



PROMJENE U SAGITALNOM NAGIBU ZDJELICE NAKON TRENINGA STABILNOSTI TRUPA: SUSTAVNI PREGLED LITERATURE¹

CHANGES IN SAGITTAL PELVIC TILT AFTER CORE STABILITY TRAINING: A SYSTEMATIC REVIEW

Davor Kuna, Tatjana Trošt Bobić
Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet

SAŽETAK

Različiti oblici provođenja vježbi proksimalne stabilnosti trupa (eng. *core stability*) zauzimaju važno mjesto u sklopu preventivnih i rehabilitacijskih programa različitih ozljeda, pa tako i ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Cilj je ovog rada pokušati odrediti u kojoj mjeri trening proksimalne stabilnosti trupa (PST) može utjecati na promjene u nagibu zdjelice u sagitalnoj ravnini te u kojoj bi mjeri taj oblik treninga mogao smanjiti rizik za sprinterski ili istezajući tip ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Promatrajući funkcionalnu povezanost nagiba zdjelice i duljine mišića stražnje strane natkoljenice, provedba treninga PST-a potencijalno dovodi i do promjene u fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice. Stoga će vrijednosti u testovima koji procjenjuju tu fleksibilnost također biti prikazane jer je pojedini autori i treneri smatraju rizičnim faktorom za ozljedu.

Sustavni pregled literature proveden je pretragom dviju elektronskih baza podataka – Scopus i PubMed. Od ukupno identificirana 492 rada, naposljetku je 7 studija uvršteno u kvalitativnu analizu ovog rada. Visok stupanj heterogenosti uključenih radova očituje se u različitim položajima i testovima u kojima se nagib zdjelice i fleksibilnost promatraju, kao i u različitim karakteristikama ispitanika u studijama.

Analiza uključenih studija upućuje da je trening proksimalne stabilnosti trupa učinkovita metoda za poboljšanje kontrole nagiba zdjelice što potencijalno doprinosi stvaranju optimalnog odnosa sile i duljine mišića stražnje strane

SUMMARY

Various types of core stability exercises have an important role in prevention and rehabilitation programmes of numerous injuries, including the injuries of hamstring muscles. This systematic review attempts to find out to what degree the core stability training can influence the changes in sagittal pelvic tilt and to what degree it could reduce the sprinting- and stretching-type of a hamstring injury. Given the functional interrelation of the pelvic tilt and the hamstring length, core stability training programme may potentially lead to changes in hamstring flexibility. Since some authors and trainers consider flexibility to be an injury risk factor, the test values for flexibility will also be presented.

A systematic literature review was conducted by the search of two electronic databases: Scopus and PubMed. The initial search identified a total of 492 articles, out of which seven studies were included in the qualitative analysis of this systematic review. High heterogeneity of the included studies is reflected in various positions and tests in which the pelvic tilt and flexibility were examined as well as different characteristics of the participants.

The analysis of the included studies suggests that core stability training is an effective method for better control of the pelvic tilt, which may contribute to the optimal relation of force and length of the hamstring and, consequentially, reduce the injury risk. However, given that only one study examines the pelvic tilt in a motion that can be related to hamstring injury, a larger number of such studies should

¹ Ovaj je rad prerađena inačica diplomskog rada Davora Kune pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Tatjane Trošt Bobić obranjenog na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u svibnju 2023.

natkoljenice i posljedično utječe na smanjenje rizika za ozljedu. No, uzevši u obzir da samo jedna studija proučava položaj zdjelice u pokretu koji se može poistovjetiti s mehanizmom nastanka ozljede mišića stražnje strane natkoljenice, potrebna je provedba većeg broja takvog tipa istraživanja. Ta bi provedba doprinijela stvaranju jasnijih uputa i smjernica u odabiru vježbi PST-a za pojedini sport te određivanju njihova intenziteta i volumena izvođenja. Rezultati provedenih studija također pokazuju da trening PST-a može utjecati na povećanje fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice mjerene različitim testovima, što se može objasniti mehanizmima poput poboljšanja u aktivaciji dubokog stabilizacijskog mišićnog podsistema te povećanja u proksimalnoj krutosti.

Ključne riječi: mišići stražnje strane natkoljenice, nagib zdjelice, proksimalna stabilnost trupa, trening

be conducted. The implementation of such research would provide more specific instructions and guidelines for the selection of core stability exercises for different sports as well as define their intensity and volume. The results of the conducted studies reveal that core stability training leads to better results in tests which assess hamstring flexibility. This improvement can be explained by more intensive activation of the deep stabilising muscle subsystem as well as an increase in proximal stiffness.

Key words: hamstring, pelvic tilt, proximal core stability, training

UVOD

Različiti oblici vježbi proksimalne stabilnosti trupa (eng. *core stability exercises*) primjenjuju se u brojnim programima prevencije i rehabilitacije ozljeda te su sastavni dio treninga u profesionalnom i amaterskom sportu, kao i u raznim oblicima rekreativnih aktivnosti. Termin 'proksimalna stabilnost trupa' (PST) može se opisati kao sposobnost pojedinca da kontrolira poziciju i gibanje trupa u odnosu na zdjelicu kako bi se izvršilo optimalno stvaranje, prijenos i kontrola sile i pokreta usmjerenih prema distalnom segmentu u integriranim pokretima (21). Uzevši u obzir aktivnu ulogu mišića trupa prilikom izvođenja motoričkih zadataka statičkog i dinamičkog karaktera, nagib zdjelice (NZ) može se koristiti s ciljem proučavanja kvalitete biomehaničke izvedbe pokreta, kao i s ciljem boljeg razumijevanja obrazaca pokreta koji bi se mogao povezati s većim rizikom za ozljeđivanje.

U ovom će se radu primarno promatrati nagib zdjelice kao parametar PST-a koji je u izravnoj povezanosti s mišićima stražnje strane natkoljenice (eng. *hamstring*).² Spomenuta se povezanost prije svega očituje na anatomske i funkcionalnoj razini. Mišići stražnje strane natkoljenice (duga glava *m. biceps femoris*, *m. semimembranosus* i *m. semitendinosus*), s iznimkom kratke glave *m. biceps femoris* (BF), polaze sa sjedne kvrge zdjelice zajedničkom tetivom (1) uz dodatnu povezanost duge glave BF-a sa zdjelicom preko sakrotuberalnog ligamenta (38) te se hvataju za strukture u području koljenog zgloba, uz specifičnosti svakog mišića (37). Sukladno ukratko opisanoj povezanosti, funkcija hamstring mišića ovisi o položaju i kinematici zdjelice, no jednako tako funkcija lumbo-zdjeličnog kompleksa ovisi o

karakteristikama hamstring mišića, poput fleksibilnosti (41). Također, mišići stražnje strane natkoljenice stabiliziraju zdjelicu u sagitalnoj ravnini kontrolirajući anteriorni nagib zdjelice tijekom fleksije trupa prema naprijed (4).

Budući da su akutne ozljede mišića stražnje strane natkoljenice najčešće ozljede u sportu i zbog tendencije njihovog ponovnog nastanka (12), brojni su autori pokušali utvrditi u kojoj mjeri različiti čimbenici utječu na nastanak ozljede. Prema izvješću sistematskih pregleda literature i meta-analize, može se zaključiti da su prethodna ozljeda hamstring mišića i povišena dob sportaša najznačajniji rizični čimbenici za ozljedu hamstring mišića (13,39,34). No, u literaturi, ali i u trenerskoj praksi, može se izdvojiti još jedan rizični čimbenik za ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice relevantan za ovaj rad, a to je proksimalna stabilnost trupa (47,27) jer će se u ovom radu promatrati sagitalni nagib zdjelice, parametar koji se u određenim pokretima može smatrati mjerom PST-a.

Budući da je mehanizam ozljede mišića stražnje strane natkoljenice najviše promatran u trkačkim, odnosno sprinterskim aktivnostima (27), pažnja će u nastavku biti usmjerena na mehanizam nastanka „sprinterskog tipa“ ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Uz „sprinterski tip“, postoji i „istezajući tip“ ozljede koji je uzrokovan velikom amplitudom fleksije u zglobu kuka uz opruženo koljeno gdje se mišić nalazi u izduljenoj poziciji (10). Ovaj tip ozljede čest je u sportovima kao što su ples, gimnastika i taekwondo (3).

Danielsson i sur. (10), temeljem provedbe sustavnog pregleda literature, navode da se ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice najčešće događa u kasnoj fazi zamaha tijekom trčanja, posebice tijekom sprinta, a postoji nekoliko

² U stručnoj literaturi na hrvatskom jeziku često se za mišiće stražnje strane natkoljenice zbog ekonomičnosti koristi engleski izraz *hamstring* (31,19,30).

razloga koji mogu objasniti taj fenomen. Naime, u toj fazi hamstring mišići podnose iznimno veliko opterećenje (44) te također dosežu svoju najveću duljinu (8). Navedene karakteristike u kombinaciji s pokretima visokih brzina tijekom sprinta stavljaju mišiće stražnje strane natkoljenice u „povoljan“ položaj za ozljedu (17). Dakle, uzevši u obzir da se ozljede mišića stražnje strane natkoljenice događaju najčešće u njegovoj izduženoj poziciji (ekscentrični režim rada), prekomjerni nagib trupa naprijed, odnosno povećani anteriorni nagib zdjelice, uzrokovao bi još veće povećanje relativne duljine dvozglonih mišića stražnje strane natkoljenice te na taj način potencijalno povećao rizik za ozljedu (41,18).

Pronalazi se nekoliko studija čiji rezultati konkretno impliciraju bitnu ulogu treninga PST-a u prevenciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, ali i poboljšanje sportske performanse. U studiji Schuermansa i sur. (41), koja je proučavala kinematičke parametre nogometaša mjerene u sprintu, utvrđeno je da su nogometaši s povećanim vrijednostima u parametrima anteriornog NZ i laterofleksije trupa tijekom zamašne faze sprinta bili pod većim rizikom za ozljedu hamstring mišića. U prospektivnoj studiji Chaudharie i sur. (5) utvrđeno je da su veće vrijednosti vršne anteriorno-posteriorne devijacije zdjelice kod igrača bezbolna statistički značajno povezane s većim izgledom za izostanak igrača s terena (30 dana ili više) zbog pretrpljene ozljede, uključujući i ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice.

Budući da se smatra da skraćeni mišići stražnje strane natkoljenice ograničavaju anteriorni nagib zdjelice (33), povećanje maksimalnog anteriornog nagiba zdjelice moglo bi implicirati povećanje fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice, kao i obrnuto. Iako ne promatra izravno položaj zdjelice ispitanika, studija Kuszewskog i sur. (23) jedna je od prvih u kojoj ispitanici pokazuju smanjenje krutosti hamstring mišića nakon treninga PST-a (mjerena u testu pasivne ekstenzije koljena u supiniranoj poziciji). Uzevši u obzir funkcionalnu povezanost nagiba zdjelice i duljine mišića stražnje strane natkoljenice te činjenicu da pojedini autori navode smanjenu fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice kao rizični čimbenik za njegovu ozljedu (16,48)³, u ovom će radu biti riječi i o promjenama u fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice nakon treninga stabilnosti. No, isto tako, rezultati drugih studija ne upućuju na isti zaključak (11,50,40). Vrijedi spomenuti da povećanje fleksibilnosti može pozitivno utjecati na sposobnost tetive, odnosno mišićno-tetivne jedinice da apsorbira energiju, što bi moglo objasniti smanjenje rizika za nastanak ozljede (49).

Cilj je ovog rada sustavnim pregledom literature istražiti u kojoj se mjeri treningom PST-a može utjecati na parametre nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini. Na taj način mogla bi se pružiti jasnija i šira slika o potencijalno važnoj

ulozi treninga PST-a u prevenciji, ali i rehabilitaciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Promjene u nagibu zdjelice mogu biti povezane s promjenama u fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice, stoga su vrijednosti u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice također izviještene.

METODE RADA

Sustavni pregled literature u ovome radu izvršen je u skladu sa službenim smjernicama za izradu sustavnih preglednih radova i meta-analiza: „*The Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement*“ – PRISMA 2020 (36).

Strategije pretraživanja literature

Za potrebe pretraživanja literature pretražene su elektronske baze podataka Scopus i PubMed. Pretraga je provedena u prosincu 2022. godine. U ovom pregledu literature interpretirani su radovi dobiveni pretragom kombinacije triju skupina pojmova u tražilici – (“*anterior pelvic tilt**” OR “*pelvic tilt**” OR “*posterior pelvic tilt**” OR “*pelvic inclin**” OR “*pelvic rotat**”) AND (*core* OR *trunk* OR “*lumbo-pelvic**” OR *stabil** OR *control** OR *kinematic**) AND (*intervention** OR *program** OR *training**).

Kriterij odabira radova

Kriteriji za uključivanje, odnosno isključivanje studija u ovom sistematskom pregledu literature, kreirani su uvažavanjem smjernica PICOS alata koji se ujedno koriste i za postavljanje ciljanih istraživačkih pitanja (25). U ovom sustavnom pregledu literature analizirani su radovi koji su objavljeni od početka 2012., a zaključno s 2022. godinom na engleskom jeziku. U obzir su uzete samo studije koje dizajnom pripadaju kontroliranim intervencijskim studijama.

Korpus ovog sistematskog rada čine studije provedene na zdravoj populaciji. Uzevši u obzir potencijalni utjecaj određenih stanja na promatrane ishode ovog rada, isključujući kriteriji bili su: prisutne ozljede lokomotornog sustava, invaliditet, bolni sindromi, trudnoća te početne vrijednosti nagiba zdjelice koje značajno odstupaju od normalnih.

Bilo koji oblik intervencije koji naglašava „pravilnu“ poziciju i kontrolu lumbalno-zdjeličnog kompleksa, neovisno provodi li se ona u obliku posturalnih korektivnih vježbi, fitness programa ili neke druge metode, uvažen je za uključivanje studija u kvalitativnu analizu. Također, vremensko ograničenje za minimalno, odnosno maksimalno trajanje intervencije nije postavljeno.

³ Pojam fleksibilnost u ovom se radu koristi kada se referira i na ekstenzibilnost i krutost hamstringsa (v. Tablicu 2) jer rezultati provedenih testova u uključenim studijama impliciraju da je riječ o promjeni u fleksibilnosti.

Kriterij usporedbe u ovom radu definiran je na način da uz intervencijsku grupu studije moraju imati i kontrolnu grupu ispitanika u kojoj je proveden drugi oblik intervencije ili pak, nijedan oblik intervencije nije proveden. Zaključno, promjene u nagibu zdjelice u sagitalnoj ravnini (izražene u stupnjevima) i promjene vrijednosti u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice ishodi su koji su promatrani u ovom radu.

Odabir studija

Pretragom dviju elektroničkih baza – Scopus i PubMed pronađeno je ukupno 492 rada. Nakon postupka identifikacije duplikata korištenjem Mendeley citatnog rukovoditelja te nakon probira radova čitanjem naslova i sažetaka, 12 je radova odabrano za iščitavanje u cijelosti. U konačnici, 7 je radova uvršteno u kvalitativnu analizu ovog pregleda literature. Razlozi za isključivanje 5 studija bili su neslaganje s definiranim kriterijima uključivanja studija na razini intervencije (n = 1), promatranog ishoda (n = 3) i jezika studije (n = 1).

Procjena metodološke kvalitete studija

Procjena metodološke kvalitete selekcioniranih studija provedena je na temelju popisa kriterija koji su navedeni i objašnjeni u *Study quality assessment tools* (32). Popis kriterija s pojašnjenjem nalazi se na službenoj mrežnoj stranici pod sekcijom *Quality Assessment of Controlled*

Intervention Studies. Ako je odgovor na pitanje (ukupno 14 pitanja, odnosno kriterija) za pojedini kriterij pozitivan (DA), dodijeljen je jedan bod po svakom pitanju. S druge strane, ukoliko je odgovor na pitanje kod pojedinog kriterija bio bilo koji od sljedeće navedenih: a) negativan (NE), b) nemoguće utvrditi (NU), c) nije izviješteno (NI), d) nije primjenjivo (NP), nije dodijeljen, niti oduzet nijedan bod. Bodovi pojedine studije zbrojeni su i podijeljeni s ukupnim brojem pitanja (14 pitanja) te je u konačnici kvaliteta pojedine studije izražena u postotku (0 – 100 %). Promatrajući metodološku kvalitetu radova prema dobivenim postocima, opaža se velik raspon kvalitete radova koji varira od 14 do gotovo 72 %. Uzevši u obzir relativno malen broj studija u konačnoj analizi ovog rada i druge specifičnosti samih studija, razina metodološke kvalitete selekcioniranih studija opisana je kao niska razina (0-39 %), srednja razina (40-69 %) te visoka razina metodološke kvalitete studija (70-100 %). Procjena metodološke kvalitete uključenih studija prikazana je u Tablici 1.

REZULTATI

Prikaz rezultata

Narativna sinteza uključenih studija abecednim je redosljedom autora prikazana u Tablici 2. Legenda s kraticama korištenih u tabličnom prikazu, kao i dodatna pojašnjenja ključnih podataka nalaze se ispod tablice.

Tablica 1. Procjena kvalitete metodološke izrade studija nakon njihova iščitavanja u cijelosti

Table 1. Methodology assessment of the studies after reading them in their entirety

STUDIJA	PITANJE														UKUPNO %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Cho, 2015.	DA	NI	NI	NI	NI	DA	NI	NI	NI	NI	DA	NE	DA	NI	28.6 %
Cho i Gong, 2017.	DA	NI	NI	NI	NI	DA	NI	NI	NI	NI	NI	NE	DA	NI	21.4 %
González-Gálvez i sur., 2020	DA	DA	NI	NI	DA	NI	DA	DA	DA	NI	DA	DA	DA	DA	71.4 %
Khan i sur., 2017.	DA	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	DA	DA	DA	NE	DA	NI	35.7 %
Kuszewski i sur., 2018.	DA	NI	NI	NE	NE	DA	NI	NI	DA	DA	DA	NE	DA	NI	42.9 %
Mendiguchia i sur., 2021.	NE	NP	NP	NE	NI	DA	DA	DA	DA	DA	DA	NE	DA	DA	57.1 %
Mendiguchia i sur., 2022.	NE	NP	NP	NI	NI	DA	NI	NI	DA	DA	DA	NE	DA	NI	35.7 %

Tablica 2. Izdvojeni relevantni podaci studija koje su zadovoljile kriterije za ulazak u kvalitativnu analizu
 Table 2. Selected relevant data of studies that met the criteria for entering the qualitative analysis

STUDIJA I DIZAJN STUDIJE	KARAKTERISTIKE ISPITANIKA	INTERVENCIJA	PROMATRANI ISHOD(I)	PROTOKOL TESTIRANJA	REZULTATI
Cho, 2015. RCT	n = 15 (2M) 22.6±0.3 god 161.5±3.1 cm 56.3±6.5 kg *	Izvođenje vježbe - trčanje u mjestu uz <i>abdominal drawing-in</i> manevar (način kontrakcije dubinskih mišića trupa), 3x tjedno u trajanju od 30min tijekom 6 tjedana. Naglasak na održavanju pravilne posture. Ispitanici kontrolne grupe (KG) nastavili su s uobičajenim dnevnim aktivnostima bez uključenosti u specifične oblike tjelesne aktivnosti.	**Parametri u stupnjevima: a) nagib trupa (sagitalna ravnina), b) pomak trupa (frontalna ravnina), c) nagib zdjelice (sagitalna ravnina), d) torzija zdjelice, e) rotacija zdjelice (transverzalna ravnina). Parametar izražen u milimetrima: f) položaj lopatice.	**Mjerenje je izvršeno pomoću Back Mappera –3D slikovnog sustava za dijagnostiku kralježnice, tijekom izvođenja intervencijske vježbe - trčanja u mjestu u omeđenom kvadratu (30x30cm).	** Intervencijska grupa (IG) pokazuje statistički značajno (SZ) smanjenje vrijednosti nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini (parametar c). KG ne pokazuje SZ promjene vrijednosti istog parametra.
Cho i Gong, 2017. RCT	n = 16 (1M) 23.4 ± 2.1 god 162.1 ± 3.0 cm 58.5 ± 3.6 kg	Izvođenje vježbe dinamičkog karaktera (primjenom PNF koncepta) uz izvođenje <i>abdominal drawing-in</i> manevara. Naglasak na održavanju pravilne pozicije trupa. Trajanje intervencije 6 tj, a trening sesija (u kojoj se izvodila ista vježba) provodila se 3x tj u trajanju od 25-30min. KG provela je trening sesiju samo 2 puta.	**Parametri izraženi u stupnjevima: a) nagib trupa (sagitalna ravnina), b) pomak trupa (frontalna ravnina), c) nagib zdjelice (sagitalna ravnina), d) torzija zdjelice, e) rotacija zdjelice (transverzalna ravnina). Parametar izražen u milimetrima: f) položaj lopatice.	**Mjerenje je provedeno tijekom izvođenja iste vježbe koja se izvodila u periodu intervencije. Posturalne promjene prije i nakon intervencije identificirane su Back Mapperom –3D slikovnim sustavom za dijagnostiku kralježnice.	** Ispitanici IG-e pokazuju SZ smanjenje vrijednosti nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini (parametar c) nakon provođenja intervencije. KG ne pokazuje SZ promjene vrijednosti istog parametra nakon intervencije.
González-Gálvez i sur., 2020. RCT	n = 118 124 M i 112 Ž (uključujući i KG) 13.15±1.24 god (uključujući i KG) * Visina i težina nisu izviještene u radu - potencijalno zbog dugog perioda intervencije tijekom adolescentske dobi.	Provođenje 9-mjesečnog pilates programa (2 sesije tjedno u trajanju od 15min). Ukupno 12 vježbi jačanja, fleksibilnosti i mišićne izdržljivosti uz naglasak na pravilan ciklus disanja. Nove vježbe uvedene su progresivno u intervenciju prema težini izvedbe. KG nije provela nikakav oblik intervencije.	Nagib zdjelice i zakrivljenost kralježnice u sagitalnoj ravnini (torakalna i lumbalna zakrivljenost). Promjene u ekstenzibilnosti hamstring mišića.	Parametri zakrivljenosti kralježnice i NZ mjereni su u pozicijama: 1. opuštena stojeća pozicija, 2. aktivno poravnanje u stojećoj poziciji, 3. pozicija dodirivanja prstiju (<i>toe-touch test position</i>). Ekstenzibil. hamstring mišića mjerena je u testovima pasivnog i aktivnog podizanja ispružene noge i u <i>toe-touch</i> testu.	IG pokazuje SZ smanjenje vrijednosti NZ u opuštenoj stojećoj poziciji, kao i u poziciji aktivnog poravnanja u stojećoj poziciji. U poziciji <i>toe-touch test position</i> nema SZ promjene u NZ. Ekstenzibil. hamstring mišića povećana je SZ u svim testovima u IG. KG ne pokazuje SZ promjene niti u jednoj spomenutoj varijabli.

STUDIJA I DIZAJN STUDIJE	KARAKTERISTIKE ISPITANIKA	INTERVENCIJA	PROMATRANI ISHOD(I)	PROTOKOL TESTIRANJA	REZULTATI
Khan i sur., 2017. RCT	n = 10 20-30 god	I trening sesija na Trunk Support Trainer-u (TruST) - spravi koja pruža potporu (<i>assist-as-needed force strategy</i>) u trenutku gubitka ravnotežnog položaja vježbača. Ispitanici IG-e u sjedećoj su poziciji na spravi dohvatom premještali klinove postavljene ispred njih. Ispitanici KG-e proveli su isti protokol, no bez <i>assist-as-needed force strategy</i> koncepta.	Pomak težišta donjeg dijela trupa. Ostali kinematički parametri, uključujući i promjene u NZ.	U testu dosega (<i>functional reach test</i>) ispitanici su imali zadatak pomaknuti drveni blok maksimalno prema naprijed iz sjedeće pozicije. Drugi se test sastojao od premještanja klinova, kao i u intervenciji, no bez <i>assist-as-needed force strategy</i> koncepta. U spomenuta 2 testa promatrani su parametri nagiba i pomaka zdjelice.	Nakon jedne trening sesije na TruST-u na razini točke gubitka ravnotežnog položaja, kao i preko nje, pripadnici IG-e postižu bolje rezultate u testu dosega u sjedećoj poziciji, povećavajući SZ vrijednosti posteriornog NZ prije trenutka gubitka ravnotežnog položaja. KG ne pokazuje SZ promjene istog parametra.
Kuszewski i sur., 2018. RCT	n = 15 (3Ž) 25.67±4.19 god 177.80±11.67 cm 73.36±7.27 kg Sudjeluju ispitanici (i intervencijske i kontrolne grupe) koji pokazuju povećanu krutost hamstring mišića prije intervencije.	Ispitanici IG-e ukupno su proveli 8 trening sesija. Intervencija se sastojala od izvođenja <i>abdominal drawing-in</i> manevra te vježbi, odnosno održavanja stabilnosti trupa (uz modifikacije) u položajima upora u supiniranoj i proniranoj poziciji (<i>prone and supine bridging</i>). KG nije primila nikakav oblik intervencije.	Promjene u anteriornom NZ. Promjene u krutosti hamstring mišića. Utvrđivanje korelacije između krutosti hamstring mišića u PKE testu i vrijednosti anteriornog NZ u pozicijama: a) neutralnoj stojećoj poziciji (UPT) i b) fleksiji trupa prema naprijed (FBPT).	Promjene u anteriornom NZ mjerene su u pozicijama: a) UPT i b) FBPT uz korištenje Saunders digitalnog inklinometra. Promjene u krutosti hamstring mišića mjerene su u testu pasivne ekstenzije koljena (PKE).	SZ povećanje anteriornog NZ u obje pozicije (UPT i FBPT) samo kod IG-e. SZ smanjenje krutosti hamstring mišića (PKE test) samo kod IG-e. IG i KG pokazuju SZ negativnu i umjerenu korelaciju između rezultata u varijabli PKE i FBPT. Između rezultata u varijabli PKE i UPT nema SZ korelacije.

STUDIJA I DIZAJN STUDIJE	KARAKTERISTIKE ISPITANIKA	INTERVENCIJA	PROMATRANI ISHOD(I)	PROTOKOL TESTIRANJA	REZULTATI
Mendiguchia i sur., 2021. non-RCT	n = 15 (0 Ž) 25.73±25.73 god 182.73±6.95 cm 81.40±5.51 kg	IG izvela je 18 trening sesija tijekom 6 tjedana (3 sesije tjedno) u trajanju od 45min. Multimodalna intervencija sastojala se od: a) aktivnih korektivnih vježbi i manualne terapije. Progresivno povećavanje kompleksnosti izvedbe vježbi i volumena izvođenja. IG i KG nastavile su normalno s ostalim svakodnevnim tjelesnim aktivnostima tijekom intervencijskog perioda. Ispitanici KG-e nisu sudjelovali ni u kakvom obliku intervencije.	Promjene u anteriornom nagibu zdjelice tijekom ciklusa hoda. Fleksibilnost hamstring mišića – <i>active knee extension test</i> (AKE) i izdržljivost trupa.	Izračunavanje prosječnog kuta anteriornog nagiba zdjelice u ciklusu hoda koji je promatran u vremenskom intervalu 20-40s tijekom 60s hodanja. Senzorni uređaj bio je pričvršćen za kožu ispitanika pomoću kojeg se mjerio totalni raspon anteriornog i posteriornog nagiba zdjelice u odnosu na horizontalu tijekom ciklusa hoda te je raspon nagiba zdjelice bio izražen u stupnjevima.	Nakon multimodalne intervencije (lumbo-zdjelična mobilnost, samomasaža, vježbe jakosti, manualna terapija itd.), ispitanici IG-e demonstrirali su SZ smanjenje kuta anteriornog NZ tijekom ciklusa hoda i SZ poboljšanje u AKE testu. Ispitanici KG-e nisu demonstrirali SZ promjene u istim parametrima.
Mendiguchia i sur., 2022. Prospektivna komparativna studija	n = 7 (0 Ž) 179±7 cm 75.9±9 kg *	IG provodila je 3 trening sesije tjedno, tijekom 6 tjedana. Program treninga uključivao je komponente <i>strenght and conditioninga, coachinga</i> te komponente fizikalne terapije. IG nije nastavila sa svojim uobičajenim treningom tijekom intervencije. Od ispitanika KG-e zatraženo je da ne modificiraju dosadašnji trening tijekom intervencijskog perioda.	Utjecaj multimodalnog treninga na kinematičke parametre zdjelice i natkoljenice tijekom maksimalnog sprinta. Izvedba maksimalnog sprinta na 35m, izraženim kroz prolazna vremena (mjerena u sekundama).	Ispitanici su izveli 2 sprinta na 35m maksimalnom brzinom s pauzom između ponavljanja. Tijekom izvedbe sprinta promatrani su kinematički parametri zdjelice i natkoljenice. Na tijelu ispitanika bili su postavljeni markeri za prikupljanje 3D kinematičkih podataka.	IG pokazuje SZ smanjenje anteriornog NZ tijekom kasne faze zamaha maksimalnog sprinta. Rezultati većine prolaznih vremena IG-e SZ su bolji od inicijalnih rezultata. Ispitanici KG-e nisu demonstrirali SZ promjene u spomenutim varijablama.

IG – intervencijska grupa, KG – kontrolna grupa, RCT – randomizirana kontrolirana studija, non-RCT – ne-randomizirana kontrolirana studija, SZ – statistički značajno, tj – tjedan, ekstenzib. - ekstenzibilnost

* - autori ne naglašavaju označava li vrijednost (za parametre dobi, visine i težine) pored aritmetičke sredine (AS±...) standardnu devijaciju (SD) ili neku drugu mjeru varijabilnosti, dok druge studije navode vrijednosti istih parametara u obliku (AS±SD)

** - moguća pogreška u interpretaciji zbog nedostatka autorovog pojašnjenja

SAŽETAK REZULTATA

Parametar NZ i fleksibilnost u studijama se mjere, odnosno procjenjuju različitim testovima i promatraju tijekom izvođenja različitih pokreta. Jednako tako, pronalazi se visok stupanj heterogenosti i među karakteristikama ispitanika. Primjerice, različita spolna pripadnost i širok raspon dobi ispitanika parametri su koji variraju ne samo

između studija, već i unutar iste studije. Također, provedene intervencije različitoga su karaktera te se ne zasnivaju na istim mehanizmima djelovanja na promatrani status ispitanika. Pa tako dvije studije (29,28) u svojoj intervenciji primjenjuju, uz određeni tip treninga PST-a, i komponente manualne terapije.

Temeljem rezultata uključenih studija uočavaju se promjene u parametru nagiba zdjelice nakon provedenog

treninga proksimalne stabilnosti trupa. Od sedam studija uključenih u kvalitativnu analizu, dvije studije (29,28) promatraju promjene NZ referirajući se izravno na njegovu bitnu ulogu u prevenciji ozljede mišića stražnje strane natkoljenice u trkačkim aktivnostima. Konkretno, studija Mendiguchie i sur. (28) jedina proučava promjenu NZ mjerene u sprintu te ispitanici nakon šestotjedne intervencije bilježe niže vrijednosti anteriornog NZ u kasnoj zamašnoj fazi ciklusa sprinta što se može povezati s mehanikom sprinta koja stavlja mišiće stražnje strane natkoljenice pod manji rizik za ozljedu. Rezultati druge studije (29) također izvještavaju statistički značajno smanjenje vrijednosti anteriornog NZ, no za razliku od prethodne studije, položaj zdjelice nije promatran u ciklusu sprinta, već tijekom hoda. Iako je NZ u studiji mjereno u hodu, uzevši u obzir slično ponašanje anteriornog NZ u ciklusu hoda i u ciklusu trčanja, zaključak studije teoretski je primjenjiv i na aktivnosti trkačkog tipa (29). Vrijedi istaknuti da se provedba dviju spomenutih studija odlikuje detaljnošću i transparentnošću u opisu provedbe intervencije i mjerenja rezultata.

Dvije studije (7,6) izvještavaju o smanjenju vrijednosti NZ ispitanika nakon provedene intervencije te autori povezuju taj ishod (zajedno s promjenama ostalih parametara) s poboljšanjem posture ispitanika nakon intervencije, obje u trajanju od 6 tjedana. Radi bolje stabilnosti trupa tijekom izvođenja vježbi, autori predlažu primjenu koncepta *abdominal drawing-in* manevra (način kontrakcije dubinskih mišića trupa). Niska metodološka kvaliteta studija i ograničenja na razini engleskog jezika reflektiraju se u nejasnom definiranju promatranih parametara, kao i u protokolu njihova mjerenja. Posljedično, teško se može sa sigurnošću utvrditi odnosi li se promatrani položaj zdjelice specifično na položaj, odnosno nagib zdjelice u sagitalnoj ravnini. Također, nejasno je mjere li se promatrani parametri tijekom izvođenja intervencijske vježbe ili pak u nekoj drugoj poziciji.

Promjene u NZ mogu upućivati na bolju PST-a u različitim položajima, odnosno motoričkim zadacima. Primjerice, ispitanici u studiji Khana i sur. (20) nakon provedene jedne trenažne sesije na specifičnom uređaju (TruST) ostvaruju bolje rezultate u testu dosega u sjedećoj poziciji (*functional reach test*), demonstrirajući značajno veće vrijednosti posteriornog nagiba zdjelice u odnosu na kontrolnu grupu.

Nakon provedenih intervencija s komponentama treninga PST-a, primjećuje se i poboljšanje rezultata u testovima koji procjenjuju fleksibilnost hamstring mišića (15,22,29), neovisno o razini fleksibilnosti hamstring mišića izviještenoj prije početka same intervencije. Iako proučavaju slične parametre, dvije studije (22,15) pokazuju različite vrijednosti u parametrima NZ nakon intervencije, mjenjenih u stojećoj poziciji te poziciji fleksije trupa u stojećoj poziciji, a uzrok tome vjerojatno su različite vrijednosti fleksibilnosti hamstring mišića ispitanika prije početka intervencije, kao i različita dob ispitanika u studijama. Naime, u studiji Kuszewskog i sur. (22) sudjelovali su samo

ispitanici koji su u početnim vrijednostima demonstrirali povećanu krutost hamstring mišića. Ispitanici iste studije nakon intervencije pokazuju povećanje anteriornog NZ u stojećoj poziciji, kao i u poziciji fleksije trupa prema naprijed u stojećoj poziciji, dok ispitanici studije González-Gálveza i sur. (15), s druge strane, pokazuju smanjenje NZ u stojećoj poziciji te ne pokazuju promjene NZ u poziciji fleksije trupa prema naprijed u stojećoj poziciji (*toe-touch test position*). Također, autori studije (15) navode pozitivne promjene u posturi adolescenata u stojećoj poziciji nakon intervencijskog perioda dužeg trajanja (9 mjeseci), a pozitivne su promjene pripisane, između ostalog, smanjenju NZ mjenjenog u stojećoj poziciji.

RASPRAVA

Promjene u NZ u uključenim studijama proučavaju se u različitim pozicijama, odnosno motoričkim zadacima te autori izvještavaju pozitivne promjene u posturi i PST-a nakon provedenih intervencija. Studija Mendiguchie i sur. (28) posebice se ističe jer izravno prikazuje pozitivne promjene nakon intervencijskog perioda, koje se očituju u boljoj PST-a, odnosno smanjenju anteriornog NZ u kasnoj fazi zamaha u sprintu, što se može povezati s manjim rizikom za sprinterski tip ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Također, kinematika donjih ekstremiteta po završetku intervencije promijenjena je te ispitanici počinju usvajati karakteristike *front-side* mehanike sprinta (povećanje maksimalne visine dosegnute koljenom, kraći kontakt s podlogom i sl.) koja se naposljetku reflektira i u bržoj izvedbi sprinta (s), mjenjenog na 35m (28). Iako rezultati dviju studija demonstriraju pozitivne promjene kinematičkih parametara zdjelice i natkoljenice u hodu i sprintu (29,28), i dalje se ne može znati u kojoj su točno mjeri vježbe s naglaskom na PST-a pridonijele pozitivnim promjenama u odnosu na ostale komponente multimodalnih intervencija ovih studija (komponente manualne terapije i *coachinga*).

Ostale uključene studije također impliciraju potencijalno bitnu ulogu treninga PST-a u prevenciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, ali i u njegovoj rehabilitaciji. Govoreći o rehabilitaciji, kombinacija treninga PST-a i agilnosti pokazala se uspješnom u studiji koju su proveli Sherry i Best (42) gdje su ispitanici imali manju stopu ponovnog ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice u odnosu na skupinu ispitanika koja je izvodila vježbe izoliranog istezanja mišića stražnje strane natkoljenice i jakosti. No, isto tako, treba istaknuti da je upitno u kojoj se mjeri zabilježena poboljšanja posture i parametara PST-a uključenih studija mogu očitovati u višem stupnju kontrole PST-a u pokretima koje smatramo rizičnima za nastanak sprinterskog i istezajućeg tipa ozljede mišića stražnje strane natkoljenice. Lederman (24) ističe da ukoliko želimo poboljšati kontrolu PST-a u određenom pokretu (rizičnom primjerice), važno je trenirati uvažavajući principe specifičnosti tog pokreta kako bismo bili efikasniji

u njegovoj izvedbi. Sukladno rečenom, trening PST-a koji adresira ozljede hamstring mišića kod plesača (istežući tip ozljede) trebao bi se razlikovati od treninga koji adresira ozljede hamstring mišića sprinterskog tipa jer sprinterski tip ozljede nastaje pri pokretima visokih brzina (17), za razliku od ozljeda hamstring mišića kod plesača koje nastaju tijekom sporog pokreta fleksije kuka uz opruženo koljeno (2).

Studija Khana i sur. (20), koja je uključena u kvalitativnu analizu ovog rada, pokazuje zanimljive rezultate jer ispitanici nakon jednog treninga na razini točke gubitka ravnotežnog položaja, kao i preko nje, pokazuju višu razinu PST-a. Pokazatelj te više razine PST-a je, među ostalim, povećana rotacijska komponenta zdjelice (povećanje posteriornog nagiba zdjelice) u testu doseg a u sjedećoj poziciji. Iako su ispitanici trening provodili na specijalno dizajniranoj spravi uz primjenu *assist-as-needed force strategy* koncepta, teoretski gledano, sličan bi se efekt mogao postići u materijalno jednostavnijim uvjetima, primjerice, uz primjenu elastičnih traka ili uz pomoć drugog suvježbača ili trenera. Ovaj koncept treninga na granici ravnotežnog položaja potencijalno bi mogao pronaći svoju primjenu u adresiranju istežujućeg tipa ozljede hamstring mišića, karakterističnog za sportove poput plesa u kojem vježbači trebaju imati visok stupanj ravnoteže i u kojem se ozljede događaju tijekom sporijih pokreta fleksije kuka uz opruženo koljeno (2).

Ovaj sistematski pregled literature također je pokazao da ispitanici koji su provodili trening PST-a ostvaruju poboljšanje rezultata u testovima koji procjenjuju fleksibilnosti hamstring mišića (15,22, 29). Nekoliko potencijalnih mehanizama može objasniti tu pojavu, među kojima se ističe kronično istežanje (koje se također može događati, ovisno o tipu vježbi) te povećanje u proksimalnoj krutosti koja može rezultirati u većoj mobilnosti distalnih segmenata (29). Također, aktivacija dubokog stabilizacijskog mišićnog podsistema uz poboljšanje njegove interakcije s površnim mišićnim podsistemom sličan je mehanizam koji bi mogao objasniti poboljšanje rezultata u testovima fleksibilnosti (23). Ishodi i saznanja navedenih studija upućuju na potencijalne prednosti izvođenja vježbi PST-a u intervencijama s ciljem povećanja fleksibilnosti hamstring mišića, no treba naglasiti da se pozitivne promjene u fleksibilnosti na račun vježbi PST-a događaju vrlo vjerojatno bez značajnih promjena u samim mišićno-tetivnim jedinicama (29). Također, ishodi uključenih studija upućuju da bi kombinacija vježbi PST-a i određenih oblika istežanja mogla biti uspješnija u konačnom povećanju fleksibilnosti hamstring mišića nego samo provođenje vježbi statičkog istežanja.

Trening PST-a neizostavna je sastavnica u pripremi sportaša koja je jednako tako zastupljena i u sklopu preventivnih programa raznih ozljeda, uključujući i ozljeda hamstring mišića (26,46,43). No, promatrajući stopu ozljeđivanja u navedenim studijama, provedba preventivnih programa takvog tipa ne upućuje na jednosmjerni zaključak

o njihovoj učinkovitosti. Nadalje, sistematskim pregledom literature uočava se oskudan broj studija koje promatraju učinke treninga PST-a na promjene u mehanizmu koji se može povezati sa sprinterskim i/ili istežujućim tipom ozljeda hamstring mišića koje se događaju u njegovoj izduženoj poziciji. Iako postoje indicije da je dobra kontrola PST-a, odnosno dobra kontrola NZ sportaša, važan medijator u odnosu sile i duljine hamstring mišića, potrebna je provedba većeg broja istraživanja koja bi utvrdila u kojoj se mjeri može utjecati na taj odnos pomoću treninga PST-a i time potencijalno smanjili rizik za (ponovnu) ozljedu. Provedba većeg broja istraživanja takvog tipa ponudila bi preciznije upute i smjernice u odabiru vježbi PST-a za pojedini sport, određivanju njihova intenziteta i volumena te u implementaciji vježbi PST-a u preventivski i/ili rehabilitacijski program koji sadrži i ostale komponente (npr. vježbe jakosti, agilnosti, komponente manualne terapije i sl.). Zbog navedenih razloga, druge metode koje su bolje istražene trebale bi potencijalno zauzimati važnije mjesto u preventivnim i rehabilitacijskim programima sprinterskog i istežujućeg tipa ozljede hamstring mišića. Među tim se metodama definitivno ubrajaju one koje adresiraju aspekte jakosti hamstring mišića. Rezultati studija provedenih od strane autora Opar i sur. (35) i Gabbe i sur. (14) upućuju da bi povećanje ekscentrične jakosti hamstring mišića smanjilo rizik za ozljedu, dok Ahmad i sur. (1) navode da razlika u bilateralnoj jakosti hamstring mišića veća od 10-15 % predstavlja povećan rizik za ozljedu. U kontekstu asimetrije također bi se trebalo voditi računa o funkcionalnom omjeru između ekscentrične jakosti mišića stražnje strane natkoljenice i koncentrične jakosti *m. quadriceps femoris* iste noge, čija bi idealna vrijednost trebala biti 1,0 (9).

Valja spomenuti da postoji nekoliko ograničenja u ovom radu. Iako su promjene u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice nakon treninga PST-a izvještene, zbog kompleksnosti u postupka pretrage baza podataka, fleksibilnost kao pojam nije uvršten u kombinaciji s ostalim, prethodno navedenim, pojmovima pretrage. Potencijalno, ostali radovi koji ne promatraju parametar NZ, a promatraju promjene u fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice nakon treninga PST-a, možda bi doprinijeli boljem razumijevanju važnosti treninga PST-a u adresiranju fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice. Također, promatrajući parametar nagiba zdjelice, odnosno promatrajući pokret rotacije zdjelice u sagitalnoj ravnini kao izolirani pokret, zanemaren je utjecaj ostalih pokreta koji se sinkronizirano događaju te koji potencijalno utječu na vrijednost NZ. Primjerice, rotacija zdjelice u sagitalnoj ravnini i lumbalna fleksija sinkronizirani su pokreti u izvođenju fleksije trupa u stojećoj poziciji (45). Stoga, ukoliko se parametar NZ koristi u svrhu proučavanja nekog fenomena (npr. ozljede, patološkog stanja, kvalitete pokreta), ostale varijable koje utječu na položaj zdjelice također bi trebale biti promatrane radi dobivanja šire i potpunije slike o proučavanoj pojavi.

ZAKLJUČAK

Provedeni sistematski pregled literature imao je za cilj odrediti u kojoj se mjeri treningom PST-a može utjecati na nagib zdjelice i fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice i time potencijalno smanjiti rizik za ozljedu, uzevši u obzir mehanizme nastanka ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Analiza uključenih studija upućuje da se treningom PST-a može pozitivno utjecati na kontrolu nagiba zdjelice. Budući da samo jedna studija eksplicitno promatra promjene NZ u mehanizmu nastanka ozljede (sprinterski tip ozljede), veći broj studija trebao bi biti uključen u analizu kako bi se potvrdile dobrobiti treninga PST-a promatrane na ovaj način. Zbog toga, provedba drugih,

bolje proučenih metoda (npr. različiti oblici treninga jakosti) trebala bi još uvijek imati važniju ulogu u preventivskim i rehabilitacijskim programima. Također, nakon provedenih intervencija zapaženo je poboljšanje rezultata u testovima koji procjenjuju razinu fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice, što se može objasniti mehanizmima poput poboljšanja aktivacije dubokog stabilizacijskog mišićnog pod sistema te povećanja u proksimalnoj krutosti. Iako je upitno u kojoj mjeri vježbe PST-a utječu na promjene u samim mišićno-tetivnim jedinicama mišića stražnje strane natkoljenice, kombinacija vježbi PST-a i vježbi istezanja potencijalno zauzima važnu ulogu u prevenciji i rehabilitaciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice.

Literatura

- Ahmad CS, Redler LH, Ciccotti MG, i sur. Evaluation and management of hamstring injuries. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12): 2933-47.
- Askling CM, Tengvar M, Saartok T, i sur. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching. *Am J Sports Med.* 2007; 35(10): 1716-24.
- Askling CM, Tengvar M, Saartok T, i sur. Proximal hamstring strains of stretching type in different sports. *Am J Sports Med.* 2008; 36(9): 1799-804.
- Cejudo A, Centenera-Centenera JM, Santonja-Medina F. The potential role of hamstring extensibility on sagittal pelvic tilt, sagittal spinal curves and recurrent low back pain in team sports players: A gender perspective analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(16): 8654.
- Chaudhari AMW, McKenzie CS, Pan X, i sur. Lumbopelvic control and days missed because of injury in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 2014; 42(11): 2734-40.
- Cho M. Effects of running in place accompanied by abdominal drawing-in on the posture of healthy adults. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27(5): 1613-6.
- Cho M, Gong W. The effects of dynamic exercise using the proprioceptive neuromuscular facilitation pattern on posture in healthy adults. *J Phys Ther Sci.* 2017; 29(6): 1070-3.
- Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech.* 2007; 40(16): 3555-62.
- Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadiceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci Med.* 2002; 1(3): 56-62.
- Danielsson A, Horvath A, Senorski C, i sur. The mechanism of hamstring injuries – a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020; 21(1): 641.
- Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, i sur. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players. *Am J Sports Med.* 2010; 38(6): 1147-53.
- Ernlund L, de Almeida Vieira L. Hamstring injuries: Update article. *Rev Bras Ortop (English Edition).* 2017; 52(4): 373-82.
- Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013; 47(6): 351-8.
- Gabbe BJ, Branson R, Bennell KL. A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian football. *J Sci Med Sport.* 2006; 9(1-2): 103-9.
- González-Gálvez N, Marcos-Pardo PJ, Trejo-Alfaro H, i sur. Effect of 9-month Pilates program on sagittal spinal curvatures and hamstring extensibility in adolescents: Randomised controlled trial. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 9977.
- Henderson G, Barnes CA, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *J Sci Med Sport* 2010; 13(4): 397-402.
- Hickey JT, Opar DA, Weiss LJ, i sur. Current clinical concepts: Hamstring strain injury rehabilitation. *J Athl Train.* 2022; 57(2): 125-35.
- Hoskins W, Pollard H. The management of hamstring injury—Part 1: Issues in diagnosis. *Man Ther.* 2005; 10(2): 96-107.
- Kasović M, Potočanac Z, Cifrek M, i sur. Razlike u mišićnoj aktivnosti jednu godinu nakon rekonstrukcije prednje ukrižene sveze koljena. *HŠMV.* 2009; 24: 76-81.
- Khan MI, Santamaria V, Kang J, i sur. Enhancing seated stability using trunk support trainer (TruST). *IEEE Robot Autom Lett.* 2017; 2(3): 1609-16.
- Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006; 36(3): 189-98.
- Kuszewski MT, Gnat R, Gogola A. The impact of core muscles training on the range of anterior pelvic tilt in subjects with increased stiffness of the hamstrings. *Hum Mov Sci.* 2018; 57: 32-39.
- Kuszewski M, Gnat R, Saulicz E. Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: A preliminary study. *Scand J Med Sci Sports.* 2009; 19(2): 260-6.
- Lederman E. The myth of core stability. *J Bodyw Mov Ther.* 2010; 14(1): 84-98.
- Martin Z. Help and support: Systematic reviews - research guide: Defining your review question. *Libguides.murdoch.edu.au.* 25.8.2022.
- Melegati G, Tornese D, Gevi M, i sur. Reducing muscle injuries and reinjuries in one Italian professional male soccer team. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014; 3(4): 324-30.
- Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: Are we heading in the right direction? *Br J Sports Med.* 2012; 46(2): 81-5.
- Mendiguchia J, Castaño-Zambudio A, Jiménez-Reyes P, i sur. Can we modify maximal speed running posture? Implications for performance and hamstring injury management. *Int J Sports Physiol Perform.* 2022; 17(3): 374-83.
- Mendiguchia J, Gonzalez De la Flor A, Mendez-Villanueva A, i sur. Training-induced changes in anterior pelvic tilt: Potential implications for hamstring strain injuries management. *J Sports Sci.* 2021; 39(7): 760-7.
- Milanović D, Šalaj S, Gregov C. Opća kondicijska priprema u funkciji zaštite zdravlja sportaša. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2012; 63(Supplement 3): 103-19.

31. Moler J, Nešić N, Šeper V. Ozljede hamstringsa u timskim sportovima, U: Trošt Bobić T, Marinčić M, Janković S, Šklemp Kokić I, ur. 6. Međunarodni znanstveno-stručni skup „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“. Visoka škola Ivanić-Grad; Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, 2020; 309-26.
32. NIH. Study Quality Assessment Tools | National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI). Nih.gov. 2009.
33. Norris CM, Matthews M. Correlation between hamstring muscle length and pelvic tilt range during forward bending in healthy individuals: An initial evaluation. *J Bodyw Mov Ther.* 2006; 10(2): 122-6.
34. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries. *Sports Med.* 2012; 42(3): 209-26.
35. Opar DA, Williams MD, Timmins RG i sur. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47(4): 857-65.
36. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, i sur. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Syst Rev* 2021; 10(89).
37. Paulsen F, Waschke J, ur. Sobotta: Atlas anatomije čovjeka (2. hrv. izdanje). Naklada Slap. 2013.
38. Pérez-Bellmunt A, Miguel-Pérez M, Brugué MB, i sur. An anatomical and histological study of the structures surrounding the proximal attachment of the hamstring muscles. *Man Ther.* 2015; 20(3): 445-50.
39. Prior M, Guerin M, Grimmer K. An evidence-based approach to hamstring strain injury: A systematic review of the literature. *Sports Health.* 2009; 1(2): 154-64.
40. Rolls A, George K. The relationship between hamstring muscle injuries and hamstring muscle length in young elite footballers. *Phys Ther Sport.* 2004; 5(4): 179-87.
41. Schuermans J, Van Tiggelen D, Palmans T, i sur. Deviating running kinematics and hamstring injury susceptibility in male soccer players: Cause or consequence? *Gait Posture.* 2017; 57: 270-7.
42. Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004; 34(3): 116-25.
43. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, i sur. Preventing injuries in female youth football - a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2008; 18(5): 605-14.
44. Sun Y, Wei S, Zhong Y, i sur. How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing–stance transition. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47(2): 373-80.
45. Tafazzol A, Arjmand N, Shirazi-Adl A, i sur. Lumbopelvic rhythm during forward and backward sagittal trunk rotations: Combined in vivo measurement with inertial tracking device and biomechanical modeling. *Clin Biomech.* 2014; 29(1): 7-13.
46. van Beijsterveldt AMC, van de Port IGL, Krist MR, i sur. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: A cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2012; 46(16): 1114-8.
47. Wing C, Bishop C. Hamstring Strain Injuries: Incidence, Mechanisms, Risk Factors, and Training Recommendations. *Strength Cond J.* 2020; 42(3): 40-57.
48. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, i sur. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. *Am J Sports Med.* 2003; 31(1): 41-6.
49. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, i sur. Stretching and injury prevention: An obscure relationship. *Sports Med.* 2004; 34(7): 443-9.
50. Yeung SS, Suen AMY, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *Br J Sports Med.* 2009; 43(8): 589-94.