

## Primerjava takojšnjih učinkov aktivnih in ostalih tehnik raztezanja zadnjih stegenskih mišic na obseg gibljivosti pri zdravih mladih ljudeh

### Comparison of acute effects of active and other stretching techniques of the hamstring muscles on range of motion in young healthy people

Polona Palma<sup>1</sup>, Špela Berlot<sup>1</sup>, Urška Puh<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Raztezanje je najpogostejša metoda, ki se uporablja za zmanjševanje ali preprečevanje mišičnih skrajšav. Raztezanje s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije vključuje kontrakcijo agonističnih in/ali antagonističnih mišic z namenom njihove sprostitve, kar naj bi omogočilo večji razteg agonističnih mišic. Raztezanje s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije naj bi bilo učinkovitejše od statičnega raztezanja za povečanje obsega giba. **Namen:** Pregledati izsledke raziskav o takojšnjih učinkih raztezanja s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije in drugih tehnik raztezanja na obseg gibljivosti pri zdravih mladih preiskovancih. **Metode dela:** Pregled literature je potekal v podatkovnih zbirkah PubMed, ScienceDirect, CINAHL in PEDro. Vključeni so bili randomizirani kontrolirani poskusi, v katerih so primerjali takojšnje učinke raztezanja s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije in statičnega ali drugih tehnik raztezanja z merjenjem obsega giba. **Rezultati:** Vključenih je bilo osem raziskav. V vseh so ugotavljali učinke raztezanja zadnjih stegenskih mišic. V dveh raziskavah so bili rezultati meritev obsega giba s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije, takoj po raztezanju boljši, v šestih raziskavah pa med uporabljenimi tehnikami ni bilo značilnih razlik. **Zaključek:** Raztezanje s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije se ni izkazalo za bolj učinkovito od drugih tehnik raztezanja v takojšnjem povečanju obsega giba.

**Ključne besede:** tehnike raztezanja, obseg giba, aktivno raztezanje, raztezanje s tehnikami propioceptivne nevrromuskularne facilitacije.

#### ABSTRACT

**Introduction:** Stretching is the most common method used to reduce or prevent muscle shortening. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques include muscle contraction of agonistic and/or antagonistic muscles in order to decrease neural activity in agonistic muscles, causing their relaxation, which allows more stretching of the agonistic muscles. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques are regularly reported as being more effective than static stretching for increasing range of motion. **Purpose:** Review research findings of acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques and other stretching techniques on range of motion in healthy young adults. **Methods:** A literature review was conducted in databases PubMed, ScienceDirect, CINAHL and PEDro. Randomized controlled trials were included to compare the immediate effects of stretching with proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static or other stretching techniques with range of motion measurement. **Results:** Eight studies were included. In all studies the stretching effect of hamstring muscles were noted. In two of them range of motion results, using the proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques, were in favour immediately after intervention. In six studies there was no significant difference between the stretching techniques. **Conclusion:** The advantages of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques over other stretching techniques in immediate enhancing range of motion were not confirmed.

**Key words:** stretching techniques, range of motion, active stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** asist. dr. Polona Palma, dipl. fiziot.; prof. šp. vzg.; e-pošta: polona.palma@zf.uni-lj.si

Prispelo: 10.9.2019

Sprejeto: 22.11.2019

## UVOD

Gibljivost lahko definiramo kot obseg gibljivosti v sklepu ali skupini sklepov, na katero vplivajo mišice, kite, kosti, sklepne ovojnice, vezi, fascije, živci, žile in koža (1, 2). Najpogostejša metoda, ki se uporablja za zmanjševanje ali preprečevanje mišičnih skrajšav je raztezanje (3). Predvideno je, da raztezanje lahko pomaga pri preprečevanju mišično-skeletnih poškodb, zmanjša mišično bolečino, izboljša mišično zmogljivost ter s tem izboljša dejavnosti vsakdanjega življenja ali športno zmogljivost (3, 4). Colby in sodelavci (2) navajajo štiri splošne (široke) kategorije raztezanja, in sicer: statično raztezanje, ciklično (prekinjajoče, intermitentno) raztezanje, balistično raztezanje ter raztezanje s tehnikami propioceptivne nevro-muskularne facilitacije (PNF) oziroma aktivnimi tehnikami raztezanja. Raztezanje je lahko pasivno, ko gib izvede fizioterapevt oziroma je gib izveden s pomočjo naprav ali opornic ali aktivno, ko gib izvede vadeči sam. Načini raztezanja se glede na to, kdo oziroma kaj dovaja raztezno silo, delijo na mehanično raztezanje, manualno raztezanje in samoraztezanje. Harvey in sodelavci (5) delijo učinke raztezanja na kratkotrajne (učinke, ki trajajo manj kot en teden po zadnjem raztezanju) in dolgotrajne (učinke, ki trajajo več kot en teden po zadnjem raztezanju). Cayco in sodelavci (6) pa učinke raztezanja delijo na takojšnje (učinke, ki trajajo manj kot 24 ur po raztezanju), kratkotrajne (učinke, ki trajajo od 24 ur do enega tedna po raztezanju) in dolgotrajne (učinke, ki trajajo več kot en teden po raztezanju). V raziskavah so najpogosteje raziskani takojšnji (akutni) učinki raztezanja oziroma učinki po eni seji raztezanja, dolgotrajni pa zelo redko.

Aktivne tehnike raztezanja se pogosto uporabljajo v klinični praksi in športu z namenom izboljšanja tako pasivnega kot aktivnega obsega gibljivosti ter posledično izboljšanja izvedbe gibalnih dejavnosti (7). Obstaja več različnih tehnik aktivnega raztezanja, v literaturi (2, 8) je mogoče zaslediti več različnih delitev in poimenovanj. Pri tehniki »napni-sprosti« - neposredna tehnika vadeči izvede izometrično in izotonično kontrakcijo skrajšanih mišic. Pri tehniki »napni-sprosti« - posredna tehnika vadeči izvaja koncentrično kontrakcijo mišic, ki ležijo nasproti skrajšanim mišicam. Pri tehniki »zadrži-sprosti« - neposredna tehnika vadeči izvede izometrično kontrakcijo skrajšanih

mišic. Pri tehniki »zadrži-sprosti« - posredna tehnika se upor. dovaja na sinergistične mišice od skrajšanih ali bolečih mišic. Upor. v sinergističnih mišicah, ki so oddaljene od bolečega predela, mora biti tako velik, da izzove izometrično kontrakcijo (8). Pri tehniki »napni-sprosti-napni« vadeči najprej izvede izometrično kontrakcijo skrajšane mišice, temu sledi sprostitvev skrajšane mišice in nato takojšnja koncentrična kontrakcija nasprotne mišice (2).

Opisani so štiri teoretični fiziološki mehanizmi za povečanje obsega giba s pomočjo aktivnih tehnik raztezanja, in sicer (9): avtogena inhibicija, recipročna inhibicija, stresna relaksacija in teorija kontrole vrat. Do avtogene inhibicije pride v agonistični (skrčeni) mišici, zaradi aktivacije Golgijevih kitnih organov iste mišice, kar zmanjša živčno vzdražnost in eferentni (motorični) priliv na agonistično mišico. Ta verižna reakcija povzroči sprostitvev agonistične mišice in posledično podaljšanje mišičnih vlaken med izvajanjem aktivnih tehnik raztezanja (9). Do recipročne inhibicije pride v agonistični mišici, ko se antagonistična mišica hoteno krči. Sprostitvev agonistične mišice je posledica zmanjšanja živčne vzdražnosti in povečanja inhibicije propioceptivnih struktur v agonistični mišici, kar omogoči njen dodaten razteg (9). Do fenomena stresne relaksacije pride, ko je mišično-kitna enota pod konstantnim raztegom. Če se razteg zadrži, pride do stresne relaksacije in do zmanjšanja pasivnega odpora in mišične togosti, ki traja kratko časovno obdobje (9). Teorija kontrole vrat zagovarja, da, ko je mišica raztegnjena preko njenega naravnega obsega giba, se vadeči začne upirati raztegu, kar povzroči, da se mišica še bolj raztegne. Ko se vadeči upira raztegu, se v raztegnjeni mišici ustvari velika sila. Ta sila bi lahko povzročila poškodbo mišice, zaradi česar se aktivirajo Golgijevi kitni organi. Vendar, če se ta proces ponavlja v konstantnem zaporedju se Golgijevi tetivni organi prilagodijo na povečano silo in dolžino mišično-kitne enote (9). Ti štiri fiziološki mehanizmi predstavljajo osnovo za razlago povečanja obsega giba med izvajanjem aktivnih tehnik raztezanja (7, 9). Teoretično naj bi bile aktivne tehnike raztezanja učinkovitejše kot statično raztezanja za povečevanje obsega giba (10, 11).

Namen tega pregleda literature je bil na podlagi izsledkov raziskav primerjati takojšnje učinke PNF tehnik raztezanja in drugih tehnik raztezanja na obseg gibljivosti pri zdravih mladih preiskovancih.

## METODE

Pregledali smo podatkovne zbirke PubMed, ScienceDirect, CINAHL in PEDro. Pregledani so bili tudi članki iz sistematičnih pregledov literature (1, 6), ki so bili v primeru izpolnjevanja vključitvenih kriterijev vključeni v pregled literature. Ključne besede PNF v angleškem jeziku (stretching, »proprioceptive neuromuscular facilitation« stretching, hold-relax technique, contract-relax technique, stretch, stretching, active stretching, effectiveness of stretch, effect) so bile uporabljene v različnih kombinacijah z veznikom OR in AND. Vključene so bili randomizirani kontrolirani poskusi, v katerih so primerjali

takojšnje učinke PNF tehnik raztezanja in statičnega ali drugih tehnik raztezanja z merjenjem obsega giba pri mladih zdravih osebah. Iskanje je zajelo vse raziskave objavljene do januarja 2019. Za vrednotenje metodološke kakovosti raziskav je bila uporabljena ocenjevalna lestvica PEDro. Ocene so bile povzete iz podatkovne zbirke PEDro (12), iz sistematičnega pregleda literature Cayco in sodelavcev (6), kjer sta dva avtorja neodvisno ocenila kakovost raziskav po lestvici PEDro, v primeru nesoglasij pa je bila raziskava ponovno pregledana in ocenjena skupaj s tretjim avtorjem, ter iz pregleda Lempke in sodelavcev (4).

## REZULTATI

V vseh podatkovnih zbirkah je bilo najdenih 228 zadetkov. Po izključitvi dvojnikov in ob upoštevanju vključitvenih kriterijev smo v pregled literature vključili 8 raziskav, ki so bile objavljene

*Preglednica 1: Ocena kakovosti raziskav, značilnosti preiskovancev ter merila za vključitev in izključitev za sodelovanje v raziskavah o učinkih raztezanja zadnjih stegenskih mišic*

Avtorji	PEDro ocena/10	Značilnosti preiskovancev		Merila za vključitev in izključitev
		Povprečna starost (let)	Spol M / Ž	
Lim et al. (13)	5	22,38	48 / 0	<u>VK</u> : test AKE < 20° <u>IK</u> : zgodovina poškodb, ki bi lahko vplivale na raztegljivost ZSM (hernia disci, poškodba vezi, mišic, itd.), operacija na živčnem ali mišično-skeletnem sistemu v zadnjih 5 letih, ukvarjanje z jogo, pilatesom, itd.
Puentedura et al. (15)	5	25,7	17 / 13	<u>IK</u> : nosečnost, poškodba ZSM v zadnjem letu, test AKE > 170°, vključenost v športe, ki zahtevajo redno raztezanje ZSM
O'Hora et al. (14)	7	28	22 / 23	<u>VK</u> : brez nevroloških ali ortopedskih motenj ali operacij, brez zlomov, normalna aktivna gibljivost v kolku in kolenu
Funk et al. (16)	6	19,7	20 / 20	/
Farquharson in Greig (18)	5	21	30 / 0	<u>VK</u> : M 18-22 let, rekreativni šport 4 × tedensko, brez poškodb ZSM <u>IK</u> : zgodovina nevroloških simptomov, simptomov v ledvenem predelu, mišično-skeletnih okvar ali poškodb v zadnjem letu, zdravstveno stanje, ki spremeni mišično raztegljivost, kožne alergije, test dviga iztegnjene noge < 70°
Ford, McChesney (19)	4	22,1	18 / 14	<u>VK</u> : test dviga iztegnjene noge < 85° <u>IK</u> : operacija kolka ali kolena v preteklem letu, nevrološka stanja
Mallmann et al. (20)	6	20,1	5 / 36	<u>VK</u> : test AKE < 160° <u>IK</u> : mišično-skeletne bolezni, ki bi ogrozile sodelovanje
Alcantara et al. (17)	6	24,4	60 / 30	<u>VK</u> : test dviga iztegnjene noge < 85°, redna telesna dejavnost vsaj 3 ure tedensko, 18-35 let, brez ortopedskih ali nevroloških okvar <u>IK</u> : nezmožnost sprostitve med postopkom, nerazumevanje navodil

*Legenda: VK - vključitveni kriteriji; IK - izključitveni kriteriji; M - moški; Ž - ženska; ZSM - zadnje stegenske mišice; test AKE - test aktivne ekstenzije kolena*

*Preglednica 2: Protokoli raztezanja v raziskavah o učinkih raztezanja*

Avtorji	Postopki raztezanja
Lim et al. (13)	- <u>PS</u> : 1×30 s - <u>PNF</u> : pasivni premik do končnega OG, 6 s izometrične kontrakcije ZSM, 5 s sprostitve, 3 ponovitve - <u>kontrolna skupina</u> : brez intervencije
Puentedura et al. (15)	- v razmiku 1 tedna, osebe, ki so 1. prejele PNF, prejmejo PS in obratno - <u>PS</u> : 2 × 30 s z 10 s sprostitve po vsakem raztegu - <u>PNF</u> : razteg do končnega OG, 10 s izometrične kontrakcije ZSM, 10 s pasivnega raztega s škripcem, 4 ponovitve - <u>kontrolna skupina</u> : L noga je služila kot kontrola, ni prejela obravnave
O'Hora et al. (14)	- <u>PS</u> : 1×30 s - <u>PNF</u> : kontrakcija ZSM 6 s, nato pasivna ekstenzija kolena - <u>kontrolna skupina</u> : brez intervencije
Funk et al. (16)	- v razmiku 1 tedna, osebe, ki so 1. prejele PNF, prejmejo PS in obratno - <u>PNF</u> : pasivni premik do končnega OG, kontrakcija ZSM 30 s; ponavljanje 5 min - <u>PS</u> : 15 s raztega, 30 s sprostitve; ponavljanje 5 min
Farquharson in Greig (18)	- 5 min ogrevanja na cikloergometru pred raztezanjem - <u>PS</u> : 3 × 30 s z 10 s sprostitve med vsakim raztegom - <u>PNF</u> : 10 s raztega v končnem OG, 10 s koncentrične + izometrične kontrakcije ZSM, 3 s sprostitve, nato razteg 10 s; 3 ponovitve - <u>ELT</u> : trak v obliki črke Y, 25 % razteg, 5 min
Ford, McChesney (19)	- <u>PNF</u> : aktivni dvig iztegnjene noge, 6 s raztega ZSM v končnem OG, 6s izometrične kontrakcije ZSM, aktivni dvig iztegnjene noge do novega končnega OG in ponovno 6 s raztega ZSM; 4 ponovitve - <u>PS</u> : 5× 30 s z 10 s sprostitve med raztegi - <u>AS</u> : sede, obe nogi visita preko roba mize, trup v rahli fleksiji, aktivna ekstenzija kolena do točke rahlega neudobja, gleženj v nevtralnem položaju; 10 s raztega, 10 s sprostitve; 10 ponovitev - <u>kontrolna skupina</u> : brez ukrepa
Mallmann et al. (20)	- 5 min ogrevanja na cikloergometru pred raztezanjem - <u>AS</u> : 1× 32 s - <u>PNF</u> : pasivna fleksija kolka do točke nelagodja, 5 s kontrakcije ZSM, sprostitvev, pasivna fleksija kolka do nove točke nelagodja, 32 s raztega - <u>MPNF</u> : sede, ekstenzija enega sp. uda, fleksija in abdukcija kontralateralnega sp. uda, premik trupa naprej, dorzalna fleksija gležnja in fleksija vratu, 8 s zadržka; 3 ponovitve; terapevt med izvedbo vleče preiskovanca za zgornji ud; 1. ponovitev: terapevt zgolj stabilizira položaj, 2. ponovitev: trakcija, 3. ponovitev: trakcija, nato ekstenzija trupa proti uporabi terapevta, sprostitvev, nato ponovna trakcija
Alcantara et al. (17)	- <u>PNF</u> : položaj, v katerem se občuti blago nelagodje, 10 s kontrakcije ZSM, nato kontrakcija kvadricepsa do točke odpora tkiva 30 s - <u>MET</u> : cca. 25 % maksimalne hotene kontrakcije ZSM 10 s, sprostitvev 6 s; 3 ponovitve - <u>kontrolna skupina</u> : brez ukrepa

*Legenda: PS - pasivno statično raztezanje; AS - aktivno statično raztezanje; PNF - raztezanje s tehnikami PNF; ELT -elastični lepilni trakovi; MPNF - raztezanje z modificirano tehniko PNF; MET - mišično energetska tehnika, OG - obseg giba, ZSM - zadnje stegenske mišice; sp. uda - spodnjega uda; Št. int. - število intervencij*

med letoma 2003 (16) in 2015 (18). V vseh so izvajali eno izmed PNF tehnik raztezanja, ki so jo v štirih raziskavah primerjali s pasivnim statičnim raztezanjem (13-16), v eni raziskavi z mišično energetska tehnika (17), v eni raziskavi s pasivnim statičnim raztezanjem in uporabo elastičnih lepilnih trakov (ELT) (18), v eni raziskavi s

pasivnim in aktivnim statičnim raztezanjem (19) in v eni raziskavi z aktivnim statičnim raztezanjem ter modificirano PNF tehniko raztezanja (angl. kinesiostretching) (20). V vseh raziskavah so raztezali zadnje stegenske mišice.

Velikost vzorca preiskovancev se je gibala od 30 (15, 18) do 90 oseb (17). Povprečna starost preiskovancev je bila od 19,7 let (16) do 25,7 let (15). V dveh raziskavah so bili preiskovanci zgolj moški (13, 18), v drugih raziskavah pa so vzorci zajemali tako moške kot ženske (14-17, 19-20). V vseh raziskavah so bili preiskovanci zdrave mlade osebe. Ocena kakovosti raziskav po lestvici PEDro je bila od 4 (19) do 7 (14). Glavne značilnosti preiskovancev, merila za vključitev v raziskavo in ocene kakovosti raziskav so predstavljene v preglednici 1.

V vseh raziskavah z izjemo navzkrižnih poskusov (15, 16) so izvedli zgolj eno sejo raztezanja. V

navzkrižnih poskusih (15, 16) pa dve seji raztezanja. Pet raziskav (13-15, 17, 19) je poleg skupin, ki so izvajale raztezanje, vključevalo tudi kontrolno skupino, ki je bila brez terapevtskega ukrepa (preglednica 2).

Trajanje kontrakcije pri izvedbi PNF tehnik raztezanja je bilo v razponu od 5 s (20) do 30 s (16), trajanje raztega mišic pa od 6 s (19) do 32 s (20). V treh raziskavah (13, 14, 16) niso natančno opredelili časa trajanja raztega. V sedmih raziskavah (13-15, 17-20) so izvedli od ene do štiri ponovitve postopka raztezanja, v raziskavi Funk in sodelavcev (16) pa so navedli le, da so celoten postopek ponavljali 5 minut.

*Preglednica 3: Ocenjevalni protokoli, meritve izidov in vpliv na obseg giba v sklepu*

Avtorji	Ocenjevanje	Učinki raztezanja	Rezultati *
Lim et al. (13)	test AKE	↑ OG pri PS in PNF v primerjavi s K ( $p < 0,05$ ). Ni razlik med PS in PNF.	PNF = PS
Puentedura et al. (15)	test AKE	Razlika med PS in K ( $p = 0,011$ ) ter PNF in K ( $p < 0,0005$ ). Ni razlik med PS in PNF. ↑ OG pri obeh tehnikah raztezanja glede na izhodišče ( $p < 0,0005$ ).	PNF = PS
O'Hora et al. (14)	test PKE, dominantna noga	↑ OG pri PS in PNF v primerjavi s K ( $p < 0,05$ ). PNF: večje ↑ OG v primerjavi s PS ( $p < 0,05$ ).	PNF > PS
Funk et al. (16)	test AKE:	Ni razlik med PNF in PS v izhodišču, pred vadbo, po vadbi. ↑ OG po vadbi pri PNF ( $p < 0,05$ ), v primerjavi z izhodiščem in pred vadbo. PS: ni razlik v času.	PNF = PS
Farquharson in Greig (18)	- test AKE- dominantna noga	↑ OG pri PNF takoj po raztezanju ( $p = 0,01$ ) in pri ELT v 10. ( $p = 0,05$ ) in 30. min ( $p = 0,02$ ) po namestitvi. PNF in PS: postopno ↓ OG po začetnem izboljšanju. Le pri ELT učinki v pozitivni korelaciji s časom po terapevtskem ukrepu.	Takoj po intervenciji: PNF > PS PNF > ELT  Po 10. in 30. min: ELT > PNF ELT > PS
Ford, McChesney (19)	test AKE	Takoj po raztezanju statistično značilno ↑ OG pri PNF, PS in AS ( $p = 0,001$ ), brez značilnih razlik med skupinami. Pri AS postopno ↓ OG do 25. min, pri PNF in PS se OG ni zmanjšal.	PNF = PS = AS
Mallmann et al. (20)	test PKE;	Značilno ↑ OG med 1. in 2. ocenjevanjem za AS in MPNF. Pri vseh skupinah značilno ↓ OG med 2. in 3. ocenjevanjem.	PNF = AS = MPNF
Alcantara et al. (17)	test dviga iztegnjene noge:	Razlika med PNF in MET ter K po ukrepu ( $p < 0,05$ ). PNF in MET bolj učinkoviti od K, pri PNF, večje ↑ OG.	PNF = MET

*Legenda: PNF - raztezanje s tehnikami PNF; PS - pasivno statično raztezanje; AS - aktivno statično raztezanje; ELT - elastični lepilni trakovi; MPNF - raztezanje z modifikirano tehniko PNF; MET - mišično energetska tehnika; OG - obseg giba; ↑ - povečanje; ↓ - zmanjšanje; test AKE - test aktivne ekstenzije kolena; test PKE - test pasivne ekstenzije kolena; K - kontrolna skupina; \* v stolpcu Rezultati: > - bolj učinkovito; = - enako učinkovito*

Pri pasivnem statičnem raztezanju je razteg trajal od 15 s (16) do 30 s (13-15, 18, 19). Izvajali so od ene (13, 14) do pet ponovitev raztega (19). V raziskavi Funk in sodelavcev (16) so raztezanje izvajali 5 minut v intervalih 15 s raztega, 30 s sprostitve (preglednica 2).

V petih raziskavah so merili obseg aktivne gibljivosti v kolenskem sklepu (test aktivne ekstenzije kolena) (13, 15, 16, 18, 19), v dveh raziskavah so merili obseg pasivne gibljivosti v kolenskem sklepu (test pasivne ekstenzije kolena) (14, 20), v eni raziskavi pa so izvedli test dviga iztegnjene noge (17) (preglednica 3). Farquharson in Greig (18) sta poleg meritev obsega giba ob izhodišču in takoj po raztezanju oziroma namestitvi ELT izvedla tudi meritve obsega giba čez 10 in 30 minut. Mallmann in sodelavci (20) so izvedli meritve ob izhodišču, takoj po raztezanju in čez 24 ur, Ford in McChesney (19) pa ob izhodišču, takoj po raztezanju ter čez 3, 7, 12, 18 in 25 minut. V raziskavi Funk in sodelavcev (16) so meritve obsega giba izvajali ob izhodišču, pred vadbo in po vadbi (kolesarjenje, krepitev zgornjega dela telesa), ko so izvedli še raztezanje. V ostalih štirih raziskavah (13-15, 17) so meritve izvajali zgolj ob izhodišču in po terapevtskem ukrepu.

V dveh raziskavah (13, 15) rezultati niso pokazali značilnih razlik med raztezanjem s PNF tehnikami in pasivnim statičnim raztezanjem, obseg giba se je značilno izboljšal pri obeh tehnikah raztezanja v primerjavi s kontrolno skupino (preglednica 3). V raziskavi Funk in sodelavcev (16) rezultati kažejo, da je lahko kombinacija raztezanja s PNF tehnikami in vadbe bolj učinkovita v izboljšanju obsega giba od raztezanja s PNF tehnikami brez vadbe in pasivnega statičnega raztezanja na splošno (brez vadbe ali v kombinaciji z vadbo), vseeno pa značilnih razlik med raztezanjem s PNF tehnikami in pasivnim statičnim raztezanjem ni bilo.

## RAZPRAVA

Tehnike raztezanja se pogosto uporabljajo z namenom povečanja dolžine mišic in obsega gibljivosti. Glede na predvidene fiziološke mehanizme delovanja PNF tehnik raztezanja, smo predvidevali, da so učinkovitejše od drugih tehnik raztezanja.

Raztezanje s PNF tehnikami se je v dveh raziskavah (14, 18) pri meritvah takoj po raztezanju izkazalo za boljše od drugih tehnik raztezanja. Zanimivi so rezultati raziskave Farquharson in Greig (18), v kateri se pri uporabi ELT obseg giba kolenskega sklepa 10 in 30 minut po namestitvi ni zmanjšal, ampak povečeval. Pri uporabi ELT se domneva, da je izboljšanje gibljivosti posledica stalno delujoče raztezne sile na koncu obsega giba. To lahko zmanjša viskoelastično energijo in povzroči stresno relaksacijo, kar v preobremenjeni mišici povzroči zmanjšanje pasivnega odpora le-te (21, 22). Avtorja sta zaključila, da je za takojšnje izboljšanje gibljivosti bolje uporabiti PNF tehnike raztezanja, za dalj časa trajajoče učinke pa ima prednost uporaba ELT (18).

V šestih raziskavah (13, 15-17, 19, 20) se raztezanje s PNF tehnikami ni izkazalo za boljše, temveč enakovredno drugim tehnikam raztezanja. Med tehnikami raztezanja, uporabljenimi v teh raziskavah, ni bilo značilnih razlik v povečanju obsega giba. Raztezanje s PNF tehnikami se tudi v sistematičnem pregledu literature Borges in sodelavcev (1) v nasprotju s predvidevanjem ni izkazalo za boljše od statičnega raztezanja, obe tehniki raztezanja naj bi bili enako učinkoviti v izboljšanju gibljivosti, takoj po raztezanju in tudi dolgotrajno. Prav tako tudi Lempke in sodelavci (4) v pregledu ugotavljajo, da se raztezanje s PNF tehnikami ni izkazalo za bolj učinkovito v izboljšanju gibljivosti kot statično raztezanje. V štirih izmed petih raziskav, vključenih v njihov pregled, ni bilo značilnih razlik med statičnim raztezanjem in raztezanjem s PNF tehnikami v izboljšanju gibljivosti. V sistematičnem pregledu literature Cayco in sodelavcev (6) zaradi omejenih dokazov in raziskav relativno nizke do zmerne metodološke kakovosti niso mogli narediti zaključkov o morebitni superiornosti PNF tehnik raztezanja nad drugimi tehnikami raztezanja tako pri takojšnjih, kot tudi pri kratkotrajnih in dolgotrajnih učinkih raztezanja. Zaključili so, da so za pridobitev trdnih dokazov o večji učinkovitosti PNF tehnik raztezanja v primerjavi z drugimi tehnikami raztezanja potrebne raziskave visoke kakovosti.

Na izide pregledanih raziskav je lahko vplivala uporaba različnih ocenjevalnih orodij (test aktivne

ekstenzije kolena, test pasivne ekstenzije kolena, test dviga iztegnjene noge) in s tem v nekaterih raziskavah merjenje aktivne, v drugih pa pasivne gibljivosti. Protokoli raztezanja so se razlikovali po uporabljenih PNF tehnikah raztezanja, trajanju kontrakcije, trajanju raztega mišic in številu ponovitev postopka. Z izjemo ene raziskave (16), v kateri so navedli, da so izmenjujoče kontrakcije in razteg mišic izvajali 5 minut, so v ostalih sedmih raziskavah (13-15, 17-20) izvajali od ene do štiri ponovitev postopka. Adler s sodelavci (8) in Cayco s sodelavci (6) priporočajo izvajanje PNF tehnik raztezanja, dokler se obseg giba povečuje, zato je manjše število ponovitev postopka v pregledanih raziskavah možen razlog, da se raztezanje s PNF tehnikami ni izkazalo za bolj učinkovito od drugih tehnik. V nadaljnjih raziskavah je potrebno uporabiti optimalne parametre raztezanja. Protokoli pri pasivnem statičnem raztezanju so bili v skladu s priporočili (2). Na rezultate lahko vpliva tudi terapevtov subjektiven občutek končnega obsega giba, ki je lahko razlog za merske napake in variabilnost tudi v raziskavah, v katerih uporabljajo podobne tehnike raztezanja (4).

Preiskovanci s skrajšavo zadnjih stegenskih mišic so bili vključeni le v dveh raziskavah (13, 20). Strinjamo se z ugotovitvijo Lempke in sodelavcev (4), da je za ugotavljanje učinkovitosti tehnik raztezanja potrebnih več raziskav, ki vključujejo posameznike z zmanjšano gibljivostjo. Puentedura in sodelavci (15) so navedli, da vključitev preiskovancev z zgolj minimalno zmanjšano gibljivostjo lahko privede do učinka stropa.

V nobeni izmed raziskav niso preučevali razlik med spoloma. Blackburn in sodelavci (23) navajajo, da je pri ženskah mišična togost zadnjih stegenskih mišic manjša kot pri moških. Ugotovili so, da imajo te mišice pri moških večjo zmožnost odpora spremembam v dolžini. V nadaljnjih raziskavah bi bilo morda smiselno preučiti tudi razlike med spoloma v izboljšanju gibljivosti in v vzorce vključiti enako število moških in žensk.

Pri izboljšanju gibljivosti z raztezanjem sodelujejo različni mehanizmi (1). Predvideva se, da je eden izmed mehanizmov akutnega izboljšanja gibljivosti z raztezanjem zmanjšanje togosti mišično-kitne enote (24). V raziskavi Kay in sodelavcev (24) je po raztezanju s PNF tehniko prišlo do značilnega

zmanjšanja togosti tako mišice kot tetive, po statičnem raztezanju pa se je značilno zmanjšala zgolj mišična togost. Statično raztezanje in raztezanje s PNF tehnikami naj bi torej vplivala na različne dele mišično-kitne enote. Večje akutno izboljšanje gibljivosti po raztezanju s PNF tehnikami v njihovi raziskavi bi lahko pripisali sočasnemu zmanjšanju togosti tako mišice kot tetive. Za akutno izboljšanje gibljivosti pa naj bi bila pomembna tudi povečana toleranca raztega (24). Rezultati raziskave Magnusson in sodelavcev (10) pa kažejo, da je izboljšanje gibljivosti po raztezanju namesto z zmanjšanjem togosti mišično-kitne enote povezano s povečano toleranco raztega. Rezultati raziskave Nakamura in sodelavcev (25) kažejo, da raztezanje s PNF tehnikami poveča toleranco raztega bolj kot statično raztezanje, kar bi lahko pojasnilo rezultate raziskav, v katerih so ugotovili, da je raztezanje s PNF tehnikami bolj učinkovito pri izboljšanju gibljivosti. Možno je, da je večja sprememba v toleranci raztega povezana z izvedbo hotene mišične kontrakcije pri raztezanju s PNF tehnikami (25). Hotena mišična kontrakcija med raztezanjem s PNF tehnikami naj bi povzročila zvišanje praga bolečine (25).

V pregled smo vključili le raziskave, v katerih so bili preiskovanci zdrave mlade osebe, saj raziskav na drugih populacijah nismo zasledili. Pri posameznikih po 40. letu starosti pride do s starostjo povezanih sprememb v zgradbi skeletnih mišic. Te strukturne ali fiziološke spremembe lahko privedejo do spremenjenih odzivov na raztezanje (14), zato rezultatov raziskav na mlajši populaciji ne moremo posplošiti na vse populacije.

V večini vključenih raziskav so primerjali eno izmed PNF tehnik raztezanja s statičnim (pasivnim in aktivnim) raztezanjem, le v treh raziskavah so raztezanje s PNF tehnikami primerjali tudi z drugimi tehnikami (mišično energetska tehnika, uporaba ELT in raztezanje z modificirano PNF tehniko). To je premalo, da bi delali zaključke o večji učinkovitosti katerekoli izmed tehnik raztezanja. Tudi v sistematičnem pregledu literature Cayco in sodelavcev (6) izpostavljajo problem pomanjkanja objavljenih raziskav, ki primerjajo PNF tehnike raztezanja z drugimi tehnikami raztezanja poleg statičnega raztezanja.

## ZAKLJUČKI

Raztezanje zadnjih stegenskih mišic je imelo že po eni seji v šestih od osmih pregledanih raziskav statistično značilen takojšnji učinek na povečanje obseg giba v kolenskem ali kolčnem sklepu. Raztezanje s PNF tehnikami se ni izkazalo za učinkovitejše od drugih tehnik raztezanja za povečanje obsega giba kolenskega ali kolčnega sklepa. Za trdne dokaze o učinkovitosti raztezanja s PNF tehnikami v primerjavi z drugimi tehnikami so potrebne raziskave visoke kakovosti. Pri različnih populacijah in mišičnih skupinah je treba raziskati tudi kratkotrajne in dolgotrajne učinke raztezanja.

## LITERATURA

1. Borges MO, Medeiros DM, Minotto BB, Lima CS (2018). Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: systematic review and metaanalysis. *Eur J Physiother* 20(1): 12–9.
2. Colby LA, Borstad J, Kisner C (2018). Stretching for improved mobility. In: Kisner C., Colby LA, Borstad J, eds. *Therapeutics exercise: foundation and techniques*. 7<sup>th</sup> ed. Philadelphia: F.A. Davis company, 82-105.
3. Harvey LA, Katalinic OM, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K (2017). Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database Syst Rev* 9(1): 1-168.
4. Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J (2018). The effectiveness of PNF versus static stretching on increasing hip-flexion range of motion. *J Sport Rehabil* 27(3): 289-94.
5. Harvey LA, Katalinic OM, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K (2017). Stretch for the treatment and prevention of contracture: an abridged republication of a Cochrane Systematic Review. *J Physiother* 63(2): 67–75.
6. Cayco CS, Labro AV, Gorgon EJ (2019). Hold-relax and contract-relax stretching for hamstrings flexibility: A systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport* 35(1): 42–55.
7. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: mechanisms and clinical implications. *Sports Med* 36(11): 929–39.
8. Adler S, Beckers D, Buck M (2008). Techniques. In: *PNF in Practice*. 3<sup>th</sup> ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 31–4.
9. Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, Hong J (2012). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *J Hum Kinet* 31(1): 105–13.
10. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sørensen H, Kjaer M (1996). A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol* 497(1): 291–8.
11. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M (1996). Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 77(4): 373–8.
12. PEDro (2019). *Physiotherapy evidence database*. <http://www.pedro.org.au/> <22.11.2019>
13. Lim KI, Nam HC, Jung KS (2014). Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci* 26(2): 209–13.
14. O'Hora J, Cartwright A, Wade CD, Hough AD, Shum GL (2011). Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *J Strength Cond Res* 25(6): 1586–91.
15. Puentedura EJ, Huijbregts PA, Celeste S et al. (2011). Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Phys Ther Sport* 12(3): 122–6. doi: 10.1016/j.ptsp.2011.02.006.
16. Funk DC, Swank AM, Mikla BM, Fagan TA, Farr BK (2003). Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res* 17(3): 489–92.
17. Alcântara MA, Firmino FR, Lage RF (2011). Immediate effects of the stretching: a comparison between proprioceptive neuromuscular facility and muscular energy techniques. *Brazilian journal of sciences and movement* 18(3): 35–42.
18. Farquharson C, Greig M (2015). Temporal efficacy of kinesiology tape vs. traditional stretching methods on hamstring extensibility. *Int J Sports Phys Ther* 10(1): 45–51.
19. Ford P, McChesney J (2007). Duration of maintained hamstring ROM following termination of three stretching protocols. *J Sport Rehabil* 16(1): 18–27.
20. Mallmann JS, Moesch J, Tomé F, Vieira L, Ciqueleiro RT, Bertolini GRF (2011). Comparison between the immediate and acute effect of three stretching protocols of hamstrings and paravertebral muscles. *Rev Soc Bra Clín Med* 9(5): 354–9.
21. Gajdosik R (2001). Passive extesibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech* 16: 87-101.
22. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagard P et al. (1995). Viscoelastic response to repeated static

- stretching in the human hamstring muscle. *Scand J Med Sci Sports* 5. 342-7.
23. Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, Hudson JD, Kimsey MH (2009). Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech* 24(1): 65–70.
  24. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazevich AJ (2015). Effects of contract-relax, static stretching, and isometric contractions on muscle-tendon mechanics. *Med Sci Sports Exerc* 47(10): 2181–90.
  25. Nakamura M, Ikezoe T, Tokugawa T, Ichihashi N (2015). Acute effects of stretching on passive properties of human gastrocnemius muscle-tendon unit: analysis of differences between hold-relax and static stretching. *J Sport Rehabil* 24(3): 286–92.