

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Jurij Hostnik

**AKUTNI UČINKI STATIČNEGA
RAZTEZANJA V OGREVANJU**

Magistrsko delo

Izola, september 2017

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

APLIKATIVNA KINEZILOGIJA

**AKUTNI UČINKI STATIČNEGA
RAZTEZANJA V OGREVANJU**

Magistrsko delo

MENTOR
Izr. prof. dr. Nejc Šarabon

Avtor
JURIJ HOSTNIK

SOMENTOR
Asist. Jernej Rošker

Izola, september 2017

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
UNIVERSITÀ DEL LITORALE / UNIVERSITY OF PRIMORSKA

FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE NATURALI E TECNOLOGIE INFORMATICHE
FACULTY OF MATHEMATICS, NATURAL SCIENCES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Glagoljaška 8, SI - 6000 Koper

Tel.: (+386 5) 611 75 70

Fax: (+386 5) 611 75 71

www.famnit.upr.si

info@famnit.upr.si



UNIVERZA NA PRIMORSKEM
UNIVERSITÀ DEL LITORALE
UNIVERSITY OF PRIMORSKA

Titov trg 4, SI – 6000 Koper
Tel.: + 386 5 611 75 00
Fax.: + 386 5 611 75 30
E-mail: info@upr.si
<http://www.upr.si>

IZJAVA O AVTORSTVU MAGISTRSKEGA DELA

Podpisani Jurij Hostnik, študent magistrskega študijskega programa 2. stopnje Aplikativna kineziologija,

izjavljam,

da je magistrsko delo z naslovom Akutni učinki statičnega raztezanja v ogrevanju

- rezultat lastnega raziskovalnega dela,
- so rezultati korektno navedeni in
- nisem kršil/a pravic intelektualne lastnine drugih.

Soglašam z objavo elektronske verzije magistrskega dela v zbirki »Dela UP FAMNIT« ter zagotavljam, da je elektronska oblika magistrskega dela identična tiskani.

Podpis študenta:

V _____, dne _____

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mentorju izr. prof. dr. Nejcu Šarabonu za vse nasvete, spodbude in za neverjetno odzivnost.

Hvala tudi somentorju asist. Jerneju Roškerju za usmeritve in napotke pri pripravi teoretičnega uvoda.

Hvala Nogometnemu klubu Bravo in podjetju S2P za logistično podporo pri izvedbi meritev.

Hvala Mateju, Matiji in Katji za pomoč pri izvedbi meritev.

Ime in PRIIMEK: Jurij Hostnik

Naslov magistrskega dela: Akutni učinki statičnega raztezanja v ogrevanju

Kraj: Izola

Leto: 2017

Število listov: 41

Število slik: 10 Število tabel: 1

Število prilog: 0

Število strani prilog: 0

Število referenc: 68

Mentor: Prof. dr. Nejc Šarabon

Somentor: Asist. Jernej Rošker

UDK: 796

Ključne besede: statično raztezanje, negativni učinki, mišična zmogljivost, nogomet, ogrevanje

Povzetek: UVOD: Namen raziskave je bil ugotoviti, kdaj se pojavijo negativni učinki statičnega raztezanja (SR), kako dolgo trajajo in v kakšni meri jih je možno izničiti z aktivacijskimi vajami. METODE: V raziskavo je bilo vključenih 19 zdravih 14-letnih nogometašev moškega spola. Uporabljen je bil navzkrižni raziskovalni pristop. V eksperimentalnem pogoju so preiskovanci izvedli ogrevanje, 7 serij 20-sekundnega SR (raztezanje primikalk kolka, zadnjih stegenjskih strun, iztegovalk kolena in iztegovalk gležnja) in po zadnji seriji SR še sklop aktivacijskih vaj. Kontrolni pogoj je bil enak, le da se ni izvajalo aktivacijskih vaj po koncu SR. Merjeni so bili učinki statičnega raztezanja na gibljivost, moč in jakost. REZULTATI: SR je imel statistično značilen negativen vpliv na moč in pozitiven vpliv na gibljivost ($p < 0,05$), medtem ko vpliv na jakost ni bil statistično značilen ($p > 0,05$). Po prvi seriji SR je bil zaznan upad v mišični moči (-7 %), medtem ko je bil največji negativen vpliv na moč dosežen po peti seriji SR (-11 %). Značilni učinki so bili prisotni še 15 minut po zadnji seriji SR ($p < 0,05$). Aktivacijske vaje negativnega vpliva niso zmanjšale ($p > 0,05$). ZAKLJUČEK: Rezultati te aplikativne raziskave z imitacijo treninga gibljivosti mladih nogometašev so pokazali, da ima lahko SR negativen vpliv na moč že po 20 sekundah, pri čemer učinki trajajo dlje od 15 minut. Možna rešitev problema je izogibanje SR v ogrevanju, kadar je cilj vadbene enote ali tekme izvajanje eksplozivnih nalog.

Name and SURNAME: Jurij HOSTNIK

Title of master thesis: Acute effects of static stretching during warm-up

Place: Izola

Year: 2017

Number of pages: 41

Number of pictures: 10 Number of tables: 1

Number of enclosures: 0

Number of enclosure pages: 0

Number of references: 68

Mentor: Prof. dr. Nejc Šarabon

Somentor: Asist. Jernej Rošker

UDC: 796

Key words: static stretching, negative effects, muscle performance, football, warm-up

Abstract: INTRODUCTION: The aim of this study was to find out, when negative effects of static stretching (SS) appear, how long they last and whether it is possible to reduce negative effects of SS with activation exercises. METHODS: Nineteen 14 years old healthy male football players participated in the study. Cross-over study design was used in the study protocol. In the experimental condition, all the subjects performed warm-up, following 7 series of 20 seconds SS (hamstrings, knee extensors, hip adductors and plantar flexors). After the last series of SS a unit of activation exercises followed. In the control condition, subjects went through similar procedure, but without activation exercises after last series of SS. Acute effects of SS on flexibility, power and strength were measured. RESULTS: SS had statistically significant negative effect on power and positive effect on flexibility ($p < 0.05$), while no effect on strength was shown ($p > 0.05$). Muscle power decreased after first series of SS (-7 %). The peak negative effect on muscle power was after fifth SS (-11 %). Significant effects were present more than 15 minutes after the last SS series ($p < 0.05$). Activation exercises did not have impact on muscle performance ($p > 0.05$). CONCLUSION: Results of this applicative study with the imitation of flexibility training of young football players showed that SS can have negative impact on muscle power after so early as 20 seconds. The effects can last more than 15 minutes. A possible solution could be avoidance of SS in warm-up when the aim of the training or match is explosive task performance.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod.....	1
1.1	Akutni učinki razteznih vaj na gibljivost in tveganje za poškodbe.....	2
1.2	Ogrevanje	3
1.2.1	Dvig temperature.....	4
1.2.2	Razklop aktomiozinskih kompleksov	5
1.2.3	Post-aktivacijska potenciacija	5
2	Predmet, problem in namen.....	7
3	Cilji.....	10
4	Hipoteze.....	11
5	Metode.....	13
5.1	Izbor preiskovancev	13
5.2	Protokol	14
5.3	Testna baterija.....	17
5.3.1	Največji obseg giba	17
5.3.2	Največji relativni navor in relativna hitrost prirastka navora.....	18
5.3.3	Skok z nasprotnim gibanjem.....	18
5.4	Statistična analiza	19
6	Rezultati.....	20
7	Razprava.....	23
8	Zaključek	27
9	Viri	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Učinek aktivacijskih vaj skozi čas	6
Slika 2: Akutni učinki statičnega raztezanja na mišično zmogljivost	7
Slika 3: Merilni protokol	15
Slika 4: Statične raztezne vaje in merjenje gibljivosti.....	16
Slika 5: Aktivacijske vaje.....	17
Slika 6: Največja eksplozivna hotena kontrakcija primikalk kolka na dinamometru	18
Slika 7: Skok z nasprotnim gibanjem na dvodelni plošči za merjenje sil na podlago	19
Slika 8: Rezultati skoka z nasprotnim gibanjem.....	20
Slika 9: Rezultati testov največje eksplozivne kontrakcije primikalk kolka	21
Slika 10: Rezultati testov največjega obsega giba	22

TABELA KRATIC

<i>Kratika</i>	<i>Opis kratice</i>
1-faktorska PM ANOVA	Enofaktorska analiza variance s ponovljenimi meritvami
2-faktorska PM ANOVA	Dvofaktorska analiza variance s ponovljenimi meritvami
C	Cilj
H	Hipoteza
NMS	Največja moč med skokom z nasprotnim gibanjem
NOG	Največji obseg giba
NRN	Največji relativni navor, proizveden s primikalkami kolka
PAP	Post-aktivacijska potenciacija
PŽF	Proprioceptivna živčno-mišična facilitacija
RHPN	Relativna hitrost prirastka navora, proizvedenega s primikalkami kolka
SNG	Skok z nasprotnim gibanjem
SR	Statično raztezanje
TB	Testna baterija
T_i	Temperatura jedra
T_m	Temperatura mišice
VS	Višina skoka z nasprotnim gibanjem

1 UVOD

Raztezne vaje se pogosto uporabljajo v ogrevanju kot del priprave športnika za povečano športno zmogljivost in za zmanjšanje verjetnosti poškodb. Značilne so po tem, da želimo z njimi postaviti telesne segmente v položaj, v katerem je dolžina izbrane mišice in ostalih struktur, ki se raztezajo, največja (O'Sullivan, Murray in Sainsbury, 2009). Njihov glavni namen je povečati aktivni obseg giba, za kar v športni in fizioterapevtski praksi uporabljamo različne pristope. Ayala, Sainz de Baranda in Cejudo (2012) v svojem sistematičnem pregledu raziskovalne literature s področja razteznih vaj v medicini in športu, objavljene do leta 2011, opišejo naslednje najpogosteje omenjene metode za razvoj gibljivosti: balistične, dinamične in statične raztezne vaje (SR), ekscentrični trening gibljivosti in metodo proprioceptivne živčno-mišične facilitacije (PŽF).

Nelson in Bandy (2005) balistične raztezne vaje opišeta kot zamahe z deli telesa, s katerimi se doseže visoke hitrosti podaljševanja mišice. Mišica, ki je izpostavljena raztegu, doseže največji obseg giba (NOG) preko zunanje sile ali s pomočjo agonističnih mišic, ki gib izvajajo. Tudi dinamične raztezne vaje se lahko izvajajo s pomočjo zunanje sile ali s pomočjo agonističnih mišic, ki gib izvajajo, le da je gibanje od nevtralnega položaja do končne točke in nazaj v tem primeru izvedeno počasi in nadzorovano (Murphy, 1994). SR je postavljanje telesa v položaj, v katerem je razteg izbrane mišice (ali druge anatomske strukture) največji, pri čemer se položaj telesnega segmenta zadrži v skrajnem položaju (Anderson in Burke, 1991). Naslednja metoda raztezanja je ekscentrični trening gibljivosti. Pri tej metodi se z zunanjo silo dodatno razteza mišica, ki istočasno izvaja ekscentrično kontrakcijo (Esnault, 1988). Zadnja vrsta raztezanja, ki je opisana v nalogi, je metoda PŽF. V tem primeru gre za kombinacijo izmeničnih kontrakcij in raztegov mišic z uporabo tehnik, kot sta drži-sprosti ali napni-sprosti (Gama, Medeiros, Dantas in Souza, 2007).

Z vsemi omenjenimi načini raztezanja lahko vplivamo na dolgoročno povečanje gibljivosti, pri čemer med metodami ni razlik v uspešnosti povečevanja gibljivosti. Izjema je le balistično raztezanje, ki je z vidika dolgoročnega povečevanja gibljivosti najmanj učinkovita (Ayala, Sainz de Barand in Cejudo, 2012). Isti avtorji zaključujejo, da so posledično za potrebe športne vadbe priporočljive vse naštet metode. Iste vaje se pogosto uporabljajo v ogrevanju za pripravo športnika za povečano športno zmogljivost z namenom izboljšanja zmogljivosti in zmanjšanja tveganja za poškodbe na račun akutnega povečanja gibljivosti (ACSM, 2000). Simic, Sarabon in Markovic (2013) v meta-analizi ugotavljajo, da ima lahko uporaba razteznih vaj tudi negativne, predvsem akutne, učinke na mišično zmogljivost v parametrih jakosti, moči in eksplozivne mišične

zmogljivosti, kar je v nasprotju s splošnim prepričanjem, da raztezanje v ogrevanju deluje pozitivno na športno zmogljivost.

1.1 Akutni učinki razteznih vaj na gibljivost in tveganje za poškodbe

V sistematičnem pregledu literature (Behm idr., 2016) so avtorji ugotovili, da z metodo PŽF, dinamičnimi, statičnimi ali balističnimi razteznimi vajami lahko vplivamo na akutno povečanje obsega giba, ki lahko traja tudi do 30 minut. Avtorji vzrok za akutno povečanje gibljivosti pripišejo povečani toleranci na razteg (Magnusson idr., 1996) in spremembam v mehanskih lastnostih mišice (Morse, Degens, Seynnes, Maganaris in Jones, 2008). Študij, ki primerjajo učinkovitost posameznih razteznih vaj, je veliko. V že omenjenem preglednem članku zaključijo, da med metodami, z izjemo balističnega raztezanja, ni razlik v učinkovitosti na kronično povečanje gibljivosti (Ayala, Sainz de Baranda in Cejudo, 2012). Beltrão, Ritti-Dias, Pitangui in De Araújo (2014) so v študiji ugotovili, da obstaja pozitivna povezanost med akutnim in kroničnim povečanjem gibljivosti, kar pomeni, da večji kot so akutni učinki posamezne metode raztezanja, večji so tudi njeni kronični učinki. Posledično bi lahko sklepali, da, kadar se raztezne vaje izvajajo daljše časovno obdobje, ne bo razlik med različnimi vrstami raztezanja niti v vplivu na akutno povečanje gibljivosti.

Ker je bilo v meta-analizah (Kay in Blazevich, 2012; Simic idr. 2013) ugotovljeno, da ravno SR negativno vpliva na mišično zmogljivost, nas kljub zgornji hipotezi zanima še, ali se lahko s SR bolj vpliva na akutno povečanje gibljivosti kot z ostalimi metodami. V sistematičnem pregledu Behm idr. (2016) navedejo študije, ki ne zaznajo razlik med statičnim in dinamičnim raztezanjem (Beedle in Mann, 2007; Perrier, Pavol in Hoffman, 2011; Chaouachi idr., 2017) in študije, ki pokažejo večjo učinkovitost dinamičnih razteznih vaj (Duncan in Woodfield, 2006; Amiri-Khorasani, Abu Osman, Yusof, 2011). Največ je študij, ki kažejo na večje povečanje NOG s SR (Samuel, Holcomb, Guadagnoli, Rubley in Wallmann, 2008; Bacurau idr., 2009; Sekir, Arabaci, Akova, in Kadagan, 2010; Barroso, Tricoli, Santos Gil, Ugrinowitsch in Roschel, 2012, Paradisis idr., 2014). V primerjavi med PŽF in SR v istem preglednem članku avtorji prav tako navedejo študije, katerih zaključki ne kažejo na razlike v akutnih učinkih na gibljivost (Condon in Hutton, 1987; Maddigan, Peach in Behm, 2012; Beltrão, Ritti-Dias, Pitangui in De Araújo, 2014). Tudi v tej primerjavi so navedene študije, ki večjo učinkovitost pripisujejo metodi PŽF (Etnyre in Lee, 1988; Ferber, Osternig in Gravelle., 2012; O’Hora, Cartwright, Wade, Hough in Shum, 2011). Večina študij kaže, da SR bolj vpliva na akutno povečanje

gibljivosti kot dinamično raztezanje, pri čemer je raztezanje PŽF enako ali bolj učinkovito od SR, zato sklenemo, da sta slednji učinkovitejši metodi za akutno povečanje gibljivosti v primerjavi z dinamičnim raztezanjem. Ta ugotovitev nasprotuje sklepu s konca prejšnjega odstavka, da imajo različni metode razteznih vaj enak vpliv na akutno povečanje gibljivosti, zato ta sklep ovržemo. Pozitivni učinki SR na akutno povečanje gibljivosti lahko trajajo tudi do 120 minut, medtem ko učinkov ostalih tipov raztezanja niso spremljali dlje kot 10 minut (Behm idr., 2016).

Ker se raztezne vaje v ogrevanju pogosto uporabljajo z namenom zmanjšanja tveganja za poškodbe, preverjamo tudi pregledne študije s tega področja. Weldon in Hill (2003) v preglednem članku zaradi nasprotujočih si zaključkov študij ne podata konkretnih zaključkov. Tudi Herbert in Gabriel (2002) poročata, da bi bilo za trdnejše zaključke potrebno vključiti več študij, a iz najdenih člankov vseeno izpeljeta sklep, da raztezanje v ogrevanju ni povezano z zmanjšanjem tveganja za poškodbe. Behm idr. (2016), ki so v pregled vključili 12 študij statičnega ali PŽF raztezanja zaključijo, da je raztezanje v ogrevanju lahko učinkovito pri zmanjšanju tveganja za poškodbe le v športih, ki vključujejo sprinte. Do podobnih zaključkov prideta tudi avtorja dveh preglednih člankov (Shrier, 1999; Lewis, 2014). McHugh in Cosgrave (2010) prav tako poročata, da ima lahko SR v ogrevanju pozitivne učinke na zmanjšanje tveganja za nastanek poškodb, a poudarjata, da je potrebno v prihodnje to trditev preveriti z dodatnimi študijami. Avtorji ne poročajo o negativnih akutnih učinkih raztezanja na tveganje za poškodbe.

1.2 Ogrevanje

SR se kot del priprave športnika na povečano športno zmogljivost v klasični vadbeni enoti najpogosteje izvaja v ogrevanju, zato se dopušča možnost, da na raztezanje in z njim povezane učinke dodatno vpliva tudi ogrevanje. Ker je v teh primerih raztezanje neločljivo povezano z ogrevanjem, so v tem poglavju natančno opisani procesi, ki jih v športniku izzove ogrevanje in ki bi lahko bili povezani z raztezanjem. Termin ogrevanje se v športni znanosti nanaša na postopek v uvodnem delu treninga ali pred tekmovanjem, s katerim se poskuša povečati športnikovo zmogljivost in zmanjšati tveganje za poškodbe (Hedric, 1992). Koncept ogrevanja je splošno sprejet (Bompa in Haff, 2009; Bushman, 2011). Bishop (2003) ogrevanje razdeli na aktivno in pasivno. Pri prvem gre za sklop vaj, medtem ko drugega opisuje kot zviševanje temperature mišic ali jedra s pomočjo zunanjega medija. Meta-analiza 32 visokokakovostnih študij (glede na lestvico PEDro, 1999), je pokazala, da je aktivno ogrevanje v kar 79 % izboljšalo zmogljivost (Fradkin, Zazryn in Smoliga, 2010). Bishop (2003) predlaga naslednje z

raziskavami podprte posledice ogrevanja, ki bi lahko vplivale na mišično zmogljivost: dvig temperature jedra telesa in mišic (zmanjšan viskozni upor mišic in sklepov, povečan prenos kisika do mišic, pospeševanje presnovnih reakcij, povečana stopnja prevodnosti živčevja), post-aktivacijska potenciacija in razklop aktomiozinskih kompleksov.

1.2.1 Dvig temperature

Ker se običajno raztezne vaje izvajajo v sklopu z ostalimi vadbenimi vsebinami v ogrevanju, lahko pričakujemo, da na mišično zmogljivost in gibljivost delujejo nekateri ostali dejavniki, ki so pomembni za razumevanje učinkov vadbe gibljivosti. Ob mišični kontrakciji se sprošča toplota. Kot ugotavljajo Saltin, Gagge in Stolwijk (1968), je temperatura mišice (T_m) neposredno povezana s stopnjo njenega opravljenega dela. Tako se v sedmih raziskavah T_m , merjena na globini 20 mm, z aktivnostjo pri 80–100 % anaerobnega praga z začetnih 35° C že po 3–5 minutah povzpne čez temperaturo jedra (37° C) in se po 10 minutah uravnesi na 38° C. Temperatura jedra (T_j), ki je neodvisna od temperature okolja (Bishop in Maxwell, 2009), narašča počasneje in šele po pol ure vadbe doseže 38° C. Dvig T_m lahko pozitivno vpliva na kratkotrajno dinamično silo (do 10 s) in na do 5 minut trajajoč test mišične vzdržljivosti, medtem ko zgolj s spremembo T_m ne moremo izboljšati dolgotrajne zmogljivosti, ki traja dlje od 5 minut (Bishop, 2003). Ugotovimo, da se z dvigom temperature skozi ogrevanje lahko doseže pozitivne učinke na parametre moči, kar je potrebno upoštevati pri ocenjevanju vpliva SR na parametre kratkotrajne mišične zmogljivosti. Rahel dvig temperature mišic lahko zmanjša tudi viskozni upor mišic in sklepov. V študijah se je pasivni upor metakarpalnega in kolenskega sklepa zmanjšal za 20 % (Wright in Johns, 1961; Wright, 1973). Sprememba temperature prav tako vpliva na togost mišičnih vlaken med samo mišično kontrakcijo. Povezava med spremembo temperature in spremembo togosti je negativna (Buchthal, Kaiser in Knappeis, 1944). Bishop (2003) tako ocenjuje, da je učinek temperature na elastične lastnosti mišice precej majhen, zato zgolj zaradi povečanja temperature ne pričakujemo bistvenega akutnega povečanja gibljivosti v ogrevanju. Njegov sklep potrjuje tudi študija avtorjev Gillete, Holland, Vincent in Loy (1991), v kateri je bilo z 20-minutnim ogrevalnim tekom pri preiskovancih doseženo povečanje T_j , a se hkrati ni povečal obseg giba v kolenskem sklepu.

Povišana temperatura mišic lahko pospeši tudi oksidativne in anaerobne presnovne reakcije. Tako na primeru podgan ugotovijo, da stopnja fosforilacije ob spremembi T_m s 35° C na 42° C naraste s 750 nmol ATP x min⁻¹ x mg beljakovin⁻¹ na 950 nmol ATP x min⁻¹ x mg beljakovin⁻¹, medtem ko je vrednost pri $T_m = 25° C$ celo dvakrat nižja od

vrednosti pri $T_m = 42^\circ \text{C}$ (Jarmuszkiwicz, Woyda-Ploszczyca, Koziel, Majerczak in Zoladz, 2015). Povišana T_j vodi tudi do statistično značilnega povečanja glikogenolize (Logan-Sprenger, Heigenhauser, Jones in Spriet, 2012; Febbraio, Snow, Stathis, Hargreaves in Carey, 1996). Učinke na anaerobne reakcije ima prav tako povišanje T_m , ki se kaže v povečani razgradnji kreatin fosfata in adenzin trifosfata v prvih dveh minutah intenzivne vadbe (Gray, Soderlund, Watson in Ferguson, 2011). Bishop (2003) zaključuje, da pospešena razgradnja glikogena, povezana s povišanjem T_j negativno vpliva na dolgotrajno zmogljivost, medtem ko pospeševanje anaerobne presnove pozitivno vpliva na kratkotrajno zmogljivost.

Halar, DeLisa in Brozovich (1980) ugotavljajo, da se hitrost prevajanja živčnih impulzov po ohlajanju spodnjih okončin zmanjša. Kot lahko sklepamo, tudi zvišana T_m poveča hitrost prevajanja živčnih impulzov in tako izboljša delovanje centralnega živčevja, kar opisuje Karvonen (1992 v Karvonen, Lemon in Iliev, 1992).

1.2.2 Razklop aktomiozinskih kompleksov

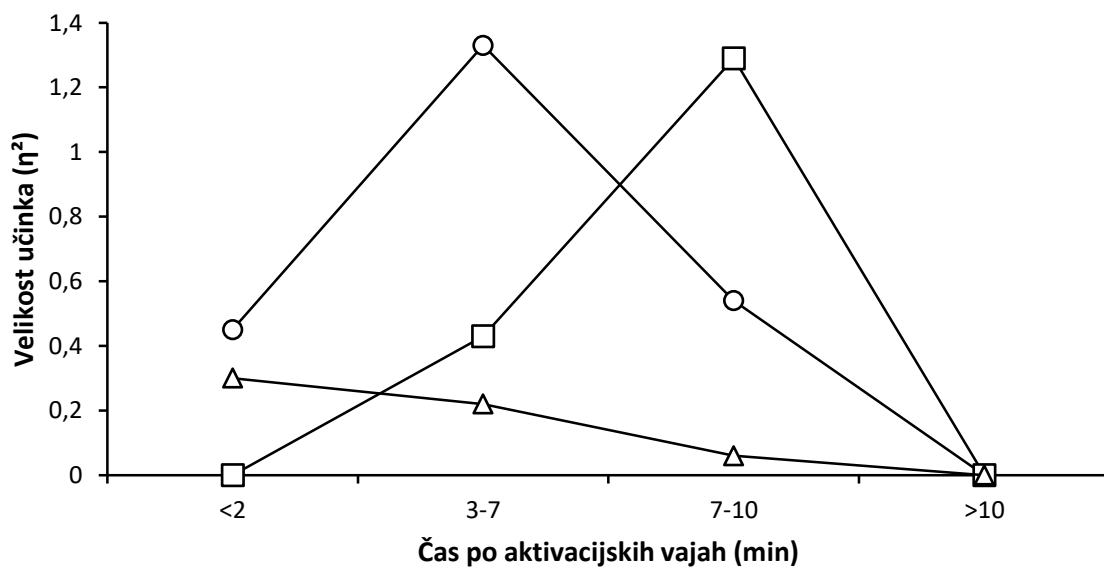
Eden od razlogov za povečano togost mišice v mirovanju bi lahko bil razvoj povezav med aktinom in miozinom (Bishop, 2003). Ogrevanje lahko na te povezave vpliva in posledično prispeva k zmanjšanju togosti mišice, saj sama vadba povzroči razklop določenega števila povezav (Wiegner, 1987). Pri proizvodnji mehanske moči obstaja določena optimalna raven togosti mišice, ki ne sme biti niti previsoka niti prenizka, da se lahko med samo aktivnostjo čim bolj izkorišča elastično energijo (Arampatzis, Schade, Walsh in Brüggemann, 2001). Na ta način bi lahko ogrevanje povečalo kratkotrajno mišično zmogljivost.

1.2.3 Post-aktivacijska potenciacija

Post-aktivacijska potenciacija (PAP) je pojav, ki se izzove z večjim obremenjevanjem mišice z namenom povečati rekrutacijo motoričnih enot in frekvenčno modulacijo ter vplivati na fosforilacijo miozin-regulirajočih lahkih verig (Tillin in Bishop, 2009). Ker s SR na parametre največje jakosti, moči in eksplozivne mišične zmogljivosti vplivamo negativno (Simic idr., 2013), sklepamo, da bi jih bilo možno izničiti z aktivacijskimi vajami, s katerimi bi dosegli post-aktivacijsko potenciacijo, ki na omenjene parametre vpliva pozitivno. Ker s težkimi bremenami povečujemo tudi utrujenost mišice (Gossen in Sale, 2000), je tako sama učinkovitost mehanizma odvisna od ravnotežja med mišično

utrujenostjo in njeno post-aktivacijsko potenciacijo (Tillin in Bishop, 2009). MacIntosh, Robillard in Tomaras (2012) v preglednem članku ugotavljajo, da PAP učinkuje zgolj prvih 5 minut po obremenitvi mišice, kar pomeni, da je sama zmogljivost izboljšana le kratkotrajno. Meta-analiza (Wilson idr., 2013), v kateri je bilo zajetih 32 študij, ki so preučevale PAP in mišično moč, pokaže, da vaje za povečanje PAP tudi do 7-krat bolj učinkujejo na populaciji športnikov v primerjavi z netreniranimi preiskovanci. Prav tako se izkaže, da je učinek na moč pri športnikih do 5-krat večji, če vaje izvajamo v več serijah. Izvedba v serijah pri netreniranih ne izboljša mišične zmogljivosti, kar lahko pripišemo večji utrujenosti. Omenjene raziskave ne pokažejo razlik med moškimi in ženskami ter prav tako ne zaznajo razlik v učinkovanju statične obremenitve in dinamične obremenitve.

Slika 1: Učinek aktivacijskih vaj skozi čas



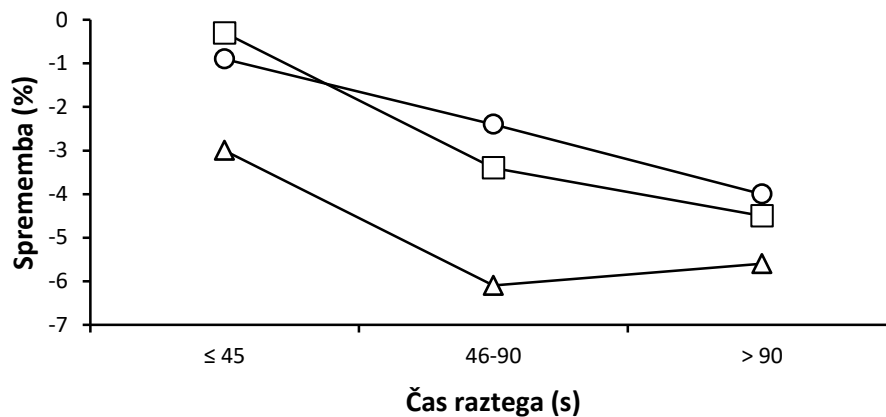
○ – Športniki, □ – Trenirani, Δ – Netrenirani. Vir: Povzeto po Wilson idr., 2013.

Pozitivni učinki aktivacijskih vaj so pri športnikih največji od 3 do 7 minut po obremenitvi, medtem ko je pri treniranih preiskovancih največji učinek obremenitve po 7 do 10 minutah. Pri netreniranih je učinek najvišji po 2 minutah in zatem linearno pada. Učinek obremenitve se pri vseh treh skupinah popolnoma izniči po 10 minutah (Slika 1). Razlike so statistično značilne. Analiza kaže, da je za optimalne učinke PAP potrebna zmerna obremenitev (60–84 % enkratnega največjega bremena), saj so zaznane statistično značilne razlike ($p < 0,05$) v primerjavi s težko obremenitvijo (> 85 %). Ker so pozitivni učinki PAP pri športnikih največji že od 3 do 7 minut po vajah, bi bila lahko uporaba aktivacijskih vaj smiselna za zmanjševanje negativnih učinkov SR.

2 PREDMET, PROBLEM IN NAMEN

Predmet te naloge so akutni učinki SR na mišično zmogljivost. Raztezne vaje se v ogrevanju izvajajo z namenom povečanja mišične zmogljivosti, kljub temu da se v literaturi omenja tudi negativne učinke. Simic idr. (2013) v opravljeni meta-analizi opisujejo, kako SR vpliva na naslednje, v študijah najpogosteje uporabljene, parametre za opis mišične zmogljivosti: na največjo mišično jakost, mišično moč in eksplozivno mišično zmogljivost. Za spremljanje največje mišične jakosti so v raziskavah po večini uporabili bodisi parametre največjega navora bodisi največjega bremena, ki smo ga sposobni premagati enkrat samkrat (t.j. enkratno največje breme). Za spremljanje mišične moči sta bila uporabljena parametra povprečna in največja moč med skoki (NMS) – največkrat je uporabljen skok z nasprotnim gibanjem (SNG) – ali kolesarjenjem, medtem ko so pod eksplozivno mišično zmogljivost uvrstili parametre hitrost prirastka navora ter rezultate sprintov, metov in skokov – višina skoka (VS). Ugotovili so, da SR negativno vpliva tako na največjo mišično jakost kot tudi na mišično moč in eksplozivno mišično zmogljivost, pri čemer je velikost učinka odvisna od trajanja raztega (Slika 2).

Slika 2: Akutni učinki statičnega raztezanja na mišično zmogljivost



○ – Eksplozivna mišična zmogljivost, □ – Mišična moč, Δ - Mišična jakost. Vir: Povzeto po Simic idr., 2013.

Problem raziskovanja v tej nalogi so negativni učinki, ki se izzovejo s SR. Ti učinki bi lahko negativno vplivali na športnikov rezultat na tekmi ali na učinkovitost treninga hitrosti in moči. V 40 študijah, zajetih v meta-analizi Simica idr. (2013), kjer so merili vpliv raztezanja na višino različnih skokov, so iztegovalke gležnja raztezali v 33, iztegovalke kolena v 35 in upogibalke kolena v 31 študijah. V približno polovici od teh študij so poleg teh treh mišic raztezali še upogibalke in iztegovalke kolka. Podobne rezultate je pokazala tudi druga meta-analiza (Kay in Blazevich, 2012). V tem primeru

sta avtorja študije parametre razdelila na enake tri skupine. V obeh člankih avtorji ugotavljajo, da raztegi, krajši od 45 sekund, ne vplivajo na moč in eksplozivno mišično zmogljivost, saj je razlika statistično značilna le v 11 % študij. Vpliv na upad največje jakosti pri enako dolgih raztegih je nekoliko večji (3–4 %) ter je statistično značilen v 36 % študij. SR, ki traja dlje od 45 sekund, negativno vpliva tako na moč in eksplozivno mišično zmogljivost (2–5 %) kot tudi na največjo jakost (6–7 %) (Kay in Blazevich, 2012; Simic idr., 2013).

Meta-analize, ki bi preverjale akutni vpliv ostalih tipov raztezanja na mišično zmogljivost, nismo našli. Behm idr. (2016) v preglednem članku, v katerega so vključili 48 študij, poročajo celo o rahlem pozitivnem statistično značilnem vplivu dinamičnega raztezanja, kamor uvrščata tudi balistično raztezanje, na mišično zmogljivost. Dinamično raztezanje je tako za 2,1 % izboljšalo rezultate skokov, medtem ko so rezultati agilnostnih testov in testov hitrosti (sprinti) izboljšani za 1,4 %. V istem preglednem članku so avtorji analizirali tudi akutni vpliv metode PŽF in ugotovili statistično značilen negativen vpliv na največjo jakost, moč in eksplozivno mišično zmogljivost, ki v povprečju znaša 4,4 % in je podoben vplivu SR. Študij, ki bi spremljale vpliv ekscentričnega treninga gibljivosti na mišično zmogljivost, nismo našli. Behm idr. (2016) po pregledu literature zaključijo, da spremembe v togosti mišic, spremembe v odnosu sila-dolžina in z raztezanjem izzvane mišične poškodbe zelo verjetno niso vzrok za upad mišične zmogljivosti, ki se izzove z raztezanjem. Kot najverjetnejši razlog navedejo zmanjšan centralni eferentni priliv. Trajano, Seityn, Nosaka in Blazevich (2013 in 2014) opisujejo, da se ta pojav pokaže tako z zmanjšanjem razmerja med amplitudo elektromiograma in M-valom (EMG/M), kot tudi z zmanjšanjem zavestne stopnje aktivacije, ki je merjena s tehniko interpoliranega skrčka, ali z zmanjšanjem Hoffmanovega refleksa (H-refleks) po raztezanju.

Vsi v raziskavo vključeni preiskovanci so nogometaši. Nogomet je ekipni šport, ki ima svoje posebnosti glede na ostale športe. Nogometna tekma traja dvakrat 45 minut, pri čemer je med obema polovicama 15 minutni odmor. Bangsbo (1997) poroča, da je v nogometni tekmi 80–90 % vseh gibanj nizke intenzivnosti in preostanek visoke intenzivnosti. Visoko intenzivna gibanja vključujejo vsa pospeševanja in zaviranja, spremembe smeri, neobičajne gibalne vzorce, skoke, padce in različne udarce žoge. Ogrevanje običajno sestavljata tako sklop SR kot tudi sklop aktivacijskih vaj za povečanje PAP. Ker imata nasprotno akutne učinke na mišično zmogljivost in ker ima SR glede na predstavljene rezultate študij večji vpliv na akutno povečanje gibljivosti v primerjavi z ostalimi tipi raztezanja, je namen raziskovanja v tem magistrskem delu ugotoviti, ali lahko z aktivacijskimi vajami povsem izničimo negativne učinke SR. V raziskavi želimo preveriti še trajanje negativnih učinkov, saj predpostavljamo, da so

najkasneje 15 minut po raztezanju športnikove sposobnosti ponovno v stanju kot pred njim. V najdenih študijah se je učinke spremljalo le prvih 5 minut po raztezanju, zato bi bila s spremljanjem trajanja učinkov dodana vrednost celotne naloge še večja, saj bi pripomogla k ustrezni časovni umestitvi SR v vadbeni enoti.

Predmet te naloge so tako akutni učinki SR na mišično zmogljivost. Ker zgoraj navedene študije kažejo, da je ta vpliv negativen, je namen naloge preveriti, kdaj se negativni učinki pojavijo in kako dolgo trajajo ter v kakšni meri jih je možno izničiti z aktivacijskimi vajami, ki imajo na kratkotrajno mišično zmogljivost pozitivne učinke.

3 CILJI

V nalogi želimo preveriti, kakšen je vpliv ogrevanja in serij krajših statičnih raztegov na parametre kratkotrajne mišične zmogljivosti. Kot priprava športnika na povečano športno zmogljivost se namreč najpogosteje uporablja prav do 20 sekund trajajoče raztege, ki se znotraj ogrevanja lahko večkrat ponovijo. Pričakujemo, da bomo z največ 8 serijami raztezanja izzvali statistično značilne negativne učinke na, s primikalkami kolka proizveden, največji relativni navor (NRN) in relativno hitrost prirastka navora (RHPN) ter na VS in NMS med SNG. Istočasno bomo v nalogi preverjali, kako raztezanje vpliva na akutno povečanje gibljivosti in s tem prispeva k zmanjšanju tveganja za poškodbe. V raziskavi bomo spremljali še trajanje morebitnih negativnih akutnih učinkov na mišično zmogljivost, saj v pregledu literature nismo zasledili študije, ki bi spremljala ta vidik. Behm idr. (2016) poročajo, da so v večini študij akutne učinke SR merili od 3 do 5 minut po izvedbi vaj. Če se v študiji pokaže, da so učinki krajši od 15 minut, se ponovno postavi vprašanje o smiselnosti odsvetovanja SR v ogrevanju. Nazadnje želimo preveriti, kakšen vpliv imajo aktivacijske vaje na mišično zmogljivost po upadu zaradi SR.

V nalogi so tako opredeljeni naslednji glavni cilji (C):

- C1: Ugotoviti, kako ogrevanje vpliva na kratkotrajno mišično zmogljivost in gibljivost.
- C2: Ugotoviti, kako serije krajših statičnih raztegov vplivajo na parametre kratkotrajne mišične zmogljivosti.
- C3: Ugotoviti, kako serije krajših statičnih raztegov vplivajo na akutno povečanje gibljivosti.
- C4: Ugotoviti, kako aktivacijske vaje vplivajo na kratkotrajno mišično zmogljivost po 7 serijah SR.
- C5: Ugotoviti, kako dolgo trajajo učinki SR na kratkotrajno mišično zmogljivost in akutno povečanje gibljivosti.

4 HIPOTEZE

Za izpolnitev zastavljenih ciljev oblikujemo naslednje hipoteze (H):

H1: Ogrevanje bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na jakost, moč in akutno povečanje gibljivosti.

H1.a: Ogrevanje bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na odvisni spremenljivki VS in NMS pri SNG ($p < 0,05$).

H1.b: Ogrevanje bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na odvisno spremenljivko NRN, proizveden s primikalkami.

H1.c: Ogrevanje bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na odvisno spremenljivko RHPN, proizvedeno s primikalkami.

H1.d: Ogrevanje bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na odvisno spremenljivko NOG ($p < 0,05$).

H2: 7 serij SR bo imelo statistično značilen negativen vpliv na jakost in moč in pozitivnega na akutno povečanje gibljivosti.

H2.a: 7 serij SR bo imelo statistično značilen negativen vpliv na odvisni spremenljivki VS in NMS pri SNG ($p < 0,05$).

H2.b: 7 serij SR bo imelo statistično značilen negativen vpliv na odvisno spremenljivko NRN, proizveden s primikalkami ($p < 0,05$).

H2.c: 7 serij SR bo imelo statistično značilen negativen vpliv na odvisno spremenljivko RHPN, proizveden s primikalkami ($p < 0,05$).

H2.d: 7 serij SR bo imelo statistično značilen pozitiven vpliv na odvisno spremenljivko NOG ($p < 0,05$).

H3: Hitrost vračanja mišične moči in jakosti v stanje po ogrevanju bo 7,5 minut in 15 minut po zadnji seriji SR večja v intervencijskem pogoju z aktivacijskimi vajami v primerjavi s kontrolnim pogojem.

H3.a: Hitrost vračanja odvisnih spremenljivk VS in NMS pri SNG v stanje po ogrevanju bo 7,5 minut in 15 minut po zadnji seriji SR večja v intervencijskem pogoju z aktivacijskimi vajami v primerjavi s kontrolnim pogojem ($p < 0,05$).

H3.b: Hitrost vračanja odvisne spremenljivke NRN, proizveden s primikalkami, v stanje po ogrevanju bo 7,5 minut in 15 minut po zadnji seriji SR večja v intervencijskem pogoju z aktivacijskimi vajami v primerjavi s kontrolnim pogojem ($p < 0,05$).

H3.c: Hitrost vračanja odvisne spremenljivke relativna HPN, proizvedena s primikalkami, v stanje po ogrevanju bo 7,5 minut in 15 minut po zadnji seriji SR večja v intervencijskem pogoju z aktivacijskimi vajami v primerjavi s kontrolnim pogojem ($p < 0,05$).

H4: Negativen vpliv SR na mišično moč in jakost 15 minut po zadnji seriji SR ne bo več statistično značilen ($p > 0,05$).

H4.a: Negativen vpliv SR na odvisni spremenljivki VS in NMS 15 minut po zadnji seriji SR ne bo več statistično značilen ($p > 0,05$).

H4.b: Negativen vpliv SR na odvisno spremenljivko NRN 15 minut po zadnji seriji SR ne bo več statistično značilen ($p > 0,05$).

H4.c: Negativen vpliv SR na odvisno spremenljivko RHPN 15 minut po zadnji seriji SR ne bo več statistično značilen ($p > 0,05$).

5 METODE

Ker so trditve v nalogi oprte na študije objavljene v svetovnih znanstvenih revijah, je v nadaljevanju opredeljen način iskanja in pridobivanja literature. Tober (2011) v svoji študiji primerja učinkovitost štirih glavnih iskalnikov virov na področju laserske medicine (Google Scholar, PubMed/MEDLINE, ScienceDirect in Scopus). Ob upoštevanju kriterijev, kot so spomin, natančnost in pomembnost, ki so uporabljeni tudi v študiji avtorjev Samadzadeh, Rigi in Ganjali (2013), ugotovi, da je Scopus najučinkovitejši iskalnik za omenjeno področje. Falagas, Pitsouni, Malietzis in Pappas (2008) v študiji primerjajo uporabnost iskalnikov PubMed, Scopus, Web of Science in Google Scholar na področju biomedicine. Ugotavljajo, da je na tem področju najpomembnejši iskalnik PubMed, medtem ko ima Scopus največjo pokritost znanstvenih revij. Bramer, Giustini, Kramer in Anderson (2013) v primerjavi iskalnika Google Scholar in PubMed ugotavljajo, da ima prvi primerno pokritost in natančnost, a po njihovem mnenju zaradi nepopolnega spominane sme biti uporabljen kot samostojni iskalnik na področju biomedicine. Na podlagi omenjenih raziskav sta bila za potrebe te naloge izbrana iskalnika PubMed in Scopus. Da je iskanje čim bolj sistematično in jasno, je en izbran za primarnega. Ker so glavna tema naloge akutni učinki mišičnega raztezanja, smo v oba iskalnika vnesli geslo *acute effects, muscle stretching, review* (slo: akutni učinki, mišično raztezanje, pregled). Z iskalnikom Scopus je bilo najdenih 57 zadetkov, medtem ko je bilo z iskalnikom Pubmed najdenih 28 zadetkov. Ker je iskalnik Scopus našel 20 istih člankov (71 %) kot PubMed in ob tem še 37 drugih člankov, je bil prvi izbran za primarni iskalnik, saj se vseh osem člankov, ki niso v preseku obeh množic zadetkov, nanaša na raziskave s področja medicine (rak, rabdmioliza, možganska poškodba, hipertenzija, restenoza, peptidna vazokonstrikcija, subakromialni bolečinski sindrom in študija *bed rest*). Samadzadeh idr. (2013) v študiji ugotavljajo, da uporaba zgolj enega iskalnika lahko privede tudi do 70 % izgube relevantnih virov, zato se v nalogi poleg osnovnega iskalnika Scopus uporablja tudi alternativna iskalnika (PubMed in ScienceDirect). Za opredelitev problema se v nalogi v prvi vrsti opiramo na podatke iz preglednih študij in meta-analiz. Kadar to ni mogoče, uporabimo tudi izsledke posameznih raziskav, izvedenih na manjših vzorcih.

5.1 Izbor preiskovancev

Raziskava je potekala na 19 nogometnih selekcij Nogometnega kluba Bravo U15, ki nastopa v najvišjem nacionalnem tekmovanju (višina: $1,68 \text{ m} \pm 0,09 \text{ m}$, teža: $55 \text{ kg} \pm 9,02 \text{ kg}$, starost: $13,9 \text{ let} \pm 0,46 \text{ let}$, indeks telesne mase: $19,21 \text{ kg/m}^2 \pm 1,54 \text{ kg/m}^2$).

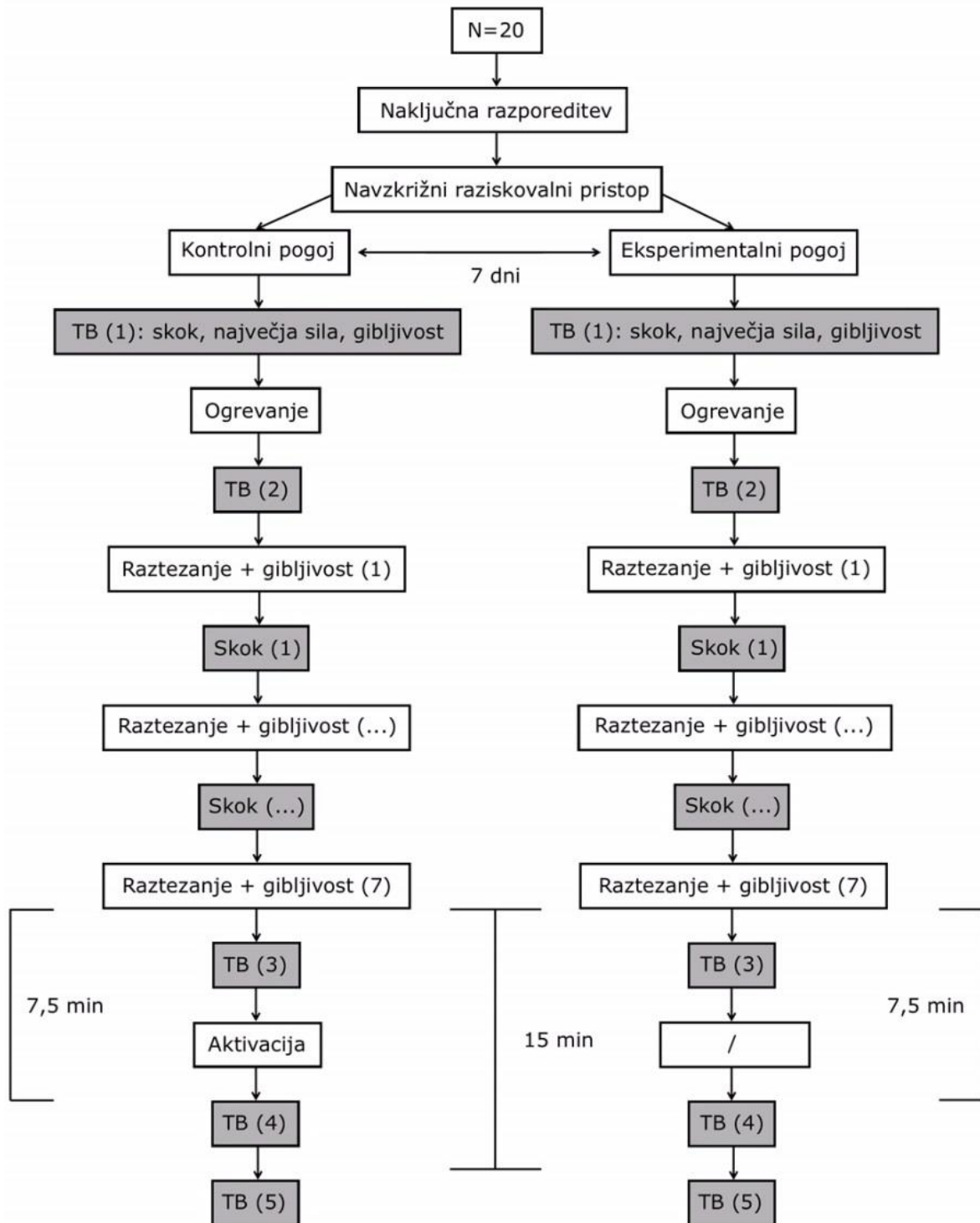
Zakoniti zastopniki preiskovancev so bili seznanjeni s tveganji sodelovanja in so podpisali izjavo o zavestni privolitvi za sodelovanje v študiji. Sodelovali so lahko samo igralci, ki v zadnjem letu niso bili poškodovani.

5.2 Protokol

Za preverjanje hipoteze smo uporabili navzkrižni raziskovalni pristop in protokol, ki ga je potrdila Komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko. Nogometaši so bili naključno razdeljeni v dve skupini. Meritve, pred katerimi je bilo izvedeno tudi seznanitveno srečanje, so potekale dvakrat s 7-dnevnim vmesnim premorom (Slika 3). Vsak posameznik je na obeh srečanjih najprej izvedel prvo testno baterijo (TB), ki ji je sledilo standardizirano ogrevanje (5 minut stopanja na stopnico v ritmu 2 korakov na sekundo) in ponovno vrednotenje s TB. Takoj za meritvami je nogometaš izvedel prvi sklop raztezanja, ki sta mu sledila dva skoka z nasprotnim gibanjem. Postopek se je ponavljal do 7. sklopa SR, ki mu je ponovno sledila TB. Po teh meritvah so preiskovanci na enem od srečanj izvedli sklop aktivacijskih vaj za povečanje PAP, medtem ko so na drugem srečanju v tem času mirovali. Preiskovanci so 7,5 minut in nato še 15 minut po zadnjem sklopu SR ponovno opravili TB. Tisti, ki so na prvem srečanju izvajali aktivacijske vaje, so na drugem srečanju v tem delu mirovali in obratno.

Sklop pasivnega SR je bil sestavljen iz vaj za raztezanje primikalk kolka, iztegovalk kolena, zadnjih stegenskih strun in iztegovalk gležnja. Raztezanje iztegovalk gležnja je potekalo sočasno v stoječem položaju tako, da se je preiskovanec z rokami oprl na steno na način, da je dosegel najmanjši možni kot med stopaloma in golenicama. Pri tem je imel kolena iztegnjena (Slika 4 – A). Zadnje stegenske strune so raztezali v sedečem položaju v predklonu, pri čemer so si lahko pomagali z asistentom (Slika 4 – B). Iztegovalke kolena so preiskovanci raztezali sami tako, da so ležali na enem boku in ob tem raztezali mišično skupino na drugi strani (Slika 4 - C). Raztezanje obeh primikalk kolka je potekalo sočasno v ležečem položaju z iztegnjenimi koleni s pomočjo asistenta (Slika 4 – D). Vsak razteg je trajal 20 sekund, pri čemer so preiskovanci dobili nalogo, naj dosežejo točko še sprejemljive bolečine. Skupni čas raztezanja v enem sklopu je znašal 100 sekund.

Slika 3: Merilni protokol



N – število preiskovancev, *TB* – testna baterija, *skok* – skok z nasprotnim gibanjem, *največja sila* – največja eksplozivno proizvedena sila

Slika 4: Statične raztezne vaje in merjenje gibljivosti



A – iztegovalke gležnja, B – zadnje stegenske strune, C – iztegovalke kolena, D – primikalke kolka.

Vir: Avtorjev osebni arhiv.

Da bi izzvali PAP, so preiskovanci izvedli dve seriji aktivacijskih vaj. Prvo serijo so v naslednjem vrstnem redu sestavljale naslednje vaje:

1. 8 počasnih vzponov na prste z iztegnjenimi koleni (Slika 5 – A)
2. 8 počasnih globokih počepov (Slika 5 – B)
3. 8 dvigov medenice ob sočasni opori na rokah (Slika 5 – C)
4. 4 počasni 4-sekundni stiski mehke žoge v ležečem položaju z iztegnjenimi koleni ob izometrični kontrakciji primikalk kolka (Slika 5 – D)

V drugi seriji so naslednje vaje izvajali eksplozivno:

1. 8 zaporednih navpičnih poskokov z iztegnjenimi koleni (Slika 5 – E)
2. 8 skokov z nasprotnim gibanjem (Slika 5 – F)
3. 8 eksplozivnih dvigov medenice ob sočasni opori na rokah (Slika 5 – G)
4. 8 eksplozivnih in 2 sekundi trajajočih stiskov mehke žoge v ležečem položaju z iztegnjenimi koleni ob izometrični kontrakciji primikalk (Slika 5 – H)

Slika 5: Aktivacijske vaje



A – vzponi na prste, B – globoki počepi, C – dvigi medenice, D – počasni 4-sekundni stiski žoge, E – poskoki z iztegnjenimi koleno, F – skoki z nasprotnim gibanjem, G – eksplozivni dvigi medenice, H – eksplozivni 2-sekundni stiski žoge. Vir: Avtorjev osebni arhiv.

5.3 Testna baterija

Testna baterija je vključevala meritve NOG, višine in največje moči skoka z nasprotnim gibanjem ter največje hotene sile in hitrosti njenega prirastka dosežene s primikalkami kolka.

5.3.1 Največji obseg giba

NOG je bil merjen pred ogrevanjem, takoj po ogrevanju, med vsakim sklopom razteznih vaj, takoj po zadnjem sklopu SR, 7,5 minut in 15 minut po zadnjem sklopu SR. Razen v prvih dveh in v zadnjih treh meritvah, je bil NOG merjen med izvajanjem SR s pomočjo merilnega traku. Izmerjene so bile razdalje med skrajnimi točkami. Pri prvih dveh in pri zadnjih treh meritvah je bila izvedba v enakem položaju kot v ostalih primerih, le da

meritev ni potekala med 20-sekundnim statičnim raztegom. NOG smo merili med raztezanjem iztegovalk gležnja (Slika 4 – A), med raztezanjem zadnjih stegenskih strun (Slika 4 – B) in med raztezanjem primikalk kolka (Slika 4 – D).

5.3.2 Največji relativni navor in relativna hitrost prirastka navora

NRN in RHPN smo merili s pomočjo dinamometra – TNC sistem z dvema moduloma (HBM, Nemčija, PW10AC3 – 200 kg). Preiskovanci so morali z največjo hoteno in eksplozivno izometrično kontrakcijo primikalk kolka doseči in 3 sekunde držati največji navor. Med izvedbo so imeli kolena iztegnjena (Slika 6). Za NHN je bil uporabljen povprečni največji navor, ki ga je bil posameznik sposoben zadržati 1 sekundo (Nm/kgTM), medtem ko je bil za RHPN uporabljen navor, dosežen v prvih 100 ms izvajanja kontrakcije (Nm/100 ms/kgTM). Postopek se je ponovil dvakrat. Uporabljen je bil boljši dosežek.

Slika 6: Največja eksplozivna hotena kontrakcija primikalk kolka na dinamometru

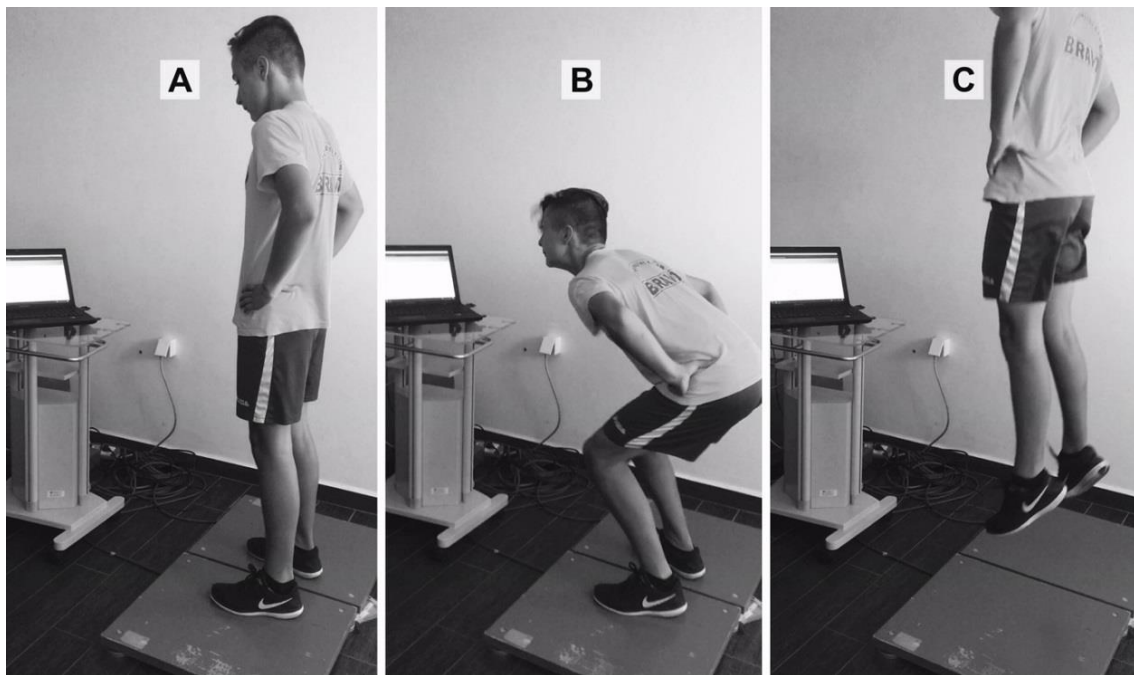


Vir: Avtorjev osebni arhiv.

5.3.3 Skok z nasprotnim gibanjem

SNG so preiskovanci izvajali na dvodelni plošči za merjenje sil na podlago (Kistler, Švica, Daq box 5695A). V dveh ponovitvah se je moral posameznik iz pokončnega položaja čim hitreje spustiti tako globoko, da je v kolnih dosegel pravi kot, in nato izvesti maksimalni navpični skok (Slika 7). V nalogi sta uporabljena parametra VS v metrih in NMS v Wattih.

Slika 7: Skok z nasprotnim gibanjem na dvodelni plošči za merjenje sil na podlago



A – začetek skoka, B – spust, C – vzlet. Vir: Avtorjev osebni arhiv.

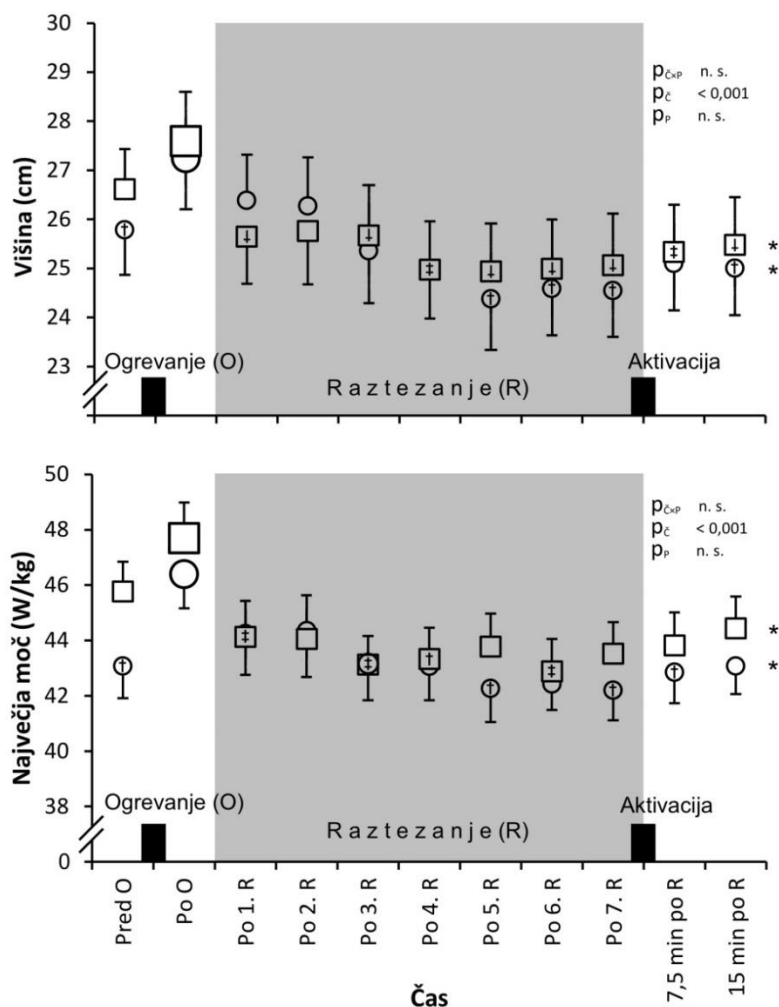
5.4 Statistična analiza

Za obdelavo podatkov je bil uporabljen program SPSS (SPSS Statistics 22, IBM, New York, ZDA). Normalnost porazdelitve podatkov je bila preverjena s pomočjo Shapiro-Wilk-ovega testa. Za potrjevanje prvih osmih hipotez je bil uporabljen t-test in enofaktorska analiza variance za ponovljene meritve (1-faktorska PM ANOVA), medtem ko je bila za 9., 10. in 11. hipotezo uporabljena 2-faktorska analiza variance za ponovljene meritve (2-faktorska PM ANOVA). Statistično značilne razlike so bile potrjene pri $p < 0,05$. Vsi podatki so poročani kot povprečja \pm standardni odkloni. V grafih je poročano povprečje \pm standardna napaka. Za merjenje vpliva ogrevanja, razteznih vaj in aktivacijskih vaj je bila izračunana tudi velikost učinka.

6 REZULTATI

Dvofaktorska PM ANOVA rezultatov SNG je pokazala, da interakcijski vpliv časa in pogoja ni statistično značilen tako za VS ($F_{5,0} = 1,31$, $p = 0,226$, $\eta^2 = 0,068$) kot tudi za NMS ($F_{3,8} = 1,71$, $p = 0,161$, $\eta^2 = 0,087$). Posebej za faktor čas so bile zaznane statistično značilne razlike za VS ($F_{5,0} = 12,63$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,412$) in za NMS ($F_{12,0} = 12,63$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,399$). Razlike so za VS in NMS statistično značilne tudi pri 1-faktorski PM ANOVA-i, in sicer tako za eksperimentalni pogoj: VS ($F_{5,3} = 8,11$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,311$) in NMS ($F_{3,0} = 6,25$, $p = 0,001$, $\eta^2 = 0,258$) kot tudi za kontrolni pogoj: VS ($F_{10,0} = 7,31$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,289$) in NMS ($F_{4,6} = 8,14$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,311$) (Slika 8).

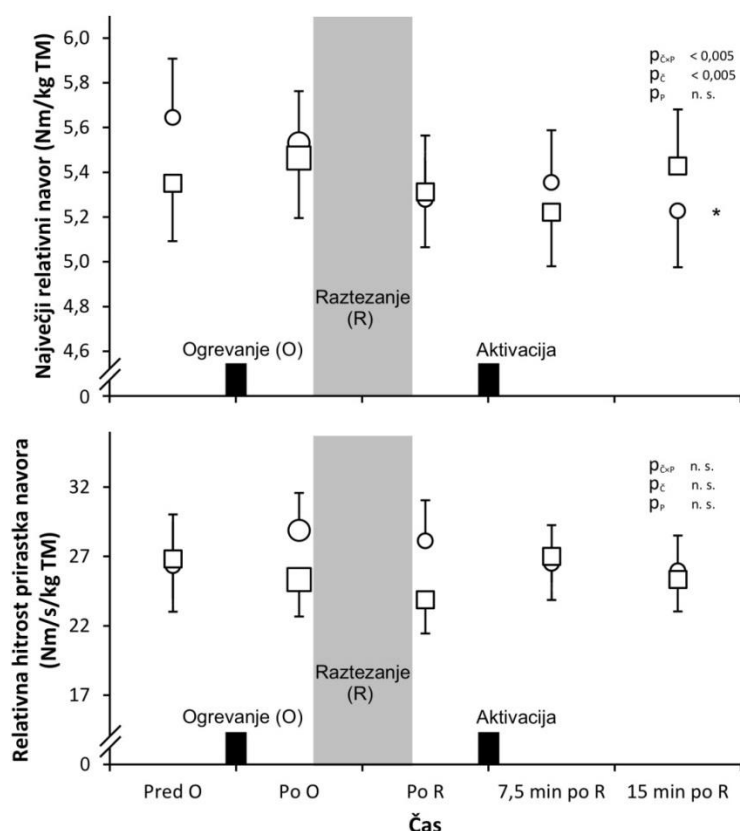
Slika 8: Rezultati skoka z nasprotnim gibanjem



o – Kontrolni pogoj, □ – eksperimentalni pogoj, ⊥ – standardna napaka, Č – čas, P – pogoj, + – statistično značilno za eksperimentalni pogoj glede na vrednost po ogrevanju pri $p < 0,05$, † – statistično značilno za kontrolni pogoj glede na vrednost po ogrevanju pri $p < 0,05$, ± – statistično značilno za kontrolni pogoj in eksperimentalni pogoj glede na vrednost po ogrevanju, * – $p < 0,05$ pri 1-faktorski PM ANOVA-i, n. s. – ni sprememb.

Dvofaktorska PM ANOVA rezultatov največje hotene eksplozivne kontrakcije primikalk kolka je pokazala, da je interakcijski vpliv časa in pogoja statistično značilen za NRN ($F_{2,4} = 2,87$, $p = 0,029$, $\eta^2 = 0,138$) in neznačilen za RHPN ($F_{4,0} = 0,64$, $p = 0,634$, $\eta^2 = 0,034$). Dvofaktorska PM ANOVA je pokazala tudi statistično značilne razlike za faktor čas pri NRN ($F_{2,6} = 3,74$, $p = 0,021$, $\eta^2 = 0,172$). Razlike so za NRN statistično značilne tudi za 1-faktorsko PM ANOVA-o, in sicer v kontrolnem pogoju ($F_{2,4} = 5,09$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,220$) (Slika 9).

Slika 9: Rezultati testov največje eksplozivne kontrakcije primikalk kolka

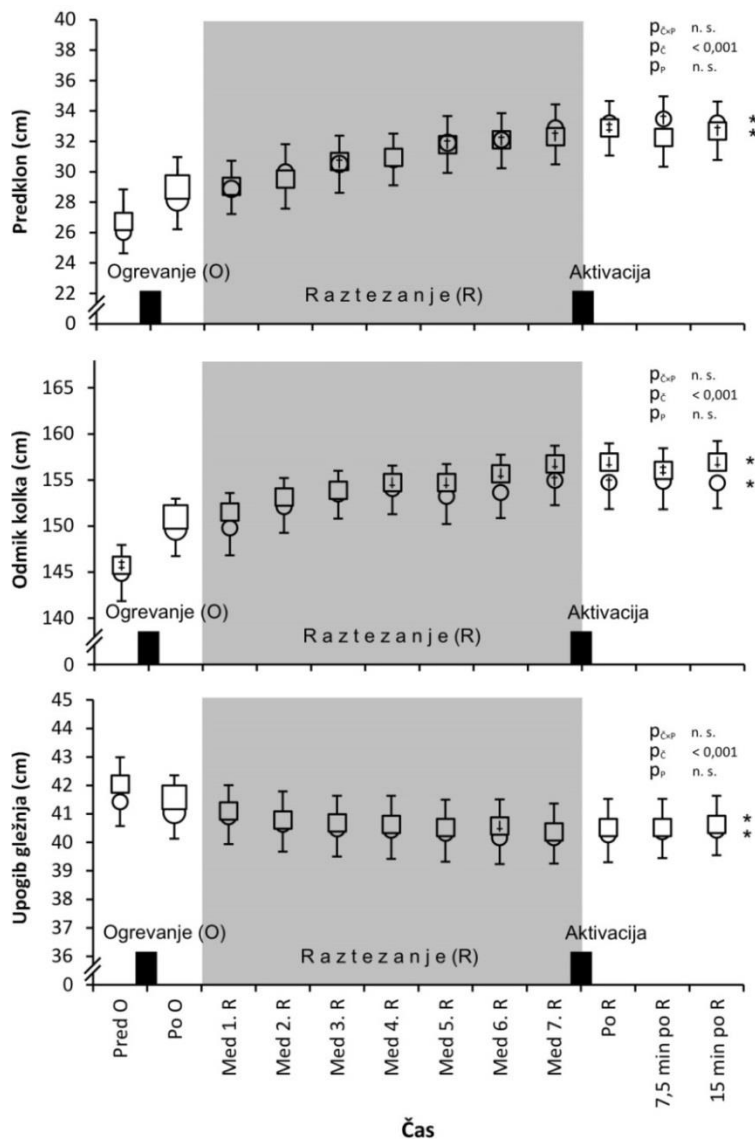


o – Kontrolni pogoj, □ – eksperimentalni pogoj, ⊥ – standardna napaka, med vrednostmi ni razlik glede na vrednost po ogrevanju, Č – čas, P – pogoj, * - $p < 0,05$ pri 1-faktorski PM ANOVA-i, n. s. – ni sprememb.

Dvofaktorska PM ANOVA rezultatov testov NOG je pokazala, da interakcijski vpliv časa in pogoja ni statistično značilen niti za predklon ($F_{3,3} = 0,79$, $p = 0,515$, $\eta^2 = 0,042$) niti za odmik kolka ($F_{5,8} = 0,47$, $p = 0,827$, $\eta^2 = 0,025$) in upogib gležnja ($F_{3,6} = 0,40$, $p = 0,956$, $\eta^2 = 0,022$). Dvofaktorska PM ANOVA posebej za faktor čas je pokazala statistično značilne razlike za vse tri opazovane spremenljivke: predklon ($F_{2,2} = 14,12$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,615$), odmik kolka ($F_{4,3} = 35,20$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,661$) in upogib gležnja ($F_{3,6} = 35,20$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,440$). Razlike so za vse tri spremenljivke statistično značilne tudi za 1-faktorsko PM ANOVA-o, in sicer tako za eksperimentalni

pogoj: predklon ($F_{2,9} = 17,71$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,496$), odmik kolka ($F_{5,1} = 17,71$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,605$) in upogib gležnja ($F_{3,5} = 12,66$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,413$) kot tudi za kontrolni pogoj: predklon ($F_{2,1} = 17,27$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,490$), odmik kolka ($F_{4,7} = 16,29$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,475$) in upogib gležnja ($F_{3,2} = 3,97$, $p = 0,011$, $\eta^2 = 0,181$).

Slika 10: Rezultati testov največjega obsega giba



○ – Kontrolni pogoj, □ – eksperimentalni pogoj, ⊥ – standardna napaka, Č – čas, P – pogoj, † – statistično značilno za kontrolni pogoj glede na vrednost po ogrevanju pri $p < 0,05$, ‡ – statistično značilno za eksperimentalni pogoj glede na vrednost po ogrevanju pri $p < 0,05$, †‡ – statistično značilno za kontrolni pogoj in eksperimentalni pogoj glede na vrednost po ogrevanju, * – $p < 0,05$ pri 1-faktorski PM ANOVA-i, n. s. – ni sprememb.

Povezave med spremembami NOG ter spremembami VS, NMS, NRN in RHPN niso bile statistično značilne ($p > 0,05$).

7 RAZPRAVA

Namen raziskave je bil ugotoviti, kakšni so učinki SR na parametre kratkotrajne mišične zmogljivost, kdaj se ti učinki pojavijo in kako dolgo trajajo. Ker smo predpostavljali, da bodo učinki SR negativni, smo želeli preveriti še, v kakšni meri jih je možno izničiti z aktivacijskimi vajami, ki imajo lahko na kratkotrajno mišično zmogljivost pozitiven vpliv. Iz rezultatov raziskave lahko ugotovimo, da so bile med ponovljenimi meritvami zaznane statistično značilne razlike za VS, NMS, NRN ter za vse tri parametre NOG (predklon, odmik kolka in upogib gležnja). Razlike niso bile potrjene le za odvisno spremenljivko RHPN.

Ogrevanje je imelo v kontrolnem pogoju statistično značilen pozitiven vpliv na VS ($p = 0,016$, $\eta^2 = 0,364$), NMS ($p = 0,001$, $\eta^2 = 0,300$) in na NOG odmika kolka ($p = 0,008$, $\eta^2 = 0,187$). V eksperimentalnem pogoju je imelo ogrevanje statistično značilen pozitiven vpliv na NOG odmika kolka ($p = 0,007$, $\eta^2 = 0,213$). Potrdimo H1.a in H1.d, medtem ko H1.b in H1.c ovržemo, kar pomeni, da delno potrdimo H1, saj je imelo ogrevanje statistično značilen pozitiven vpliv na moč in gibljivost, medtem ko na jakost ni imelo vpliva. Sedem serij SR je imelo v kontrolnem pogoju statistično značilen negativen vpliv na VS ($p = 0,016$, $\eta^2 = -0,193$), NMS ($p = 0,001$, $\eta^2 = -0,412$) in na NOG predklona ($p = 0,021$, $\eta^2 = 0,319$) ter odmika kolka ($p = 0,003$, $\eta^2 = 0,193$). V eksperimentalnem pogoju je imelo 7 serij SR statistično značilen negativen vpliv na VS ($p = 0,008$, $\eta^2 = -0,285$) in pozitiven vpliv na NOG predklona ($p = 0,035$, $\eta^2 = 0,221$) ter odmika kolka ($p < 0,001$, $\eta^2 = 0,017$). Potrdimo H2.a in H2.d ter ovržemo H2.b in H2.d, kar pomeni, da delno potrdimo H2, saj je 7 serij SR statistično značilno negativno vplivalo na moč in pozitivno na gibljivost, medtem ko vpliv na jakost ni bil zaznan. Dvofaktorska PM ANOVA ni pokazala razlik med eksperimentalnim in kontrolnim pogojem za VS ($p = 0,709$), NMS ($p = 0,180$), NRN ($p = 0,485$) in RHPN ($p = 0,342$), kar pomeni, da zavrnamo H3.a, H3.b in H3.c ter ovržemo H3. Petnajst minut po zadnjem SR je bil vpliv SR glede na vrednost po ogrevanju še vedno statistično značilen za VS v kontrolnem pogoju ($p = 0,041$, $\eta^2 = -0,268$) in v eksperimentalnem pogoju ($p = 0,009$, $\eta^2 = -0,251$). Potrdimo H4.a in ovržemo H4.b in H4.c. H4 je tako delno potrjena.

Iz predstavljenih rezultatov lahko ugotovimo, da je imelo ogrevanje pozitiven vpliv predvsem na parametre mišične moči, medtem ko na parametre eksplozivne in največje jakosti ni imelo vpliva. SR je na mišično moč vplival negativno in tudi v tem primeru ni vplival na največjo jakost in eksplozivno jakost. Negativni vpliv SR na mišično moč je trajal več kot 15 minut. Zmanjšala ga ni niti izvedba aktivacijskih vaj. Tako ogrevanje kot SR sta pozitivno vplivala na akutno povečanje gibljivosti, ki je trajalo več kot 15 minut.

Vpliv ogrevanja na mišično zmogljivost in gibljivost

Do sedaj objavljene študije kažejo na to, da je z aktivnim ogrevanjem možno pozitivno vplivati na kratkotrajno mišično zmogljivost (Bishop, 2003; Fradkin, Zazryn in Smoliga, 2010), kar potrjujejo tudi rezultati naše raziskave. VS se je v kontrolnem pogoju po 5-minutnem ogrevanju izboljšala za 6 %, medtem ko se je NMS povišala za 8 %. Ogrevanje ni imelo vpliva na NRN in RHPN primikalk kolka, kar se ujema z rezultati študije Bizzinija idr. (2013), v kateri ogrevanje prav tako ni vplivalo na največjo hoteno silo in hitrost njenega prirastka. Izpeljan je sklep, da je s kratkotrajnim aerobnim ogrevanjem možno vplivati na mišično moč in eksplozivne naloge, medtem ko na ta način ni možno izboljšati največje jakosti in eksplozivne jakosti, ki sta v nogometu povezani s pospeševanji in zaviranji.

Petminutno aktivno ogrevanje je imelo vpliv tudi na akutno povečanje gibljivosti, saj se je NOG odmika kolka povečal za 3–4 %. Sprememba bi lahko bila posledica dviga T_j (Bishop, 2003) in z ogrevanjem povezanega razklopa povezav med aktinom in miozinom (Wiegner, 1987). Ker je nogomet sestavljen tudi iz sprintov in sprememb smeri, ima lahko akutno povečanje gibljivosti pozitivne učinke na zmanjšanje tveganja za nastanek poškodb (Behm idr., 2016; Shrier, 1999; Lewis, 2014; McHugh in Cosgrave, 2010), zato je lahko že kratko aerobno ogrevanje pomembno sredstvo za zmanjševanje tveganja za poškodbe.

Vpliv raztezanja in aktivacijskih vaj na mišično zmogljivost

Posledica SR v raziskavi je bil statistično značilen upad mišične moči, medtem ko na največjo jakost in eksplozivno jakost vpliv SR ni bil zaznan. Simic idr. (2013) v meta-analizi poročajo, da SR negativno vpliva tako na mišično moč kot na jakost, zato je upad VS in NMS pričakovan, medtem ko neodzivnost spremenljivk NRN in RHPN ni pričakovana. Možen razlog bi lahko bil v tem, da je bil SR primikalk kolka izvajan v 20-sekundnih ponovitvah, med katerimi sta vsakič minili dve minuti.

Največja s SR povezana statistično značilna sprememba je bila dosežena po 5. sklopu SR v kontrolnem pogoju, ko je bila VS 11 % nižja od vrednosti po ogrevanju. Ker je višina SNG in največja moč med SNG v korelaciji s sprintom (Coelho idr., 2011; Braz idr. 2017) in s tekom s spremembo smeri (Castillo-Rodriguez, Fernandez-Garcia, Chinchilla-Minguet in Carnero, 2012) in ker SR negativno vpliva tudi na teste sprinta (Simic idr., 2013), je takšen upad v ogrevanju pred nogometnim treningom, kadar so predvidene omenjene vsebine (trening hitrosti ali eksplozivnosti), nezaželen. Prav tako so takšni učinki

nezaželeni v ogrevanju pred nogometno tekmo. Negativni učinki SR bi lahko bili nepomembni, če bi bili doseženi šele po petem 20-sekundnem SR in če bi bili kratkotrajni. SR se namreč v ogrevanju uporablja pogosto, a posamezni raztegi redko trajajo dlje od 20 sekund. Simic idr. (2013) poročajo, da so negativni učinki v korelaciji s trajanjem raztega. Rezultati raziskave kažejo, da lahko že z 20-sekundnim raztezanjem izzovemo statistično značilen 7-odstotni upad v VS, kar kaže na to, da se je v ogrevanju potrebno izogniti tudi kratkotrajnim statičnim raztegom.

Negativni učinki SR bi prav tako lahko bili nepomembni, če bi bilo ugotovljeno, da trajajo manj kot 15 minut. Do sedaj še ni bilo raziskave, ki bi spremljala trajanje negativnih učinkov SR, zaradi česar je bil omenjeni vidik vključen v to raziskavo, ki je pokazala, da negativni učinki SR lahko trajajo več kot 15 minut po zadnji seriji SR, ko je upad VS še vedno 8-odstoten. Ker SR v ogrevanju pogosto sledijo aktivacijske vaje za dosego PAP, je bilo v nalogi preverjeno še, ali je možno s temi vajami po SR zmanjšati negativni vpliv na mišično moč in jakost. Kot že omenjeno, aktivacijske vaje niso vplivale na največjo jakost. Z njimi prav tako ni bilo možno zmanjšati negativnih vplivov SR na moč, ki so tudi v eksperimentalnem pogoju ostali 8-odstotni. Povečanje gibljivosti ni imelo vpliva na parametre mišične zmogljivosti, saj povezave med spremembo NOG (predklon in odmik kolka) in spremembami VS, NMS, NRN in RHPN niso statistično značilne ($p > 0,05$), kar pomeni, da povečan NOG tudi ne more biti vzrok za negativen vpliv na mišično zmogljivost.

Vpliv raztezanja na gibljivost

Glavni cilj naloge je bil preveriti, kako SR vpliva na parametre mišične zmogljivosti. Medeiros, Cini, Sbruzzi in Lima (2016) so v meta-analizi ugotovili, da je SR v vseh vključenih študijah pozitivno vplival na NOG, kar pomeni, da je bilo spremljanje tega parametra pomembno predvsem z vidika nadzora učinkovitosti izvedbe SR. Ker je bil SR tudi v naši raziskavi učinkovit, se lahko upad v moči pripiše prav SR. Kot že omenjeno, je na NOG pozitivno vplivalo že ogrevanje. Še večji pozitiven vpliv je imel SR. Za NOG predklona je bil največji pozitiven učinek izmerjen 7,5 minut po zadnjem SR, in sicer 19 %, medtem ko je bil za NOG odmika kolka največji učinek izmerjen takoj po zadnjem SR in je znašal 4 %. Za NOG upogiba gležnja razlike razen v enem primeru, kjer je zaznano 2-odstotno povečanje, niso bile statistične značilne, saj se gibljivost v gležnju s SR ni povečevala (Slika 10 – nižja, kot je vrednost, večja je gibljivost). Ohranjanje NOG v gležnju bi lahko bila posledica oblike sklepa, ki bi lahko predstavljal omejitev, še preden bi omejitev giba lahko postala dolžina mišice in kit. V primerih NOG predklona in odmika

kolka, kjer so bili učinki SR statistično značilni, se NOG povečuje z vsakim sklopom SR. Po zadnjem SR NOG ne narašča več, a ostaja na isti ravni še najmanj 15 minut. Tudi po zadnjem SR se NOG ohranja. Raziskava tako potrjuje, da je SR učinkovito sredstvo za akutno povečevanje gibljivosti in da se učinki povečujejo z njegovim trajanjem.

8 ZAKLJUČEK

Namen raziskave je bil ugotoviti, kako ogrevanje, SR in aktivacijske vaje vplivajo na mišično zmogljivost in gibljivost in kako dolgo trajajo ti vplivi. Rezultati kažejo, da je z ogrevanjem možno izboljšati parametre moči (VS in NMS) in gibljivosti (ROM predklona in odmika kolka), medtem ko vpliv na jakost (NRN in RHPN) ni bil zaznan. SR je imel statistično značilen negativen vpliv na moč in pozitiven vpliv na gibljivost (NOG predklona in odmika kolka). Učinki SR so ostali na isti ravni še 15 minut po zadnjem sklopu SR. Pomembna ugotovitev je tudi, da je moč upadla za 7 % že takoj po prvem sklopu raztezanja. Največji upad je bil izmerjen v VS po 5. sklopu SR (11 %). SR v nobenem primeru ni imel statistično značilnega pozitivnega vpliva na parametre mišične zmogljivosti. Aktivacijske vaje, ki bi lahko predstavljale rešitev problema, niso imele vpliva na hitrost vračanja mišične moči in jakosti v stanje po ogrevanju.

Čeprav so bili v raziskavo vključeni le nogometaši iste starostne kategorije, je zaradi obdobja pospešene rasti prišlo do večjih razlik med njimi, zaradi česar nekatere nakazane razlike niso bile statistično značilne. Potencialna omejitev raziskave je tudi dolg in naporen testni protokol, ki je vključeval 22 skokov, kar bi lahko poleg SR pripomoglo k upadu zmogljivosti. Glavna prednost je bila ta, da so bili vsi preiskovanci v obeh srečanjih zelo motivirani za prikaz svojih sposobnosti, saj jim je raziskava predstavljala dokazovanje trenerjem. Pomembna prednost je tudi ta, da je bil v isti raziskavi merjen vpliv na jakost primikalk kolka, s čimer se je izognilo s testom izzvanemu vplivu na PAP glavnih mišic, ki sodelujejo pri SNG. Zmanjšanje morebitnega vpliva utrujenosti bi lahko dosegli s tem, da bi bil test SNG izveden le po vsaki drugi ponovitvi SR.

V nadaljnjem razvoju raziskave bi bilo potrebno preveriti, kdaj učinki SR dokončno izzvenijo, saj so v tej raziskavi spremljani le 15 minut in se v tem času ohranijo. Prav tako bi bilo smiselno ugotoviti, kako dolgo trajajo učinki le 20-sekundnega SR in če se trajanje učinkov podaljšuje s trajanjem SR. V nadaljnjem raziskovanju bi bilo smiselno preveriti še, kako sklopi 20-sekundnega SR vplivajo na sprint in sposobnost spremembe smeri. Ker negativni učinki lahko negativno vplivajo na športnikov rezultat na tekmi ali na optimalen nastop v vadbeni enoti in ker ne glede na aktivacijske vaje trajajo več kot 15 minut, je tako možna rešitev problema izogibanje SR v ogrevanju, kadar je v vadbeni enoti ali na tekmi cilj izvajanje eksplozivnih nalog.

9 VIRI

- ACSM. (2000). *Guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- Amiri-Khorasani, M., Abu Osman, N. A. in Yusof, A. (2011). Acute effect of static and dynamic stretching on hip dynamic range of motion during instep kicking in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1647–1652.
- Anderson, B. A. in Burke, E. R. (1991). Scientific, Medical and Practical Aspects of Stretching. *Clinics in Sports Medicine*, 10(1), 63–86.
- Arampatzis, A., Schade, F., Walsh, M. in Brüggemann, G. P. (2001). Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11, 355–364.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A. (2012). Flexibility training: Stretching techniques. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(3), 105–112.
- Bacurau, R. F., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L.F. in Aoki, M.S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, 304–308.
- Bangsbo, J. (1997). The physiology of intermittent activity in football. *Science and Football III*, 43–53.
- Barroso, R., Tricoli, V., Santos Gil, S. D., Ugrinowitsch, C. in Roschel, H. (2012). Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2432–2437.
- Beedle, B. B in Mann, C. L. (2007). A comparison of two warm-ups on joint range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 776–779.
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., t, A. D. in McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41, 1–11.
- Beltrão, N. B., Ritti-Dias, R. M., Pitangui, A. C. R. in De Araújo, R. C. (2014). Correlation between Acute and Short-Term Changes in Flexibility Using Two Stretching Techniques. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 1151–1154.
- Bishop, D. (2003). Warm up I: Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine*, 33 (6), 439–454.

- Bishop, D. in Maxwell, N. S., (2009). Effects of active warm up on thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 196–204.
- Bizzini, M., Impellizzeri, F. M., Dvorak, J., Bortolan, L., Schena, F., Modena, R. idr. (2013). Physiological and performance responses to the »Fifa 11+« (part1): is it an appropriate warm-up?, *Journal of Sport Sciences*, 31 (13), 1481–1490.
- Bompa, T. in Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bramer, W. M., Giustini, D., Kramer, B. M. R. in Anderson, P. F. (2013). The comparative recall of Google Scholar versus PubMed in identical searches for biomedical systematic reviews: a review of searches used in systematic reviews. *Systematic Review*, 2, 115.
- Braz, T. V., Nogueira, W. J., Cruz, W. A., Businar, G. B., de Ornelas, F., Brigatto, F. A. idr. (2017). Relation between different variables of vertical jumps and sprints in brazilian professional soccer players. *Journal of Exercise Physiology*, 20, 33–46.
- Buchthal, F., Kaiser, E. in Knappeis, G. G. (1944). Elasticity, viscosity and plasticity in the cross striated muscle fibre. *Acta Physiologica Scandinavica*, 8, 16–37.
- Bushman, B. (2011). *ACSM's complete guide to fitness & health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Castillo-Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L. in Carnero, E. A (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 725–732.
- Chaouachi, A., Padulo, J., Kasmi, S., Othmen, A. B., Chatra, M. In Behm, D. G. (2017). Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hipflexion range of motion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37, 23–29.
- Coelho, D. B., Coelho, L. G. M., Braga, M. L., Paolucci, A., Cabido, C. E. T., Ferreira Jr., J.B. idr. (2011). Correlation between performance of Soccer players in the 30-meters sprint test and in the vertical jump test. *Revista de Educacao Fisica*, 17, 63–70.
- Condon, S. M. in Hutton, R.S. (1987). Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Physical Therapy*, 67, 24–30.
- Duncan, M. J. in Woodfield, L. A. (2006). Acute effects of warm-up protocol on flexibility and vertical jump in children. *Journal of Exercise Physiology*, 9, 9–16.
- Esnault, M. (1988). Deux notions distinctes dans l'étirement musculaire de type Stretching: la tension passive et la tension active. *Annales Kinésithérapie*, 15, 69–70.

- Etnyre, B. L. in Lee, E. J. (1988). Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 59, 222–228.
- Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. I. in Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB Journal*. 22(2), 338–342.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M., Carey, M. F. (1996). Blunting the rise in body temperature reduces muscle glycogenolysis during exercise in humans. *Experimental Physiology*, 81(4), 685–93.
- Ferber, R., Osternig, L. In Gravelle, D. (2002). Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 12, 391–397.
- Fradkin, A. J., Zazryn, T. R. in Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1),140–148.
- Gama, Z. A. S., Medeiros, C. A. S., Dantas, A. V. R., Souza, T. O. (2007). Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais; Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13, 33–38.
- Gillete, T. M., Holland, G. J., Vincent, W. J. In Loy S. F. (1991). Relationship of body core temperature and warm-up to knee range of motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(3),126–131.
- Gray, S. R., Soderlund, K., Watson, M. in Ferguson, R. A. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *European Journal of Physiology*. 462(6), 885–93.
- Halar, E. M., DeLisa, J. A. in Brozovich, F. V. (1980). Nerve conduction velocity. Relationship of skin, subcutaneous and intramuscular temperatures. *Rehabilitation and Medicine Services*, 61(5), 199–203.
- Hedrick, A. (1992). Physiological responses to warm-up. *J Strength Cond Res*, 14, 25–27.
- Herbert, R. D., Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Archivos de Medicina del Deporte*, 21, 251–256.
- Jarmuszkiewicz, W., Woyda-Ploszczyca, A., Koziel, A., Majerczak, J. in Zoladz, J. A. (2015). Temperature controls oxidative phosphorylation and reactive oxygen species production through uncoupling in rat skeletal muscle mitochondria. *Free Radical Biology and Medicine*, 83, 12–20.

- Karvonen, J. (1992). Importance of warm up and cool down on exercise performance. V: Karvonen, J., Lemon, P. W. R., Iliev, I. *Medicine and sports training and coaching*. Basel: Karger, 190–213.
- Kay, A. D., Blazevich, A. J. (2012). Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44, 154–164.
- Lewis, J. (2014). A systematic literature review of the relationship between stretching and athletic injury prevention. *Orthopaedic Nursing*, 33(6), 312–320.
- Logan-Sprenger, H. M., Heigenhauser, G. J., Jones, G. L. in Spriet, L. L. (2012). Increase in skeletal-muscle glycogenolysis and perceived exertion with progressive dehydration during cycling in hydrated men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 220–9.
- MacIntosh, B. R., Robillard, M. E. in Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37, 546–550.
- Maddigan, M. E., Peach, A. A. in Behm, D.G. (2012). A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 1238–1244.
- Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Dyhre-Poulsen, P., McHugh, M. P. in Kjaer, M. (1996). Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 373–378.
- McHugh, M. P. in Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 169–181.
- Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G. in Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practice: An International Journal of Physical Therapy*, 32(6), 438–445.
- Morse, C. I., Degens, H., Seynnes, O. R., Maganaris, C. N. in Jones, A.J. (2008). The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *Journal of Physiology*, 586, 97–106.
- Murphy, D. R. (1994). Dynamic Range of Motion Training: An Alternative to Static Stretching. *Chiropractic Sports Medicine*, 8(2), 59–66.
- Nelson, R. T., Bandy, W. D. (2005). An update on flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 10–16.
- O’Hora, J., Cartwright, A., Wade, C. D., Hough, A. D. in Shum, G. L. (2011). Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on

- hamstrings length after a single session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1586–1591.
- O'Sullivan, K., Murray, E. In Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10, 37–46.
- Paradisis, G. P., Pappas, P. T., Theodorou, A. S., Zacharogiannis, E. G., Skordilis, E. K. in Smirniotou, A.S. (2014). Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 154–160.
- Perrier, E. T., Pavol, M. J. In Hoffman, M. A. (2011). The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1925–1931.
- Sale, D.G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 30, 3, 138–143.
- Saltin, B., Gagge, A. P. in Stolwijk, J. A. J. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 25, 679–88.
- Samadzadeh, G. R., Rigi, T. in Ganjali, A., R. (2013). Comparison of Four Search Engines and their efficacy With Emphasis on Literature Research in Addiction (Prevention and Treatment). *International Journal of High Risk Behaviors and Addiction*, 1(4), 166–171.
- Samuel, M. N., Holcomb, W. R., Guadagnoli, M. A., Rubley, M. D. In Wallmann, H. (2008). Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1422–1428.
- Sekir, U., Arabaci, R., Akova, B. In Kadagan, S. M. (2010). Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scandinavian Journal of Science and Medicine in Sports*, 20, 268–281.
- Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: A critical review of the clinical and basic science literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(4), 221–227.
- Simic, L., Sarabon, N., Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Science and Medicine in Sports*, 23, 131–148.
- Tillin, N. A. in Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39, 147–166.

- Tober, M. (2011). PubMed, ScienceDirect, Scopus or Google Scholar – Which is the best search engine for an effective literature research in laser medicine? *Medical Laser Application*, 26(3), 139–144.
- Trajano, G. S., Seitz, L. B., Nosaka, K. in Blazeovich, A. J. (2014). Can passive stretch inhibit motoneuron facilitation in the human plantar flexors? *Journal of Applied Physiology*, 117(12), 1486–1492.
- Trajano, G. S., Seitz, L., Nosaka, K. in Blazeovich, A. J. (2013). Contribution of central vs. peripheral factors to the force loss induced by passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 115, 212–218.
- Weldon, S. M., Hill, R. H. (2003). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: A systematic review of the literature. *Manual Therapy*, 8(3), 141–150.
- Wiegner, A. W. (1987). Mechanism of thixotropic behaviour at relaxed joints in the rat. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1615–21.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C. idr. (2013). Metaanalysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859.
- Wright, V. (1973). Stiffness: a review of it's measurement and physiological importance. *Physiotherapy*, 59, 59–111.
- Wright, V. in Johns, R. J. (1961). Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue disease. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 20, 36–46.