

ISSN 1318-2102; E-ISSN 2536-2682

junij 2023, letnik 31, številka 1

FIZIOTERAPIJA



Združenje fizioterapevtov Slovenije
Slovenian Association of Physiotherapists

ČLAN WCPT - WCPT MEMBER

1000 Ljubljana, Linhartova 51
Slovenija

revija Združenja fizioterapevtov Slovenije

KAZALO

IZVIRNI ČLANEK / ORIGINAL ARTICLE

E. Prezelj, T. Lipovšek, U. Puh

Povezanost izida testa petih vstajanj s stola z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka in kolena ter dinamičnim ravnotežjem pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih 1

Relationship between the five times sit to stand test and hip and knee extensor muscle strength and dynamic balance in functionally independent older adults

PREGLEDNI ČLANEK / REVIEW

T. Tomc Žargi

Vpliv progresivne vadbe proti uporabi na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih s cerebralno paralizo 11

The effects of progressive resistance training on muscle strength and function of children and adolescents with cerebral palsy

K. N. Vrbinc, T. Tomc Žargi

Primerjava izidov operativnega in konservativnega zdravljenja rupture zadnje križne vezi 20

Comparison of surgical and conservative treatment outcome of posterior cruciate ligament rupture

M. Štuhec, A. Kacin, D. Weber

Atrofija mišice vastus medialis pri osebah s patelofemoralno bolečino 28

Atrophy of vastus medialis muscle in subjects with patellofemoral pain

Š. Urbančič, T. Tomc Žargi

Simetrija mišične zmogljivosti in funkcije spodnjih udov pri mladih košarkarjih 35

Lower limb symmetry of muscle strength and function in young basketball players

J. Hočevar, R. Vauhnik

Artrogena mišična inhibicija pri akutnem zvinu in kronični nestabilnosti gležnja 43

Arthrogenic muscle inhibition in acute ankle sprain and chronic ankle instability

Uredništvo

Glavni in odgovorni urednik **Uredniški odbor**

izr. prof. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.
izr. prof. dr. Darja Rugelj, viš. fiziot., univ. dipl. org.
izr. prof. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.
doc. dr. Miroljub Jakovljević, viš. fiziot., univ. dipl. org.
doc. dr. Darija Ščepanović, viš. fiziot.
doc. dr. Tine Kovačič, dipl. fiziot.
viš. pred. mag. Sonja Hlebš, viš. fiziot., univ. dipl. org.
asist. dr. Polona Palma, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.

Založništvo

Izdajatelj in založnik

Združenje fizioterapevtov Slovenije – strokovno združenje
Linhartova 51, 1000 Ljubljana

Naklada

800 izvodov

Spletna izdaja:

<http://www.physio.si/revija-fizioterapija/>

ISSN

1318-2102 (tisk), 2536-2682 (e-vir)

Lektorica

Vesna Vrabič

Tisk

Grga, grafična galanterija, d.o.o., Ljubljana

Področje in cilji

Fizioterapija je nacionalna znanstvena in strokovna revija, ki objavlja prispevke z vseh področij fizioterapije (fizioterapija mišično-skeletnega sistema, manualna terapija, nevrofizioterapija, fizioterapija srčno-žilnega in dihalnega sistema, fizioterapija za zdravje žensk, fizioterapija starejših in drugo), vključujoč vlogo fizioterapevtov v promociji in varovanju zdravja, preventivi zdravljenju, rehabilitaciji in rehabilitaciji. Objavlja tudi članke s širšega področja telesne dejavnosti in funkcioniranja človeka ter s področij zmanjšane zmožnosti in zdravja zaradi bolečine. Cilj revije je tudi spodbujanje interdisciplinarnega pristopa k obravnavi pacientov in zdravih ljudi, ki se odraža v tesnejšem sodelovanju s strokovnjaki in učitelji iz drugih ved. Namenjena je fizioterapevtom, pa tudi drugim zdravstvenim delavcem in širši javnosti, ki jih zanimajo razvoj fizioterapije, učinkovitost fizioterapevtskih postopkov, standardizirana merilna orodja in klinične smernice ter priporočila na tem področju.

Fizioterapija izhaja od leta 1992. Objavlja le izvirna, še neobjavljena dela v obliki izvirmih člankov, preglednih člankov, kliničnih primerov ter komentarjev in strokovnih razprav. Članki so recenzirani z zunanjimi anonimnimi recenzijami. Izhaja dvakrat na leto, občasno izidejo suplementi. Fizioterapija je publikacija odprtega dostopa. Tiskan izvod revije je vključen v članarino *Združenja fizioterapevtov Slovenije*.

Navodila za avtorje: <http://www.physio.si/navodila-za-pisanje-clankov/>

Povezanost izida testa petih vstajanj s stola z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka in kolena ter dinamičnim ravnotežjem pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih

Relationship between the five times sit to stand test and hip and knee extensor muscle strength and dynamic balance in functionally independent older adults

Eva Prezelj¹, Tjaša Lipovšek^{1,2}, Urška Puh³

IZVLEČEK

Uvod: Najpogosteje uporabljen test za oceno sposobnosti vstajanja in sedanja pri starejših odraslih je test petih vstajanj s stola (angl. five times sit-to-stand – 5TSTS). Njegova veljavnost kot merila mišične zmogljivosti spodnjih udov še ni jasna. Namen raziskave je bil ugotoviti povezanost izida testa 5TSTS z mišično jakostjo spodnjih udov, dinamičnim ravnotežjem in starostjo pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih. **Metode dela:** Vključili smo 37 preiskovancev. V naključnem vrstnem redu smo pri vsakem izvedli test 5TSTS, izmerili mišično jakost ekstenzorjev kolka in kolena ter izvedli testa dinamičnega ravnotežja: test korakanja v štirih kvadratih in test dvigovanja na stopnico. **Rezultati:** Povezanost testa 5TSTS z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka je bila nizka negativna ($r_o = -0,28$), z ekstenzorji kolena je nismo ugotovili. Test 5TSTS je bil visoko pozitivno ($r_o = 0,72$) povezan s testom korakanja v štirih kvadratih in zelo visoko negativno ($r_o = -0,76$) s testom dvigovanja na stopnico. Povezanost s starostjo preiskovancev je bila nizka pozitivna ($r_o = 0,38$). **Zaključek:** Test 5TSTS je odvisen od dinamičnega ravnotežja. Za potrditev veljavnosti 5TSTS kot merila mišične zmogljivosti spodnjih udov pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih so potrebne nadaljnje raziskave na večjih vzorcih preiskovancev.

Ključne besede: starejši odrasli, test petih vstajanj s stola, mišična jakost, ravnotežje, povezanost.

ABSTRACT

Background: The most frequently used test to assess the sit-to-stand ability in older adults is the Five Times Sit-to-Stand (5TSTS) test. Its validity as a measure of lower limb muscle strength has not been established. The purpose of the research was to determine the correlation of the 5TSTS test with lower limb muscle strength, dynamic balance and age in functionally independent older adults. **Methods:** We included 37 subjects. In a randomised order, we performed the 5TSTS test on each subject, tested hip and knee extensor strength and performed dynamic balance tests: the four-square-step test and the step-up test. **Results:** The correlation between the 5TSTS and hip extensor strength was low negative ($r_o = -0.28$), we did not find it with the knee extensors. The 5TSTS test showed a highly positive ($r_o = 0.72$) correlation with the four-square step test and a highly negative ($r_o = -0.76$) correlation with the step-up test. The correlation with subject age was weakly positive ($r_o = 0.38$). **Conclusions:** The 5TSTS test is dependent on dynamic balance. Further research in a larger sample of subjects is needed to validate the 5TSTS test as a measure of lower limb muscle strength in functionally independent older adults.

Key words: older adults, five times sit to stand test, muscle strength, balance, correlation.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

² Medicinski center Šiška, Ljubljana

³ Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: Eva Prezelj, mag. fiziot.; e-pošta: prezelj.eva@gmail.com

Prispelo: 06.03.2023

Sprejeto: 26.06.2023

UVOD

Vstajanje iz sedečega položaja in sedanje sta dve izmed najpomembnejših in najpogostejših telesnih dejavnosti, saj sta pogoj za pokončno premikanje in neodvisnost pri dejavnostih vsakodnevnega življenja (1). V povprečju vsak dan vstanemo in sedemo od 33- do 71-krat, od tega zdravi starejši odrasli vsaj 45-krat (2).

Vstajanje iz sedečega položaja je zahtevna naloga, ki zahteva razmeroma velike napore v sklepih. Med vstajanjem s stola so namreč navori v kolčnem in kolenskem sklepu večji kot pri drugih dejavnostih vsakodnevnega življenja, kot sta hoja in hoja po stopnicah (3). Pri vstajanju s stola je telo v statično nestabilnem položaju, saj je težišče telesa posteriorno od podporne ploskve (4), zato je potrebno tudi nenehno natančno uravnavanje ravnotežja (5).

Kinematika vstajanja s stola vključuje fleksijo kolčnih sklepov in anteriorni gib segmenta glava-zgornji udi-trup, ki jima sledi ekstenzija kolčnih, kolenskih in skočnih sklepov. To gibanje razdelimo v več faz (6), v grobem na predekstenzijsko in ekstenzijsko fazo (7). Ekstenzijsko fazo lahko podrobneje delimo na tri podfaze: prenos gibalne količine, ekstenzija in stabilizacija (8). Poznavanje faz vstajanja lahko fizioterapevtu pomaga pri opredelitvi, kateri del vstajanja je za posameznika težaven, bodisi je to nezmožnost ustvarjanja zadostne gibalne količine trupa (v predekstenzijski fazi), nezmožnost uravnavanja ravnotežja, ko je težišče telesa daleč od podporne ploskve (podfaza prenos gibalne količine) ali pa je težava v mišični jakosti ekstenzorjev spodnjih udov (podfaza ekstenzija) (9).

Med vstajanjem in sedanjem imajo najpomembnejšo vlogo mišice ekstenzorji kolenskega sklepa, saj je ekstenzijski navor v kolenu, ki ga potrebujemo, da vstanemo s stola, največji od vseh proizvedenih navorov v sklepih spodnjih udov. Po pomembnosti in velikosti proizvedenih navorov nato sledijo mišice plantarni fleksorji zgornjega skočnega sklepa in ekstenzorji kolka (10). Vključene pa so tudi preostale mišice, kot so *erector spinae*, zadajšnja skupina stegenjskih mišic, *rectus abdominis* in *tibialis anterior* (11–13).

S staranjem prihaja do upada funkcije senzoričnih sistemov in morfoloških sprememb mišic, kar lahko poslabša sposobnost vstajanja in sedanja (14). Pri starejših odraslih je nezmožnost vstajanja z zadostno hitrostjo povezana s povečanim tveganjem za padce in zlome kolkov (3). Kapaciteta vstajanja in sedanja oziroma zmožnost večkratne ponovitve te naloge velja za napovedni dejavnik s staranjem povezane nezmožnosti, zato so za njeno oceno razvili različna merilna orodja (15). Najpogosteje uporabljen test pri starejših odraslih je test petih vstajanj s stola (angl. *five times sit-to-stand* – 5TSTS) (16–20). Namenjen je oceni funkcijske premičnosti pri prehodih med položaji in omogoča skupno oceno funkcije mišic, koordinacije in dinamičnega ravnotežja (21, 22). Pri tem testu se od preiskovanca zahteva, da petkrat čim hitreje vstane in sede z rokami, prekrizanimi na prsih. Z ročno štoparico se meri čas, ki ga za to potrebuje (23, 24).

Izvedbe testa 5TSTS se med raziskavami razlikujejo v številnih podrobnostih, kljub temu pa ima test pri populaciji starejših odraslih dobre merske lastnosti (25). Pri zdravih starejših odraslih so poročali o odlični zanesljivosti posameznega preiskovalca (ICC = 0,99) in med dvema preiskovalcema (ICC = 0,99). Pri tem je bila zanesljivost odlična tako za izkušene fizioterapevte kot za študente (19). Pri starejših odraslih ženskah je bil izid testa 5TSTS visoko pozitivno ($r = 0,64$) povezan s časovno merjenim testom vstani in pojdi (18), pri zdravih starejših odraslih pa niso poročali o statistično značilni povezanosti z Bergovo lestvico za oceno ravnotežja (19). Podrobnejši pregled literature o merskih lastnostih testa 5TSTS pri različnih skupinah preiskovancev sta skupaj z navodili za izvedbo testa pred kratkim objavili Prezelj in Puh (25).

Test 5TSTS je bil prvotno namenjen funkcijski oceni mišične zmogljivosti spodnjih udov (24), vendar so ugotovitve raziskav neskladne. V nekaterih raziskavah (26–28) so ugotovili nizko do zmerno negativno ($r =$ od $-0,28$ do $-0,58$) povezanost med mišično zmogljivostjo spodnjih udov in izidom testa 5TSTS, nasprotno pa je v drugih raziskavah (19, 29) niso ugotovili. Vstajanje in sedanje naj bi bilo namreč odvisno od precej več dejavnikov (26, 27). Whitney in sodelavci (22) so ugotovili, da imajo starejši odrasli z motnjami ravnotežja v primerjavi z enako starimi

preiskovanci brez motenj ravnotežja statistično značilno slabši izid testa 5TSTS, kar nakazuje, da je ta test pri starejših odraslih odvisen tudi od dinamičnega ravnotežja. Bohannon in sodelavci (26) ter Tiwari in sodelavci (30) so zato predlagali, da se pred uveljavitvijo testa 5TSTS kot merila mišične zmogljivosti spodnjih udov opravijo še nadaljnje raziskave, ki bi povezanost potrdile ali ovrgle.

Namen te raziskave je bil ugotoviti povezanost izida testa 5TSTS z mišično jakostjo spodnjih udov in dinamičnim ravnotežjem pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih. Poleg tega smo želeli oceniti tudi povezanost izida testa 5TSTS s starostjo preiskovancev.

METODE

Raziskavo je odobrila Komisija Republike Slovenije za medicinsko etiko (0120-380/2021/6). Vsi preiskovanci so pred izvedbo meritev prejeli pojasnilo raziskave ter podpisali izjavo o prostovoljni in zavestni privolitvi k sodelovanju v raziskavi.

Preiskovanci

V raziskavo so bili vključeni funkcijsko samostojni starejši odrasli. Vzorčenje je bilo priložnostno. Merila za vključitev preiskovancev v raziskavo so bila: starost nad 65 let, sposobnost razumevanja in upoštevanja navodil, funkcijska samostojnost, sposobnost samostojne hoje vsaj 10 metrov brez pripomočka za hojo ter sposobnost samostojnega vstajanja in sedanja brez pomoči rok. Vsi preiskovanci so ocenjevanje opravili v celoti. V raziskavi je sodelovalo 37 preiskovancev, od tega je bilo več žensk (59,5 %). Povprečna starost preiskovancev je bila 71 let (razpon od 65 do 81 let).

Ocenjevalni postopki

Pri vsakem preiskovancu smo vnaprej naključno določili vrstni red izvedbe testa 5TSTS, ročne dinamometrije in testov dinamičnega ravnotežja. Ocenjevanje je bilo izvedeno na domu preiskovalke. Prostor, v katerem je potekalo ocenjevanje, je bil prostoren, miren, topel in svetel, v njem pa poleg pripomočkov za testiranje ni bilo drugih predmetov. Med testiranjem je bilo poskrbljeno za odsotnost motečih vidnih ali slušnih dejavnikov, v prostoru pa je bil le en preiskovanec. Preiskovanci so bili pri meritvah mišične jakosti bosi, pri preostalih testih

pa obuti v varno obutev. Oblečeni so bili v kratke hlače.

Test 5TSTS smo izvedli po že omenjenih navodilih, ki smo jih pripravili na podlagi pregleda literature o merskih lastnostih testa pri različnih skupinah preiskovancev (25). Za izvedbo testa smo uporabili stol višine 45 cm.

Pri meritvah mišične jakosti smo z ročnim dinamometrom Lafayette (model 01165, Lafayette Instrument Company, ZDA) po postopku, ki ima preverjeno zanesljivost in veljavnost (31), merili mišice ekstenzorje kolkov in kolen. Za te mišične skupine sta bili pri starejših odraslih ugotovljeni veljavnost in zanesljivost ročne dinamometrije (32–36). Meritve so bile izvedene z največjim podolgovatim nastavkom dinamometra. Merjenje je potekalo na prenosni terapevtski mizi (model Aurora ALU, SilverLine, Slovenija). Uporabili smo test izenačitve sile (angl. »make« test) (37). Ker so to močnejše mišične skupine, pri katerih preiskovalec navadno ne zmore zadržati oziroma izenačiti sile preiskovanca, smo za pomoč uporabili trak (38). Ker pritisk dinamometra na spodnji ud preiskovancem lahko povzroča nelagodje (31, 38), smo spremenili mesto postavitve dinamometra tako, da je bil ta postavljen ob nogo terapevtske mize, na mesto stika traku s spodnjim udom preiskovanca pa smo namestili penasto blazinico.

Za oceno dinamičnega ravnotežja smo po navodilih Sončeve in Rugljeve (39) izvedli test korakanja v štirih kvadratih (angl. four square step test – FSSST) in test dvigovanja na stopnico. Protokol izvedbe testa dvigovanja na stopnico smo oblikovali na podlagi predhodnih raziskav in navodil (40–43). Pri testu je preiskovanec 15 sekund čim hitreje stopal na stopnico višine 10 cm in dol z nje. Pri tem je gibanje ves čas vodil šibkejši spodnji ud (42). Za določitev šibkejšega spodnjega uda smo preiskovance najprej vprašali, katera je njihova dominantna noga oziroma s katero bi brnili žogo (33), nato pa so morali stopanje voditi z nasprotno.

Statistična analiza podatkov

Normalnost porazdelitve spremenljivk smo preverili s Kolmogorov-Smirnovim testom. Zaradi nenormalne porazdelitve izidov testa 5TSTS smo povezanost z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka in kolena, dinamičnim ravnotežjem ter s starostjo

preiskovancev izračunali s Spearmanovim koeficientom korelacije (r_s), pri čemer smo upoštevali enorepo porazdelitev. Če je bila vrednost koeficienta korelacije manjša od 0,25, je bila povezanost opredeljena kot zelo nizka oziroma, da povezanosti med spremenljivkama ni, vrednosti med 0,25 in 0,50 so pomenile nizko povezanost, med 0,50 in 0,75 zmerno do visoko ter vrednosti nad 0,75 zelo visoko do odlično povezanost (44). Stopnjo značilnosti smo določili pri $p < 0,05$.

REZULTATI

Skupno so preiskovanci za izvedbo testa 5TSTS potrebovali povprečno 9,8 sekunde (SO: 3,0). Od tega so moški (9,6 sekunde) potrebovali v povprečju 0,4 sekunde manj časa kot ženske (10 sekund). Najstarejša preiskovanka, stara 80 in 81 let, sta za izvedbo potrebovala povprečno 2,7 sekunde več kot preiskovanci, stari od 65 do 69 let. Najboljši čas izvedbe testa je bil 6,8 sekunde (preiskovanki, stari 65 in 67 let), najslabši pa 23,3 sekunde (preiskovanka, stara 71 let) (preglednica 1).

Povprečni dosežki preiskovancev na meritvah mišične jakosti so prikazani v preglednici 2. V splošnem so se pri meritvah kot močnejša mišična skupina izkazali ekstenzorji kolka. Skupno pri preiskovancih v povprečnih vrednostih med desnim

Preglednica 1: Izidi testa petih vstajanj s stola (n = 37)

Starostna skupina (leta)	Preiskovanci (n)	Povprečna vrednost (SO; razpon) (s)
60–69	17	8,7 (1,4; 6,8–10,9)
70–79	18	10,7 (3,8; 6,9–23,3)
≥ 80	2	11,4 (1,8; 10,1–12,7)

SO – standardni odklon

in levim spodnjim udom pri mišicah ekstenzorjih kolka in kolena ni bilo bistvenih razlik. Najmanjša povprečna mišična jakost ekstenzorjev kolka obeh spodnjih udov je bila 25,3 kg (preiskovanka, stara 75 let), največja pa 112,8 kg (preiskovanec, star 68 let). Pri mišicah ekstenzorjih kolena je bila najmanjša povprečna mišična jakost obeh spodnjih udov 24,3 kg (preiskovanka, stara 75 let), največja pa 66,3 kg (preiskovanec, star 70 let) (preglednica 2).

Povezanost med izidom testa 5TSTS ter mišično jakostjo ekstenzorjev kolka levega spodnjega uda in ekstenzorjev kolka obeh spodnjih udov skupaj je bila nizka negativna ($r_s = -0,28$) (slika 1). Povezanosti 5TSTS z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka desnega spodnjega uda, ekstenzorjev kolena levega in desnega spodnjega uda ter mišično jakostjo ekstenzorjev kolena obeh spodnjih udov skupaj pa nismo ugotovili.

Preglednica 2: Izidi meritev mišične jakosti ekstenzorjev kolka in kolena z ročnim dinamometrom (n = 37)

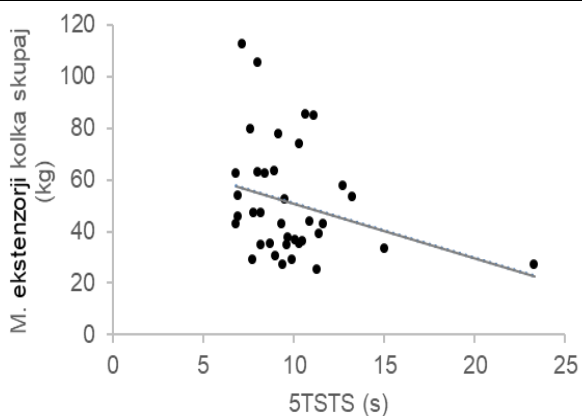
Mišična skupina/stran		Povprečna mišična jakost (SO; razpon)		
		Ženske	Moški	Skupaj
EKST kolka (kg)	Desna	40,1 (11,6; 22,8–61,3)	66,6 (26,9; 27,4–117,4)	50,8 (23,1; 22,8–117,4)
	Leva	39,3 (9,9; 27,4–63,5)	69,6 (23,0; 30,5–108,2)	51,6 (22,1; 27,4–108,2)
	Skupaj	39,7 (10,3; 25,3–62,4)	68,1 (24,0; 29,0–112,8)	51,2 (22,0; 25,3–112,8)
EKST kolena (kg)	Desna	35,1 (6,6; 22,2–45,9)	49,7 (12,5; 29,2–68,5)	41,0 (11,8; 22,2–68,5)
	Leva	36,5 (7,9; 24,9–52,1)	48,0 (10,1; 32,7–64,0)	41,1 (10,5; 24,9–64,0)
	Skupaj	35,8 (6,4; 24,3–48,4)	48,9 (10,8; 31,8–66,3)	41,1 (10,6; 24,3–66,3)

SO – standardni odklon; EKST – mišice ekstenzorji

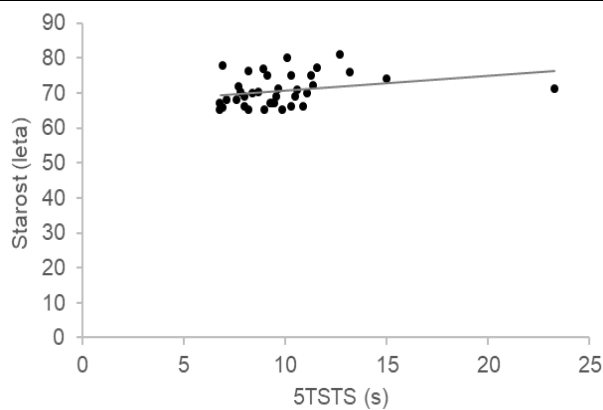
Preglednica 3: Izidi testov dinamičnega ravnotežja (n = 37)

Test	Povprečna vrednost (SO; razpon)		
	Ženske	Moški	Skupaj
FSST (s)	7,7 (1,9; 4,8–11,3)	7,6 (2,0; 4,6–12,0)	7,7 (1,9; 4,6–12,0)
Test dvigovanja na stopnico (št. dvigov)	10,1 (2,3; 7,0–15,0)	10,7 (2,6; 6,0–15,7)	10,4 (2,4; 6,0–15,7)

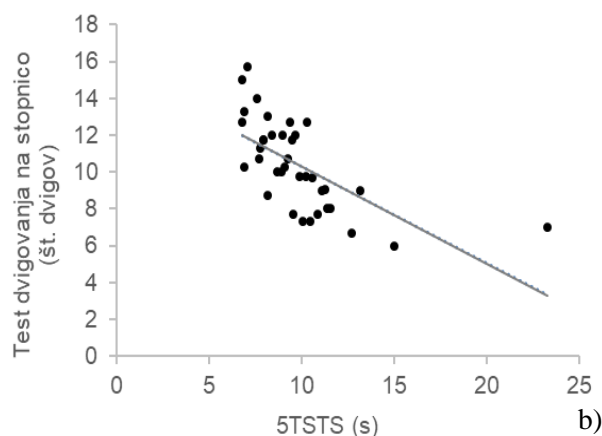
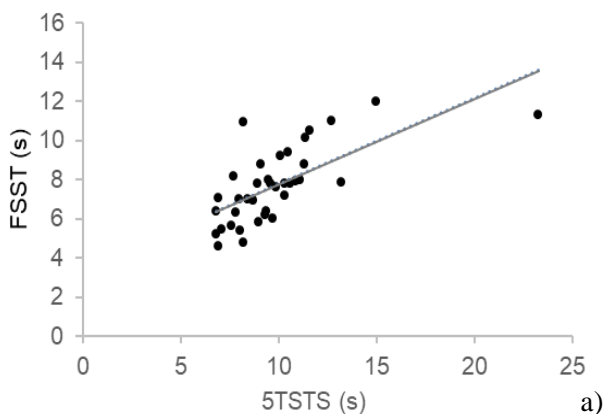
SO – standardni odklon; FSST – test korakanja v štirih kvadratih



Slika 1: Povezanost izida testa petih vstajanj s stola (5TSTS) s povprečno mišično jakostjo ekstenzorjev kolka je bila nizka negativna ($r_o = -0,28$; $p = 0,047$).



Slika 3: Povezanost izida testa petih vstajanj s stola (5TSTS) s starostjo preiskovancev je bila nizka pozitivna ($r_o = 0,38$; $p = 0,011$).



Slika 2: Povezanost izida testa petih vstajanj s stola (5TSTS) z izidom testa korakanja v štirih kvadratih (FSST) je bila visoka pozitivna ($r_o = 0,72$; $p = 0,000$) (a), z izidom testa dvigovanja na stopnico pa zelo visoka negativna ($r_o = -0,76$; $p = 0,000$) (b).

Najboljši čas izvedbe FSST je bil 4,6 sekunde (preiskovanec, star 66 let), najslabši pa 12,0 sekund (preiskovanec, star 74 let). Najvišje povprečno število dvigov pri testu dvigovanja na stopnico v 15 sekundah je bilo 15,7 (preiskovanka, stara 65 let), najnižje pa 6 dvigov (preiskovanec, star 74 let) (preglednica 3).

Povezanost izida testa 5TSTS z izidom testa FSST je bila visoka pozitivna ($r_o = 0,72$) (slika 2a). Povezanost izida testa 5TSTS s testom dvigovanja na stopnico pa je bila zelo visoka negativna ($r_o = -0,76$) (slika 2b).

Povezanost med izidi testa 5TSTS vseh preiskovancev in njihovo starostjo je bila nizka pozitivna ($r_o = 0,38$) (slika 3).

RAZPRAVA

Vstajanje iz sedečega položaja vključuje aktivacijo številnih mišic spodnjih udov (45), zato ni presenetljivo, da se pogosto uporablja kot merilo mišične zmogljivosti (26). Raziskovalci (3, 8, 10) si pri uporabi različnih testov vstajanja in sedanja kot merila mišične zmogljivosti spodnjih udov še vedno niso enotni, saj naj bi na sposobnost vstajanja iz sedečega položaja vplivali še drugi dejavniki, kot so ravnotežje, mišična jakost zgornjih udov, strategija vstajanja in višina sedala.

Povezanost med izidom testa 5TSTS in mišično jakostjo spodnjih udov je bila v naši raziskavi statistično značilna le pri ekstenzorjih kolka levega spodnjega uda ($r_o = -0,28$) oziroma pri povprečni

mišični jakosti ekstenzorjev kolka obeh spodnjih udov skupaj ($r_0 = -0,28$). Povezanost izida testa 5TSTS z jakostjo mišic ekstenzorjev kolka pri starejših odraslih so predhodno preverjali le v eni raziskavi (28), v kateri so kljub metodi merjenja mišične jakosti spodnjih udov s fiksnim dinamometrom in temu, da so v vzorec zajeli samo ženske, prišli do enakih ugotovitev ($r = -0,29$) kot v naši raziskavi.

Pri povprečni mišični jakosti ekstenzorjev kolena desnega spodnjega uda in ekstenzorjev kolena obeh spodnjih udov skupaj je bila statistična značilnost sicer blizu mejne vrednosti, vendar povezanost z izidom testa 5TSTS ni bila statistično značilna. V nasprotju z našo raziskavo pa so Bohannon in sodelavci (26) pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih med izidom testa 5TSTS in mišično jakostjo ekstenzorjev kolena, merjeno z ročnim dinamometrom in trakom, ugotovili zmerno povezanost ($r = -0,56$). Čeprav je bila raziskava po metodah dela najbolj primerljiva naši, pa bi bil razlog za višjo povezanost v predhodni raziskavi (26) lahko ta, da so v podskupino starejših zajeli bistveno večji vzorec preiskovancev ($n = 83$), zajeti preiskovanci pa so bili tudi mlajši od 65 let. Vzrok za statistično neznačilnost povezanosti je lahko namreč premajhen in/ali preveč heterogen vzorec (46).

O povezanosti z mišično jakostjo ekstenzorjev kolena ($r = -0,46$), so poročali tudi McCarty in sodelavci (28), čeprav so meritve mišične jakosti opravili z izokinetičnim dinamometrom. Zanesljivost in veljavnost ročne in fiksne dinamometrije je sicer primerljiva (6), vendar so Hansen in sodelavci (38) ugotovili, da je mišična jakost ekstenzorjev kolena, merjena s fiksnim dinamometrom, statistično značilno večja od jakosti, merjene z ročnim dinamometrom in trakom. O nizki povezanosti ($r = -0,43$) so poročali še Lord in sodelavci (27), ki so v vzorec zajeli 669 preiskovancev, starih od 75 do 93 let. Čeprav je bil vzorec velik, je bil precej heterogen, saj so bili v nasprotju z našo raziskavo vključeni preiskovanci z različnimi stopnjami funkcijskih omejitev. Do podobnih ugotovitev o nepovezanosti izidov testa 5TSTS in mišične jakosti ekstenzorjev kolena kot v naši raziskavi pa so prišli v drugih dveh raziskavah (19, 30). Podobno so bili preiskovanci v raziskavi Tiwarija in sodelavcev (30) v povprečju aktivni in

funkcijsko zelo zmogljivi ter skoraj 70 % jih je svoje zdravje opredelilo kot zelo dobro do odlično. Čeprav je bil njihov vzorec z našim primerljiv tudi po velikosti ($n = 41$), pa so v nasprotju z našo raziskavo zajeli tudi preiskovance, ki so bili sicer sposobni samostojne hoje, vendar so za hojo uporabljali pripomoček (30). Povezanosti niso ugotovili tudi Teo in sodelavci (19), vendar je bil njihov vzorec majhen ($n = 12$), preiskovanci pa so bili v povprečju za 15 let mlajši od naših. Različne ugotovitve navedenih raziskav tako kažejo na razlike v načinih merjenja mišične jakosti in heterogenosti vzorcev med raziskavami. Med raziskavami, v katerih so merili z ročnim dinamometrom, obstajajo razlike v testnih položajih preiskovancev, vrsti dinamometra in postavitvi dinamometra na testirani spodnji ud in v tem, ali so si pri meritvah pomagali s trakom (26, 27) ali ne (19, 30).

Čeprav so Guralnik in sodelavci (24) ugotovili, da kar 22 % starejših odraslih ni bilo sposobnih petkrat zapored vstati s stola brez uporabe rok in je bil, da bi se izognili učinku tal, pozneje vpeljan še 30-sekundni test vstajanja s stola, pri katerem se namesto časa izvedbe šteje število ponovitev (47), pa so Schultz in sodelavci (10) poročali, da so pri zdravih, funkcijsko samostojnih starejših odraslih za vstajanje s stola potrebni le zmerni navori v primerjavi z največjimi navori, ki so jih sposobni proizvesti, in jim zato verjetno niti test 5TSTS ne predstavlja zadostnega izziva. Hortobágyi in sodelavci so tudi (48) ugotovili, da lahko starejši odrasli pri dejavnostih vsakodnevnega življenja spremenijo strategijo izvedbe naloge, pri čemer šibkejše mišične skupine nadomeščajo z ustvarjanjem večjih navorov v sosednjih sklepkih. Čeprav so navori kolenskega sklepa bistveni za izvedbo dejavnosti vsakodnevnega življenja, lahko starejši odrasli razvijejo strategijo prerazporeditve razpoložljivih navorov in tako namesto v kolenskem sklepu uporabijo večji delež navorov v kolčnem sklepu (49), kar bi lahko pojasnilo statistično značilno povezanost z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka, ne pa z jakostjo mišic ekstenzorjev kolena.

Povezanost izidov testov 5TSTS in FSST je bila v naši raziskavi visoka pozitivna ($r_0 = 0,72$), v raziskavi Tiwarija in sodelavcev (30) pa zmerna pozitivna ($r_0 = 0,60$). Tako test FSST kot test 5TSTS

med hitro izvedbo naloge za uravnavanje težišča telesa namreč zahtevata hitre odzive nadzora drže, kar lahko pojasnjuje stopnjo povezanosti med testoma (30). Rezultati naše in tudi predhodne raziskave (30) pa nakazujejo, da dinamično ravnotežje igra vlogo in je determinanta pri izvedbi testa 5TSTS pri starejših odraslih.

Zaradi večje podobnosti mišične aktivnosti z vstajanjem s stola smo se odločili še za izvedbo drugega testa dinamičnega ravnotežja – testa dvigovanja na stopnico, pri katerem imajo glavno vlogo prav tako mišice ekstenzorji kolena (45, 50). Zato ni presenetljivo, da je bila povezanost testa 5TSTS s testom dvigovanja na stopnico v naši raziskavi zelo visoka negativna ($r_0 = -0,76$). Čeprav neposredne povezanosti med navedenima testoma, kolikor vemo, v predhodnih raziskavah še niso preverjali, pa so Bohannon in sodelavci (51) pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih poročali o zelo nizki negativni povezanosti ($r = -0,21$) izida testa 5TSTS s številom vsakodneвно prehojenih nadstropij stopnic, ki so jih beležili preiskovanci sami. K vsakodneвно prehojenemu številu stopnic poleg mišične zmogljivosti spodnjih udov namreč prispeva več dejavnikov. Med njimi je na primer aerobna vzdržljivost posameznika (51), ki pa pri testu dvigovanja na stopnico ni v ospredju, saj je test, enako kot test 5TSTS, zelo kratek.

V naši raziskavi je bil čas izvedbe testa 5TSTS nizko pozitivno ($r_0 = 0,38$) povezan s starostjo preiskovancev. Ti rezultati so skladni z ugotovitvami predhodnih raziskav (26, 27). Bohannon in sodelavci (26) so poročali, da je bil pri preiskovancih, starih od 14 do 85 let, sposobnih samostojne hoje brez pripomočka, izid testa 5TSTS zmerno pozitivno ($r = 0,56$) povezan s starostjo preiskovancev, povezanost za podskupino preiskovancev, starih od 50 do 85 let, pa je bila podobno kot v naši raziskavi nizka pozitivna ($r = 0,47$). O statistično značilni povezanosti izida testa 5TSTS s starostjo preiskovancev so na vzorcu v skupnosti živečih starejših odraslih poročali tudi Lord in sodelavci (27), vendar pa je bila ta povezanost zelo nizka pozitivna ($r = 0,16$). Lord in sodelavci (27) so namreč v vzorec zajeli preiskovance, stare od 75 do 93 let (povprečna starost: 79 let), v naši raziskavi pa je bilo 46 % preiskovancev starih od 65 do 69 let, 48,6 % preiskovancev od 70 do 79 let, le dva preiskovanca

(5,4 %) pa sta bila stara 80 let ali več. To pomeni, da so bili preiskovanci v naši raziskavi v povprečju 10 let mlajši, poleg tega pa so bili v nasprotju s preiskovanci v predhodni raziskavi (27) vsi funkcijsko samostojni. Z multiplo regresijsko analizo so namreč ugotovili, da je bil izid testa 5TSTS pri preiskovancih z različno stopnjo funkcijskih omejitev v glavnem odvisen od mišične jakosti spodnjih udov, ravnotežja ter različnih senzomotoričnih in psiholoških dejavnikov, sama starost preiskovanca pa posledično k tej variabilnosti ni bistveno prispevala (27). Po 50. letu starosti se zaradi procesa staranja in z njim povezanih telesnih sprememb začne občuten upad mišične mase in s tem mišične zmogljivosti (52). Fiziološko staranje spremlja tudi zmanjšanje delovanja vestibularnega sistema, poslabšanje perifernega vida in splošen sorazmeren upad somatosenzoričnega sistema (53). Čeprav se vsa poslabšanja telesnih sistemov s staranjem zgodijo postopoma in bi zato pričakovali, da bo povezanost med izidom testa 5TSTS in starostjo višja, pa lahko na to premo sorazmernost vplivajo številne pridružene okvare, bolezni in poškodbe ter tudi nedejavnost, ki ta upad bistveno pospešijo (54).

ZAKLJUČEK

Rezultati naše raziskave so pokazali, da so izidi testa 5TSTS nizko negativno povezani z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka, ne pa tudi ekstenzorjev kolena. Za jasnejše ugotovitve glede povezanosti izida testa 5TSTS z mišično jakostjo spodnjih udov predlagamo, da se raziskava ponovi na večjem vzorcu preiskovancev. Povezanost izida testa 5TSTS s testom FSST je bila visoka pozitivna, s testom dvigovanja na stopnico pa zelo visoka negativna. Na podlagi teh ugotovitev lahko trdimo, da je test 5TSTS pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih odvisen od dinamičnega ravnotežja. Zaradi višje povezanosti z dinamičnim ravnotežjem kot z mišično jakostjo spodnjih udov pa so za določitev njegove veljavnosti kot merila mišične zmogljivosti spodnjih udov pri starejših odraslih potrebne nadaljnje raziskave. Rezultati naše raziskave so potrdili pozitivno nizko povezanost izida testa 5TSTS s starostjo preiskovancev.

LITERATURA

1. Kumban W, Amatachaya S, Emasithi A, Siritaratiwat W (2013). Five-times-sit-to-stand test

- in children with cerebral palsy: reliability and concurrent validity. *Neuro Rehabil* 32(1): 9–15.
2. Bohannon RW (2015). Daily sit-to-stands performed by adults: a systematic review. *J Phys Ther Sci* 27(3): 939–42.
 3. Gross MM, Stevenson PJ, Charette SL, Pyka G, Marcus R (1998). Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait Posture* 8(3): 175–85.
 4. Kralj A, Jaeger RJ, Munih M (1990). Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *J Biomech* 23(11): 1123–38.
 5. Hurley ST, Rutherford DJ, Hubley-Kozey C (2016). The Effect of Age and Seat Height on Sit-to-Stand Transfer Biomechanics and Muscle Activation. *Phys Occup Ther Geriatr* 34(4): 169–85.
 6. Bohannon RW (2012). Measurement of Sit-to-Stand Among Older Adults. *Top Geriatr Rehabil* 28(1): 11–6.
 7. Hirschfeld H, Thorsteinsdottir M, Olsson E (1999). Coordinated ground forces exerted by buttocks and feet are adequately programmed for weight transfer during sit-to-stand. *J Neurophysiol* 82(6): 3021–9.
 8. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA (1990). Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther* 70(10): 648–51.
 9. Ikeda ER, Schenkman ML, Riley PO, Hodge WA (1991). Influence of age on dynamics of rising from a chair. *Phys Ther* 71(6): 473–81.
 10. Schultz AB, Alexander NB, Ashton-Miller JA (1992). Biomechanical analyses of rising from a chair. *J Biomech* 25(12): 1383–91.
 11. Ashford S, De Souza L (2000). A comparison of the timing of muscle activity during sitting down compared to standing up. *Physiother Res Int* 5(2): 111–28.
 12. Millington PJ, Myklebust BM, Shambes GM (1992). Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Arch Phys Med Rehabil* 73(7): 609–17.
 13. Roebroeck ME, Doorenbosch CA, Harlaar J, Jacobs R, Lankhorst GJ (1994). Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. *Clin Biomech* 9(4): 235–44.
 14. Soto-Varela A, Rossi-Izquierdo M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, Gayoso-Diz P, Del-Río-Valeiras M, Lirola-Delgado A, Santos-Pérez S (2016). Balance Disorders in the Elderly: Does Instability Increase Over Time? *Ann Otol Rhinol Laryngol* 125(7): 550–8.
 15. Bryanton M, Bilodeau M (2017). The role of thigh muscular efforts in limiting sit-to-stand capacity in healthy young and older adults. *Aging Clin Exp Res* 29(6): 1211–9.
 16. Blackwood J (2017). Reliability, Validity and Minimal Detectable Change in the Timed Up and Go and Five Times Sit to Stand Tests in Older Adults with Early Cognitive Loss. *J Physiother Rehabil* 1:1.
 17. Buatois S, Miljkovic D, Manckoundia P, Gueguen R, Miget P, Vançon G, Perrin P, Benetos A (2008). Five times sit to stand test is a predictor of recurrent falls in healthy community-living subjects aged 65 and older. *J Am Geriatr Soc* 56(8): 1575–7.
 18. Goldberg A, Chavis M, Watkins J, Wilson T (2012). The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clin Exp Res* 24(4): 339–44.
 19. Teo TW, Mong Y, Ng SS (2013). The repetitive Five-Times-Sit-To-Stand test: its reliability in older adults. *Int J Ther Rehabil* 20(3): 122–30.
 20. Wallmann HW, Evans NS, Day C, Neelly KR (2012). Interrater Reliability of the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Home Health Care Manag Pract* 25(1): 13–7.
 21. Jones SE, Kon SS, Canavan JL, Patel MS, Clark AL, Nolan CM, Polkey MI, Man WD (2013). The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. *Thorax* 68(11): 1015–20.
 22. Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF, Gee MA, Redfern MS, Furman JM (2005). Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Phys Ther* 85(10): 1034–45.
 23. Beninato M, Portney LG, Sullivan PE (2009). Using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a framework to examine the association between falls and clinical assessment tools in people with stroke. *Phys Ther* 89(8): 816–25.
 24. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49(2): M85–94.
 25. Prezelj E, Puh U (2020). Merske lastnosti testa petih vstajanj s stola. *Fizioterapija* 28(1): 50–9.
 26. Bohannon RW, Bubela DJ, Magasi SR, Wang YC, Gershon RC (2010). Sit-to-stand test: Performance and determinants across the age-span. *Isokinet Exerc Sci* 18(4): 235–40.
 27. Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A (2002). Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older

- people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 57(8): M539–43.
28. McCarthy EK, Horvat MA, Holtsberg PA, Wisenbaker JM (2004). Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59(11): 1207–12.
 29. Netz Y, Ayalon M, Dunsky A, Alexander N (2004). 'The multiple-sit-to-stand' field test for older adults: what does it measure? *Gerontology* 50(3): 121–6.
 30. Tiwari D, Talley SA, Alsalaheen B, Goldberg A (2019). Strength of association between the Five-Times-Sit-to-Stand Test and balance, knee extensor strength and lower limb power in community-dwelling older adults. *Int J Ther Rehabil* 26(3): 1–10.
 31. Lipovšek T, Kacin A, Puh U (2022). Reliability and validity of hand-held dynamometry for assessing lower limb muscle strength. *Isokinet Exerc Sci* 30(6): 231–40.
 32. Arnold CM, Warkentin KD, Chilibeck PD, Magnus CR (2010). The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. *J Strength Cond Res* 24(3): 815–24.
 33. Buckinx F, Croisier JL, Reginster JY, Dardenne N, Beaudart C, Slomian J, Leonard S, Bruyère O (2017). Reliability of muscle strength measures obtained with a hand-held dynamometer in an elderly population. *Clin Physiol Funct Imaging* 37(3): 332–40.
 34. Ottenbacher KJ, Branch LG, Ray L, Gonzales VA, Peek MK, Hinman MR (2002). The reliability of upper- and lower-extremity strength testing in a community survey of older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 83(10): 1423–7.
 35. Schaubert KL, Bohannon RW (2005). Reliability and validity of three strength measures obtained from community-dwelling elderly persons. *J Strength Cond Res* 19(3): 717–20.
 36. Wang CY, Olson SL, Protas EJ (2002). Test-retest strength reliability: hand-held dynamometry in community-dwelling elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil* 83(6): 811–5.
 37. Bohannon RW (1988). Make tests and break tests of elbow flexor muscle strength. *Phys Ther* 68(2): 193–4.
 38. Hansen EM, McCartney CN, Sweeney RS, Palimenio MR, Grindstaff TL (2015). Hand-held Dynamometer Positioning Impacts Discomfort During Quadriceps Strength Testing: A Validity and Reliability Study. *Int J Sports Phys Ther* 10(1): 62–8.
 39. Sonc N, Rugelj D (2014). Normativne vrednosti časovno merjenega testa korakanja v štirih kvadratih. *Fizioterapija* 22(1): 31–7.
 40. Hill KD, Bernhardt J, McGann AM, Maltese D, Berkovits D (1996). A New Test of Dynamic Standing Balance for Stroke Patients: Reliability, Validity and Comparison with Healthy Elderly. *Physiotherapy Canada* 48(4): 257–62.
 41. Tyson SF (2007). Measurement error in functional balance and mobility tests for people with stroke: what are the sources of error and what is the best way to minimize error? *Neurorehabil Neural Repair* 21(1): 46–50.
 42. Tyson SF, DeSouza LH (2004). Reliability and validity of functional balance tests post stroke. *Clin Rehabil* 18(8): 916–23.
 43. Tyson SF (2004). Brunel Balance Assessment (BBA). The University of Salford. https://www.sralab.org/sites/default/files/2017-07/new_BBA_manual.pdf <10. 5. 2023>
 44. Portney LG, Watkins MP (2009). *Foundations of clinical research: Applications to practice*. 3th ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 525.
 45. Wretenberg P, Arborelius UP (1994). Power and work produced in different leg muscle groups when rising from a chair. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 68(5): 413–7.
 46. Page P (2014). Beyond statistical significance: clinical interpretation of rehabilitation research literature. *Int J Sports Phys Ther* 9(5): 726–36.
 47. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 70(2): 113–9.
 48. Hortobágyi T, Mizelle C, Beam S, DeVita P (2003). Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58(5): M453–60.
 49. DeVita P, Mizelle C, Vestal A, Beam S, Jolla J, Smith K, Hortobágyi T (2001). Neuromuscular reorganization during stairway locomotion in old adults. *Med Sci Sports Exercise* 33, S344.
 50. Larsen AH, Sørensen H, Puggaard L, Aagaard P (2009). Biomechanical determinants of maximal stair climbing capacity in healthy elderly women. *Scand J Med Sci Sports* 19(5): 678–86.
 51. Bohannon RW, Brennan P, Pescatello L, Hasson S, Murphy M, Marschke L (2005). Relationships Between Perceived Limitations in Stair Climbing and Lower Limb Strength, Body Mass Index, and Self-reported Stair Climbing Activity. *Top Geriatr Rehabil* 21(4): 350–5.
 52. Keller K, Engelhardt M (2014). Strength and muscle mass loss with aging process. *Age and strength loss. Muscles Ligaments Tendons J* 3(4): 346–50.
 53. Eibling D (2018). Balance Disorders in Older Adults. *Clin Geriatr Med* 34(2): 175–81.

54. Sturnieks DL, St George R, Lord SR (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin* 38(6): 467–78.

Vpliv progresivne vadbe proti uporju na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih s cerebralno paralizo

The effects of progressive resistance training on muscle strength and function of children and adolescents with cerebral palsy

Tina Tomc Žargi¹

IZVLEČEK

Uvod: Otroci in mladostniki s cerebralno paralizo se spoprijemajo s težavami pri nadzoru gibanja in drže, ki so med drugim tudi posledica slabe mišične zmogljivosti. Vključevanje elementov progresivne vadbe proti uporju je ena izmed metod, ki je usmerjena v vzdrževanje in pridobivanje mišične jakosti, da bi optimizirali funkcijo in tako vplivali na izboljšanje kakovosti življenja. **Metode:** Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk PubMed in Web of Science marca 2023. Pregledane so bile raziskave, objavljene po letu 2013, objavljene v angleškem jeziku. **Rezultati:** V pregled je bilo vključenih 12 raziskav. Avtorji večinoma poročajo o pozitivnem prirastu mišične jakosti ciljnih mišičnih skupin brez hujših neželenih učinkov ali povišanja mišičnega tonusa oziroma spastičnosti. Prenos v funkcijo je boljši pri programih, pri katerih so vključene vaje, ki vključujejo funkcijsko vadbo s progresivnim uporjom pri višjih hitrostih gibanja, z zadostno frekvenco in količino vadbe. **Zaključek:** Pri otrocih in mladostnikih s spastično cerebralno paralizo je uporaba progresivne vadbe proti uporju smiselna in varna izbira za krepitev mišic, sta pa zaradi velike variabilnosti klinične slike za zagotavljanje optimalnih učinkov in varne izvedbe potrebna individualizacija programa in nadzor nad pravilno izvedbo izbranih vaj.

Ključne besede: progresivna vadba proti uporju, cerebralna paraliza, otroci, mladostniki, funkcija.

ABSTRACT

Background: Children and adolescents with mild to moderate spastic cerebral palsy experience several difficulties with motor control and posture. Combined with deficits in muscle strength this manifests as difficulties in daily activities. Including elements of progressive resistance training in therapeutic program targets maintaining and improving muscle strength aims improvements in muscle function and quality of life. **Methods:** Databases PubMed and Web of Science were reviewed in March 2023. Studies written in English language published after 2013 were included. **Results:** 12 studies were included in the final review. Most studies reported significant gains in muscle strength, with little or no adverse effects and no negative influence on muscle tone and spasticity. Transfer of strength gains into function was better with programs focusing on high velocity functional strength training with sufficient exercise frequency and volume. **Conclusions:** The use of progressive resistance training is sensible and safe option with children and adolescents with spastic cerebral palsy, however high diversity of symptoms requires individualization and expert supervision in order to achieve safe execution and optimal results.

Key words: Progressive resistance training, cerebral palsy, children, adolescents, function.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: asist. dr. Tina Tomc Žargi, dipl. fiziot.; e-pošta: tina.tomc-zargi@zf.uni-lj.si

Prispelo: 18.04.2023

Sprejeto: 25.05.2023

UVOD

Cerebralna paraliza (CP), nenapredujoča trajna okvara možganov, nastala v prenatalnem ali perinatalnem obdobju, se kaže kot raznolika slika razvojnega zaostanka, katerega skupni imenovalec je motnja drže in gibanja (1). Diagnoza pokriva širok spekter kliničnih znakov z različno stopnjo težavnosti, klinična slika pa je odvisna od mesta in obsega okvare (2). Pojavnost je dva primera na 1000 rojstev v Evropi, od katerih se v 82 % izrazi spastična oblika CP, ki je posledica okvare primarnega motoričnega korteksa (2). Živčno-mišični simptomi so povezani z okvaro zgornjega motonevronskega sistema in vključujejo šibkost mišic, povišan mišični tonus ali spastičnost, zmanjšano ali odsotno sposobnost nadzora hotenega gibanja ter primanjkljaje v koordinaciji in ravnotežju (2). Čeprav je okvara osrednjega živčevja nenapredujoča, se simptomatika skozi različna obdobja življenja posameznikov pogosto spreminja, nanjo pa lahko močno vplivajo tudi pridružene motnje. Oviranost na področju grobe motorike je povezana z več dejavniki in lahko vodi v razvoj sekundarnih mišično-skeletnih zapletov, kot so mišične skrajšave, zmanjšan obseg gibljivosti, kostne deformacije in spremenjena morfološka oblika mišic, kar še dodatno vpliva na njihovo šibkost in izgubo funkcije.

Otroci z blago do zmerno obliko CP stopnje I do III po sistemu za razvrščanje otrok s CP glede na grobo gibalno funkcijo (*angl. Gross Motor Classification System – GMFCS*) (3), v 60 do 70 % usvojijo samostojno hojo s pripomočki ali brez njih neke med šestim in dvanajstim letom starosti. Kljub temu pa njihova oviranost vpliva na vsakodnevne dejavnosti tako, da so v primerjavi z vrstniki v zaostanku (1, 4). Pri številnih se med 20. in 40. letom starosti pojavita poslabšanje funkcije hoje in pospešena izguba mišične zmogljivosti (5–7), kar lahko posledično vodi v splošno nižanje ravni telesne dejavnosti ter povečanje s tem povezanih tveganj za razvoj sekundarnih boleznih in zapletov (8, 9).

Ker je izguba mišične jakosti eden izmed ključnih dejavnikov za poslabšanje funkcije posameznikov s CP, se pri otrocih in mladostnikih v terapiji uporablja vadba proti uporabi. Kot ena izmed primernih tehnik se v literaturi pogosto omenja progresivna vadba proti uporabi (PVPU), ki velja za

zlati standard krepitve mišic in preprečevanja mišične šibkosti tako pri posameznikih z značilnim potekom razvoja (10) kot tudi pri otrocih in mladostnikih s CP (11). Učinki PVPU so pri populaciji s CP tema, s katero se raziskovalci veliko ukvarjajo. Nedavni pregledi literature poročajo o pozitivnih učinkih na izboljšanje mišične jakosti (12), vendar učinki na grobo motoriko v funkciji ostajajo nejasni (11), prav tako je veliko polemike o najprimernejšem protokolu za doseganje najboljših učinkov (13).

Namen pregleda literature je ugotoviti, kakšni so učinki različnih programov progresivne vadbe proti uporabi pri otrocih in mladostnikih z blago do zmerno spastično obliko CP na mišično zmogljivost in funkcijo, ter na podlagi novejših literatur ugotoviti najpomembnejše dejavnike, ki vplivajo na uspešnost intervencij PVPU pri tej populaciji.

METODE

Pregled literature je bil izveden marca 2023. Literatura je bila iskana v angleškem jeziku v podatkovnih zbirkah PubMed in Web of Science z naslednjim iskalnim nizom: »progressive resistance training« (Title/Abstract) AND »cerebral palsy« (Title/Abstract) AND »progressive resistance exercise« (Title/Abstract) AND »cerebral palsy« (Title/Abstract). Uporabljene so bile raziskave, objavljene v angleškem jeziku po letu 2013.

Vključitvena merila so obsegala randomizirane kontrolirane raziskave in kontrolirane klinične poskuse, v katerih so izvajali intervencije s progresivno vadbo proti uporabi. Raziskave so vključevale otroke in/ali mladostnike z diagnozo spastične cerebralne paralize. Izključitvena merila so obsegala posameznike, ki so bili neposredno pred intervencijo na aplikaciji botulin toksina, preiskovance, ki so bili deležni operativnega zdravljenja manj kot šest mesecev pred vključitvijo v raziskavo, študije primerov ter intervencije z drugimi tipi vadbe.

REZULTATI

Na podlagi iskalnega niza je bilo v obeh podatkovnih zbirkah najdenih 40 rezultatov. Dva članka sta bila dodana po pregledu virov metaanalize. Po odstranjenih duplikatih (7) in pregledu naslovov, izvlečkov ter dostopnosti v dostopnosti v polnem besedilu (33) je bilo na koncu

Preglednica 1: Značilnosti preiskovancev in tip intervencije

Avtorji	Populacija	Intervencija	Trajanje
Taylor et al. 2013 (14)	Mladostniki 14–22 let n = 48 GMFCS I–III	I: individualizirana PVPU na napravah 3 seti, 10–12 ponovitev 60–80 % 1RM C: standardna obravnava	12 tednov 2 x na teden
Van Vulpen et al. 2017 (18)	Otroci 4–10 let n = 22 GMFCS I–II	I: funkcijska PVPU s treningom eksplozivnosti 3 seti, 6–8 ponovitev, do odpovedi C: ista skupina otrok, predhodno 14 tednov, standardna obravnava	14 tednov 3 x na teden
Gillett et al. 2018 (19)	Mladostniki 15–30 let n = 17 GMFCS I–II	I: funkcijska aerobna vadba PVPU več setov, 6–12 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden
Hegarty et al. 2019 (16)	Otroci 14 ± 3 leta n = 9 GMFCS I–III	I: izolirana PVPU za ciljne mišične skupine in dvig na prste 4 seti, 5 ponovitev, 65 % MVIC C: /	6 tednov 3 x na teden
Gillett et al. 2019 (20)	Mladostniki 15–30 let n = 17 GMFCS I–III	I: PVPU in funkcijska aerobna vadba PVPU: 5 vaj proti uporu za spodnje ude, več setov 6–12 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden
Fosdahl et al. 2019 (21)	Otroci 7–15 let n = 37 GMFCS I–III	I: Raztezanje in funkcijska PVPU (hoja po stopnicah, počepi, dvigi na prste z bremenom) 2 seta, 12 ponovitev, po 8. tednu 3 seti, 8 ponovitev C: standardna obravnava	16 tednov 3 x na teden
Kaya Kara et al. 2019 (22)	Otroci 7–16 let n = 30 GMFCS I	I: funkcijske vaje potiska z nogami – 60–80 % 1RM z dodajanjem 10 % 1RM, 2 tedna, 3 seti, pliometrične vaje – 3 seti, 6 ponovitev vaje za ravnotežje C: standardna obravnava	12 tednov 3 x na teden 90 min.
Fosdahl et al. 2019 (17)	Otroci 10,2 ± 2,3 leta n = 37 GMFCS I–III	I: PVPU za spodnji ud (hoja po stopnicah, počepi, dvigi na prste z bremenom 8 RM) 2 seta, 12 ponovitev, po 8. tednu 3 seti, 8 ponovitev aktivno in pasivno raztezanje zadnjih mišic stegna C: standardna obravnava	16 tednov 3 x na teden
Ryan et al. 2020 (23)	Mladostniki 10–19 let n = 64 GMFCS I–III	I: PVPU za plantarne fleksorje, progresivno od 12RM do 6RM, 4–8 setov C: standardna obravnava	10 tednov 3 x na teden
Cho in Lee 2020 (24)	Otroci 6–13 let n = 25 GMFCS I–III	I: funkcijska PVPU, 5/10/15 ponovitev s 5/10/35 % povečevanje na 2 tedna C: standardna obravnava	6 tednov 3 x na teden 30 min.
Theis et al. 2021 (25)	Mladostniki 10–18 let n = 33 GMFCS I–III	I: PVPU – unilateralne vaje za plantarne fleksorje; progresivno od 12RM do 6RM, 4–8 setov C: standardna obravnava	10 tednov 3 x na teden
Hanssen et al. 2022 (15)	Otroci 8,3 ± 2,0 let n = 49 GMFCS I–III	I: PVPU za spodnje ude (OKV in ZKV) 60–80 % 1RM 3 seti, 10 ponovitev C: standardna obravnava	12 tednov 3–4 x na teden

CP – cerebralna paraliza, GMFCS – sistem za razvrščanje otrok s CP glede na funkcijo grobega gibanja, I – interventna skupina, C – kontrolna skupina, PVPU – progresivna vadba proti uporu, RM – ponovitveni maksimum.

Preglednica 2: Izhodni podatki in ključni rezultati

Avtorji	Izhodni podatki	Rezultati
Taylor et al. 2013 (14)	– MIVC – 1RM potisk z nogami – 6MWT	– brez pomembnih razlik med skupinama in znotraj skupine pri parametrih hoje – 27 % večja jakost ciljnih mišičnih skupin v I skupini ($p < 0,05$) – povprečno 17-% izboljšanje potiska z nogami v I-skupini ($p = 0,001$)
Van Vulpen et al. 2017 (18)	– MIVC PF – 1MWT – vzdržljivost hoje – testi sprintov 2 x – GMFM-66	– pomembno izboljšanje po intervenciji ($p < 0,001$) – 34/27 % MVIC (slabša/boljša stran) – 13 % hitrost hoje – testa sprinta 83 % (MPST) in 56 % (SRT) – GMFM-66
Gillett et al. 2018 (19)	– volumen PF in TA (MRI) – MVIC PF – EMG – morfologija mišice – funkcijska moč (30s RM test) – 6MWT	– pomembno izboljšanje v I-skupini v primerjavi s C-skupino – volumen mišic PF in TA na obeh udih ($p = 0,003$) – maksimalna izometrična moč PF ($p = 0,031$) – funkcijska moč ($p \leq 0,001$) – 6 MWT ($p = 0,006$)
Hegarty et al. 2019 (16)	– MIVC PF, E kolena, F / E kolka – 6MWT – 10-min. test hoje	– pomembno izboljšanje izometrične moči vseh testiranih mišic ($p = 0,0022 - p \leq 0,0001$) – brez pomembnih razlik pri oceni parametrov hoje
Gillett et al. 2019 (20)	– ocena kinetike in kinematike hoje (dolžina koraka, hitrost hoje, maksimalna dorzifleksija začetni fazi opore)	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupino in znotraj C-skupine
Fosdahl et al. 2019 (21)	– izokinetični navor E/F kolena 60/s – aktivni in pasivni poplitealni kot – ocena spastičnosti po Tardieujevi lestvici	– brez pomembnih razlik med skupinama pri nobeni od merjenih spremenljivk
Kaya Kara et al. 2019 (22)	– MIVC E/F kolena, PF – 1RM potisk z nogami – 15m šprint – 1MWT – vstani in pojdi test – GMFM-E	– pomembno izboljšanje v I-skupini ($p < 0,05$) – GMFM-E, – mišične jakosti vseh merjenih mišičnih skupin, – 1MWT in test sprinta, – TUG, – 1 RM za obe nogi
Fosdahl et al. 2019 (17)	– kinematika kolena (GDI) – hitrost hoje – dolžina koraka – 6MWT	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupino – pomembno izboljšanje rezultatov 6MWT v obeh skupinah ($p < 0,05$)
Ryan et al. 2020 (23)	– MIVC PF – učinkovitost hoje (kisikov dolg) – vprašalnik o sodelovanju – premer ahilove tetive – morfologija m. gastrocnemius – GMFM-66	– brez pomembnih razlik med I- in C-skupinama v nobenem od parametrov – I-podskupina z GMFCS II dolgoročni rezultati: nižji kisikov dolg ($p = 0,05$), večji volumen m gastrocnemius ($p = 0,005$) in višje vrednosti vprašalnika o sodelovanju ($p = 0,022$) v primerjavi s C-skupino
Cho in Lee 2020 (24)	– MIVC E kolena – morfologija mišice – mišični tonus – poplitealni koti – funkcijski test dosega – GMFM-88	– pomembno povečanje jakosti m quadriceps v I-skupini, – pomembna razlika med I- in C-skupino ($p < 0,05$) – pomembno večji presek m. quadriceps v I-skupini – pomembno izboljšanje GMFM-ocene v I-skupini
Theis et al. 2021 (25)	– MIVC PF – raven telesne dejavnosti – togost ahilove tetive in m gastrocnemius – kinematika hoje – aktivacija m gastrocnemius – GMFM-66	– pomembno povečanje poplitealnih kotov v I-skupini – povprečno 34,3-odstotno povečanje mišične jakosti takoj po intervenciji – povprečno 33,5-odstotno povečanje po 22. tednih glede na izhodiščne meritve (p ni podan) – raven mišične aktivacije, ugotovljena kot ključni napovedni dejavnik uspešnosti PVPU
Hanssen et al. 2022 (15)	– MVIC E/F kolena, PF – volumen mišic – 1MWT – funkcijski testi – morfologija mišice – GMFM	– pomembno povečanje MVIC in volumna m. gastrocnemius in m. rectus f. – izboljšanje pri funkcijskem testu vstajanja in stopanja vstran ($p \leq 0,004$) v I-skupini – pomembne razlike med I- in C-skupino v jakosti F-kolena in unilateralnem dvigu na prste ($p \leq 0,008$)

1RM – en ponovitveni maksimum, 6MWT – šestminutni test hoje, 1MWT – enominutni test hoje, TUG – vstani in pojdi test, GDI – indeks deviacije hoje, MIVC – maksimalne hotene izometrične kontrakcije, GMFM – mera grobih gibalnih funkcij, PF – plantarni fleksorji, E – ekstentorji, F – fleksorji, TA – tibialis anterior, MRI – slikanje z magnetno resonanco, MPST – Muscle power sprint test, SRT – 10m shuttle run test.

v pregled vključenih 12 raziskav (enajst RCT in en kontroliran klinični poskus), objavljenih od leta 2013 (14) do 2022 (15). V vseh raziskavah so avtorji ovrednotili učinke programov PVPU takoj po koncu intervencije, v šestih raziskavah pa so vrednotili tudi dolgoročne učinke od 10 do 14 tednov po koncu programa. V raziskave je bilo skupno vključenih 388 preiskovancev obeh spolov z blago do zmerno obliko spastične CP. Značilnosti preiskovancev so predstavljene v preglednici 1. Intervencije z vadbo proti uporabi so trajale od šest (16) do 16 tednov (17). Podrobnosti programov PVPU, intenzivnost, trajanje in frekvenca vadbe so predstavljeni v preglednici 1.

V raziskavah so spremljali več izhodnih parametrov za oceno uspešnosti intervencije. Izhodni podatki in ključni rezultati so predstavljeni v preglednici 2.

RAZPRAVA

V pregledu literature smo se osredotočili na učinke programov PVPU na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih z blago do zmerno obliko spastične CP. Kot najpomembnejši kazalnik učinkovitosti vadbe proti uporabi velja povečanje mišične jakosti. V našem pregledu so prirast mišične jakosti spremljali v devetih raziskavah (14–16, 19, 21–25). V vseh raziskavah so spremljali jakost mišic spodnjih udov, saj je bila tudi vadba usmerjena primarno v krepitev mišic spodnjih udov in trupa. V sedmih raziskavah avtorji poročajo o pomembnem povečanju jakosti ciljanih mišičnih skupin v interventni skupini, medtem ko v eni raziskavi niso izmerili pomembnih izboljšav (23), v drugi pa se je jakost mišic sicer povečala, ni pa dosegla praga statistične pomembnosti (21). Razen Fosdahlove in sodelavcev (21), ki so za oceno jakosti uporabili izokinetične meritve koncentričnih navorov fleksorjev in ekstenzorjev kolena, so v vseh raziskavah vrednotili maksimalne hotene izometrične kontrakcije. Čeprav pri meritvi izokinetičnih navorov pri kotni hitrosti 60°/s izboljšanje ni bilo veliko, avtorji poročajo o nakazanem pozitivnem trendu prirasta mišične jakosti ekstenzorjev in fleksorjev kolena. V slednji raziskavi je bilo v intervencijo vključenih več kot 16 terapevtov, ki so načrtovali in nadzorovali izvedbo vadbe, kar lahko pomeni veliko variabilnost v programu in razumevanju parametrov progresivnosti ter se posledično lahko kaže v rezultatih. Jakosti maksimalnih hotenih

izometričnih kontrakcij istih mišičnih skupin so se pomembno izboljšale znotraj skupine, pa tudi v primerjavi s C-skupino v treh raziskavah (15, 16, 24), v katerih so raziskovalci poročali o 22 do 26-% povečanju jakosti ekstenzorjev kolena in celo o do 97-% povečanju jakosti fleksorjev kolena (15).

Jakost izometričnih kontrakcij plantarnih fleksorjev se je v obsegu od 25 do 77 % pomembno izboljšala v šestih raziskavah (14–16, 19, 22, 25), ugotovitve Ryana in sodelavcev (23) pa niso pokazale pomembnega napredka. Kljub skupno manjšemu prirastu jakosti v slednji raziskavi pa so testi podskupin pokazali pomembno večji volumen m. gastrocnemius in nižji kisikov dolg v I-podskupini, ki je vključevala le preiskovance z GMFCS II. stopnje. Čeprav je bil program zelo natančno specificiran in individualno prilagojen posamezniku, bi manjši prirast mišične jakosti lahko pripisali dejstvu, da je skupina opravila le tretjino vadbenih enot pod nadzorom terapevta, takrat, ko je bila opravljena tudi prilagoditev bremena. Preostale vadbene enote so bile opravljene v domačem okolju, kjer kljub vodenemu dnevniku aktivnosti ni bilo mogoče zagotoviti nadzora nad pravilno in redno izvedbo. V raziskavah, v katerih so spremljali tudi prirast volumna plantarnih fleksorjev in m. tibialis anterior (15, 19) ter m. quadriceps femoris (15, 24), ta sovpada s prirastom mišične jakosti.

Čeprav literatura navaja, da je izometrična jakost dober napovedni dejavnik dinamičnih zmogljivosti (27, 28), pa v literaturi pri posameznikih s CP pogosto zasledimo slab prenos pridobljene jakosti v funkcijo (29, 30). Tudi v našem pregledu literature kljub večinoma dobrim rezultatom na ravni mišične jakosti ugotavljamo, da so pokazatelji prenosa v funkcijo v pregledanih raziskavah neenotni. Čeprav v vseh protokolih v grobem sledijo smernicam za načrtovanje PVPU pri mladostnikih z značilnim razvojem (31) in pri tistih s CP (13), iz rezultatov lahko sklepamo, da sta pri otrocih in mladostnikih s CP zelo pomembni tudi izbira vaj ter prilagoditev okolja glede na starost in zmogljivost. Boljši prenos v funkcijo v primerjavi z izoliranimi vajami raziskovalci ugotavljajo pri programih, ki so poleg klasične vadbe proti uporabi vključevali predvsem elemente funkcijske vadbe, pliometrijo in vaje za agilnost. Van Vulpen in sodelavci (18) so s programom funkcijske PVPU pri višjih hitrostih

dosegli pomembno izboljšanje hitrosti hoje in boljše rezultate pri testih sprintov, pomembne izboljšave pa so vztrajale tudi pri testiranju 14 tednov po koncu programa. O izboljšavah rezultatov šestminutnega in enominutnega testa hoje poročajo še v treh raziskavah (17, 19, 22), poleg testov hoje pa raziskovalci navajajo tudi izboljšanje funkcijske moči (19), testa funkcijskega dosega (24), testov vstajanja s stola in stopanja vstran (15) ter časovno merjenega testa vstani in pojdi (22).

Pri večini raziskav, v katerih je opazen prenos v funkcijo, so vadbeni programi usmerjeni v funkcijsko vadbo, prav tako so vključeni elementi gibanja z višjo hitrostjo, kar vsaj delno lahko pojasnimo z ugotovitvami Moreaujeve in sodelavcev (32), ki poročajo, da je hitrost razvoja sile v primerjavi z zdravimi pri posameznikih s CP lahko zmanjšana tudi do 70 %. Glede na to, da pri populaciji s CP mišična šibkost ni edini omejitveni dejavnik funkcije, temveč se pojavljajo težave tudi na področju motoričnega načrtovanja, hitrosti razvoja sile, ravnotežja, nadzora drže in gibčnosti (14), lahko sklepamo, da mora biti vadba poleg progresivnosti bremena usmerjena čim bolj v funkcijo oziroma v specifično gibalno nalogo, ki jo želimo izboljšati. Poleg mišične jakosti tako želimo ciljano vplivati tudi na koordinacijo, vzdržljivost in agilnost (33).

Mera grobih gibalnih funkcij se je v našem pregledu literature izboljšala v petih (15, 18, 22, 24, 25) od sedmih raziskav, pri čemer pri programih, ki so vključevali funkcijsko vadbo, avtorji poročajo tudi o boljših dolgoročnih rezultatih (18, 25). Večinoma so se avtorji osredotočali na kategorijo E, ki spremlja dejavnosti hoje, teka in poskokov, ter kategorijo D, ki ocenjuje dejavnosti stoje, kar se glede na cilje vadbene programa zdi smiselno. Kljub temu se v nekaterih raziskavah (15, 24) odločajo tudi za vrednotenje rezultatov celotne lestvice, ki vključuje tudi oceno dejavnosti leže, v sedečem položaju in plazenje ter kotaljenje.

Eden izmed največjih pomislov fizioterapevtov pri implementaciji visokointenzivnih programov s progresivnim uporabi pri posameznikih s spastično obliko CP je pojav neželenih učinkov in povečanja mišičnega tonusa ter spastičnosti. Kljub visoki intenzivnosti uporabljenih programov rezultati kažejo, da neželenih učinkov povečanja mišičnega

tonusa in mišične togosti ni, prav tako so drugi neželeni učinki redki. V nobeni izmed pregledanih študij raziskovalci ne poročajo o neželenih učinkih, povezanih z vadbo, zaradi katerih bi preiskovanci morali vadbo prekiniti. Pojavljajo se posamezni primeri zapoznele mišične bolečine in bolečin v posameznih sklepih, ki pa so prehodnega značaja in niso vplivali na funkcijo in izvedbo programa. Raziskovalci, ki so spremljali spastičnost in mišično togost, poročajo, da se ta med izvedbo programa ni povečala (15, 18, 19, 21, 24, 34, 35), nasprotno, Cho in Lee (24) poročata celo o pomembnem izboljšanju meritev poplitealnih kotov znotraj interventne skupine, in tudi v primerjavi s kontrolno skupino. O podobnih rezultatih poročajo tudi Fosdahlova in sodelavci (21) v svoji raziskavi, v kateri so PVPU kombinirali z raztezanjem, izboljšave mišičnega tonusa v interventnih skupinah pa podpirajo tudi ugotovitve drugih raziskav (36, 37). Tudi zaključki nedavne metaanalize (38) potrjujejo varnost in učinkovitost programov PVPU pri populaciji s spastično CP ter poročajo o pozitivnih dolgoročnih učinkih na mišično jakost.

Dolgoročne učinke so v našem pregledu literature spremljali v šestih raziskavah (14, 17, 18, 21, 23, 25), v katerih dobri izidi 12 oziroma 14 tednov po koncu intervencije ostajajo predvsem v raziskavah, v katerih so vključevali elemente večjih hitrosti gibanja (18, 25), Taylor in sodelavci (14) pa poročajo o dolgoročnem izboljšanju subjektivnega občutka funkcijske pamičnosti v interventni skupini.

Kljub spodbudnim izsledkom raziskav pa je treba opozoriti na izzive in omejitve posplošitve rezultatov, na katere opozarja tudi večina avtorjev v našem pregledu. Ker je populacija otrok in mladostnikov s spastično CP zelo raznolika, sta za uspeh intervencije ključni individualizacija in prilagoditev programa. Izbrati je treba dejavnosti, ki jih posameznik pri zadostni intenzivnosti lahko izvede z razmeroma dobro tehniko in v polnem obsegu giba, zato je zelo pomembno, da se vadba s to populacijo zaradi specifik diagnoze in variabilnosti klinične slike ter pridruženih motenj, koliko je le mogoče, izvaja pod nadzorom primerno usposobljenega terapevta s poglobljenim znanjem s področja kinezioterapije in nevrofizioterapije. Možne so tudi kombinacije domačega programa in programov v ambulanti oziroma telovadnici, če

imamo na voljo primerne pripomočke in infrastrukturo. Pri individualizaciji se je izkazalo, da je pomemben napovedni dejavnik uspešnosti osnovna raven jakosti in mišične aktivacije (23), zato je treba pri načrtovanju programa upoštevati vstopno zmogljivost. Individualno je treba presoditi tudi glede uporabe ortoz in drugih pripomočkov med vadbo. Kljub načeloma dobri udeležbi v pregledanih raziskavah moramo biti glede na potrebno dolgotrajnost programov pozorni tudi na izbiro in prilagoditev vaj, dejavnosti in okolja vadbe posameznikovi starosti in interesom, saj tako ohranjamo motivacijo za udeležbo in sodelovanje pri programu.

ZAKLJUČKI

Iz pregleda literature lahko sklepamo, da je progresivna vadba proti uporu pri otrocih in mladostnikih s CP varna in koristna izbira in bi jo bilo smiselno vključiti v terapevtske programe. Zaradi boljšega prenosa pridobljene mišične zmogljivosti v funkcijo je primerno vključiti dejavnosti, ki vključujejo tudi višje hitrosti gibanja in so čim bolj specifično usmerjeni v funkcijo, ki jo želimo izboljšati. Pomembno je, da vadbeni protokoli glede intenzivnosti čim bolj sledijo smernicam za načrtovanje vadbe proti uporu za mladostnike in otroke s CP ter da program individualiziramo in sproti prilagajamo glede na posameznikovo osnovno zmogljivost, napredovanje, cilje ter sposobnost izvedbe predpisanega programa in vaj. Sprotna ocena in analiza pravilne izvedbe nam omogočata prilagoditve in varno izvedbo, zato se zdi smiselno, da se vadba izvaja pod nadzorom, če ne gre drugače, vsaj periodično. Z individualizirano funkcijsko vadbo proti uporu lahko torej pomembno vplivamo na izboljšanje funkcije in posledično na boljšo kakovost življenja otrok in mladostnikov s CP.

LITERATURA

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol Suppl*; 109: 8–14.
2. Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, et al. (2016). Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers* 2: 15082.
3. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingston M (2007). GMFCS – E & R gross motor function classification system, expanded and revised. CanChild Centre of Childhood Disability Research, McMaster University.
4. Beckung E, White-Koning M, Marcelli M, McManus V, Michelsen S, Parkes J, et al. (2008). Health status of children with cerebral palsy living in Europe: a multi-centre study. *Child Care Health Dev* 34(6): 806–14.
5. Strauss D, Brooks J, Rosenbloom L, Shavelle R (2008). Life expectancy in cerebral palsy: an update. *Dev Med Child Neurol* 50(7): 487–93.
6. Day SM, Wu YW, Strauss DJ, Shavelle RM, Reynolds RJ (2007). Change in ambulatory ability of adolescents and young adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 49(9): 647–53.
7. Bottos M, Feliciangeli A, Sciuto L, Gericke C, Vianello A (2001). Functional status of adults with cerebral palsy and implications for treatment of children. *Dev Med Child Neurol* 43(8): 516–28.
8. Ryan JM, Crowley VE, Hensey O, Broderick JM, McGahey A, Gormley J (2014). Habitual physical activity and cardiometabolic risk factors in adults with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 35(9): 1995–2002.
9. Ryan JM, Hensey O, McLoughlin B, Lyons A, Gormley J (2014). Reduced moderate-to-vigorous physical activity and increased sedentary behavior are associated with elevated blood pressure values in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 94(8): 1144–53.
10. Medicine ACoS. American College of Sports Medicine position stand. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41(3): 687–708.
11. Mockford M, Caulton JM. Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. (2008). *Pediatr Phys Ther* 20(4): 318–33.
12. Liang X, Tan Z, Yun G, Cao J, Wang J, Liu Q, et al. (2021). Effectiveness of exercise interventions for children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med* 53(4): jrm00176.
13. Verschuren O, Ada L, Maltais DB, Gorter JW, Scianni A, Ketelaar M (2011). Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Phys Ther* 91(7): 1130–9.
14. Taylor NF, Dodd KJ, Baker RJ, Willoughby K, Thomason P, Graham HK (2013). Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 55(9): 806–12.
15. Hanssen B, Peeters N, De Beukelaer N, Vannerom A, Peeters L, Molenaers G, et al. (2022). Progressive resistance training for children with cerebral palsy: a

- randomized controlled trial evaluating the effects on muscle strength and morphology. *Front Physiol* 13: 911162.
16. Hegarty AK, Kurz MJ, Stuberg W, Silverman AK (2019). Strength Training Effects on Muscle Forces and Contributions to Whole-Body Movement in Cerebral Palsy. *J Mot Behav* 51(5): 496–510.
 17. Fosdahl MA, Jahnsen R, Kvalheim K, Holm I (2019). Effect of a combined stretching and strength training program on gait function in children with cerebral calsy, GMFCS level I & II: a randomized controlled trial. *Medicina (Kaunas)* 55(6).
 18. van Vulpen LF, de Groot S, Rameckers E, Becher JG, Dallmeijer AJ (2017). Improved walking capacity and muscle strength after functional power-training in young children with cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 31(9): 827–41.
 19. Gillett JG, Lichtwark GA, Boyd RN, Barber LA. Functional anaerobic and strength taining in young adults with cerebral palsy. *Med Sci Sports Exerc* 2018; 50(8): 1549–57.
 20. Gillett JG, Lichtwark GA, Boyd RN, Carty CP, Barber LA (2019). The effect of combined functional anaerobic and strength training on treadmill gait kinematics and kinetics in ambulatory young adults with cerebral palsy. *Gait Posture* 70: 323–9.
 21. Fosdahl MA, Jahnsen R, Kvalheim K, Holm I (2019). Stretching and progressive resistance exercise in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Pediatr Phys Ther* 31(3): 264–71.
 22. Kaya Kara O, Livanelioglu A, Yardımcı BN, Soylu AR (2019). The effects of functional progressive strength and power training in children with unilateral cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 31(3): 286–95.
 23. Ryan JM, Lavelle G, Theis N, Noorkoiv M, Kilbride C, Korff T, et al. (2020). Progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy: the STAR randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 62(11): 1283–93.
 24. Cho HJ, Lee BH (2020). Effect of functional pgressive resistance exercise on lower extremity structure, muscle tone, dynamic balance and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Children (Basel)* 7(8).
 25. Theis N, Noorkoiv M, Lavelle G, Ryan J (2021). Predictors of treatment response to progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy. *Phys Ther* 101(12).
 26. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine* 45(7): 596–606.
 27. Juneja H, Verma SK, Khanna GL (2010). Isometric strength and its relationship to dynamic performance: a systematic review. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy* 6(2): 60–9.
 28. McGuigan MR, Winchester JB (2008). The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *J Sports Sci Med* 7(1): 101–5.
 29. Park EY, Kim WH (2014). Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil* 35(2): 239–49.
 30. Franki I, Desloovere K, De Cat J, Feys H, Molenaers G, Calders P, et al. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *J Rehabil Med* 44(5): 385–95.
 31. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res* 23(5 Suppl): S60–79.
 32. Moreau NG, Holthaus K, Marlow N (2013). Differential adaptations of muscle architecture to high-velocity versus traditional strength training in cerebral palsy. *Neurorehabil Neural Repair* 27(4): 325–34.
 33. Faigenbaum AD, Lloyd RS, Myer GD (2013). Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatr Exerc Sci* 25(4): 591–604.
 34. Damiano DL, Vaughan CL, Abel MF (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 37(8): 731–9.
 35. Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, Dorey FJ (2001). The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 81(6): 1215–23.
 36. Stubbs PW, Diong J (2016). The effect of strengthening interventions on strength and physical performance in people with cerebral palsy (PEDro synthesis). *Br J Sports Med* 50(3): 189–90.
 37. Scholtes VA, Dallmeijer AJ, Rameckers EA, Verschuren O, Tempelaars E, Hensen M, et al. (2008). Lower limb strength training in children with cerebral palsy – a randomized controlled trial protocol for functional strength training based on progressive resistance exercise principles. *BMC Pediatr* 8: 41.
 38. Bania TA, Taylor NF, Chiu HC, Charitaki G (2022). What are the optimum training parameters of

progressive resistance exercise for changes in muscle function, activity and participation in people with cerebral palsy? A systematic review and meta-regression. *Physiotherapy* 119: 1–16.

Primerjava izidov operativnega in konservativnega zdravljenja rupture zadnje križne vezi

Comparison of surgical and conservative treatment outcome of posterior cruciate ligament rupture

Katarina Nina Vrbinc¹, Tina Tomc Žargi¹

IZVLEČEK

Uvod: Pretrganje zadnje križne vezi velja za redko poškodbo, ki je bila v preteklosti večkrat spregledana. Raziskave v zadnjem desetletju pomenijo velik prispevek k boljšemu razumevanju anatomije in biomehanike zadnje križne vezi, vendar zaradi pomanjkanja z dokazi podprte prakse konsenz o optimalnem protokolu zdravljenja popolnega pretrganja med strokovnjaki ni sprejet. Na podlagi pregleda strokovne in znanstvene literature smo primerjali učinkovitost konservativnega in operativnega zdravljenja pacientov po pretrganju zadnje križne vezi. **Metode:** Pregled literature je bil opravljen s pomočjo podatkovne baze PubMed med decembrom 2019 in julijem 2022 ter časovno omejen na vire, objavljene od januarja 2005. **Rezultati:** V pregled literature je bilo skupno vključenih 444 preiskovancev iz devetih raziskav. Do pomembne razlike v posteriorni translaciji med skupinama je prišlo pri eni raziskavi, ki je preučevala učinke konservativnega, ter pri štirih raziskavah, ki so preučevale učinke operativnega zdravljenja. **Zaključek:** Pregled literature opozarja na pomanjkanje z dokazi podprtega optimalnega protokola rehabilitacije predvsem pri popolnih izoliranih pretrganjih zadnje križne vezi. Za lažjo primerjavo rezultatov bi bilo v prihodnje smiselno učinke obeh vrst zdravljenja ocenjevati z enako metodologijo, hkrati pa različne stopnje pretrganja preiskovati v ločenih raziskavah.

Gljučne besede: pretrganje zadnje križne vezi, posteriorna translacija, osteoartrza.

ABSTRACT

Background: Posterior cruciate ligament tear is considered a rare injury that was often overlooked in the past. Recent research has contributed significantly to our understanding of the anatomy and biomechanics, but due to the lack of research, consensus on the best approach among researchers is still very low. Therefore, there are still no guidelines for the optimal treatment of posterior cruciate ligament tears. The aim of this literature review is to compare the results of conservative and surgical treatment of posterior cruciate ligament tears. **Methods:** The literature was searched in PubMed between December 2019 and July 2022 and limited to studies published after January 2005. **Results:** A total of 444 subjects from nine studies were included in this literature review. One conservative study and four surgical studies showed a statistically significant decrease in posterior translation. **Conclusion:** The results show that there is a lack of high quality studies, especially those involving total isolated cruciate ligament tears. Future studies evaluating the results of both types of treatment according to a uniform protocol should be performed to draw conclusions; furthermore, differentiation between different grades of posterior cruciate ligament rupture would be useful to obtain more accurate results.

Key words: posterior cruciate ligament rupture, posterior translation, osteoarthritis.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: Katarina Nina Vrbinc, dipl. fiziot.; e-pošta: ninakvrbinc@gmail.com

Prispelo: 03.11.2023

Sprejeto: 11.05.2023

UVOD

Zadnja križna vez (ZKV) je največja in najmočnejša intraartikularna vez kolenskega sklepa (1), katere funkcija je zaščita sklepa pred nehotenimi posteriornimi premiki golenice. Predstavlja del centralne stabilizacije sklepa (2) in je nujna za normalno kinematiko (3). Od pogosteje obravnavane sprednje križne vezi je kar dvakrat močnejša (4), ima pa tudi bistveno daljši potek rehabilitacije po poškodbi (5).

Kljub pomembnemu prispevku ZKV k fiziološki stabilnosti kolenskega sklepa in njeni proprioceptivni vlogi so njene poškodbe v primerjavi s preostalimi vezmi kolenskega sklepa bistveno slabše raziskane, kar predstavlja izziv pri rehabilitaciji (6), njihovo prepoznavanje pa je pogosto težavno (7). V zadnjem desetletju se je razumevanje anatomije in biomehanike ZKV zelo izboljšalo, posledično pa to pomeni napredek operativnih tehnik in boljše možnosti za primerne rehabilitacijske protokole (1). Osnovna naloga ZKV je preprečevanje posteriornega premika oziroma posteriorne translacije (v nadaljevanju PT) goleni (9), poleg ohranjanja posteriorne stabilnosti pa ima ZKV sekundarno vlogo pri ohranjanju rotacij v kolenskem sklepu, predvsem notranje rotacije golenice (6). Največjo rotacijsko stabilnost zagotavlja v območju med 90 in 120 stopinjami fleksije kolenskega sklepa (9).

Anatomsko je vez sestavljena iz treh glavnih komponent: anterolateralnega snopa, posteromedialnega snopa in meniskofemoralnih vezi (6), biomehanska vloga funkcionalnih snopov pa se je izkazala za drugačno, kot je veljalo v preteklosti. Vloga večjega anterolateralnega in manjšega posteromedialnega snopa naj bi bila recipročna, pri čemer naj bi anterolateralni snop primarno deloval v močni fleksiji kolenskega sklepa, posteromedialni snop pa v ekstenziji. Novejše biomehanske raziskave pa so pokazale, da ima tako anterolateralni kot posteromedialni snop primarno vlogo pri stabilizaciji kolenskega sklepa v vseh stopinjah fleksije ter tako skupaj preprečujeta posteriorni premik in tako oba ohranjata stabilnost v primeru odsotnosti enega od snopov (1), njuna prostorska orientacija pa omogoča, da med gibanjem sklepa preprečevanje posteriornega premika golenice nikoli ni odvisno samo od enega snopa, saj vedno delujeta v paru (9).

V strokovni in znanstveni literaturi med strokovnjaki ostajajo močno prisotna nesoglasja glede najprimernejšega pristopa k zdravljenju poškodb ZKV ter izbiri rekonstruktivnih tehnik in protokolov pooperativne rehabilitacije (6). Pri pretrganju ZKV velja, da gre za redko poškodbo (2), pogostost izoliranih popolnih pretrganj ZKV pa je še toliko nižja – predstavljala naj bi le približno 1 % vseh poškodb kolenskega sklepa. Redka pojavnost posledično otežuje tudi raziskovanje (8), saj je kar 95 % pretrganj ZKV kombiniranih s pretrganji preostalih vezi (1). Velikokrat se pojavijo v kombinaciji s poškodbo sprednje križne vezi, medialne kolateralne vezi, najpogostejša pa je kombinacija s poškodbo posterolateralnega kota (5), ki je prisotna v kar 62 % poškodb ZKV (9).

Kljub pogostejšemu raziskovanju pretrganj ZKV v zadnjem času pa pri odločitvi glede vrste zdravljenja med strokovnjaki prihaja do nestrinjanj. V preteklosti je konservativna obravnava veljala za primerno izbiro, danes pa se vse več pretrganj zdravi operativno. Obe vrsti zdravljenja imata svoje prednosti in pomanjkljivosti, poenoteni smernic pa v strokovni literaturi trenutno še ni zaznati. Namen pregleda literature je primerjati učinke konservativnega in operativnega zdravljenja pretrganja zadnje križne vezi.

METODE

Za pregled literature smo vire iskali v elektronski zbirki podatkov PubMed s kombinacijo naslednjih ključnih besed v angleškem jeziku: (“total PLC rupture” OR “posterior cruciate ligament rupture”) AND (“conservative treatment of PCL rupture”) AND (“PCL reconstruction” OR “operative treatment of PCL rupture” OR “PCLR outcomes”). Iskanje literature je potekalo med decembrom 2019 in julijem 2022. Vključitvena merila so vsebovala raziskave, objavljene po letu 2005, članke v angleškem jeziku, raziskave, v katerih so ocenjevali učinke zdravljenja po pretrganju zadnje križne vezi (konservativnega zdravljenja, operativnega zdravljenja ali primerjave obeh zdravljenj), ter raziskave, ki so vključevale preiskovance s pretrganjem zadnje križne vezi. Izključitvena merila pa so bila: raziskave, ki so vključevale preiskovance s pretrganji zadnje križne vezi s pridruženimi poškodbami drugih vezi kolenskega sklepa, študije primerov in raziskave, ki so upoštevale samo

poskuse v nadzorovanem okolju zunaj živega organizma (»in vitro« poskusi).

REZULTATI

Značilnosti vključenih raziskav

Skupno je bilo v pregled literature vključenih devet raziskav, od katerih so v štirih (8, 10, 11, 12) preučevali konservativno zdravljenje pretrganj ZKV, v petih (3, 13, 14, 15, 16) pa operativno zdravljenje pretrganj ZKV.

V raziskave so bili vključeni preiskovanci, katerih starost je bila v času poškodbe med 12 in 68 let. Skupno je bilo v raziskave vključenih 444 preiskovancev, pri čemer je bila najmanjša velikost vzorca 15 (13), največja pa 27 (12). Značilnosti vključenih raziskav so podrobneje predstavljene v preglednici 1.

Od devetih vključenih raziskav so v dveh (8, 16) preučevali popolna izolirana pretrganja ZKV, v eni raziskavi (11) so poleg popolnih izoliranih pretrganj preučevali tudi delna pretrganja ZKV, v štirih raziskavah (3, 13, 14, 15) pa so poleg izoliranih

Preglednica 1: Značilnosti vključenih raziskav

	Shelbourne, Muthukaruppan (2005)	Adachi et al. (2007)	Ahn et al. (2011)	Shelbourne et al. (2013)	Mygind Klavsen et al. (2017)	Sanders et al. (2017)	Gwinner et al. (2018)	Gwinner et al. (2019)	Culvenor et al. (2020)
Velikost vzorca (n)	271	29	38	68	172	48	42	46	15
Moški	200	22	23	55	124	33	30	36	12
Ženske	71	7	6	13	48	15	12	10	3
Starost preiskovancev ob poškodbi (leta)	/	17–54	12–68	12–60	/	15–59	18–50	21–39	/
Intervencija	K	O	K	K	O	K	O	O	O

O = operativno zdravljenje, K = konservativno zdravljenje

Preglednica 2: Stopnja pretrganja ZKV, merjena v mm

	Shelbourne, Muthukaruppan (2005)	Shelbourne et al. (2013)
Stopnja 1: 3–5 mm razlike, golenični plato ostaja anteriorno na stegnenični kondil	100	18
Stopnja 1,5: 6–8 mm, golenični plato ni ravno v ravni s kondili stegenice	43	6
Stopnja 2: 9–10 mm, golenični plato je poravnan s stegneničnima kondiloma	128	20

Preglednica 3: Stopnja pretrganja ZKV

	Adachi et al. (2007)	Ahn et al. (2011)	Mygind Klavsen et al. (2017)	Sanders et al. (2017)	Gwinner et al. (2018)	Gwinner et al. (2019)	Culvenor et al. (2020)
1. stopnja: delno pretrganje ZKV, povečan signal, meje so v stiku	/	16	/	/	/	/	/
2. stopnja: ena od mej je pretrgana	/	17	/	/	/	/	/
3. stopnja: popolno izolirano pretrganje ZKV	29	5	68	43	4	7	2
4. stopnja: popolno pretrganje ZKV + pretrganje (delno/popolno) drugih vezi	/	/	104	/	38	39	13

Preglednica 4: Meritve posterioorne ohlapnosti

	Vrsta pretrganja	Merilno orodje	Povprečni rezultat pred zdravljenjem	Povprečni rezultat po zdravljenju	Statistično značilna razlika (p-vrednost)	Čas med meritvama
Adachi et al. (2007)	3	Artrometer (KT-2000)	9,3 ± 2,2 mm	3,7 ± 2,4 mm	p < 0,01	Povprečno 42 mesecev
		Stres test	9,8 ± 2,3 mm	3,5 ± 2,7 mm	p < 0,01	
Ahn et al. (2011)	1, 2, 3	Artrometer (KT-1000)	6,7 (4–10) mm	5,2 (2–10) mm	p < 0,001	Minimalno 24 mesecev
Mygind Klavsen et al. (2017)	3	Artrometer (KT-1000)	5,4 ± 2,9 mm	2,7 ± 2,0 mm	p < 0,01	70,8 meseca
Gwinner et al. (2018)	3, 4	Stres test	10,7 ± 3,4 mm	4,2 ± 3,2 mm 3,6 ± 3,8 mm	p < 0,0001 p < 0,0001	68–168 mesecev 3 meseci
Gwinner et al. (2019)	3, 4	Stres test	10,9 ± 3,1 mm	5,4 ± 3,4 mm	p = 0,02 (v primerjavi z meritvijo pri 3 mesecih)	65–187 mesecev

Legenda: 1 = povečan signal z neprekinjenimi mejami ZKV, ki kaže na poškodbo v centralnem delu vezi, 2 = delno pretrganje ZKV (vez je prekinjena na enem robu), 3 = popolno pretrganje ZKV, 4 = popolno pretrganje ZKV s pridruženimi poškodbami drugih vezi kolenskega sklepa.

preučevali tudi popolna pretrganja ZKV s pridruženimi poškodbami drugih vezi kolenskega sklepa. Natančneje so podatki o stopnji pretrganja ZKV predstavljeni v preglednici 3. Pri dveh raziskavah (10, 12) je bila diagnoza postavljena na podlagi predalčnega testa, tako da ni razvidno, za katero stopnjo pretrganja gre. Njihova lestvica je predstavljena v preglednici 2.

Posterioorna ohlapnost

V šestih raziskavah (3, 10, 11, 14, 15, 16) so raziskovalci opravljali meritve posterioorne ohlapnosti.

V štirih raziskavah so meritve opravili z artrometrom (10, 11, 15, 16), v treh pa radiološko s stres testom (3, 14, 16). Adachi in sodelavci (2007) so v raziskavo edini vključili obe vrsti meritev,

Shelbourne in sodelavci (2013) pa so zabeležili rezultat poškodovanega kolena in ga primerjali z zdravim, zato te raziskave nismo vključili v preglednico 4, saj so pri drugih raziskavah beležili rezultate poškodovanega sklepa pred začetkom in po končanem zdravljenju. Rezultati meritev posterioorne ohlapnosti so predstavljeni v preglednici 4.

Lestvica mednarodnega odbora za dokumentacijo kolen

Lestvica mednarodnega odbora za dokumentacijo kolen (angl. International Knee Documentation Comitee – IKDC) je subjektivna lestvica, sestavljena iz treh delov, s pomočjo katere dobimo podatke o funkciji kolenskega sklepa pri pacientih z različnimi poškodbami. Prvi del lestvice obsega simptome, drugi vsakodnevne in športne aktivnosti,

Preglednica 5: Rezultati lestvice mednarodnega odbora za dokumentacijo kolen (IKDC)

	Stopnja pretrganja	Vrsta zdravljenja	Povprečen rezultat IKDC (točke)
Shelbourne, Muthukaruppan (2005)	1*, 1,5*, 2*	K	82,7 ± 16,0
Ahn et al. (2011)	1, 2, 3	K	83 (64–98)
Shelbourne et al. (2013)	1*, 1,5*, 2*	K	73,4 ± 21,7
Mygind Klavsen et al. (2017)	3 4	O	63,8 ± 24,1 65,0 ± 22,0

I = povečan signal z neprekinjenimi mejami ZKV, ki kaže na poškodbo v centralnem delu vezi, 2 = delno pretrganje ZKV (vez je prekinjena na enem robu), 3 = popolno pretrganje ZKV, 4 = popolno pretrganje ZKV s pridruženimi poškodbami drugih vezi kolenskega sklepa, 1 = golenični plato ostane anteriorno glede na stegnenična kondila, 1,5* = golenični plato ni ravno v nivoju s kondiloma stegenice, 2* = golenični plato in stegnenična kondila so poravnani, K = konservativno zdravljenje, O = operativno zdravljenje.*

tretji pa trenutno funkcijo kolenskega sklepa. Preiskovanci lahko dosežejo od nič do 100 točk, pri čemer rezultat 100 točk pomeni normalno vsakodnevno funkcijo in izvajanje izbranih športnih aktivnosti brez omejitev in prisotnosti simptomov (17). Lestvica IKDC je bila uporabljena v petih raziskavah (8, 10, 11, 12, 15). Štiri raziskave so podale povprečne rezultate lestvice IKDC, ti pa so predstavljeni v preglednici 5. Ena raziskava (8) v preglednici ni vključena, saj so v njej iz nabora preiskovancev izbrali samo deset pacientov z osteoartrozo in s pomočjo IKDC-lestvice ocenili stanje. Izmed desetih preiskovancev so pri dveh zabeležili, da gre za blago, pri štirih za zmerno in pri štirih za hudo obliko osteoartroze.

RAZPRAVA

Namen pregleda literature je bil primerjati učinke konservativnega in operativnega zdravljenja pretrganja zadnje križne vezi. V preteklosti so se pretrganja ZKV zdravila večinoma konservativno in v veliko raziskavah poročajo o dobrih kliničnih rezultatih tovrstnega zdravljenja (18). Kljub vsemu pa novejša raziskave kažejo, da se pri pacientih po pretrganju ZKV na dolgi in srednje dolgi rok pogosto pojavljajo sekundarne komplikacije, kar kaže, da tako zdravljenje ni optimalno. Znano je namreč, da je biomehanika kolenskega sklepa pri posameznikih s popolnim pretrganjem ZKV spremenjena zaradi povečanega pritiska na patelofemoralni del sklepa, posledično pa sagitalne in rotacijske translacije pospešijo nastanek osteoartroze (OA) (19).

Eden izmed najpomembnejših elementov ocene uspešnosti zdravljenja pri tovrstnih patologijah je merjenje posterioorne translacije, ki je objektivni pokazatelj dejavnikov, ki omogočajo pravilno kinetiko hoje in optimalne biomehanske obremenitve. V raziskavah, ki so obravnavale pretrganje ZKV konservativno, so posterioorno translacijo merili v raziskavi Ahna in sodelavcev (2011). Meritve so opravili z artrometrom (KT-2000) in stres testom ter pri obeh vrstah meritev v povprečno treh letih in pol od prvega merjenja ugotovili pomembno izboljšanje PT v primerjavi s prvimi meritvami. Vendar pa je imelo na končnem merjenju enajst (29 %) preiskovancev popolno pretrganje ZKV, kar je šest več kot pri prvem merjenju. Vzrok za to bi sicer lahko bilo krajše obdobje imobilizacije takoj po poškodbi, saj so v tej

raziskavi začeli povečevati obseg giba že po treh tednih, kar glede na večino raziskav s primerljivim protokolom rehabilitacije predstavlja za polovico krajši čas imobilizacije v polni ekstenziji (3, 14, 15, 16).

O podobnih rezultatih meritev PT so poročali tudi v raziskavah, v katerih so preiskovali učinke operativno zdravljenih poškodb ZKV (3, 13, 14, 15, 16). Adachi in sodelavci (2007) so spremembe PT preverjali tako z artrometrom (KT-2000) kot tudi s stres testom in po povprečno treh letih in pol ugotovili statistično značilno razliko ($p < 0,01$) v PT pri obeh oblikah merjenja. Tudi Mygind Klavsen in sodelavci (2017) so po povprečno šestih letih prišli do statistično značilnih razlik ($p = 0,00$) pri meritvi z artrometrom (KT-1000), Gwinner in sodelavci (2019, 2018) pa so statistično značilne razlike s stres testom ugotovili v dveh ločenih dolgoročnih raziskavah ($p < 0,0001$), ki so v povprečju trajale približno osem let. Pomembno pa je, da so Adachi in sodelavci (2007), ki so meritve opravljali tudi na nepoškodovanem kolenu, poročali, da se ta kljub izboljšavi PT po rekonstrukciji ZKV ne more popolnoma primerjati z rezultati meritev zdravega sklepa. Ahn in sodelavci (2016) so v sistematičnem pregledu literature primerjali konservativno in operativno zdravljenje poškodb ZKV in ugotovili manjši odstotek uspešnosti pri konservativnem zdravljenju (33 %) v primerjavi z operativnim zdravljenjem (90 %), vendar pa avtorji poudarjajo, da je kljub rezultatom v prid rekonstrukciji razlika med končno PT izredno majhna ter da je pojav OA prisoten pri obeh oblikah zdravljenja.

Poleg PT sta ena izmed ključnih izhodnih podatkov ocene uspešnosti zdravljenja poškodbe ZKV tudi subjektivni vidik in ocena funkcije. Ahn in sodelavci (2011) po konservativnem zdravljenju navajajo zadovoljive rezultate lestvice IKDC (pri 66 % preiskovancev), so se pa rezultati Tegnerjeve lestvice aktivnosti zmanjšali za povprečno 1,6 točke ($p < 0,001$). Take rezultate lahko pripišemo dejstvu, da gre pri tej raziskavi za razmeroma kratkoročne učinke konservativnega zdravljenja, saj je bil čas med prvo in zadnjo meritvijo določen le na minimalno 24 mesecev. V nasprotju s to raziskavo so Shelbourne in sodelavci (2013) izvajali meritve najmanj deset let ter na podlagi rezultatov vprašalnika IKDC ugotovili normalno funkcijo pri 59 % preiskovancev, skoraj normalno pri 30 %,

slabo pri 9 % in zelo slabo pri le 2 %. Dolgoročne učinke so ugotavljali tudi v raziskavi Shelbourn in Muthukaruppana (2005), v kateri je vprašalnik IKDC vrnilo 85 preiskovancev po približno devetih letih, povprečen rezultat lestvice pa je bil 82,7 točke. Rezultati so bili tako primerljivi z rezultati kratkoročnih učinkov v raziskavi Ahna in sodelavcev (2011), v kateri je povprečni izid vprašalnika IKDC znašal 83 točk, povprečen rezultat Tegnerjeve lestvice aktivnosti pa 7,7 točke. Ne glede na dolžino trajanja posameznih raziskav, ki so obravnavale konservativno zdravljenje, smo v našem pregledu zaznali podobne povprečne rezultate IKDC in Tegnerjeve lestvice aktivnosti, kar kaže na to, da ni bistvenih razlik v funkciji kolenskega sklepa ter ravni aktivnosti med kratkoročnimi in dolgoročnimi učinki konservativnega zdravljenja.

Mygind Klavsén in sodelavci (2017) so pri operativni obravnavi izoliranih pretrganj ZKV ugotovili statistično značilno izboljšanje Tegnerjeve lestvice ($p = 0,02$) eno leto po opravljenemu posegu v primerjavi z meritvami pred posegom s povprečno 3,4 na 4,1 točke, med merjenji po enem letu in končnimi merjenji pa niso ugotovili statistično značilnih razlik. Pri meritvah kombiniranih pretrganj so ugotovili statistično značilne razlike tako eno leto po posegu ($p = 0,000$) kot tudi na zadnjem merjenju ($p = 0,012$). Povprečen rezultat Tegnerjeve lestvice je v tej skupini znašal 2,1 točke pred posegom, 4,1 eno leto po posegu in 4,4 na končnem merjenju, povprečno 5,7 leta po opravljeni rekonstrukciji. Rezultati so med skupino z izoliranim pretrganjem ZKV in skupino s pridruženimi poškodbami drugih kolenskih vezi primerljivi, vendar pa nekoliko nižji od rezultatov, o kakršnih so poročale raziskave, v katerih so poškodbe zdravili konservativno. Odstopanje je opaziti tudi pri lestvici IKDC, saj je v tej isti raziskavi skupina z izoliranimi pretrganji dosegla povprečen rezultat 63,8, skupina s kombiniranimi poškodbami pa 65,0. Med skupinama ni prišlo do statistično značilnih razlik (15).

Najpomembnejši element ocene dolgoročne uspešnosti zdravljenja patologij kolenskega sklepa je nedvomno pojavnost zgodnje OA in degenerativnih sprememb prizadetega sklepa. Culvenor in sodelavci (2020) so v prospektivni raziskavi s

pomočjo MRI preverjali prečni prerez kolenskega sklepa minimalno pet let po opravljeni rekonstrukciji ZKV pri 15 preiskovancih in ugotovili statistično pomembno spremembo longitudinalne debeline sklepne hrustanca ($p < 0,05$). Gwinner in sodelavci (2019) so v svoji raziskavi predpostavili, da je PT, ki so jo merili s stres testom, medsebojno odvisna z degenerativnimi spremembami na sklepnem hrustancu. Poročajo o statistično pomembni razliki PT ($p = 0,0001$), saj je bila ta v povprečju izboljšana s predoperativnih 13,1 mm na 6,1 mm tri mesece po operativnem posegu, vendar pa je po šestih mesecih od operacije v povprečju znašala 7,0 mm ter 8,1 mm na končnem merjenju, ki je bilo opravljeno minimalno pet let po rekonstrukciji ZKV. Najpomembnejša ugotovitev te raziskave je bila, da se PT kljub rekonstrukciji sčasoma poveča, predvsem pri preiskovancih, ki so imeli golenični plato že obrabljen in posledično sploščen. Degenerativne spremembe so lahko kljub opravljeni rekonstrukciji ZKV in zmanjšani PT v primerjavi s sliko zdravega kolenskega sklepa tudi na MRI pomembno izražene (14).

Sanders in sodelavci (2017) so v retrospektivni primerjalni raziskavi, ki je v povprečju trajala dvanajst let, preučevali konservativno zdravljenje 43 preiskovancev s popolnim izoliranim pretrganjem ZKV in jih primerjali s koleno 86 kontrol brez pretrganja. Ugotovili so, da je imela skupina z izoliranim pretrganjem ZKV kar šestkrat večjo verjetnost za nastanek OA, dvakrat večjo verjetnost za pretrganje meniskusa in trikrat večjo verjetnost za potrebo po totalni endoprotezi kolenskega sklepa v primerjavi s kontrolno skupino. Treba pa je omeniti, da so bile statistično značilne razlike ($p = 0,001$) med skupinama le pri primerjavi pojavnosti OA. Odstotek OA v tej raziskavi je bil 23 %, kar pomeni večji delež posameznikov z OA kot v študiji primerov Shelbourn in sodelavcev (2013). Le ti so prav tako preučevali konservativno zdravljenje v povprečju štirinajstih let, delež preiskovancev z močno izraženim OA pa je bil 11 %. Višji odstotek pojavnosti OA v raziskavi Sandersa in sodelavcev (2017) pa bi lahko bil posledica višje povprečne starosti preiskovancev kot v raziskavi Shelbourn in sodelavcev (2013), saj je pri starejših posameznikih verjetnost za nastanek degenerativnih sprememb sklepov večja in je tako v kombinaciji s poškodbo ZKV tudi verjetnost sekundarnih zapletov večja (8).

Kljub pojavu OA po konservativnemu zdravljenju pa ni trdnih dokazov, da bi operativno zdravljenje v resnici pomembno zmanjšalo pojavnost OA (10). Na podlagi le dveh retrospektivnih komparativnih raziskav namreč ne moremo z gotovostjo trditi, katera vrsta zdravljenja je primernejša za popolna izolirana pretrganja. Poudariti je treba tudi dejstvo, da je pri raziskavi Sandersa in sodelavcev (2017) šlo izključno za izolirana popolna pretrganja, medtem ko je pri Shelbournu in Muthukaruppanu (2005) ter Shelbournu in sodelavcih (2013) verjetno šlo le za delna pretrganja ZKV. V omenjenih raziskavah so stopnjo pretrganja namreč določali le z manj zanesljivo metodo predalčnega testa, medtem ko so v vseh preostalih sedmih raziskavah tega pregleda literature stopnje pretrganja določali s pomočjo MRI. Glede na razhajanje mnenj o načinu zdravljenja popolnih izoliranih pretrganj ZKV med strokovnjaki je natančno določanje stopnje pretrganja zelo pomembno, saj ima ZKV v primerjavi s sprednjo križno vezjo bistveno boljše sposobnost celjenja (11). To pa pomeni, da ob dovolj hitrem začetku konservativno zdravljenje lahko pripelje do dobrih rezultatov brez potrebe po operativnem zdravljenju.

Uporaba in raziskovanje učinkovitosti operativnih zdravljenj pretrganj ZKV sta v zadnjem desetletju doživela velik porast. Če je prej veljalo, da se poškodbe ZKV zdravijo konservativno, danes ni več tako, saj raziskovalci zaradi povečanega števila raziskav poročajo o številnih izboljšavah rekonstruktivnih tehnik in izidov rekonstrukcij. Rezultati operativnega zdravljenja so boljši, če se s posegom ne odlaša, je pa zelo pomemben del tudi pooperativna rehabilitacija. Dobra prekrvavitev vezi izboljša izide tako celjenja po rekonstrukciji kot tudi po delni poškodbi, če se poškodba zazna v akutni fazi ter takoj začne z ustreznimi postopki. Pomembno je tudi poudariti, da je resnično razširjenost popolnih izoliranih pretrganj ZKV izredno težko realno oceniti, saj so te poškodbe lahko hitro spregledane, posledično pa poškodovanci ostanejo brez ustrezne obravnave (18). Zaradi težavnosti prepoznavanja poškodbe je potreben natančen in razširjen klinični pregled (7), ki mora vključevati MRI in stresno rentgensko slikanje (18). Postavitev diagnoze na ta način je bistvena, saj pretrganja ZKV za zdravljenje potrebujejo več časa, se pa zaradi precej pogoste prezrtosti na prvem pregledu prava diagnoza

ugotovi šele mesece po nastali poškodbi. Zaprta diagnoza v primeru indikacije za konservativno zdravljenje bistveno poslabša možnosti za uspešen izid rehabilitacije, saj ima ZKV največji potencial celjenja ravno v prvih tednih po poškodbi (20). Pravočasno prepoznavanje poškodbe z določitvijo stopnje klinične nestabilnosti je torej bistveno za odločanje o nadaljnjem tipu in poteku zdravljenja (7). Ob tem je pomembno, da ima zdravljenje primerno tempiran potek, kar je zelo pomembno pri uspešnosti celjenja in povrnitve funkcije ZKV v času nadaljnje rehabilitacije (21).

Čeprav nekatere raziskave poročajo o dobrih izidih konservativnega zdravljenja, druge poročajo o njegovih slabih dolgoročnih učinkih na sklepni hrustanec. Večina avtorjev pa se strinja, da je delna pretrganja treba zdraviti konservativno, popolna pretrganja ZKV s pridruženimi poškodbami drugih struktur v kolenu pa operativno, saj se brez kirurškega zdravljenja močno spremeni kinematika kolenskega sklepa, to pa čez čas lahko negativno vpliva na funkcijo kolenskega sklepa. Pri popolnih pretrganjih ZKV se mnenja o primernem zdravljenju najbolj razlikujejo, so pa kljub novejšim raziskavam v prid rekonstrukciji za jasnejšo sliko potrebne dodatne randomizirane prospektivne raziskave, ki preučujejo izključno samo to vrsto poškodb. Za trdnejše dokaze in zaključke bi bilo treba izvesti dodatne raziskave s primerljivejšimi vzorci in natančneje definiranimi protokoli tako konservativnega zdravljenja kot tudi rehabilitacijskih protokolov po operativnem zdravljenju, saj bomo le tako lahko prišli do zaključkov o uspešnosti ene in druge vrste zdravljenja.

ZAKLJUČKI

Namen pregleda literature je bil ugotoviti, kakšni sta kratkoročna ter dolgoročna učinkovitost konservativnega in operativnega zdravljenja pretrganja zadnje križne vezi. Ugotovili smo statistično pomembne razlike v posteriorni translaciji po obeh vrstah zdravljenja, prav tako pa avtorji raziskav, ki smo jih vključili v pregled literature, poročajo o možnostih nastanka osteoartroze v podobnih obsekih.

Rezultati našega pregleda literature opozarjajo na pomanjkanje dovolj kakovostnih in primerljivih raziskav, predvsem popolnih izoliranih pretrganjih

zadnje križne vezi, zato med strokovnjaki še vedno ni soglasja o najprimernejšem protokolu zdravljenja tovrstnih pacientov. Prav tako rezultati kažejo, da je ustrezna in pravočasna fizioterapevtska obravnava nujna za uspešen izid zdravljenja. V nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno učinke konservativnega in operativnega zdravljenja po poškodbi zadnje križne vezi ocenjevati z enotnim metodološkim pristopom.

LITERATURA

- Pache S, Aman ZS, Kennedy M et al. (2018). Posterior cruciate ligament: current concepts review. *Arch Bone Jt Surg* 6(1): 8–18.
- Antolič V (2006). Koleni in goleni. In: Herman S, Pavlovčič V, eds. *Srakarjeva ortopedija*. 2. izd. Ljubljana: Tiskarna Pleško, 316–36.
- Gwinner C, Jung TM, Schatka I, Weiler A (2019). Posterior laxity increases over time after PCL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27: 389–96.
- Grassmayr MJ, Parker DA, Coolican MRJ, Vanwanseele B (2008). Posterior cruciate ligament deficiency: biomechanical and biological consequences and outcomes of conservative treatment – a systematic review. *J Sci Med Sport* 11(5): 433–43.
- Vaquero Picado A, Rodriguez Merchan EC (2017). Isolated posterior cruciate ligament tears: an update of management. *EFORT Open Rev* 2(4): 89–96.
- Giffin JR, Annunziata CC, Harner CD (2003). Posterior cruciate ligament injuries in the adult. In: DeLee JC, Derez D, Miller MD, eds. *DeLee & Derez's orthopaedic sports medicine: principles and practice*. 2. izd. Philadelphia: Elsevier (USA), 2083–111.
- Stražar K (2020). Kirurško zdravljenje poškodbe zadnje križne vezi in posterolateralnega kota kolenskega sklepa. *Kolenski sklep – sodobni vidiki zdravljenja: zbornik preglednih člankov*. Strokovno srečanje, Ljubljana, 18. in 19. junij 2020. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, 35–40.
- Sanders TL, Pareek A, Barrett IJ et al. (2017). Incidence and long-term follow-up of isolated posterior cruciate ligament tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25: 3017–23.
- Bojnec V, Kamnar J, Samide K (2020). Rehabilitacija po rekonstrukciji zadnje križne vezi in posterolateralnega kota. *Kolenski sklep – sodobni vidiki zdravljenja: zbornik preglednih člankov*. Strokovno srečanje, Ljubljana, 18. in 19. junij 2020. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, 41–50.
- Shelbourne KD, Clark M, Gray T (2013). Minimum 10-year follow-up of patients after an acute, isolated posterior cruciate ligament injury treated nonoperatively. *Am J Sports Med* 41(7): 1526–33.
- Ahn JH, Lee SH, Choi SH, Wang JH, Jang SW (2011). Evaluation of clinical and magnetic resonance imaging results after treatment with casting and bracing for the acutely injured posterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 27(12): 1679–87. doi: 10.1016/j.arthro.2011.06.030.
- Shelbourne KD, Muthukaruppan Y (2005). Subjective results of nonoperatively treated, acute, isolated posterior cruciate ligament injuries. *Arthroscopy* 21(4): 457–61.
- Culvenor AG, Wirth W, Boeth H, Duda GN, Eckstein F (2020). Longitudinal changes in location-specific cartilage thickness and T2 relaxation-times after posterior cruciate ligament reconstruction for isolated and multiligament injury. *Clin Biomech* 79: 10493.
- Gwinner C, Weiler A, Denecke T, Rogasch JM, Boeth H, Jung TM (2018). Degenerative changes after posterior cruciate ligament reconstruction are irrespective of posterior knee stability: MRI-based long-term results. *Arch Orthop Trauma Surg* 138: 377–85.
- Mygind Klavsen B, Nielsen TG, Lind MC (2017). Outcomes after posterior cruciate ligament (PCL) reconstruction in patients with isolated and combined PCL tears. *Orthop J Sports Med* 5(4): 2325967117700077.
- Adachi N, Ochi M, Uchio Y (2007). Temporal change of joint position sense after posterior cruciate ligament reconstruction using multi-stranded hamstring tendons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15: 2–8.
- Collins NJ, Misra D, Felson DT, Crossley KM, Ross EM (2011). Measures of knee function. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 11: S208–28.
- Patel DV, Allen AA, Warren RF, Wickiewicz TL, Simonian PT (2007). The nonoperative treatment of acute, isolated (partial or complete) posterior cruciate ligament-deficient knees: an intermediate-term follow-up study. *HSS J* 3: 137–46.
- Gill T, DeFrate L, Wang C, Carey C, Zayontz S, Zarins B, Li G (2004). The effect of posterior cruciate ligament reconstruction of patelofemoral contact pressures in the knee joint under stimulated muscle loads. *Am J Sports Med* 1: 109–15.
- Owesen C, Sivertsen EA, Engebretsen L, Granan LP, Aroen A (2015). Patients with isolated PCL injuries improve from surgery as much as patients with ACL injuries after 2 years. *Orthop J Sports Med* 3(8): 2325967115599539.
- Fanelli GC (2008). Posterior cruciate ligament rehabilitation: how slow should we go?. *Arthroscopy* 24: 234–235.

Atrofija mišice vastus medialis pri osebah s patelofemoralno bolečino

Atrophy of vastus medialis muscle in subjects with patellofemoral pain

Maša Štuhec¹, Alan Kacin¹, Daša Weber¹

IZVLEČEK

Uvod: Patelofemoralna bolečina je ena najpogostejših mišično-skeletnih težav, za katere je značilna bolečina v srednjem delu kolena. Na njeno etiologijo vplivajo anatomske, biomehanske, psihološke, družbene in vedenjske dejavniki, vendar njihov posamični vpliv na razvoj klinične slike ostaja nejasen. Namen pregleda literature je bil analizirati pojavnost atrofije mišice vastus medialis pri osebah s patelofemoralno bolečino. **Metode:** Uporabljena je bila deskriptivna metoda raziskovanja z iskanjem literature v podatkovnih zbirkah PubMed in Cochrane Library. Izbrane raziskave so vključevale kontrolno skupino z zdravimi posamezniki. **Rezultati:** V pregled literature je bilo vključenih šest raziskav, ki so pri osebah s patelofemoralno bolečino ugotovile zmanjšanje velikosti prečnega prereza in debeline mišice, povečanje kota mišičnih vlaken v sagitalni ravnini, spremembo izvora mišice vastus medialis iz stegenice ter tudi povečanje nagiba pogačice v frontalni ravnini in občutljivost hrustanca stegenice. **Zaključek:** Atrofija mišice vastus medialis je zelo pogosto prisotna pri ljudeh s patelofemoralno bolečino, vendar na podlagi analiziranih raziskav ni mogoče ugotoviti, ali je mišična atrofija vzrok ali posledica okvare in bolečine sklepa. Potrebne so nadaljnje raziskave vzročne povezanosti mišične atrofije in nastanka bolečine.

Ključne besede: štiriglava stegenska mišica, bolečina v kolenu, izpah pogačice, artrogena mišična inhibicija.

ABSTRACT

Introduction: Patellofemoral pain is one of the most common musculoskeletal problems characterized by pain in the front of the knee. Its aetiology is influenced by anatomical, biomechanical, psychological, social, and behavioural factors, but their individual influence on the development of the condition remains unclear. The aim of the literature review was to analyse the occurrence of vastus medialis muscle atrophy in subjects with patellofemoral pain. **Methods:** A descriptive research method was used by searching the literature in the PubMed and Cochrane Library databases. The selected studies included control groups comprised of healthy subjects. **Results:** Six studies were included in the review, which found a decrease in cross-sectional size and muscle thickness, an increase in the angle of the muscle fibres in the sagittal plane and the attachment site of the vastus medialis muscle, as well as the angle of inclination of the patella and the sensitivity of the femoral cartilage. **Conclusion:** Atrophy of the vastus medialis muscle is very common in people with patellofemoral pain. However, based on the analysed studies, it is not possible to determine whether muscle atrophy is the cause or the result of joint damage and pain. Further research is needed into the causal relationship between muscle atrophy and pain development.

Key words: quadriceps, knee pain, patellar luxation, arthrogenic muscle inhibition.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: asist. dr. Daša Weber, dipl. prof. šp. vzg., dipl. fiziot; e-pošta: dasa.weber@zf.uni-lj.si

Prispelo: 03.03.2023

Sprejeto: 08.06.2023

UVOD

Mišica vastus medialis (VM) izvira iz inferiornega dela intertrohanterične linije, medialnega dela linea aspera, superiornega dela medialnega suprakondilarnega roba stegenice in medialnega intermuskularnega septuma. Prirašča se na medialno bazo in rob pogačice, tvori medialni patelarni retinakulum in medialno stran kite štiriglave stegenske mišice, nekatera vlakna pa se nadaljujejo navzdol in se vraščajo v medialni kondil golenice (1, 2). Najnižja mišična vlakna ležijo skoraj v vodoravni ravnini in tvorijo opazno izboklino nad medialno stranjo pogačice (3, 4). Nekateri avtorji ta poševni del VM pogosto imenujejo vastus medialis obliquus (VMO) (5). Takšno razlikovanje se uporablja zato, ker VMO poteka bolj poševno glede na pogačico in ima zato drugačne funkcijske lastnosti kot proksimalni del VM, pri katerem vlakna potekajo bolj vzdolžno s pogačico (5). VMO se narašča pod kotom 50° glede na vzdolžno postavitev pogačice in tvori tudi močna mrežna vlakna z medialnim patelofemoralnim ligamentom (MPFL) v bližini njegovega narastišča (6) in kot tak predstavlja medialni stabilizator zgornjega dela pogačice. V primerjavi z vastusom lateralisom (VL) ima VM na pogačico večje narastišče, ki se razteza vzdolž njene medialne baze in navzdol po medialnem robu ter jo pri krčenju vleče medialno (7). Kljub temu pa so lateralne strukture patelofemoralnega sklepa anatomsko kompaktnije, zato se neravnovesje v silah štiriglave stegenske mišice na pogačico najpogosteje kaže kot povečano lateralno drsenje pogačice (8, 9).

Stranski vlek VL pomeni protiutež sili VMO in njuno ravnovesje zagotovi stabilnost pogačice (10). Do neravnovesja navadno pride zaradi šibkosti VMO, ki naj bi bila posledica atrofije ali hipoplazije (10). Zaradi tesne anatomske povezanosti obeh struktur poškodbe MPFL navadno spremljajo tudi poškodbe VMO. Večina poškodb MPFL se pojavi na stegneničnem delu, kar lahko povzroči dvig izvora VMO v sagitalni in frontalni ravnini in tako manjšo silo, ki zagotavlja dinamično stabilizacijo pogačice v medialni smeri. Pri pacientih s primarnim izpahom pogačice se pri 45 do 93 % pojavi tudi poškodba VMO, kar vodi v sekundarno atrofijo VMO (10).

Eden glavnih dejavnikov, ki prispevajo k razvoju patelofemoralne bolečine (PFB), je nepravilna lega pogačice (9). Pomembno vlogo naj bi igralo tudi nepravilno drsenje pogačice, na kar poleg njene nepravilne lege vplivajo tudi nepravilnost v retinakularnih ovojnica in oblika pogačice (9) ter neustrezen živčno-mišični nadzor medialnih in lateralnih struktur (8). Distalni dejavniki, ki dodatno vplivajo na drsenje pogačice, so notranja rotacija stegenice ali zunanja rotacija golenice, valgus kolena in subtalarna rotacija (8). Pri bolnikih s PFB se zaradi opisanega pojavi nepravilno premikanje pogačice ali njeno stransko drsenje (11). VM, zlasti VMO, se kaže kot pomemben dinamični medialni stabilizator za nevtralizacijo stranske sile na pogačico (9, 10).

Samo z meritvami mišične zmogljivosti je nemogoče ugotoviti, ali pri osebah s PFB obstaja selektivna disfunkcija VMO v primerjavi z VL, saj prispevka sile posameznih delov štiriglave stegenske mišice ni mogoče izmeriti (12), zato se za ovrednotenje sprememb aktivacije VMO tako v raziskovalne kot klinične namene pogosto uporablja elektromiografija (EMG). Poleg tega se pogosto izmeri tudi morfološka sprememba (atrofija) štiriglave stegenske mišice z ultrazvokom (debelina) ali magnetnoresonančnim slikanjem (preseki). Debelina mišice namreč močno korelira z največjo prostovoljno kontrakcijo štiriglave stegenske mišice, zato je debelina mišice lahko dober posredni pokazatelj proizvodnje mišične sile (13). Merjenje in primerjava velikosti posameznih delov štiriglave stegenske mišice sta lahko veljavna alternativa za razlikovanje med selektivno disfunkcijo VMO in disfunkcijo celotne štiriglave stegenske mišice (12). Pri pacientih s PFB je zmogljivost pogosto zmanjšana in prisotna je atrofija štiriglave stegenske mišice (14). Poleg razlik v največji sili se med VL in VMO lahko pojavi tudi neusklajenost v hitrosti aktivacije (VMO zaostaja za VL), kar verjetno prispeva k večji lateralni rezultanti mišičnih sil na pogačico in posledično nenormalnega drsenja pogačice (15).

Ob predpostavki, da se pri osebah s PFB pojavlja selektivna atrofija VMO, se v praksi pogosto izvajajo usmerjene vaje za VMO (12), vendar zaradi majhnega števila znanstvenih dokazov, da šibkost mišice VM, zlasti VMO, prispeva k nastanku PFB,

uporaba tovrstnih terapevtskih vaj še vedno ni znanstveno podprta.

Zato je bil namen pregleda znanstvene literature analizirati dokaze o pojavnosti atrofije in drugih morfoloških sprememb mišice VM pri osebah s PFB.

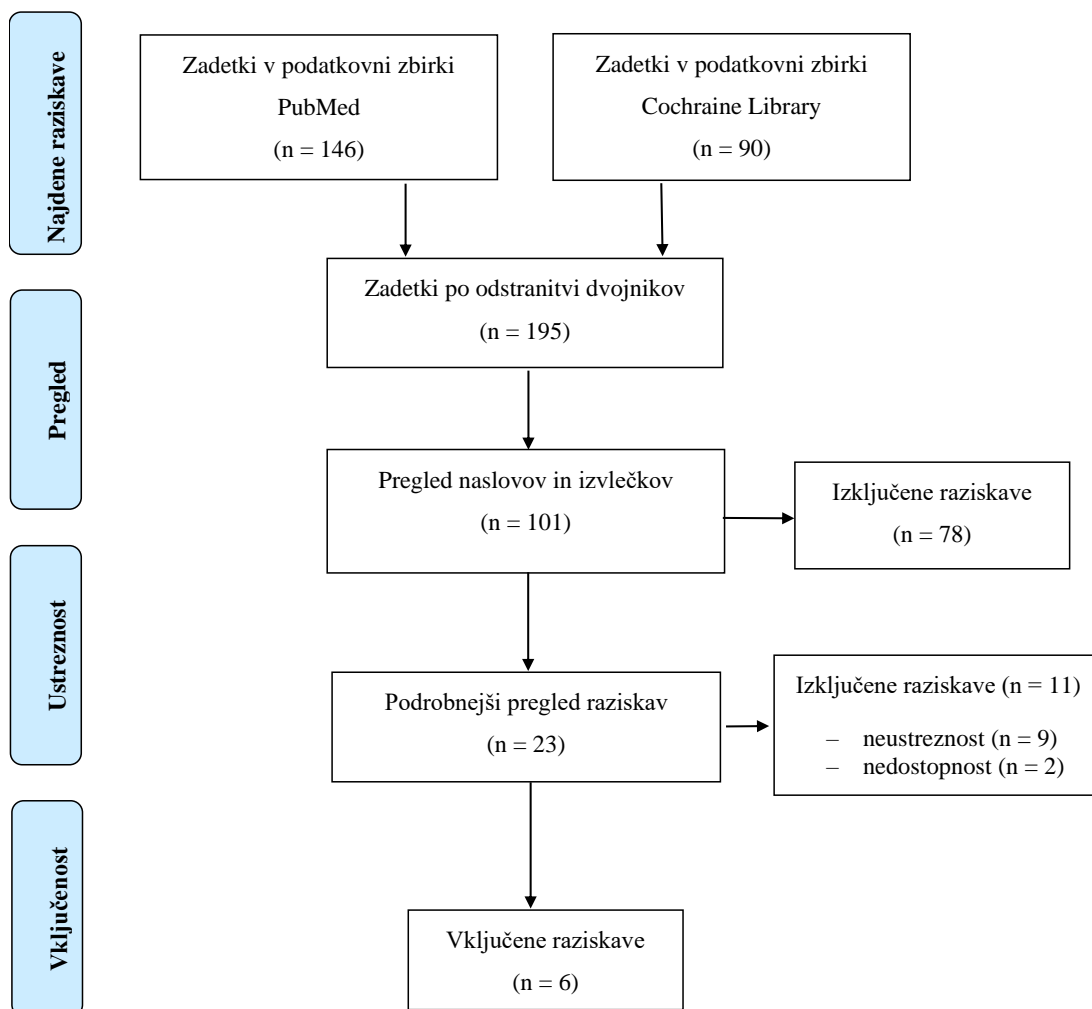
METODE

Uporabljena je bila deskriptivna metoda raziskovanja s pregledom literature. Članki so bili iskani v podatkovnih zbirkah PubMed in Cochrane Library. Iskali smo z iskalnim nizom ključnih besed v angleškem jeziku. Uporabljene so bile naslednje ključne besede oziroma njihova kombinacija: »patellofemoral pain OR anterior knee pain« AND »vastus medialis OR quadriceps muscle OR atrophy«. Vključitvena merila so bile raziskave z

odraslimi preiskovanci s patelofemoralno bolečino, brez sistemskih obolenj in predhodnih poškodb kolenskega sklepa, randomizirane kontrolirane raziskave s kontrolno in poskusno skupino in raziskave z izvedenimi meritvami s slikovno diagnostiko. Izključitvena merila so bile raziskave, objavljene pred letom 2010, raziskave, v katerih so sodelovale osebe z drugimi patologijami v kolenskem sklepu, in raziskave, v katerih ni bilo kontrolne skupine.

REZULTATI

Proces iskanja literature je prikazan v diagramu PRISMA (slika 1). V analizo je bilo ob upoštevanju vključitvenih in izključitvenih meril vključenih šest raziskav, ki so bile objavljene med letoma 2011 in 2021.



Slika 1: Diagram iskanja in izbire literature za pregled PRISMA (prirejeno po Mohar et al., 2009)

V petih raziskavah je bila diagnosticirana PFB (9, 14, 16, 17, 18), v eni raziskavi (10) pa lateralni izpah pogačice. V raziskave je bilo skupno vključenih 551 posameznikov, od tega 196 moških in 355 žensk, starih med 12 (9, 10) in 45 (10, 17) let. Simptomi PFB so trajali povprečno vsaj 3 mesece (9, 16, 17, 18), v eni raziskavi (14) so simptomi trajali v povprečju 17 mesecev, v eni (10) pa so simptomi pred izvedbo meritev trajali 10 dni.

Dong in sodelavci (17) so preiskovancem s PFB z računalniško tomografijo (CT) posneli mišici VL in VMO na petih mestih, oddaljenih od zgornjega roba pogačice 0, 5, 10, 15 in 20 mm. Nato so na teh mestih izmerili površino prečnega prereza posameznih delov štiriglave stegenske mišice tako, da so ročno obrisali meje posamezne mišične glave. V preostalih petih raziskavah so izvedli magnetno resonančno slikanje (MRI) (9, 10, 14, 16, 18).

Pattyn in sodelavci (9) so v raziskavi s pomočjo MRI slikali štiriglavo stegensko mišico 2 cm nad zgornjim robom pogačice ter na sredini med spin iliaco anterior superior in zgornjim robom pogačice ter nato izmerili prečne prereze posameznega dela mišice. Prečni prerez VMO in VL so merili na ravni pogačice, prečni prerez VL, VMVI, RF in skupni presek štiriglave stegenske mišice pa so izračunali na sredini stegna.

Pattyn in sodelavci (14) so izvedli funkcijski MRI mišic VMO, VL, VM, VMVI, ravno tako na višini 2 cm nad zgornjim robom pogačice. S funkcijsko MRI so izmerili spremembe v metabolični aktivnosti tkiva. Prvo meritev s funkcijskim MRI so opravili po 30-minutnem mirovanju preiskovancev v ležečem položaju, z iztegnjenimi kolena. Temu je sledila vaja počepov do odpovedi. Preiskovanci so izvedli vajo počep do 90° upogiba v kolenih pri hitrosti metronoma 92 min⁻¹. Takoj za tem je sledilo še drugo merjenje funkcijskega MRI mišic, pri katerem so preiskovanci spet zavzeli položaj leže na hrbtu z iztegnjenimi nogami.

Ho in sodelavci (18) so izvedli MRI-slikanje celotnega stegna od spine iliace anterior inferior do tuberositas tibiae in izračunali volumen posamezne glave štiriglave stegenske mišice. Skupni volumen štiriglave stegenske mišice so izračunali s

seštevanjem meritev volumnov posameznih mišičnih glav.

Shu in sodelavci (10) so merili morfološke parametre VMO, in sicer višino izvora mišice iz stegenice v sagitalni in frontalni ravnini, kot mišičnih vlaken v sagitalni ravnini in razmerje med površino prečnega prereza in celotnega stegna ter dodatno še nagib pogačice v frontalni ravnini. Višina izvora VMO v sagitalni ravnini je bila opredeljena kot najkrajša razdalja od adduktorne grče stegenice do spodnjega roba mišičnega trebuha VMO. Višina izvora VMO v frontalni ravnini pa je bila opredeljena kot navpična razdalja od adduktorne grče stegenice do spodnjega roba VMO.

Pal in sodelavci (16) so poskušali ugotoviti, kako sprememba mišične sile posameznega dela štiriglave stegenske mišice vpliva na obremenitev patelofemoralnega sklepa. V ta namen so s pomočjo MRI izdelali specifične matematične modele kolenskega sklepa in njemu pripadajoče elemente za vseh 37 preiskovancev. Z meritvami EMG so ocenili mišične sile štiriglave stegenske mišice, ki nastane pri upogibu kolena pri kotu 60° (kot največje obremenitve med vzpenjanjem po stopnicah). Na podlagi petih poskusov vzpenjanja po stopnicah so za vsakega preiskovanca ocenili verjetnost variacij mišičnih sil štiriglave stegenske mišice. Na podlagi variacij sile štiriglave stegenske mišice so nato z računalniškim modelom predvideli obremenitev patelofemoralnega hrustanca.

Rezultati raziskav

V večini raziskav so v opazovanih parametrih ugotovili statistično pomembne razlike med skupinama s PFB in brez PFB, kot so zmanjšana površina prečnega prereza VMO (9, 17), zvišanje izvora VMO, višja angulacija mišičnih vlaken, večji nagib pogačice (10) ter povečanje občutljivosti hrustanca pogačice in stegenice na spremembe sil VM (16). Avtorji raziskav (14, 18) niso našli statistično značilnih sprememb med kontrolnimi skupinami in skupinami s PFB. V preglednici 1 so prikazani najpomembnejši rezultati vključenih raziskav.

Preglednica 1: Pregled rezultatov meritev vključenih raziskav

Parameter	Raziskava	Statistično značilna sprememba	Smer spremembe v skupini s PFB
Prečni prerez VMO	Dong in sod. (17) Pattyn in sod. (9)	da ($p < 0,05$) da ($p < 0,05$)	zmanjšan za 2–4 cm ² zmanjšan za 2 cm ²
Volumen štiriglave stegenske mišice	Ho in sod. (18)	ne ($p > 0,05$)	/
Občutljivost hrustanca stegenice na spremembe sil VM	Pal in sod. (16)	da ($p < 0,05$)	v povprečju večja za 16 %
Občutljivost hrustanca pogačice na spremembe sil VM	Pal in sod. (16)	da ($p < 0,05$)	v povprečju večja za 17 %
Metabolična aktivnost mišic	Pattyn in sod. (14)	ne ($p > 0,05$)	/
Mesto izvora VMO s stegenice	Shu in sod. (10)	da ($p < 0,05$)	višje za 6–12 mm
Kot vlaken VMO v sagitalni ravnini	Shu in sod. (10)	da ($p < 0,05$)	večji za 12°
Nagib pogačice	Shu in sod. (10)	da ($p < 0,05$)	večji do 25°

VM – vastus medialis, VMO – vastus medialis obliquus

RAZPRAVA

V pregledanih raziskavah so proučevali, ali je med pacienti s PFB in posamezniki brez PFB razlika v velikosti prečnega prereza in debelini mišice VM, občutljivosti hrustanca stegenice in pogačice med različnimi silami mišice VM, v mestu izvora mišice VMO in kotu poteka njenih vlaken ter kotu nagiba pogačice. Raziskave so bile po številu in lastnostih preiskovancev sicer primerljive, vendar so se razlikovale v merilnih metodah, kar nekoliko oteži neposredno primerjavo rezultatov.

Dong in sodelavci (17) so ugotovili, da je atrofija mišic VMO in VL pri posameznikih s PFB prisotna v predelu 0–20 mm nad zgornjim robom pogačice, pri čemer je atrofija VMO bolj očitna kot atrofija VL, avtorji dveh raziskav (9, 12) pa so pri posameznikih izmerili selektivno atrofijo VMO. Razlika v omenjenih raziskavah je bil način merjenja mišic, pri čemer so Giles in sodelavci (12) izmerili debelino mišic VM, VL, VI in RF, Pattyn in sodelavci (9) pa so ugotavljali razmerje med površino VMO in VM na ravni pogačice in sredine stegna. Nekateri raziskave (9, 12, 19) kažejo, da je pri posameznikih s PFB celotna štiriglava stegenska mišica zmanjšana, vendar zaradi pomanjkanja raziskav, ki bi primerjale velikosti posameznih mišičnih glav, ni mogoče ovrednotiti pomena izolirane atrofije mišice VM na splošno atrofijo štiriglave stegenske mišice pri osebah s PFB.

Ho in sodelavci (18) so ugotovili, da so ženske s PFB in tiste brez PFB imele podobne absolutne in normalizirane posamezne obsege vseh štirih mišic stegenske mišice ter absolutni in normalizirani skupni volumen štiriglave stegenske mišice.

Pattyn in sodelavci (14) niso ugotovili razlik med metabolično aktivnostjo mišice VMO in celotne štiriglave stegenske mišice, kar je pogosta predpostavka za razvoj PFB (20, 21). Ravno tako so avtorji raziskav (22, 23, 24), v katerih so z EMG primerjali aktivacijo posameznih delov štiriglave stegenske mišice pri preiskovancih s in brez PFB, ugotovili, da se razlike med aktivacijo mišičnih vlaken med vastus mišicami pri hoji po ravnem in pri sestopu s stopnic ne razlikujejo med posamezniki s PFB in tistimi brez PFB.

Pal in sodelavci (16) so pokazali, da imajo spremembe v sili VM največji vpliv na obremenitve patelofemoralnega sklepa. Shu in sodelavci (10) so ugotovili statistično pomembno razliko v kotu nagiba pogačice med posamezniki brez lateralnega izpaha pogačice (9°) in posamezniki z lateralnim izpahom pogačice (25°). Na nagib pogačice pomembno vpliva tudi kot usmerjenosti mišičnih vlaken v sagitalni ravnini, ki je bil v skupini z lateralnim izpahom pogačice v povprečju večji za 12°. Avtorji so tudi domnevali, da se po lateralnem izpahom pogačice VMO lahko pretrga ali poškoduje na izvoru iz stegenice, kar povzroči, da se izvor

mišice umakne od adduktorne grče. Mišična vlakna VMO se zato premaknejo naprej in navzgor glede na vzdolžno os stegenice v sagitalni ravnini, kar privede do prevelikega kota vleka mišičnih vlaken na pogačico (10). Farahmand in sodelavci (5) so povečano stabilnost pogačice pripisali anatomiji VMO, ki je v osnovi pravokoten na vzdolžno os pogačice. VMO se skupaj s MPFL tesno narašča na pogačico, prisotnost patološke elevacije pa pomeni, da VMO ni več pritrjen na prvotno točko pogačice oziroma stegenice (5). Poleg tega so Shu in sodelavci (10) ugotovili, da se lahko izvor mišice VMO na distalnem delu adduktorne grče oslabi, kar povzroči sagitalno in frontalno elevacijo mišice in tako manjšo dinamično medialno stabilizacijsko silo pogačice. To se lahko pokaže na posnetkih MRI kot zvišanje izvora VMO v frontalni in sagitalni ravnini ter povečanje lateralnega nagiba in položaja pogačice. Rezultati raziskave, ki so jo opravili Shu in sodelavci (10), kažejo, da je pri posameznikih s ponavljajočim se lateralnim izpahom pogačice v primerjavi s kontrolno skupino izvor VMO v sagitalni in frontalni ravnini v povprečju povišan 6–12 mm. Zhang in sodelavci (25) so ugotovili, da je verjetnost poškodbe VMO pri posameznikih s primarnim izpahom pogačice kar 48-odstotna, iz česar lahko sklepamo, da ima skoraj polovica preiskovancev s primarnim lateralnim izpahom pogačice tudi poškodbo in premik izvora VMO iz stegenice.

Avtorji raziskav (26, 27) navajajo tri možne živčno-mišične vzroke za nastanek PFB, in sicer: omejena produkcija sile zaradi atrofije celotne štiriglave stegenske mišice, artrogene mišične inhibicije zaradi prisotne bolečine in naknadne fiziološke in morfološke spremembe štiriglave stegenske mišice. Več avtorjev (9, 16, 28, 29) poudarja, da pri posameznikih s PFB atrofija in oslabeledost VM verjetno nista primarni vzrok nastanka PFB, temveč sta njegova posledica, saj se razvijeta predvsem zaradi artrogene inhibicije celotne štiriglave stegenske ob nastanku okvare in prisotnosti bolečine patelofemoralnega sklepa (29).

Izpostaviti je treba tudi nekaj metodoloških omejitev pregledanih raziskav. Dong in sodelavci (17) so preučevali le morfološke značilnosti VMO, ne pa tudi VL, čeprav je ravnovesje med obema mišicama bistveno za razumevanje vloge VMO pri ohranjanju stabilnosti pogačice. V vseh pregledanih

raziskavah so bile meritve izvedene po pojavu PFB, kar onemogoča kakršne koli zaključke o vzročni povezavi med atrofijo VM in pojavom PFB.

ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov pregleda znanstvene literature lahko zaključimo, da so pri pacientih s PFB prisotne atrofija VM in biomehanske spremembe, povezane s poškodbo njenega izvora na stegenici, kar lahko pomembno pospeši razvoj PFB, saj se posledično zmanjša medialna stabilizacijska sila pogačice. Vendar v veliki večini primerov ne moremo ugotoviti, ali je atrofija VM vzrok za nastanek PFB ali pa je njegova posledica, ki stanje še dodatno poslabša. Za proučevanje tega bi morali izvesti več dobro strukturiranih prospektivnih raziskav morfoloških in funkcijskih značilnosti vseh delov štiriglave stegenske mišice, ki bi zajele dovolj velik vzorec asimptomatskih posameznikov in nato pri njih sledile pojavnost nastanka prve PFB. V analizo bi bilo smiselno vključiti tudi spremembe zadnje stegenske in adduktorne mišice, s čimer bi pridobili kompleksnejši vpogled v spremenjen vzorec aktivacije mišic kolena pri ljudeh s PFB. To bi omogočilo odkrivanje vzročnosti med atrofijo in oslabeledostjo mišic kolena in nastankom PFB.

LITERATURA

1. Crim JR, Manaster BJ, Rosenberg ZS (2017). *Imaging anatomy Knee Ankle Foot*. Elseiver.
2. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM (2020). *Gray's anatomy for students*. 4th ed. Elseiver.
3. Moore KL, Agur AMR, Dalley A (2018). *Clinically oriented anatomy*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer.
4. Peeler J, Cooper J, Porter MM, Thliveris JA, Anderson JE (2005). Structural parameters of the vastus medialis muscle. *Clin Anat* 18(4): 281–9.
5. Farahmand F, Senavonse W, Amis AA (1998). Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear groove geometry related to instability of the patellofemoral joint. *J Orthop Surg Res* 16(1): 136–43.
6. Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, Scuderi G (2006). Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(1): 7–12.
7. Harris P, Ranson C, Robertson A (2014). *Anatomy for problem solving in sports medicine: the knee*. British Library.

8. Brukner P, Khan K (2006). *Clinical sports medicine*. 3rd ed. McGraww-Hill Professional.
9. Pattyn E, Verdonk P, Steyaert A, Vanden Bossche L, Van den Broecke W, Thijs Y, Witvrouw E (2011). Vastus medialis obliquus atrophy: does it exist in patellofemoral pain syndrome? *Am J Sports Med* 39(7): 1450–5.
10. Shu L, Yang X, He H, Chen B, Chen L, Ni Q (2021). Morphological study of the vastus medialis oblique in recurrent patellar dislocation base on magnetic resonance images. *BMC Med Imaging* 21(1): 3.
11. Gaitonde DY, Ericksen A, Robbins RC (2019). Patellofemoral pain syndrome. *Am Fam Physician* 99(2): 88–94.
12. Giles LS, Webster KE, McClelland JA, Cook J (2015). Atrophy of the quadriceps is not isolated to the vastus medialis oblique in individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 45(8): 613–9.
13. Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, Quitan M, Graf A (2013). Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *AGE* 35(1): 2377–88.
14. Pattyn E, Verdonk P, Steyaert A, Van Tiggelen D, Witvrouw E (2013). Muscle functional MRI to evaluate quadriceps dysfunction in patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc* 45(6): 1023–9.
15. Cowan SM, Bennel KL, Hodges PW, Crossley KM, McConell J (2001). Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 82(2): 183–9.
16. Pal S, Besier TF, Gold GW, Fredericson M, Delp SL, Beaupre GS (2019). Patellofemoral cartilage stresses are most sensitive to variations in vastus medialis muscle forces. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 22(2): 206–16.
17. Dong C, Li M, Hao K, Zhao C, Piao K, Lin W, Fan C, Niu Y, Fei W (2021). Dose atrophy of vastus medialis obliquus and vastus lateralis exist in patients with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Surg Res* 16(1): 128.
18. Ho KY, Chen YJ, Farrokhi S, Tsai LC, Liao TC, Haas N, Powers CM (2021). Selective atrophy of the vastus medialis. *Am J Sports Med* 49(3): 700–5.
19. Jan MH, Lin DH, Lin JJ, Lin CH, Cheng CK, Lin YF (2009). Differences in sonographic characteristics of vastus medialis obliquus between patients with patellofemoral pain syndrome and healthy adults. *Am J Sports Med* 37(9): 1743–9.
20. Powers CM (2000). Patellar kinematics, part I: the influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther* 80(10): 956–64.
21. Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier D, Vanderstraeten G (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med* 28(4): 480–9.
22. Powers CM, Landel R, Perry J (1996). Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther* 76(9): 946–55.
23. Bolgla LA, Malone TR, Umberger BR, Uhl TL (2011). Comparison of hip and knee strength and neuromuscular activity in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Int J Sports Phys Ther* 6(4): 285–96.
24. Mohr KJ, Kvitne RS, Pink MM, Fideler B, Perry J (2003). Electromyography of the quadriceps in patellofemoral pain with patellar subluxation. *Clin Orthop Relat Res* 415(1): 261–71.
25. Zhang GY, Zheng L, Shi H, Liu W, Zhang L, Qu SH (2018). Correlation analysis between injury patterns of medial patellofemoral ligament and vastus medialis obliquus after acute first-time lateral patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26(3): 719–26.
26. Callaghan MJ, McCarthy C, Al-Omar A, Oldham JA (2000). The reproducibility of multi-joint isokinetic and isometric assessments in a healthy and patient population. *Clin Biomech* 15(1): 678–83.
27. Kaya D, Citaker S, Kerimoglu U, Atay OA, Nyland J, Callaghan M, Doral MN (2010). Women with patellofemoral pain syndrome have quadriceps femoris volume and strength deficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(2): 242–7.
28. Chen YJ, Powers, CM (2014). Comparison of three-dimensional patellofemoral joint reaction forces in persons with and without patellofemoral pain. *J Appl Biomech* 30(4): 493–500.
29. Willy RW, Högglund LT, Barton CJ, Bolgla LA, Scalzitti DA, Logerstedt DS, Lynch AD, Snyder-Mackler L, McDonough CM (2019). Patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 49(9): CPG1–CPG95.

Simetrija mišične zmogljivosti in funkcije spodnjih udov pri mladih košarkarjih

Lower limb symmetry of muscle strength and function in young basketball players

Špela Urbančič¹, Tina Tomc Žargi¹

IZVLEČEK

Uvod: Simetrija spodnjih udov je pomembno merilo za varno vračanje v šport. Razlika v mišični zmogljivosti med levim in desnim udom, ki presega 10 %, namreč pomeni dejavnik tveganja za poškodbe kolenskega sklepa, ki je med najpogosteje poškodovanimi sklepi pri košarkarjih. Za vrednotenje simetrije se najpogosteje uporabljajo izokinetično testiranje in funkcijski testi. **Metode:** Iskanje literature je potekalo v podatkovnih zbirkah Pubmed in Web of Science aprila 2023. Omejili smo se na raziskave, ki so vključevale košarkarje, stare od 12 do 20 let, brez akutnih poškodb. **Rezultati:** V pregled literature je bilo vključenih sedem raziskav. Za vrednotenje simetrije spodnjih udov so avtorji najpogosteje uporabili izokinetično testiranje fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri 60 °/s, enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, enonožni skok v daljino in test sprinta na 10 m s spremembo smeri za 180°. O asimetriji >10 % avtorji poročajo pri izokinetičnem, izometričnem testiranju in enonožnem vertikalnem skoku z nasprotnim gibanjem. **Zaključek:** Ocena simetrije spodnjih udov je odvisna od izbranega protokola testiranja, načina določitve dominancie spodnjih udov in načina izračuna indeksa asimetrije. Ker je asimetrija dejavnik tveganja za poškodbe, bi lahko s presejalnim testiranjem in zgodnjim ugotavljanjem asimetrije v trenažni proces vpeljali preventivni program.

Ključne besede: simetrija spodnjih udov, košarka, izokinetično testiranje, testiranje v funkciji.

ABSTRACT

Background: Lower limb symmetry is one of the key elements for safe return to sport. Muscle weakness of one of the limbs presenting more than 10 % asymmetry can significantly increase the risk of knee joint injury in basketball players. There are several ways to test LS, of which isokinetic testing and several functional tests are most frequently used. **Methods:** The databases PubMed and Web of Science were reviewed in April 2023. Studies testing lower limb symmetry in basketball players aged 12-20 years with no acute injuries were included. **Results:** Seven studies were included in the review. Lower limb symmetry assessment was most frequently done by isokinetic testing of knee flexor and extensor maximal torques at 60°/s and by functional tests of countermovement jump, single leg hop test for distance and change of direction agility test. Asymmetry greater than 10 % was found in the isokinetic tests and in the height of the countermovement jump hight. **Conclusion:** Results of lower limb symmetry assessment are highly dependent on test selection, variability in limb dominance definition and differences in calculation procedures. As asymmetry is associated with a significantly increased risk of injury, screening to assess and, if necessary, adjust training protocols appears to be a rational choice in terms of injury prevention.

Key words: lower limb symmetry, basketball, isokinetic testing, functional testing.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: Špela Urbančič, dipl. fiziot.; e-pošta: spela.urbancic123@gmail.com

Prispelo: 04.03.2023

Sprejeto: 13.06.2023

UVOD

Simetrija spodnjih udov je eno izmed najpomembnejših meril za normalizacijo funkcije in varno vračanje v šport (1). Asimetrija med spodnjima udoma je pri tudi sicer načeloma zdravih in nepoškodovanih posameznikih lahko posledica mišičnega neravnovesja, ki potencialno vpliva na zmanjšano telesno pripravljenost športnika in je povezana s povečanim tveganjem za nastanek poškodbe (2). Najpogosteje se asimetrija pojavlja pri športih, pri katerih so prisotni hitro menjavanje smeri in skoki (3). Pogosto je predmet raziskovanja funkcijska asimetrija spodnjih udov, saj nam rezultati omogočajo dober vpogled v pomen trenajnega procesa in omogočajo prilagoditve in preventivo pred poškodbami spodnjih udov (4). Simetrijo udov opredelimo z indeksom simetrije spodnjih udov (angl. Limb Symmetry Index – LSI), izraženim v odstotkih (5). Namen uporabe LSI je primerjava mišične zmogljivosti, živčno-mišičnega nadzora, sklepne gibljivosti in dinamične stabilnosti spodnjih udov (2). Vrednost indeksa simetrije 100 % pomeni, da med spodnjima udoma ni razlik pri primerjavi parametrov levega in desnega spodnjega uda. Trenutne smernice opredeljujejo 90-odstotno simetrijo kot mejo za varno izvedbo telesne dejavnosti. Raziskave namreč kažejo, da se pri vrednostih indeksa simetrije spodnjih udov med 85 % in 95 % statistično pomembno zmanjša tveganje za prvo ali ponovno poškodbo (6, 7). Več kot 10-odstotna asimetrija je pomemben dejavnik tveganja za nastanek poškodb kolenskega sklepa (8), prav tako je zmanjšana mišična zmogljivost stabilizatorjev gležnja in kolka dejavnik tveganja za poškodbo gležnja in kronično nestabilnost gležnja (9, 10).

Testiranje simetrije spodnjih udov se sicer najpogosteje uporablja kot merilo za varno vračanje v trenajni proces po poškodbah, kot je na primer rekonstrukcija sprednje križne vezi in se pri zdravih športnikih redko uporablja v preventivne namene (11). Če ne poznamo rezultatov testiranja pri zdravem športniku, je indeks simetrije kot merilo za vračanje v šport po poškodbi nezanesljiv (11). Vodi lahko do prehitre vrnitve v trenajni proces, kar poveča tveganje za ponovno poškodbo ali pa se prevelika asimetrija interpretira napačno in je vrnitev v tekmovalni šport zakasnen (11). Raziskave (12) kažejo, da je pogostost poškodb pri srednješolcih, ki igrajo košarko, 16,9 poškodbe na

1000 ur igre, med poklicnimi košarkarji v ligi NBA pa 19,3 poškodbe na 1000 ure igre. Prevladujejo poškodbe kolen in gležnjev (19,1 % oziroma 16,9 % vseh poškodb). Zanimivo je, da je večina mišično-skeletnih poškodb spodnjih udov povezana z mišično zmogljivostjo, ki jo lahko testiramo z izokinetično dinamometrijo ali drugimi funkcijskimi testi (13, 14). Drugi intrinzični dejavniki so tudi spremembe v živčno-mišičnem nadzoru, asimetričen obseg gibljivosti gležnja in anatomske malformacije (15, 16).

Raziskovalci navajajo več protokolov testiranja simetrije spodnjih udov pri vrnitvi v šport, ni pa konsenza, kakšna je povezava med rezultati izokinetičnega testiranja enosklepnega gibanja v odprti kinetični verigi in testiranjem spodnjih udov v funkcijskih vzorcih (1, 11, 17–19), ki vključujejo zlasti gibanja v zaprti kinetični verigi, in kateri rezultati imajo pri odločitvah o vračanju v igro večjo težo. Testiranje spodnjih udov v funkciji poleg moči in jakosti mišic odraža tudi komponento senzorično-motorične kontrole, obsega gibljivosti, bolečine in samozaupanja (20).

Čeprav raziskovalci poudarjajo možnost nastanka asimetrije spodnjih udov pri športih, ki vsebujejo hitre menjave smeri (5), je bila večina raziskav narejena na nogometaših, raziskav na košarkarjih pa je malo (14). Namen pregleda literature je bilo ugotoviti, kateri protokoli testiranja so najpogostejši pri mlajših košarkarjih in kakšen je indeks simetrije spodnjih udov pri posameznih testiranjih.

METODE

Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk PubMed in Web of science aprila 2023. Uporabljeni so bili ukazni nizi: asymmetries AND basketball AND hop tests, asymmetries AND basketball AND jump tests, asymmetries AND basketball AND balance tests, asymmetries AND basketball AND isokinetic tests, symmetry AND basketball AND hop tests, symmetry AND basketball AND jump tests, symmetry AND basketball AND balance tests, symmetry AND basketball AND isokinetic tests. Omejili smo se na raziskave, objavljene med letom 2009 in aprilom 2023. Vključitvena merila so bila: raziskave v angleškem jeziku, ki so preučevale samo simetrijo spodnjih udov, in tiste, ki so simetrijo spodnjih udov preučevale kot sekundarno spremenljivko. Vključili

smo vse raziskave, ki so vključevale moške košarkarje, stare od 12 do 20 let. Izključili smo tiste, pri katerih rezultati testiranja niso bili jasno prikazani za našo ciljno populacijo, in tiste, ki so vključevale preiskovance s poškodbo spodnjih udov.

REZULTATI

Izbor raziskav

V končni izbor je bilo vključenih sedem raziskav, objavljenih med letoma 2009 (21) in 2022 (22). Na podlagi iskalnega niza je bilo najdenih 247 člankov. Po odstranitvi duplikatov (141) in grobem pregledu naslovov in izvlečkov člankov je bilo izključenih 81 člankov. Izmed člankov, pregledanih v polnem obsegu, smo izključili še 18 raziskav. V končni pregled je bilo vključenih sedem raziskav (15, 21–26).

Značilnosti vključenih raziskav

Tri raziskave (21, 22, 24) so vključevale košarkarje različnih starosti, tri raziskave (15, 23, 26) so vključevale košarkarje kadetske oziroma mladinske selekcije pred podpisom profesionalne pogodbe, ena raziskava (25) pa je vključevala športnike v času adolescence. Skupno je bilo v raziskave vključenih 233 preiskovancev, starih od 13 (15) do 20 let (21). Vzorci so šteli od 10 (21) do 101 preiskovanca (25).

Pet raziskav je vključevalo samo zdrave preiskovance brez predhodnih poškodb kolena (24) ali spodnjega uda (15, 22) oziroma preiskovance, ki so bili trenutno brez poškodb (21, 25). Informacije o poškodbah so raziskovalci pridobili na podlagi začetne anamneze preiskovancev. V dveh raziskavah (23, 26) podatka o poškodbah niso navedli.

Raziskovalni protokoli

Testiranja so se izvajala med tekmovalno sezono, le v eni raziskavi so bila testiranja del testiranja pripravljenosti pred sezono (15). V petih raziskavah so preiskovanci vsaj 24h pred testiranjem počivali (15, 22–24, 26), v eni raziskavi (25) so pred testiranjem počivali 48h, v eni raziskavi (21) pa tega podatka niso navedli. V vseh raziskavah so pred testiranjem izvedli ogrevanje, ki je bilo sestavljeno iz ogrevanja na cikloergometru ali športno specifičnega ogrevanja. Simetrijo spodnjih udov so raziskovalci izračunali in predstavili na različne načine. V preglednici 1 so predstavljeni načini izračunov asimetrije posameznih raziskav, načini prikaza simetrije in določitev dominance spodnjih udov.

Preglednica 1: Prikaz simetrije v posameznih raziskavah

Raziskava	Prikaz simetrije spodnjih udov	Določitev dominance spodnjih udov	Izračun simetrije spodnjih udov
Bakaraki et al., 2021 (15)	razmerje DN –NDN	stabilnost spodnjih udov	$LSI = \frac{DN - NDN}{MAX(DN, NDN)} \times 100$
Gonzalo-Skok et al., 2022 (26)	razmerje slabša – boljša noga	uspešnost na testiranjih	$LSI = \frac{\text{slabša noga}}{\text{boljša noga}} \times 100$
Hadžić et al., 2013 (24)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = (1 - \frac{NDN}{DN}) \times 100$
Parpa et al., 2022 (22)	razmerje desna – leva noga	/	$LSI = \frac{DN}{LN}$
Schiltz et al., 2009 (21)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = (1 - \frac{NDN}{DN}) \times 100$
Šarabaon et al., 2020 (25)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = \left(\frac{\max(DN \text{ ali } NDN) - \min(DN \text{ ali } NDN)}{\max(DN \text{ ali } NDN)} \right) \times 100$
Thomas et al., 2017 (23)	razmerje DN – NDN	mišična zmogljivost	$LSI = \frac{DN - NDN}{DN} \times 100$

DN – dominantni spodnji ud, NDN – nedominantni spodnji ud, LN – leva noga, DN – desna noga.

Rezultati raziskav

Za vrednotenje asimetrije spodnjih udov so raziskovalci najpogosteje uporabili izokinetično

testiranje maksimalnih navorov fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri počasnih hitrostih (60°/s) (22–24, 26) in le v eni raziskavi (23) navajajo

Preglednica 2: Pregled rezultatov meritev vključenih raziskav

Raziskava	Oblika prikaza rezultatov	Protokol	Rezultati
Bakaraki et al., 2021 (15)	delež preiskovancev, ki ima indeks asimetrije >10%	THM	51,9 %
		THA	66,7 %
		THL	48,1 %
	delež preiskovancev, ki ima indeks asimetrije > 4cm	YBT A	33,3 %
		YBT PM	29,6 %
		YBT PL	37 %
Gonzalo-Skok et. al., 2022 (26)	indeks simetrije spodnjih udov (%)	SCMJ (višina skoka)	Skupina A; Skupina B* 88,8 ± 9,3; 91,1 ± 6,9
		SLH	94,7 ± 4,5; 94,0 ± 4,1
		SLHL	92,5 ± 5,4; 92,5 ± 5,9
		COD (180°)	98,1 ± 1,2; 97,1 ± 2,5
Hadžić et. al., 2013 (24)		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Qecc/Hcon/Hecc)	1,43 / 1,31 / 1,31 / 6,88 / 0,00
		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Qecc/Hcon/Hecc)	11,98 ± 11,18 / 7,00 ± 7,21 / 13,11 ± 10,10 / 10,54 ± 7,91
Thomas et. al., 2017 (23)		SLH	4,97 ± 6,81
		SCMJ (višina skoka/sila odriva)	12,26 ± 9,99 / 4,98 ± 3,32
Parpa et. al., 2022 (22)		IMTP	4,80 ± 3,63
		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Hcon)	9,67 ± 6,90 / 7,60 ± 5,42
		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon /Hcon)	3,6 ± 8,8 / 7,4 ± 9,3
Schiltz et. al., 2009 (21)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	izokinetično testiranje 240 °/s (Qcon /Hcon)	-5,3 ± 11,0 / 5,6 ± 10,0
		izokinetično testiranje 30 °/s (Hecc)	-4,3 ± 12,0
		izokinetično testiranje 120 °/s (Hecc)	-1,3 ± 12,3
Šarabon et. al., 2020 (25)		CMJ (sila odriva)	5,4 ± 4,2
		SCMJ (višina skoka/povprečna moč/sila odriva)	8,5 ± 6,5 / 6,2 ± 4,8 / 5,0 ± 3,7
		MVIC ekstenzorji (maks. navor/hitrost razvoja maks. navora)	11,5 ± 8,4 / 19,5 ± 14,4
		MVIC fleksorji (maks. navor/hitrost razvoja maks. navora)	10,4 ± 7,9 / 15,7 ± 10,6
		COD (90°/180°)	2,6 ± 2,4 / 2,3 ± 2,3

Qcon – koncentrična mišična moč *m. Quadriceps*, *Qecc* – ekscentrična mišična moč *m. Quadriceps*, *Hcon* – koncentrična mišična moč zadnjih mišic stegna, *Hecc* – ekscentrična mišična moč zadnjih mišic stegna, *THM* (angl. Triple hop, medial direction) – trojni skok v daljino medialno, *THA* (angl. Triple hop, anterior direction) – trojni skok v daljino anteriorno, *THL* (angl. Triple hop, lateral direction) – trojni skok v daljino lateralno, *YBT A* (angl. Y-balance test, anterior direction) – Y-test ravnotežja anteriorno, *YBT PM* (angl. Y-balance test, posteromedial direction) – Y-test ravnotežja posteromedialno, *YBT PL* (angl. Y-balance test, posterolateral direction) – Y-test ravnotežja posterolateralno; *CMJ* (angl. Countermovement jump test) – sonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, *SCMJ* (angl. Single leg countermovement jump test) – enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, *SLH* (angl. Single leg hop test) – enonožni skok v daljino, *SLHL* (angl. Single leg hop test, lateral direction) – enonožni skok v daljino lateralno, *COD* (angl. 10m sprint test with change of direction) – test hitrosti spremembe smeri, *IMTP* (angl. Isometric mid-thigh pull) – izometrična moč vleka s sredine stegen, *MVIC* (angl. Maximum voluntary isometric contraction) – maksimalna izometrična moč ekstenzorjev/fleksorjev kolena, *COD (90°/180°)* (angl. 10 m sprint test with change of direction) – test sprinta na 10 m s spremembo smeri.

* Raziskovalci so preučevali vpliv dveh vadbenih programov na simetrijo, zato so preiskovance razdelili v dve skupini, v naši raziskavi smo upoštevali rezultate meritev pred začetkom vadbenega programa.

asimetrijo >10 %. Klinično pomembno odstopanje navajajo tudi Šarabon in sodelavci (25), ki so mišično jakost fleksorjev in ekstenzorjev kolena merili z izometričnim testiranjem pri 60° fleksije kolena. Med funkcijskimi testi je bil najpogosteje uporabljen enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem (angl. Single leg countermovement jump – SCMJ) (23, 25, 26). Rezultati SCMJ so si nasprotujoči, pri dveh skupinah preiskovancev (23, 26) raziskovalci navajajo razliko v višini skoka >10 %, pri dveh skupinah pa je razlika klinično nepomembna (25, 26). Ključni rezultati raziskav so predstavljeni v preglednici 2.

RAZPRAVA

Mišično zmogljivost ekstenzorjev in fleksorjev kolena so raziskovalci merili z oceno maksimalnih hotenih izometričnih kontrakcij pri 60° fleksije kolena (25) in z izokinetičnim testiranjem v obsegu 0°–90° fleksije kolena (21–24). Pri izometričnih meritvah jakosti ekstenzorjev in fleksorjev kolena so raziskovalci poročali o večjih asimetrijah (11,5 % oz. 10,4 %) kot pri izokinetičnem testiranju, ki je le v raziskavi Thomasa in sodelavcev (23) pokazalo asimetrijo >10 % pri koncentrični jakosti ekstenzorjev kolena in koncentrični ter ekscentrični jakosti fleksorjev kolena. Izokinetično testiranje so v vseh raziskavah izvajali pri nižjih hitrostih (30–60 °/s), le v eni raziskavi (21) pa tudi pri višjih hitrostih (120 °/s za ekscentrično in 240 °/s za koncentrično jakost) (25). Preiskovanci lahko večjo mišično silo razvijejo pri izokinetičnem testiranju z nižjimi kotnimi hitrostmi, pri večjih kotnih hitrostih (>180°/s) pa lahko dosežejo maksimalno moč (27). Čeprav so testiranja pri nižjih hitrostih bolj zanesljiva (11, 17, 19), je testiranje športnikov smiselno izvesti tudi pri višjih hitrostih, saj so te bolj značilne za šport (28). Absolutne vrednosti maksimalnih navorov so pri višjih hitrostih testiranja sicer manjše, kljub temu pa hitrost gibanja sklepa ne vpliva na simetrijo spodnjih udov (21, 28). Čeprav rezultati raziskav kažejo na sprejemljivo asimetrijo spodnjih udov pri mlajših košarkarjih, pa raziskave na poklicnih košarkarjih kažejo na poznejšo povečano pojavnost asimetrije spodnjih udov >10 % (21, 24). Hadžić in sodelavci (24) menijo, da je trenažni proces v mlajših selekcijah usmerjen predvsem v tehniko igre in pridobivanje spretnosti, kar bi lahko bil vzrok, da do večjih asimetrij spodnjih udov pride šele pozneje, v starejših selekcijah, ko je trenažni proces usmerjen

bolj v pridobivanje in izkoriščanje mišične moči za višino enonožnih skokov.

Rezultati višine SCMJ so pokazali od 8,5 do 12,3-odstotno asimetrijo spodnjih udov. Thomas in sodelavci (23) prikazano asimetrijo povezujejo z različno interpretacijo dominance spodnjih udov. V tej raziskavi je bila dominantna noga opredeljena kot tista, ki je bila na testiranju močnejša, medtem ko so v raziskavi Gonzalo-Skok in sodelavci (26) ter Šarabon in sodelavci (25) za dominantno določili tisto, s katere se je igralec pri enonožnem skoku večkrat odrinil. Raziskovalci so za določanje dominance spodnjih udov uporabljali tudi vprašalnike (npr. Waterloo Footedness Questionnaire), ki določijo dominantni spodnji ud glede na stabilnost spodnjih udov (15). Dominanti spodnji ud pa ni nujno vedno tudi močnejši spodnji ud, saj raziskave kažejo, da je dominanca lahko odvisna od narave športa (29). Za dobro primerljivost rezultatov raziskav bi bilo poenotenje načina določanja dominance spodnjega uda ključnega pomena. Literatura (21, 29, 30) navaja, da je koncentrična jakost ekstenzorjev kolka in kolena močno povezana z višino vertikalnega skoka, ki je eden izmed osnovnih elementov košarke. Nasprotno pa rezultati raziskave na skupini zdravih rekreativnih športnikov in zdravih poklicnih odbojkaric ne potrjujejo povezanosti med mišično zmogljivostjo in višino skoka (31). Izboljšanje mišične zmogljivosti torej ne pomeni nujno višjih skokov, kar lahko nakazuje na športno specifičnost. Buckthorpe in Roi (32) kot pomemben dejavnik za izboljšanje funkcije poudarjata tudi pomen hitrega generiranja sile, katerega stopnja ni nujno povezana z maksimalno zmogljivostjo QF. Angelozzi in sodelavci (33) namreč pri pacientih po rekonstrukciji sprednje križne vezi poročajo, da ob 97-odstotni povrnitvi maksimalne zmogljivosti QF hitro generiranje sile ostaja še vedno le na 63 % predoperativnih vrednosti. Ker je hitra stabilizacija sklepa po nepredvideni izgubi ravnotežja, za katero je potrebna hitra odzivnost mišice, ključnega pomena za preprečevanje poškodb (34), se zdi smiselno, da bi pri oceni asimetrije spodnjih udov upoštevali tudi ta vidik.

Rezultati raziskav (23, 26) kažejo na <10-odstotno asimetrijo spodnjih udov pri testiranju dolžin enonožnega skoka v daljino (angl. Single leg hop test – SLH), pa tudi enonožnega skoka v daljino

lateralno (26), rezultati testa SCMJ (višina skoka) pa kažejo na asimetrijo $>10\%$ (12–9 %), kar bi lahko pojasnili z asimetrijo, ki se razvije zaradi specifične posameznega športa (35). V košarki je skok v višino iz počepa pomemben element igre, in ker igralci med treningom več uporabljajo odzivno dominantno nogo, bi to lahko bil vzrok ugotovljene asimetrije.

Pri testiranju trojnega skoka v daljino (angl. Triple hop – TH) so statistično pomembno odstopanje med dominantnim in nedominantnim spodnjim udom raziskovalci (15) zaznali samo v medialni smeri, kjer je 52 % preiskovancev imelo asimetrijo spodnjih udov $>10\%$, pri čemer so igralci statistično pomembno boljše rezultate dosegali pri poskokih na nedominantni nogi. Iz literature izhaja, da je test TH medialno z vidika izvedbe zahtevnejša naloga kot TH anteriorno, saj so za izvedbo potrebni kompleksnejši živčno-mišični nadzor, večja stabilnost sklepa (15), boljše dinamično ravnotežje in koordinacija ter boljši nadzor ekscentrične aktivnosti abduktorjev in zunanjih rotatorjev kolka (36, 37). Ker je bila dominanca uda v tej raziskavi določena glede na njegovo stabilnost, avtorji predpostavljajo, da je bil nedominantni ud pri odzivu pravzaprav zmogljivejši (15). Dodajajo še, da naj bi se mlajši in šibkejši igralci pri novih in kompleksnih nalogah verjetneje zanašali na močnejšo nogo, kar bi lahko pojasnilo pomembne razlike v rezultatih (15). Pri drugih funkcijskih testih raziskovalci niso ugotovili klinično pomembnih asimetrij.

Rezultati simetrije spodnjih udov pri testu sprinta na 10 m s spremembo smeri za 180° (angl. 10m sprint test with change of direction – COD 180°) kažejo na zelo dobro simetrijo (97,1 oz. 98,1 %) (26) oziroma zelo majhno asimetrijo (2,3 %) (25), kar potrjuje izsledke drugih raziskovalcev, da je simetrija pri testih COD boljša pri športih, za katere je to gibanje specifično (26, 37). Kljub temu pa Šarabon in sodelavci (25) navajajo, da so imeli košarkarji statistično pomembno slabši indeks asimetrije spodnjih udov tako pri testu COD 180° kot tudi COD 90° , kot enako stari nogometaši in tenisači. Najmanjše asimetrije so zaznali v skupini tenisačev, kar je verjetno posledica specifik posameznega športa. Avtorji še navajajo, da se lahko uporablja tudi testiranje pri manjšem kotu (90°) spremembe smeri, a je testiranje COD pri večjem kotu (180°)

natančnejše za odkrivanje asimetrije spodnjih udov (25).

Glede na ugotovljene razlike v zmogljivosti in funkciji levega in desnega spodnjega uda pri mladih košarkarjih je treba poudariti, da so asimetrije, ki presegajo mejo 10 %, vzrok za povečano tveganje za razvoj poškodb kolenskega sklepa (8), gležnja in kronično nestabilnost gležnja (9, 10). Williams in sodelavci (38) ob $>10\%$ -odstotni asimetriji zmogljivosti QF poročajo tudi o spremenjeni kinetiki in kinematiki hoje, kar zaradi posledično povečanih dinamičnih obremenitev pomeni povečano tveganje za razvoj zgodnje osteoartroze (39). Tako se iz zdravstvenega vidika zdi smiselno, da bi ob rednem izvajanju presejalnih testiranj ob ugotovljeni klinično pomembni asimetriji v trenažni proces pri ogroženih posameznikih vključili program vadbe, preventivno usmerjen v odpravo tega dejavnika tveganja.

V našem pregledu literature ugotovljamo, da je indeks simetrije spodnjih udov pri košarkarjih močno odvisen od načina merjenja. Čeprav je izokinetično testiranje pri nižjih hitrostih zlati standard ocene simetrije koncentrične mišične jakosti, je treba poudariti pomen funkcijskega testiranja. Z izokinetičnim testiranjem lahko pridobimo informacije o asimetriji izolirane mišične skupine, funkcijski testi pa so boljši pokazatelj športne zmogljivosti, saj vključujejo tudi druge komponente, kot so ravnotežje, senzomotorični nadzor, bolečina in samozaupanje. Najbolj športno specifični so testi SCMJ, za katere je večina raziskav ugotovila asimetrijo $>10\%$. Nasprotno pa COD, ki je prav tako športno specifičen za košarkarje, ni pokazal asimetrij $>10\%$. Potrebne so nadaljnje raziskave, da bi preverili asimetrijo dinamičnega ravnotežja spodnjih udov pri populaciji mlajših košarkarjev. Glede na specifiko športa se zdi smiselno, da bi v okviru preventivnega testiranja asimetrije pri mlajših košarkarjih uporabili izokinetične teste pri višjih in nižjih hitrostih gibanja sklepa in SCMJ.

ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov pregleda literature lahko zaključimo, da so rezultati simetrije spodnjih udov odvisni od protokola testiranja, načina določitve dominancie spodnjih udov in metode izračuna indeksa simetrije spodnjih udov. Največkrat se pri

testiranju košarkarjev mlajših selekcij uporabljajo izokinetične meritve fleksorjev in ekstenzorjev kolena ter funkcijski testi skokov. Izmed teh se najpogosteje uporabljata sonožni in enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem in enonožni enojni skok v daljino. Raziskovalci so si enotni, da bi bilo smiselno meritve asimetrije izvajati kot del meritev pripravljenosti košarkarjev in na podlagi ugotovljenih klinično pomembnih asimetrij v trenažni proces vključiti preventivni program za zmanjševanje tveganja za poškodbe med igralci. Izbor testov naj bo prilagojen specifikam posameznega športa.

LITERATURA

1. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arrigo CA, Andrews JR (1994). The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 20(2): 60–73.
2. Leister I, Mattiassich G, Kindermann H, Ortmaier R, Barthofer J, Vasvary I, Katzensteiner K, Stelzhammer C, Kulnik ST (2018). Reference values for fatigued versus non-fatigued limb symmetry index measured by a newly designed single-leg hop test battery in healthy subjects: a pilot study. *Sport Sci Health* 14(1): 105–13.
3. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achten A (2018). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 138(1): 51–61.
4. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *J Sports Sci Med* 9(3): 364–73.
5. Bishop C, Turner A, Read P (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci* 36(10): 1135–44.
6. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L (2000). A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc: Official Journal of the ESSKA*, 8(2): 76–82.
7. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med* 50(15): 946–51.
8. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med* 46(10): 1419–49.
9. Britta K, Heijne A (2015). Hop performance and leg muscle power in athletes: Reliability of a test battery. *Physical Therapy in Sport* 16(3): 222–7.
10. Delahunt E, Remus A (2019). Risk factors for lateral ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train* 54(6): 611–16.
11. Lambert C, Pfeiffer T, Lambert M, Brozat B, Lachmann D, Shafizadeh S, Akoto R (2020). Side differences regarding the limb symmetry index in healthy professional athletes. *Int J Sports Med* 41(11): 729–35.
12. Messina DF, Farney WC, DeLee JC (1999). The incidence of injury in Texas high school basketball. *Am J Sports Med* 27(3): 294–9.
13. Deitch J, Starkey C, Walters S, Moseley J (2006). Injury risk in professional basketball players: a comparison of women's national basketball association and national basketball association athletes. *Am J Sports Med* 34(7): 1077–83.
14. Ujaković F, Šarabon N (2021). Relationship between asymmetries measured on different levels in elite basketball players. *Symmetry* 13(8): 1436.
15. Bakaraki A, Nastou E, Gkrilias P, Fousekis K, Xergia S, Matzaroglou C, Tsepis E (2021). Preseason functional testing in young basketball players: asymmetries and intercorrelations. *J Phys Ther Sci* 33(4): 369–74.
16. Nagai T, Schilaty ND, Laskowski ER, Hewett TE (2020). Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 28(3): 816–22.
17. Jones PA, Bampouras, TM (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J Strength Cond Res* 24(6): 1553–8.
18. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. (2015). Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med* 49(20): 1305–10.
19. Drouin, JM & Riemann B (2004). Lower extremity functional-performance testing, Part I. *Athletic Therapy Today* 9: 46–9.
20. Ebert JR, Du Preez L, Furzer B, Edwards P, Joss B (2021). Which hop tests can best identify functional limb asymmetry in patients 9-12 months after anterior cruciate ligament reconstruction employing a hamstrings tendon autograft?. *Int J Sports Phys Ther* 16(2): 393–403.
21. Schiltz M, dric Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM, Croisier JL (2009). Explosive

- Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *J Athl Train* 44(1): 39–47.
22. Parpa K, Michaelides M (2022). Anterior-posterior and inter-limb lower body strength asymmetry in soccer, basketball, futsal, and volleyball players. *Medicina (Kaunas)* 58(8): 1080.
 23. Thomas C, Comfort P, Dos'Santos T, Jones PA (2017). Determining bilateral strength imbalances in youth basketball athletes. *Int J Sports Med* 38(9): 683–90.
 24. Hadžić V, Erculj F, Bracic M, Dervisević, E (2013). Bilateral concentric and eccentric isokinetic strength evaluation of quadriceps and hamstrings in basketball players. *Coll Antrop* 37(3): 859–65.
 25. Šarabon N, Smajla D, Maffioletti NA, Bishop C (2020). Strength, jumping and change of direction speed asymmetries in soccer, basketball and tennis players. *Symmetry* 12(10).
 26. Gonzalo-Skok O, Sánchez-Sabaté J, Tous-Fajardo J, Mendez-Villanueva A, Bishop C, Piedrafita E (2022). Effects of direction-specific training interventions on physical performance and inter-limb asymmetries. *Int J Environ Res Public Health* 19(3): 1029.
 27. Raj IS, Bird SR, Shield AJ (2010). Aging and the force–velocity relationship of muscles. *Exp Gerontol* 45(2): 81–90.
 28. Viçosa Bonetti L, Piazza F, Marini C, Zardo B, Tadiello G (2017). Isokinetic performance of knee extensors and flexor muscles in adolescent basketball players. *Arch Med Deporte* 34(4): 191–5.
 29. Ruiter C, Korte A, Schreven S, Haan A (2010). Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *Eur J Appl Physiol* 108(2): 247–55.
 30. Ford KR, Myer GD, Brent JL, Hewett TE (2009). Hip and knee extensor moments predict vertical jump height in adolescent girls. *J Strength Cond Res* 23(4): 1327–31.
 31. Bobbert MF, Van Soest AJ (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 26(8): 1012–20.
 32. Buckthorpe M in Roi GS (2017). The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscles Ligaments Tendons J* 7(3): 435–41.
 33. Angelozzi M, Madama M, Corsica C, Calvisi V, Properzi G, McCaw ST, Cacchio A (2012). Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Ortho Sports Phys Ther* 42(9): 772–80.
 34. Rodriguez-Rosell D, Pareja-Blanco F, Aagaard P, González-Badillo JJ (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clin Physiol Funct Imaging* 38(5): 743–62.
 35. Myers BA, Jenkins WL, Killian C, Rundquist P (2014). Normative data for hop tests in high school and collegiate basketball and soccer players. *Int J Sports Phys Ther*, 9(5), 596–603.
 36. Kea J, Kramer J, Forwell L, Birmingham T (2001). Hip abduction-adduction strength and one-leg hop tests: test-retest reliability and relationship to function in elite ice hockey players. *J Orthop Sports Phys Ther* 31(8): 446–55.
 37. Kivlan BR, Carci CR, Clemente FR, Phelps AL, Martin RL (2013). Reliability and validity of functional performance tests in dancers with hip dysfunction. *Int J Sports Phys Ther* 8(4): 360–9.
 38. Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, Buchanan TS (2005). Quadriceps femoris muscle morphology and function after ACL injury: a differential response in copers versus non-copers. *J Biomech* 38(4): 685–93.
 39. Palmieri-Smith RM, Thomas AC (2009). A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exerc Sport Sci Rev* 37(3): 147–53.

Artrogena mišična inhibicija pri akutnem zvinu in kronični nestabilnosti gležnja

Arthrogenic muscle inhibition in acute ankle sprain and chronic ankle instability

Jana Hočevnar¹, Renata Vauhnik¹

IZVLEČEK

Uvod: Zvin gležnja je najpogostejša poškodba pri športnikih in v splošni populaciji. Predhodni zvin je glavni dejavnik tveganja za ponovno poškodbo oziroma razvoj nestabilnosti. Nestabilnost je povezana z živčno-mišičnimi spremembami po poškodbi. Med njimi je tudi artrogena mišična inhibicija (AMI), ki vpliva na zmanjšano sposobnost aktivacije mišic po poškodbi. **Namen:** S pregledom literature želimo ugotoviti, ali je AMI prisotna pri osebah po akutnem zvinu gležnja oziroma osebah z nestabilnostjo gležnja. **Metode dela:** Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk PubMed, Cochrane Library, EMBASE (Ovid) in Medline. Zadetke smo pregledali z upoštevanjem vključitvenih in izključitvenih kriterijev. Dodatno so bili pregledani sezname literatur vključenih raziskav. **Rezultati:** V končni pregled je bilo vključenih pet raziskav, ki so proučevale prisotnost AMI pri osebah po akutnem zvinu oz. s prisotno kronično nestabilnostjo gležnja. Zmanjšano aktivacijo m. soleus ($p < 0,05$) so poročali v štirih raziskavah, zmanjšano aktivacijo m. peroneus longus ($p < 0,05$) pa v dveh raziskavah in le pri osebah z nestabilnostjo gležnja. **Zaključki:** Pri osebah po zvinu oz. z nestabilnostjo gležnja je prisotna AMI, ki se kaže kot zmanjšana aktivacija m. soleus in m. peroneus longus. Inhibicija je v akutni fazi prisotna bilateralno, mehanizmi AMI pa so najverjetneje pod spinalnim in supraspinalnim nadzorom.

Ključne besede: zvin gležnja, nestabilnost gležnja, artrogena mišična inhibicija.

ABSTRACT

Introduction: Ankle sprain is the most common injury in athletes and in the general population. A history of ankle sprain is a major risk factor for re-injury or the development of instability. Instability may be related to neuromuscular changes following injury. These include arthrogenic muscle inhibition (AMI), which leads to a reduced ability to activate muscles after injury. **Aim:** To determine whether AMI is present in subjects after acute ankle sprain or in subjects with ankle instability. **Methods:** A literature search was performed using PubMed, Cochrane Library, EMBASE (Ovid) and Medline databases. A combination of English key words was used. In addition, the literature lists of included studies were reviewed. Studies were screened for inclusion and exclusion criteria. **Results:** We included five studies that investigated the presence of AMI in subjects with acute ankle sprain or chronic ankle instability. Reduced activation of m. soleus ($p < 0,05$) was reported in four studies. As well as reduced activation of m. peroneus longus ($p < 0,05$) in two studies, but only in subjects with ankle instability. **Conclusions:** We found that AMI, manifested as reduced activation of m. soleus and m. peroneus longus, is present in subjects with acute ankle sprain or instability. Inhibition is bilateral in the acute phase, and the mechanisms of AMI are most likely under spinal and supraspinal control.

Key words: ankle sprain, ankle instability, arthrogenic muscle inhibition.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: izr. prof. dr. Renata Vauhnik, dipl. fiziot.; e-pošta: renata.vauhnik@zf.uni-lj.si

Prispelo: 07.03.2023

Sprejeto: 18.06.2023

UVOD

Poškodbe gležnja spadajo med najpogostejše poškodbe tako med športniki kot v splošni populaciji (1). Zvin gležnja je pomemben dejavnik tveganja za ponovni zvin (2, 3), poleg tega od 15 do 64 % oseb po zvinu gležnja razvije kronično ali funkcionalno nestabilnost (4). Vzrok za to bi lahko bila mehanska ali funkcionalna insuficienca struktur poškodovanega sklepa, vendar so raziskave pokazale, da mehanska laksnost sklepa ni nujno prisotna pri osebah s kronično nestabilnostjo (5, 6). Zato se predvideva, da imajo pomembno vlogo pri nastanku kronične nestabilnosti gležnja živčno-mišične spremembe, ki nastanejo ob poškodbah oziroma po njej (7), med njimi predvsem spremenjen aferentni priliv iz sklepa v osrednje živčevje, ki se zgodi zaradi poškodbe sklepa in obklesanih struktur (8). Med živčno-mišične spremembe spada tudi tako imenovana artrogena mišična inhibicija (AMI), ki je pogosto spregledana posledica poškodbe sklepa, in je definirana kot refleksna inhibicija nepoškodovanih mišic v okolici poškodovanega sklepa. Predvideva se, da je AMI neke vrste zaščitni mehanizem, ki poškodovani sklep štiti pred večjimi obremenitvami sklepa po poškodbi, vendar pa tudi otežuje rehabilitacijo (9). Pri AMI ne gre le za atrofijo in zmanjšano mišično zmogljivost, temveč za zmanjšano aktivacijo oziroma sposobnost aktivacije mišic. V kolenskem sklepu je tako dokazano, da se AMI po poškodbi ali operaciji kaže kot zmanjšana zmožnost (hotene) aktivacije m. quadriceps femoris (10, 11), nedavni pregled literature pa je pokazal, da je mišična inhibicija na ravni hrbtenjače prisotna tudi pri osebah s kronično nestabilnostjo gležnja (7).

Za ugotavljanje prisotnosti oziroma odsotnosti AMI se uporabljajo EMG-meritve. Med njimi se opazuje H-refleks, ki predstavlja oceno vzdražnosti α -motoričnega nevrona (kot odziv na stimulus). Sprememba maksimalne amplitude H-refleksa ($H_{maks.}$) predstavlja spremembo v sposobnosti aktivacije motonevrona (12). Manjša vrednost $H_{maks.}$ predstavlja manjšo aktivacijo mišice in posledično kaže na prisotnost AMI. Višja vrednost $H_{maks.}$ pa predstavlja povečano aktivacijo oziroma ekscitacijo. Navadno se vrednost H-refleksa normalizira z amplitudo $M_{maks.}$, ki predstavlja največjo možno aktivacijo celotnega motoričnega nevrona (neposredno draženje α -motoričnega

nevrona). Tako se med rezultati poroča vrednost razmerja $H_{maks.} : M_{maks.}$ (13).

Kim in sodelavci (7) so v pregledu ugotovili, da je pri osebah s kronično nestabilnostjo gležnja prisotna artrogena mišična inhibicija, ki se kaže predvsem z zmanjšano vzdražnostjo m. soleus in m. peroneus longus, vendar pa v pregled niso zajeli raziskav, opravljenih na populaciji oseb po akutnem zvinu gležnja. Naš pregled bo torej slednjega nadgradil z vključitvijo morebitnih pozneje objavljenih raziskav in razširitvijo na populacijo oseb z akutnim zvinom gležnja.

Namen pregleda literature je ugotoviti, ali je artrogena mišična inhibicija prisotna pri osebah po akutnem zvinu gležnja oziroma osebah z nestabilnostjo gležnja.

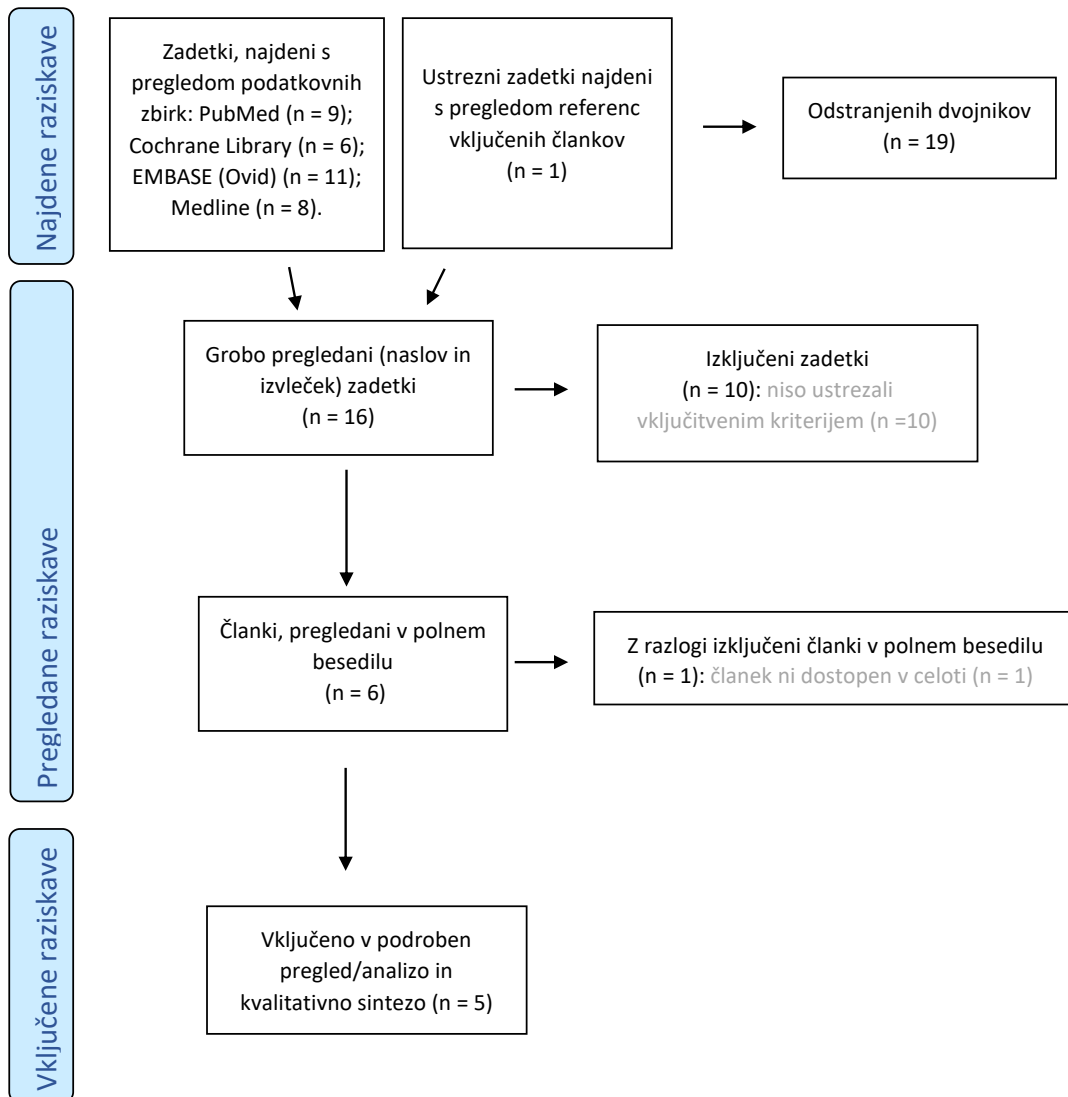
METODE

Iskanje literature je potekalo z iskanjem v podatkovnih zbirkah PubMed, Cochrane Library, EMBASE (Ovid) in Medline. Zadnji pregled je bil opravljen 7. decembra 2022. Uporabili smo naslednje angleške ključne besede: ankle AND arthrogenic muscle inhibition. Ključne besede je moral vsebovati naslov, izvleček ali seznam ključnih besed posameznega članka. Dodatno smo pregledali sezname literature vključenih člankov. Pregledali smo ustreznost vsebine glede na naslov in izvleček. Vključitvena merila so bila: članki v angleškem jeziku, populacija oseb po akutnem zvinu gležnja ali z nestabilnostjo gležnja, med izidi pa so morali poročati o mišični aktivnosti, merjeni z EMG. Izključene so bile raziskave, ki niso bile v celoti dostopne, raziskave, v katerih so simulirali otekline sklepa, in raziskave, ki niso opazovale mišic okoli gležnja.

REZULTATI

Izbor literature je predstavljen z diagramom poteka PRISMA na sliki 1. Po izključitvi dvojnikov je bilo skupno najdenih 16 različnih raziskav. Po pregledu in preverjanju ustreznosti glede na vključitvena in izključitvena merila je bilo v pregled vključenih pet raziskav, objavljenih med letoma 2004 in 2022 (13–17).

Značilnosti preiskovancev v vključenih raziskavah so predstavljene v preglednici 1. V štirih vključenih raziskavah so bili preiskovanci razdeljeni v dve



Slika 1: Diagram poteka PRISMA (18)

skupini: osebe po akutnem zvinu (15, 17) oziroma osebe s kronično nestabilnostjo gležnja (13, 14) (ES) in osebe brez prisotnega zvina oziroma nestabilnosti gležnja (KS) (13, 14, 15, 17). V eni raziskavi pa so imeli tri skupine: osebe z zgodovino poškodbe gležnja z nestabilnostjo (ES1), osebe z zgodovino poškodbe gležnja brez nestabilnosti (ES2) in osebe brez zgodovine poškodbe gležnja (KS) (16). V raziskavah na populaciji oseb z akutnim zvinom gležnja so bili preiskovanci vključeni od 24 do 72 ur po poškodbi (15, 17). V raziskavah na populaciji oseb z nestabilnostjo pa so to definirali oziroma ugotavljali z modificiranim vprašalnikom Ankle instability instrument (AII) (13, 14, 16), vprašalnikom o funkcionalni nestabilnosti gležnja (FAIQ) (14), vprašalnikom

Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI) Instrument (16) in poročanjem preiskovancev o zgodovini zvina gležnja s prisotno bolečino, oteklino in začasno izgubo funkcije; občutkom nestabilnosti in slabšo funkcijo pri vsakodnevni dejavnosti (16).

V raziskavah z dvema skupinama so v obeh skupinah meritve $H_{maks.}$ in $M_{maks.}$ izvedli na obeh spodnjih udih (SU) (13, 14, 15, 17). V raziskavi s tremi skupinami pa so meritve v vsaki ES opravili le na poškodovanem SU, v KS pa na naključno izbranem SU (16). V raziskavah so opazovali m. soleus (13, 15, 16, 17), m. peroneus longus (13, 14, 15, 17) in m. tibialis anterior (13, 15, 17). Pri primerjavah znotraj posamezne skupine so v

Preglednica 1: Značilnosti preiskovancev v vključenih raziskavah

Raziskava	Patologija proučevane populacije	Značilnosti ES	Značilnosti KS
Kim et al. (17)	Akutni zvin gležnja	n = 30 (M: 17, Ž: 13), povprečna starost: 22,1 leta	n = 30 (M: 17, Ž: 13), povprečna starost: 22,1 leta
Klykken et al. (15)	Akutni zvin gležnja	n = 10 (M: 4, Ž: 6), povp. starost: 19,2 leta	n = 10 (M: 4, Ž: 6), povp. starost: 20,6 leta
McVey et al. (13)	Kronična (funkcionalna) nestabilnost	n = 15 (M: 7, Ž: 8), povp. starost: 26,5 leta	n = 14 (M: 1, Ž: 13), povp. starost: 21,3 leta
Palmieri-Smith et al. (14)	Kronična (funkcionalna) nestabilnost	n = 21 (M: 3, Ž: 18), povp. starost: 21 let	n = 21 (M: 3, Ž: 18), povp. starost: 21 leta
Bowker et al. (16)	Kronična nestabilnost	ES1: n = 37 (M: 18, Ž: 19), povp. starost: 21,95 leta ES2: n = 30 (M: 13, Ž: 17), povp. starost: 21,86 leta	n = 26 (M: 9, Ž: 17), povp. starost: 21,56 leta

ES – eksperimentalna skupina, KS – kontrolna skupina, M – moški, Ž – ženske.

raziskavah primerjali vrednosti H_{maks}/M_{maks} med obema SU (13, 14, 15, 17). Pri primerjavah med skupinami pa so med skupinama primerjali skupni rezultat H_{maks}/M_{maks} obeh SU (17), razlike v vrednosti H_{maks}/M_{maks} med obema SU v eni in v drugi skupini (15) in vrednosti H_{maks}/M_{maks} med skupinami (16).

V vseh štirih raziskavah, v katerih so poročali o razlikah med obema SU znotraj KS, ni bilo statistično značilne razlike v razmerju H_{maks}/M_{maks} (13–15, 17). V dveh raziskavah je bilo v ES

H_{maks}/M_{maks} razmerje pri m. soleus statistično značilno nižje ($p < 0,05$) na poškodovanem SU kot na nepoškodovanem SU (13, 15), v eni pa tega niso opazili (17). V dveh izmed štirih raziskav so v ES opazili statistično značilno nižje H_{maks}/M_{maks} razmerje pri m. peroneus longus na poškodovanem SU v primerjavi z nepoškodovanim SU (13, 14). Rezultati primerjave med SU znotraj posameznih skupin so povzeti v preglednici 2.

Razliko med skupinami so opazovali v treh raziskavah (15–17). O statistično značilno nižjih

Preglednica 2: Primerjava med spodnjima udoma znotraj posameznih skupin

Raziskava	m. soleus	m. peroneus longus	m. tibialis ant.
Kim et al. (17)	ES: / KS: /	ES: / KS: /	ES: / KS: /
Klykken et al. (15)	ES: ↓ H_{maks}/M_{maks} razmerje na poškodovanem SU kot na nepoškodovanem SU ($p = 0,01$) KS: /	ES: / KS: /	ES: / KS: /
McVey et al. (13)	ES: ↓ H_{maks}/M_{maks} razmerje na poškodovanem SU kot na nepoškodovanem SU ($p = 0,035$) KS: /	ES: ↓ H_{maks}/M_{maks} razmerje na poškodovanem SU kot na nepoškodovanem SU ($p = 0,041$) KS: /	ES: / KS: /
Palmieri-Smith et al. (14)	Niso opazovali.	ES: ↓ H_{maks}/M_{maks} razmerje na poškodovanem SU kot na nepoškodovanem SU ($p = 0,003$) KS: /	Niso opazovali.

ES – eksperimentalna skupina, KS – kontrolna skupina, ↓ – manjše, ↑ – večje, SU – spodnji ud, / – ni bilo statistično značilne razlike.

Preglednica 3: Primerjava med skupinami

Raziskava	m. soleus	m. peroneus longus	m. tibialis ant.
Kim et al. (17)	↓ $H_{maks.}/M_{maks.}$ razmerje v ES kot v KS (oba SU proti obema SU) ($p = 0,013$)	/	/
Klykken et al. (15)	/	/	↑ razlika med obema SU znotraj ES kot znotraj KS ($p = 0,04$)
Bowker et al. (16)	↓ $H_{maks.}/M_{maks.}$ razmerje v ES1 v primerjavi z ES2 ($p = 0,01$) in s KS ($p = 0,04$) Med ES2 in KS ni bilo SZ razlike ($p > 0,05$).	Niso opazovali.	Niso opazovali.

↓ – manjše, ↑ – večje, ES – eksperimentalna skupina, KS – kontrolna skupina, SU – spodnji ud, / – ni bilo statistično značilne razlike, ES1 – preiskovanci z zgodovino poškodbe in nestabilnostjo, ES2 – preiskovanci z zgodovino poškodbe in brez nestabilnosti (angl. copers).

razmerjih $H_{maks.}/M_{maks.}$ pri m. soleus v ES so poročali v dveh raziskavah (16, 17). Bowker in sodelavci (16) so statistično značilno razliko v aktivaciji m. soleus ugotovili tako pri primerjavi ES1 z ES2 kot tudi v primerjavi s pravo KS (brez zgodovine poškodbe). Med ES2 in KS pa statistično pomembne razlike v aktivaciji m. soleus ni bilo (16). V eni raziskavi razlike med ES in KS pri m. soleus ni bilo (15). Prav tako v nobeni izmed dveh raziskav, v katerih so opazovali m. peroneus longus in primerjali rezultate med skupinama, razlike med ES in KS ni bilo (15, 17). V eni izmed dveh raziskav, v katerih so primerjali aktivnost m. tibialis anterior med skupinama (razlika med obema SU), so poročali o statistično značilno večji razliki med v ES kot v KS (15). V drugi raziskavi o taki razliki niso poročali (17). Rezultati primerjave med skupinami so povzeti v preglednici 3.

RAZPRAVA

Rezultati v pregled vključenih raziskav nakazujejo na to, da je po zvinu gležnja oziroma pri nestabilnosti gležnja zmanjšano z EMG merjeno razmerje $H_{maks.}/M_{maks.}$ pri m. soleus in m. peroneus longus, kar kaže na prisotnost artrogene mišične inhibicije.

V dveh vključenih raziskavah so opazovali spremembo v aktivaciji mišic po akutnem zvinu gležnja (15, 17). V obeh raziskavah so ugotovili inhibicijo m. soleus (15, 17), v eni pa so poleg tega poročali tudi o povečani aktivaciji m. tibialis anterior (15). Avtorji te raziskave povečano aktivacijo dorzalnih fleksorjev in zmanjšano plantarnih fleksorjev razlagajo kot refleksni zaščitni

mehanizem, ki zmanjša obremenitev na (ob)sklepne strukture, saj zagotovi udoben položaj sklepa v mirovanju (15). AMI kot zaščitni mehanizem razlagajo tudi drugi avtorji (9).

Predvideva se, da pojav AMI ni povezan z akutnimi simptomi oziroma specifičnimi spremembami na lokalni ravni, temveč gre za centralne mehanizme na ravni hrbtenjače ali celo supraspinalno. Tako se ujemajo ugotovitve, da inhibicija m. soleus v vključenih raziskavi ni bila povezana z jakostjo kateregakoli akutnega simptoma po poškodbi (bolečina, oteklina, samo poročana zmanjšana funkcija) (17). Dodatno to potrjujejo Palmieri in sodelavci (19), ki po simulirani oteklini zdravega gležnja niso ugotovili inhibicije, temveč facilitacije mišic okoli sklepa (19).

Poleg tega na centralne mehanizme, ki sodelujejo pri pojavu AMI (20), kaže tudi prisotnost bilateralne inhibicije m. soleus, o kateri so po akutnem zvinu poročali v eni vključenih raziskavi (17). Nasprotno bilateralne inhibicije v drugi vključenih raziskavi niso potrdili, saj so poročali o mišični inhibiciji le na poškodovanem SU (15). Razlika med raziskavama je v številu preiskovancev, saj je prva v vsaki skupini vključevala 30 preiskovancev (17), druga pa le 10 (15). Izračunana potrebna velikost vzorca se je v obeh raziskavah gibala med 9 in 15, vendar so, da bi oblikovali trdnejše zaključke, Kim in sodelavci (17) velikost vzorca podvojili. Verodostojnost njihove raziskave je tako večja, prav tako pa se njihovi rezultati ujemajo tudi s predhodnimi raziskavami, v katerih so ugotovili bilateralno poslabšanje ravnotežja po akutnem

zvinu gležnja (21), in raziskavami, v katerih so bilateralno zmanjšanje hotene aktivacije m. quadriceps femoris ugotovili po poškodbi kolenskega sklepa (22, 23, 10).

Videti je, da je bilateralna inhibicija prisotna samo po akutnem zvinu gležnja. Naši rezultati namreč kažejo, da je pri osebah s kroničnimi težavami po zvinu gležnja prisotna le unilateralna inhibicija m. peroneus longus (13, 14) in m. soleus (13, 16). Ti dve mišici imata pomembno vlogo tudi pri dinamični stabilizaciji gležnja. Zmanjšana ekscentrična moč oziroma aktivacija m. peroneus longus je povezana z večjim tveganjem za (ponovni) zvin gležnja (24). Rezultati o unilateralni inhibiciji m. peroneus longus in m. soleus se ujemajo tudi z rezultati predhodno opravljene metaanalize, ki prav tako potrjuje prisotnost unilateralne mišične inhibicije teh dveh mišic pri osebah s kronično nestabilnostjo (7). Rezultati ene vključene raziskave se ujemajo s teorijo, da so pri AMI tudi pri osebah s kronično nestabilnostjo verjetno bolj prisotni centralni kot lokalni mehanizmi uravnavanja mišične aktivacije. Poročajo namreč, da je bila aktivacija m. soleus zmanjšana le pri osebah z zgodovino zvina gležnja in prisotno nestabilnostjo, ne pa tudi pri osebah z zgodovino zvina gležnja in brez prisotne nestabilnosti (16). To se prav tako ujema z ugotovitvami, da nestabilnost gležnja ni nujno povezana z mehansko nestabilnostjo oziroma povečano laksnostjo sklepa, temveč gre bolj za živčno-mišične spremembe, ki so prisotne dalj časa po poškodbi (5–7). Pri osebah s kronično nestabilnostjo so zaznali tudi ipsilateralno inhibicijo pri m. quadriceps femoris in mišični skupini fleksorjev kolena, torej v proksimalnih mišičnih skupinah (25).

Rezultati našega pregleda kažejo, da je pri osebah po akutnem zvinu oziroma s kronično nestabilnostjo prisotna inhibicija m. soleus in m. peroneus longus. Zato je pri rehabilitaciji pomembno ustrezno obravnavati tudi AMI. Z obravnavo in odpravo AMI bi lahko izboljšali živčno-mišični nadzor oziroma dinamično nestabilnost, kar bi lahko vplivalo na manjšo incidenco ponovnih poškodb. Dokazano učinkoviti disinhibitorni tehniki sta pri osebah po rekonstrukciji sprednje križne vezi krioterapija in terapevtska vadba (26), pri osebah s kronično nestabilnostjo gležnja pa sta prav tako učinkoviti

krioterapija ter transkranijska magnetna stimulacija (27). Te tehnike bi bilo v prihodnje smiselno preveriti tudi pri osebah z akutnim zvinom gležnja, pri osebah s kronično nestabilnostjo pa bi bilo smiselno preveriti učinek terapevtske vadbe kot disinhibitorne tehnike.

Omejitvi našega pregleda literature sta majhno število vključenih raziskav in nehomogena populacija. Zaradi raznolikosti metodologije (opazovane mišice in poročani izidi) v vključenih raziskavah je oblikovanje trdnih zaključkov težko.

ZAKLJUČEK

Na podlagi pregleda literature smo ugotovili, da je pri osebah po zvinu gležnja oziroma z nestabilnostjo gležnja prisotna AMI, ki se kaže predvsem kot zmanjšana aktivacija m. soleus in m. peroneus longus. Inhibicija je v akutni fazi prisotna bilateralno, mehanizmi AMI pa najverjetneje niso pod lokalnim nadzorom, temveč spinalnim in supraspinalnim (20). Za oblikovanje trdnih zaključkov o prisotnosti AMI pri patologijah gležnja so potrebne dodatne raziskave, v katerih naj se osredotočijo tudi na možnosti odprave AMI po poškodbah oziroma pri nestabilnosti gležnja.

LITERATURA

1. Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Med* 44(1): 123–40.
2. Hertel J (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train* 37(4): 364–75.
3. McKay GD, Goldie PA, Payne WR, Oakes BW (2001). Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br J Sports Med* 35(2): 103–8.
4. van Rijn RM, van Os AG, Bernsen RM, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM (2008). What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med* 121(4): 324–31.
5. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fouchet F, Fong DT, Hertel J, Hiller CE, Kaminski TW, McKeon PO, Refshauge KM, Verhagen EA, Vicenzino BT, Wikstrom EA, Delahunt E (2016). Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med* 50(24): 1496–505.

6. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley CM, Caulfield B, Docherty CL, Fong DT, Fouchet F, Hertel J, Hiller CE, Kaminski TW, McKeon PO, Refshauge KM, van der Wees P, Vicenzino W, Wikstrom EA (2014). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Athl Train* 49(1): 121–7.
7. Kim KM, Kim JS, Cruz-Díaz D, Ryu S, Kang M, Taube W (2019). Changes in spinal and corticospinal excitability in patients with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *J Clin Med* 8(7): 1037.
8. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 47(4): 678–85.
9. Hopkins JT, Ingersoll CD (2000). Arthrogenic Muscle inhibition: a limiting factor in joint rehabilitation. *J Sport Rehabil* 9(2): 135–59.
10. Urbach D, Awiszus F (2002). Impaired ability of voluntary quadriceps activation bilaterally interferes with function testing after knee injuries. A twitch interpolation study. *Int J Sports Med* 23(4): 231–6.
11. Sonnery-Cottet B, Hopper GP, Gousopoulos L, Thauinat M, Fayard JM, Freychet B, Ouanezar H, Cavaignac E, Saithna A (2022). Arthrogenic muscle inhibition following knee injury or surgery: pathophysiology, classification, and treatment. *VJSM* 2 (3).
12. Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA (2004). The hoffmann reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *J Athl Train* 39(3): 268–77.
13. McVey ED, Palmieri RM, Docherty CL, Zinder SM, Ingersoll CD (2005). Arthrogenic muscle inhibition in the leg muscles of subjects exhibiting functional ankle instability. *Foot Ankle Int* 26(12): 1055–61.
14. Palmieri-Smith RM, Hopkins JT, Brown TN (2009). Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. *Am J Sports Med* 37(5): 982–8.
15. Klykken LW, Pietrosimone BG, Kim KM, Ingersoll CD, Hertel J (2011). Motor-neuron pool excitability of the lower leg muscles after acute lateral ankle sprain. *J Athl Train* 2011 46(3): 263–9.
16. Bowker S, Terada M, Thomas AC, Pietrosimone BG, Hiller CE, Gribble PA (2016). Neural excitability and joint laxity in chronic ankle instability, coper, and control groups. *J Athl Train* 51(4): 336–43.
17. Kim JS, Kim KM, Chang E, Jung HC, Lee JM, Needle AR (2022). Spinal reflex excitability of lower leg muscles following acute lateral ankle sprain: bilateral inhibition of soleus spinal reflex excitability. *Healthcare (Basel)* 10(7): 1171.
18. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097.
19. Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA, Cordova ML, Porter DA, Edwards JE, Babington JP, Krause BA, Stone MB (2004). Arthrogenic muscle response to a simulated ankle joint effusion. *Br J Sports Med* 38(1): 26–30.
20. Lepley AS, Lepley LK (2021). Mechanisms of arthrogenic muscle inhibition. *J Sport Rehabil* 31(6): 707–16. doi:10.1123/jsr.2020-0479.
21. Wikstrom EA, Naik S, Lodha N, Cauraugh JH (2010). Bilateral balance impairments after lateral ankle trauma: a systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 31(4): 407–14.
22. Pietrosimone BG, Lepley AS, Ericksen HM, Clements A, Sohn DH, Gribble PA (2015). neural excitability alterations after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 50(6): 665–74.
23. Urbach D, Nebelung W, Weiler HT, Awiszus F (1999). Bilateral deficit of voluntary quadriceps muscle activation after unilateral ACL tear. *Med Sci Sports Exerc* 31(12): 1691–6.
24. Witchalls J, Blanch P, Waddington G, Adams R (2012). Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 46(7): 515–23. doi:10.1136/bjsports-2011-090137.
25. Sedory EJ, McVey ED, Cross KM, Ingersoll CD, Hertel J (2007). Arthrogenic muscle response of the quadriceps and hamstrings with chronic ankle instability. *J Athl Train* 42(3): 355–60.
26. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, et al. (2019). Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med* 53(5): 289–98.
27. Kim KM, Needle AR, Kim JS, An YW, Cruz-Díaz D, Taube W (2023). What interventions can treat arthrogenic muscle inhibition in patients with chronic ankle instability? A systematic review with meta-analysis. *Disabil Rehabil*: 1–16.

FIZIOTERAPIJA

junij 2023, letnik 31, številka 1

ISSN 1318-2102; E-ISSN 2536-2682

IZVIRNI ČLANEK / ORIGINAL ARTICLE

E. Prezelj, T. Lipovšek, U. Puh

- Povezanost izida testa petih vstajanj s stola z mišično jakostjo ekstenzorjev kolka in kolena ter dinamičnim ravnotežjem pri funkcijsko samostojnih starejših odraslih** 1
Relationship between the five times sit to stand test and hip and knee extensor muscle strength and dynamic balance in functionally independent older adults

PREGLEDNI ČLANEK / REVIEW

T. Tomc Žargi

- Vpliv progresivne vadbe proti uporabi na mišično zmogljivost in funkcijo pri otrocih in mladostnikih s cerebralno paralizo** 11
The effects of progressive resistance training on muscle strength and function of children and adolescents with cerebral palsy

K. N. Vrbinc, T. Tomc Žargi

- Primerjava izidov operativnega in konservativnega zdravljenja rupture zadnje križne vezi** 20
Comparison of surgical and conservative treatment outcome of posterior cruciate ligament rupture

M. Štuhec, A. Kacin, D. Weber

- Atrofija mišice vastus medialis pri osebah s patelofemoralno bolečino** 28
Atrophy of vastus medialis muscle in subjects with patellofemoral pain

Š. Urbančič, T. Tomc Žargi

- Simetrija mišične zmogljivosti in funkcije spodnjih udov pri mladih košarkarjih** 35
Lower limb symmetry of muscle strength and function in young basketball players

J. Hočevar, R. Vauhnik

- Artrogena mišična inhibicija pri akutnem zvinu in kronični nestabilnosti gležnja** 43
Arthrogenic muscle inhibition in acute ankle sprain and chronic ankle instability