



Znanstveno-raziskovalno središče Koper
Garibaldijeva 1, 6000 Koper

AKUTNI UČINKI KOGNITIVNEGA TRENINGA NA KORTIKOSPINALO IN MIŠIČNO AKTIVACIJO

Končno raziskovalno poročilo

Armin Paravlič^{1,2}

¹ *Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, Slovenija*

² *Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana, Slovenija*

Koper, 20.12.2021

UVOD

Izkoristek maksimalne mišične moči je ključnega pomena v številnih športih. To še posebej velja za anaerobne in pivotne športe, kjer je maksimalna mišična moč eden izmed glavnih napovednikov športnega dosežka, kot so sprinterske discipline v plavanju, smučanju in atletiki, skoki v daljino in višino ter nogomet, košarka in rokomet. Številne raziskave so pokazale, da je mogoče z učinkom postaktivacijske potenciacije (PAP) povečati mišično moč in posledično izboljšati tekmovalno zmogljivost. Znanstveniki in trenerji za doseganje PAP uporabljajo več različnih metod ¹. Danes je vse bolj zanimiva metoda kompresije tkiva, ki vključuje zavijanje debelega elastičnega traku okoli sklepa ali mišice, kar povzroči delno zmanjšan pretok krvi ². V praksi se uporabljajo različni protokoli kompresije, kateri se razlikujejo po času trajanja aplikacije elastičnega traku, lokacije, pritiska, ki ga kompresijski trak ustvari na tkivo, ter načina vadbe v času trajanja aplikacije (pasivna ali aktivna aplikacija) ^{2,3}. Mehanizmi, ki vključujejo kompresijo z uporabo elastičnega traku, bi naj bili podobni mehanizmu ishemične kondicijske vadbe ali vadbe z omejevanjem pretoka krvi, pri čemer lahko reperfuzija na območju okluzije povzroči povečan odziv rastnega hormona in ketoholaminov, povečano mišično silo in kontraktilnost ter izboljšano učinkovitost sklopa ekscitacija-kontraktura v mišicah ^{2,3}.

Protokoli PAP morajo upoštevati načelo optimalnega doziranja predpisanega protokola vadbe, da se doseže točka, kjer se živčno-mišični sistem potencira in ne utruje ¹. V glavnem obstajata dva predlagana mehanizma PAP. Prvi povzroči povečanje sile vsakega zaporednega krčenja s pomočjo fosforilacije lahkih regulacijskih miozinskih verig. Drugi povzroči povečanje post-sinaptičnih potencialov in sposobnosti ustvarjanja sile vključenih mišičnih skupin z vključitvijo vaj za razvoj maksimalne moči pred vajami pliometrije ⁴. Dosedanje raziskave so pokazale pozitivne učinke PAP na kontraktilne lastnosti mišic in na obseg nevronske aktivacije ⁵. Iz tega je možno sklepati, da je najpomembnejša značilnost mišic, ki vpliva na magnitudo PAP, tip mišičnih vlaken. Največji potencial imajo mišice z večjim deležem vlaken tipa II, torej mišice s krajšim časom krčenja ^{6,7}.

Za ocenjevanje kontraktilnih lastnosti posameznih skeletnih mišic je bila, kot neinvazivna metoda, v zgodnjih 90. letih ovrednotena tenziomiografija (TMG)^{8,9}. Iz odziva TMG lahko zaznamo več parametrov mišičnega krčenja, vendar so Paravlič, Zubac in Šimunič (2017) ugotovili, da sta se za najbolj zanesljivi in klinično pomembni izkazala čas krčenja (Tc) in največji mišični odmik (Dm). TMG se v zadnjih letih uporablja za merjenje mišičnih prilagoditev po neaktivnosti, treningih in različnih rehabilitacijskih protokolih ⁹.

Pred kratkim so Vogrin in sodelavci ¹⁰ uporabili TMG za oceno učinkov različnih stopenj pritiska, ki se uporabljajo aplikacijo elastičnega traku okoli zgornjega dela stegna na kontraktilne lastnosti mišic. Avtorji so uporabili nizke in visoke pritiskne flosinga, medtem ko so izvajali 3 serije po 2 min z aktivnim gibanjem, čemur je sledilo 2 min počitka med serijami. Avtorji so ugotovili zmanjšanje časa kontrakcije mišice rectus femoris, čemur je sledilo izboljšanje največje hotene izometrične moči mišic iztegovalk kolena, kar kaže na živčno-mišično potenciranje 5 in 30 minut po flosingu. Po drugi strani so Konrad in

sodelavci¹¹ ugotovili akutno povečanje največje hotene izometrične moči, vendar niso opazili pomembnega učinka na eksplozivno moč spodnjih okončin po enkratnem 2-minutnem flosingu stegenske mišice. Zato bi lahko domnevali, da dražljaj, ki so ga zagotovili v študiji Konrad in sodelavci¹¹, ni bil primeren za induciranje pozitivnih učinkov na vrednosti eksplozivne moči spodnjih okončin.

Na splošno je bilo ugotovljeno, da so učinki PAP odvisni od obdobja počitka med koncem kondicijskega stimulusa in izvajanjem naloge¹. Ne glede na ostale moderatorje PAP učinkov, ugotovljeno je bilo, da so kratke pavze (3-7 minut) in zmerne pavze (7-10 min) najučinkovitejša za izboljšanje učinkovitosti PAP metod po pred-kondicijski vadbi¹, zato se zdi, da so pravočasne meritve po stimulusu ključnega pomena za oceno in optimizacijo učinkov PAP. Prejšnje študije ki su preverjale učinke elastičnega traku so izvedle naknadno merjenje takoj po in po 5 minutah¹⁰; po samo 5 minutah¹¹ ali po 5, 15, 30 in 45 minutah³. Vendar pa lahko izvajanje različnih baterij testov v tistem času, vključno z obsegom gibanja, lastnostmi kontraktilnih mišic, največjo prostovoljno močjo in močjo mišic spodnjih okončin, vpliva na nadaljnje rezultate in prepoznavanje optimalnega okna za izboljšanje učinkovitosti aktivnosti po pred-aktivacijski vadbi. Študije so pokazale, da je hitro okrevanje sile pri mišičnem krčenju po 2 minutah popolne ishemije odvisno od razpoložljivosti kisika, medtem ko se zdi, da 30-sekundna reperfuzija krvi zadostuje za povrnitev mišične sile na začetno raven¹². Zato bi bilo za športnike zanimivo pridobiti več informacij o akutnih živčno-mišičnih funkcionalnih spremembah po aplikaciji elastičnega traku v odvisnosti od časa merjenja oz. s pomočjo merjenja več zaporednih časovnih točk od takoj po do 15 minut po flosingu.

METODE

Preiskovanci

V raziskavo je bilo vključeno 18 (10 moških, 8 žensk) rekreativnih športnikov, med 20 in 30 let starosti. Preiskovanci su rekrutirani po etični odobritvi komisije Fakultete za šport. Da bi bili sprejeti v raziskavo, preiskovanci so morali biti zdravi, brez poškodb spodnjih okončin, vsaj 6 mesecev pred meritvami. Predlagana študija je izvedena v več fazah, vključno s poskusi seznanitve in glavnim delom zbiranja podatkov. Zaradi manjšega obsega finančnih sredstev in zagotavljanja raziskovalne opreme, projekt nismo mogli izpeljati v celoti, ter bomo predstavili le podatke v manjšemu obsegu in ne kot je to bilo prvotno predvideno. Zbiranje podatkov je bilo izvedeno dvakrat. Po seznanitvi s potekom raziskave so bili vsi preiskovanci naključno razporejeni bodisi v kontrolno skupino (KON – aplikacija traku manj kot 30 mmHg - placebo) ali eksperimentalno (FLOS – dejanska aplikacija elastičnega traku). Uporabili smo uravnotežen navzkrižni raziskovalni načrt (ang. counterbalanced crossover randomized trial), kjer so vsi preiskovanci naključno razporejeni v oba raziskovalna pogoja oz. KON in FLOS.

Pripomočki

Telesna sestava je bila izmerjena z bioimpedančno metodo (Biospace InBody 720, Korea), telesna višina

z višinomerom, dolžina in obseg stegna z merilnim trakom. Ogrevalni protokol je bil izveden na kolesarskem ergometru (Schiller CH-6340 BAAR, Švica), kjer smo standardizirali protokol ogrevanja vsakemu posamezniku in uporabili obremenitev 1W/kg telesne teže posameznika. Višina skoka z nasprotnim gibanjem (CMJ) je izmerjena s pomočjo tenziometrične plošče (Kistler, Švica). Kompresija se je izvedla s pomočjo elastičnega traku (Sanctband CompreFloss Flossband). Med kompresijo se je merili tudi pritisk pod trakom (PicoPress, Microlab, Italija). Za ugotavljanje kontraktilnih lastnosti mišic smo uporabili metodo TMG (TMG-BMC, Ljubljana, Slovenija), med meritvami so preiskovanci ležali na masažni mizi in pod kolenoma imeli blazino, da bo noga rahlo pokrčena v kotu 30 stopinj fleksije in sproščena.

Postopek

Ob prihodu preiskovancev smo izmerili telesno sestavo in telesno višino. Nato so se merjenci ulegli na masažno mizo za 15 minut, med ležanjem pa smo izmerili še dolžino in obseg stegna ter kožno gubo na mišicah vastus lateralis (VL) in vastus medialis (VM), na lokacij, kjer smo merili mišični odziv s pomočjo TMG metode. Po ležanju je sledila prva meritev TMG. Za tem so preiskovanci začeli s protokolom ogrevanja, ki je bil sestavljen iz splošnega ogrevanja (5 minut kolesarjenja na cikloergometru) in dinamičnih razteznih vaj, ki trajajo približno 3 minute. Nato so sledili 3 skoki z nasprotnim gibanjem (vsakih 20 sekund) in dve seriji od po 10 poskokov (iz gležnjev, čim krajši kontaktni čas in čim višji skok) s pavzo od 30 sekund med serijami. Sledil je 2 minuti pavze, nato smo pričeli z ovijanjem elastičnega traku na nogi. Trak namestimo v smeri distalno - proksimalno, začnemo nad zgornjim robom pogačice, trak se prekriva približno 50%. Na sredino smo namestili napravo, ki meri pritisk pod trakom. Ko smo končali z zavijanjem traku, je preiskovanec začel izvajati globoke počepi (2 sekundi ekscentrično in 2 sekundi koncentrično). Preiskovanec je naredil 10 počepov in 15 iztegov kolena brez dodatne teže, sede na masažni mizi. Nato je sledilo 2 minuti pavze. Enak postopek je ponovil še dvakrat. Po treh serijah se je ulegel na masažno mizo in smo začeli z meritvami TMG in CMJ. VL in VM mišice smo merili takoj po koncu kompresije, po 3, 6, 9, 12 in 15 minutah.

Statistika

Vsi podatki so navedeni s povprečnimi vrednostmi in vrednostmi standardnega odklona. Najprej smo preverili in normalnost in homogenost porazdelitve podatkov v obeh skupinah. Ker niso bile kršene, smo vse statistične odločitve izvedli z ANOVE s ponovljenimi merjenji, kjer smo mišice (VL in VM) ter čas (PRE-FLOS and POST-FLOS 0.5, POST- FLOS+3, POST- FLOS+6, POST- FLOS+9, POST-FLOS+12, POST- FLOS+15) uporabili kot »faktor znotraj posameznikov«, dokler je skupina (EXP vs. CON) uporabljena kot »faktor med posamezniki«. Vse odločitve smo sprejemali pri stopnji tveganja 0,05. V primeru statističnih razlik, smo poročali tudi velikost efekta kot Hedgeov d (ES).

REZULTATI

Primerjava uporabljenega pritiska in subjektivnih ocen zaznanega napora-bolečine med postopkom uporabe flossinga

Krvni pritisk med uporabo flossinga se med skupinami bistveno razlikoval ($p < 0,001$, velik ES=5,9; FLOS=95±17,4 mmHg proti CON=18,9±3,5 mmHg).

Pokazal se je glavni učinek časa ($p < 0,001$; $\eta^2=0,860$) in interakcije čas*skupina ($p < 0,001$; $\eta^2=0,589$) na subjektivno oceno bolečine udeležencev med flossingom stegna. Post-hoc analiza je pokazala, da je eksperimentalna skupina v primerjavi s kontrolno skupino svojo zaznano bolečino ocenila bistveno višje (FLOS vs. CON; 5,6±1,5 proti 1,9±1,2 v povprečju) po vsaki seriji aplikacije flossinga: po prvi seriji ($p < 0,001$, velik ES=2,84), po drugi seriji ($p < 0,001$, velik ES=2,78) in tretji seriji ($p < 0,001$, velik ES=2,23).

Učinki mišičnega flossinga na TMG in CMJ spremenljivke

Glavni učinek na mišice je bil za vse ocenjene spremenljivke TMG, kot sledi (tabela 1): Td ($p=0,001$; $\eta^2=0,392$), Tc ($p < 0,001$; $\eta^2=0,625$), Ts ($p < 0,001$; $\eta^2=0,923$), Tr ($p < 0,001$; $\eta^2=0,803$), Dm ($p < 0,001$; $\eta^2=0,593$) in Vc ($p < 0,001$; $\eta^2=0,448$). Časovni učinek je bil zaznan za Td ($p < 0,001$; $\eta^2=0,340$), Tc ($p < 0,001$; $\eta^2=0,293$), Dm ($p < 0,001$; $\eta^2=0,189$) in Vc ($p < 0,001$; $\eta^2=0,237$). Nadalje je pomembna interakcija mišic*čas pokazala le težnjo po značilnosti za Tc ($p=0,066$; $\eta^2=0,060$).

Post-hoc analiza je pokazala, da so bili parametri TMG negativno spremenjeni od PRE-FLOS do skoraj vseh merilnih točk POST-FLOS (tabela 2, tabela 3).

Glede na parametre CMJ, razen za vzletno hitrost, je bil za vse ostale spremenljivke ugotovljen glavni učinek časa, in sicer: višina CMJ ($p < 0,001$; $\eta^2=0,293$) in povprečna moč ($p < 0,001$; $\eta^2=0,273$). Poleg tega interakcije časovne*skupine niso bile ugotovljene (dodatno gradivo; tabela 3).

Post-hoc analiza je pokazala, da so bili z izjemo vzletne hitrosti vsi drugi parametri CMJ negativno spremenjeni iz PRE-FLOS v POST (vsi $p < 0,001$), ne glede na to, v katero skupino so bili preiskovanci razporejeni (tabela 4 in tabela 5).

Tabela 1. Glavni učinki mišičnega flossinga na spremenljivke TMG, kjer so mišice (VL in VM) ter čas (PRE-FLOS and POST-FLOS 0.5, POST-FLOS+3, POST-FLOS+6, POST-FLOS+9, POST-FLOS+12, POST-FLOS+15) uporabljeni kot »faktor znotraj posameznikov«.

Spremenljivke	Glavni učinki		Interakcije		
	Mišica	Čas	Čas*Skupina	Čas*Mišica	Mišica*Skupina
	F value; p value; [η^2]	F value; p value; [η^2]	F value; p value; [η^2]	F value; p value; [η^2]	F value; p value; [η^2]
Td (ms)	23.225; 0.001; [0.392]	18.547; <0.001; [0.340]	1.116; 0.354; [0.030]	0.374; 0.895; [0.010]	0.055; 0.816; [0.002]
Tc (ms)	60.110; <0.001; [0.625]	14.899; <0.001; [0.293]	0.872; 0.459; [0.024]	2.278; 0.066 [0.060]	0.050; 0.825 [0.001]
Ts (ms)	433.913; <0.001; [0.923]	1.694; 0.161; [0.045]	0.321; 0.848; [0.009]	0.1362; 0.257; [0.036]	0.157; 0.694; [0.004]
Tr (ms)	145.963; <0.001; [0.803]	1.931; 0.096; [0.051]	0.815; 0.534; [0.022]	1.483; 0.202; [0.040]	0.462; 0.501; [0.013]
Dm (mm)	52.446; <0.001; [0.593]	8.365; <0.001; [0.189]	1.018; 0.398; [0.027]	1.366; 0.254; [0.037]	1.255; 0.270; [0.034]
Vc (mm/ms)	29.200; <0.001; [0.448]	11.180; <0.001; [0.237]	0.933; 0.438; [0.025]	1.591; 0.189; [0.042]	1.387; 0.247; [0.037]

TMG – Tenziomiografija; Td – čas zakasnitve; Tc – čas krčenja; Ts – čas vzdrževanja mišičnega odmika; Tr – polovični čas sproščanja mišice; Dm – mišični odmik; Vc – hitrost krčenja; **Odebeljene črke** – značilni učinki ($p < 0.05$);

Tabela 2. Primerjava vseh meritev PO (0,5, 3, 6, 9, 12 in 15 minut) z vrednostmi PRED flossingom. Podatki so predstavljeni kot razlika v vrednostih z velikostjo učinkov za primerjavo med poskusno in kontrolno skupino

	POST- FLOS + 0.5	POST- FLOS + 3	POST- FLOS + 6	POST- FLOS + 9	POST- FLOS + 12	POST- FLOS + 15
	Δ FLOSS – Δ CON	Δ FLOSS – Δ CON	Δ FLOSS – Δ CON	Δ FLOSS – Δ CON	Δ FLOSS – Δ CON	Δ FLOSS – Δ CON
VASTUS LATERALIS						
Čas zakasnitve (ms)	0.08 <i>trivialen 0.14 (-0.48-0.76)</i>	0.26 <i>majhen 0.39 (-0.25-1.01)</i>	0.19 <i>majhen 0.27 (-0.35-0.90)</i>	-0.04 <i>trivialen -0.05 (-0.67-trivialen 0.02 (-0.60-trivialen -0.02 (-0.64-</i>	0.01 <i>trivialen 0.02 (-0.60-trivialen -0.02 (-0.64-</i>	-0.01 <i>trivialen -0.02 (-0.64-</i>
Čas krčenja (ms)	0.10 <i>trivialen 0.13 (-0.50-0.75)</i>	0.35 <i>zmeren 0.51 (-0.13-1.14)</i>	0.09 <i>trivialen 0.16 (-0.46-0.78)</i>	0.21 <i>majhen 0.40 (-0.24-1.02)</i>	0.31 <i>majhen 0.49 (-0.15-1.12)</i>	0.17 <i>majhen 0.25 (-0.38-0.87)</i>
Čas vzdrževanja mišičnega odmika (ms)	13.03 <i>majhen -0.42 (-1.04-0.22)</i>	-8.04 <i>majhen -0.37 (-0.99-0.26)</i>	1.20 <i>trivialen 0.13 (-0.50-0.75)</i>	5.03 <i>zmeren 0.62 (-0.02-1.26)</i>	4.45 <i>majhen 0.41 (-0.22-1.04)</i>	-0.98 <i>trivialen -0.10 (-0.72-</i>
Polovični čas sproščanja mišice (ms)	-13.07 <i>majhen -0.42 (-1.05-0.21)</i>	-8.41 <i>majhen -0.40 (-1.02-0.23)</i>	1.11 <i>trivialen 0.13 (-0.49-0.75)</i>	4.54 <i>zmeren 0.58 (-0.06-1.22)</i>	3.89 <i>majhen 0.38 (-0.25-1.01)</i>	-1.25 <i>trivialen -0.14 (-0.76-</i>
Mišični odmik (mm)	0.06 <i>trivialen 0.09 (-0.53-0.72)</i>	-0.39 <i>majhen -0.46 (-1.09-0.18)</i>	-0.30 <i>majhen -0.30 (-0.92-0.33)</i>	-0.40 <i>majhen -0.40 (-1.02-0.24)</i>	-0.26 <i>majhen -0.22 (-0.84-majhen -0.23 (-0.85-0.40)</i>	-0.25 <i>majhen -0.23 (-0.85-0.40)</i>
Hitrost krčenja (mm/ms)	0.00 <i>trivialen -0.10 (-0.72-zmeren -0.58 (-1.22-0.06)</i>	-0.01 <i>majhen -0.40 (-1.03-0.23)</i>	-0.01 <i>majhen -0.40 (-1.03-0.23)</i>	-0.01 <i>majhen -0.47 (-1.10-0.16)</i>	-0.01 <i>majhen -0.25 (-0.88-majhen -0.25 (-0.88-0.37)</i>	-0.01 <i>majhen -0.25 (-0.88-0.37)</i>
VASTUS MEDIALIS						
Čas zakasnitve (ms)	0.12 <i>trivialen 0.17 (-0.45-0.79)</i>	-0.29 <i>zmeren -0.59 (-1.22-0.05)</i>	-0.05 <i>trivialen -0.09 (-0.72-majhen -0.42 (-1.05-0.21)</i>	-0.27 <i>majhen -0.29 (-0.92-zmeren -0.76 (-1.40-0.11)</i>	-0.22 <i>zmeren -0.76 (-1.40-0.11)</i>	-0.40 <i>zmeren -0.76 (-1.40-0.11)</i>
Čas krčenja (ms)	0.31 <i>majhen 0.34 (-0.29-0.97)</i>	0.56 <i>zmeren 0.69 (0.04- 1.33)</i>	0.42 <i>zmeren 0.53 (-0.11-1.16)</i>	0.18 <i>trivialen 0.19 (-0.44-0.81)</i>	0.29 <i>majhen 0.32 (-0.31-0.95)</i>	0.02 <i>trivialen 0.02 (-0.60-0.65)</i>
Čas vzdrževanja mišičnega odmika (ms)	11.99 <i>majhen 0.24 (-0.39-0.86)</i>	3.31 <i>trivialen 0.06 (-0.57-0.68)</i>	-9.11 <i>trivialen -0.14 (-0.76-trivialen -0.09 (-0.71-trivialen 0.05 (-0.57-majhen -0.26 (-0.88-0.37)</i>	-5.75 <i>trivialen -0.14 (-0.76-trivialen -0.09 (-0.71-trivialen 0.05 (-0.57-majhen -0.26 (-0.88-0.37)</i>	2.32 <i>trivialen 0.05 (-0.57-majhen -0.26 (-0.88-0.37)</i>	-15.64 <i>trivialen 0.05 (-0.57-majhen -0.26 (-0.88-0.37)</i>
Polovični čas sproščanja mišice (ms)	18.94 <i>majhen 0.28 (-0.34-0.91)</i>	-22.27 <i>majhen -0.26 (-0.89-0.36)</i>	-15.93 <i>majhen -0.21 (-0.83-0.41)</i>	-15.55 <i>majhen -0.20 (-0.82-0.42)</i>	0.95 <i>trivialen 0.01 (-0.61-majhen 0.26 (-0.37-0.88)</i>	18.12 <i>trivialen 0.01 (-0.61-majhen 0.26 (-0.37-0.88)</i>



Mišični odmik (mm)	-0.02	-0.14	-0.03	-0.25	-0.28	-0.53		
	<i>trivialen</i>	<i>-0.02 (-0.65-trivialen</i>	<i>-0.17 (-0.79-trivialen</i>	<i>-0.03 (-0.66-majhen</i>	<i>-0.25 (-0.87-0.38) majhen</i>	<i>-0.26 (-0.88-zmeren</i>	<i>-0.55 (-1.18-0.09)</i>	
Hitrost krčenja (mm/ms)	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01		
	<i>trivialen</i>	<i>-0.10 (-0.72-majhen</i>	<i>-0.34 (-0.96-0.29) trivialen</i>	<i>-0.12 (-0.74-majhen</i>	<i>0-0.31 (-0.93-majhen</i>	<i>-0.27 (-0.89-majhen</i>	<i>-0.47 (-1.10-0.17)</i>	
SPREMENJLJIVKE CMJ								
CMJ višina (cm)	-0.34	-0.60	0.33	-0.47	0.09	0.44		
	<i>majhen</i>	<i>-0.21 (-0.84-0.41) majhen</i>	<i>-0.46 (-1.09-0.18) trivialen</i>	<i>0.18 (-0.45-0.80) majhen</i>	<i>-0.23 (-0.86-0.39) trivialen</i>	<i>0.04 (-0.58-majhen</i>	<i>0.28 (-0.35-0.90)</i>	
Hitrost odskoka (m/s)	-0.26	-0.27	-0.24	-0.27	-0.25	-0.23		
	<i>majhen</i>	<i>-0.33 (-0.96-0.30) majhen</i>	<i>-0.35 (-0.97-0.28) samll</i>	<i>-0.30 (-0.93-0.33) majhen</i>	<i>-0.34 (-0.96-0.29) majhen</i>	<i>-0.31 (-0.94-majhen</i>	<i>-0.29 (-0.91-0.34)</i>	
Povprečna moč pri skoku (W)	-15.03	-38.07	-7.73	-24.24	-18.78	41.76		
	<i>majhen</i>	<i>-0.20 (-0.82-0.43) majhen</i>	<i>-0.46 (-1.09-0.17) trivialen</i>	<i>-0.09 (-0.71-majhen</i>	<i>-0.30 (-0.92-0.33) majhen</i>	<i>-0.22 (-0.84-majhen</i>	<i>0.34 (-0.29-0.97)</i>	

CMJ – skok z nasprotnim gibanjem; FLOS – eksperimentalna skupina; CON – kontrolna skupina

Tabela 3. Primerjava sociodemografskih, antropometričnih in parametrov, povezanih z zmogljivostjo, med skupino slabših in boljših skakalcev

Spremenljivke	Slabši skakalci	Boljši skakalci	t value	p value	ES	CI-II	CI-ul
	Mean ± SD	Mean ± SD					
Socio-demografske značilnosti							
Starost	22 ± 1.6	24.2 ± 3.2	-1.96	0.067	NA		
Izkušnje v treningu (leta)	8.8 ± 3.1	10.3 ± 5.4	-0.77	0.452	NA		
Spol	2/8	0/9					
BODY COMPOSITION							
Telesna masa (kg)	65.5 ± 13.6	78.5 ± 12	-2.199	0.042	-0.96	-1.87	-0.03
Telesna višina (cm)	169.7 ± 8.1	179.9 ± 6.6	-2.986	0.008	-1.31	-2.26	-0.33
Indeks telesne mase (kg·m ⁻²)	22.6 ± 3.1	24.2 ± 2.8	-1.155	0.264			
Delež maščobne mase (%)	18.8 ± 4.9	8.3 ± 3.3	5.458	<0.001	2.4	1.2	3.55
Mišična masa (kg)	29.9 ± 6.4	41.9 ± 6.9	-3.932	0.001	-1.73	-2.74	-0.67
Obseg stegna (cm)	49.3 ± 4.7	51.9 ± 4.5	-1.247	0.229	NA		
VASTUS LATERALIS							
Čas zakasnitve (ms)	21 ± 1.3	21.3 ± 1.6	-0.362	0.722	NA		
Čas krčenja (ms)	19.8 ± 2.8	20.6 ± 0.8	-0.83	0.418	NA		
Čas vzdrževanja mišičnega odmika (ms)	49.5 ± 37.2	34.7 ± 3.5	1.182	0.254	NA		
Polovični čas sproščanja mišice (ms)	27 ± 35	12.5 ± 2.6	1.237	0.233	NA		
Mišični odmik (mm)	5.2 ± 1.0	4.7 ± 0.9	0.959	0.351	NA		
Hitrost krčenja (mm/ms)	0.13 ± 0.02	0.11 ± 0.02	1.430	0.171	NA		
MHC I (%)	31.8 ± 49.3	16.5 ± 7.2	0.921	0.37	NA		
VASTUS MEDIALIS							
Čas zakasnitve (ms)	22.1 ± 1	22.3 ± 1	-0.312	0.759	NA		

Čas krčenja (ms)	23.4 ± 2.9	23.7 ± 2.9	-0.215	0.832	NA		
Čas vzdrževanja mišičnega odmika (ms)	224.7 ± 81.3	258.4 ± 35.6	-1.145	0.268	NA		
Polovični čas sproščanja mišice (ms)	64 ± 46.9	84.6 ± 64.5	-0.8	0.435	NA		
Mišični odmik (mm)	8.0 ± 2.0	7.5 ± 1.1	0.739	0.47	NA		
Hitrost krčenja (mm/ms)	0.18 ± 0.05	0.16 ± 0.03	0.775	0.449	NA		
SPREMENJLJIVKE CMJ							
CMJ višina (cm)	32.5 ± 2.6	44.4 ± 7.4	-5.13	<0.001	-2.25	-3.37	-1.09
Hitrost odskoka (m/s)	3.0 ± 1.5	2.9 ± 0.2	-5.325	<0.001	-2.34	-3.48	-1.16
Povprečna moč pri skoku (W)	1642 ± 428.7	2487.2 ± 450.8	-3.81	0.001	-1.67	-2.68	-0.63

CMJ – skok z nasprotnim gibanjem; CI-ll – spodnja meja intervala zaupanja; CI-ul – zgornja meja intervala zaupanja; MHC I (%) – delež počasnih mišičnih vlaken v procentih

DISKUSIJA

Ta študija je bila izvedena predvsem za raziskovanje učinkov uporabe flossinga okoli stegenskih mišic na živčno-mišično delovanje z uporabo TMG in CMJ. Po drugi strani smo želeli raziskati, ali bi sama rutina ogrevanja in flossinga lahko povzročila različen odziv v mišicah VM in VL in tako neposredno primerjali živčno-mišični odziv istih vzdražnih dražljajev na mišicah z različno vsebnostjo MHC.

Rezultati študije kažejo, da: (i) uporaba flossinga okoli stegenskih mišic ni pokazala razlike v parametrih živčno-mišične funkcije v primerjavi s kontrolno skupino; in (ii) ni bilo razlike v spremembah parametrov TMG po ogrevanju in/ali flossinga stegna, ko sta bili mišici VL in VM obravnavani neodvisno.

V primerjavi z znanimi izboljšavami atletske uspešnosti po različnih ogrevalnih rutinah¹³ so učinki uporabe flossinga dvoumni^{2,11,14}. Po najboljšem vedenju avtorjev so štiri študije raziskale učinke flossinga na mišično moč spodnjih okončin z uporabo ocene CMJ^{3,11,15} medtem ko sta le dve študiji izmerili lastnosti kontraktilnih mišic s TMG^{10,16}. Ugotovili smo pomembne negativne spremembe v vseh ocenjenih parametrih TMG, ki so bile povezane z znatno zmanjšano zmogljivostjo CMJ takoj po uporabi flossinga (-4,3 %) in ohranili ta trend do konca protokola študije (-5,1 %), kar kaže na utrujenost mišic. Ti rezultati so skladni s prejšnjimi ugotovitvami Konrada in sod.¹¹, vendar se razlikujejo od dveh drugih^{3,14,15}, ki niso poročale o spremembah največje sile CMJ³ ali ugotovile znatno povečanje višine CMJ za 17,4%¹⁴ in 11,1%¹⁵ v povprečju. Ena od razlag za nasprotujoče si rezultate v primerjavi s prejšnjimi študijami je lahko razlika v metodologiji (tj. različni uporabljeni protokoli flossinga in značilnosti udeležencev). Driller in Overmayer⁸ sta na gleženj aplicirala trak z nitko, medtem ko sta Marco et al.⁹ ovila elastičen trak okoli kolenskega sklepa in tako minimalno pokrila mehko tkivo in ne le mehko tkivo, kot smo mi.

Pregled prejšnje literature o učinkih flossinga na živčno-mišično delovanje je razkril razliko med populacijo, ocenjeno glede na spol, izkušnje s treningom, stopnjo telesne pripravljenosti in zdravstveno stanje, kar bi lahko vodilo do nasprotujočih si rezultatov¹. Na primer, Konrad in sod.⁴ in Marco in sod.⁹ sta rekrutirala samo moške subjekte, medtem ko sta Driller in Overmayer⁸, vključno z nami, rekrutirala tudi ženske. Več študij^{1,27} je odkrilo, da je spol dejavnik pri ki lahko vpliva na učinke PAP ter na kasnejše meritve moči in jakosti, pri čemer dosledno poročajo o manj ugodnih učinkih pri ženskah kot pri moških posameznikih. Opažene razlike v učinkih PAP so lahko posledica večje mase brez maščobe in večjega deleža hitrih mišičnih vlaken (tj. tipa II) pri moških v primerjavi z ženskami²⁸. Chiu in sod.²⁸ so predlagali, da se posamezniki z večjim deležem mišičnih vlaken tipa II lahko hitreje odzovejo na aktivnost PAP, ker se vlakna tipa II skrajšajo hitreje v primerjavi s počasnimi mišičnimi vlakni zaradi njihove višje aktivnosti miozinske ATPaze in tako lahko ustvarijo več sile. Neposredna primerjava med

boljšimi in slabšimi skakalci v našem vzorcu je pokazala, da so bili boljši skakalci večinoma moški, težji, imajo manj telesne maščobe in bistveno večjo mišično maso, medtem ko so proizvedli več povprečne moči kot skupina slabših skakalcev (Tabela 3). Poleg tega ocena vsebnosti MHC-I, uporabljena v trenutni študiji, ni pokazala nobene razlike med tema dvema skupinama, kar nam preprečuje, da bi potrdili ugotovitve glede učinkov vsebnosti MHC na izboljšave skakalne zmogljivosti po PAP^{24,28}.

Čeprav literatura domneva, da se mišične glave VL in VM mišice quadricepsa razlikujejo glede na funkcijo, elektromiografsko aktivnost²⁹ in čas krčenja¹⁴, kar kaže na možne razlike v vsebnosti MHC¹¹, mi nismo našli razlike med spremembami kontraktilnih lastnosti niti po rutini ogrevanja in /ali uporabi flossinga. Zato bi morale prihodnje študije primerjati učinke ogrevanja in različnih dejavnosti športnikove priprave, kot je flossing z rekrutiranjem zgolj eksplozivnih in vzdržljivostnih športnikov, kjer so razlike v vsebnosti MHC dobro znane³⁰.

ZAKLJUČEK

Ugotovljeno je bilo, da je protokol flossinga uporabljen v trenutni študiji, povzročil utrujenost in ne potenciranje stegenskih mišic. Ugotovili smo tudi, da spremembe lastnosti kontraktilnih mišic niso bile specifične za mišice. Zato so upravičene prihodnje študije z uporabo različnih stopenj pritiska flossinga in različne konfiguracije dejavnosti predkondicijske priprave (z ali brez dodane teže in/ali njihove kombinacije; trajanje tretmaja ipd).

ZAHVALA

Izvedbo programa je omogočilo sofinanciranje Fundacije za šport.

LITERATURA

1. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):854-859.
2. Konrad A, Močnik R, Nakamura M. Effects of Tissue Flossing on the Healthy and Impaired Musculoskeletal System: A Scoping Review. *Front Physiol.* 2021;12(May).
3. Driller M, Mackay K, Mills B, Tavares F. Tissue flossing on ankle range of motion, jump and sprint performance: A follow-up study. *Phys Ther Sport.* 2017;28:29-33.
4. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sport Med.* 2010;40(10):859-895.
5. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol.* 2000;88(6):2131-2137.
6. Hamada T, Sale DG, Macdougall JD. Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(2):403-411.
7. Bárány M. ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J Gen Physiol.* 1967;50(6).
8. Šimunic B, Degens H, Rittweger J. Noninvasive Estimation of Myosin Heavy Chain Composition in Human Skeletal Muscle. *Med Sci Sport Exerc Sport Exerc.* 2011;d(February):27-30.
9. Paravlić, Pisot R, Simunic B. Muscle-specific changes of lower extremities in the early period after total knee arthroplasty: Insight from tensiomyography. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* Published online 2020. http://www.ismni.org/jmni/accepted/JMNI_19M-12-141.pdf
10. Vogrin M, Kalc M, et al. Acute Effects of Tissue Flossing Around the Upper Thigh on Neuromuscular Performance: A Study Using Different Degrees of Wrapping Pressure. *Authorea Prepr.* 2020;(May).
11. Konrad A, Bernsteiner D, Budini F, et al. Tissue flossing of the thigh increases isometric strength acutely but has no effects on flexibility or jump height. *Eur J Sport Sci.* 2020;0(0):1-11.
12. Hogan MC, Kohin S, Stary CM, Hepple RT. Rapid force recovery in contracting skeletal muscle after brief ischemia is dependent on O₂ availability. *J Appl Physiol.* 1999;87(6):2225-2229.
13. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise:



Mechanisms and Applications. *Sport Med.* 2015;45(11):1523-1546.

14. Driller MW, Overmayer RG. The effects of tissue flossing on ankle range of motion and jump performance. *Phys Ther Sport.* 2017;25:20-24.
15. García-Luna Marco A, Cortell-Tormo Juan M, Julián GM, Miguel GJ. The effects of tissue flossing on perceived knee pain and jump performance: A pilot study. *Int J Hum Mov Sport Sci.* 2020;8(2):63-68.
16. Vogrin M, Novak F, Licen T, Greiner N, Mikl S, Kalc M. Acute Effects of Tissue Flossing on Ankle Range of Motion and Tensiomyography Parameters. *J Sport Rehabil.* 2020;30(1):129-135.

Doc. dr. Armin Paravlič
Vodja projekta

prof. dr. Rado Pišot
Direktor