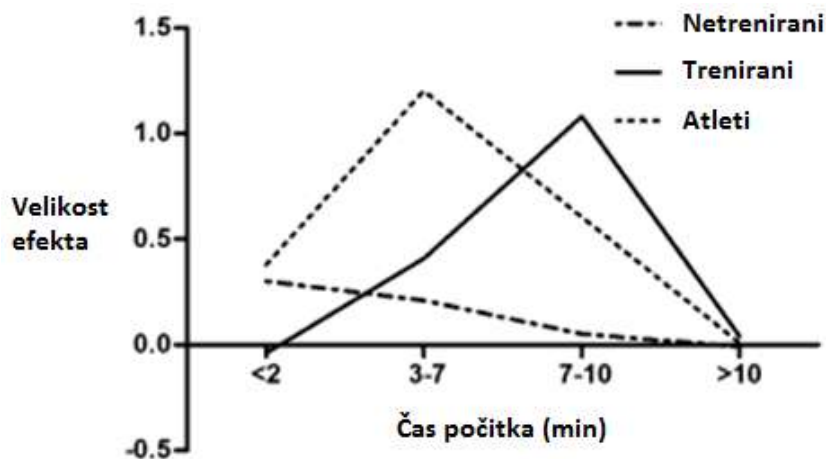


Slika 6. Odstotek ljudi, ki v določenem obdobju po vadbenem protokolu dosežejo maksimalno vrednost pri skoku z nasprotnim gibanjem (Bogdanis idr., 2014).

*Legenda:* ISO – izometrični protokol, ECC – ekscentrični, CON – koncentrični in CTRL – kontrolna skupina

Na grafu, na katerem je prikazana razporeditev ljudi po času, v katerem dosežejo maksimalne vrednosti skoka z nasprotnim gibanjem (slika 6), je videti, da je po izometričnem

protokolu večino ljudi dosegalo največje vrednosti v obdobju od 3 do 9 minut, z vrhom v 4. minuti. Po ekscentrično-koncentričnem protokolu pa je bila razporeditev nekoliko drugačna, in sicer je bil vrh v 7. minuti, večina ljudi pa se je največjo potenciacijo dosegla v obdobju med 2. in 11. minuto. To lahko pripišemo manjši porabi energije po izometričnem protokolu in zato so bili ljudje sposobni prej dosežati svoje najboljše rezultate, ker so si hitreje opomogli (Bogdnanis idr., 2014).



Slika 7. Vpliv odmora na netrenirane in trenirane posameznike ter na vrhunške športnike (Wilson idr., 2013).

Wilson idr. (2013) so ugotovili, da čeprav je dolžina trajanja potenciacije neznana, ostale raziskave kažejo na to, da sam pojav izzveni po 30 minutah po izvedeni potenciaciji. V tem časovnem okvirju je potemtakem potrebno iskati optimalno okno, v katerem je potenciacija najbolj izražena. Do sedaj so se v vseh raziskavah ustalili v mnenju, da je to okno v obdobju 7 – 10 minutah po potenciranju (slika 7). Vendar pri vsem tem nihče ni upošteval stanja treniranosti. Slabo trenirani so v vseh časovnih obdobjih doživeli manjše izboljšanje v moči kot ostali dve skupini. Trenirani športniki so vrhunec doživeli v obdobju 7 - 10 minut po vadbi, vrhunski pa v krajšem, to je od 3 – 7 minut po.

#### 1.4 STREL S TAL PRI ROKOMETU

Rokomet vsebuje kompleksen sistem gibanj, ki so lahko cikličnega ali acikličnega tipa (Zanoškar, 2007). Sestavljen je iz mnogih individualnih strukturnih elementov (tehnično-taktičnih elementov ali elementov osnovne in specifične motorike), ki jih izvajajo igralci in se v igri na zapleten način pojavljajo pri sodelovanju s soigralci in v konfliktu z nasprotniki (Šibila, 2004)).

Rokometni strel je napadalni element, katerega namen je čim učinkoviteje zaključiti napadalno akcijo ter tako z jim doseči zadetek. Za njegovo uspešnost so potrebni moč, raznovrstnost in tehnično pravilna izvedba (Požun, 1992). Rokometni strel z zamahom iznad

glave je primer eksplozivne, kompleksne aciklične aktivnosti, ki ima določen začetek in konec. Za izvedbo takšnega strelo so pomembne predvsem mišice trupa in ramenskega obroča, sam strel pa je izveden z angažiranjem vseh potencialov živčno-mišičnega sistema (Van der Tillaar, Ettema, 2007).

Strel s tal je sestavljen iz dveh faz, in sicer iz faze zamaha z žogo ter iz faze izmeta. Pri prvi fazi je roka v trenutku pred strelom v protizamahu, rama metalne roke je visoko, prav tako tudi komolec, ki pa je rahlo pokrčen. Dlan v kateri je žoga, je obrnjena nekoliko navzve, nasprotna roka pa je v predročenu in je prav tako rahlo pokrčena v komolcu, da si strelec s tem pripomore k boljšemu ravnotežju. Na koncu protizamaha je rama roke, s katero mečemo, premaknjena nazaj (retroverzija) v kombinaciji z abdukcijo nadlahti in maksimalno eksterno rotacijo ramenskega sklepa. Strelec v tej fazi na začetku stoji enakomerno na obeh nogah, pri čemer je noga, ki je nasprotna metalni roki, rahlo v predkoraku, nasprotna ji noga pa je obrnjena za 90° od smeri cilja meta in je rahlo v zakoraku. Skozi fazo zamaha se težišče prenaša iz obeh nog na zadnjo (Šibila, Pori, 2009).

Fazi zamaha z žogo sledi izvedba meta oziroma faza pospeševanja. Ta se začne z gibanjem roke naprej, z maksimalno interno rotacijo v ramenu in z ekstenzijo v komolcu, do trenutka, ko žoga zapusti roko. Za to fazo je značilno, da se seštevek vseh sil, ki nastanejo, usmeri v žogo. Zanj je značilno maksimalno koncentrično naprežanje vključenih mišic, hkrati pa prihaja do velik sil pri raztezanju antagonističnih mišic. Ta faza je zelo kratka, saj načeloma traja manj kot sekundo in je zaključena s trenutkom, ko žoga zapusti dlan preko prstov. Pred samim strelom je težišče na zadnji nogi, med izvedbo pa se prenese na sprednjo. Zadnji impulz žogi pri zaključku meta da strelec s konicami prstov. Ko žoga zapusti dlan, začne hitrost okončine upadati, zaradi visoke aktivnosti antagonistov. Roka se v komolcu ponovno krči in prihaja do interne rotacije ob prednjem delu telesa (Šibila, Pori, 2009).

Tabela 1. Vključene mišice in tip mišičnega naprežanja glede na fazo strela (Fajon, 2007).

Faza strela	Gibanje ramena	Vključene mišice	Tip mišičnega naprežanja
Izvedba protizamaha	Abdukcija/ekstenzija nadlakti	M. deltoideus	Koncentrično
	Retrakcija lopatice	M. teres minor	
	Zunanja rotacija	M. infraspinatus	
		M. teres minor	
		M. subscapularis	Ekscentrično
		M. pectoralis major	
		M. latissimus dorsi	
	M. supraspinatus		
Hiperekstenzija zapestja	M. flexor carpi ulnaris		
	M. flexor digitorum		
Izvedba meta	Dvig nadlakti	M. deltoideus anterior	Koncentrično
		M. pectoralis major	
	Notranja rotacija ramena	M. subscapularis	
		M. pectoralis major	
		M. latissimus dorsi	
	Izteg komolca	M. triceps brachii	
Upogib zapestja in prstov	M. flexor carpi ulnaris		
	M. flexor digitorum		
Gibanje roke naprej in čez prsa	Notranja rotacija ramena	M. deltoideus posterior	Ekscentrično
	Horizontalni primik ramena	M. supraspinatus	
		M. infraspinatus	
		M. teres minor	
		M. trapezius	
	M. rhomboideus		

### 1.5 ŽIVČNO-MIŠIČNE OSNOVE ROKOMETNEGA STRELA

Skaza (2011) navaja, da je za strele proti vratom značilno balistično (silovito, eksplozivno) mišično krčenje. Gre za mišično krčenje, ki omogoča športniku razviti maksimalno hitrost orodja. Pri tem je prisoten ekscentrično-koncentričen tip mišičnega naprežanja. Glavna značilnost takšnega tipa krčenja je v možnosti povečanja sile v fazi koncentrične kontrakcije na račun predhodno izvedene ekscentrične kontrakcij. S takim tipom kontrakcije se da opraviti večje delo z manjšo porabo kemične energije mišic zaradi njihovih elastičnih

lastnosti (Strojnik, 1990). Na delo opravljeno med ekscentrično-koncentrično kontrakcijo vpliva hitrost raztezanja mišic. Do upadanja sile v mišično-tetivnem kompleksu pride, če koncentričen del kontrakcije ne sledi dovolj hitro ekscentričnemu. To se najverjetneje zgodi zaradi izgube elastične energije, ki je bila pred tem shranjena v prečnih mostičkih (Dolenec, 1997).

Ekscentrično-koncentrično mišično naprežanje je zelo močno refleksno pogojeno, saj povzroča draženje z raztezanjem močno reakcijo antagonističnih mišičnih skupin (Strojnik, 1990). In ravno zaradi tega je za silovitost strela zelo pomembne tudi dobra medmišične koordinacija – pravilno in pravočasno zaporedje vključevanja mišic in mišičnih skupin v celoten metalni gib (Mohorič, 2008).

## **1.6 POTENCIACIJA PRI ROKOMETNEM METU**

Želja vsakega rokometaša je seveda doseči čim večjo moč in si s tem pomagati do kar se da hitrega izmeta. Ob hitrejšem gibanju žoge proti nasprotnikovim vratom, bi imel njihov vratar še manj časa za pravilno obrambno reakcijo in s tem bi bili meti igralca na gol uspešnejši. Kot je bilo že napisano v tej nalogi, so mnoge raziskave prišle do zaključka, da ima potenciacija največji vpliv na eksplozivne, kratkotrajne gibe in ker je rokometni strel po načinu svoje izvedbi eksplozivne narave, je nadvse primeren za raziskovanje tega efekta, tako na kratki rok, kot tudi na daljšem časovnem obdobju (to je po 12. in 24 urah). Vse raziskave so se do sedaj osredotočale na pojav potenciacije takoj po izvedbi protokola potenciranja, za katerega so mislil, da jo bo sprožil (opazovali so do 15 minut po koncu potenciranja). Nas pa zanima, kako se potenciacija, poleg tega, da ima skoraj takojšen učinek, odraža v nekem daljšem časovnem okviru.

Namen uporabe dolgotrajne potenciacije, v kolikor se izkaže, da je prisotna, naj bi bil ta, da bi se sistem vaj, s katerimi bi izzvali potenciacijo, izvedel dan pred tekmo. Tako bi tekmovalci imeli na ta način hitrejši strel oziroma bi skozi tekmo prišlo do kasnejšega utrujanja in bi hitrost strela ostala dalj časa na enako visoki ravni. Za roket je pomembna predvsem potenciacija zgornjega dela telesa. Esformes idr. (2011) so v svoji raziskavi na ragbi igralcih ugotovili, da potenciacija pripomore k izboljšanju rezultatov točno določenih testov (potisk iz prsi). Do potenciacije so prišli s protokolom, ki je vseboval izometrično naprežanje, medtem ko pri drugih tipih mišičnega naprežanje niso dosegli podobnih rezultatov. Glavna prednost izometričnih naprežanj pred ekscentričnimi in koncentričnimi je v tem, da za enako enoto dela porabijo manj energije (Bogdanis idr., 2014). Iz te in tudi drugih raziskav, čeprav izvedenih na drugih predelih telesa, lahko potegnemo zaključek, da bi za doseganje potenciacije bilo najbolje, da bi uporabili protokol, ki bi vseboval nabor izometričnih vaj.

Vendar pa, ker je rokometni met kompleksno gibanje v katerega je vključeno večje število mišic, bi izometrično naprežanje vsake od njih zahtevalo veliko časa in energije. In ker nas



zanima tudi potenciacija na daljši časovni rok, smo nekako zanemarili ugotovitev, da z izometričnem potenciranjem dosežemo največjo raven potenciacije in se zatekli k temu, da ekscentrično-koncentrično mišično naprežanje najbolj vzdraži naš živčni sistem. Takšno vzdraženje naj bi imelo daljši vpliv kot pa večja manjša utrujenost telesa. Newton, Kraemer, Häkkinen, Humpries in Murphy (1996) so ugotovili, da izvajanje vaj pri katerih pride do eksplozivnega gibanja, privede do večje aktivnosti živčno-mišičnega sistema v primerjavi z izometričnimi oziroma počasnimi koncentričnimi gibanji. Tako ima takšna vadba večji učinek na vzdraženost živčevja, ki je med drugim tudi eden izmed mehanizmov potenciacije. In ravno zaradi tega razloga smo se odločili, da izvedemo intervencijo z ekscentrično-koncentričnem naprežanjem.

## 1.7 CILJI IN HIPOTEZE

V raziskavi smo želeli ugotoviti ali se živčno-mišična potenciacija pojavi v določenem obdobju po izvedenem protokolu, katerega namen je potencirati mišične skupine, ki so pomembne pri rokometnem strelu s tal. Pojav potenciacije smo spremljali v obdobju 7 minut ter 12-ih in 24-ih urah po izvedbi intervencije oziroma potenciranja. Med drugim smo tudi ugotavljali ali so drugi meti v vsaki seriji meritev bili potencirani zaradi vplivov predhodnih metov v prvih serijah.

Glede na ta namen raziskave, smo si zadali naslednje cilje:

- C1: Ugotoviti, ali se učinek potenciacije pojavi takoj (7 minut) po izvedenem protokolu.
- C2: Ugotoviti, ali se učinek potenciacije pojavi po daljšem časovnem obdobju, to je po 12 in 24 urah.

Na osnovi zadanih ciljev smo izpeljali naslednje hipoteze:

- H<sub>0</sub>1: Ni statistično značilnih razlik v hitrosti žoge pri rokometnem metu izvedenem 7 minut po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.
- H1: Hitrost meta žoge se pri rokometnem metu statistično značilno poveča 7 minut po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.
- H<sub>0</sub>2: Ni statistično značilnih razlik v hitrosti žoge pri rokometnem metu izvedenem 12 ur po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.
- H2: Hitrost meta žoge se pri rokometnem metu statistično značilno poveča 12 ur po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.
- H<sub>0</sub>3: Ni statistično značilnih razlik v hitrosti žoge pri rokometnem metu izvedenem 24 ur po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.
- H3: Hitrost meta žoge se pri rokometnem metu statistično značilno poveča 24 ur po ekscentrično-koncentričnem naprežanju.

## 2 METODE DELA

Raziskava je potekala v prostorih Fakultete za šport in v športni dvorani Radeče. Pred izvedbo meritev so bili preizkušanci seznanjeni s cilji, namenom in samimi potekom meritev ter z omejitvami telesne aktivnosti med časom raziskave.

### 2.1 PREIZKUŠANCI

V raziskavo je bilo vključenih 10 preizkušancev moškega spola. Vsi med njimi so aktivni študentje, vendar različnih fakultet. 7 izmed njih se je vsaj 10 let aktivno ukvarjalo z igranjem rokometu, ostali trije pa so uspešno opravili predmet Rokomet 1 na fakulteti za šport, kjer so osvojili osnovno tehniko meta. Tako se je že vsak posameznik že pred to raziskavo srečal z rokometnim metom z mesta. Povprečna starost udeležencev znaša 22,4 leta, višina 180,4 cm in teža 77,8 kg.

Tabela 2. Lastnosti merjencev in rokometni staž.

	M +/- SD
Starost (leta)	22,4 +/- 1,1
Telesna masa – ATT (kg)	77,8 +/- 8,6
Telesna višina – ATV (cm)	180,4 +/- 5,8
Treniran	n = 7
Netreniran	n = 3

*Legenda:* M – povprečna vrednost; SD – standardni odklon

### 2.2 PRIPOMOČKI

Pri opravljanju raziskave smo uporabljali rokometne žoge z obsegom med 54 in 56 cm ter z maso med 325 in 375 g ( IHF velikost 2). Za potrebe potenciacije smo uporabili terapevstko težko žogo z maso 2 kg. Za merjenje hitrosti metov smo uporabili radar znamke Stalker ATS Professional Sports (Applied Concepts, Inc., ZDA), ki je bil postavljen na višini 1,5 metra en meter za prečno črto rokometnega igrišča oziroma en meter za varnostno mrežo, od merjenca pa je bil oddaljen 6 metrov. Radar uporablja Dopplerjev efekt, da sprejme podatke o hitrosti gibanja nekega objekta na določeni razdalji. To stori tako, da pošlje mikrovalove z določeno frekvenco proti objektu, kateremu želimo izmeriti hitrost gibanja in od katerega se ti valovi odbijejo ter jih po tem tudi sprejme nazaj. Na podlagi vrnjene frekvence določi hitrost premikajočemu se predmetu (Nave, R., 2000). Na takšen način smo preizkušancem izmerili hitrost. Za potrebe ogrevanja smo uporabili leseno skrinjo, primerno za stopanje nanjo višine 20 cm.



Slika 8. Radar Stalker ATS Professional Sports, katerega smo uporabili na meritvah.

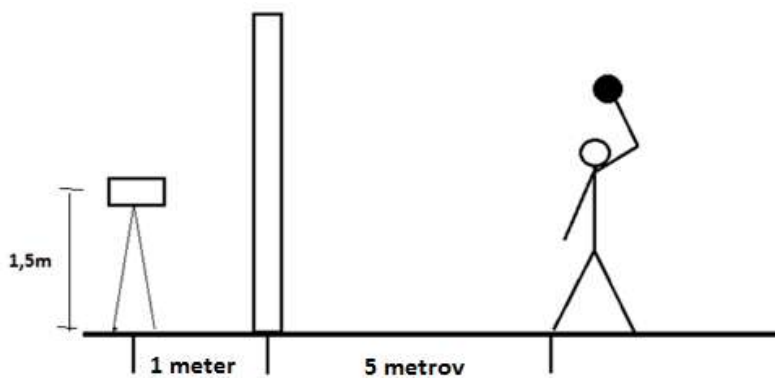
### **2.3 POSTOPEK**

Za izbiro stela iz mesta in ne za strel iz teka ali strel iz skoka, smo se odločili na podlagi tega, ker je strelec v tem primeru statičen in smo lahko tako črtali eno spremenljivko (hitrost gibanja strelca pred metom), ki bi lahko imela velik vpliv na dobljene podatke. Vsi merjenci so bili med drugim opozorjeni, da dan pred meritvami in v času med njimi niso smeli biti športno aktivni, saj bi lahko kakršnakoli druga telesna aktivnost vplivala na mehanizme potenciacije in mi ne bi vedeli, ali so se preizkušanci potencirali zaradi vplivov našega protokola, ali pa zaradi njihovega treninga.

Meritve so se izvajale v dveh ločenih delih. V enem delu so merjenci izvedli postopek živčno-mišične potenciacije oziroma so izvedli protokol potenciranja, v drugem delu pa ne. Preizkušanci so izvajali oba dela meritev v naključnem vrstnem redu z namenom, da bi se izognili efektu učenja, če bi se slučajno pojavil. En del meritev je bil sestavljen iz treh ločenih meritev, izmed katerih je bila prva zjutraj ob 8.00, druga ob 20.00 in naslednja ob 8.00 naslednji dan. Drugi del meritev je bil sestavljen v enaki obliki, vendar se je izvajal na iste dneve v naslednjem tednu oziroma je bilo med zadnjo meritvijo prvega dela in prvo meritvijo drugega dela najmanj 48 ur razlike.

Pred meritvijo so merjenci izvedli 10 minut standardiziranega ogrevanja (tabela 3): najprej 6 minut aerobnega ogrevanja (stopanje na 20 cm visoko skrinjo v taktu enega dviga in sestopa), temu je sledilo dinamično raztezanje in nazadnje so merjenci izvedli še 5 dolgih podaj (submaksimalnih).

Po ogrevanju so merjenci izvedli prve mete za potrebe meritev (tabela 3) v 10. minuti, drugi so sledili 30 sekund kasneje in tretji še 30 sekund za drugim. Ponovne meritve v enaki obliki so izvedli 9 minut po koncu ogrevanja. Pomembno je bilo, da so merjenci v tem času mirovali, saj bi lahko kakršnakoli njihova aktivnost vplivala na rezultate. Takšen je bil osnovni postopek meritev, ki se je ponavljal skozi celoten proces zbiranja podatkov. Različen je bil edino le en del meritev, pri katerem je bil dodan še protokol za potenciranje preizkušancev. Celotna prva meritev je potekala v enakem sosledju kot ostale, vendar so bile v 12., 15. in 18. minuti dodane vaje, ki naj bi izvale pojav potenciacije. Skupaj so tako izvedli 36 maksimalni metov s tal in prišli šestkrat na meritve.



Slika 9. Prikaz postavitve merjenca in radarja v prostoru.

Zbiranje podatkov je potekalo tako, da so se preizkušanci postavili na označeno mesto, ki je bilo oddaljeno 6 m od zaščitne mreže oziroma čelnih črt igrišča. En meter za to črto na višini 1,5 metra je bil postavljen radar, ki je meril hitrost meta (slika 8).



Slika 10. Postavitev merjenca in radarja.

Tabela 3. Časovni okvir meritev.

ČAS (min)	NALOGA	VAJE
0.00.00	<b>Ogrevanje</b>	Stopanje na klop, 6 min
0.06.00		Rotacija trupa stoje, 8x
0.06.30		Upogib/izteg rame, 8x
0.07.00		Vodoravni odmik/primik roke, 8x
0.07.30		Notranja/zunanja rotacija rame, 8x
0.08.00		Upogib/izteg komolca, 8x
0.08.30		Dolge podaje (submaksimalno), 5x
0.10.00	<b>Strel 1</b>	
0.10.30	<b>Strel 2</b>	
0.11.00	<b>Strel 3</b>	
0.19.00	<b>Strel 4</b>	
0.19.30	<b>Strel 5</b>	
0.20.00	<b>Strel 6</b>	

Tabela 3 prikazuje časovni okvir meritev, kakor so se izvajale skozi ves čas raziskovalnega postopka, razen prve serije meritev, na katerih je bil izveden protokol potenciranja (tabela 4).

Tabela 4: Časovni okvir meritev, ko se je izvedel protokol potenciranja.

ČAS (min)	NALOGA	VAJE
0.00.00	<b>Ogrevanje</b>	Stopanje na klop, 6 min
0.06.00		Rotacija trupa stoje, 8x
0.06.30		Upogib/izteg rame, 8x
0.07.00		Vodoravni odmik/primik roke, 8x
0.07.30		Notranja/zunanja rotacija rame, 8x
0.08.00		Upogib/izteg komolca, 8x
0.08.30		Dolge podaje (submaksimalno), 5x
0.10.00	<b>Strel 1</b>	
0.10.30	<b>Strel 2</b>	
0.11.00	<b>Strel 3</b>	
0.12.00	<b>Potenciranje</b>	1. serija
0.15.00		2. serija
0.18.00		3. serija
0.19.00	<b>Strel 4</b>	
0.19.30	<b>Strel 5</b>	
0.20.00	<b>Strel 6</b>	

Protokol vaj s katerimi naj bi prišli do potenciranega stanja, je bil sestavljen iz dveh vaj. Prva je vsebovala 6 vezanih, kar se da hitrih poskokov tipa hop brez izrazitega upogibanja v kolenu. Ta vaja je bila namenjena aktivaciji celotnega telesa, z njo naj bi vzburili celoten

živčno-mišični sistem, ki bi po tem deloval na višjem nivoju. Temu je sledila rokometu specifična vaja. To je bilo pet maksimalnih metov 2 kg težke medicine. Ta vaja je posnemala gibalni vzorec rokometnega strela, vendar ker je bila žoga težja, se je s tem vključilo večjo število motoričnih enot, ki so po tem bile še vedno vzbunjene in pripravljene na novo gibalno akcijo. Obe vaji sta bila izvedeni v treh serijah, odmor med katerimi je bil 3 minute.

### **2.3 OBDELAVA PODATKOV**

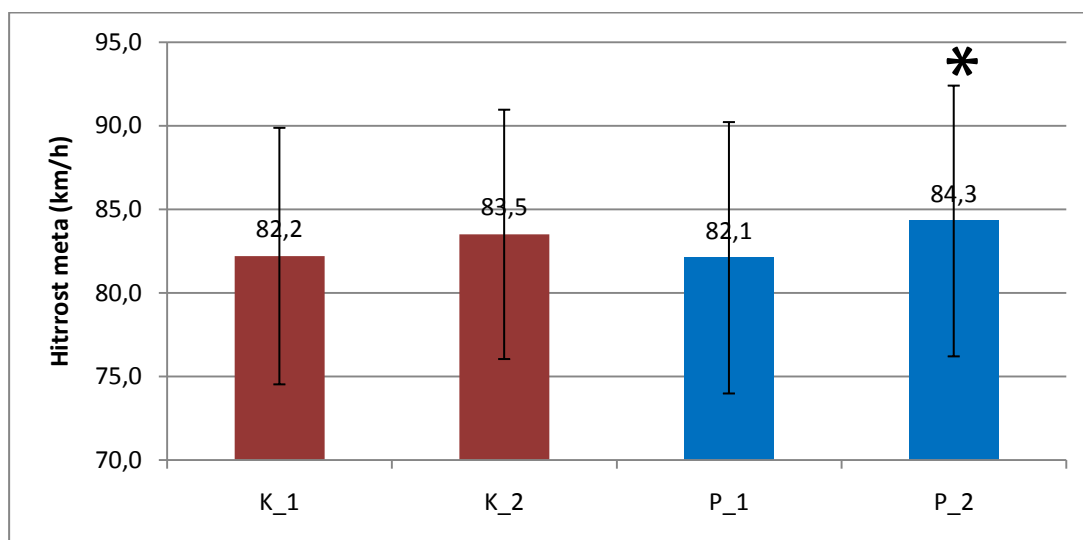
Izmed vsake serije treh metov smo izbrali samo tistega, pri katerem je merjenec dosegel največjo hitrost (v km/h). Vse tako pridobljene podatke smo obdelali z računalniškim programom Microsoft Office Excel 2007 in IBM SPSS Statistics 22. Za primerjavo hitrosti metov smo uporabili analizo variance za ponovljene vzorce (ANOVA). Odvisno spremenljivko je predstavljala hitrost žoge. Upoštevali smo tri faktorje, pri čemer je faktor čas predstavljal čas meritev s štirimi nivoji (pred potenciranjem, 7 min po potenciranju in 12 ter 24 ur po potenciranju), faktor ponovitve serije treh metov z dvema nivojema (prva in druga serija treh ponovitev) in faktor potenciranja z dvema nivojema (potenciranje in brez potenciranja). Statistična verjetnost se je pojavila, kadar je bil koeficient manjši od 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Na podlagi zastavljenih ciljev in izvedenega eksperimenta smo dobili rezultate, ki jih predstavljamo v nadaljevanju diplomskega dela.

#### 3.1 POTENCIACIJA PO 7 MINUTAH

Slika 9 prikazuje povprečne hitrosti leta rokometne žoge pri rokometnem metu na prvih meritvah, tako na meritvah brez protokola potenciranja, kakor tudi na meritvah, kjer je bil ta protokol izveden. Razvidno je, da so merjenci pri drugih serijah dosegali večje hitrosti metov. Pri metih, kjer potenciranje ni bilo predpisano, so merjenci izboljšali hitrost meta za 1,3 km/h, pri metih po potenciranju pa so izboljšali hitrost za 2,2 km/h.



Slika 11. Hitrost metov na prvih meritvah obeh serij.

*Legenda:* K\_1 – skupina brez potenciacije, 1. meritev; K\_2 – skupina brez potenciacije, 2. meritev; P\_1 – potencirana skupina, 1. meritev; P\_2 – potencirana skupina, 2. meritev

Tabela 5. Primerjava hitrosti metov.

	M	SD	F	Sig. (F)
K_1 - K_2	-1,30000	1,88856	,59722	,057
P_1 - P_2	-2,20000	2,04396	,64636	,008

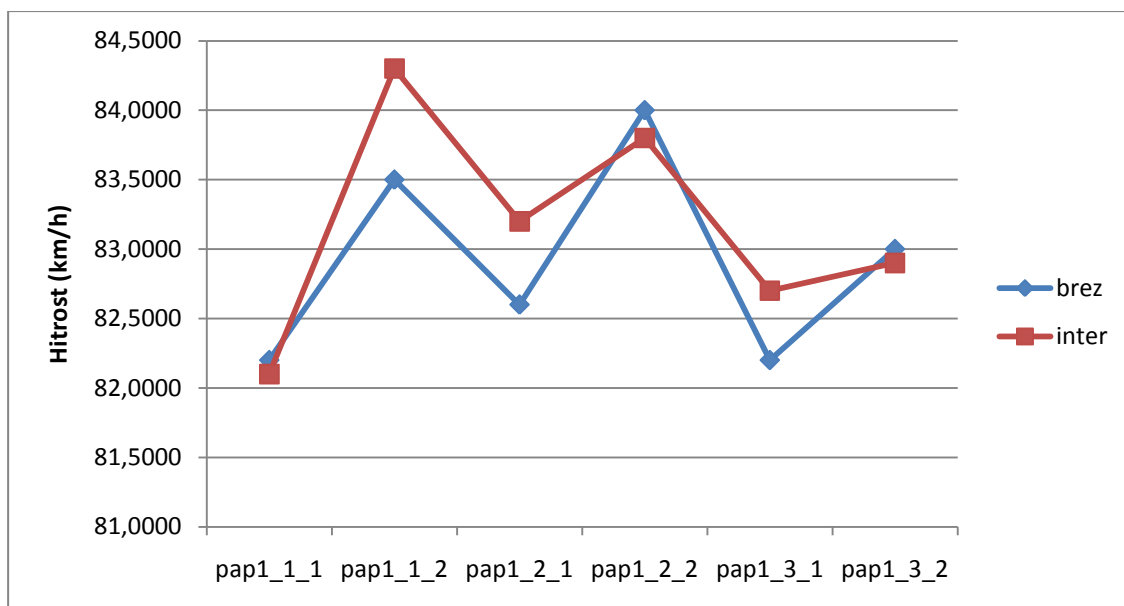
*Legenda:* M – povprečna vrednost; SD – standardni odklon; F – velikost koeficienta; Sig. (F) – značilnost koeficienta

Če primerjamo rezultate K\_1 in K\_2 (tabela 5), lahko vidimo, da med njima ni statistično značilnih razlik (statistična značilnost med njima je višja od 0,05). To pomeni, da se hitrost meta 7 minut po prvi meritvi ni značilno povečala, čeprav je vrednost p na meji in se razlike vendarle nakazujejo. Če pa primerjamo P\_1 in P\_2, lahko opazimo, da so prisotne statistično značilne razlike in da potenciranje vpliva na spremembo hitrosti meta po 7 minutah.

Ker je statistična značilnost testa manjša od zadane, hipotezo H1 potrdimo (tabela 2). S 5 % tveganjem lahko trdimo, da potenciacija vpliva na maksimalno hitrost meta 7 minut po izvedbi protokola.

### 3.2 POTENCIACIJA PO 12 IN 24 URAH

Slika 10 prikazuje graf povprečnih vrednosti hitrosti leta rokometne žoge pri rokometnem metu na vseh meritvah. Rdeči znaki predstavljajo povprečne vrednosti hitrosti metov pri meritvah na katerih je bil izveden protokol potenciacije, modri znaki pa predstavljajo meritve brez uporabe potenciranja. Iz grafa lahko razberemo, da so bile hitrosti drugih metov vsake serije meritev vedno večje. Vidimo lahko tudi, da razen prvih dveh serij meritev, ni bilo občutnih razlik med obema meritvama. V zadnji seriji meritev pa opazimo najmanjše hitrosti metov.



Slika 12. Graf rezultatov meritev.

*Legenda:* brez – brez intervencije; inter – potenciranje; pap1\_1\_1 – prvo merjenje prvega dne, pap1\_1\_2 – drugo merjenje prvega dne; pap1\_2\_1 – prvo merjenje po 12-ih urah; pap1\_2\_2 – drugo merjenje po 12-ih urah; pap1\_3\_1 – prvo merjenje po 24-ih urah; pap1\_3\_2 – drugo merjenje po 24-ih urah



Graf rezultatov meritev (slika 12) prikazuje povprečje maksimalnih metov merjencev v različnih časovnih obdobjih. Iz grafa najbolj izstopa sprememba hitrosti med prvim metom (pap1\_1\_1) in drugim (pap1\_1\_2), tako v skupini z intervencijo kot tudi v tisti brez nje. Nato je se vidi padec povprečne hitrosti meta v prvi meritvi, to je v 12. uri po začetku meritev (pap1\_2\_1) in nato ponovno izboljššan rezultat v drugi seriji meritev (pap1\_2\_2). Na zadnjem sklopu meritev (24 ur po začetku) je ponovno na prvi meritvi (pap1\_3\_1) bil rezultat manjši v primerjavi z drugo (pap1\_3\_2). Tako lahko predvidevamo, da se pojavi potenciacija zaradi metov samih in zaradi naše predpisane intervencije, saj se rezultat spreminja tako v intervencijski skupini kot tudi v tisti brez nje.

Tabela 6. Rezultati ANOVE za ugotavljanje razlik med hitrostmi žoge.

		Vsota kvadratov – tip III	df	Mean Square	F	Sig. (F)
ČAS	Upštevanje sferičnosti	9,817	2	4,908	,940	,409
Napaka(ČAS)	Upoštevanje sferičnosti	94,017	18	5,223		

*Legenda:* F – velikost koeficienta; Sig(F) – značilnost koeficienta; Mean Square – kvadrat povprečnih vrednosti; df – stopnje prostosti

Primerjava rezultatov v odvisnosti od časa prve, druge in tretje meritve pokaže, da med njimi ni statistično značilnih razlik (statistična značilnost je višja od 0,05) (tabela 6). Kot je bilo že rečeno, se učinek potenciacija pojavi v 7 minuti po intervenciji, vendar na kasnejših meritvah zbledi in na zadnjih meritvah je bilo zaznati celo najmanjše dosežene rezultate. To pomeni, da se hitrost metov med samimi meritvami ni statistično značilno spreminjala.

### 3.3 REZULTATI PRVIH IN DRUGIH METOV VSAKE SERIJE MERITEV

Po pregledu statistike metov in potenciacije, smo opazili razliko v hitrosti med prvimi in drugimi meti vseke izmed meritev, tako pri meritvah s potenciranjem kot tudi pri tistih brez. Zato smo se odločili, da izvedemo še statistično analizo za ugotavljanje razlik med prvimi in drugimi meti vsake serije meritev.

Tabela 7. Rezultati ANOVE za ugotavljanje razlik med prvimi in drugimi meti vsake serije meritev.

		Vsota kvadratov – tip III	df	Mean Square	F	Sig.
prva-druga	Upoštevanje sferičnosti	35,208	1	35,208	7,567	,022
Napaka(prva-druga)	Upoštevanje sferičnosti	41,875	9	4,653		

*Legenda:* F – velikost koeficienta, Sig.(F) – značilnost koeficienta; Mean square – kvadrat povprečnih vrednosti; df – stopnje prostosti

Če primerjamo rezultate prvih in drugih meritev (tabela 7), lahko vidimo, da so med njimi statistično značilne razlike (statistična značilnost med njima je nižja od 0,05). To pomeni, da so hitrosti prvih metov vedno nižje od drugih metov v posameznih serijah meritev.

### 3.3 RAZPRAVA

Namen raziskave je bil ugotoviti v kakšni obliki se pojavi živčno-mišična potenciacija pri rokometnem metu in preučiti vpliv časa na njeno delovanje.

Glede na dobljene rezultate lahko sklepamo, da se je pri merjenci pojavila kratkotrajna potenciacija. Povprečna hitrost meta po potenciaciji se je dvignila za 2,2 km/h (iz 82,1 na 84,3 km/h) oziroma se je dvignila za 2,7%. To pomeni, da je bil izvajan protokol (ekscentrično-koncentrično mišično naprežanje) uspešen pri potenciranju merjencev. V dosedanjih raziskavah so imeli različna mnenja o ekscentrično-koncentrični metodi za doseganja potenciacije, vendar se vsi njihovi rezultati. Esformes idr. (2009) so zapisali, da takšen tip kontrakcije v vadbenem režimu ne pripelje do izboljšanja, temveč se po tem rezultat še celo poslabša. Razlike med njihovim in našim protokolom potenciranja, gre poleg izbire vaj iskati tudi v tem, da je njihov režim bil po vsej verjetnosti prezahteven za stopnjo treniranosti njihovih merjencev. Esformes in Bampouras (2010) sta zapisala, da pliometrične vaje (med katere spadajo ekscentrično-koncentrične) ne pripeljejo so potenciacije. Da tega niso dosegli, so pripisali vzroku, da njihov nabor pliometričnih vaj ni prispel k dovolj veliki rekrutaciji mišičnih vlaken, da bi se po-sinaptični potenciali dvignili nad osnovno raven. Iz tega zaključka lahko sklepamo, da je naš nabor vaj uspel pri vadečih izzvati dvig po-sinaptičnih potencialov in s tem živčno-mišični sistem spraviti v potencirano stanje.

Druga in tretja hipoteza sta bili zavrjnjeni, saj razlike med meritvami pred katerimi smo izvedli intervencijo in tistimi brez čez 12 in 24 ur ni bilo oziroma so bile razlike med njimi premajhne, da bi lahko z zagotovostjo trdili, da je do njih prišlo zaradi vplivov potenciacije. Zakaj je prišlo do takšnih rezultatov je možnih več vzrokov. Wilson idr. (2013) so zapisali, da

potenciacija doseže vrh okoli sedme minute po potenciranju, izzvenci pa okoli 30 minute po, niso se pa opredelili zakaj je temu tako.

Razlike med prvimi in drugimi meti vsake serije meritev so bile statistično značilne. To lahko pripišemo temu, da so meti bili izvedeni z največjim naprežanjem in so tako ekscitacijsko vplivali na živčno-mišični sistem.

Da do izboljšanja rezultatov na daljši rok ni prišlo, lahko pripišemo samim mehanizmom potenciacije. Eden izmed njih je fosforilizacija miozinski vezi, kar pripelje do večje aktivnosti vzpostavljanja prečnih mostičkov miozina.

Lahko, da je po določenem času nivo fosforilizacije upadel na osnovni nivo in tako mišica ni imela nobene prednosti zaradi njene prejšnje kontraktilne zgodovine. In kot vse kaže je bil ta čas krajši od dvanajstih in celo 24 ur.

Drug mehanizem potenciacije je na živčnem nivoju. S povečano rekrutacijo motoričnih enot preko povečanja po-sinaptičnih potencialov za enak pred-sinaptični impulz v primerjavi z nepotenciranim stanjem, doseže živčno-mišični sistem kratkotrajno izboljšanje zmogljivosti. Vendar kot vse kaže, se povečan prenos ekscitacijskih potencialov po živčnih poteh umiri in tako ni nobenega vidnega izboljšanja zmogljivosti na daljši rok.

Tretji mehanizem potenciacije je sprememba kota penacije, ki z zmanjšanjem kota met mišičnimi vlakni in vezivnim tkivom izboljša mehanske lastnosti za doseganje večjega navora. Enako kot pri ostalih dveh mehanizmi je prišlo, do tega, da se je kot penacije povrnil na tistega pred vadbo in potem živčno-mišični sistem ni imel nobene prednosti od tega.

Da do pozitivnih sprememb v hitrosti strela ni prišlo, lahko pripišemo izbiri protokola in izbiri ter številu preizkušancev. Kot je bilo že prej napisano, smo se za ekscentrično-koncentrično vadbo odločili zaradi največjega vpliva na živčni sistem, čeprav so mnoge raziskave pokazala, da ima izometrična metoda največji vpliv na pojav potenciacije. Vse te raziskave so imele za cilj kratkotrajno potenciacijo, za kar je izometrija res najboljša, saj za enak impulz moči porabi najmanj kemične energije v primerjavi z drugimi načini mišične kontrakcije in tako se utrujenost izkaže v najmanjši meri (Bogdanis idr., 2014). Vendar, ker smo v naši raziskavi skušali tudi doseči dolgotrajno potenciacijo, glavna prednost izometrične metode tu ne igra vloge. Vseeno pa po ekscentrično-koncentrični metodi ni prišlo do nikakršnega izboljšanja in bi zato v naslednji raziskavi uporabili izometrične metode, ker lahko se zgodi, da glavni mehanizem za pojav potenciacije ni na živčnem nivoju, temveč na mišičnem in da utrujenost igra pri tem večjo vlogo, kot pa smo mislili do sedaj.

Druga mogoča napaka je bila v tem, da je bila izbira preizkušancev napačna, saj le ti niso bili na dovolj visokem nivoju treniranosti. Chiu idr. (2003) navajajo, da je odziv potenciranja zaznati v večji meri pri vrhunsko treniranih posameznikih kot pa pri ostali populaciji. Čeprav so imeli vsi merjenci takšne ali drugačne izkušnje z rokometom, se nihče izmed njih ne ukvarja z vrhunskim rokometom, kjer je trenažni proces resno zastavljeni in so tudi

posamezniki s tem boljše fizično pripravljene. Tako bi lahko prišlo do pojavnosti potenciacije pri vrhunskih športnikih, zato bi bilo za naslednje raziskave dobro poiskati vrhunske igralce, ki so v resnem trenažnem procesu.

Spoznanja iz te raziskave bi lahko bila uporabna tudi v praksi. Naš poglobljen cilj je bil, da bi s točno določenim naborom vaj sprožili mehanizme potenciacije, ki bi ostali prisotni pri rokometašu vsaj 12, če ne celo 24 ur. Tako bi dan pred tekmo izvedli ta program vaj in naslednji dan bi na tekmi dosegali večje hitrosti strela. Vendar nam tega ni uspelo dokazati. Uspelo pa nam je ugotoviti, da se pojavi kratkotrajna potenciacija (po sedmih minutah). To pomeni, da bi rokometaši med ogrevanjem pred tekmo kot zadnjo stvar izvedli nabor vaj z ekscentrično-koncentričnim maksimalnim naprežanjem (pliometrija) in bi tako vsaj na začetku tekme imeli boljše pogoje za uspeh. Uporabno bi tudi bilo za igralce na klopi, da bi izvedli te vaje, tik preden vstopijo v igro. Kljub temu, da povečanje moči oziroma hitrosti ne bi bilo ogromno, bi lahko to v vrhunskem športu igralo pomembno vlogo, saj so tam že najmanjši napredki zelo zaželeni in potrebni.

Raziskava sama po sebi je bila načeloma dobro zastavljena, vendar bi se za v prihodnje lahko nekatere stvari spremenile. Celoten protokol je potekal brez zapletov. Ogrevanje je bilo sestavljeno tako, da se ga je lahko izvajalo na vsakih meritvah na enak način, zato tudi ni imelo vpliva na rezultate metov in se lahko v enaki obliki uporabi tudi v naslednjih raziskavah. Izbor vaj za doseganje potenciacije (poskoki iz gležnja in maksimalni meti 2 kg težke terapevtske žoge) so bili tudi ustrezno zastavljeni, saj smo v skladu z drugimi raziskavami dosegli enake stopnje potenciacije, vendar pa ne moremo trditi, da drug nabor vaj ali drug način kontrakcije ne bi imel večjega vpliva. Izvajanje celotnega protokola je bilo dosledno, saj se je bilo potrebno držati točno določenega časovnega okvira. Kakršnokoli odstopanje od tega, bi lahko dalo drugačne rezultate, ki jih med serijami meritev potem ne mi mogli primerjati med seboj.

#### 4 SKLEP

S tem diplomski, delom smo želeli ugotoviti, kako čas vpliva na izražanje potenciacije na delovanje živčno-mišičnega sistema pri rokometnem metu. Postavili smo tri hipoteze in jih preverili. Zanimalo nas je, ali se potenciacija pojavi takoj (7 minut) po potenciranju, po 12-ih in po 24-ih urah po potenciranju. Preverili smo tudi, ali že meti sami po sebi izzovejo pojav potenciacije. Izvedli smo šest sklopov meritev, med katerimi so tri vsebovale intervencijo za potenciranje merjencev in tri, ki so bile brez nje.

Z raziskavo smo prišli do nepričakovanih izsledkov, saj smo potrdili eno alternativno hipotezo, dve pa smo tudi zavrnili. Zavrnili smo alternativni hipotezi o pojavu potenciacije po 12. in 24. urah, sprejeli pa smo hipotezo o pojavu potenciacije takoj po potenciranju. Vzrokov zakaj je bilo temu tako, je bilo lahko tudi več. Protokol potenciranja je bil po vsej verjetnosti pravilno zastavljen, kar priča kratkotrajno izboljšanje hitrosti metov. Vendar ta pojav izzveni po določenem obdobju in tako potenciacije kasneje ni bilo možno zaznati.

Glavna pomanjkljivost naloge, zaradi katere smo lahko prišli tudi do nepričakovanih rezultatov, je bil status treniranosti merjencev. Želeli bi si vrhunsko trenirane, vendar smo imeli na voljo manj vrhunske rokometiške. S tem, ko smo imeli manj trenirane posameznike bi lahko imeli manj intenziven protokol. Drugih napak pri delu na meritvah ni bilo, ki bi lahko vplivale na rezultate.

Prišli smo do rezultatov, ki so bili pridobljeni na natančno opredeljenih in strogo nadzorovanih meritvah. Raziskava ima postavljene temelje za nadaljnje odkrivanje fenomena potenciacije, tako na krajšem časovnem roku, kot tudi, še pomembneje, na daljšem. Predvsem bi nadaljnjim raziskavam koristilo, če bi vanje vključili vrhunske rokometiške in bi prilagajale intenzivnost samega potenciranja trenažnemu statusu merjencev. Prav tako bi lahko raziskave izpeljali v drugih športnih panogah in z drugimi metodami potenciranja.

Kljub temu, da v tej nalogi nismo potrdili vseh zadanih ciljev, smo vseeno prišli do nekaterih pomembnih odkritij, ki lahko koristijo igralcem in njihovim rezultatom.

## 5 VIRI

- Bogdanis, C. G., Tsoukos, A., Veligekas, P., Tsolakis, C. in Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2521-2528.
- Chiu, L. Z. E., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E. in Smith, S. L. (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Lee\\_Brown2/publication/8992734\\_Postactivation\\_Potentiation\\_Response\\_in\\_Athletic\\_and\\_Recreationally\\_Trained\\_Individuals/links/0912f5137816154d1d000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/Lee_Brown2/publication/8992734_Postactivation_Potentiation_Response_in_Athletic_and_Recreationally_Trained_Individuals/links/0912f5137816154d1d000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)
- Dolenec, A. (1997). *Analiza delovanja skočnega sklepa pri različnih tehnikah vadbe vertikalnih skokov* (Magistersko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanics Basis of Kinesiology*. Cleveland: The Cleveland Clinic Foundation.
- Esformes, J. I. in Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911-1916. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Theodoros\\_Bampouras/publication/44669068\\_Postactivation\\_potentiation\\_following\\_different\\_modes\\_of\\_exercise/links/00b7d52eabfce7dfc5000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/Theodoros_Bampouras/publication/44669068_Postactivation_potentiation_following_different_modes_of_exercise/links/00b7d52eabfce7dfc5000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)
- Esformes, J. I., Keenan, M., Moody, J. in Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 143-148.
- Fajon, M. (2007). *Pozna rehabilitacija in preventiva poškodb rame v športu* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz: <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Diplome/Diploma22046800FajonMiha.pdf>
- Fry, A., Weiss, L. W., Schilling, B. K. in Brown, L. E. (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Lee\\_Brown2/publication/8992734\\_Postactivation\\_Potentiation\\_Response\\_i](http://www.researchgate.net/profile/Lee_Brown2/publication/8992734_Postactivation_Potentiation_Response_i)

n\_Athletic\_and\_Recreationally\_Trained\_Individuals/links/0912f5137816154d1d000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\_detail

Güllich, A. in Schimdtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11(4), 67-81. Pridobljeno iz: [https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CC8QFjABahUKEwjFvO218eXHAhVDVxQKHcfuBWY&url=http%3A%2F%2Fwww.iaaf.org%2Fdownload%2Fdownloadnsa%3Ffilename%3D28b17d9b-8705-4f72-9316-73033d100c.pdf%26urlslug%3Dmvc-induced-short-term-potentiation-of-explos&usg=AFQjCNE2HSX791I4-\\_3icBh7PIVDI-SMA&sig2=ItUpxoPTTQ9KkJ4uTOs70A&cad=rja](https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CC8QFjABahUKEwjFvO218eXHAhVDVxQKHcfuBWY&url=http%3A%2F%2Fwww.iaaf.org%2Fdownload%2Fdownloadnsa%3Ffilename%3D28b17d9b-8705-4f72-9316-73033d100c.pdf%26urlslug%3Dmvc-induced-short-term-potentiation-of-explos&usg=AFQjCNE2HSX791I4-_3icBh7PIVDI-SMA&sig2=ItUpxoPTTQ9KkJ4uTOs70A&cad=rja)

Hodgson, M., Docherty, D. in Robbins D. (2006). Post-Activation Potentiation; Underlying Physiology and Implications for Motor Performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/David\\_Docherty2/publication/7719063\\_Post-activation\\_potentiation\\_underlying\\_physiology\\_and\\_implications\\_for\\_motor\\_performance/links/53d6f0540cf228d363eab0e4.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/David_Docherty2/publication/7719063_Post-activation_potentiation_underlying_physiology_and_implications_for_motor_performance/links/53d6f0540cf228d363eab0e4.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)

Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: an introduction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(3), 234-240. Pridobljeno iz: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3164001/>

Mohorič, U. (2008). Prenos teoretičnih spoznanj o rokometnem strelu v prakso. *Trener rokomet*, 15(1), 34-44. Pridobljeno iz: [http://www.zrts.si/index.php?option=com\\_knjiznica&task=prikazi&Itemid=50&id=67](http://www.zrts.si/index.php?option=com_knjiznica&task=prikazi&Itemid=50&id=67)

Nave, R. (2000). *Police RADAR*. Hyperphysics. Pridobljeno iz: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/radar.html>

Newton, R. U. Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humpries, B. J. in Murphy, A. J., (1996). Kinematics, Kinetics, and Muscle Activation During Explosive Upper Body Movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 31-43. Pridobljeno iz:

Požun, B. (1992). *Metodika učenja in izpopolnjevanja strelav na vrata pri rokometu* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz:

Sale, D. G. (2002). Postactivation Potentiation: Role in Human Performance. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 30(3), 138-143. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Robert\\_Newton/publication/223128876\\_Original\\_Research\\_Kinematics\\_Kinetics\\_and\\_Muscle\\_Activation\\_During\\_Explosive\\_Upper\\_Body\\_Movements/links/00b](http://www.researchgate.net/profile/Robert_Newton/publication/223128876_Original_Research_Kinematics_Kinetics_and_Muscle_Activation_During_Explosive_Upper_Body_Movements/links/00b)

49529fa8ad7540e000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\_detail

Skaza, V. (2011). *Vpliv učenja na spremembo hitrosti leta žoge pri strelu s tal v rokometu* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz: <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Diplome/Diploma22064380SkazaVesna.pdf>

Smith, J. C. in Fry, A. C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 73-76.

Strojnik, V. (1990). Biomehanske in fiziološke značilnosti mišičnega naprežanja. *Šport*, 38(1-2), 44-47.

Šibila, M. (2004). *Rokomet – Izbrana poglavja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Šibila, M. in Pori, P. (2009). *Rokometni praktikum za trenerje pripravnike*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Tillin, N, A. in Bishop, D., (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 32(2), 147-166. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/David\\_John\\_Bishop/publication/23993571\\_Factors\\_Modulating\\_Post-Activation\\_Potentiation\\_and\\_its\\_Effect\\_on\\_Performance\\_of\\_Subsequent\\_Explosive\\_Activities/links/53e112f10cf2235f352728cd.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/David_John_Bishop/publication/23993571_Factors_Modulating_Post-Activation_Potentiation_and_its_Effect_on_Performance_of_Subsequent_Explosive_Activities/links/53e112f10cf2235f352728cd.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)

Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A. in Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 577-583. Pridobljeno iz: <http://www.jssm.org/research.php?id=jssm-10-577.xml>

Van der Tillaar, R. in Ettena, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *Journal of applied Biomechanics*, 23, 12-19. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Roland\\_Tillaar/publication/6252543\\_A\\_three-dimensional\\_analysis\\_of\\_overarm\\_throwing\\_in\\_experienced\\_handball\\_players/links/53f5aacb0cf22be01c3f8f6e.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/Roland_Tillaar/publication/6252543_A_three-dimensional_analysis_of_overarm_throwing_in_experienced_handball_players/links/53f5aacb0cf22be01c3f8f6e.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)

De Villarreal, E. S. S., Gonzales-Badillo, J. J. in Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur J Appl Physiol*, 100, 393-401.



Willson, J. M., Marin, P. J., Lowery, R. in Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of post activation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender rest periods, and training status. *The journal of Strength and Conditioning research*, 27(3), 854-859. Pridobljeno iz: [http://www.researchgate.net/profile/Edward\\_Jo/publication/255719150\\_Post\\_activation\\_potentiation\\_A\\_meta\\_analysis\\_examining\\_the\\_effects\\_of\\_volume\\_rest\\_period\\_length\\_and\\_conditioning\\_mode\\_on\\_power/links/0deec52780a631ccf3000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication\\_detail](http://www.researchgate.net/profile/Edward_Jo/publication/255719150_Post_activation_potentiation_A_meta_analysis_examining_the_effects_of_volume_rest_period_length_and_conditioning_mode_on_power/links/0deec52780a631ccf3000000.pdf?inViewer=true&disableCoverPage=true&origin=publication_detail)

Zanoškar, M. (2007). *Analiza nekaterih fizioloških spremenljivk pri dveh tipih rokometnega treninga* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz: <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Diplome/Diploma22041570ZanoskarMarko.pdf>