

# PROMJENA U NAGIBU ZDJELICE U SAGITALNOJ RAVNINI NAKON PROVEDENOG TRENINGA PROKSIMALNE STABILNOSTI TRUPA SUSTAVNI PREGLED LITERATURE

---

Kuna, Davor

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:778795>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Davor Kuna**

**PROMJENE U NAGIBU ZDJELICE U  
SAGITALNOJ RAVNINI NAKON PROVEDENOG  
TRENINGA PROKSIMALNE STABILNOSTI  
TRUPA: SUSTAVNI PREGLED LITERATURE**

diplomski rad

Zagreb, svibanj 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu  
Kineziološki fakultet  
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i kineziterapiji

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Razina kvalifikacije:** integrirani prijediplomski i diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapiji (univ. mag. cin.)

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Znanstveno-istraživački rad

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2022./2023., dana 27. travanja 2023.

**Mentor:** doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

**Promjene u nagibu zdjelice u sagitalnoj ravnini nakon provedenog treninga proksimalne stabilnosti trupa: sustavni pregled literature**

*Davor Kuna, 0034076749*

**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |    |                                   |                      |
|----|-----------------------------------|----------------------|
| 1. | doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić  | Predsjednik – mentor |
| 2. | izv. prof. dr. sc. Marija Rakovac | član                 |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić  | član                 |
| 4. | prof. dr. sc. Goran Marković      | zamjena člana        |

**Broj etičkog odobrenja:**

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Kineziološkog fakulteta,  
Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**  
**Faculty of Kinesiology**  
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Kinesitherapy**

**Type of program: University**

**Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate**

**Acquired title:** University Master of Kinesiology in Education and Kinesitherapy

**Scientific area:** Social sciences

**Scientific field:** Kinesiology

**Type of thesis:** Scientific-research

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2022/2023 on April 27, 2023

**Mentor:** Tatjana Trošt Bobić, PhD, assistant prof.

**Changes in Pelvic Tilt in Sagittal Plane after Core Stability Training: Systematic Literature Review**

*Davor Kuna, 0034076749*

**Thesis defence committee:**

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Tatjana Trošt Bobić, PhD, assistant prof. | chairperson – supervisor |
| 2. Marija Rakovac, PhD, associate prof.      | member                   |
| 3. Pavle Mikulić, PhD, associate prof.       | member                   |
| 4. Goran Marković, PhD, prof.                | substitute member        |

**Ethics approval number:**

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology,  
Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

---

Davor Kuna

## **Promjene u nagibu zdjelice u sagitalnoj ravnini nakon provedenog trening proksimalne stabilnosti trupa: sustavni pregled literature**

### **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 istežajući 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 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

## **Changes in Pelvic Tilt in Sagittal Plane after Core Stability Training: Systematic Literature Review**

### **ABSTRACT**

Various types of core stability exercises have an important role in prevention and rehabilitation programmes of various injuries, including the injuries of hamstring muscles. This thesis attempts to find out to what degree the core stability training can influence the changes in the pelvic tilt in the sagittal plane 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 the change 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 various 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 be conducted. Conducting of such studies 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:** core stability, hamstring, pelvic tilt, training

## SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....                          | <b>5</b>  |
| <b>3. METODE RADA</b> .....                                 | <b>6</b>  |
| 3.1. Strategije pretraživanja literature.....               | 6         |
| 3.2. Kriteriji uključivanja i isključivanja studija.....    | 6         |
| 3.3. Odabir studija.....                                    | 7         |
| 3.4. Procjena metodološke kvalitete uključenih studija..... | 9         |
| <b>4. REZULTATI</b> .....                                   | <b>12</b> |
| 4.1. Karakteristike radova.....                             | 12        |
| 4.2. Sažetak rezultata.....                                 | 20        |
| <b>5. RASPRAVA</b> .....                                    | <b>22</b> |
| <b>6. ZAKLJUČAK</b> .....                                   | <b>25</b> |
| <b>7. LITERATURA</b> .....                                  | <b>26</b> |



## 1. UVOD

Proksimalna stabilnost trupa (eng. *core stability*) koncept je kojemu je posvećeno puno pažnje od razdoblja sredine 90-ih godina, kada se termin pod tim nazivom počeo široko upotrebljavati (Lederman, 2010). Njegovi se oblici provođenja primjenjuju u brojnim programima prevencija i rehabilitacija ozljeda, korektivnim posturalnim vježbama te su sastavni dio treninga u profesionalnom i amaterskom sportu, kao i u raznim oblicima rekreativnih aktivnosti.

Kibler i sur. (2006) opisuju proksimalnu stabilnost trupa (PST) 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. No, uzevši u obzir kompleksnost i sveobuhvatnost termina PST, valja napomenuti da ne postoji njegova stroga definicija koja je univerzalno prihvaćena (Borghuis i sur., 2008).

Iako su komponente treninga PST-a prisutne u gotovo svim oblicima treninga, ovaj će sistematski pregledni rad u svojoj kvalitativnoj analizi obuhvaćati one radove koji u svojoj intervenciji (treningu) fokus imaju na „pravilnoj“ poziciji i kontroli lumbalno-zdjeličnog kompleksa.

S druge strane, parametar čija će se promjena primarno promatrati nakon provedene intervencije PST-a jest nagib zdjelice (NZ) u sagitalnoj ravnini. Uzevši u obzir aktivnu ulogu mišića trupa prilikom izvođenja motoričkih zadataka statičkog i dinamičkog karaktera, NZ parametar je koji možemo promatrati s ciljem proučavanja kvalitete biomehaničke izvedbe pokreta, kao i s ciljem boljeg razumijevanja obrazaca pokreta koje bismo mogli povezati s većim rizikom za ozljeđivanje. Također, sami položaj zdjelice povezuje se s određenim patološkim i bolnim stanjima. Primjerice, prekomjerni anteriorni NZ može biti potencijalni uzročnik femoroacetabularnog sraza, boli u predjelu donjeg dijela leđa te boli u sakroilijačnom zglobu (Falk Brekke i sur., 2020).

No, u ovom će se radu primarno promatrati nagib zdjelice kao parametar koji je u izravnoj povezanosti s mišićima stražnje strane natkoljenice (eng. *hamstring*).<sup>1</sup> Spomenuta se povezanost prije svega očituje na anatomske i funkcionalnoj razini. Mišići stražnje strane natkoljenice skupina su mišića koju čine duga i kratka glava biceps femorisa (BF), semitendinosus i semimembranosus. Svi mišići, s iznimkom kratke glave biceps femorisa,

---

<sup>1</sup> U stručnoj literaturi na hrvatskom jeziku često se za mišiće stražnje strane natkoljenice zbog ekonomičnosti koristi engleski izraz hamstring (npr. Moler i sur., 2020; Kasović i sur., 2009; Milanović i sur., 2012).

polaze sa sjedne kvrge zdjelice zajedničkom tetivom (Ahmad i sur., 2013). Duga glava BF-a zatim se hvata za glavu fibule i lateralni dio tibije (Terry i LaPrade, 1996), dok semitendinosus i semimembranosus imaju hvatište na proksimalnoj medijalnoj strani, odnosno medijalnom kondilu tibije (Paulsen i Waschke, 2013). Mišići stražnje strane natkoljenice omogućuju primarno izvođenje pokreta fleksije u zglobu koljena i ekstenzije u zglobu kuka, osim kratke glave biceps femorisa koji je jednozglobni mišić i omogućuje primarno izvođenje fleksije u zglobu koljena (Pérez-Bellmunt i sur., 2015; Bertiche i sur., 2021). Budući da dvozglojni mišići stražnje strane natkoljenice zajedničkom tetivom polaze sa sjedne kvrge zdjelice kompleksa, uz dodatnu povezanost duge glave BF-a sa zdjelicom preko sakrotuberalnog ligamenta, funkcija hamstring mišića ovisi o položaju i kinematici zdjelice, no jednako tako funkcija lumbo-zdjeličnog kompleksa ovisi o karakteristikama hamstring mišića, poput fleksibilnosti (Schuermans i sur., 2017; Pérez-Bellmunt i sur., 2015). Jednako tako, mišići stražnje strane natkoljenice stabiliziraju zdjelicu u sagitalnoj ravnini kontrolirajući anteriorni nagib zdjelice tijekom fleksije trupa prema naprijed (Kendall i sur., 2005; Norris i Matthews, 2006, prema Cejudo i sur., 2021). Izolirano gledajući, biceps femoris smatra se najvažnijim vanjskim rotatorom u koljenom zglobu, dok s druge strane, semitendinosus i semimembranosus djeluju kao unutarnji rotatori u koljenom zglobu (Paulsen i Waschke, 2013). Također, hamstring mišići imaju ulogu i dinamičkog stabilizatora prednje translacije tibije u ciklusu koraka, zajedno u suradnji s prednjim križnim ligamentom koljena koji ima ulogu statičkog stabilizatora (Koulouris i Connell, 2005).

Uzevši u obzir najčešći mehanizam nastanka ozljede mišića stražnje strane natkoljenice koji će biti dodatno pojašnjen u nastavku, ozljede mišića stražnje strane natkoljenice posebice su zastupljene u sportovima koji iziskuju sprint i ubrzanje, među kojima se ističu sportovi poput nogometa, australskog nogometa, atletike i ragbija (Bisciotti i sur., 2019). Uz prethodno spomenuti „sprinterski tip“ ozljede, razlikujemo i „istezajući tip“ ozljede mišića stražnje strane natkoljenice koji je uzrokovan velikom amplitudom fleksije u zglobu kuka uz opruženo koljeno gdje je mišić u izduljenoj poziciji (Danielsson i sur., 2020). Ovaj tip ozljede čest je u sportovima kao što su ples, gimnastika i taekwondo (Askling i sur., 2008).

Budući da su akutne ozljede mišića stražnje strane natkoljenice najčešće ozljede u sportu i zbog tendencije njihovog ponovnog nastanka (Ernlund i Vieira, 2017), brojni su autori pokušali utvrditi u kojoj mjeri različiti čimbenici utječu na nastanak ozljede. Prema izvješću sistematskih pregleda literature i meta-analize, možemo zaključiti da su prethodna ozljeda hamstring mišića i povišena dob sportaša najznačajniji rizični čimbenici za ozljedu hamstring mišića (Freckleton

i Pizzari 2013; Prior i sur., 2009; Opar i sur., 2012). Prior i sur. (2009) izvještavaju o povećanom riziku (1,3 – 3,9 puta veći rizik) za ozljedu hamstring mišića kod sportaša starijih od 23 godine. Mendiguchia i sur. (2012) naglašavaju dva potencijalna uzroka ponovnog ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice - neadekvatna rehabilitacija i/ili intrinzični faktori, odnosno promjene na anatomskoj i fiziološkoj razini mišića nakon pretrpljene ozljede. Freckleton i Pizzari (2013) smatraju da povećanje u vršnom momentu sile mišića kvadricepsa predstavlja također rizični čimbenik za ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice. Jednako tako, pronalazimo i ostale intrinzične čimbenike – npr. snaga hamstring mišića, umor, fleksibilnost hamstring mišića (Prior i sur., 2009) i ekstrinzične čimbenike – npr. neadekvatno zagrijavanje (Wing i Bishop, 2020) oko kojih postoje proturječni i/ili nedovoljni dokazi u kojoj mjeri predstavljaju rizik za ozljedu (Prior i sur., 2009; Wing i Bishop, 2020). U literaturi, ali i u trenerskoj praksi, možemo izdvojiti još jedan rizični čimbenik za ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice relevantan za ovaj rad, a to je proksimalna stabilnost trupa (Wing i Bishop, 2020; Mendiguchia i sur., 2012) jer će se u ovom radu promatrati nagib zdjelice, parametar kojeg u određenim pokretima možemo smatrati mjerom PST-a.

Radi boljeg uvida u ulogu nagiba zdjelice u ozljedi mišića stražnje strane natkoljenice, potrebno je razumjeti mehanizam nastanka ozljede. Budući da je taj mehanizam najviše promatran u trkačkim, odnosno sprinterskim aktivnostima (Mendiguchia i sur., 2012), pažnja će u nastavku biti usmjerena na mehanizam nastanka „sprinterskog tipa” ozljede mišića stražnje strane natkoljenice.

Danielsson i sur. (2020), temeljem provedbe sustavnog pregleda literature, navode da se ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice najčešće događa u kasnoj fazi zamaha tijekom trčanja, dok se u ranoj oslonačnoj fazi ozljeda rjeđe događa. Naime, iako su mišići stražnje strane natkoljenice aktivni tijekom cijelog ciklusa trčanja (eng. *running gait cycle*), vrhunac njihove aktivacije događa se upravo u dvjema prethodno spomenutim fazama, a tijekom kasne zamašne faze mišićno-tetivne jedinice hamstring mišića dosežu svoju najveću duljinu jer se u toj poziciji izvodi fleksija kuka uz ekstenziju koljena (Sun i sur., 2015; Chumanov i sur., 2007). Tijekom druge polovice zamašne faze mišići stražnje strane natkoljenice aktivni su u ekscentričnom režimu rada i primarno vrše usporavanje opružanja koljena te pripremaju stopalo za kontakt, a u idućoj fazi (početak oslonačne faze) mišići stražnje strane natkoljenice prelaze u koncentrični režim rada te generiraju najveće vrijednosti sila ekstenzije kuka i fleksije koljena (Higashihara i sur., 2010; Heiderscheit i sur., 2010). Zbog navedenih karakteristika pokreta i mišićne aktivacije, mehanizam ozljede mišića stražnje strane natkoljenice uključuje kombinaciju: a)

izduživanja mišićno tetivnih jedinica preko umjerenih duljina, b) velike sile mišićno-tetivnih jedinica (aktivne ili pasivne) i c) pokrete visokih brzina (Hickey i sur., 2022). Budući da je generalno prihvaćeno da se ozljede mišića stražnje strane natkoljenice u sprintu najčešće događaju u završnoj fazi zamaha, gdje oni izvršavaju velike količine negativnog (ekscentričnog) rada kroz ponavljajuće cikluse trčanja, može se izvesti zaključak da bi prekomjerne perturbacije zdjelice (posebice u sagitalnoj ravnini) uzrokovale dodatno istezanje mišića stražnje strane natkoljenice (Chumanov i sur., 2007). Dakle, uzevši u obzir da se ozljede mišića stražnje strane natkoljenice događaju najčešće u njegovoj izduženoj poziciji, prekomjerni nagib trupa naprijed, odnosno povećani anteriorni nagib zdjelice, uzrokovao bi još veće povećanje relativne duljine dvozglobnih mišića stražnje strane natkoljenice te na taj način potencijalno povećao rizik za ozljedu (Schuermans i sur., 2017; Hoskins i Pollard, 2005).

Pronalazi se nekoliko studija koje se izdvajaju svojim pristupom i ciljevima istraživanja, a čiji rezultati impliciraju potencijalno bitnu ulogu treninga PST-a u prevenciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice, ali i poboljšanje sportske performanse. U studiji Schuermansa i sur. (2017), 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. (2014) provedenoj na uzorku od 347 profesionalnih igrača bejzbola (pozicija bacača) mjerila se lumbalno-zdjelična stabilnost igrača prije početka sezone u testu podizanja jedne noge u kojemu se mjerila vršna anteriorno-posteriorna devijacija zdjelice u odnosu na početnu poziciju. Na kraju sezone utvrđeno je da su veće vrijednosti vršne anteriorno-posteriorne devijacije zdjelice 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. Navedena istraživanja upućuju na potencijalne dobrobiti treninga PST-a u prevenciji ozljeda, ali i u rehabilitaciji sportaša, pogotovo onih koji imaju lošiju kontrolu lumbo-zdjeličnog kompleksa.

Budući da se smatra da skraćeni mišići stražnje strane natkoljenice ograničavaju anteriorni nagib zdjelice (Norris i Matthews, 2006), 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. (2009) 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, o procjeni fleksibilnosti

mišića stražnje strane natkoljenice različitim testovima nakon intervencije također će biti izviješteno jer pojedini autori navode smanjenu fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice kao rizični čimbenik za njegovu ozljedu (Henderson i sur., 2010; Witvrouw i sur., 2003).<sup>2</sup> No, rezultati drugih studija ne upućuju na isti zaključak (Engebretsen i sur., 2010; Yeung i sur., 2009; Rolls i George, 2004). 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 (Witvrouw i sur., 2004).

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Cilj je ovog rada istražiti u kojoj se mjeri treningom proksimalne stabilnosti trupa može utjecati na razinu PST-a, promatranu putem parametra nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini. U kvalitativnu analizu ovog sistematskog pregleda literature uključene su studije koje promatraju promjene u nagibu zdjelice nakon provedene intervencije, neovisno referiraju li se studije izravno na ozljede mišića stražnje strane natkoljenice i mehanizam njihova nastanka. Cilj ovakvog načina uključivanja studija je dobivanje šire slike o potencijalno važnoj ulozi treninga PST-a u prevenciji, ali i rehabilitaciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Promjene u nagibu zdjelice potencijalno mogu biti povezane s fleksibilnošću mišića stražnje strane natkoljenice. Smanjene vrijednosti fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice pojedini autori povezuju s većim rizikom za ozljedu, stoga su vrijednosti u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice također izviještene.

Pridružene hipoteze:

1. Trening proksimalne stabilnosti trupa ima pozitivne učinke na vrijednosti parametra nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini (bolja kontrola, veći opseg pokreta).
2. Trening proksimalne stabilnosti trupa utječe na poboljšanje rezultata u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice.

---

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

### 3. 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 (Page i sur., 2021).

#### 3.1. 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\**). Pri pretraživanju elektronske baze podataka PubMed korišten je filter pretraživanja naslov/sažetak, a za pretragu elektronske baze Scopus koristio se filter naslov/sažetak/ključne riječi. Jednako tako, proučene su reference studija koje su pročitane u cijelosti radi njihovog potencijalnog uključivanja u završnu, kvalitativnu analizu.

#### 3.2. 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. Svako slovo u riječi PICOS predstavlja akronim na engleskom jeziku za određenu varijablu (P – *population*, I - *intervention*, C – *comparison/control*, O – *outcome*, S – *study design*) za koju su precizno definirani kriteriji uključenja, odnosno isključenja studija. Valja istaknuti da je varijabla koja se odnosi na dizajn studije (eng. *study design*) naknadno dodana, stoga često u nešto starijim sistematskim pregledima literature prethodno opisani alat možemo pronaći pod nazivom „PICO" (Martin, 2022).

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. Isključujući kriteriji bili su: aktualne ozljede lokomotornog sustava, invaliditet, bolni sindromi, trudnoća te izvještena nedavna operacija (unutar 6 mjeseci), uzevši u obzir njihov potencijalni utjecaj na promatrani ishod. Kriterij ulaska nisu zadovoljile niti studije koje eksplicitno izvješćuju da su provedene nad ispitanicima čije vrijednosti nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini prije intervencije znatno odstupaju od normalnih vrijednosti.

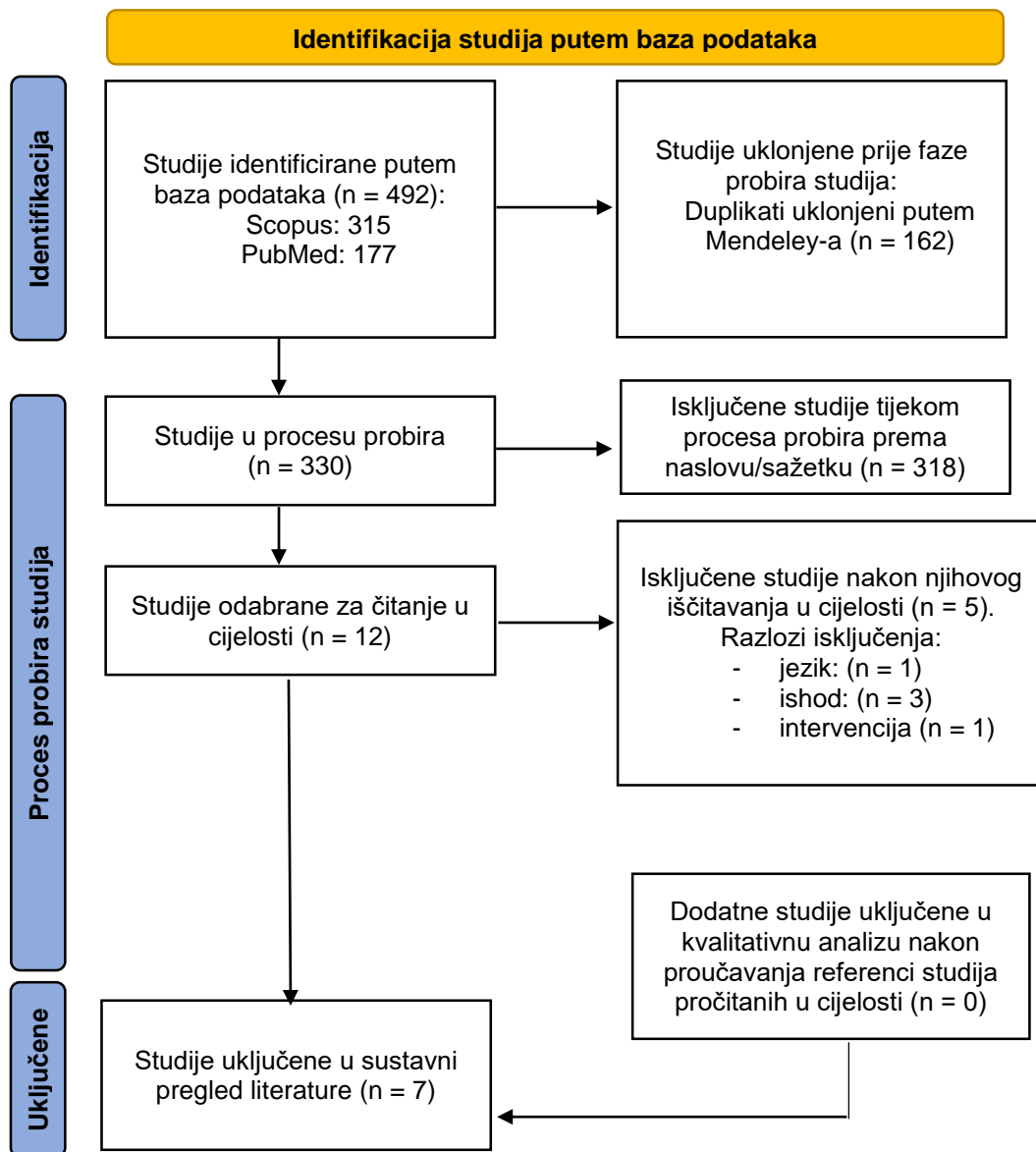
Bilo koji oblik intervencije u kojem se naglašava „pravilna“ pozicija i kontrola lumbalno-zdjeličnog kompleksa, neovisno provodi li se ona u obliku posturalnih korektivnih vježbi, fitness programa ili neke druge metode, uvažen je za uključivanje u kvalitativnu analizu. Također, vremensko ograničenje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

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. Promjene u nagibu zdjelice u sagitalnoj ravnini (izražen u stupnjevima) i promjene vrijednosti u testovima koji procjenjuju fleksibilnost mišića stražnje strane natkoljenice ishodi su koji su promatrani u ovom radu. Ukoliko vrijednosti NZ i fleksibilnosti mišića stražnje strane natkoljenice nisu izvještene prije i nakon provođenja same intervencije, studije nisu zadovoljile kriterij ulaska u kvalitativnu analizu.

### **3.3. Odabir studija**

Odabir radova izvršen je od strane autora, a po potrebi uz konzultiranje s mentorom. Pretragom dviju elektroničkih baza – Scopus i PubMed pronađeno je ukupno 492 rada. Od 492 rada, 162 rada su duplikati te je proces identifikacije duplikata i posljedično njihova isključivanja proveden ručno korištenjem Mendeley citatnog rukovoditelja.

Nakon uklanjanja duplikata 330 radova selekcionirano je za daljnji pregled prema naslovu i sažetku. Temeljem prethodno opisanih kriterija uključivanja, odnosno isključivanja radova, 12 je radova odabrano za iščitavanje u cijelosti. Nakon postupka čitanja radova u cijelosti u konačnu analizu ovog sistematskog pregleda literature uvršteno je 7 radova. Detaljan prikaz tijeka pretrage literature, kao i razloga isključivanja studija, vidljiv je u grafičkom prikazu (Slika 1).



Slika 1. PRISMA dijagram tijekom sustavnog pretrage literature. Prilagođeno prema „The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews”, Page i sur., 2021, Systematic Reviews (<https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>).



### 3.4. 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 (National Heart, Lung, and Blood Institute, posljednje ažuriranje 2021)*. Popis kriterija s pojašnjenjem nalazi se na službenoj mrežnoj stranici pod sekcijom *Quality Assessment of Controlled Intervention Studies* te je prijevod s engleskog jezika izvršio autor konzultirajući se s mentorom po potrebi (Tablica 1). 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, opažamo 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 2.

Tablica 1. Popis kriterija korištenih u procjeni kvalitete metodološke izrade uključenih studija

| KRITERIJ  | DA | NE | OSTALO<br>(NU, NI, NP)* |
|---|----|----|-------------------------|
| 1. Prikazuje li se studija kao randomizirana, randomizirana studija, randomizirana klinička studija ili randomizirana kontrolirana studija?   |    |    |                         |
| 2. Je li metoda randomizacije bila primjerena (odnosno, jesu li ispitanici nasumično raspoređeni u skupine)?  |    |    |                         |
| 3. Je li raspoređivanje ispitanika u pojedinu skupinu bilo prikriveno (kako se razmještaj ne bi mogao predvidjeti)?   |    |    |                         |
| 4. Jesu li ispitanici i provoditelji intervencije bili zaslijepljeni s obzirom na raspoređivanje ispitanika u određenu skupinu (eksperimentalnu i kontrolnu)?   |    |    |                         |
| 5. Jesu li osobe koje mjere rezultate bile zaslijepljene s obzirom na pripadnost ispitanika određenoj skupini?  |    |    |                         |
| 6. Jesu li skupine bile slične pri početnim vrijednostima u važnim karakteristikama koje bi mogle utjecati na ishode, odnosno rezultate istraživanja (npr. demografski podaci, rizični faktori, komorbiditet)?      |    |    |                         |
| 7. Je li ukupna stopa odustajanja na kraju studije bila 20% ili niža od ukupnog broja ispitanika eksperimentalne skupine?   |    |    |                         |
| 8. Je li stopa odustajanja između dvije skupine na kraju studije bila 15 % ili niže?  |    |    |                         |
| 9. Je li u studiji bila dovoljno visoka razina pridržavanja protokola intervencije u svim skupinama?  |    |    |                         |
| 10. Jesu li ostale intervencije izbjegnute ili jesu li bile slične u skupinama (npr. slične pozadinske intervencije)?   |    |    |                         |
| 11. Jesu li rezultati u studiji procijenjeni, odnosno mjereni upotrebom valjanih i pouzdanih mjernih instrumenata koji su korišteni konzistentno nad svim ispitanicima?   |    |    |                         |
| 12. Jesu li autori izvjestili da je uzorak ispitanika bio dovoljno velik da bi se mogla detektirati razlika u glavnom ishodu između skupina sa snagom zaključivanja od najmanje 80 %?                               |    |    |                         |
| 13. Jesu li intervencijski ishodi izvješteni ili su podskupine analizirane unaprijed (odnosno identificirane prije nego što su analize bile provedene)?   |    |    |                         |
| 14. Jesu li svi randomizirani ispitanici bili analizirani unutar skupine u koju su prvotno bili raspoređeni, tj. je li upotrijebljena tzv. analiza s namjerom liječenja (eng. <i>intention-to-treat analysis</i> )? |    |    |                         |

\*NU – nemoguće utvrditi, NI – nije izviješteno, NP – nije primjenjivo

Tablica 2. Procjena kvalitete metodološke izrade studija nakon njihova iščitavanja u cijelosti

| 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 %   |
| Kuszeowski 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 %   |

## 4. REZULTATI

### 4.1. Karakteristike radova

Kao što je prikazano na Slici 1., u prvoj je fazi sustavnog pregleda literature identificirano 492 rada pretragom dviju elektroničkih baza podataka, dok je u finalnu, kvalitativnu analizu uvršteno ukupno 7 studija koje su zadovoljile prethodno opisane kriterije uključivanja. U uključenim je studijama promatran utjecaj treninga proksimalne stabilnosti trupa na promjene u nagibu zdjelice nakon provedenih intervencija različitih trajanja.

Osim što se parametar NZ i fleksibilnost u studijama mjere, odnosno procjenjuju različitim testovima i promatraju tijekom izvođenja različitih pokreta, jednako tako, pronalazimo visok stupanj heterogenosti 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. Primjerice, dvije studije (Mendiguchia i sur., 2021; Mendiguchia i sur., 2022) u svojoj intervenciji primjenjuju, uz određeni tip treninga PST-a, i komponente manualne terapije.

Narativna sinteza uključenih studija abecednim je redoslijedom autora prikazana u Tablici 3. Preciznije, za svaku je studiju pojedinačno izvršen tablični prikaz ključnih podataka koji se odnose na sljedeće karakteristike: a) dizajn studije, b) karakteristike ispitanika intervencijske grupe – dob, spol, visina, težina (ukoliko su izviješteni), c) intervencija (tip, trajanje, frekvencija izvođenja), d) promatrani ishodi studije, e) protokol testiranja (opis protokola mjerenja NZ i fleksibilnosti hamstring mišića) i f) rezultati koji izvještavaju promjene u prethodno spomenutim parametrima, kao i ostali relevantni rezultati. Uzevši u obzir visok stupanj heterogenosti u metodološkim postupcima u izradi radova, nepraktično bi (i neizvedivo) bilo provesti daljnju statističku obradu rezultata studija, stoga su rezultati uključenih studija tablično izviješteni u tekstualnom obliku. Legenda s kraticama korištenih u tabličnom prikazu, kao i dodatna pojašnjenja ključnih podataka nalaze se ispod Tablice 3.

Tablica 3. Izdvojeni relevantni podaci studija koje su zadovoljile kriterije za ulazak u kvalitativnu analizu

| STUDIJA    | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE               | INTERVENCIJA   | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA  | REZULTATI  |
|------------|----------------|--|--|---|--|--|
| Cho, 2015. | RCT            | n = 15 (2M)<br>22.6±0.3 god<br>161.5±3.1 cm<br>56.3±6.5 kg * | Izvođenje vježbe - trčanje u mjestu uz <i>abdominal drawing-in</i> manevar, 3x tjedno u trajanju od 30min tijekom 6 tjedana. Naglasak tijekom izvedbe bio je na održavanju pravilne posture.<br><br>Ispitanici kontrolne grupe (KG) nastavili su s uobičajenim dnevnim aktivnostima bez uključenosti u specifične oblike tjelesne aktivnosti. Nad ispitanicima u KG provedena su jedino 2 seta mjerenja. | **Parametri izraženi u stupnjevima:<br>a) nagib trupa (sagitalna ravnina),<br>b) pomak trupa (frontalna ravnina),<br>c) nagib zdjelice (sagitalna ravnina),<br>d) torzija zdjelice,<br>e) rotacija zdjelice (transverzalna ravnina).<br><br>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).<br><br>KG ne pokazuje SZ promjene vrijednosti istog parametra. |

| STUDIJA           | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE                   | INTERVENCIJA  | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA   | REZULTATI  |
|-------------------|----------------|--|---|---|---|--|
| Cho i Gong, 2017. | RCT            | n = 16 (1M)<br>23.4 ± 2.1 god<br>162.1 ± 3.0 cm<br>58.5 ± 3.6 kg | <p>Izvođenje vježbe dinamičkog karaktera (primjenjujući koncepte propioceptivne neuromuskularne facilitacije) uz izvođenje <i>abdominal drawing-in</i> manevra (način kontrakcije dubinskih mišića trupa). Tijekom izvođenja vježbe naglasak je bio na održavanju pravilne pozicije trupa.</p> <p>Intervencija je trajala 6 tjedana, a trening sesija (u kojoj se izvodila ista vježba) provodila se 3x tjedno u trajanju od 25-30min.</p> <p>KG provela je trening sesiju samo 2 puta.</p> | <p>**Parametri izraženi u stupnjevima:<br/>a) nagib trupa (sagitalna ravnina),<br/>b) pomak trupa (frontalna ravnina),<br/>c) nagib zdjelice (sagitalna ravnina),<br/>d) torzija zdjelice,<br/>e) rotacija zdjelice (transverzalna ravnina).</p> <p>Parametar izražen u milimetrima: f) položaj lopatice.</p> | <p>**Mjerenje je provedeno tijekom izvođenja iste vježbe koja se izvodila u periodu intervencije.</p> <p>Posturalne promjene prije i nakon intervencije identificirane su Back Mapperom –3D slikovnim sustavom za dijagnostiku kralježnice.</p> | <p>** Ispitanici IG-e pokazuju SZ smanjenje vrijednosti nagiba zdjelice u sagitalnoj ravnini (parametar c)) nakon provođenja intervencije.</p> <p>KG ne pokazuje SZ promjene vrijednosti istog parametra nakon intervencije.</p> |

| STUDIJA                       | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE  | INTERVENCIJA   | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA   | REZULTATI   |
|-------------------------------|----------------|---|--|---|---|---|
| González-Gálvez i sur., 2020. | RCT            | <p>n = 118<br/>124 M i 112 Ž<br/>(uključujući i KG)</p> <p>13.15±1.24 god<br/>(uključujući i KG) *</p> <p>Visina i težina nisu izvještene u radu - potencijalno zbog dugog perioda intervencije tijekom adolescentske dobi.</p> | <p>Provođenje 9-mjesečnog pilates programa (2 sesije tjedno u trajanju od 15min).</p> <p>Ukupno 12 vježbi jačanja, fleksibilnosti i mišićne izdržljivosti uz naglasak na pravilan ciklus disanja. Nove vježbe uvođene su progresivno u intervenciju prema težini izvedbe.</p> <p>KG nije provela nikakav oblik intervencije.</p> | <p>Nagib zdjelice i zakrivljenost kralježnice u sagitalnoj ravnini (torakalna i lumbalna zakrivljenost).</p> <p>Promjene u ekstenzibilnosti hamstring mišića.</p> | <p>Parametri zakrivljenosti kralježnice i NZ mjereni su u sljedećim pozicijama:<br/>1. opuštena stojeća pozicija, 2. aktivno poravnanje u stojećoj poziciji, 3. pozicija dodirivanja prstiju (<i>toe-touch test position</i>).</p> <p>Ekstenzibil. hamstring mišića mjerena je u testovima pasivnog i aktivnog podizanja ispružene noge i u <i>toe-touch</i> testu.</p> | <p>IG pokazuje SZ smanjenje vrijednosti NZ u opuštenoj stojećoj poziciji, kao i u poziciji aktivnog poravnanja u stojećoj poziciji.</p> <p>U poziciji <i>toe-touch test position</i> nema SZ promjene u NZ.</p> <p>Ekstenzibilnost hamstring mišića povećana je SZ u svim testovima kod IG-e.</p> <p>KG ne pokazuje SZ promjene niti u jednoj spomenutoj varijabli.</p> |

| STUDIJA            | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE | INTERVENCIJA  | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA   | REZULTATI   |
|--------------------|----------------|--|---|---|---|---|
| Khan i sur., 2017. | RCT            | n = 10<br>20-30 god                            | <p>1 trening sesija na Trunk Support Trainer-u (TruST) - spravi koja pruža potporu (<i>assist-as-needed force strategy</i>) u trenutku gubitka ravnotežnog položaja pomoću kablova privezanih za pojas oko struka vježbača. Ispitanici IG-e u sjedećoj su poziciji na spravi dohvatom premještali klinove postavljene ispred njih.</p> <p>Ispitanici KG-e proveli su isti protokol, no bez <i>assist-as-needed force strategy</i> koncepta.</p> | <p>Pomak težišta donjeg dijela trupa.</p> <p>Ostali kinematički parametri, uključujući i promjene u NZ.</p> | <p>U testu dosega (<i>functional reach test</i>) ispitanici su imali zadatak pomaknuti drveni blok maksimalno prema naprijed iz sjedeće pozicije.</p> <p>Drugi se test sastojao od premještanja klinova, kao i u intervenciji, no bez <i>assist-as-needed force strategy</i> koncepta.</p> <p>U spomenuta 2 testa promatrani su parametri nagiba i pomaka zdjelice.</p> | <p>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.</p> <p>KG ne pokazuje SZ promjene istog parametra.</p> |



| STUDIJA                 | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE   | INTERVENCIJA  | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA   | REZULTATI  |
|-------------------------|----------------|--|---|---|---|--|
| Kuszewski i sur., 2018. | RCT            | <p>n = 15 (3Ž)<br/>25.67±4.19 god<br/>177.80±11.67 cm<br/>73.36±7.27 kg</p> <p>Sudjeluju ispitanici (i intervencijske i kontrolne grupe) koji pokazuju povećanu krutost hamstring mišića prije intervencije.</p> | <p>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>).</p> <p>KG nije primila nikakav oblik intervencije.</p> | <p>Promjene u anteriornom NZ.</p> <p>Promjene u krutosti hamstring mišića.</p> <p>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).</p> | <p>Promjene u anteriornom NZ mjerene su u pozicijama: a) UPT i b) FBPT uz korištenje Saunders digitalnog inklinometra.</p> <p>Promjene u krutosti hamstring mišića mjerene su u testu pasivne ekstenzije koljena (PKE).</p> | <p>SZ povećanje anteriornog NZ u obje pozicije (UPT i FBPT) samo kod IG-e.</p> <p>SZ smanjenje krutosti hamstring mišića (PKE test) samo kod IG-e.</p> <p>Kod ispitanika obje grupe (IG i KG) uočava se SZ negativna i umjerena korelacija između rezultata u varijabli PKE i FBPT. Između rezultata u varijabli PKE i UPT nema SZ korelacije.</p> |

| STUDIJA                   | DIZAJN STUDIJE | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE                     | INTERVENCIJA   | PROMATRANI ISHOD(I)   | PROTOKOL TESTIRANJA  | REZULTATI   |
|---------------------------|----------------|--|--|---|--|---|
| Mendiguchia i sur., 2021. | non-RCT        | n = 15 (0 Ž)<br>25.73±25.73 god<br>182.73±6.95 cm<br>81.40±5.51 kg | <p>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 (80% ukupnog vremena intervencije) i manualne terapije (20% ukupnog vremena intervencije). Progresivno je povećavana kompleksnost izvedbe vježbi i volumen izvođenja.</p> <p>Obje grupe (IG i KG) bile su potaknute nastaviti normalno s ostalim svakodnevnim tjelesnim aktivnostima tijekom intervencijskog perioda.</p> <p>Ispitanici KG-e nisu sudjelovali ni u kakvoj intervenciji.</p> | <p>Promjene u anteriornom nagibu zdjelice tijekom ciklusa hoda.</p> <p>Fleksibilnost hamstring mišića – <i>active knee extension test</i> (AKE) i izdržljivost trupa.</p> | <p>Ispitanici su hodali proizvoljno odabranom brzinom tijekom 60 s. Za to vrijeme izračunat je prosječni kut anteriornog nagiba zdjelice u ciklusu hoda koji je promatran u vremenskom intervalu 20-40s tijekom 60s hodanja.</p> <p>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.</p> | <p>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.</p> <p>Ispitanici KG-e nisu demonstrirali SZ promjene u istim parametrima.</p> |

| STUDIJA                   | DIZAJN STUDIJE                    | KARAKTERISTIKE ISPITANIKA INTERVENCIJSKE GRUPE | INTERVENCIJA   | PROMATRANI ISHOD(I)  | PROTOKOL TESTIRANJA   | REZULTATI  |
|---------------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|--|
| Mendiguchia i sur., 2022. | Prospektivna komparativna studija | n = 7 (0 Ž)<br>179±7 cm<br>75.9±9 kg *         | IG provodila je 3 trening sesije tjedno, tijekom 6 tjedana. Program treninga uključivao je komponente <i>strenght and conditioninga</i> , <i>coachinga</i> te komponente fizikalne terapije. IG nije nastavila sa svojim uobičajenim treningom tijekom intervencije.<br><br>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.<br><br>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.<br><br>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.<br><br>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

\* - 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

## 4.2. SAŽETAK REZULTATA

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 (Mendiguchia i sur., 2021 i Mendiguchia i sur., 2022) 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. (2022) jedina proučava promjenu NZ mjerene u sprintu te ispitanici nakon šestotjedne intervencije bilježe niže vrijednosti anteriornog NZ u kasnoj zamašnoj fazi ciklusa sprinta što možemo povezati s mehanikom sprinta koja stavlja mišiće stražnje strane natkoljenice pod manji rizik za ozljedu. Rezultati druge studije (Mendiguchia i sur., 2021) 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 (Franz i sur., 2009, prema Mendiguchia i sur., 2021). Vrijedi istaknuti da se provedba dviju spomenutih studija odlikuje detaljnošću i transparentnošću u opisu provedbe intervencije i mjerenja rezultata.

Dvije studije (Cho i Gong, 2017; Cho, 2015) 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. (2017) nakon provedene jedne trenažne sesije na specifičnom uređaju (TruST) ostvaruju bolje rezultate u testu doseg 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 (González-Gálvez i sur., 2020; Kuszewski i sur., 2018; Mendiguchia i sur., 2021), neovisno o razini fleksibilnosti hamstring mišića izviještenoj prije početka same intervencije. Iako proučavaju slične parametre, dvije studije (Kuszewski i sur., 2018; González-Gálvez i sur., 2020) pokazuju različite vrijednosti u parametrima NZ nakon intervencije, mjerenih 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. (2018.) 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. (2020), s druge strane, pokazuju smanjenje NZ u stojećoj poziciji te ne pokazuju promjene u NZ u poziciji fleksije trupa prema naprijed u stojećoj poziciji (*toe-touch test position*). Također, autori studije (González-Gálvez i sur., 2020) 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 mjerenog u stojećoj poziciji.

## 5. RASPRAVA

Promjene u nagibu zdjelice (NZ) u uključenim studijama proučavaju se u različitim pozicijama, odnosno motoričkim zadacima te autori izvještavaju pozitivne promjene u posturi i proksimalnoj stabilnosti trupa (PST) nakon provedenih intervencija. Studija Mendiguchie i sur. (2022) 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 usvajaju karakteristike *front-side* mehanike sprinta (povećanje maksimalne visine dosegnute koljenom, kraći kontakt s podlogom i sl.) koja se naposljetku reflektira i u brzjoj izvedbi sprinta (s), mjenog na 35m (Mendiguchia i sur., 2022). Iako rezultati dviju studija demonstriraju pozitivne promjene kinematičkih parametara zdjelice i natkoljenice u hodu i sprintu (Mendiguchia i sur., 2021; Mendiguchia i sur., 2022), i dalje ne možemo 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 (2004) 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 snage. 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 (2010) 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 (istezajući tip ozljede) trebao bi se razlikovati od treninga koji adresira ozljede hamstring mišića sprinterskog tipa jer sprinterski tip ozljede nastaje pri pokretima visokih brzina (Hickey i sur. 2022), za razliku od ozljeda hamstring mišića kod plesača koje nastaju tijekom sporog pokreta fleksije kuka uz opruženo koljeno (Askling i sur., 2007).

Studija Khana i sur. (2017), 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 dosega 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 istezajućeg tipa ozljede hamstring mišića, karakteristične 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 (Askling i sur. 2007).

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 (González-Gálvez i sur., 2020; Kuszewski i sur., 2018; Mendiguchia i sur., 2021). Nekoliko potencijalnih mehanizama može objasniti tu pojavu, među kojima se ističe kronično istezanje (koje se također može događati, ovisno o tipu vježbi) te povećanje u proksimalnoj krutosti koja može rezultirati u većoj mobilnosti distalnih segmenata (Mendiguchia i sur., 2021). 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 (Kuszewski i sur., 2009). 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 (Mendiguchia i sur., 2021). Također, ishodi uključenih studija upućuju da bi kombinacija vježbi PST-a i određenih oblika istezanja mogla biti uspješnija u konačnom povećanju fleksibilnosti hamstring mišića nego samo provođenje vježbi statičkog istezanja.

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 (Melegati i sur., 2014; van Beijsterveldt i sur., 2012; Steffen i sur., 2008). 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 istezajućim 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 istezajućeg 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. (2015) i Gabbe i sur. (2006) upućuju da bi povećanje ekscentrične jakosti hamstring mišića smanjilo rizik za ozljedu, dok Ahmad i sur. (2013) 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 kvadricepsa iste noge, čija bi idealna vrijednost trebala biti 1,0 (Coombs i Garbutt, 2002).

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 (Tafazzol i sur., 2014). 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.

## 6. 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 proksimalne stabilnosti trupa 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 podsistema 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.

## 7. LITERATURA<sup>3</sup>

- Ahmad, C. S., Redler, L. H., Ciccotti, M. G., Maffulli, N., Longo, U. G., & Bradley, J. (2013). Evaluation and management of hamstring injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, *41*(12), 2933–2947. <https://doi.org/10.1177/0363546513487063>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2007). Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching. *The American Journal of Sports Medicine*, *35*(10), 1716–1724. <https://doi.org/10.1177/0363546507303563>
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T., & Thorstensson, A. (2008). Proximal hamstring strains of stretching type in different sports. *The American Journal of Sports Medicine*, *36*(9), 1799–1804. <https://doi.org/10.1177/0363546508315892>
- Bertiche, P., Mohtadi, N., Chan, D., & Hölmich, P. (2021). Proximal hamstring tendon avulsion: State of the art. *Journal of ISAKOS*, *6*(4), 237–246. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2019-000420>
- Bisciotti, G. N., Chamari, K., Cena, E., Carimati, G., Bisciotti, A., Bisciotti, A., Quaglia, A., & Volpi, P. (2019). Hamstring injuries prevention in soccer: A narrative review of current literature. *Joints*, *07*(03). <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712113>
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports Medicine*, *38*(11), 893–916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- Cejudo, A., Centenera-Centenera, J. M., & Santonja-Medina, F. (2021). 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(16), 8654. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168654>
- Chaudhari, A. M. W., McKenzie, C. S., Pan, X., & Oñate, J. A. (2014). Lumbopelvic control and days missed because of injury in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, *42*(11), 2734–2740. <https://doi.org/10.1177/0363546514545861>
- Cho, M. (2015). Effects of running in place accompanied by abdominal drawing-in on the posture of healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(5), 1613–1616. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1613>

---

<sup>3</sup> Bibliografski podaci generirani su uz pomoć aplikacije za generiranje referenci *MyBib*.

- Cho, M., & Gong, W. (2017). The effects of dynamic exercise using the proprioceptive neuromuscular facilitation pattern on posture in healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science, 29*(6), 1070–1073. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1070>
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics, 40*(16), 3555–3562. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2007.05.026>
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science & Medicine, 1*(3), 56–62. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3967430/>
- Danielsson, A., Horvath, A., Senorski, C., Alentorn-Geli, E., Garrett, W. E., Cugat, R., Samuelsson, K., & Hamrin Senorski, E. (2020). The mechanism of hamstring injuries – a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders, 21*(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03658-8>
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players. *The American Journal of Sports Medicine, 38*(6), 1147–1153. <https://doi.org/10.1177/0363546509358381>
- Ernlund, L., & Vieira, L. de A. (2017). Hamstring injuries: Update article. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition), 52*(4), 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2017.05.005>
- Falk Brekke, A., Overgaard, S., Hróbjartsson, A., & Holsgaard-Larsen, A. (2020). Non-surgical interventions for excessive anterior pelvic tilt in symptomatic and non-symptomatic adults: A systematic review. *EFORT Open Reviews, 5*(1), 37–45. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190017>
- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine, 47*(6), 351–358.
- Gabbe, B. J., Branson, R., & Bennell, K. L. (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport, 9*(1-2), 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.02.001>
- González-Gálvez, N., Marcos-Pardo, P. J., Trejo-Alfaro, H., & Vaquero-Cristóbal, R. (2020). Effect of 9-month Pilates program on sagittal spinal curvatures and hamstring extensibility in adolescents: Randomised controlled trial. *Scientific Reports, 10*(1).

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-66641-2>

- Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: Recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *40*(2), 67–81.
- Henderson, G., Barnes, C. A., & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*(4), 397–402.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.003>
- Hickey, J. T., Opar, D. A., Weiss, L. J., & Heiderscheit, B. C. (2022). Current clinical concepts: Hamstring strain injury rehabilitation. *Journal of Athletic Training*, *57*(2).  
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-0707.20>
- Higashihara, A., Ono, T., Kubota, J., Okuwaki, T., & Fukubayashi, T. (2010). Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *Journal of Sports Sciences*, *28*(10), 1085–1092.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2010.494308>
- Hoskins, W., & Pollard, H. (2005). The management of hamstring injury—Part 1: Issues in diagnosis. *Manual Therapy*, *10*(2), 96–107.  
<https://doi.org/10.1016/j.math.2005.03.006>
- Kasović, M., Potočanac, Z., Cifrek, M., Tudor, A., & Mejovšek, M. (2009). Razlike u mišićnoj aktivnosti jednu godinu nakon rekonstrukcije prednje ukrižene sveze koljena. Differences in muscle activity one year after ACL reconstruction. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik* *24*, 76-8. <https://hrcak.srce.hr/file/73773>
- Khan, M. I., Santamaria, V., Kang, J., Bradley, B. M., Dutkowsky, J. P., Gordon, A. M., & Agrawal, S. K. (2017). Enhancing seated stability using trunk support trainer (TruST). *IEEE Robotics and Automation Letters*, *2*(3), 1609–1616.  
<https://doi.org/10.1109/lra.2017.2678600>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, *36*(3), 189–198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
- Koulouris, G., & Connell, D. (2005). Hamstring muscle complex: An imaging review. *RadioGraphics*, *25*(3), 571–586. <https://doi.org/10.1148/rg.253045711>
- Kuszewski, M. T., Gnat, R., & Gogola, A. (2018). The impact of core muscles training on the range of anterior pelvic tilt in subjects with increased stiffness of the hamstrings. *Human Movement Science*, *57*, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.11.003>

- Kuszewski, M., Gnat, R., & Saulicz, E. (2009). Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: A preliminary study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *19*(2), 260–266.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00793.x>
- Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *14*(1), 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.001>
- Martin, Z. (2022, August 25). *Help and Support: Systematic Reviews - Research Guide: Defining your review question*. Libguides.murdoch.edu.au.  
<https://libguides.murdoch.edu.au/systematic/defining#s-lib-ctab-22166366-4>
- Melegati, G., Tornese, D., Gevi, M., Trabattoni, A., Pozzi, G., Schonhuber, H., & Volpi, P. (2014). Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *3*(4), 324–330.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3940507/>
- Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: Are we heading in the right direction? *British Journal of Sports Medicine*, *46*(2), 81–85.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.2010.081695>
- Mendiguchia, J., Castaño-Zambudio, A., Jiménez-Reyes, P., Morin, J., Edouard, P., Conceição, F., Tawiah-Dodoo, J., & Colyer, S. L. (2022). Can we modify maximal speed running posture? Implications for performance and hamstring injury management. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(3), 374–383. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0107>
- Mendiguchia, J., Gonzalez De la Flor, A., Mendez-Villanueva, A., Morin, J.-B., Edouard, P., & Garrues, M. A. (2021). Training-induced changes in anterior pelvic tilt: Potential implications for hamstring strain injuries management. *Journal of Sports Sciences*, *39*(7), 760–767. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1845439>
- Milanović, D., Šalaj, S., & Gregov, C. (2012). Opća kondicijska priprema u funkciji zaštite zdravlja sportaša. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, *63*(Supplement 3), 103–118.  
<https://hrcak.srce.hr/92090>
- Moler, J., Nešić, N., & Šeper, V. (2020). Ozljede hamstringsa u timskim sportovima. In T. Trošt Bobić, M. Marinčić, S. Janković, & I. Šklempe Kokić (Eds.), *6. Međunarodni znanstveno-stručni skup "Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu"*. (pp. 309–326.). Visoka škola Ivanić-Grad; Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru.  
<https://repozitorij.vevu.hr/en/islandora/object/vevu%3A923/datastream/FILE0/view>
- NIH. (2009). *Study Quality Assessment Tools | National Heart, Lung, and Blood Institute*

- (NHLBI). Nih.gov. <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
- Norris, C. M., & Matthews, M. (2006). Correlation between hamstring muscle length and pelvic tilt range during forward bending in healthy individuals: An initial evaluation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *10*(2), 122–126.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2005.06.001>
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports Medicine*, *42*(3), 209–226. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
- Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Hickey, J., Duhig, S. J., & Shield, A. J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*(4), 857–865.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, *10*(89).  
<https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Paulsen, F., & Waschke, J. (ur.). (2013). *Sobotta: Atlas anatomije čovjeka* (2. hrv. izdanje). Naklada Slap.
- Pérez-Bellmunt, A., Miguel-Pérez, M., Brugué, M. B., Cabús, J. B., Casals, M., Martinoli, C., & Kuisma, R. (2015). An anatomical and histological study of the structures surrounding the proximal attachment of the hamstring muscles. *Manual Therapy*, *20*(3), 445–450. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.11.005>
- Prior, M., Guerin, M., & Grimmer, K. (2009). An evidence-based approach to hamstring strain injury: A systematic review of the literature. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, *1*(2), 154–164. <https://doi.org/10.1177/1941738108324962>
- Rolls, A., & George, K. (2004). The relationship between hamstring muscle injuries and hamstring muscle length in young elite footballers. *Physical Therapy in Sport*, *5*(4), 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2004.08.005>
- Schuermans, J., Van Tiggelen, D., Palmans, T., Danneels, L., & Witvrouw, E. (2017). Deviating running kinematics and hamstring injury susceptibility in male soccer players: Cause or consequence? *Gait & Posture*, *57*, 270–277.
- Sherry, M. A., & Best, T. M. (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical*

*Therapy*, 34(3), 116–125.

- Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O. E., Holme, I., & Bahr, R. (2008). Preventing injuries in female youth football - a cluster-randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(5), 605–614. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00703.x>
- Sun, Y., Wei, S., Zhong, Y., Fu, W., Li, L., & Liu, Y. (2015). How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing–stance transition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(2), 373–380. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000404>
- Tafazzol, A., Arjmand, N., Shirazi-Adl, A., & Parnianpour, M. (2014). Lumbopelvic rhythm during forward and backward sagittal trunk rotations: Combined in vivo measurement with inertial tracking device and biomechanical modeling. *Clinical Biomechanics*, 29(1), 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.10.021>
- Terry, G. C., & LaPrade, R. F. (1996). The biceps femoris muscle complex at the knee. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(1), 2–8. <https://doi.org/10.1177/036354659602400102>
- van Beijsterveldt, A. M. C., van de Port, I. G. L., Krist, M. R., Schmikli, S. L., Stubbe, J. H., Frederiks, J. E., & Backx, F. J. G. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: A cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 46(16), 1114–1118. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091277>
- Wing, C., & Bishop, C. (2020). Hamstring strain injuries. *Strength and Conditioning Journal*, 42(3), 1. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000538>
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D’Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41–46. <https://doi.org/10.1177/03635465030310011801>
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: An obscure relationship. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(7), 443–449. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00003>
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: Preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589–594. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056283>