

ISSN 1318-2102

december 2016, letnik 24, številka 2

FIZIOTERAPIJA



Združenje fizioterapevtov Slovenije
STROKOVNO ZDRUŽENJE
Slovenian Association of Physiotherapists
ČLAN WCPT - WCPT MEMBER

revija Združenja fizioterapevtov Slovenije
strokovnega združenja

KAZALO

IZVIRNI ČLANEK / ORIGINAL ARTICLE

- U. Puh, E. Behrić, S. Zatler, M. Rudolf, M. Kržišnik
Razvrstitev funkcijske premičnosti: zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci pri pacientih po možganski kapi.....1
Functional ambulation classification: intra-rater and inter-rater reliability in patients after stroke

- A. Regner, D. Rugelj
Test dosega z nogo v osmih smereh: Primerjava izvedbe testa med skupino mlajših in starejših preiskovancev.....13
Star Excursion Balance Test: Comparison of the SEBT performance between the groups of young and older adults

PREGLEDNI ČLANEK / REVIEW

- Ž. Kukec, A. Kacin
Učinkovitost vadbenih programov za obravnavo poškodb zadnjih stegenskih mišic – pregled literature.....21
The effectiveness of exercise protocols for treating hamstring injuries – literature review

- A. Perko, A. Kacin, P. Palma
Primerjava učinkov zgodnje mobilizacije z imobilizacijo po pretrganju Ahilove tetive – pregled literature.....28
Comparison of effects of immobilization and early mobilization after Achilles tendon rupture – literature review

- T. Lipovšek, D. Weber, M. Jakovljević
Vpliv vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda – sistematični pregled literature.....35
The effects of whole body vibration on lower extremity muscle performance – systematic literature review

- R. Vauhnik, A. Kacin
Dejavniki tveganja preobremenitvenih poškodb ramena pri odbojkarjih – pregled literature.....44
Risk factors associated with overuse shoulder injuries in volleyball players – literature review

- U. Puh, M. Dečman, P. Palma
Vsebina in učinki programov proprioceptivne vadbe za spodnje ude – pregled literature.....50
The content and effectiveness of proprioceptive training programmes for the lower limbs – literature review

- U. Matkovič, V. Jan, K. Dolinar, N. Škorja, K. Miš, T. Marš, M. Podbregar, S. Pirkmajer
Patofiziologija skeletne mišice pri cerebralni paralizi.....59
Pathophysiology of skeletal muscle in cerebral palsy

Uredništvo

Glavna in odgovorna urednica
Tehnična urednica
Uredniški odbor

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

Založništvo

Izdajatelj in založnik

Združenje fizioterapevtov Slovenije – strokovno združenje
Linhartova 51, 1000 Ljubljana

Naklada

620 izvodov

Spletna izdaja:

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

ISSN

1318-2102

Lektorica

Vesna Vrabič

Tisk

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

Področje in cilji

Fizioterapija je nacionalna znanstvena in strokovna revija, ki objavlja recenzirane prispevke z vseh področij fizioterapije (mišično-skeletna fizioterapija, nevrofizioterapija, kardio-respiratorna fizioterapija, fizioterapija za zdravje žensk, fizioterapija starejših in drugo), vključujoč vlogo fizioterapevtov v preventivni dejavnosti, akutnem zdravljenju in rehabilitaciji. Obsega tudi širša področja telesne dejavnosti in funkcioniranja ter zmanjšane zmožnosti in zdravja zaradi bolečine. 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 na tem področju.

Fizioterapija objavlja le izvorna, še neobjavljena dela v obliki raziskovalnih prispevkov, kliničnih primerov, preglednih prispevkov ter komentarjev in strokovnih razprav. Izhaja dvakrat na leto, občasno izidejo suplementi.

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

Razvrstitev funkcijske premičnosti: zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci pri pacientih po možganski kapi

Functional ambulation classification: intra-rater and inter-rater reliability in patients after stroke

Urška Puh¹, Edita Behrić², Sabina Zatler¹, Marko Rudolf², Maruša Kržišnik²

IZVLEČEK

Uvod: Razvrstitev funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation classification – FAC) je hitra in enostavna 6-stopenjska lestvica, ki razvršča paciente glede na njihovo sposobnost za hojo. Pri tem ocenjuje samostojnost oziroma količino potrebne pomoči ali nadzora drugih oseb. Uporaba je razširjena v klinični praksi in raziskavah pri različnih zdravstvenih stanjih. Namen raziskave je bil ugotoviti zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci za slovenski prevod FAC pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi. **Metode:** V raziskavi je sodelovalo 18 pacientov po možganski kapi, ki so bili vključeni v rehabilitacijo. Šest preiskovalcev je s slovenskim prevodom FAC hkrati, z opazovanjem v živo, ocenilo preiskovance. Po enem tednu so ponovili ocenjevanje z ogledom videoposnetkov. Za ugotavljanje zanesljivosti posameznega preiskovalca in med preiskovalci je bil izračunan intraklasni korelacijski koeficient (ICC). **Rezultati:** Ugotovljeni sta bili odlična zanesljivost posameznega preiskovalca (ICC od 0,948 do 1,000) in odlična zanesljivost med preiskovalci, pri prvem (ICC = 0,987) in pri drugem (ICC = 0,978) ocenjevanju. **Zaključki:** Slovenski prevod FAC se je izkazal kot razumljiv. Zanesljivosti posameznega preiskovalca in med preiskovalci sta odlični. Uporabo FAC priporočamo kot dopolnitev že uveljavljenih merilnih orodij za ocenjevanje sposobnosti hoje pri pacientih po možganski kapi.

Ključne besede: FAC, hoja, samostojnost, merske lastnosti, fizioterapija.

ABSTRACT

Background: Functional ambulation classification (FAC) is a fast and simple 6-point scale, which classifies patients according to their walking ability. It assesses independency and/or level of human support or supervision the patient requires to walk. It is used in clinical practice and research in different health conditions. The aim of the study was to establish intra- and inter-rater reliability of Slovenian translation of FAC in assessment of patients after stroke. **Methods:** 18 patients after stroke, included in rehabilitation, participated in the study. Six raters simultaneously assessed the subject by Slovenian translation of FAC with real-time observation. The assessment by observation of video records was repeated after one week. To establish intra-rater and inter-rater reliability the intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated. **Results:** Excellent intra-rater reliability (ICC 0.948 – 1.000) and inter-rater reliability in the first (ICC = 0.987) and the second (ICC = 0.978) assessment were found. **Conclusions:** The Slovenian translation of FAC is clear and has excellent intra- and inter-rater reliability. Its use is recommended in addition to the other standardised measurement tools for assessment of walking ability in patients after stroke.

Key words: FAC, walking ability, independency, measurement properties, physiotherapy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

² Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS - Soča, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.; e-pošta: urska.puh@zf.uni-lj.si

Prispelo: 11.11.2016

Sprejeto: 22.11.2016

UVOD

Premikanje je osnovna življenjska potreba vsakega človeka. Hoja je zelo pomembna pri opravljanju vsakdanjih dejavnosti oziroma za neodvisno funkcioniranje. Normalna hoja nam omogoča, da samostojno, brez pomoči drugih, pridemo na določeno mesto ob določenem času z najmanjšo porabo energije. Spremenjena hoja je lahko posledica okvare katerega koli telesnega sistema ali dela telesa, ki sodeluje pri hoji, prav tako je lahko posledica bolečine. Spremembe izvirajo iz primarne okvare (npr. poškodbe, bolezni, prirojenih okvar) in tudi iz sekundarnih prilagoditev mišično-kostnega in srčno-dihalnega sistema zaradi zmanjšane telesne dejavnosti (npr. dolgotrajno ležanje ali sedeči načina življenja). Poleg oslabelosti mišic na mehaniko hoje vplivajo še zmanjšana gibljivost v sklepah ali druge spremembe zgradbe in deformacije, okvare funkcije čutil, bolečina in moteno uravnavanje gibanja (1). Na prehojeno razdaljo vpliva še vzdržljivost srčno-žilnega sistema. Sposobnost samostojne hoje zmanjšujeta tudi okvara pozornosti (2) in strah pred padcem (3).

Zmanjšana sposobnost hoje je lahko za posameznika velika težava, saj mu onemogoča samostojno premikanje doma in zunaj doma. Posledično so sposobnost samostojne hoje (4) oziroma izboljšanje samostojnosti pri hoji (zmanjšanje potrebne pomoči), pa tudi povečanje varnosti (preprečevanje padcev pri hoji) eni izmed najpogostejših ciljev fizioterapije pri večini pacientov z okvaro osrednjega živčevja in pri drugih skupinah pacientov z obsežnejšimi in/ali kompleksnejšimi telesnimi okvarami (npr. pri starejših ljudeh).

Fizioterapevti veliko časa namenijo ugotavljanju nepravilnosti pacientove hoje, iskanju načinov za njihovo odpravljanje ali zmanjševanje ter ugotavljanju izidov po terapiji. Funkcije gibalnih vzorcev, povezane s hojo, so po mednarodni klasifikaciji funkcioniranja, zmanjšane zmožnosti in zdravja – MKF (5, 6) razporejene v razdelek telesnih funkcij, sposobnost hoje pa v področje dejavnosti. V kategorijo telesnih funkcij spada opisovanje različnih »tipičnih« vzorcev hoje (5, 6) ter časovnih in dolžinskih spremenljivk hoje, kot so na primer hitrost hoje, kadenca ter dolžina in širina koraka. Za opisovanje vzorcev hoje

fizioterapevti v vsakodnevni praksi pogosto izvajajo analizo hoje z opazovanjem, merjenje časovnih in dolžinskih spremenljivk, razen hitrosti hoje, je redkejša. Za ocenjevanje sposobnosti hoje je bilo v slovenskem jeziku priporočeno oziroma prevedeno že veliko merilnih orodij. V klinični praksi se najpogosteje uporabljata test hoje na 10 m (priporočeni postopek: 7) in 6-minutni test hoje. Pri pacientih po možganski kapi se lahko sposobnost hoje oceni z delom lestvice ocenjevanja motoričnih funkcij pacientov po možganski kapi (angl. motor assessment scale for stroke patients – MAS) (8, prevod: 9). Ocena funkcionalnosti hoje (angl. functional gait assessment – FGA) (10, prevod: 11) je namenjena oceni nadzora drže pri različnih gibalnih nalogah med hojo. Sposobnost spreminjanja položajev in sposobnost hoje ocenjujemo tudi s časovno merjenim testom vstani in pojdi (12, prevod: 13). Tudi nekatera merilna orodja za oceno ravnotežja vključujejo elemente hoje (14, prevod: 15). Oceni samostojnosti oziroma stopnje pomoči, ki jo pacient potrebuje pri hoji od drugih oseb, pa je namenjena razvrstitev funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation category; functional ambulation classification – FAC), ki jo predstavljamo v tem prispevku.

Uporaba in izvedba FAC

Razvrstitev funkcijske premičnosti je bila razvita v splošni bolnišnici Massachusetts (ZDA) za oceno sposobnosti hoje pacientov, ki obiskujejo fizioterapijo (16). Lestvica FAC je 6-stopenjska in razvršča paciente glede na njihovo sposobnost za hojo, od popolnoma samostojnih, ki so sposobni hoditi kjer koli, tudi v zunanjem okolju, do tistih, ki ne morejo hoditi ali potrebujejo pomoč dveh ali več oseb (16). Ocene vrednotijo količino pomoči ali nadzora od drugih oseb, ki je potrebna za hojo, neodvisno od tega, ali pacienti pri hoji uporabljajo pripomočke za hojo ali ne.

V klinični praksi se FAC pogosto uporablja pri različnih zdravstvenih stanjih in boleznih, ki vplivajo na hojo (17, 18). Klinične smernice za fizioterapijo po možganski kapi (19) priporočajo uporabo FAC v vseh fazah po možganski kapi, Sekcija za nefrofizioterapijo Ameriškega združenja fizioterapevtov (20, 21) pa za paciente v bolnišnični rehabilitaciji. Njeno uporabo navajajo pri drugih skupinah pacientov z okvaro osrednjega živčevja: otrocih s cerebralno paralizo od šestega

leta naprej (22), po nezgodni poškodbi možganov (23–25), operaciji možganskih tumorjev (26), z ataksijo zaradi okvare malih možganov (27, 28), multiplo sklerozo (16, 29) in okvaro hrbtenjače (30, 31). V uporabi je tudi za ocenjevanje pri odraslih starejših (32–35), po zlomu kolka (36), pri pacientih z amputacijo spodnjega uda (37) in s Huntingtonovo boleznijo (38).

Lestvica FAC je enostavna za uporabo in brezplačna (17, 39). Posebna oprema in formalno učenje za ocenjevanje FAC nista potrebna (40), mora pa biti preiskovalec pred njeno uporabo seznanjen z lestvico (17). Čas izvedbe je ocenjen na manj kot pet minut (41) oziroma približno 5 do 10 minut (42).

Razvrstitev funkcijske premičnosti je bila prvič objavljena leta 1984, ko so Holden in sodelavci (16) objavili ocenjevalno lestvico z opisom kategorij. Isti avtorji (29) so leta 1986 objavili še en članek, v katerem so razložili, čemu je lestvica namenjena, dali podrobnejša navodila za izvedbo, definicije in kategorije, katerih prevod je predstavljen v tem članku (priloga 1). Treba je poudariti, da je FAC izvedbeno merilno orodje. Za ocenjevanje so potrebne stopnice in 15 metrov prostora za hojo (39). Preiskovalec, najpogosteje fizioterapevt, opazuje sposobnost hoje in jo oceni z opisi posameznih kategorij: od »ne hodi ali hoja je nefunkcionalna« (ocena 1) do samostojno hodi (oceni 5 in 6). Pri čemer nefunkcionalna hoja (ocena 1) pomeni, da pacient hodi le v bradlji oziroma za hojo potrebuje pomoč več kot ene osebe, ocene od 2 do 4 pomenijo, da pacient pri hoji potrebuje pomoč ali nadzor ene osebe, oceni 5 in 6 pa pomenita, da pacient samostojno hodi po ravni ali tudi po neravnih površinah, stopnicah in klančinah (29). Preiskovalec oceni največjo stopnjo samostojne hoje, glede na pripravljenost ali fizično pomoč, ki jo potrebuje od druge osebe. S FAC se ocenjuje le sposobnost hoje, ne pa sposobnost vstajanja iz sedečega položaja in vzdržljivost pri hoji (29). Tudi na ravnotežje med hojo lahko iz ocen FAC sklepamo le posredno. Nekoliko zmede povzroča dejstvo, da so avtorji v prvi objavi kategorije navedli od 0 do 5 (16), v drugi pa od 1 do 6 (29). Posledično se v raziskavah uporabljata tako prva (npr. 16, 18, 35, 43) kot druga (npr. 29, 44, 45) ocenjevalna lestvica, na kar je treba biti pozoren.

Merske lastnosti FAC

Razvrstitev funkcijske premičnosti ima potrjeno zelo visoko oziroma odlično zanesljivost posameznega preiskovalca ($\kappa = 0,95$) pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi (18). Zanesljivost med preiskovalci so preverjali v treh raziskavah. Collen in sodelavci (40) so poročali o zmerni zanesljivosti med preiskovalci ($\kappa = 0,36$) pri ocenjevanju pacientov v kronični fazi po možganski kapi, Holden in sodelavci (16) o srednji zanesljivosti med preiskovalci ($\kappa = 0,72$) pri ocenjevanju pacientov s hemiplegijo različnih vzrokov in multiplo sklerozo, Mehrholz in sodelavci (18) pa o odlični zanesljivosti med preiskovalci ($\kappa = 0,91$) pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi. Raziskav o zanesljivosti pri izvedbi FAC pri drugih skupinah pacientov nismo zasledili.

Veljavnost konstrukta so preverjali v več raziskavah. Pri pacientih po možganski kapi, nezgodni poškodbi možganov in z okvaro hrbtenjače so poročali o slabi povezanosti med FAC in oceno odpora na pasivni gib ($r_s = -0,08$) (46). Pri pacientih po možganski kapi sta Nilsgard in Forsberg (47) poročala o zmerni konvergentni veljavnosti lestvice FAC in lestvice zaupanja pri dejavnostih, povezanih z ravnotežjem – lestvice ABC (angl. activities-specific balance confidence scale – ABC), pri čemer se je njuna povezanost povečevala s časom po možganski kapi (0–14 dni: $\tau = 0,40$, 3 mesece: $\tau = 0,49$). Prav tako pri pacientih po možganski kapi so poročali o značilni negativni interakciji odvisnosti ocen FAC, pri katerih pacient ne potrebuje fizične pomoči, in hitrosti hoje, s časom po možganski kapi, ki se je postopno spremenila iz povezanosti z visoko hitrostjo na povezanost z nizko hitrostjo (48). Lestvico FAC so uporabili tudi za ugotavljanje veljavnosti konstrukta združene ravnotežne lestvice (angl. unified balance scale) pri pacientih z različnimi nevrološkimi okvarami ($r_s = 0,80$) (49) in lestvice ABILOCO-Benin za oceno sposobnosti hoje pri pacientih po možganski kapi ($r = 0,86$) (50).

Za FAC so večkrat potrdili dobro sočasno veljavnost, ki se nanaša na povezanost z drugimi merilnimi orodji, ki ocenjujejo hojo ali vsebujejo elemente hoje (razpredelnica 1). V treh raziskavah (16, 18, 51) so poročali o dobri povezanosti ocen

FAC s hitrostjo hoje. Ugotovljena je bila tudi dobra povezanost s kadenco, dolžino koraka in prehojeno razdaljo (16, 18). Poročali so tudi o dobri povezanosti med FAC in FGA (43). Dobra povezanost FAC je bila ugotovljena tudi z MAS, lestvico premičnosti za paciente po možganski kapi v akutni fazi (angl. mobility scale for acute stroke patients) (52) in rivermeadskim indeksom premičnosti (angl. Rivermead mobility index) (18), ki spadajo med kombinirana merilna orodja. Prav tako je bila dobra povezanost ugotovljena z merama osnovnih dejavnosti vsakdanjega življenja, kot sta indeks Barthelove in lestvica funkcijske neodvisnosti (angl. functional independence measure – FIM) (51, 52).

Poročali so, da je FAC občutljiva za spremembo, vendar precej manj kot lestvica za oceno premičnosti pri starejših (angl. elderly mobility scale – EMS), saj je zaznala izboljšanje premičnosti po rehabilitaciji le pri 35 % pacientov

(35). Pri pacientih po možganski kapi, ki na začetku rehabilitacije niso mogli samostojno hoditi, pa so ugotovili, da je FAC zmerno do dobro odzivna na spremembo (angl. standard response means – SRMs) v prvih dveh tednih (SRM = 1,02) v drugih dveh tednih (SRM = 0,84) in med četrtem tednom raziskave ter šestimi meseci po raziskavi (SRM = 0,7) (18). Prav tako pri pacientih po možganski kapi so za FAC ob koncu rehabilitacije poročali o 46-odstotnem učinku stropa (53). Kljub temu so z analizo Rasch potrdili, da kombinacija testa hoje na 10 metrov, testa vzdržljivosti pri hoji in FAC daje koristne podatke o sposobnosti hoje. Pri tem FAC prispeva podatke o ravni potrebne pomoči in sposobnosti hoje po stopnicah, klančinah in neravnih površinah (53). Poročali so tudi, da FAC razloči paciente po možganski kapi z visoko stopnjo premičnosti, ki živijo doma in so sposobni hoje v zunanjem okolju, od tistih, ki je niso (45).

Razpredelnica 1: Sočasna veljavnost razvrstitve funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation category – FAC)

Avtorji	Značilnosti preiskovancev	Spremenljivka hoje ali merilno orodje	Sočasna veljavnost
Holden in sod. (16)	hemipareza starost: 34–68 let (x = 51 let) multipla skleroza starost: 29,2–48,8 leta (x = 39)	hitrost hoje kadenca dolžina koraka	r = 0,67 r = 0,62 r = 0,55–0,63
Cunha in sod. (51)	možganska kap (akutna faza) starost: x = 57,9 leta	FIM test hoje na 5 m 5-minutni test hoje GEC	r _s = 0,72 r _s = 0,58 r _s = 0,55 r _s = –0,64
Simondson in sod. (52)	možganska kap starost: 39–91 let (x = 69 let)	MSAS MAS BI FIM	r = 0,83 r = 0,81 r = 0,84 r = 0,90
Mehrholz in sod. (18)	možganska kap (30–60 dni po) starost: 40–78 let (x = 62,8 leta)	RMI hitrost hoje dolžina koraka 6-minutni test hoje	FAC skupaj (po 6 mesecih) r _s = 0,84 (r _s = 0,89) r _s = 0,77 (r _s = 0,90) r _s = 0,80 (r _s = 0,88) r _s = 0,79 (r _s = 0,91)
Thieme in sod. (43)	možganska kap (6 mes po) starost: 40–78 let (x = 62,8 leta)	FGA	r _s = 0,83 FAC 3 = FGA 6,78 ± 3,35 FAC 4 = FGA 13,56 ± 4,83 FAC 5 = FGA 23,3 ± 5,29

x – povprečna vrednost, r – Pearsonov koeficient korelacije, r_s – Spearmanov koeficient korelacije, FIM – lestvica funkcijske neodvisnosti (angl. functional independence measure), GEC – poraba energije pri hoji (angl. gait energy cost), MSAS – lestvica premičnosti pacientov po možganski kapi v akutni fazi (angl. mobility scale for acute stroke patients), MAS – lestvica ocenjevanja motoričnih funkcij pacientov po možganski kapi (angl. motor assessment scale for stroke patients), BI – indeks Barthelove (angl. Barthel index), FGA – ocena funkcionalnosti hoje (angl. functional gait assessment), RMI – rivermeadski indeks premičnosti (angl. Rivermead mobility index)

Pri pacientih po možganski kapi po štirih tednih rehabilitacije je kategorija FAC sposobnost samostojne hoje le po ravnih površinah ali več (po vseh površinah) napovedala sposobnost hoje v zunanjem okolju pri šestih mesecih po začetku raziskave s 100-odstotno občutljivostjo in 78-odstotno specifičnostjo (18). Napovedni dejavniki za ti dve kategoriji FAC pri šestih mesecih po možganski kapi so motorična, motorično-senzorična ali motorično-senzorična okvara s hemianopsijo, indeks motoričnih funkcij nad 25 in starost, manj kot 70 let (54). Starost in raven motorične okvare, ocenjene s testom nadzora trupa (angl. trunk control test) ter FIM na začetku rehabilitacije so značilni napovedni dejavniki za sposobnost hoje, ocenjene s FAC ob koncu rehabilitacije (55). Kategorija sposobnosti samostojne hoje le po ravnih površinah ali manj po lestvici FAC je bila ugotovljena kot mejna vrednost za krhke starostnike, z 81-odstotno občutljivostjo in 83-odstotno specifičnostjo (32).

Namen naše raziskave je bil ugotoviti zanesljivost posameznega preiskovalca in zanesljivost med preiskovalci pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi.

METODE

V raziskavi je sodelovalo 18 pacientov po možganski kapi (devet žensk in devet moških), ki so bili vključeni na rehabilitacijsko obravnavo. Vzorec je bil izbran priložnostno, tako da so bili vključeni preiskovanci z različnimi sposobnostmi hoje, s čimer je bila vnaprej zagotovljena enakomerna porazdelitev po kategorijah lestvice FAC. Vsi preiskovanci so podpisali pristopno izjavo o prostovoljnem sodelovanju v raziskavi, ki jo je odobrila tudi etična komisija Univerzitetnega rehabilitacijskega inštituta - Soča, kjer je ocenjevanje tudi potekalo.

Povprečna starost preiskovancev je znašala 55,2 leta (od 34 do 81 let). Trinajst preiskovancev je utrpelo ishemično možgansko kap in pet hemoragično. Od možganske kapi je minilo povprečno 6 mesecev (od 2 do 27 mesecev). Deset preiskovancev je imelo levostransko in osem desnostransko hemiparezo. Povprečno število točk pri kratkem preizkusu spoznavnih sposobnosti je bilo 27,8 točke (od 22 do 30), pri sedmih preiskovancih tega podatka ni bilo, od tega pri

štirih testiranja ni bilo mogoče opraviti (zaradi slabega razumevanja, disfazije, slepote in plegije zgornjega uda).

Šest preiskovalcev z najmanj petimi leti delovnih izkušenj na področju rehabilitacije pacientov po možganski kapi (pet diplomiranih fizioterapevtov, zdravnik specialist) in specializantka fizikalne medicine in rehabilitacije so hkrati z opazovanjem ocenili vsakega izmed 18 preiskovancev. Razporedili so se na ocenjevalna mesta, na katerih so deset minut pred začetkom ocenjevanja dobili slovenski prevod lestvice FAC in navodila (priloga 1), ki so jih samostojno proučili. Pri izvedbi so sodelovale še tri osebe. Fizioterapevt, ki ni bil preiskovalec, vendar je test predhodno podrobno proučil, je pripravil vse paciente in njihove pripomočke za hojo ter preiskovance naključno razporedil od številke 1 do 18. Vsakemu pacientu je razložil potek in, če je bilo treba, med ocenjevanjem pomagal pri hoji. Drugi pomočnik je dodatno pomagal pri hoji, če je bilo to potrebno. Tretja oseba je posnela hojo vseh preiskovancev. Preiskovalci so za prvega preiskovanca dobili ocenjevalni listek z zaporedno številko, nanj vpisali oceno FAC in ga oddali v pripravljeno škatlo. Nato so za vsakega nadaljnjega preiskovanca dobili nov ocenjevalni listek, ga posamično izpolnili in oddali. Medsebojna pomoč in morebitno usklajevanje ocen nista bila dovoljena. Preiskovalci so s slovenskim prevodom FAC pri vseh preiskovancih ovrednotili sposobnost hoje po ravnem, pri tistih, ki so bili sposobni samostojne hoje po ravnem, pa tudi hojo po stopnicah. Po enem tednu so se isti preiskovalci ponovno zbrali in z ogledom videoposnetkov hoje s slovenskim prevodom FAC ponovno ocenili vse preiskovance. Postopek ocenjevanja je bil enak, vsi preiskovalci so dobili listke z zaporednimi številkami pacientov, na katere so vpisali ocene in jih oddali. Zaporedje pacientov je bilo enako, vpogleda v rezultate prvega ocenjevanja niso imeli.

Za zbiranje podatkov in opisno statistiko ter prikaz s črtnim diagramom je bil uporabljen program Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., Redmond, WA, ZDA, 2010), za analize zanesljivosti pa program IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp., Armonk, ZDA, 2015). Za ugotavljanje zanesljivosti posameznega preiskovalca je bil uporabljen dvosmerni mešani model ICC – ICC

(3,1), za ugotavljanje zanesljivosti med preiskovalci pa dvosmerni slučajni model – ICC (2,1), pri čemer smo v obeh primerih predvideli eno samo ocenjevanje v klinični praksi (oblika za absolutno skladnost).

REZULTATI

Od 18 preiskovancev sta dva zmogla s pomočjo fizioterapevta hoditi le v bradlji, eden je pri hoji potreboval pomoč dveh oseb, trije preiskovanci so zmogli samostojno hoditi po stopnicah, trije pa so pri hoji po stopnicah potrebovali nadzor ali fizično pomoč.

Pri vseh sedmih preiskovalcih je bila ugotovljena odlična zanesljivost posameznega preiskovalca (ICC od 0,948 do 1,000) (razpredelnica 2). Prav tako je bila ugotovljena odlična zanesljivost med preiskovalci, pri prvem in pri drugem ocenjevanju (razpredelnica 3).

Na sliki 1 so prikazane kategorije FAC posameznih preiskovalcev za vsakega izmed 18 preiskovancev (na ordinatni osi), za prvo in drugo ocenjevanje. Razvidno je, da je bilo pri obeh ocenjevanjih največ razhajanj pri razvrščanju v kategoriji 2 in 3.

Razpredelnica 2: Zanesljivost posameznega preiskovalca pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi (n = 18) s slovenskim prevodom razvrstitve funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation classification – FAC)

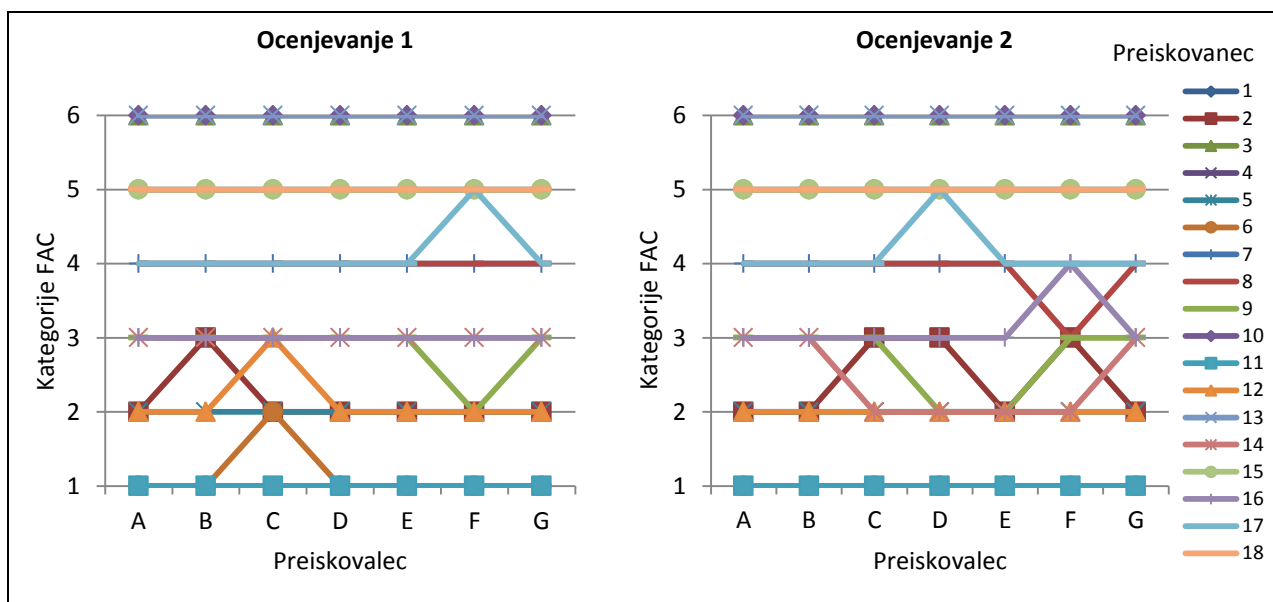
Preiskovalec	Zanesljivost posameznega preiskovalca: ICC (IZ)						
	A	B	C	D	E	F	G
	1,000	0,991	0,962	0,965	0,983	0,948	1,000
		(0,976–0,997)	(0,903–0,985)	(0,910–0,987)	(0,954–0,993)	(0,866–0,980)	

ICC – intraklasni korelacijski koeficient; IZ – 95-odstotni interval zaupanja

Razpredelnica 3: Zanesljivosti med preiskovalci (n = 7) pri ocenjevanju pacientov po možganski kapi (n = 18) s slovenskim prevodom razvrstitve funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation classification – FAC)

Zanesljivost med preiskovalci: ICC (IZ)	
Ocenjevanje 1	0,987 (0,976–0,994)
Ocenjevanje 2	0,978 (0,959–0,991)

ICC – intraklasni korelacijski koeficient; IZ – 95-odstotni interval zaupanja



Slika 1: Prvo in drugo ocenjevanje funkcijske premičnosti za vsakega izmed 18 preiskovancev s slovenskim prevodom razvrstitve funkcijske premičnosti (angl. functional ambulation classification – FAC)

RAZPRAVA

Razvrstitev funkcijske premičnosti omogoča standardizirano in preprosto sporazumevanje med strokovnjaki o premičnosti pacienta (40). Uporabna je za rutinsko klinično ocenjevanje in raziskovalne namene. Pogost vzrok za njeno uporabo v raziskavah je razvrščanje pacientov glede na sposobnosti za hojo (34, 56), na primer za merila za vključitev in/ali izključitev. Ocene FAC vrednotijo količino pomoči ali nadzora drugih oseb, ki so potrebne za hojo oziroma sposobnost samostojne hoje. Prispeva pa tudi podatke o sposobnosti hoje po stopnicah, klančinah in neravnih površinah (53). Njena prednost je, da opisuje funkcionalni vidik hoje, ki je zelo pomemben za pacienta in njegove svojce (18), hkrati pa je lahko uporabna mera izidov rehabilitacije. Wade (39) meni, da je FAC uporabna za merjenje napredka pri rehabilitaciji bolj kot za merjenje dejanske zmanjšane zmožnosti (17). Pri pacientih po možganski kapi je zaradi nejasne odzivnosti na spodnji ravni funkcioniranja (17) in velikega učinka stropa (53) pri interpretaciji ocen FAC potrebna previdnost (17). Pri drugih skupinah pacientov, pri katerih je FAC v uporabi, pa so merske lastnosti zelo slabo ali niso raziskane.

Za dopolnitev sedanjih merilnih orodij za sposobnost hoje s FAC smo z našo raziskavo želeli preveriti razumljivost slovenskega prevoda FAC in oceniti zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci pri pacientih po možganski kapi. Rezultati so pokazali odlično zanesljivost posameznega preiskovalca (ICC od 0,948 do 1), prav tako je bila odlična zanesljivost med preiskovalci pri prvem ocenjevanju, ki je bilo izvedeno v živo (ICC = 0,987), in pri drugem ocenjevanju, ki je bilo izvedeno iz videoposnetkov (ICC = 0,978). To je primerljivo z raziskavo Mehrholza in sodelavcev (18), v kateri so štirje preiskovalci ocenjevali videoposnetke hoje 55 pacientov v štirih časovnih točkah (na začetku, po dveh tednih, po štirih tednih in po šestih mesecih), vendar so izračunali le eno zanesljivost med preiskovalci. Navajajo, da jim je dodaten videoposnetek pomagal razločiti med najvišjima kategorijama, če so bili pacienti sposobni hoje po stopnicah. Poročali so o odlični zanesljivosti posameznega preiskovalca ($\kappa = 0,95$) in med preiskovalci ($\kappa = 0,91$). Ti avtorji so uporabili še dodaten vprašalnik za izvedbo ocenjevanja. V

njem so navedli bistvena vprašanja za posamezno kategorijo FAC, ki so pomagala ocenjevalcem uvrstiti pacienta v pravo kategorijo. Tega vprašalnika v naši raziskavi nismo uporabili. Nekoliko nižja, a še vedno odlična, zanesljivost med preiskovalci je bila v naši raziskavi pri ocenjevanju iz videoposnetkov v primerjavi z opazovanjem v živo. Holden in sodelavci (16) so poročali o srednji zanesljivosti ($\kappa = 0,72$) med devetimi preiskovalci pri ocenjevanju petih pacientov, vendar načina ocenjevanja (neposredno ali posredno v živo ali iz videoposnetka) niso navedli. Collen in sodelavci (40) pa so poročali o zmerni zanesljivosti ($\kappa = 0,36$). Tri ocenjevanja FAC so izvedli v petih tednih pred začetkom fizioterapije, in sicer z izpraševanjem in priložnostnim opazovanjem. V naši raziskavi je en pacient pri ocenjevanju hoje po ravnih površinah zaradi varnosti potreboval eno osebo v pripravljenosti, zato je dobil oceno 4. Povedal pa nam je, da doma hodi samostojno, za kar bi dobil oceno 5. Sklepamo, da se pri ocenjevanju lahko pojavljajo razlike med tem, ali hojo ocenimo v živo ali pa pacienta oziroma svojce vprašamo, kako hodi. Tako ugotovitve o zmerni zanesljivosti FAC iz predhodne raziskave (40) kot naša opažanja kažejo na potrebo po uporabi FAC kot izvedbenega merilnega orodja. Na zanesljivost je verjetno vplivalo tudi posredno ocenjevanje hoje (z opazovanjem). V naši raziskavi je do največjih razhajanj pri ocenjevanju prihajalo pri razvrščanju v kategoriji 2 (hoja po ravnih površinah s stalno oporo največ ene osebe) in 3 (hoja po ravnih površinah s stalnim ali občasnim lahkim dotikom največ ene osebe). Pri ocenjevanju z opazovanjem je bilo težko razlikovati med oporo in dotikom fizioterapevta, ki je pacientom pomagal pri hoji. Fizioterapevt je pri hoji uporabljal različne oblike fizične pomoči (prijem z eno roko, prijem z dvema rokama, dotik z eno roko), zato je vsak subjektivno presodil, kakšno stopnjo opore je pacient potreboval. Nekaj napak pri ocenjevanju se je pojavilo tudi zaradi nepozornosti in površno prebranih opisov kategorij.

Čeprav je sposobnost vstajanja iz sedečega položaja bistven pogoj za hojo in je pomembna za samostojnost pri hoji oziroma za samostojno življenje (57), je prehajanje iz sedečega v stoječi položaj drugačna gibalna spretnost in je ocenjevana pri drugih testih splošne funkcijske

sposobnosti (29), na primer z MAS, časovno merjenim testom vstani in pojdi ali petkratnim testom vstajanja s stola. Holden in sodelavci (29) so predvidevali, da ob prisotnosti osnovnih gibalnih spretnosti za hojo izboljšanje vzdržljivosti srčno-žilnega sistema pri hoji ne bo spremenilo kategorije, v katero je bil umeščen pacient. Lahko pa izboljšanje vzdržljivosti povzroči, da pacient hodi tudi v zunanjem okolju (npr. v okolici hiše) ali da lahko hodi dalj časa, vendar pa tega lestvica FAC ne kategorizira (29). Kombinacija testa hoje na 10 metrov, testa vzdržljivosti pri hoji in FAC daje koristne podatke o sposobnosti hoje (53). Ravnotežje med hojo FAC vrednoti posredno, prek potrebne pomoči oziroma pripravljenosti druge osebe ter sposobnosti hoje po različnih površinah. V naši raziskavi sta dva pacienta pri ocenjevanju hoje potrebovala največ eno osebo v pripravljenosti in zato dobila oceno 4. Po končanem ocenjevanju pa sta pri obratu potrebovala minimalno pomoč fizioterapevta, zato predvidevamo, da bi v drugih okoliščinah pri hoji potrebovala več pomoči. To kaže na potrebo po kombiniranju ocenjevanja FAC s FGA, časovno merjenim testom vstani in pojdi, MAS ali testi ravnotežja, ki vključujejo spremembo smeri hoje. Možnost bi bila tudi razširitev kategorij FAC s spremembo smeri hoje, pri čemer bi se lahko pokazala večja odstopanja ravnotežja.

Zaradi nezadostnosti uporabe FAC kot samostojne lestvice za oceno funkcijske premičnosti (zmanjšane zmožnosti funkcioniranja) in sposobnosti hoje za načrtovanje in vrednotenje pacientovega napredka oziroma izidov rehabilitacije so lestvico FAC že večkrat razširjali. Dodali so kategorije na zgornjem ali spodnjem delu lestvice. Tako sta nastali še nova FAC, ki je 9-stopenjska in vključuje več podrobnosti o hoji po stopnicah (58), in modificirana FAC, pri kateri je prvi kategoriji FAC dodana še ena, da se ločijo pacienti, ki so sposobni samostojnega enominutnega sedenja, od tistih, ki tega ne zmorejo (59).

V naši raziskavi ugotovljena odlična skladnost med preiskovalci je verjetno tudi posledica dejstva, da ima večina preiskovalcev vsaj pet let delovnih izkušenj na področju rehabilitacije pacientov po možganski kapi in pri svojem delu uporablja številna merilna orodja. Na podlagi izsledkov te

raziskave in glede na enostavnost ter majhno porabo časa pri uporabi FAC menimo, da je lestvica FAC primerna za ocenjevanje količine potrebne pomoči ali nadzora drugih oseb med hojo pri pacientih po možganski kapi.

ZAKLJUČKI

Slovenski prevod FAC se je izkazal kot razumljiv. Potrjena je bila odlična zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci. Zaradi potrebe po oceni samostojnosti oziroma stopnje pomoči, ki jo pacient pri hoji potrebuje od drugih oseb, kar označuje funkcijsko premičnost, priporočamo uporabo FAC kot dopolnitev že uveljavljenih merilnih orodij za ocenjevanje sposobnosti hoje pri pacientih po možganski kapi. Zaradi nejasne odzivnosti na spodnji ravni funkcioniranja, ki jo je treba še dodatno raziskati, in velikega učinka stropa sta pri interpretaciji ocen FAC potrebni previdnost in kombinacija z drugimi merilnimi orodji. Potrebne so tudi raziskave merskih lastnosti FAC pri drugih skupinah pacientov, pri katerih je v uporabi.

LITERATURA

1. Perry J, Burnfield JM (2010). Gait analysis: normal and pathological function, 2nd ed. New York: SLACK incorporated, 165–74, 281–305.
2. Mercer VS, Freburger JK, Yin Z, Preisser JS (2014). Recovery of paretic lower extremity loading ability and physical function in the first six months after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 95 (8): 1547–55.
3. Jung Y, Lee K, Shin S, Lee W (2015). Effects of a multifactorial fall prevention program on balance, gait, and fear of falling in post-stroke inpatients. *J Phys Ther Sci* 27 (6): 1865–8.
4. Bohannon RW, Andrews AW, Smith MB (1988). Rehabilitation goals of patients with hemiplegia. *Int J Rehabil Res* 11: 181–3.
5. WHO (2001). The international classification of functioning, disability and health (ICF). Geneva: WHO: 1–25.
6. Mednarodna klasifikacija funkcioniranja, zmanjšane zmožnosti in zdravja: MKF (2006). Ženeva: Svetovna zdravstvena organizacija; Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije; Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo.
7. Puh U (2014). Test hoje na 10 metrov. *Fizioterapija* 22 (1): 45–54.
8. Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, Cramer SC (1985). Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. *Phys Ther* 65 (2): 175–80.

9. Rugelj D, Puh U (2001). Lestvica ocenjevanja motoričnih funkcij oseb po preboleli možganski kapi. *Fizioterapija* 9 (1): 12–8.
10. Wrisley D, Marchetti GF, Kuharsky DK, Whitney SL (2004). Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment. *Phys Ther* 84 (10): 906–18.
11. Kržišnik M, Goljar N (2014). Ugotavljanje razumljivosti in ocena skladnosti med preiskovalci za slovenski prevod lestvice za oceno funkcionalnosti hoje (FGA) pri pacientih po možganski kapi. *Fizioterapija* 22 (1): 14–26.
12. Podsiadlo D, Richardson S (1991). The timed »up & go«: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatrics Soc* 39 (2): 142–8.
13. Jakovljević M (2013). Časovno merjeni test vstani in pojdi: pregled literature. *Fizioterapija* 21 (1): 38–47.
14. Franchignoni F, Horak FB, Godi M, Narcone A, Giordano A (2010). Using psychometric techniques to improve the balance evaluation system's test: the mini-BESTest. *J Rehab Med* 42 (4): 323–31.
15. Rudolf M, Kržišnik M, Goljar N, Vidmar G, Burger H (2013). Ocena skladnosti med ocenjevalci pri uporabi slovenskega prevoda modificirane krajše različice testa za oceno sistemov, udeleženih pri uravnavanju ravnotežja pri pacientih po možganski kapi (modificiran mini BEStest). *Fizioterapija* 21 (2): 1–11.
16. Holden MK, Gill MK, Magliozzi RM, Nathan J, Piehl-Baker L (1984). Clinical gait assessment in the neurologically impaired: Reliability and meaningfulness. *Phys Ther* 64 (1): 35–40.
17. Salter K, Campbell N, Richardson M et al. (2013). Outcome measurement in stroke rehabilitation. In: Evidence-based review of stroke rehabilitation (EBRSR). <http://www.ebrsr.com/evidence-review> <5. 11. 2016>.
18. Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, Meissner D, Pohl M (2007). Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 88 (10): 1314–19.
19. Royal Dutch Society for Physical Therapy (Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie) (2014). KNGF clinical practice guideline for physical therapy in patients with stroke. Royal Dutch Society for Physical Therapy (Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie, KNGF). <https://www.fysionet-evidencebased.nl/index.php/kngf-guidelines-in-english> <5. 11. 2016>.
20. StrokEDGE (2011). <http://www.neuropt.org/professional-resources/neurology-section-outcome-measures-recommendations/stroke> <2. 11. 2016>.
21. Sullivan JE, Crowner BE, Kluding PM, Nichols D, Rose DK, Yoshida R, Pinto Zipp G (2013). Outcome measures for individuals with stroke: process and recommendations from the American Physical Therapy Association Neurology section task force. *Phys Ther* 93 (10): 1383–96.
22. Schindl MR, Forstner C, Kern H, Hesse S (2000). Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 81 (3): 301–6.
23. Brown TH, Mount J, Rouland BL, Kautz KA, Barnes RM, Kim J (2005). Body weight-supported treadmill training versus conventional gait training for people with chronic traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 20 (5): 402–15.
24. Sung EJ, Chun MH, Hong JY, Do KH (2016). Effects of a resting foot splint in early brain injury patients. *Ann Rehabil Med* 40 (1): 135–41.
25. Zhao W, Wang C, Li Z et al. (2015). Efficacy and safety of transcutaneous electrical acupoint stimulation to treat muscle spasticity following brain injury: a double-blinded, multicenter, randomized controlled trial. *PLoS One* 10(2): e0116976.
26. Bartolo M, Zucchella C, Pace A et al. (2012). Early rehabilitation after surgery improves functional outcome in inpatients with brain tumors. *J Neurooncol* 107 (3): 537–44.
27. Freund JE, Stetts DM (2010). Use of trunk stabilization and locomotor training in an adult with cerebellar ataxia: a single system design. *Physiother Theory Pract* 26 (7): 447–58.
28. Miyai I, Ito M, Hattori N, Mihara et al. (2012). Cerebellar ataxia rehabilitation trial in degenerative cerebellar diseases. Cerebellar Ataxia Rehabilitation Trialists Collaboration. *Neurorehabil Neural Repair* 26 (5): 515–22.
29. Holden MK, Gill MK, Magliozzi RM (1986). Gait assessment for neurologically impaired patients: Standards for outcome assessment. *Phys Ther* 66 (10): 1530–9.
30. Akbal A, Kurtaran A, Selçuk B, Akyüz M (2013). H-FABP, cardiovascular risk factors, and functional status in asymptomatic spinal cord injury patients. *Herz* 38 (6): 629–35.
31. Schwartz I, Sajina A, Neeb M, Fisher I, Katz-Luerer M, Meiner Z (2011). Locomotor training using a robotic device in patients with subacute spinal cord injury. *Spinal Cord* 49 (10): 1062–7.
32. Abizanda P, Romero L, Sánchez-Jurado PM, Atienzar-Núñez P, Esquinas-Requena JL, García-Nogueras I (2012). Association between Functional Assessment Instruments and Frailty in Older Adults: The FRADEA Study. *J Frailty Aging* 1 (4): 162–8.

33. Barber SE, Forster A, Birch KM (2015). Levels and patterns of daily physical activity and sedentary behavior measured objectively in older care home residents in the United Kingdom. *J Aging Phys Act* 23 (1): 133–43.
34. Martin B, Cameron M (1996). Evaluation of walking speed and functional ambulation categories in geriatric day hospital patients. *Clin Rehabil* 10 (1): 44.
35. Spilg EG, Martin BJ, Mitchell SL, Aitchison TC (2001). A comparison of mobility assessments in a geriatric day hospital. *Clin Rehabil* 15 (3): 296–300.
36. Chandrasekaran D, Andersson A, Hindenborg M, Norlin R, Akner G (2014). Development of physical performance after acute hip fracture: an observational study in a regular clinical geriatric setting. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 5 (3): 93–102.
37. Mirlicourtois T, Loquineau TH, Chagnon PY, Rondepierre T, Mirlicourtois S, Bonnardel JC (2016). Fitting with an electronic knee for a schizophrenic patient with bilateral amputation of lower limbs: What's the point? *Ann Phys Rehabil Med* 59S: e29.
38. Chel VG, Ooms ME, van der Bent J, Veldkamp F, Roos RA, Achterberg WP, Lips P (2013). High prevalence of vitamin D deficiency and insufficiency in patients with manifest Huntington disease: an explorative study. *Dermatoendocrinol* 5 (3): 348–51.
39. Wade DT (1992). *Measurement in neurological rehabilitation*. Oxford University Press, Oxford: 23–167.
40. Collen MF, Wade DT, Bradshaw MC (1990). Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. *Int Disabil Stud*. 12 (1): 6–9.
41. Rehabmeasures.
<http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasure/DispForm.aspx?ID=920> <2. 11. 2016>.
42. Williams G (2011). Functional ambulation classification. In: Kreutzer JS, DeLuca J, Caplan B /eds./ *Encyclopedia of clinical neurophysiology*. New York: Springer-Verlag, 1106–6.
43. Thieme H, Ritschel C, Zange C (2009). Reliability and validity of the functional gait assessment (German version) in subacute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 90: 1565–70.
44. Roth EJ, Merbitz CT, Grip JC et al. (1990). The timer-logger-communicator gait monitor: recording temporal gait parameters using a portable computerized device. *Int Disabil Stud*. 12 (1): 10–6.
45. Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, Rochester L & Weatherall M (2004). Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? *Arch Phys Med Rehabil* 85 (2): 234–9.
46. Platz T, Vuadens P, Eickhof C, Arnold P, van Kaick S, Heise K (2008). REPAS, a summary rating scale for resistance to passive movement: item selection, reliability and validity. *Disabil Rehabil* 30 (1): 44–53.
47. Nilsagard Y, Forsberg A (2012). Psychometric properties of the activities-specific balance confidence scale in persons 0-14 days and 3 months post stroke. *Disabil Rehabil* 34 (14): 1186–91.
48. Kollen B, Kwakkel G, Lindeman E (2006) Time dependency of walking classification in stroke. *Phys Ther* 86 (5): 618–25.
49. La Porta F, Franceschini M, Caselli S, Susassi S, Cavallini P, Tennant A (2011). Unified Balance Scale: classic psychometric and clinical properties. *J Rehabil Med* 43 (5): 445–53.
50. Sogbossi ES, Thonnard JL, Batcho CS (2014). Assessing locomotion ability in West African stroke patients: validation of ABILOCO-Benin scale. *Arch Phys Med Rehabil* 95 (8): 1470–6.
51. Cunha IT, Lim PA, Henson H, Monga T, Qureshy H, Protas EJ (2002). Performance-based gait tests for acute stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 81 (11): 848–56.
52. Simondson JA, Goldie P, Greenwood KM (2003). The mobility scale for acute stroke patients: concurrent validity. *Clin Rehabil* 17 (5): 558–64.
53. Brock KA, Goldie PA, Greenwood KM (2002). Evaluating the effectiveness of stroke rehabilitation: choosing a discriminative measure. *Arch Phys Med Rehabil* 83 (1): 92–9.
54. Sánchez-Blanco I, Ochoa-Sangrador C, López-Munáin L, Izquierdo-Sánchez M, Feroso-García J (1999). Predictive model of functional independence in stroke patients admitted to a rehabilitation programme. *Clin Rehabil* 13 (6): 464–75.
55. Masiero S, Avesani R, Armani M, Verena P, Ermani M (2007). Predictive factors for ambulation in stroke patients in the rehabilitation setting: a multivariate analysis. *Clin Neurol Neurosurg* 109 (9): 763–9.
56. Stoller O, de Bruin ED, Schindelholz M, Schuster-Amft C, de Bie RA, Hunt KJ (2015). Efficacy of feedback-controlled robotics-assisted treadmill exercise to improve cardiovascular fitness early after stroke: a randomized controlled pilot trial. *J Neurol Phys Ther* 39 (3): 156–65.
57. Pollock A, Gray C, Culham E, Durward BR, Langhorne P (2014). Interventions for improving sit-to-stand ability following stroke. *Cochrane Database Syst Rev* (5): CD007232.
58. Brun V, Mousbeh Z, Jouet-Pastre B et al. (2000). Evaluation clinique de la marche de l'hémiplegique

vasculaire: proposition d'une modification de la
functional ambulation classification. Ann
Readaption Med Phys 43: 14–20.

59. Chau MR, Chan SP, Wong YW, Lau MYP (2013).
Reliability and validity of the Modified Functional
Ambulation Classification in patients with hip
fracture. Hong Kong Physiother J 31: 41–4.

Priloga 1: RAZVRSTITEV FUNKCIJSKE PREMIČNOSTI (FAC)

Ta sistem razvrščanja kategorizira paciente glede na osnovne gibalne spretnosti, ki so potrebne za funkcijsko premikanje, pri čemer se ne ocenjuje dejavnik vzdržljivosti. Avtorji Holden in sodelavci (29) predvidevajo, da ob prisotnosti gibalnih spretnosti, ki so temeljne za hojo, izboljšanje vzdržljivosti srčno-žilnega sistema ne bo spremenilo kategorije funkcijske premičnosti, temveč bo pripomoglo k širitvi tipa okolja, v katerem lahko pacient funkcionira (npr. doma ali v skupnosti/okolici doma), ali pa bo podaljšalo čas, v katerem je pacient sposoben hoditi na funkcijski ravni.

Navodila

Za ocenjevanje so potrebne stopnice in 15 metrov prostora za hojo (39).

Preiskovalec opazuje sposobnost hoje in ob upoštevanju spodnjih definicij razvrsti pacienta v eno izmed naštetih kategorij. Ocenjuje se pacientova največja stopnja samostojne hoje, glede na pripravljenost ali fizično pomoč, ki jo potrebuje od druge osebe. Če pacient na primer hodi po ravni podlagi s hoduljo samostojno, pri hoji z berglami na isti podlagi pa potrebuje nadzor, ga preiskovalec oceni z oceno 5 (samostojna hoja po ravni površini). Ocenjuje se le glede na pacientovo sposobnost za hojo, ne upošteva se sposobnost za vstajanje iz sedečega položaja. Vstajanje iz sedečega položaja je drugačna gibalna spretnost in jo je treba oceniti z drugimi merilnimi orodji.

Definicije

Hoja	Pacient je sposoben hoditi vsaj 3 metre izven bradlje. Dovoljen je nadzor ali fizična pomoč največ ene osebe. Kakršna koli mehanska naprava/pripomoček ali pripomoček za hojo (razen bradlje) je dovoljen.
Ravne površine	Ploščice, preproga, tlak (pločnik)
Neravne površine	Trava, gramoz, blato, sneg, led
Stopnice	Pacient navzgor in navzdol prehodi vsaj 7 stopnic z ograjo.
Vzpon, naklon	Pacient hodi navzgor in navzdol 1,52 m po klančini s 30° ali več naklona.
Nadzor	Pacient lahko hodi brez dotika druge osebe, vendar za dokončanje naloge zaradi slabe presoje, vprašljivega stanja srčno-žilnega sistema ali potrebe po verbalnem vodenju za varnost potrebuje največ eno osebo v pripravljenosti.
Fizična pomoč – raven I	Pacient med hojo po ravnih površinah za preprečevanje padca potrebuje dotik največ ene osebe. Dotik je stalen ali občasen lahen dotik za pomoč pri ravnotežju ali koordinaciji.
Fizična pomoč – raven II	Pacient med hojo po ravnih površinah za preprečevanje padca potrebuje dotik največ ene osebe. Dotik je stalen in nujen za podporo telesne teže ter ohranjanje ravnotežja in/ali pomoči pri koordinaciji.
Samostojen	Pacient je sposoben hoje brez nadzora ali fizične pomoči druge osebe. Pripomočki, ortoze ali proteze so dovoljeni.

Kategorije razvrstitve funkcijske premičnosti (FAC)

FAC 1	Ne hodi ALI hoja je nefunkcionalna	Pacient ne more hoditi ALI hodi le v bradlji ALI za varno hojo zunaj bradlje potrebuje nadzor ali fizično pomoč več kot ene osebe.
FAC 2	Hodi – odvisen od fizične pomoči – raven II	Pacient med hojo po ravnih površinah za preprečevanje padca potrebuje stalno oporo največ ene osebe za podporo telesne teže ter ohranjanje ravnotežja ali pomoč pri koordinaciji.
FAC 3	Hodi – odvisen od fizične pomoči – raven I	Pacient med hojo po ravnih površinah za preprečevanje padca potrebuje stalen ali občasen lahen dotik največ ene osebe za pomoč pri ravnotežju ali koordinaciji.
FAC 4	Hodi – odvisen od nadzora	Pacient lahko hodi po ravnih površinah brez dotika druge osebe, vendar za varnost zaradi slabe presoje, vprašljivega stanja srčno-žilnega sistema ali potrebe po verbalnem vodenju za dokončanje naloge potrebuje največ eno osebo v pripravljenosti.
FAC 5	Samostojno hodi, le po ravnih površinah	Pacient lahko samostojno hodi po ravnih površinah, vendar potrebuje nadzor ali fizično pomoč pri hoji za kar koli od naštetega: stopnice, klančine ali neravne površine.
FAC 6	Samostojno hodi po vseh površinah	Pacient lahko hodi samostojno po ravnih in neravnih površinah, po stopnicah in klančinah.

Test dosega z nogo v osmih smereh: Primerjava izvedbe testa med skupino mlajših in starejših preiskovancev

Star Excursion Balance Test: Comparison of the SEBT performance between the groups of young and older adults

Anja Regner¹, Darja Rugelj¹

IZVLEČEK

Uvod: Test dosega z nogo v osmih smereh je test za ocenjevanje ravnotežja, pri katerem oseba stoji z eno nogo trdno na podlagi, z drugo nogo pa dosega v osmih smereh. Namen raziskave je bil ugotoviti učinek učenja in primerjati normalizirane vrednosti izvedbe testa med skupino mladih in starejših oseb. **Metode:** V raziskavi je sodelovalo 30 mladih in 20 starejših preiskovancev. Normalizirane rezultate smo predstavili z opisno statistiko. **Rezultati:** Učinek učenja smo opazili pri vseh osmih smereh, pri mladih je bil najbolj izrazit v posteriorni smeri (4% povečanje) in najmanjši v anteromedialni smeri (1% povečanje), pri starejših je bil učinek učenja najbolj izrazit v posterolateralni smeri (13% povečanje) in najmanj v medialni smeri (3% povečanje). Starejša skupina je v povprečju dosegla 80 % vrednosti dosega v osmih smereh mlajše skupine. **Zaključki:** Test dosega z nogo v osmih smereh je izvedljiv test za ocenjevanje ravnotežja pri mladih in dobro telesno pripravljenih starejših oseb. Učinek učenja je prisoten pri obeh skupinah preiskovancev in ga je treba upoštevati pri postopku izvedbe testa, zato se priporočajo najmanj štiri poskusi v vseh osmih smereh za vajo in nato trije testni, pri katerih dosežene razdalje izmerimo. Kot rezultat testa se uporabi povprečje treh normaliziranih izmerjenih razdalj.

Ključne besede: dinamično ravnotežje, test dosega z nogo v osmih smereh, mladi, stari.

ABSTRACT

Background: Star Excursion Balance Test (SEBT) is a balance test in which the participant stands with one foot in the centre of the testing grid and reaching with the bare foot as far as possible. The purpose of the present study is first to determine the learning effect and to compare normalized results of the SEBT between the groups of young and older adults. **Methods:** 30 young and 20 older adults participated in the study. The results of individual measurements were normalized and then compared between the two groups. For data analysis, we used descriptive statistics. **Results:** The learning effect was found in all eight directions. Young participants demonstrated highest (4 %) increase in posterior and lowest (1 %) in anterior direction. Older participants demonstrated highest (13 %) increase in posterior and lowest (3 %) in medial direction. On average, the older group reached about 80 % of the results compared to the younger group. **Conclusions:** We found that the SEBT is reliable even in a group of physically fit older adults. The learning effect is present in both groups and it has to be considered while performing the SEBT, and therefore we recommend a minimum of four attempts in all eight directions for learning and then three attempts, in which reached distances are measured. As a result of the test, the average of three normalized distances is used.

Key words: dynamic balance, Star Excursion Balance Test, young, elderly.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: izr. prof. dr. Darja Rugelj, viš. fiziot., univ. dipl. org.; e-pošta: darja.rugelj@zf.uni-lj.si

Prispelo: 7.11.2016

Sprejeto: 30.11.2016

UVOD

Gibanje je osnovna sposobnost, ki omogoča preživetje in opravljanje vsakodnevnih dejavnosti (1), da pa se lahko človek giblje in pri tem ohranja pokončen položaj, morajo usklajeno delovati vsi telesni sistemi za uravnavanje drže in ravnotežja (2). Na ravnotežje vplivajo informacije, pridobljene iz vidnega in vestibularnega sistema ter receptorjev v mišicah, sklepih in koži. Te informacije osrednje živčevje nato obdela in jih pretvori v ustrezne motorične odgovore (3). Tako kot je ravnotežje kompleksno, sta tudi ocenjevanje in vrednotenje ravnotežja kompleksen proces, zato so v klinični praksi v rabi številni testi ravnotežja. Za lažje vrednotenje in interpretacijo rezultatov ravnotežnih testov se ravnotežje deli na statično in dinamično ravnotežje (4). Pri testih za vrednotenje statičnega ravnotežja ocenjujemo sposobnost zadržati miren pokončen položaj brez delovanja zunanjih sil ali premikanja podperne ploskve (2), kar se ocenjuje z merjenjem gibanja središča pritiska (merjenje sile reakcije podlage na pritiskovni plošči) ali s kliničnimi izvedbenimi testi, ki merijo čas vzdrževanja testnega položaja, kot je časovno merjena stoja na eni ali obeh nogah z zaprtimi ali odprtimi očmi, bodisi na stabilni bodisi na nestabilni podlagi (5). Testi dinamičnega ravnotežja pa ocenjujejo sposobnost stoje ali sedenja na nestabilni podlagi, premikanje iz enega stabilnega položaja v drug stabilni položaj (4) in izvajanje funkcijskih gibalnih nalog, za katere je značilno zmanjševanje podperne ploskve.

Za stoji na eni nogi in hkratno izvajanje dinamičnih gibalnih nalog je potrebna proksimalna stabilnost trupa in medenice. Pri koordiniranem gibanju sodelujejo številni sklepi spodnjega uda (6), s podporo propriocepcije (zavedanje položaja dela telesa) in zadostna mišična zmogljivost (4). Poznanih je le malo testov za ocenjevanje dinamičnega ravnotežja, ki predstavljajo izziv dobro telesno pripravljenim in fizično aktivnim posameznikom (7). Eden izmed takih testov je test dosega z nogo v osmih smereh (angl. Star Excursion Balance Test – SEBT), ki je funkcijski test za oceno dinamične stabilnosti in se lahko uporablja kot merilo izida rehabilitacije ali kot presejalni test pri aktivnih športnikih (8). Prvič je test omenil Gary Gray leta 1995, kot orodje za merjenje rehabilitacijskega izida (9), nato sta ga prvič kot del raziskave uporabila Kinzey in

Armstrong leta 1998, vendar sta opazovala in merila le dosege v štirih diagonalnih smereh. Avtorja sta dovolila gibe rok in trupa, da bi preiskovanec dosegel čim daljšo razdaljo, vendar se stojna noga ni smela premakniti, dovolila sta le lahen dotik s preiskovano nogo (10). Pozneje je bil test nadgrajen z dosegi v osmih smereh, in sicer anteriorni, anteromedialni, medialni, posteromedialni, posteriorni, posterolateralni, lateralni in anterolateralni. Pri izvedbi testa so bili med izvedbo dovoljeni gibi rok (7). Sledile so številne nadgradnje testa, predvsem v natančnejšem opisu protokola izvedbe, in sicer, da so preiskovanci morali biti bosi in roki držati v boku, stojna noga pa je morala biti ves čas v stiku s podlago (4, 11, 12). Test ni bil časovno omejen, tako so se avtorji izognili morebitnemu utrujanju (11). Vrtni red doseganja je bil sprva naključen (12), nato pa so avtorji v priporočilih za standardizirano izvedbo testa priporočili, da naj bo vrtni red testiranja vedno enak, saj natančno določen vrtni red pripomore k učinkovitejšemu zapisovanju rezultatov (13). Pri izvedbi testa je treba upoštevati učinek učenja, zato so najprej predlagali, da naj bi preiskovanec opravil vsaj šest poskusov za vajo (4, 7), vendar so pozneje ugotovili, da so štirje poskusi za vajo dovolj (12, 14), nato sledijo trije poskusi, pri katerih se dosežena razdalja izmeri in zapiše (4).

Veljavnost in zanesljivost testa

Že Kinezy in Armstrong (10), ki sta preiskovance ocenila prvi in sedmi dan, sta pokazala visoko zanesljivost posameznega preiskovalca (ICC = 0,67–0,87) za štiri od osmih smeri. Hertel et al. (7) so raziskovali zanesljivost posameznega preiskovalca in zanesljivost med preiskovalci in ugotovili visoko zanesljivost enega preiskovalca prvi dan meritve (ICC: 0,78–0,96), o še višji zanesljivosti pa poročajo pri drugem dnevu merjenja (ICC: 0,82–0,96). Zanesljivost med preiskovalci se je razlikovala med prvim (ICC: 0,35–0,84) in drugim (0,81–0,93) merilnim dnevom. Munro in Herrington (14) sta izvedla študijo, s katero sta ugotavljala ponovljivost izvedbe vseh osmih smeri in poročata o visoki ponovljivosti (ICC: 0,84–0,92). Tudi Hyouk in Kim sta v svoji raziskavi pokazala visoko zanesljivost med preiskovalci (ICC: 0,83–0,93) in pri posameznem preiskovalcu (ICC: 0,88–0,96) (15).

Hertel et al. (7) so kot prvi uporabili test dosega z ного v osmih smereh kot klinični in eksperimentalni test za oceno dinamičnega ravnotežja. Za njegovo veljavnost ga je treba preizkusiti pri različnih skupinah preiskovancev. Gribble et al. (9) so zaključili, da desetletja uporabe v raziskavah kažejo na njegovo veljavnost in zanesljivost pri prepoznavanju težav z dinamičnim ravnotežjem preiskovancev s poškodbami spodnjih udov.

Pri izvedbi testa je treba upoštevati učinek učenja (angl. learning effect), zato so raziskovalci najprej predlagali vsaj šest poskusov za vajo (5, 7), vendar so pozneje ugotovili, da so štirje poskusi za vajo dovolj (12, 14). Poskusom za vajo sledijo tri testne izvedbe, ki jih preiskovalec izmeri in zapiše (5).

Normalizacija doseženih razdalj

Razdalja, ki jo preiskovanec doseže, je povezana z več dejavniki. Gribble in Hertel (4) sta opazovala vlogo tipa stopala (stopalo z normalnim stopalnim lokom, plosko stopalo ali stopalo z visokim stopalnim lokom), telesne višine, dolžine spodnjega uda in obsega gibljivosti v kolku (notranja in zunanja rotacija) ter skočnem sklepu (dorzalna fleksija). Ugotovila sta, da je dosežena razdalja najbolj izrazito povezana z dolžino spodnjega uda, zato sta dosežene razdalje normalizirala glede na dolžino preiskovančevega spodnjega uda. Normalizirana vrednost je predstavljena kot odstotek maksimalne dosežene razdalje (% MAXR) in je povezana s preiskovančevo dolžino spodnjega uda. Izračunamo jo tako, da doseženo razdaljo delimo z dolžino spodnjega uda in pomnožimo s 100 ($\% \text{ MAXR} = (\text{dosežena razdalja} / \text{dolžina spodnjega uda}) \times 100$).

Namen raziskave je bil dvojen: preveriti oziroma ugotoviti učinek učenja in nato primerjati izvedbo testa dosega z ного v osmih smereh med skupino mlajših in starejših oseb.

METODE

Preiskovanci

Vzorec je vključeval 50 preiskovancev, 30 v mlajši (25 oseb ženskega spola in 5 oseb moškega spola) in 20 v starejši skupini preiskovancev (19 oseb ženskega spola in 1 oseba moškega spola).

Povprečna starost preiskovancev mlajše skupine je bila $20,9 \pm 1,7$ leta, starejše skupine pa $70,1 \pm 6,1$ leta. Vključitvena merila so bila: osebe brez mišično-skeletnih poškodb spodnjega uda v zadnjih šestih mesecih pred testiranjem, brez nevroloških motenj ter brez vestibularnih, vidnih in kognitivnih težav, ki bi lahko vplivale na dinamično ravnotežje preiskovancev. V mlajšo skupino so bili vključeni študentje prvega in tretjega letnika fizioterapije, preiskovanci starejše skupine sodelujejo na vadbi za starejše (16). Vsi preiskovanci so podpisali izjavo o prostovoljnem sodelovanju pri raziskavi.

Izvedba testa dosega z ного v osmih smereh

Postopek izvedbe testa je povzet po Gribble et al. (9). Osem lepilnih trakov smo prilepili na tla, ki se od sredine stičišča trakov razprostirajo navzven pod kotom 45° . Zaradi lažjega odčitavanja doseženih razdalj smo pod lepilni trak postavili papirnat merilni trak (slika 1). Črte na tleh so poimenovane glede na smer gibanja v povezavi s stojno ного: anterolateralna (AL), anteriorna (A), anteromedialna (AM), medialna (M), posteromedialna (PM), posteriorna (P), posterolateralna (PL) in lateralna (L). Označba mreže trakov je različna za levo in desno ного (4),



Slika 1: Postavitev lepilnih trakov za izvedbo testa in zapisovanje rezultatov med izvedbo anteromedialne smeri starejše preiskovanke

kar prikazuje slika 3. Vsi preiskovanci so test začeli s poseganjem v anteriorni smeri, zato smo to smer označili s piko in tako zagotovili, da so vsi preiskovanci test izvedli s postavitvijo telesa v isti smeri.

Pri vsakem preiskovancu smo relativno dolžino dominantnega spodnjega uda izmerili po protokolu Hlebš in Jakovljevič (17), dominantno spodnjega uda pa smo določili s testom brcanja žoge (18). Preiskovalec je nato dal ustna navodila za izvedbo testa dosega z nogo v osmih smereh in, če je bilo treba, izvedbo testa tudi demonstriral. Natančen postopek testiranja je opisan v prilogi 1.

Metode statistične analize

Podatke smo obdelali s programom Microsoft Excel for Mac 2011. Uporabili smo metode opisne statistike. Rezultate mlajše in starejše skupine smo obravnavali ločeno. Za ugotavljanje učinka učenja smo vsako izmerjeno razdaljo normalizirali in nato izračunali povprečje normaliziranih vrednosti za vsakega izmed treh poskusov za vseh osem smeri in pripadajoče standardne odklone. Za nadaljnjo analizo podatkov smo pri posamezniku najprej

izračunali povprečje treh izmerjenih vrednosti in jih normalizirali, nato pa uporabili le povprečne normalizirane vrednosti skupine za vseh osem smeri ter pripadajoče standardne odklone. Za primerjavo med skupinama smo uporabili normalizirane povprečne vrednosti vsake posamezne smeri in po formuli izračunali delež normaliziranih povprečnih vrednosti starejše skupine v primerjavi z normaliziranimi povprečnimi vrednostmi mlajše skupine: (% MAXR starejše skupine/% MAXR mlajše skupine) x 100.

REZULTATI

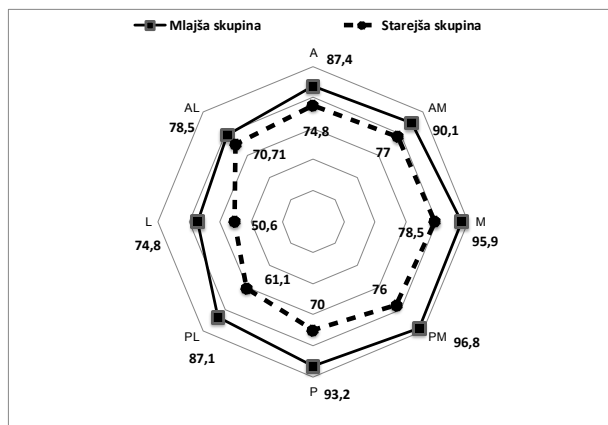
V skupini mladih preiskovancev je imelo 28 preiskovancev dominantno desno in 2 levo nogo, v skupini starejših pa 19 preiskovancev desno in en preiskovanec levo dominantno nogo. Povprečne normalizirane vrednosti vsake posamezne smeri pri prvih treh testnih poskusih, delež povečanja med prvim in tretjim poskusom ter povprečna normalizirana vrednost vsake smeri za mlajše in starejše preiskovance so predstavljeni v razpredelnicah 1 in 2.

Razpredelnica 1: Rezultati testa dosega z nogo v osmih smereh za skupino mlajših preiskovancev. Predstavljeni so rezultati treh zaporednih poskusov, delež povečanja med prvim in tretjim poskusom ter povprečje treh poskusov, izraženo kot odstotek MAXR.

Smer/testni poskus	1. poskus	2. poskus	3. poskus	Odstotek spremembe med 1. in 3. poskusom	Povprečje treh meritev in standardni odklon
Anteriorna	86,3 ± 9,8	88,6 ± 11,4	87,2 ± 10,9	101	87,4 ± 10,2
Anteromedialna	89,6 ± 12,4	90 ± 11,8	90,8 ± 12,3	101	90,1 ± 11,9
Medialna	94,5 ± 15,5	96,5 ± 16,3	96,7 ± 16	102	95,9 ± 15,7
Posteromedialna	95,1 ± 14,6	97,8 ± 14,6	97,6 ± 15,5	102	96,8 ± 14,5
Posteriorna	91,4 ± 15,4	93,8 ± 13,3	94,6 ± 15,4	104	93,2 ± 14,1
Posterolateralna	86,2 ± 14,5	86,4 ± 16,2	88,5 ± 14	103	87,1 ± 14,6
Lateralna	72,8 ± 14,5	75,9 ± 15,3	75,5 ± 15,6	104	74,8 ± 14,7
Antero-lateralna	78,3 ± 10,3	77,6 ± 10,6	79,7 ± 10	102	78,5 ± 9,9

Razpredelnica 2: Rezultati testa dosega z nogo v osmih smereh za skupino starejših preiskovancev. Predstavljeni so rezultati treh zaporednih poskusov, delež povečanja med prvim in tretjim poskusom in povprečje treh poskusov, izraženo kot odstotek MAXR.

Smer/testni poskus	1. poskus	2. poskus	3. poskus	Odstotek spremembe med 1. in 3. poskusom	Povprečje treh meritev in standardni odklon
Anteriorna	72,1 ± 11,9	75,8 ± 10,8	76,5 ± 11,1	106	74,8 ± 10,7
Anteromedialna	75,6 ± 11,7	77,3 ± 12,8	78 ± 13,2	103	77 ± 11,9
Medialna	76,9 ± 12,7	79,6 ± 13,6	79 ± 13	103	78,5 ± 12,6
Posteromedialna	73,2 ± 14,4	76,1 ± 13,6	78,5 ± 14,3	107	76 ± 13,9
Posteriorna	65,6 ± 14,4	70,5 ± 13,8	72,9 ± 14	111	69,6 ± 13,3
Posterolateralna	57,6 ± 11,1	62,1 ± 12,2	65,1 ± 11,8	113	61,6 ± 11,1
Lateralna	48,5 ± 11,6	50 ± 11,6	53,1 ± 10,1	109	50,6 ± 10,2
Anterolateralna	69 ± 12,2	71,2 ± 10,9	71,9 ± 13,3	104	70,7 ± 11,8



Slika 2: Grafična predstavitev doseženih normaliziranih vrednosti testa dosega z nogo v osmih smereh mlajše (polna črta) in starejše skupine (črtkana črta), izraženih kot odstotek MAXR za vsako smer. (A: anteriorna, AM: anteromedialna, M: medialna, PM: posteromedialna, P: posteriorna, PL: posterolateralna, L: lateralna in AL: anterolateralna).

Primerjava povprečnih normaliziranih vrednosti vsake smeri mlajše in starejše skupine je grafično prikazana na sliki 2. Največja razlika med skupinama je bila v lateralni smeri, pri kateri so starejši dosegli 68 % mlajše skupine, najmanjša pa v anterolateralni smeri, pri kateri so starejši dosegli 90 % rezultata mlajše skupine.

RAZPRAVA

Namen raziskave je bil oceniti učinek učenja pri izvedbi testa dosega z nogo v osmih smereh in rezultate primerjati med skupinama mladih in starejših oseb. Gribble in Hertel (4) sta v študiji primerjala dosežene rezultate med moškimi in ženskami ter ugotovila, da moški dosežejo dlje, ker so v povprečju višji in imajo daljši spodnji ud. Omenjene razlike med spoloma so se izničile, potem ko sta dosežene razdalje normalizirala. Zaradi rezultatov zgornje študije smo v naši raziskavi preiskovance obravnavali kot eno skupino in spola nismo upoštevali.

Čeprav smo pri preiskovancih obeh skupin merili le dosežene razdalje pri testnih poskusih, je bila vrednost prvega normaliziranega testnega poskusa vedno manjša od naslednjih dveh poskusov. Prav tako je bil tretji poskus navadno boljši od drugega,

razen pri medialni in posteromedialni smeri skupine mladih preiskovancev in pri medialni smeri starejših preiskovancev. Robinson in Gribble (12), ki sta merila dosežene razdalje vseh devetih poskusov (šest za vajo in trije testni), sta pokazala, da se dosežene vrednosti večajo od prvega poskusa za vajo do zadnjega testnega poskusa. Zaradi ugotovitve, da se dosežene vrednosti stabilizirajo okoli četrtega poskusa, sta avtorja zaključila, da se v nadaljnji klinični praksi lahko uporabljajo le štirje poskusi za vajo in ne več šest, kot so to predlagali Hertel et al. (7). Učinek učenja smo opazili pri vseh osmih smereh, saj se je doseg povečeval od prvega do tretjega testnega poskusa. Pri mladih je bil največji v posteriorni smeri (za 7 % MAXR) in najmanjši v anteromedialni smeri (za 1 % MAXR). Pri starejših je bil največji v posterolateralni smeri (za 13 % MAXR) in najmanjši v medialni smeri (za 3 % MAXR). Rezultati so skladni s tistimi, ki so jih dobili Robinson in Gribble (12) ter Munro in Herrington (14). Za oceno ravnotežja s testom dosega z nogo v osmih smereh pri aktivnih starejših bi bilo na podlagi dobljenih rezultatov smiselno povečati število poskusov za učenje, saj je največja, 13-odstotna, razlika med prvim in tretjim poskusom pokazatelj, da starejši dosežejo plato po večjem številu ponovitev.

Čeprav je test namenjen dobro telesno pripravljenim in telesno dejavnim posameznikom, smo v naši raziskavi pokazali, da ga lahko izvajajo tudi aktivne starejše osebe. Pričakovali smo, da se bodo njihovi rezultati razlikovali od rezultatov mlajše skupine. Rezultati starejših in mlajših preiskovancev so si bili najbližje v anterolateralni smeri (90 %), nato v anteriorni (86 %) in anteromedialni (85 %) smeri, sledijo medialna (82 %), posteromedialna (78 %), posteriorna (75 %) in posterolateralna (70 %) smer. Samo v 68 % so se mlajši skupini približali v lateralni smeri, ki je bila tudi najkrajša izmed osmih smeri. Zacirkovnik (2) je v svoji magistrski nalogi sicer primerjala izvedbo testa med mlajšo in starejšo skupino, vendar je analizirala le tri smeri (anteriorno, lateralno in posteriorno smer). Ugotovila je, da so starejši dosegli v povprečju 50 % krajše razdalje v primerjavi z mlajšo skupino, vendar so bili ti preiskovanci oskrbovanci doma starejših občanov. V literaturi najdemo malo študij, v katerih so za ocenjevanje dinamičnega ravnotežja pri starejših

osebah uporabili test dosega z nogo v osmih smereh. Zhuang et al. (19) so raziskovali učinkovitost kombiniranega vadbenega programa (vaje za mišično zmogljivost, trening ravnotežja in oblika Thai Chi Chuan) na mišično zmogljivost, ravnotežje in kinematiko hoje pri starejših osebah pred 12-tedenskim vadbenim programom in po njem. Izmerili so dosežene razdalje v vseh osmih smereh pred začetkom in po koncu vadbenega programa. Rezultati raziskave so bili primerljivi z našimi v vseh smereh, razen v posterolateralni in lateralni smeri, vendar je treba poudariti, da so bili preiskovanci naše raziskave v povprečju štiri leta starejši od preiskovancev, ki so sodelovali v omenjeni študiji.

Test dosega z nogo v osmih smereh vsebuje dosege v posteriornih smereh (posteromedialna, posteriorna in posterolateralna smer), pri katerih se preiskovanci ne morejo zanašati na vidno informacijo. Pri mlajši skupini se normalizirane razdalje v posteriorni smeri niso bistveno razlikovale od tistih v anteriorni, starejši v pa so v posteriornih smereh v povprečju dosegali 5 % krajše razdalje od tistih v anteriorni (razpredelnici 1 in 2). Pri uravnavanju drže in ravnotežja se s starostjo osebe vedno bolj zanašajo na vidni priliv, kar se opazi predvsem pri stoji z zaprtimi očmi (20), kar pojasni slabši rezultati starejše skupine pri dosežih v smeri, pri kateri se preiskovanci ne morejo zanašati na vidno informacijo.

Eden izmed pomembnih doprinosov naše raziskave je, da se lahko test uporablja za oceno ravnotežja tudi za aktivne starejše preiskovance, saj so ga izvajali ne le varno, temveč so v povprečju dosegli 80 % dosežene razdalje mlajše skupine. To je tudi prva raziskava, ki je primerjala doseg v osmih smereh med starejšimi in mlajšimi preiskovanci.

Večina protokolov, ki so jih številni avtorji opisovali v svojih študijah, poudarja, da noga, s katero preiskovanec dosega, ne sme zagotavljati nobene opore (4, 7, 12). Presoja, ali se je preiskovanec preveč dotaknil tal, za dotik uporabil več prstov, ne le palca, je odvisna od preiskovalca, zato mora biti preiskovalec ustrezno usposobljen. Protokol, ki smo ga uporabili v naši raziskavi, je zahteval, da osebe izvajajo test brez obutve, saj je tako lažje presoditi doseženo razdaljo, kot so to predlagali Gribble et al. (21). Navodilo, da

preiskovanec začne posegati v smeri urnega kazalca, izhaja iz dejstva, da si preiskovanec vrstni red tako lažje zapomni in tudi pri zapisovanju doseženih razdalj ne pride do napak (21). Preiskovanci so roke med izvedbo testa držali v boku, saj tako omejimo pretirano pomoč trupa in zgornjega uda in se osredotočimo na sposobnost zadrževanja ravnotežja, ki ga zagotavlja stojna noga s primerno mišično zmogljivostjo in živčno-mišično kontrolo, kar je skladno s protokoli, ki jih zasledimo v literaturi (11, 12, 14, 15, 21).

V literaturi ne zasledimo normativnih vrednosti za vsako posamezno smer, temveč so avtorji različnih študij na podlagi doseženih razdalj in dolžine spodnjega uda standardizirali vrednosti za posamezno smer (4, 12, 14, 21). Kot primer primerjave doseženih razdalj pri približno enako starih aktivnih posameznikih (starost med 21 in 23 let) velja izpostaviti raziskavo avtorjev Gribble in Hertel (4), katere preiskovanci so dosegali slabše rezultate v vseh smereh, razen v lateralni in anterolateralni smeri, in študijo avtorjev Munro in Herrington (14), katere preiskovanci so dosegli slabše rezultate v vseh smereh, razen v anteriorni, anteromedialni in lateralni smeri. Rezultatov starejše skupine ne moremo primerjati z normativnimi vrednostmi.

Priporočeni protokol izvedbe testa dosega z nogo v osmih smereh smo oblikovali na podlagi pregleda literature in je natančno zapisan v prilogi 1. Robinson in Gribble (12), ki sta merila dosežene razdalje vseh devetih poskusov (šest za vajo in trije testni), sta pokazala, da se dosežene vrednosti večajo od prvega poskusa za vajo do zadnjega testnega poskusa. Zaradi ugotovitve, da se dosežene vrednosti stabilizirajo okoli četrtega poskusa, sta avtorja zaključila, da se v nadaljnji klinični praksi lahko uporabljajo le štirje poskusi za vajo in ne več šest, kot so to predlagali Hertel et al. (7). S temi ugotovitvami sta se strinjala tudi Munro in Herrington (14). Poleg tega so se omenjeni avtorji strinjali, da je šest poskusov za vajo in nato trije testi časovno precej zamudno in velikokrat v klinični praksi nimamo na voljo toliko časa. Nikjer v literaturi ne zasledimo, da bi avtorji izpostavili, ali naj se kot rezultat upošteva najdaljša razdalja ali povprečje razdalj. Najpogosteje pri predstavitvi rezultatov za posamezno smer zasledimo, da so avtorji (4, 12, 14) uporabili

povprečne normalizirane vrednosti izmerjenih razdalj.

ZAKLJUČKI

Test dosega z ного v osmih smereh za ocenjevanje dinamičnega ravnotežja je izvedljiv pri mladih, pa tudi pri skupini dobro telesno pripravljenih starejših oseb. Delež povečanja po treh testnih poskusih je pri starejših večji kot pri mlajših preiskovancih. Starejši preiskovanci dosežejo v povprečju 80 % rezultata mlajših preiskovancev. Za izvedbo testa ne potrebujemo veliko prostora in dragih pripomočkov.

ZAHVALA

Delo je bilo podprto s sredstvi Norveškega finančnega mehanizma, v okviru projekta Pomoč družinam v skupnosti, številka pogodbe 4300-444/2014.

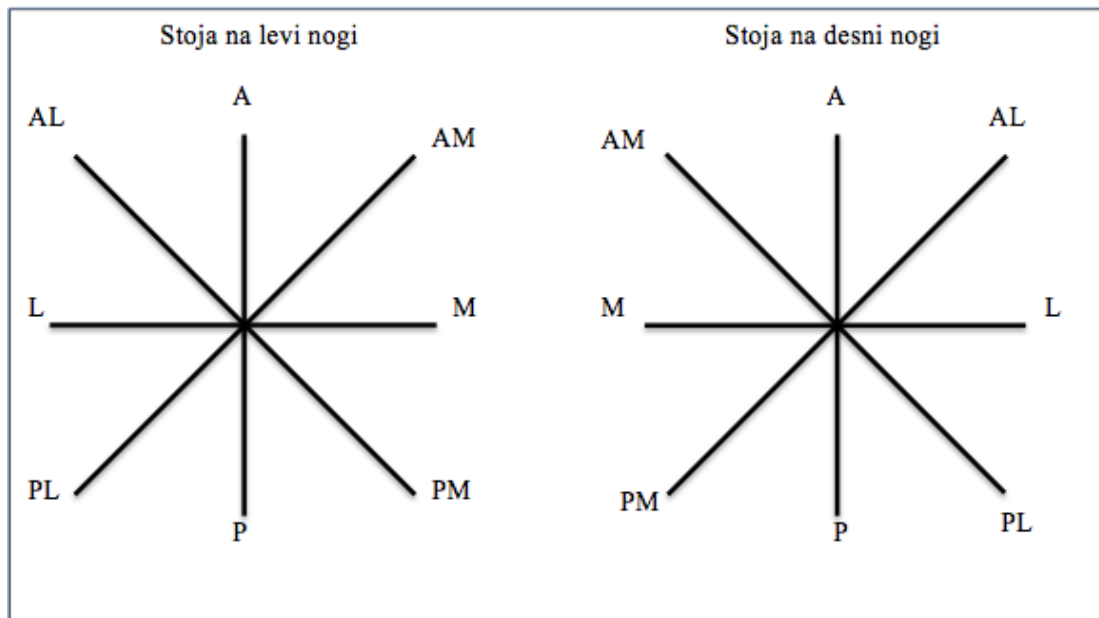
LITERATURA

1. Rugelj D (2014). Uravnavanje drže, ravnotežja in hotenega gibanja. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta, 27–42.
2. Zacirkovnik T (2012). Občutljivost testov dinamičnega ravnotežja za zaznavanje razlik v ravnotežju med mlajšimi in starejšimi osebami. Magistrsko delo. Koper: Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.
3. Schumway-Cook A, Woollacott M (2007). Motor control: translating research into clinical practice. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 4–8; 47–82.
4. Kisner C, Colby LA (2012). Therapeutic Exercise – Foundations and techniques. Philadelphia: F.A. Davis Company, 260–72.
5. Gribble PA, Hertel J (2003). Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 7 (2): 89–100.
6. Norris B, Trudelle-Jackson E (2011). Hip- and Thigh-Muscle Activation During the Star Excursion Balance Test. *J Sport Rehabil* 20: 428–41.
7. Hertel J, Miller SJ, Denegar CR (2000). Intratester and Intertester Reliability During the Star Excursion Balance Tests. *J Sport Rehabil* 9: 104–17.
8. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 40 (9): 551–8.
9. Gribble PA, Hertel J, Plisky P (2012). Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train* 47 (3): 339–57.
10. Kinzey SJ, Armstrong CW (1998). The Reliability of the Star-Excursion Test in Assessing Dynamic Balance. *J Orthop Sports Phys Ther* 27 (5): 356–60.
11. Gribble PA, Tucker SW, White PA (2007). Time-of-Day Influences on Static and Dynamic Postural Control. *J Athl Train* 42 (1): 35–41.
12. Robinson RH, Gribble PA (2008). Support for a Reduction in the Number of Trials Needed for the Star Excursion Balance Test. *Arch Phys Med Rehabil* 89: 364–70.
13. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB (2006). Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *J Orthop Sports Phys Ther* 36 (12): 911–9.
14. Munro AL, Herrington LC (2010). Between-session reliability of the star excursion balance test. *Phys Ther Sport* 11: 128–32.
15. Hyouk Hyong I, Hyun Kim J (2014). Test of Intratester and Interrater Reliability for the Star Excursion Balance Test. *J Phys Ther Sci* 26: 1139–41.
16. Rugelj D (2016). Model v ravnotežje usmerjene vadbe pri starejših. *Fizioterapija* 24 (1): 60–70.
17. Hlebš S, Jakovljević M (2011). Meritve gibljivosti sklepov, obsegov in dolžin udov. Drugi ponatis druge dopolnjene izdaje. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta.
18. Hoffman M, Schrader J, Applegate T, Koceja D (1998). Unilateral Postural Control of the Functionally Dominant and Nondominant Extremities of Healthy Subjects. *Journal of Athletic Training* 33 (4): 319–22.
19. Zhuang J, Huang L, Wu Y, Zhang Y (2014). The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adults. *Clin Interv Aging* 9: 131–40.
20. Bouillon LE, Baker JL (2011). Dynamic Balance Differences as Measured by the Star Excursion Balance Test Between Adult-aged and Middle-aged Women. *Sports Physical Therapy* 3 (5): 466–9.
21. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE (2013). Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. *J Athl Train* 48 (5): 621–6.

Priloga 1: TEST DOSEGA Z NOGO V OSMIH SMEREH

Naprave in pripomočki, postavitvev

Pri testiranju uporabimo osem papirnatih merilnih trakov in osem lepilnih trakov, ki jih nalepimo na tla, ter merilni trak.



Slika 3: Označba smeri glede na stojno nogo (A: anteriorna, AM: anteromedialna, M: medialna, PM: posteromedialna, P: posteriorna, PL: posterolateralna, L: lateralna in AL: anterolateralna)

Splošna navodila in postopek

Preiskovancu najprej razložimo test doseg z ного v osmih smereh, nato izmerimo relativno dolžino njegovega spodnjega uda po uveljavljenem protokolu. Prosimo ga, naj sezuje čevlje in se z eno nogo postavi na sredino stičišča trakov ter jo zadržuje čim bolj pri miru (peta se ne sme odlepiti od podlage), roke mora imeti v boku, drugo nogo najprej postavi ob stojno (začetni položaj). Z drugo nogo poskuša doseči najdaljšo mogočo razdaljo v dani smeri, brez pomoči rok in dviga stojne noge od podlage. Dotik z ного, s katero dosega, je lahen, samo s palcem, ta noga ne sme zagotavljati nobene podpore, nato se vrne v začetni položaj. Postopek ponovi za dosege v vseh osem smeri. Vrstni red dosegov je v smeri urnega kazalca glede na stojno nogo (dosega PL- in L-smeri morata biti izvedena za stojno nogo). Test ni časovno omejen. Preiskovanec ima na voljo štiri poskuse za vajo v vse smeri, pri čemer se razdalja ne meri, saj so dosegi namenjeni učenju. Sledi minuta počitka, nato preiskovanec poskuse ponovi še trikrat,

preiskovalec pa se med izvedbo zadnjih treh dosegov premika ob merilnem orodju in sproti zapisuje dosežene razdalje v pripravljeno tabelo za zapisovanje rezultatov. Preiskovanec lahko uporabi katera koli gibanja za doseg najdaljše razdalje, vendar mora stojno nogo obdržati na tleh in roke v boku. Poskus se ponovi, če se preiskovanec dotakne tal več kot enkrat, če z ного podrsa po traku, če z ного zgreši merilni trak, če se odrine z ного, s katero dosega, če ni sposoben zadržati zahtevanega položaja ali če preiskovalec presodi, da je preiskovanec kadar koli med izvedbo testa izgubil ravnotežje. Vsakega izmed treh izmerjenih rezultatov normaliziramo po formuli:

$$\% \text{ MAXR} = (\text{dosežena razdalja} / \text{dolžina spodnjega uda}) \times 100.$$

Iz treh normaliziranih vrednosti izračunamo povprečno vrednost, ki jo je preiskovanec dosegel pri posamezni smeri, kar je tudi končni rezultat testa.

Učinkovitost vadbenih programov za obravnavo poškodb zadnjih stegenskih mišic – pregled literature

The effectiveness of exercise protocols for treating hamstring injuries – literature review

Žiga Kukec¹, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Zadnje stegenske mišice so pri športnikih, ki se ukvarjajo s tekom, skakanjem in brcanjem, najpogosteje poškodovana mišična skupina. Namen članka je pregledati objavljene rezultate znanstvenih raziskav o učinkovitosti različnih vadbenih programov po poškodbi zadnjih stegenskih mišic in dati priporočila za učinkovito fizioterapevtsko obravnavo. **Metode:** Vire smo omejili na poročila o randomiziranih kontroliranih poskusih, objavljenih od leta 2000 naprej. Uporabljene so bile podatkovne zbirke Medline, CINAHL in PEDro. **Rezultati:** Glede na merila izbora je bilo v pregled vključenih pet poročil randomiziranih kontroliranih poskusov. Rezultati kažejo, da so se v šport najhitreje vrnila pacienti, ki so izvajali večjo količino statične raztezne vadbe. Najdlje pa so za polno vrnitev v šport potrebovali pacienti, ki so izvajali nespecifično izotonično vadbo, brez poudarjene aktivacije mišic med ekscentrično fazo krčenja. Razlike v rezultatih raziskav so v veliki meri odraz različnih meril za vrnitev v šport. **Zaključki:** Program terapevtske vadbe naj vključuje v funkcijo usmerjeno vadbo s poudarjeno ekscentrično fazo krčenja pri daljših mišično-kitnih dolžinah ter vadbo, ki temelji na izboljšanju živčno-mišičnega uravnavanja ledveno-medeničnega predela. Za uspešno zdravljenje je treba terapevtsko vadbo za krepitev dopolniti z raztezanjem poškodovanih mišic, vendar optimalna vrsta in količina raztezanja za zdaj nista znani.

Ključne besede: poškodbe v športu, poškodba zadnjih stegenskih mišic, ruptura zadnjih stegenskih mišic, ekscentrična vadba, fizioterapija.

ABSTRACT

Background: Hamstrings are the most frequently injured muscle group amongst athletes who perform high volumes of running, jumping or kicking activities. The aim of this article is to review published scientific studies of the effectiveness of various exercise protocols used for treating hamstring injury and give recommendations for effective physiotherapy. **Methods:** Randomized controlled trials published from year 2000 onwards were considered relevant. Studies were searched in the following databases: Medline, CINAHL and PEDro. **Results:** Five studies met all criteria and were further analysed. Results indicated that time to return to sport was the shortest in patients who performed higher volume of static stretching exercise. In contrast, the longest time to return to sport was noted in patients who performed nonspecific isotonic resistance exercise with less emphasis on forceful eccentric muscle contraction. The differences in results between studies can be largely attributed to different criteria for return to sport. **Conclusions:** Functional eccentric exercises performed at longer muscle-tendon lengths combined with exercises for neuromuscular control of the lumbar-pelvic region are recommended. For successful treatment, the strength training program should be complemented with stretching exercises, but optimal type and volume of the latter remain unknown.

Key words: sports injuries, hamstring injury, hamstring rupture, eccentric exercise, physiotherapy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.; e-pošta: alan.kacin@zf.uni-lj.si

Prispelo: 12.10.2016

Sprejeto: 7.11.2016

UVOD

Zadnje stegenske mišice so pri športnikih, ki se ukvarjajo s tekom, skakanjem in brcanjem, najpogosteje poškodovana mišična skupina. Stopnja poškodbe lahko variira od majhne natrganine pa vse do popolne rupture ali kitne avulzije (1). Mišične natrganine se navadno zdravijo konzervativno, pri kitnih avulzijskih frakturah pa je indicirana operacija (2). Ker pogosto pride do ponovne poškodbe, je zdravljenje težavno, saj se pri ponovni poškodbi čas okrevanja občutno podaljša (3). Ekstrand in sodelavci (4) so na podlagi pojavnosti poškodb v klubih Evropske nogometne zveze v obdobju sedmih tekmovalnih sezon ugotovili, da lahko pri moštvu s 25 igralci pričakujejo povprečno sedem poškodb zadnjih stegenskih mišic na leto.

Mehanizem poškodbe

Zadnje stegenske mišice so aktivne skozi celoten cikel hoje, z vrhom aktivnosti v končni fazi zamaha in fazi prevzema teže telesa. Največje tveganje za poškodbo zadnjih stegenskih mišic je prav v končni fazi zamaha, ko z ekscentrično kontrakcijo upočasnijo ekstenzijo kolena, saj so pri tem zaradi hkratnega raztezanja in kontrakcije izpostavljene največjim obremenitvam (5). Zadnje stegenske mišice se pri aktivnostih, ki zahtevajo hkratno fleksijo kolka in ekstenzijo kolena maksimalno raztegnejo (hiter tek, brcanje). Posledica raztega, ki preseže natezno trdnost mišice, je akumulacija mikroskopskih mišičnih poškodb, zaradi katerih se tveganje za obsežnejšo poškodbo poveča (6).

Dejavniki tveganja

Intrinzični dejavniki tveganja za poškodbo zadnjih stegenskih mišic so predhodna poškodba, višja starost, slabša raztegljivost mišic, zmanjšana mišična jakost, neravnovesje v jakosti mišičnih skupin kolena in kolka ter slaba stabilnost oziroma uravnavanje položaja trupa (3, 7). Ekstrinzični dejavniki tveganja vključujejo nezadostno ogrevanje, utrujenost, povezano s čezmerno aktivnostjo, in slabe igralne površine (8).

Zdravljenje

Primarni cilj zdravljenja po poškodbi zadnjih stegenskih mišic je vrnitev športnika k opravljanju aktivnosti, ki jih je izvajal pred poškodbo, z minimalnim tveganjem za ponovitev (9).

Izboljšanje koncentrične in ekscentrične mišične jakosti ter odprava mišičnega neravnovesja med fleksorji in ekstenzorji kolena zmanjšata pojavnost novih in ponovnih poškodb (10). Dejavniki, ki pripomorejo k ponovni poškodbi, so (11):

- zmanjšana natezna trdnost brazgotinskega tkiva na mestu predhodne poškodbe,
- zmanjšana mišična jakost kot posledica sekundarne mišične atrofije, bolečine in refleksne inhibicije,
- zmanjšana elastičnost mišično-kitne enote zaradi formacije brazgotinskega tkiva,
- spremembe mehanike gibanja in gibalnih vzorcev, ki nastanejo zaradi poškodbe in bolečine.

Merila za vrnitev v šport

Glede na rezultate danes dostopnih raziskav se priporoča, da ima športnik polno gibljivost, normalno mišično jakost in zmožnost opravljanja funkcijskih gibanj (skoki, tek) brez bolečine ali občutka togosti. Pri ocenjevanju jakosti mora športnik uspešno zadržati štiri zaporedne ponovitve maksimalnega manualnega upora na obeh spodnjih udih (leže na trebuhu pri fleksiji kolena 15° in 90°). Smiselno je opraviti tudi testiranje izokinetičnega navora ekscentrične in koncentrične kontrakcije (9).

Namen članka je pregledati objavljene rezultate znanstvenih raziskav o učinkovitosti različnih vadbenih programov po poškodbi zadnjih stegenskih mišic in na podlagi pregleda oblikovati priporočila za učinkovito fizioterapevtsko obravnavo.

METODE

V članku smo kot metodo dela uporabili pregled objavljenih znanstvenih literarnih virov. Ključne besede in besedne zveze, ki smo jih uporabili pri iskanju literature vključene v pregled, so bile hamstring strain, hamstring injury, biceps femoris strain, rehabilitation protocol, rehabilitation program, exercise, physiotherapy, physical therapy. Uporabljene so bile podatkovne baze Medline, CINAHL in PEDro. Vključitvena merila so obsegala prosto dostopne članke v polnem obsegu in randomizirane kontrolirane poskuse, ki so primerjali učinke enega vadbenega programa z drugim programom ali s kontrolno skupino po akutni poškodbi zadnjih stegenskih mišic od leta

2000 naprej. Iz pregleda so bile izključene raziskave, ki so preučevale učinke vadbe za preprečevanje poškodb zadnjih stegenskih mišic, nerandomizirane raziskave in raziskave brez ustrezne kontrolne skupine ter poročila in študije posameznega kliničnega primera.

REZULTATI

Ob iskanju po ključnih besedah in njihovih kombinacijah je bilo v treh podatkovnih bazah najdenih 296 virov. Po pregledu naslovov, izvlečkov in dostopnosti v polnem besedilu je vsem merilom izbora ustrezalo pet raziskav, ki so bile vključene v pregled literature. Štiri so primerjale učinkovitost med dvema različnima programoma (12–15), ena pa je primerjala dve skupini z enakim programom, vendar z različno količino raztezne vadbe (16). Skupno število preiskovancev, vključenih v raziskave, je bilo 264, od tega 200 moških in 64 žensk. Ženske so bile vključene v vseh petih raziskavah, vendar ne v enakomernih deležih v primerjavi z moškimi (od 8 do 35 % žensk v vzorcu). Povprečna starost preiskovancev je bila od 19,0 do 25,4 leta. Podrobnosti pregledanih raziskav so opisane v razpredelnici 1.

V raziskavi Malliaropoulou in sodelavcev (16), v kateri sta obe skupini izvajali statično raztezanje, so ugotovili, da so se v šport hitreje vrnili pacienti v skupini z večjo količino raztezne vadbe. V raziskavi Sherry in Best (12) je en vadbeni program vključeval statično in dinamično raztezanje ter koncentrično in ekscentrično krepitev zadnjih stegenskih mišic, z večjim poudarkom na ekscentrični kontrakciji proti koncu vadbenega programa (program STST, angl. stretching and strengthening). Drug program je temeljil na progresivnih vajah okretnosti (angl. agility exercises) in vajah za stabilizacijo trupa (program PATS, angl. progressive agility and trunk stabilization). Avtorja sta ugotovila, da je okrevanje športnika s programom PATS hitrejše (12). Silder in sodelavci (13) so modificirali osnovni program PATS (12) tako, da je imel tri faze namesto dveh, kar je omogočilo postopnejše povečevanje upora med vajami za stabilizacijo trupa. Dodani so bili tudi izpadni koraki z rotacijami v trupu, ki zahtevajo večji nadzor medenice, medtem ko so zadnje stegenske mišice v raztegnjenem položaju. Drug program je temeljil

na progresivnem teku in ekscentrični vadbi (program PRES, angl. progressive running and eccentric strengthening). Ugotovili so, da imata oba programa podoben učinek na mišično okrevanje in na čas, ki je potreben za vrnitev v šport (13). V dveh raziskavah so Askling in sodelavci (14, 15) primerjali učinkovitost vadbe proti uporju s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah z vadbo, ki temelji na standardnih izotoničnih vajah proti uporju, z manjšim poudarkom na obremenjevanju med podaljševanjem mišice. Oba programa sta vključevala tudi vaje za povečanje gibljivosti ter vaje za krepitev in stabilizacijo medenice in trupa. Rezultati obeh raziskav kažejo, da športniki hitreje okrevajo z vadbo s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah (14, 15).

RAZPRAVA

S pregledom literature smo ugotovili, da med raziskovalci ni popolnega soglasja o optimalnem vadbenem programu po poškodbi zadnjih stegenskih mišic. Merilni in interventni protokoli izbranih raziskav se med seboj precej razlikujejo, prav tako se razlikujejo povprečni časi od poškodbe do vrnitve v šport, kot tudi število ponovnih poškodb.

Čas od poškodbe do vrnitve v šport je najpogosteje uporabljeno merilno orodje za ocenjevanje uspešnosti terapevtskih vadbenih programov. Iz razpredelnice 1 je razvidno, da so se povprečni časi do vrnitve v šport med raziskavami precej razlikovali. Najhitreje, s povprečnimi 13 dnevi, so se v šport vrnili preiskovanci skupine B v raziskavi Malliaropoulou in sodelavcev (16), ki so izvajali statično raztezanje (štiri obravnave na dan s trajanjem raztega 30 sekund). Najdlje, s povprečnimi 86 dnevi, pa so za polno vrnitev v šport potrebovali preiskovanci skupine C v raziskavi Asklinga in sodelavcev (15), ki so opravljali standardne izotonične vaje proti uporju, z manjšim poudarkom na obremenjevanju med podaljševanjem mišice. Razlike v izmerjenih časih do vrnitve v šport so v veliki meri tudi odraz različnih meril za vrnitev v šport, saj so Malliaropoulos in sodelavci (16) zahtevali le normalno gibljivost v primerjavi z

Razpredelnica 1: Značilnosti in rezultati v pregled vključenih raziskav

Avtorji in leto	Vzorec	Značilnosti terapevtskega programa eksperimentalnih skupin	Merila za vrnitev v šport	Rezultati
Malliaropoulos et al., 2003	M = 52 Ž = 28 Skupina A: N = 40 PS: 20,6 leta Skupina B: N = 40 PS: 20,3 leta	Skupina A: – P.R.I.C.E. – SR (1-krat na danpo 30 s) Skupina B: – P.R.I.C.E. – SR (4-krat na danpo 30 s)	– NG	Skupina A: PČVŠ: 15 dni Skupina B: PČVŠ: 13,3 dneva
Sherry in Best, 2004	Skupina s programom STST: M = 9 Ž = 2 PS: 24,3 leta Skupina s programom PATS: M = 9 Ž = 4 PS: 23,3 leta	Skupina s programom STST: – SR in DR – krepitev EK in KK ZSM – aplikacija ledu Skupina s programom PATS: – PVO – VST – aplikacija ledu	– ocena 5 pri MMT ZSM – odsotnost PB na DSS – odsotnost simptomov pri izvedbi testov okretnosti in šprinta	Skupina s programom STST: PČVŠ: 37,4 dneva ŠPP2T: 6 (54,5 %) ŠPP1L: 7 (70 %) Skupina s programom PATS: PČVŠ: 22,2 dneva ŠPP2T: 0 ŠPP1L: 1 (7,7 %)
Silder et al., 2013	Skupina s programom PATS: M = 11 Ž = 5 PS: 25,4 leta Skupina s PRES programom: M = 12 Ž = 1 PS: 22,3 leta	Skupina s programom PATS: – PVO in VST Skupina s programom PRES: – tek – krepitev EK in KK ZSM	– ocena 5 pri MMT ZSM – odsotnost PB na DSS – subjektivna pripravljenost – uspešna izvedba serij teka z MH	Skupina s programom PATS: PČVŠ: 28,8 dneva ŠPP2T: 0 Skupina s programom PRES: PČVŠ: 25,2 dneva ŠPP2T: 2 (15 %)
Askling et al., 2013	Skupina s programom L: M = 34 Ž = 3 PS: 25 let Skupina s programom C: M = 35 Ž = 3 PS: 25 let	Skupina s programom L: – krepitev EK ZSM pri daljših mišično-kitnih dolžinah Skupina s programom C: – standardna izotonična VPU	– NG – normalna MJ obeh spodnjih udov – odsotnost PB na DSS – negativen Asklingov H-test	Skupina s programom L: PČVŠ: 28 dni ŠPP1L: 0 Skupina s programom C: PČVŠ: 51 dni ŠPP1L: 1 (3 %)
Askling et al., 2014	Skupina s programom L: M = 19 Ž = 9 PS: 21 let Skupina s programom C: M = 19 Ž = 9 PS: 19 let	Skupina s programom L: – krepitev EK ZSM pri daljših mišično-kitnih dolžinah Skupina s programom C: – standardna izotonična VPU	– NG – normalna MJ obeh spodnjih udov – odsotnost PB na DSS – negativen Asklingov H-test	Skupina s programom L: PČVŠ: 49 dni ŠPP1L: 0 Skupina s programom C: PČVŠ: 86 dni ŠPP1L: 2 (7 %)

M – moški, Ž – ženske, N – število preiskovancev, PS – povprečna starost, P.R.I.C.E. – varovanje, počitek, led, kompresija, elevacija, SR – statično raztezanje, NG – normalna gibljivost, PČVŠ – povprečen čas do vrnitve v šport, DR – dinamično raztezanje, EK – ekscentrična kontrakcija, KK – koncentrična kontrakcija, ZSM – zadnje stegenske mišice, PVO – progresivne vaje okretnosti, VST – vaje za stabilizacijo trupa, MMT – manualno mišično testiranje, PB – palpatorna bolečina, DSS – dorzalna stran stegna, ŠPP2T – število ponovnih poškodb v dveh tednih od vrnitve v šport, ŠPP1L – število ponovnih poškodb v enem letu od vrnitve v šport, MH – maksimalna hitrost, VPU – vadba proti upor, MJ – mišična jakost

nepoškodovanim spodnjim udom. Askling in sodelavci (14, 15) pa so za vrnitev v šport zahtevali normalno gibljivost in mišično jakost poškodovanega in nepoškodovanega spodnjega uda ter odsotnost palpatorne bolečine na dorzalni strani stegna. Ko ni bilo več prisotnih znakov poškodbe, so izvedli še Asklingov H-test, s katerim so preverjali neugodje preiskovanca pri izvedbi hitrega raztega zadnjih stegenskih mišic (14, 15, 17). Zato so zanesljive le primerjave vadbenih programov znotraj posamezne raziskave in med raziskavami, ki imajo primerljiva merila za vrnitev v šport.

Drugo najpogosteje uporabljeno merilno orodje učinkovitosti vadbenih programov je bilo število ponovnih poškodb v določenem časovnem obdobju po koncu posameznega programa, ki so ga uporabili v vseh pregledanih raziskavah razen v eni (16). Pomanjkljivost ugotavljanja poškodb v pregledanih raziskavah je bila odsotnost podatka o izpostavljenosti športnikov. Večja izpostavljenost predstavlja pomemben dejavnik tveganja, zato bi bilo bolj smiselno ugotavljati število poškodb na določeno število ur treningov in tekem. Kljub temu pa število ponovnih poškodb bolje odraža uspešnost vadbenega programa, saj cilj zdravljenja ni le čim hitrejša vrnitev v šport, temveč tudi uspešno opravljanje športnih aktivnosti skozi daljše časovno obdobje, z minimalnim tveganjem za ponovno poškodbo. Do nobene ponovne poškodbe ni prišlo pri preiskovancih v raziskavi Silderja in sodelavcev (13), ki so izvajali progresivne vaje okretnosti in vaje za stabilizacijo trupa (modificiran program PATS), ter pri preiskovancih v obeh raziskavah Asklinga in sodelavcev (14, 15), ki so izvajali vadbo s poudarjeno ekscentrično kontrakcijo zadnjih stegenskih mišic pri daljših mišično-kitnih dolžinah (program L). Največ ponovnih poškodb je bilo v raziskavi Sherry in Best (12) pri preiskovancih v programu STST s šestimi (54 %) poškodbami v prvih dveh tednih in sedmimi (70 %) v enem letu od vrnitve v šport. Pri primerjavi med raziskavami je pomembno tudi, ali so bili vključeni amaterski ali profesionalni športniki, saj poškodbe zadnjih stegenskih mišic pri amaterskih športnikih večinoma niso tako pogoste in resne, verjetno zaradi manj intenzivnih treningov, počasnejšega teka in manj intenzivnega brcanja žoge (18). Silder in sodelavci (13) so obravnavali

le amaterske športnike, Askling in sodelavci (14, 15) le profesionalne, Malliaropoulos in sodelavci (16) ter Sherry in Best (12) pa podatka niso navedli.

Raztezanje se pogosto uporablja kot dodatna terapija po poškodbi zadnjih stegenskih mišic, saj naj bi normalna raztegljivost mišice zmanjševala tveganje za poškodbo zaradi večje sposobnosti pasivnih elementov mišično-kitne enote za absorpcijo energije (19). Kljub temu si rezultati o uspešnosti nasprotujejo, saj v nekaterih slabše kontroliranih raziskavah, ki jih nismo vključili v ta pregled, niso dokazali pozitivnega učinka raztezanja na preprečevanje poškodb (6). Ker zadnje stegenske mišice izvirajo iz medenice, je dobro živčno-mišično uravnavanje ledveno-medeničnega področja bistveno za njihovo optimalno funkcijo pri šprintu in podobnih gibanjih z visoko hitrostjo (12). Čezmerna ledvena lordoza in disfunkcija sakroiliakalnega sklepa sta povezani s kroničnimi poškodbami zadnjih stegenskih mišic. S povečevanjem ledvene lordoze se povečuje anteriorni nagib medenice in premakne izvor mišice postero-kranialno, s čimer se dolžina in obremenitev mišice povečata (20). Dober nadzor nad gibanjem medenice in ledvene hrbtenice ter sposobnost ohranjanja optimalnega položaja pri hitrih aktivnostih sta torej pomembna za zmanjšanje obremenitev poškodovanih mišic in preprečevanje ponovnih poškodb.

Mehanizmi delovanja ekscentričnih mišičnih kontrakcij na zmanjšanje pojavnosti poškodb zadnjih stegenskih mišic še niso zadovoljivo pojasnjeni. Ena izmed mogočih razlag, ki je v zadnjem času pridobila tudi nekaj empiričnih dokazov, je predstavljena v nadaljevanju. Brockett in sodelavci (21) so ugotovili, da je kot fleksije kolena, pri katerem mišice razvijejo največji navor na poškodovanem ud, povprečno 12° manjši kot na nepoškodovanem. V mišici, ki razvije največjo silo pri krajši dolžini, je namreč prekrivanje aktinskih in miozinskih filamentov pri izvedbi brcanja ali šprinta (izrazita fleksija kolka ob hkratni skoraj popolni ekstenziji kolena) manjše, kar predstavlja nevarno območje za poškodbe (21). Mišica naj bi se na ekscentrično vadbo, izvajano predvsem v končnih obsegih giba, prilagodila z dodajanjem novih zaporednih sarkomer (22), kar naj bi postopno premaknilo krivuljo odvisnosti sile

od dolžine mišice v desno, torej proti daljši mišični dolžini, s čimer naj bi se zmanjšalo tveganje za ponovno poškodbo mišice (21). Zato avtorji priporočajo, da je vadbeni program po poškodbi zadnjih stegenskih mišic usmerjen v izboljšanje ekscentrične mišične jakosti pri daljših mišično-kitnih dolžinah (21–23).

Trenutno razpoložljiva merila za vrnitev v šport po poškodbi zadnjih stegenskih mišic niso dovolj natančna in jih je treba bolj individualizirati. Zgodnje obremenjevanje mišice sicer izboljša regeneracijo oziroma remodulacijo poškodovanega tkiva, hkrati pa lahko zgodnja preobremenitev povzroči tudi čezmerno tvorjenje brazgotinskega tkiva (24). Zato je pomembno, da se tako športnik kot trener zavedata, da odsotnost bolečine in subjektiven občutek pripravljenosti športnika za vrnitev v trenažni proces ne odražata nujno popolne regeneracije tkiva (11). Pri tem je najpomembnejša vloga fizioterapevta, ki mora na podlagi objektivnih meril oceniti natezno trdnost poškodovanega tkiva in s tem raven primerne obremenitve.

ZAKLJUČKI

Rezultati pregledanih raziskav kažejo, da je v program terapevtske vadbe po poškodbi zadnjih stegenskih mišic smiselno vključiti progresivno in v funkcijo usmerjeno ekscentrično vadbo pri daljših mišično-kitnih dolžinah ter jo kombinirati z vadbo, ki temelji na živčno-mišičnem uravnavanju ledveno-medeničnega predela in stabilizaciji trupa. Raztezanje poškodovanih mišic je bistveno za normalizacijo polnega obsega giba, zato je nujen sestavni del vadbenega programa. Ker med raziskovalci ni soglasja o optimalnih parametrih posameznih vrst vadbe, zlasti raztezanja, so potrebne nadaljnje raziskave višje kakovosti. Očitna je tudi potreba po oblikovanju bolj veljavnega in zanesljivega programa ocenjevanja pacientovega napredka v procesu zdravljenja za njegovo varno vrnitev v šport.

LITERATURA

1. Ropiak CR, Bosco JA (2012). Hamstring injuries. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 70 (1): 41–8.
2. Koulouris G, Connell D (2005). Hamstring muscle complex: an imaging review. *Radiographics* 25 (3): 571–86.
3. Schmitt B, Tyler T, McHugh M (2012). Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *Int J Sports Phys Ther* 7 (3): 333–41.
4. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 45 (7): 553–8.
5. Yu B, Queen RM, Abbey AN, Liu Y, Moorman CT, Garrett WE (2008). Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. *J Biomech* 41 (15): 3121–6.
6. Opar DA, Williams MD, Shield AJ (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Med* 42 (3): 209–26.
7. Hagglund M, Walden M, Ekstrand J (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA injury study. *AM J Sports Med* 41 (2): 327–35.
8. Goldman EF, Jones DE (2010). Interventions for preventing hamstring injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 2: 1–42.
9. Heiderscheidt BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther* 40 (3): 67–81.
10. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med* 30 (2): 199–203.
11. Orchard J, Best TM (2002). The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clin J Sport Med* 12 (1): 3–5.
12. Sherry MA, Best TM (2004). A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. *J Ortho Sports Phys Ther* 34 (3): 116–25.
13. Silder A, Sherry MA, Sanfilippo J, Tuite MJ, Hetzel SJ, Heiderscheidt BC (2013). Clinical and morphological changes following two rehabilitation programs for acute hamstring strain injuries: a randomised clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 43 (5): 284–99.
14. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med* 47 (15): 953–9.
15. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A (2014). Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med* 48 (7): 532–9.
16. Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, Papacostas E (2003). The role of stretching in

- rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes' follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 36 (5): 756–9.
17. Askling CM, Nilsson J, Thorstensson A (2010). A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18 (12): 1798–803.
 18. Bennell K, Tully E, Harvey N (1999). Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers? *Aust J Physiother* 45 (2): 103–9.
 19. Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, McNair P (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Med* 34 (7): 443–9.
 20. Panayi S (2009). The need for lumbar-pelvic assessment in the resolution of chronic hamstring strain. *J Bodyw Mov Ther* 14 (3): 294–8.
 21. Brockett CL, Morgan DL, Proske U (2004). Predicting hamstring injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc* 36 (3): 379–87.
 22. Morgan DL (1990). New insights into the behaviour of muscle during active lengthening. *Biophys J* 57 (2): 209–21.
 23. Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown AT, Pandy MG (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 44 (4): 647–58.
 24. Jarvinen TAH, Jarvinen TLN, Kaariainen M, Kalimo H, Jarvinen M (2005). Muscle injuries: biology and treatment. *AM J Sports Med* 33 (5): 745–64.

Primerjava učinkov zgodnje mobilizacije z imobilizacijo po pretrganju Ahilove tetive – pregled literature

Comparison of effects of immobilization and early mobilization after Achilles tendon rupture – literature review

Alja Perko¹, Alan Kacin¹, Polona Palma¹

IZVLEČEK

Uvod: V zgodnji fazi po pretrganju Ahilove tetive je lahko poškodovani del popolnoma imobiliziran ali pa se izvaja fizioterapija z zgodnjo mobilizacijo tetive in sklepa v omejenem obsegu giba. Namen pregleda literature je bil primerjati učinke imobilizacije z učinki zgodnje mobilizacije po popolnem pretrganju Ahilove tetive. **Metode:** Literatura je bila iskana v podatkovnih zbirkah Medline, Science Direct, CINAHL, Scopus, Proquest, Cochrane Library in Wiley Online Library. Upoštevane so bile le randomizirane kontrolirane raziskave, objavljene med letoma 2005 in 2015, ki so primerjale oba protokola zgodnje obravnave. **Rezultati:** V pregled je bilo vključenih osem raziskav učinkovitosti zgodnje obravnave po operativno zdravljeni pretrganini Ahilove tetive in ena raziskava učinkovitosti pri konzervativno zdravljeni pretrganini tetive. Kratkoročni učinki fizioterapije z zgodnjo mobilizacijo po operativnem zdravljenju so hitrejšo pridobivanje mišične zmogljivosti, manjše omejitve pri izvajanju športnih dejavnosti, hitrejša vključitev v delo in boljša subjektivna ocena zdravljenja. Dolgoročni učinki obeh protokolov pa se verjetno bistveno ne razlikujejo. **Zaključki:** Iz objavljene literature ni mogoče ugotoviti, ali je hitrejšo pooperativno okrevanje posledica predvsem zgodnje mobilizacije kite in sklepa ali pa je pomembnejša zgodnja obremenitev spodnjega uda. V prihodnje bi bilo smiselno preučiti optimalne parametre stopnjevanja zgodnje mobilizacije s hkratnim obremenjevanjem poškodovanega dela ali brez obremenjevanja.

Ključne besede: popolno pretrganje, Ahilova tetiva, imobilizacija, zgodnja mobilizacija, fizioterapija.

ABSTRACT

Background: In the early period after ruptured Achilles tendon the ankle can be either fully immobilized or subject to physiotherapy with joint and soft-tissue mobilization. The present literature review aimed to compare published data on efficiency of immobilization with those of early mobilization after a complete rupture of the Achilles tendon. **Methods:** The literature search was performed within the following databases: Medline, Science Direct, CINAHL, Scopus, Proquest, Cochrane Library and Wiley Online Library. Only randomized controlled studies that were published from 2005 to 2015 were considered relevant. **Results:** Of nine studies analysed, eight investigated efficiency of both protocols in the early period after surgical tendon suture and one in the same period during purely conservative treatment. Short-term effects of early mobilization after a surgical procedure comprise enhanced muscle strength gains, less restrictions in sport participation, faster return to work and better subjective ratings of the outcome. However, the long-term results of treatment by the two protocols are most likely very similar. **Conclusions:** It cannot be elucidated from published evidence whether the enhanced short-term effects are brought about by the early mobilization itself, or the weight-bearing of the joint plays more important role. Future studies should determine optimal parameters of mobilisation progression with or without concomitant weight-bearing.

Key words: complete rupture, Achilles tendon, immobilisation, early mobilization, physiotherapy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

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

Prispelo: 22.10.2016

Sprejeto: 14.11.2016

UVOD

Mišica triceps surae, ki jo sestavljata dve mišici, in sicer velika mečna mišica (m. soleus) in dvoglava mečna mišica (m. gastrocnemius), se z Ahilovo tetivo pripenja na petnico (1). Najpogostejša poškodba Ahilove tetive je ruptura oziroma pretrganje, ki je lahko delno ali popolno (2). Zdravljenje popolnoma pretrgane Ahilove tetive je lahko konzervativno ali kirurško, pri čemer se slednje lahko izvede z odprto operativno metodo zašitja ali perkutanim zašitjem (3). Možni zapleti, prisotni pri vseh načinih zdravljenja, so globoka venska tromboza, pljučna embolija in smrt (4). Postopek obravnave v zgodnji fazi po pretrganju Ahilove tetive je lahko: 1) imobilizacija, ki popolnoma omeji gibanje gležnja in kite, ali 2) uporaba funkcionalnih opornic in fizioterapija z zgodnjo mobilizacijo, ki omogoča delno gibanje gležnja in poškodovane tetive. Slednje je lahko združeno s popolnim razbremenjevanjem uda ali pa se dovoljuje delno obremenjevanje predela s težo telesa (5). Zgodnja mobilizacija ima številne pozitivne učinke na tkivo. Z gibanjem se zmanjšuje togost mehkotivnih struktur in ohranja obseg gibljivosti. Gibanje omogoča boljše premikanje medcelične tekočine, kar zmanjša edem in posledično zmanjša bolečino pri gibanju ter togost mehkotivnih struktur. To olajša gibanje in poveča obseg gibljivosti. Zgodnja mobilizacija preprečuje nastanek adhezij tkiv in izboljša gibljivost brazgotin. Zaradi zgodnje aktivacije mišic se izboljšajo njihove kontraktilne sposobnosti, atrofija pa se zmanjša (6). Možni negativni učinek mobilizacije po pretrganju Ahilove tetive je podaljšanje poškodovane tetive, ki lahko vodi v njeno funkcijsko oslabeledost in večjo verjetnost ponovnega pretrganja (7).

Ameriška akademija ortopedskih kirurgov (angl. American Academy of Orthopaedic Surgeons) je leta 2009 izdala z dokazi podprte smernice na področju obravnave po pretrganju Ahilove tetive (8). Smernice podpirajo tako zgodnje obremenjevanje poškodovanega spodnjega uda kot tudi zgodnjo mobilizacijo za kooperativno oskrbo strgane Ahilove tetive. Ugotovili so, da je dolgoročni izid kooperativnega zdravljenja zelo podoben ne glede na vrsto zdravljenja in hitrost mobilizacije ter obremenjevanja poškodovanega dela. Opazne pa so razlike v zgodnji kooperativni fazi, in sicer zgodnja mobilizacija in/ali zgodnje

obremenjevanje poškodovanega dela vodita k hitrejši ponovni vključitvi v dejavnosti kot popolno razbremenjevanje in imobilizacija. Protokol z obremenjevanjem in zgodnjo mobilizacijo omogoča tudi hitrejše vključevanje v delo in športne dejavnosti. Ali enako velja za konzervativno zdravljenje pretrganine Ahilove tetive, zaradi pomanjkanja kakovostnih dokazov ni jasno. Zato je bil namen našega pregleda poiskati novejšo znanstveno objavo s področja in dopolniti sedanje vedenje o učinkih imobilizacije in zgodnje mobilizacije po operativno ali konzervativno zdravljenem popolnem pretrganju Ahilove tetive.

METODE

Literatura je bila iskana v podatkovnih bazah Medline, Science Direct, CINAHL, Scopus, Proquest, Cochrane Library in Wiley Online Library. Ključne besede, ki smo jih uporabili za iskanje člankov, so bile kombinacije naslednjih besed in besednih zvez: pretrganje Ahilove tetive, strganje Ahilove tetive, pretrganje Ahilove tetive, rehabilitacija, fizioterapija, zdravljenje, mobilizacija ter njihovi angleški prevodi. Vključitvena merila iskanih raziskav so bila randomizirana kontrolirana raziskava, časovno obdobje objave od leta 2005 do 2015, slovenski ali angleški jezik, primerjava učinkov zgodnje mobilizacije z imobilizacijo, operativno ali konzervativno zdravljenje in popolno pretrganje Ahilove tetive. Izključitvena merila iskanih raziskav so bila delna pretrganina Ahilove tetive, poročilo o primeru in pilotna raziskava.

REZULTATI

Pri iskanju literature v navedenih podatkovnih bazah je bilo na podlagi vključitvenih in izključitvenih meril najdenih osem ustreznih člankov. Ker so v enem izmed člankov (9) poročali o dveh ločenih raziskavah, je bilo torej vseh raziskav, ki so ustrezale našim merilom, devet. V vseh raziskavah je bila pretrganina Ahilove tetive popolna in se je preiskovancem zgodila prvič. Najnižja povprečna starost preiskovancev je bila 34 let (10), najvišja pa 53 let (9). Osem raziskav (9–15) je obravnavalo akutno diagnosticirano pretrganino Ahilove tetive, in sicer največ en teden po nastanku poškodbe, v eni raziskavi (16) pa so obravnavali kronično pretrganino, in sicer od 56 do 168 dni po nastanku poškodbe.

Razpredelnica 1: Ocenjevalni protokoli in rezultati raziskav, v katerih so preučevali kratkoročne učinke imobilizacije in zgodnje mobilizacije po pretrgani Ahilovi tetivi

Avtorji	Velikost vzorca	Meritve	Rezultati
Costa et al. (2006)	PI: N = 23 PMO: N = 20	Klinične meritve (obseg meč, obseg plantarne in dorzalne fleksije) in dinamometrične meritve Čas do ponovne vključitve na delo Čas do ponovne normalne hoje Čas do ponovne normalne hoje po stopnicah Čas do ponovne vključitve v šport Vprašalnik EuroQol za merjenje zdravstvenega stanja in kakovosti življenja (angl. EuroQol health status questionnaire) Zapleti	Ni razlik med skupinama ($p > 0,05$). Ni razlik med skupinama ($p = 0,593$). Čas v PMO je krajši ($p = 0,027$). Čas v PMO je krajši ($p = 0,023$). Ni razlik med skupinama ($p = 0,341$). Ni razlik med skupinama ($p > 0,05$). PI: 1 primer stalne parestezije stopala, 1 primer kontralateralnega pretrganja, 5 manjših zapletov; PMO: 2 primera ponovnega pretrganja, 1 primer presaditve kože, 6 primerov manjših zapletov Manjša je v PM-skupini ($p = 0,054$).
Kangas et al. (2007)	PI: N = 25 PM: N = 25	Meritve podaljšave Ahilove tetive Primerjava podaljšave Ahilove tetive z izidom obravnave (Lestvica po Leppilahtiju* (angl. Leppilahti scoring system - LSS)) Goniometrične meritve	Podaljšava Ahilove tetive in izid obravnave sta povezana ($p = 0,017$), pacienti z manjšo podaljšavo Ahilove tetive dosežejo boljši končni izid. Ni razlik med skupinama.
Majewski et al. (2008)	PI: N = 14 PMO: N = 14	Razlika v obsegu meč Višina dviga pete pri dvigu na prste ene noge Vzdržljivostni test dviga na prste poškodovane noge (primerjava z nepoškodovano stranjo) Čas do ponovne vključitve na delo Čas do ponovne vključitve v šport Omejitve pri izvajanju športne dejavnosti Subjektivna ocena izida zdravljenja	Ni razlik med skupinama. Zmanjšana sposobnost dviga na prste: PI 3 preiskovanci, PMO 1 preiskovanec PI: 9 pacientov do 35 % zmanjšana vzdržljivost, PMO: 6 pacientov do 15 % zmanjšana vzdržljivost Krajši je v PMO-skupini ($p = 0,042$). Ni razlik med skupinama. Manjše so v PMO-skupini ($p = 0,039$). Preiskovanci v PMO so bolj zadovoljni z izidom ($p = 0,047$). Povprečje točk je večje v PMO skupini.
Groetelaers et al. (2014)	PI: N = 26 PMO: N = 29	Maksimalna sila mišic plantarnih fleksorjev poškodovane strani Čas do ponovne vključitve na delo Čas do ponovne vključitve v šport Ocena kvalitete življenja - SF-12 vprašalnik Lestvica zmogljivosti po strganju Ahilove tetive (angl. Achilles rupture performance score – ARPS)* Zapleti	Ni razlik med skupinama ($p > 0,4$). Ni razlik med skupinama ($p = 0,78$). Ni razlik med skupinama. Ni razlik med skupinama ($p > 0,05$). Ni razlik med skupinama ($p > 0,3$). PI: 1 primer ponovnega pretrganja, 1 primer infekcije rane, 1 primer odstopa zaradi bolečine, 2 primera globoke venske tromboze; PMO: 1 primer ponovnega pretrganja, 1 primer infekcije rane, 1 primer odstopa zaradi bolečine

Razpredelnica 1: Nadaljevanje

Avtorji	Velikost vzorca	Meritve	Rezultati
Porter in Shadbolt (2014)	SP: N = 25 PP: N = 26	Meritve podaljšave tetive z merjenjem višine dviga pete razlika med stranema)	Razlika je manjša v PP (p = 0,012).
Jielile et al. (2015)		Čas do ponovne vključitve v tek Lestvica popolnega pretrganja Ahilove tetive (angl. The Achilles tendon Total Rupture Score – ATRS)	Čas je krajši v PP (p < 0,001). Skupni seštevek je enak v obeh skupinah. PP ima boljši rezultat v kategorijah: moč (p < 0,001), utrudljivost (p < 0,001), togost (p = 0,003), stopnice in naklon (p < 0,001), tek (p < 0,001), skoki (p < 0,001).
		Zapleti	SP: 2 primera šepanja zaradi podaljšanja Ahilove tetive in oslabeledosti pri odzivu med hojo
	PI: N = 31 PMO: N = 26	Merjenje elektromiografskih evociranih potencialov Lestvica po Leppilahtiju (angl. Leppilahti scoring system - LSS)* Zapleti	Amplituda evociranih potencialov je večja v PMO-skupini. Okrevanje PMO-skupine je hitrejše (p < 0,01).
De La Fuente et al. (2015)			PI: 2 primera ishemične nekroze kože okoli tetive, 3 primeri infekcij, 6 primerov nastanka kalcijevih plakov, 6 primerov ponovnega pretrganja; PMO: 1 primer infekcije
	SP: N = 19 PP: N = 19	Goniometrične meritve	Po 4 tednih ni razlik med skupinama, po 8 in 12 tednih je obseg giba večji v PP.
		Razlika v obsegu meč (primerjava z nepoškodovano stranjo)	Po 4 in 12 tednih je manjša v PP-skupini, po 8 tednih je manjša v SP-skupini.
		Izometrična moč plantarnih fleksorjev	Višja je v PP-skupini v vseh treh merjenjih (p = 0,03, p = 0,011, p = 0,028).
Jielile et al. (2015)		Vzdržljivostni test razlike med stranema v številu ponovitev dviga na prste ene noge Čas do ponovne vključitve na delo Lestvica popolnega pretrganja Ahilove tetive (angl. The Achilles tendon Total Rupture Score - ATRS)	Razlika je nižja v PP-skupini (p = 0,006).
De La Fuente et al. (2015)		Zapleti	Krajši je v PP-skupini (p < 0,001). Višji rezultat je v PP-skupini v vseh treh merjenjih (p < 0,001, p < 0,001, p < 0,001). SP: 1 primer ponovnega pretrganja, 8 primerov primanjkljaja moči, 2 primera drugih zapletov; PP: 1 primer ponovnega pretrganja, 1 primer primanjkljaja moči, 3 primeri drugih zapletov

PI – program z imobilizacijo, PM – program z mobilizacijo, PMO – program z mobilizacijo in obremenjevanjem, PP – pospešeni program, SP – standardni program

Ena raziskava (9) je preučevala učinke zgodnje mobilizacije pri konzervativno zdravljeni pretrganini Ahilove tetive. Vključevala je meritve obsega meč in gibljivosti gležnja, dinamometrične meritve mišic plantarnih fleksorjev gležnja, čas do ponovne usvojitve normalne hoje in hoje po stopnicah, čas do ponovne vključitve na delo in v športne dejavnosti ter vprašalnik EuroQol za

merjenje zdravstvenega stanja in kakovosti življenja (angl. EuroQol health status questionnaire). Rezultati niso pokazali nobenih razlik med protokolom z imobilizacijo ter protokolom z zgodnjo mobilizacijo (9). Sedem raziskav (9–13, 15, 16) je preiskovalo kratkotrajne učinke mobilizacije po operativnem zdravljenju pretrgane Ahilove tetive. Le avtorji Lantto et al.

(14) so preučevali dolgoročne učinke protokolov, in sicer 11 let po operaciji. Izokinetične in izometrične meritve mišic plantarnih fleksorjev ter lestvica po Leppilahtiju (angl. Leppilahti scoring system – LSS) niso pokazale razlik med pooperativnima protokoloma (14). Rezultati posameznih vključenih raziskav, v katerih so preučevali kratkoročne učinke imobilizacije in zgodnje mobilizacije, so predstavljeni v razpredelnici 1.

RAZPRAVA

Raziskava Coste et al. (9) ni pokazala razlik v učinkovitosti primerjanih protokolov konzervativnega zdravljenja pretrgane Ahilove tetive. Ker novejših raziskav o učinkih zgodnje mobilizacije pri konzervativnem zdravljenju pretrgane Ahilove tetive v podatkovnih bazah ni zaslediti, lahko le potrdimo ugotovitve Ameriške akademije ortopedskih kirurgov (8), da zaradi pomanjkanja dokazov dokončnega sklepa o konzervativnem zdravljenju ne moremo podati. Podobno ugotavljamo tudi za dolgoročne učinke pooperativnih protokolov z imobilizacijo ali zgodnjo mobilizacijo poškodovanega dela po operativnem zašitju tetive na končni izid zdravljenja. Razen raziskave Lantta et al. (14), ki ni pokazala razlik med obema protokoloma, ni novejših dokazov o dolgoročni učinkovitosti posameznih pooperativnih protokolov, zato dokončnega sklepa ne moremo podati.

Večina pomembnih prednosti zgodnje mobilizacije je ugotovljenih v zgodnjem pooperativnem obdobju, kar potrjuje kratkoročno učinkovitost fizioterapije z zgodnjo mobilizacijo predela po pretrganini Ahilove tetive. Iz raziskav avtorjev De La Fuenteja et al. (11) in Majewskega et al. (15) lahko sklepamo, da zgodnja mobilizacija omogoča boljšo funkcijo mišic plantarnih fleksorjev gležnja, saj sta raziskavi pokazali, da imajo preiskovanci te skupine boljšo izometrično jakost in vzdržljivost ter manj omejitev pri dvigu na prste poškodovanega spodnjega uda. To sovпада z ugotovitvami pregleda literature avtorjev Huanga et al. (17), da zgodnja mobilizacija v kombinaciji z zgodnjim obremenjevanjem poškodovanega spodnjega uda v primerjavi z imobilizacijo v zgodnji fazi prinaša boljši napredek pri pridobivanju obsega gibljivosti gležnja in mišične zmogljivosti plantarnih fleksorjev. Dve vključeni

raziskavi (10, 13) sta pokazali, da je podaljšanje Ahilove tetive pri zgodnji mobilizaciji in obremenjevanju manjše, kot če je gleženj imobiliziran. Avtorji Kangas et al. (13) so ugotovili, da sta podaljšava Ahilove tetive in funkcijski izid zdravljenja povezana. Ker je zaradi podaljšave Ahilova tetiva ohlapnejša, je potrebna večja aktivacija mišice triceps surae že pred začetkom gibanja gležnja. Posledično je tudi maksimalna sila mišice manjša (18). Večja podaljšava Ahilove tetive torej zmanjša mišično zmogljivost plantarnih fleksorjev in posledično vpliva tudi na funkcijo preiskovanca (17).

Dve raziskavi (11, 15) sta pokazali, da zgodnja mobilizacija omogoča hitrejšo vrnitev na delovno mesto. Zaradi zgodnjega gibanja poškodovanega spodnjega uda je Ahilova tetiva prej sposobna prenesti obremenitve pri stoji in hoji, zato so preiskovanci prej sposobni za normalne delovne obremenitve (19). Kljub temu je čas vrnitve na delo po pretrganju Ahilove tetive precej variiral med posameznimi raziskavami. Vzrok za to so številni dejavniki, kot so različni programi pooperativne obravnave, vrsta in telesna zahtevnost poklica ter motivacija preiskovanca za vrnitev na delo. Costa et al. (9) omenjajo tudi težave s transportom, saj je bila vožnja avtomobila preiskovancem prepovedana. Hitrejšo povrnitev funkcije poškodovanega dela z zgodnjo pooperativno mobilizacijo potrjujejo tudi raziskave (9, 10, 12), ki ugotavljajo, kako hitro se preiskovanci lahko ponovno ukvarjajo z različnimi telesnimi dejavnostmi. Raziskavi avtorjev Coste et al. (9) ter Porterja in Shadbolta (10) sta pokazali, da zgodnja mobilizacija omogoča hitrejšo normalizacijo hoje, hoje po stopnicah in teka. Pri tem je pomembna ugotovitev, da uspešnost obravnave bolje kot čas do vrnitve v športne dejavnosti oceni stopnja zahtevnosti športnih dejavnosti, ki so jo posamezniki sposobni (20). Posamezniki, ki so zgodaj začeli mobilizacijo, so imeli pozneje manj omejitev pri izvajanju športnih dejavnosti (15), zato lahko sklepamo, da zgodnja mobilizacija omogoča boljše pridobivanje spretnosti in telesne pripravljenosti.

Poleg objektivnih meritev je pomembna tudi subjektivna ocena preiskovancev o uspešnosti zdravljenja. V dveh raziskavah (9, 12) je bila subjektivna ocena preiskovancev enaka ne glede na

program obravnave. Avtorji Costa et al. (9) navajajo, da razlik med skupinama niti niso pričakovali, saj vprašalnik EuroQol za merjenje zdravstvenega stanja in kakovosti življenja ocenjuje splošno zdravje in ni usmerjen v lokalne poškodbe. Smiselnost uporabe vprašalnika EuroQol v ta namen je torej vprašljiva. Bolj smiselna je uporaba specifičnih ocenjevalnih orodij, kot je na primer lestvica popolnega pretrganja Ahilove tetive (angl. The Achilles tendon Total Rupture Score – ATRS), ki meri subjektiven občutek omejitev med izvajanjem različnih telesnih dejavnosti po pretrganju Ahilove tetive (21). Preiskovanci v skupini z zgodnjo mobilizacijo so dosegli boljši skupni rezultat ATRS (11) ali pa so imeli manjši občutek omejitev vsaj v nekaterih kategorijah lestvice (10). Tudi dve (15, 16) izmed treh raziskav (12, 15, 16), v katerih so ocenjevali učinkovitost pooperativnih protokolov s podobnimi ocenjevalnimi lestvicami (glej razpredelnico 1), poročata o boljšem rezultatu v skupini z zgodnjo mobilizacijo. Uporabljeni lestvici združujeta tako objektivni kot tudi subjektivni vidik obravnave (15, 16), zato dajeta vpogled v celostni izid pooperativne obravnave. Majewski et al. (15) so pri tem izpostavili, da protokol, ki vključuje zgodnjo mobilizacijo, prinaša večje subjektivno zadovoljstvo preiskovancev s potekom zdravljenja. Ti rezultati kažejo, da protokol z zgodnjo mobilizacijo gležnja v začetni pooperativni fazi po pretrganju Ahilove tetive omogoča boljši celostni uspeh kot protokol z imobilizacijo.

Skrbi za povečano tveganje ponovnega pretrganja Ahilove tetive zaradi zgodnje mobilizacije in obremenjevanja poškodovanega dela raziskave ne potrjujejo, saj je bil delež ponovnih pretrganj v skupini z zgodnjo mobilizacijo približno enak (9–12) ali celo manjši (14, 16) kot v skupini z imobilizacijo. Raziskave so tudi pokazale, da zgodnja mobilizacija ne poveča tveganja za nastanek drugih pooperativnih zapletov, temveč celo zmanjša delež oslabelosti mišic meč (10, 11) ter globoke venske tromboze in pljučne embolije (9, 12). Čeprav so bili protokoli različni, so vsi postopno povečevali obseg gibljivosti gležnja, stopnjo obremenitve gležnja (tudi v primerih takojšnjega polnega obremenjevanja s težo telesa je bil predel dodatno zaščiten z opornico ali

škornjem) in zahtevnost izvajanih vaj, s čimer so zagotovili varen napredek.

ZAKLJUČKI

Na podlagi našega pregleda literature lahko zaključimo, da zgodnja mobilizacija poškodovanega dela po operativnem zdravljenju pretrgane Ahilove tetive kratkoročno omogoča boljšo funkcijo mišic gležnja, hitrejšo usvojitve nekaterih vsakodnevnih dejavnosti, hitrejše ponovno ukvarjanje s športom in manj omejitev pri njegovem izvajanju ter hitrejšo vrnitev na delo. Manj je pooperativnih zapletov in boljša je tudi subjektivna ocena preiskovancev. Iz objavljene literature ni mogoče ugotoviti, ali je hitrejše pooperativno okrevanje posledica predvsem zgodnje mobilizacije kite in sklepa ali pa je pomembnejša zgodnja obremenitev spodnjega uda.

Dolgoročni izid zdravljenja se, kot kaže, med različnimi pooperativnimi protokoli bistveno ne razlikuje, vendar je kakovostnih dokazov za zdaj še premalo za dokončen sklep; podobno velja tudi za konzervativno zdravljenje pretrgane tetive.

LITERATURA

1. Nickisch F (2009). Anatomy of the Achilles tendon. In: Nunley JA, ed. The Achilles tendon: treatment and rehabilitation. New York; London: Springer, 3–16.
2. Heckman DS, Gluck GS, Parekh SG (2009). Tendon disorders of the foot and ankle, part 2: Achilles tendon disorders. *Am J Sports Med* 37 (6): 1223–34.
3. Ajis A, Maffulli N (2007). Management of acute tendo Achillis ruptures. *Foot Ankle Surg* 13 (3): 132–5.
4. Gigante A, Moschini A, Verdenelli A, Del Torto M, Ulisse S, de Palma L (2008). Open versus percutaneous repair in the treatment of acute Achilles tendon rupture: a randomized prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16 (2): 204–9.
5. Kearney RS, Parsons N, Underwood M, Costa ML (2015). Achilles tendon rupture rehabilitation: a mixed methods investigation of current practice among orthopaedic surgeons in the United Kingdom. *Bone Joint Res* 4 (4): 65–9.
6. Sultana SS, MacDermid JC, Grewal R, Rath S (2013). The effectiveness of early mobilization after tendon transfers in the hand: A systematic review. *J Hand Ther* 26 (1): 1–21.
7. Kader D, Mosconi M, Benazzo F, Maffulli N (2005). Achilles tendon rupture. In: Maffulli N,

- Renström P, Leadbetter WB, eds. *Tendon injuries: basic science and clinical medicine*. London: Springer, 187–200.
8. American Academy of Orthopaedic Surgeons (2009). The diagnosis and treatment of acute Achilles tendon rupture: guideline and evidence report. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons. <http://www.orthoguidelines.org/topic?id=1000> <6. 1. 2016>.
 9. Costa ML et al. (2006). Randomised controlled trials of immediate weight-bearing mobilisation for rupture of the tendo Achillis. *J Bone Joint Surg Br* 88 (1): 69–77.
 10. Porter MD, Shadbolt B (2014). Randomized controlled trial of accelerated rehabilitation versus standard protocol following surgical repair of ruptured Achilles tendon. *ANZ J Surg* 85 (5): 373–7.
 11. De la Fuente C, Peña Y Lillo R, Carreño G, Marambio H (2016). Prospective randomized clinical trial of aggressive rehabilitation after acute Achilles tendon ruptures repaired with Dresden technique. *Foot (Edinb)* 26: 15–22.
 12. Groetelaers RP et al. (2014). Functional treatment or cast immobilization after minimally invasive repair of an acute Achilles tendon rupture: prospective, randomized trial. *Foot Ankle Int* 35 (8): 771–8.
 13. Kangas J, Pajala A, Ohtonen P, Leppilahti J (2007). Achilles tendon elongation after rupture repair: a randomized comparison of 2 postoperative regimens. *Am J Sports Med* 35 (1): 59–64.
 14. Lantto I et al. (2015). Early functional treatment versus cast immobilization in tension after Achilles rupture repair: results of a prospective randomized trial with 10 or more years of follow-up. *Am J Sports Med* 43 (9): 2302–9.
 15. Majewski M, Schaeren S, Kohlhaas U, Ochsner PE (2008). Postoperative rehabilitation after percutaneous Achilles tendon repair: early functional therapy versus cast immobilization. *Disabil Rehabil* 30 (20-22): 1726–32.
 16. Jielile J et al. (2015). Clinical outcome of exercise therapy and early post-operative rehabilitation for treatment of neglected Achilles tendon rupture: a randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*: 1–8.
 17. Huang J, Wang C, Ma X, Wang X, Zhang C, Chen L (2015). Rehabilitation regimen after surgical treatment of acute Achilles tendon ruptures: a systematic review with meta-analysis. *Am J Sports Med* 43 (4): 1008–16.
 18. Suydam SM, Buchanan TS, Manal K, Silbernagel KG (2015). Compensatory muscle activation caused by tendon lengthening post-Achilles tendon rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23 (3): 868–74.
 19. Mark-Christensen T, Troelsen A, Kallemose T, Barfod KW (2014). Functional rehabilitation of patients with acute Achilles tendon rupture: a meta-analysis of current evidence. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*: 1–8.
 20. Olsson N, Karlsson J, Eriksson BI, Brorsson A, Lundberg M, Silbernagel KG (2014). Ability to perform a single heel-rise is significantly related to patient-reported outcome after Achilles tendon rupture. *Scand J Med Sci Sports* 24 (1): 152–8.
 21. Nilsson-Helander K et al. (2007). The Achilles tendon total rupture score (ATRS): development and validation. *Am J Sports Med* 35 (3): 421–6.

Vpliv vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda – sistematični pregled literature

The effects of whole body vibration on lower extremity muscle performance – systematic literature review

Tjaša Lipovšek¹, Daša Weber¹, Miroljub Jakovljević¹

IZVLEČEK

Uvod: Vibracije celotnega telesa so mehanski dražljaj, ki vstopi v človeško telo skozi stopala medtem ko oseba stoji na vibracijski plošči v različnih položajih ali izvaja vaje. Ker obstajajo nasprotja glede koristnosti vibracij celotnega telesa in njenih optimalnih parametrov, je bil namen pregleda ugotoviti vpliv vadbe z vibracijami celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda. **Metode:** Pregledana je bila podatkovna zbirka PubMed, iz katere so bile na podlagi postavljenih meril izbrane raziskave za vključitev v pregled. **Rezultati:** Merilom je ustrezalo 15 raziskav, v katerih so primerjali učinkovitost vadbe z vibracijami celotnega telesa z enako vadbo, ki jo je kontrolna skupina izvajala brez vibracij. V devetih raziskavah so ugotovili, da je vadba z vibracijami pri izboljšanju posameznih komponent mišične zmogljivosti učinkovitejša kot vadba, izvedena brez vibracij. V preostalih so ugotovili, da vibracije celotnega telesa nimajo dodatnega učinka. **Zaključki:** Vibracijska vadba ni le primerljiva z vadbo brez vibracij, temveč ima tudi dodatno korist pri izboljševanju mišične zmogljivosti, predvsem komponente maksimalne izometrične mišične sile. Različni vadbeni programi imajo različne vadbene učinke, vendar zaradi prevelikih razlik v uporabljenih metodologijah vibracijske vadbe optimalnih parametrov vibracij in vadbene protokola ni bilo mogoče natančno določiti.

Glavne besede: vibracijska vadba, učinkovitost vibracij, optimalni parametri, izboljšanje zmogljivosti.

ABSTRACT

Background: Whole-body vibration (WBV) represents the mechanical stimulus that enters the human body through the feet, while a person is standing on a vibrating plate in different positions or performing exercises. Because of the existing contradictions as to whether WBV is beneficial and which parameters may be the most suitable, the purpose of the review was to determine the effect of WBV training on lower extremity muscle performance. **Methods:** Literature search was performed on the PubMed database from where, based on the set criteria, studies were selected to be included in the review. **Results:** 15 studies in which they compared the effectiveness of vibration exercise with the same exercise performed without vibration met the criteria. In nine studies, they found that the exercise with vibration is more effective in improving individual components of muscular performance than the exercise without vibration. The rest found no additional effect of WBV. **Conclusions:** Vibration exercise is not only comparable to exercise without vibration, but also has an additional benefit in improving muscle performance, particularly isometric muscle strength. Different protocols have different training effects, but because of many differences in the methodologies used for vibration training, optimal vibration characteristics and exercise protocol could not be accurately determined.

Key words: vibration exercise, vibration efficiency, optimal parameters, improved performance.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

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

Prispelo: 16.10.2016

Sprejeto: 10.11.2016

UVOD

Vibracije celotnega telesa so mehanski dražljaj, ki vstopi v človeško telo skozi stopala, medtem ko oseba stoji na vibracijski plošči v različnih položajih ali izvaja vaje (1, 2, 3). Vibracije se prenašajo od vibracijskega vira po telesu (4) in so močen dražljaj prednostno mišicam spodnjih udov glede na dejstvo, da so te bližje viru vibracij (3).

V raziskavah, v katerih so preučevali učinke vadbenih programov, združenih z vibracijami celotnega telesa, so že ugotovili izboljšanje mišične sile in moči (5). V zadnjih letih so bile vibracijske plošče tako vključene v programe telesne vadbe kot sredstvo za povečevanje mišične sile (6) in so se komercialno oglaševale kot privlačno in učinkovito dopolnilo ali celo alternativa vadbi proti uporju (2). V nasprotju z vadbo proti uporju, pri kateri se funkcijska sila poveča z dodajanjem mase, naprave za vibracije celotnega telesa to storijo z dodajanjem pospeška na telo (7). Mehanizem, s katerim lahko vibracije izboljšajo živčno-mišično zmogljivost, še ni dobro znan (4), najpogosteje pa se pri izpostavljenosti vibracijam celotnega telesa omenja »tonični vibracijski refleks« (8).

Metodologija vibracijske vadbe vključuje izbor parametrov vibracij in vadbeni protokol. Parametri vibracij vključujejo način apliciranja, amplitudo in frekvenco vibracij, medtem ko vadbeni protokol vključuje vrsto vadbe, intenzivnost, volumen in frekvenco vadbe ter število in trajanje obdobja počitka (4). Med dejavnike, ki jih je treba upoštevati pri oblikovanju programov vadbe z vibracijami celotnega telesa, Dolny in Reyes (8) prištevata še tip vibracijske plošče, položaj(e) telesa, trajanje izpostavljenosti vibracijam celotnega telesa na posamezno vadbo in obutev.

Ker je veliko nasprotij v zvezi s tem, ali so vibracije celotnega telesa koristne in kateri so najbolj primerni parametri za doseganje koristi, se v veliko raziskavah zdaj osredotočajo na razvoj specifičnih vadbenih protokolov (6). Namen pregleda je bil ugotoviti vpliv vadbe z vibracijami celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda.

METODE

Pregledali smo splošno podatkovno zbirko PubMed, v kateri smo iskali z naslednjo kombinacijo ključnih besed: »whole body vibration« OR »vibration training« OR »vibration exercise« AND »power« OR »strength« OR »performance« OR »fitness«. Iskanje literature, izvedeno aprila 2016, smo navzdol časovno zamejili z letom 2010. Poleg tega smo iskanje omejili z upoštevanjem le člankov v angleškem jeziku, ki so bili zasnovani kot randomiziran kontroliran poskus, izveden na ljudeh. Polna besedila smo pridobili neposredno v podatkovni zbirki, prek iskalnika Google Scholar ali v knjižnici Fakultete za šport Univerze v Ljubljani. Če sta naslov in izvleček najdenih raziskav ustrezala postavljenim merilom, smo jih uvrstili v drugi krog izbora, v katerem smo natančno prebrali in pregledali članke v celoti ter nadalje izločili neprimerne (končni izbor). Za ovrednotenje metodološke kakovosti raziskav, vključenih v pregled, smo uporabili ocene po lestvici PEDro (9).

V pregled literature so bile vključene raziskave, ki so izpolnjevale naslednja vključitvena merila: raziskave, ki so imele skupino, v kateri je bila statična ali dinamična vadba združena z vibracijami celotnega telesa, ter drugo skupino, ki je izvajala le statično ali dinamično vadbo; raziskave, ki so vsebovale meritve mišične zmogljivosti spodnjih udov; raziskave od leta 2010 naprej; raziskave v angleškem jeziku; randomizirane kontrolirane raziskave.

Izključitvena merila za pregled literature so bila: raziskave, izvedene na živalih; raziskave, v katerih je bila kontrolna skupina pasivna; raziskave brez kontrolne skupine, v katerih je le ena skupina izvedla različne protokole; raziskave, v katerih je kontrolna skupina izvajala drugačen vadbeni program kot skupina z vibracijami celotnega telesa; raziskave, v katerih je bila vadba z vibracijami celotnega telesa primerjana ali združena z drugimi intervencijami, ki niso primarno namenjene krepitvi mišične zmogljivosti; raziskave, v katerih vadbeni program kontrolne skupine ni bil definiran; raziskave s slabo ali nedefiniranimi meritvami mišične zmogljivosti; raziskave, v katerih so bile vibracije aplicirane lokalno; raziskave, v katerih je bila druga noga

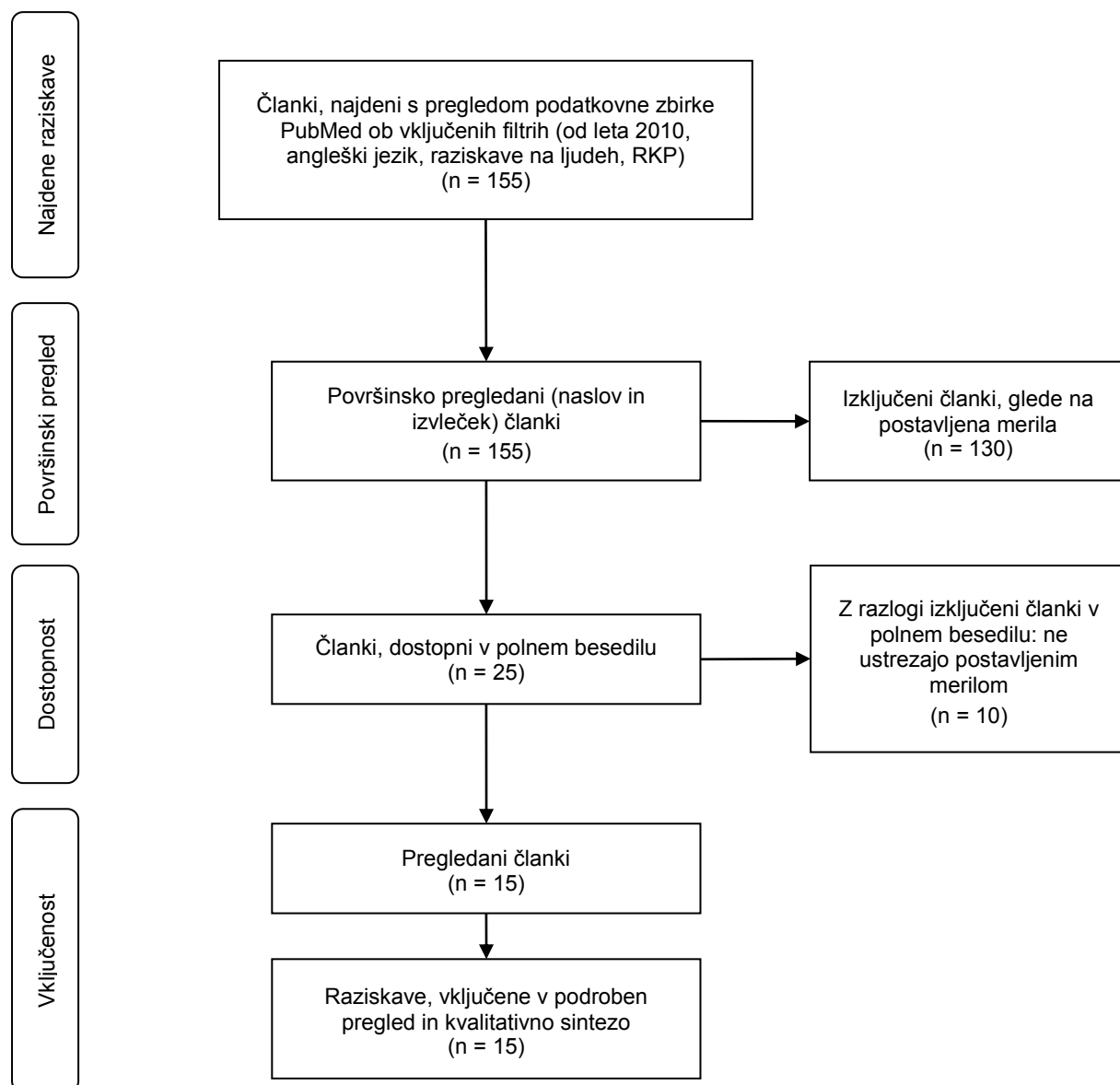
kontrolna noga; raziskave, narejene na osebah s patologijo; raziskave, v katerih je obdobje vadbe trajalo manj kot štiri tedne oziroma je bila izvedena le ena aplikacija vibracij celotnega telesa; raziskave, v katerih so bile vibracije aplicirane le v obdobju počitka med vajami; pregledni članki, študije primerov, navzkrižne raziskave, pilotske raziskave, klinične raziskave in bed rest raziskave.

REZULTATI

Na podlagi vključitvenih in izključitvenih meril je bilo v pregled literature vključenih 15 raziskav, ki so ustrezale vsem merilom. Metoda iskanja in izbora člankov je prikazana na sliki 1.

Značilnosti vključenih raziskav

V vključenih raziskavah so primerjali učinkovitost izvajanja vaj skupaj z vibracijami celotnega telesa z enakimi vajami, ki jih je kontrolna skupina izvajala brez vibracijskega dražljaja. Glede na oceno po lestvici PEDro jih je bilo osem srednje kakovosti in sedem visoke. Za tri raziskave (13, 21, 24) smo natančno oceno pridobili iz specializirane podatkovne zbirke PEDro za fizioterapijo, preostalih pa smo oceno dodelili mi. V sistematičen pregled literature je bilo skupno vključenih 431 zdravih preiskovancev, katerih glavne značilnosti so skupaj z ocenami kakovosti raziskav po lestvici PEDro zajete v razpredelnici 1.



Slika 1: Diagram poteka PRISMA (10), RKP: randomiziran kontroliran poskus

Razpredelnica 1: Značilnosti preiskovancev in ocene PEDro

Podatki o raziskavah			Preiskovanci			
Avtor, leto	Ocene PEDro	Skupine	Povprečna starost (leta)	Velikost vzorca	Spol	Značilnosti preiskovancev
Chen in sod. (11)	4/10	RS1: DV z VCT_VF RS2: DV z VCT_NF KS: DV	20,6 19,3 19,7	16 16 16	M, Ž	Zdravi, zmerno trenirani, mladi odrasli
Fernandez-Rio sod. (12)	in 4/10	RS: SV, DV z VCT KS: SV, DV	17,2 17	28	Ž	Košarkarice
Fernandez-Rio sod. (13)	in 4/10	RS: DV z VCT KS: DV	24,0 23,2	8	Ž	Košarkarice
Marshall in Wyon (14)	4/10	RS: SV, DV z VCT KS: SV, DV	22 25	17	Ž	Študenti s konservatorija za ples – plesalci
Wyon in sod. (15)	4/10	RS: SV z VCT KS: SV	19 21,1	9 9	Ž	Študenti s smeri plesa
Cheng in sod. (16)	5/10	RS: SV z VCT KS: SV	20,3 20,0	11 12	M	Športniki na kolidžu
Roschel in sod. (17)	5/10	RS: DV z VCT KS: DV	35,0 30,8	8 7	NP	Rekreativni tekači
Spiliopoulou in sod. (18)	5/10	RS: SV, DV z VCT KS: SV, DV	56,5 54,8	12 16	Ž	Zdrave ženske srednjih let
Bertuzzi in sod. (19)	6/10	RS: DV z VCT KS: DV	34 31	8 8	NP	Rekreativni vzdržljivostni tekači
Osawa in Oguma (20)	6/10	RS: DV z VCT KS: DV	36,8 37,7	16 16	M, Ž	Zdravi, netrenirani odrasli
Segal in sod. (21)	6/10	RS: DV z VCT KS: DV	52,8 52,8	26 13	Ž	Asimptomatske ženske, stare med 45 in 60 leti, z dejavniki tveganja za osteoartritis kolena
Wang in sod. (22)	6/10	RS1: SV z VCT_DO RS2: SV z VCT_BO KS: SV_DO	20,6 21,1 21,0	7 7 7	M	Vrhunski atleti (tekači)
Mikhael in sod. (23)	7/10	RS1: SV z VCT_PK RS2: SV z VCT_ZK KS: SV_PK	64,4	5 4 7	M, Ž	Odrasli, stari > 50 let, ki ne živijo v domu za ostarele
von Stengel in sod. (24)	7/10	RS: DV z VCT KS: DV	68,8	46 47	Ž	Ženske po menopavzi
Yeung in Yeung (25)	9/10	RS: SV z VCT KS: SV	Ž: 20,3, M: 21,1	10 9	M, Ž	Zdravi, netrenirani odrasli

BO: vadba brez obremenitve; DV: dinamične vaje; DO: vadba z dodatno obremenitvijo; KS: kontrolna skupina; M: moški; NF: nizka frekvenca; NP: ni podatka; PK: pokrčena kolena; RS: raziskovalna skupina; SV: statične vaje; VCT: vibracije celotnega telesa; VF: visoka frekvenca; Ž: ženske; ZK: zaklenjena kolena.

Značilnosti različnih metodologij vibracijske vadbe in njihov vpliv na mišično zmogljivost mišic spodnjih udov

V pregledanih raziskavah so uporabili frekvence vibracij od 12 do 50 Hz. Amplituda vibracij je segala od 0,76 mm do 12,80 mm, pospešek, kjer je bil naveden, pa od 0,30 do 10,68–10,90 g. Vertikalen tip vibracijske plošče so uporabili v devetih raziskavah, nihajnega v eni ter tip, ki deluje v treh ravninah, v dveh. V treh raziskavah niso navedli tipa vibracijske plošče. Vadbo so

preiskovanci izvajali bosi v dveh raziskavah, športne čevlje oziroma čevlje z gumo so imeli obute v treh raziskavah, prav tako nogavice. V preostalih raziskavah niso posredovali informacij o obutvi. Od 15 raziskav v štirih niso stopnjevali obremenitve.

V vključenih raziskavah so vadbeni programi trajali med štirimi tedni in 18 meseci. Frekvenca vadbe je bila v devetih raziskavah dvakrat ter v šestih trikrat na teden. V petih raziskavah so vadbo

z vibracijami celotnega telesa izvajali le s statičnimi vajami, v sedmih so uporabili dinamične vaje ter v treh kombinaciji obeh. V sedmih raziskavah je vadba vsebovala izvajanje le ene vaje, osem jih je vključilo več različnih vaj. Število setov v posameznih raziskavah je bilo med 1–2 in 10 seti vsake vaje. Posamezni seti so trajali od 30 do 80 sekund, počitek med njimi pa od 15 do 180 sekund. Od pregledanih raziskav so v 11 merili le eno komponento mišične zmogljivosti, v treh dve ter v eni vse tri. Mišično silo so merili v desetih raziskavah, od tega so štirikrat merili maksimalno izometrično mišično silo, petkrat maksimalno izokinetično ter trikrat maksimalno breme ene ponovitve. Mišična moč je bila merjena v devetih raziskavah – šestkrat s skokom z nasprotnim gibanjem, po dvakrat z vertikalnim skokom, skokom iz počepa in 15-sekundnim testom maksimalne skakalne zmogljivosti ter po enkrat z močjo potiska nog, močjo nog pri počepu, skokom z nasprotnim gibanjem z zamahom rok in z vzpenjanjem po stopnicah. Lokalno mišično vzdržljivost so merili v eni raziskavi.

V raziskavah so Chen in sodelavci (11), Marshall in Wyon (14), Wyon in sodelavci (15), Cheng in sodelavci (16), Osawa in Oguma (20), Wang in sodelavci (22), Mikhael in sodelavci (23), von Stengel in sodelavci (24) ter Yeung in Yeung (25) ugotovili, da je vadba z vibracijami celotnega telesa učinkovitejša pri izboljšanju mišične zmogljivosti v primerjavi z vadbo, izvedeno brez vibracij. Avtorji preostalih raziskav (12, 13, 17, 18, 19, 21) so prišli do nasprotnih ugotovitev, in sicer, da vadba z vibracijami celotnega telesa ni učinkovitejša od same vadbe pri doseganju izboljšav mišične zmogljivosti spodnjih udov.

RAZPRAVA

Rezultati tega pregleda literature kažejo, da obstajajo srednje močni do močni dokazi, da ima dolgoročno izvajanje vadbe z vibracijami celotnega telesa lahko podobne ali večje pozitivne učinke na mišično zmogljivost v primerjavi z vadbo, izvedeno brez vibracij, saj v nobeni raziskavi niso zanikali izboljšanja mišične zmogljivosti z vadbo z vibracijami celotnega telesa.

Lokalna mišična vzdržljivost je bila merjena le v raziskavi Osawe in Ogume (20), v kateri avtorja

nista zaznala vidnejšega vpliva vadbe z vibracijami celotnega telesa na mišično zmogljivost. Možno razlago za odsotnost učinka navaja Issurin (26), ki kot morebitno posledico vadbe z vibracijami celotnega telesa omenja vključevanje motoričnih enot z visokim pragom, s čimer se posledično vpliva pretežno na hitra mišična vlakna. Če to drži, naj bi vadba z vibracijami celotnega telesa vodila do izboljšanja zmogljivosti, vidnega pri gibih, izvedenih na najvišji ravni, na primer vidno kot hitrejši čas sprinta (26).

Učinek vibracij celotnega telesa na maksimalno izometrično mišično silo so preučevali v štirih raziskavah (16, 20, 22, 24), v katerih so ugotovili, da vadba z vibracijami celotnega telesa pozitivno vpliva na povečanje merjene komponente. Pri tem so se za primerne izkazale frekvence vibracij med 25 in 35 Hz ter amplitude od 1 do 4 mm, aplicirane na vertikalni plošči. Čeprav je zanimanje za izboljšanje maksimalne izotonične in izokinetične mišične sile ter moči z vibracijami celotnega telesa v raziskavah večje (merili so jih vsi razen Cheng in sodelavci (16)), pa je najprimernejše vadbene parametre za doseganje izboljšav teh komponent težje določiti, saj so se uporabljeni parametri med raziskavami veliko bolj razlikovali. Poleg tega so si ugotovitve avtorjev o koristnosti vibracij celotnega telesa za te komponente mišične zmogljivosti nasprotujoče.

Parametri vibracij celotnega telesa

Lou in sodelavci (4) so ugotovili, da naj bi frekvence med 30 in 50 Hz najučinkoviteje aktivirale mišice. Znotraj tega območja se je gibala tudi večina frekvenc v pregledanih raziskavah. V osmih raziskavah od trinajstih, v katerih so uporabili te frekvence, so ugotovili izboljšanje mišične zmogljivosti, kar kaže, da bi višje frekvence res lahko bile primernejše. Uporaba frekvenc pod 20 Hz pa ni priporočljiva, zaradi možnosti pojava resonance tkiv in s tem poškodb (4, 27, 28). V primerjavi z znanimi priporočenimi frekvencami je za amplitudo manj jasno, kolikšna naj bi bila optimalna (4). Na splošno je bila v raziskavah večkrat ugotovljena učinkovitost pri nižjih amplitudah (< 3 mm). Yeung in Yeung (25) sta bila uspešna že z 0,76 mm premika. O pospeških v več kot polovici raziskav niso neposredno poročali, poleg tega pa so bili aplicirani pospeški zelo različni. Znano je le, da je

visok pospešek lahko škodljiv (29). Glede na to, da je zaradi različnih kombinacij frekvenc in amplitud vibracij celotnega telesa zelo zahtevno določiti optimalna priporočila za učinkovit vadbeni program (30), bi bilo treba narediti več raziskav, ki bi ločeno preverjale le vpliv frekvence ali amplitude vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost, ter prav tako poskrbeti za enotno pojmovanje visokih oziroma nizkih frekvenc in amplitud, ki v literaturi velikokrat niso številčno definirane.

Vertikalni oziroma sinhroni tip plošče je bil najpogosteje uporabljen v raziskavah in se je v sedmih od devetih primerov tudi izkazal za učinkovitega. V raziskavah, v katerih so uporabili nihajni tip ali tip, ki deluje v treh ravninah, niso ugotovili večjih učinkov. Poglavitna razlika med ploščama je dejstvo, da nihajna plošča ne more ustvariti istega frekvenčnega razpona kot vertikalna (vertikalna od 30 do 50 Hz, nihajna od 5 do 30 Hz) (1), zaradi česar ne doseže že omenjenih višjih frekvenc, pri katerih je bila ugotovljena največja učinkovitost aktiviranja mišic.

Parametri vadbene protokola

Vadba z vibracijami celotnega telesa naj bi sledila progresivno preobremenitvenemu principu (8), saj se z nenehno uporabo neznanega dražljaja doseže povečan odziv na vadbo (31). V našem pregledu le v štirih raziskavah niso stopnjevali vadbene programa, vendar so, kljub navedbam v literaturi, rezultati pri vseh teh pokazali učinkovitost vibracijske vadbe. Zdi se, da stopnjevanje obremenitve pri vadbi z vibracijami celotnega telesa za doseg izboljšav mišične zmogljivosti ni nujno potrebno.

V vseh raziskavah, v katerih so izvajali le statične vaje, so ugotovili učinkovitost vibracij celotnega telesa ter korist predvsem za povečanje mišične sile. Marín in Rhea (1) svetujeta, da se poleg vibracijske vadbe izvajajo izometrične dejavnosti, saj so tehnično manj zahtevne in se jih da razmeroma preprosto naučiti, vendar je v nadaljevanju treba vključiti tudi dinamična gibanja, da se v celoti dosežejo koristi vibracijske vadbe. Kljub temu se izvajanje obeh vrst vaj v pregledanih raziskavah ni izkazalo za učinkovitejše, kot tudi ne izvajanje le dinamičnih vaj.

Pri mladih, telesno dobro pripravljenih osebah s samo vadbo z vibracijami celotnega telesa morda ne bo prišlo do izboljšav, če vajah ne dodamo zunanega bremena (8). Vaje z dodatno zunanjo obremenitvijo so izvajali v petih raziskavah. Wang in sodelavci (22) so ugotovili, da vibracijska vadba z dodatno obremenitvijo znatno izboljša maksimalno mišično silo vrhunskih mladih atletov. V preostalih raziskavah so bile osebe stare več kot 30 let, dodatno zunanje breme pa razen pri Osawi in Ogumi (20) ni povzročilo izboljšanja mišične zmogljivosti.

Daljše trajanje vadbene programa in večje število vadbenih enot na teden ni imelo vpliva na doseganje izboljšav. Marshall in Wyon (14) sta izboljšanje mišične moči opazila že z izvajanjem vadbe v trajanju štirih tednov s pogostnostjo dvakrat na teden. Prav tako sta Yeung in Yeung (25) opazila izboljšanje maksimalne izokinetične mišične sile po petih tednih vadbe s pogostnostjo dvakrat na teden.

Trajanje izpostavljenosti vibracijam je še en dejavnik, ki ga je treba upoštevati pri preverjanju učinka vibracijske vadbe. Zdi se, da kadar izpostavljenost traja predolgo, pride do pojava mišične utrujenosti (32), zaradi česar bi prekinjajoči se protokoli lahko imeli prednost pred kontinuirano izpostavljenostjo (29), ki je v pregledanih raziskavah niso uporabili. Če pogledamo vpliv skupne dolžine časa izpostavljenosti vibracijam v vadbeni enoti, lahko vidimo, da iz raziskav dobimo precej različne rezultate. Za obe skrajnosti, tako v raziskavi, v kateri so začeli z le 72 oziroma 90 sekundami vibracijskega časa na vadbeno enoto (17), kot v raziskavi s 720 sekundami (18), niso ugotovili večje učinkovitosti vibracij celotnega telesa. Sklepamo lahko, da je optimalen skupen volumen vadbe nekje med omenjenimi trajanji, vendar bi bilo to področje kot področje najbolj učinkovitega odmerjanja volumna, treba bolje raziskati.

Drugi dejavniki vpliva in trajnost učinkov vadbe z vibracijami celotnega telesa

Pomembna ugotovitev tega pregleda literature so tudi razlike v učinkih vibracijske vadbe glede na lastnosti preiskovancev. Če vzorce mladih in oseb srednjih let v pregledanih člankih razdelimo na starejše in mlajše od 30 let, se izkaže, da je vadba

pri preiskovancih, starih manj kot 30 let, učinkovitejša, vendar vzroki za to razliko niso znani. Različni avtorji so že večkrat potrdili koristnost vibracij celotnega telesa za mišično zmogljivost starejših ljudi (3, 8, 33). V tem pregledu smo prišli do enake ugotovitve, saj so v dveh raziskavah, ki so jih opravili na starejših ljudeh, ugotovili, da vibracije celotnega telesa lahko izboljšajo mišično silo (23, 24) in mišično moč (24).

Upoštevati je treba tudi začetno stopnjo telesne pripravljenosti oseb, zaradi katere so v preteklih letih že ugotovili razlike v učinkovitosti vadbe z vibracijami celotnega telesa na mišično zmogljivost (1). V našem pregledu literature se je izkazala nekoliko večja učinkovitost vadbe z vibracijami celotnega telesa pri netreniranih preiskovancih. Pri zmerno do vrhunsko treniranih osebah so sicer v petih (vse z osebami, mlajšimi od 30 let) od devetih raziskav ugotovili učinkovitost vibracij celotnega telesa, vendar bi na podlagi tega težko trdili, da so vibracije celotnega telesa pri športnikih in mlajših, telesno dejavnih osebah, dovolj učinkovite, da bi lahko nadomestile konvencionalno vadbo proti upor. Smiselno pa bi bilo razmisliti o dodajanju vibracij celotnega telesa k običajni vadbi.

Podatki raziskave Marín in sodelavcev (34) kažejo, da nošenje čevljev spremeni živčno-mišični odziv na dražljaje vibracij celotnega telesa, saj lahko pride zaradi podplata do njihovega dušenja. Zdi se, da je med vadbenim programom bolje biti bos ali v nogavicah, saj so v teh primerih rezultati raziskav (16, 20, 22, 23, 25) pokazali pozitivne učinke vibracij, v raziskavah, v katerih so nosili čevlje (17, 19, 21), pa niso ugotovili dodatnih koristi.

Osawa in Oguma (20) sta kot edina v svoji raziskavi preverjala trajnost učinkov vadbe z vibracijami celotnega telesa, in sicer po petih tednih od konca vadbenega programa. Meritve so pokazale, da je po prenehanju vadbe v skupini, ki je imela dodane vibracije celotnega telesa, prišlo do večjega upada mišične sile in moči kot pri tistih z vadbo brez vibracij. Ker sta ugotovila, da sta mišična sila in moč spodnjih udov po vadbi z vibracijami celotnega telesa morda dovezetnejši za kratkoročne posledice izostanka vadbe, bi bilo

trajnost učinkov vibracijske vadbe smiselno podrobneje raziskati.

Omejitve pregleda in smer nadaljnjih raziskav

Pregled literature je dal nekaj pomembnih informacij glede učinkovitosti vibracijske vadbe in njenih dejavnikov, poleg tega pa opredelil številna področja, ki zahtevajo več raziskav. Toda omeniti je treba tudi nekaj pomanjkljivosti narejenega pregleda. Iskanje raziskav je bilo omejeno le na angleški jezik. Poleg tega je bila pregledana le ena baza podatkov in uporabljena točno določena kombinacija iskalnih besed, ki je morebiti izločila potencialne raziskave. Vključene raziskave so večinoma imele majhno število preiskovancev ter redko opisano prikritost dodelitve skupinam, kar je znižalo kakovost raziskav.

Zaradi prevelikih razlik v metodologijah vibracijske vadbe s pregledom literature nismo mogli natančno določiti optimalnih parametrov vibracij ali protokola vadbe, ki najučinkoviteje izboljša mišično zmogljivost. Očitno je, da različni programi vadbe povzročijo različne vadbene učinke, vendar moramo biti pri postavljanju zaključkov previdni in upoštevati, da na razlike v rezultatih lahko vpliva hkratno delovanje več dejavnikov vadbe. Za izboljšanje primerljivosti raziskav bi se preiskovalci morali zavzeti tudi za natančnejše poročanje vseh dejavnikov vadbe z vibracijami celotnega telesa. Kljub temu lahko na podlagi sedanjih rezultatov raziskav sklepamo, da je vadba z vibracijami celotnega telesa učinkovita pri izboljševanju predvsem maksimalne izometrične mišične sile. Če prištejemo še pozitivne vidike te vadbe, kot sta manjša tehnična zahtevnost vadbe v primerjavi z izvajanjem vadbe proti upor s prostimi utežmi ali pliometrično vadbo in potreba po manj prostora kot pri tradicionalno uporabljenih trenažerjih ter navadno tudi po manj časa za njeno izvedbo (1), lahko zaključimo, da se zdijo vibracije celotnega telesa dobra izbira dodatka vadbi, ko želimo povečati mišično zmogljivost spodnjih udov.

ZAKLJUČKI

Iz našega pregleda literature lahko sklepamo, da vibracijska vadba ni le primerljiva z vadbo, izvedeno brez vibracij celotnega telesa, temveč ima tudi dodatno korist pri izboljševanju mišične zmogljivosti pri različnih populacijah. Zaradi

prevelikih razlik v uporabljenih metodologijah vibracijske vadbe med raziskavami še vedno ostaja nekaj vprašanj glede najprimernejših parametrov vibracij in vadbene protokola. V prihodnje bi bilo zato treba narediti več randomiziranih kontroliranih raziskav, v katerih bi preverjali vpliv posameznih dejavnikov. Prav tako je treba bolj raziskati vpliv vadbe z vibracijami celotnega telesa na mišično vzdržljivost in trajnost učinkov vibracijske vadbe na mišično zmogljivost.

LITERATURA

1. Marín PJ, Rhea MR (2010). Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24 (2): 548–56.
2. Nordlund MM, Thorstensson A (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 17 (1): 12–7.
3. Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 17 (1): 2–11.
4. Luo J, McNamara B, Moran K (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 35 (1): 23–41.
5. Osawa Y, Oguma Y, Ishii N (2013). The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 13 (3): 380–90.
6. Da Silva-Grigoletto ME, Vaamonde DM, Castillo E, Poblador MS, García-Manso JM, Lancho JL (2009). Acute and cumulative effects of different times of recovery from whole body vibration exposure on muscle performance. *J Strength Cond Res* 23 (7): 2073–82.
7. Park SY, Son WM, Kwon OS (2015). Effects of whole body vibration training on body composition, skeletal muscle strength, and cardiovascular health. *J Exerc Rehabil* 11 (6): 289–95.
8. Dolny DG, Reyes GFC (2008). Whole Body Vibration Exercise: training and benefits. *Curr Sports Med Rep* 7 (3): 152–7.
9. PEDro. <http://www.pedro.org.au/english/downloads/pedro-scale/> <29. 5. 2016>.
10. PRISMA. <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram.aspx> <13. 10. 2016>.
11. Chen CH, Liu C, Chuang LR, Chung PH, Shiang TY (2014). Chronic effects of whole-body vibration on jumping performance and body balance using different frequencies and amplitudes with identical acceleration load. *J Sci Med Sport* 17 (1): 107–12.
12. Fernandez-Rio J, Terrados N, Fernandez-Garcia B, Suman OE (2010). Effects of vibration training on force production in female basketball players. *J Strength Cond Res* 24 (5): 1373–80.
13. Fernandez-Rio J, Terrados N, Suman O (2012). Long-term effects of whole-body vibration training in high-level female basketball players. *J Sports Med Phys Fitness* 52 (1): 18–26.
14. Marshall LC, Wyon MA (2012). The effect of whole-body vibration on jump height and active range of movement in female dancers. *J Strength Cond Res* 26 (3): 789–93.
15. Wyon M, Guinan D, Hawkey A (2010). Whole-body vibration training increases vertical jump height in a dance population. *J Strength Cond Res*. 2010 Mar; 24 (3): 866–70.
16. Cheng CF, Cheng KH, Lee YM, Huang HW, Kuo YH, Lee HJ (2012). Improvement in running economy after 8 weeks of whole-body vibration training. *J Strength Cond Res* 26 (12): 3349–57.
17. Roschel H, Barroso R, Tricoli V, Batista MA, Acquesta FM, Serrão JC, Ugrinowitsch C (2015). Effects of strength training associated with whole-body vibration training on running economy and vertical stiffness. *J Strength Cond Res* 29 (8): 2215–20.
18. Spiliopoulou SI, Amiridis IG, Tsigganos G, Economides D, Kellis E (2010). Vibration effects on static balance and strength. *Int J Sports Med* 31 (9): 610–6.
19. Bertuzzi R, Pasqua LA, Bueno S, Damasceno MV, Lima-Silva AE, Bishop D, Tricoli V (2013). Strength-training with whole-body vibration in long-distance runners: a randomized trial. *Int J Sports Med* 34 (10): 917–23.
20. Osawa Y, Oguma Y (2013). Effects of combining whole-body vibration with exercise on the consequences of detraining on muscle performance in untrained adults. *J Strength Cond Res* 27 (4): 1074–82.
21. Segal NA, Glass NA, Shakoore N, Wallace R (2013). Vibration platform training in women at risk for symptomatic knee osteoarthritis. *PM R* 5 (3): 201–9.
22. Wang HH, Chen WH, Liu C, Yang WW, Huang MY, Shiang TY (2014). Whole-body vibration combined with extra-load training for enhancing the strength and speed of track and field athletes. *J Strength Cond Res* 28 (9): 2470–7.
23. Mikhael M, Orr R, Amsen F, Greene D, Singh MA (2010). Effect of standing posture during whole body vibration training on muscle morphology and function in older adults: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr* 10: 74.
24. von Stengel S, Kemmler W, Engelke K, Kalender WA (2012). Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-

- controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 22 (1): 119–27.
25. Yeung SS, Yeung EW (2015). A 5-week whole body vibration training improves peak torque performance but has no effect on stretch reflex in healthy adults: a randomized controlled trial. *J Sports Med Phys Fitness* 55 (5): 397–404.
 26. Issurin VB (2005). Vibrations and their applications in sport. A review. *J Sports Med Phys Fitness* 45 (3): 324–36.
 27. Mester J, Kleinöder H, Yue Z (2006). Vibration training: benefits and risks. *J Biomech* 39 (6): 1056–65.
 28. Rittweger J (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol* 108: 877–904.
 29. Cochrane DJ (2011). Vibration exercise: the potential benefits. *Int J Sports Med* 32 (2): 75–99.
 30. Petit PD, Pensini M, Tessaro J, Desnuelle C, Legros P, Colson SS (2010). Optimal whole-body vibration settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors. *J Electromyogr Kinesiol* 20 (6): 1186–95.
 31. Marín PJ, Rhea MR (2010). Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24 (3): 871–8.
 32. Da Silva-Grigoletto ME, De Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, García-Manso JM (2011). Determining the optimal whole-body vibration dose-response relationship for muscle performance. *J Strength Cond Res* 25 (12): 3326–33.
 33. Cardinale M, Wakeling J (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 39 (9): 585–9.
 34. Marín PJ, Bunker D, Rhea MR, Ayllón FN (2009). Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *J Strength Cond Res* 23 (8): 2311–6.

Dejavniki tveganja preobremenitvenih poškodb ramena pri odbojkarjih – pregled literature

Risk factors associated with overuse shoulder injuries in volleyball players – literature review

Renata Vauhnik^{1,2}, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Najpogostejše preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki so tendinitis, nestabilnost, notranji utesnitveni sindrom, primarni in sekundarni subakromialni utesnitveni sindrom in subskapularna nevropatija. Namen pregleda literature je bil ugotoviti dejavnike tveganja za preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki. **Metode:** Pregled literature je bil narejen v podatkovnih zbirkah PubMed, Cochrane Library in Web of Science. V pregled literature so bile vključene vse dostopne raziskave, objavljene do leta 2013. **Rezultati:** Dejavniki tveganja so spol, starost, obremenitev, predhodna poškodba, primanjkljaj notranje rotacije, nesorazmerje jakosti mišic in sindrom lopatice SICK. Dejavniki tveganja so tudi anteriorni položaj ramena, servis s skokom in predhodne poškodbe pri igralcih. Obseg giba zunanje rotacije je pri večini odbojkarjev povečan, notranje pa zmanjšan. Koncentrična in ekscentrična mišična jakost notranjih rotatorjev je večja na dominantni rami odbojkarjev v primerjavi z nedominantno. Koncentrična mišična jakost zunanjih rotatorjev ramena pa je na dominantni rami odbojkarjev manjša v primerjavi z nedominantno stranjo. Razmerje jakosti med ekscentrično zunanjo rotacijo in koncentrično notranjo rotacijo je nizko.

Zaključki: Natančno določeni dejavniki tveganja so bistveni za preventivo poškodb.

Ključne besede: ramenski sklep, šport, preobremenitveni sindrom, dejavniki tveganja.

ABSTRACT

Background: The most common overuse shoulder injuries in volleyball are tendinitis, instability, internal impingement syndrome, subacromial impingement syndrome, secondary or classic impingement syndrome, and subscapular neuropathy. The aim of the literature review is to present most common risk factors for overuse shoulder injuries among volleyball players. **Methods:** The literature review was performed using electronic databases PubMed, Cochrane Library and Web of Science. All available studies published until 2013 were included in the review. **Results:** Risk factors for overuse shoulder injuries in volleyball are gender, age, load, previous injury, glenohumeral internal rotation deficit, imbalanced shoulder strength, SICK scapular syndrome. Other risk factors are also the anterior shoulder position, jump service and previous injuries. Range of the internal rotation of volleyball players is mostly decreased, whilst the range of external rotation is increased. Concentric and eccentric muscle strength of internal rotators is greater on the dominant shoulder as compared to non-dominant. Concentric muscle strength of external rotators on the dominant shoulder is lower in comparison with non-dominant shoulder. Strength ratio between eccentric external rotation and concentric internal rotation is rather low. **Conclusion:** Identifying risk factors are the key step in injury prevention.

Key words: shoulder joint, sport, overuse syndrome, risk factors.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

² Arthron, Sklepne in športne poškodbe, Celje, Slovenija

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

Prispelo: 8.11.2016

Sprejeto: 18.11.2016

UVOD

Profesionalni odbojkar ali odbojkarica, ki trenira približno od 16 do 20 ur na teden, lahko v eni sezoni napadalni udarec izvede tudi do 40.000-krat ali celo večkrat (1). Ob tem pride do velikih obremenitev sklepa in njegovih struktur zaradi ekstremnih amplitud gibov, visokih kotnih hitrostih in navorov pri gibih zgornje okončine, mehanske pomanjkljivosti oziroma neučinkovitosti ramenskih mišic pri elevaciji roke in velikega števila ponovitev gibov nad glavo pri treningu ali na tekmovanjih (2). Cassell (3) poroča, da je med 75 in 90 % poškodb ramena pri odbojki preobremenitvenih.

Najpogostejše preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki so tendinitis, nestabilnost, notranji utesnitveni sindrom, subakromialni ali klasični utesnitveni sindrom, sekundarni utesnitveni sindrom in subskapularna nevropatija. Preobremenitvene poškodbe ramena dominantne rame vrhunskih odbojkarjev se redko zgodijo naključno, k njim namreč v večini primerov prispevajo različni dejavniki tveganja, ki so jim odbojkarji izpostavljeni. Dejavnike tveganja lahko razdelimo v dve skupini: v intrinzične oziroma notranje in ekstrinzične oziroma zunanje dejavnike. Zunanji dejavniki tveganja se lahko prepletajo z notranjimi dejavniki in ko so ti prisotni v zadostni meri, je športnik bolj dovzeten za poškodbe. Notranji dejavniki imajo lastnosti, ki so v neposredni povezavi s športnikom in zaradi katerih ima športnik predispozicijo za določeno vrsto poškodb. Med notranje dejavnike spadajo športnikova starost, spol in morfologija športnika (nepripravljena konstitucija za neki šport, prisotnost deformacij gibalnega sistema – deformacije hrbtenice ali udov); prisotnost bolezni oziroma poškodbe ali posledice prebolelih bolezni ali poškodb; akutna ali kronična utrujenost, pretreniranost, nepazljivost; nevro-mišični dejavniki: mišična jakost in moč, razmerje mišičnih moči nekaterih mišičnih skupin, bilateralne razlike v moči mišic, različni parametri mišične vzdržljivosti, ravnotežje, okretnost in koordinacija, gibljivost sklepov; precenjevanje lastnih psihofizičnih sposobnosti; specifične psihične lastnosti, kot so trema, strah, napetost, motivacija, vplivi zdravil, alkohola ali dopinga; predhodne poškodbe, ki so znane kot najpomembnejši dejavnik tveganja za nastanek športnih poškodb (4). Zunanji dejavniki se nanašajo na šport in vključujejo različne dejavnike,

kot so druga oseba (soigralec, nasprotnik, trener); oprema (obutev, oblačilo, zaščitna sredstva, športni rekviziti); klimatsko-atmosferski pogoji (vidljivost, vročina, vlažnost, veter, megla, UV-sevanje); pomanjkljivi varnostni ukrepi (zaščitne mreže); igralna površina (pretrda, premehka, mokra itn.); druga naključja: pravila igre, pogostost treningov in igralni položaj (4).

Namen pregleda literature je bil podrobneje predstaviti najpogostejše preučevane dejavnike tveganja za preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki.

METODE

Pregled literature je bil narejen s podatkovnimi zbirkami PubMed, Cochrane Library in Web of Science. Ključne besede, ki so bile uporabljene za iskanje literature, so bile v slovenskem jeziku odbojka, preobremenitvene poškodbe ramena in dejavniki tveganja, v angleškem jeziku pa volleyball, overuse shoulder injuries in risk factors. Ključne besede so bile uporabljene posamezno in v različnih kombinacijah. V pregled so bile vključene vse prosto dostopne raziskave v slovenskem in angleškem jeziku, objavljene do leta 2013, ki so obravnavale dejavnike tveganja preobremenitvenih poškodb ramena pri odbojki.

REZULTATI

V pregled je vključenih osem raziskav. Dve raziskavi (4, 5) sta raziskovali različne notranje in zunanje dejavnike, ki bi lahko povzročali bolečino v ramenu. Tri raziskave (6, 7, 8) so se osredotočile predvsem na izokinetično merjenje jakosti oziroma največjih navorov zunanjih in notranjih rotatorjev ramena, razmerje teh navorov, obseg giba notranje in zunanje rotacije ramena ter morebitno asimetrijo oziroma nenormalnosti položaja in gibanja lopatic pri odbojkarjih. Raziskovalce so zanimale razlike pri merjenjih med dominantno in nedominantno roko ter morebitna povezava teh dejavnikov z nastankom preobremenitvene poškodbe ramena. Raziskava Cools in sod. (9) je bila nekoliko drugačna od drugih. Raziskovali so le en dejavnik tveganja, in sicer morebitno povezavo med skapulotorakalnim mišičnim nesorazmerjem in pojavom bolečine v ramenu. Witvrouw in sod. (10) so želeli ugotoviti morebitno povezavo med obsegom giba notranje in zunanje rotacije v ramenu ter prisotnostjo subskapularne nevropatije.

Z elektromiografijo (EMG) so okvirno diagnosticirali subskapularno nevropatijo. Meritve EMG so pokazale popolno deinervacijo m. infraspinatus pri štirih preiskovancih. Stickley in sod. (11) so v raziskavi izmerili največji izokinetični navor zunanjih in notranjih rotatorjev (lateralnih in medialnih) ramena in glede na ta rezultat izračunali predvidevana razmerja med fazo

napenjanja rame (angl. cocking) in fazo pospeševanja (angl. spiking), ki je ključna za udarec. Primerjava je potekala med preiskovankami, ki so že imele poškodbo ramena v preteklosti, in med tistimi, ki poškodbe ramena še niso imele. Povzetek rezultatov raziskav je predstavljen v razpredelnicah 1 in 2.

Razpredelnica 1: Značilnosti in ključni rezultati pregledanih raziskav, objavljenih v letih od 2008 do 2013

	Raziskovani dejavniki tveganja	Statistično pomembni dejavniki tveganja
Forthomme in sod., 2013 (7)	Izokinetična jakost zunanjih in notranjih rotatorjev ramena, razmerje teh jakosti, obseg giba notranje in zunanje rotacije ramena, morebitna asimetrija oziroma nenormalnosti lopatic pri odbojkarjih, skrajšava posteriornega dela sklepne ovojnice in rotatorne manšete, anteriorna pozicija ramena.	Koncentrična in ekscentrična mišična jakost NR je večja na dominantni rami kot na nedominantni, razmerje jakosti pa je bilo nižje na dominantni strani kot na nedominantni. Pri obeh obsegih je prišlo do statistično pomembnih razlik med D in ND roko. Lopatica na dominantni rami je bila v večji abdukciji kot tista na nedominantni. Skrajšava posteriornega dela sklepne ovojnice in rotatorne manšete je bila veliko bolj prisotna na dominantni rami. Dominantna rama preiskovancev je bila v bolj anteriorni poziciji v primerjavi z nedominantno.
Mohseni-Bandpei in sod., 2012 (6)	Spol, starost, ITM (kg/m ²), število let profesionalnega treniranja, stopnja tekmovanja, trajanje ogrevanja, zadovoljstvo z igralno površino, zadovoljstvo s plačo, število dni treniranja na teden, stopnja izobrazbe, status zaposlitve, dominanca roke.	Moški, starostna skupina 20–25, večji ITM, večje število let treniranja, večje število treningov na teden, višja stopnja tekmovanja.
Reeser in sod., 2010 (4)	Spremenjen položaj in gibanje lopatice (SICK sindrom lopatice), pasiven obseg giba (ZR in NR ramena), jakost mišic ramenskega sklepa (izometrična meritev jakosti zunanjih in notranjih rotatorjev proti manualnemu uporu), ravnotežje (stoja na eni nogi), prisotnost utesnitve (test), morebitno omejeno fleksijo ramena v sagitalni ravnini, utesnitev korakoida (skrajšani m. pectoralis, test), morebitno povečano anteriorno laksnost ramenske ovojnice (test), vprašalnik o spolu, starosti, starosti, dominanci roke, o morebitni že predhodni poškodbi ramena, igralnem položaju in vrsti servisa servis z zadržkoma ali skokom).	Starejši, skrajšan m. pectoralis, osnovna stabilnost, ženske, nesorazmerje jakosti ramenskih mišic, utesnitev, napadalci, diagonalni igralci in srednji blokerji, omejena fleksija ramena, skok servis, SICK sindrom lopatice (> 3).
Stickley in sod., 2008 (11)	Razmerja jakosti notranjih in zunanjih rotatorjev ter izračunana razmerja med fazo napenjanja ramena pred udarcem in fazo udarca.	Do razlik je prišlo pri razmerju med ekscentrično notranjo rotacijo ramena in koncentrično zunanjo rotacijo. Preiskovanke, ki so že imele poškodbo ramena, so dosegle nižje razmerje kot tiste, ki poškodbe ramena še niso imele. Na najvišji ravni tekmovanja so preiskovanke, ki so že imele poškodovano ramo, dosegle nižje razmerje med ekscentrično zunanjo rotacijo in koncentrično notranjo rotacijo kot tiste, ki poškodbe še niso imele.

Razglednica 2: Značilnosti in ključni rezultati pregledanih raziskav, objavljenih v letih od 2000 do 2005

	Raziskovani dejavniki tveganja	Statistično pomembni dejavniki tveganja
Cools in sod., 2005 (9)	Neravnovesje v zmogljivosti skapulotorakalnih mišic.	Športniki s simptomi utesnitve so imeli nižjo jakost mišic protractorjev v primerjavi s kontrolno skupino. Na obeh ramenih so preiskovanci s simptomi utesnitve pri počasnejši kotni hitrosti dosegli nižje razmerje navorov mišic protractorjev in retraktorjev.
Wang in Cochrane, 2001 (5)	Izokinetična jakost zunanjih in notranjih rotatorjev ramena, razmerje teh jakosti, obseg giba notranje in zunanje rotacije ramena in morebitna asimetrija oziroma nenormalnosti lopatic pri odbojkarjih.	Koncentrična in ekscentrična mišična jakost NR je večja na D rami kot na ND, zunanji rotatorji D rame pa so bili pri koncentrični kontrakciji šibkejši od tistih na ND. Obseg aktivne notranje rotacije je manjši na dominantni rami od obsega na nedominantni.
Wang in sod., 2000 (8)	Izokinetična jakost zunanjih in notranjih rotatorjev ramena, razmerje teh jakosti, obseg giba notranje in zunanje rotacije ramena.	Obseg notranje rotacije je na dominantni rami manjši od obsega na nedominantni. Koncentrična in ekscentrična mišična jakost NR je večja na dominantni rami kot na nedominantni. Zunanji rotatorji D rame pa so bili pri koncentrični kontrakciji šibkejši od tistih na ND. Razmerje jakosti je bilo nižje na dominantni strani kot na nedominantni.
Witvrouw in sod., 2000 (10)	Obseg giba notranje in zunanje rotacije v ramenu.	Do statistično pomembne razlike med PD-preiskovanci in DD/BP-preiskovanci je prišlo pri meritvi pasivnega giba zunanje rotacije (pri 0°abd na ND rami, pri 30°abd na ND rami, pri 90°abd na obeh ramah). Pri meritvah aktivnega giba je prišlo do razlik pri zunanji rotaciji (pri 90° abd na ND strani). Vse vrednosti so bile večje pri preiskovancih s popolno deinervacijo.

RAZPRAVA

Glavna dejavnika tveganja za preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki sta pogostost treningov in slaba mehanika gibanja lopatice (1, 4). Najpomembnejše funkcije lopatice so prostorska orientacija in stabilizacija, retrakcija in protrakcija po torakalni steni, elevacija acromiona, izvor vseh mišic ramenskega sklepa. Prek lopatice poteka tako pomemben pretok energije v kinetični verigi, ki omogoča normalno funkcijo ramenskemu sklepu (12). Kontraktura posteriorne sklepne ovojnice lahko vodi do povečane protrakcije in inferiornega položaja lopatice med gibanjem (13), kar povzroči anteriorni nagib in nezadostno elevacijo lopatice, oženje subacromialnega prostora in utesnitev mišic rotatorne manšete. Diskinezija lopatice pomeni njeno nenormalno gibanje in moti prenos energije po kinetični verigi. Mišici serratus anterior in spodnji deli trapeziusa, ki sta zadolženi za elevacijo acromiona, sta zato večkrat preobremenjeni in oslabei. Pomanjkanje zadostne

elevacije acromiona velikokrat povzroča funkcionalno utesnitev subacromialnega prostora in je sekundarni razlog za glenohumeralno nestabilnost. Nestabilna lopatica pomeni nestabilen izvor številnim mišicam, ki zato ne morejo maksimalno izkoristiti svoje koncentrične moči, zaradi česar pride tudi do nesorazmerja med mišicami. Največja težava pri diskineziji lopatice se pojavi v pomanjkanju prenosa energije in moči prek lopatice do ramenskega sklepa (12).

Druga dejavnika tveganja, ki povzročata preobremenitvene poškodbe ramena, sta igralna pozicija igralca in način servisa (6, 7, 14). Napadalni udarec je najbolj eksploziven gib pri odbojki. Če upoštevamo, da je število udarcev na sezono 40.000 in več, podatek, da so napadalci pri odbojki bolj ogroženi kot igralci, specializirani za obrambo ali podajo, ni presenetljiv. Ob takem številu udarcev in številu ur treningov na teden pogosto prihaja do preobremenitve. Višja ko je

raven tekmovanja, večja je količina vadbe in močnejši so napadalni udarci igralcev, sile v ramenskem sklepu pa sorazmerno večje, zato je tudi stopnja tekmovanja eden izmed dejavnikov tveganja za nastanek preobremenitvenih poškodb ramena (6). Čeprav se v višjih ligah več časa nameni preventivi pred poškodbami, se pomen tega dejavnika tveganja bistveno ne zmanjša. Poleg napadalnega udarca pa ima ramenski sklep pomembno vlogo tudi pri servisu, s katerim se vsaka posamezna točka pri odbojki začne. Poznamo dva najbolj priljubljena načina servisa: servis z zadržkom (angl. float) in servis s skokom (angl. jump). Igralci, ki servirajo v skoku, so bolj ogroženi za nastanek poškodb v ramenu kot tisti, ki izvajajo servis z zadržkom (14). Razlog za to je preprost. Servis s skokom je skoraj vedno izveden z večjo močjo, zato so sile in navori v ramenskem sklepu ter s tem možnost poškodbe večji. Predhodna poškodba ramenskega sklepa je sama po sebi zelo vpliven dejavnik tveganja. Verjetnost, da se bo odbojkarju ali odbojkarici poškodba še enkrat pripetila, je kar devetkrat večja kot pri tistem, ki poškodbe rame še ni imel (7). Razlog se lahko skriva v nepopolni oziroma napačni diagnostiki, prekratkem ali premalo kakovostnem zdravljenju ali pa je predhodna poškodba posredno ali neposredno povzročila nastanek nove (7).

Dejavniki tveganja, ki bi jih bilo treba dodatno raziskati, so spol, starost in indeks telesne mase (ITM). Ženske, starejši in osebe z višjim ITM naj bi bili bolj dovzetni za preobremenitvene poškodbe ramena (7, 15). Ženske naj bi bile bolj dovzete za nastanek nestabilnosti v ramenu, kar posledično vodi do dodatnih poškodb v ramenu. Vzrok temu so šibkejšje mišice ramena žensk v primerjavi z moškimi (7, 15). Po drugi strani moški igralci pri udarcih razvijejo večjo moč, kar tudi povečuje verjetnost poškodbe (6). Kateri dejavnik ima pri nastanku preobremenitvenih poškodb ramena največji vpliv, še ni jasno. Starejši igralci imajo večje tveganje za nastanek poškodb zaradi fizioloških sprememb, povezanih s staranjem, kljub temu pa so zelo ogroženi tudi mlajši, in sicer zaradi nenadnega povečanja intenzivnosti treningov ob prehodu na višjo tekmovalno raven.

ZAKLJUČKI

Preobremenitvene poškodbe ramena pri odbojki so zelo pogoste. Značilni dejavniki tveganja za

nastanek preobremenitvenih poškodb ramena pri odbojki so neravnovesje ramenskih mišic, spremenjen položaj in gibanje lopatice (sindrom lopatice SICK), spremenjena glenohumeralna gibljivost, igralni položaj, način servisa, neustrezno razmerje med pogostnostjo vadbo in odmori ter predhodna poškodba rame.

LITERATURA

1. Kugler A, Kruger-Franke M, Reininger S, Trouillier HH, Rosemeyer B (1996). Muscular imbalance and shoulder pain in volleyball attackers. *Br J Sports Med* 30 (3): 256–9.
2. Mallon WJ, Hawkins RJ (1994). Shoulder injuries. V P.A.F.H. Renström (Ur), *Clinical practice of sports injury prevention and care*. Oxford: Blackwell scientific.
3. Cassell E (2001). Spiking injuries out of volleyball: a review of injury countermeasures (Raziskovalno poročilo). Victoria: Monash University Accident Research Centre.
4. Reeser JC, Joy EA, Porucznik CA, Berg RL, Colliver EB, Willick SE (2010). Risk factors for volleyball-related shoulder pain and dysfunction. *Phys Med Rehabil* 2: 27–36.
5. Wang HK, Cochrane T (2001). A descriptive epidemiological study of shoulder injury in top level English male volleyball players. *Int J Sports Med* 22 (2): 159–63.
6. Mohseni-Bandpei MA, Keshavarz R, Minoonejhad H, Mohsenifar H, Shakeri H (2012). Shoulder pain in Iranian elite athletes: the prevalence and risk factors. *J Manipulative Physiol Ther* 35 (7): 541–8.
7. Forthomme B, Wieczorek V, Frisch A, Crielaard JM, Croisier JL (2013). Shoulder pain among high-level volleyball players and preseason features. *Med Sci Sports Exerc* 10.
8. Wang HK, Macfarlane A, Cochrane T (2000). Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med* 34 (1): 39–43.
9. Cools AM, Witvrouw EE, Mahieu NN, Danneels LA (2005). Isokinetic scapular muscle performance in overhead athletes with and without impingement symptoms. *J Athl Train* 40 (2): 104–110.
10. Witvrouw E, Cools A, Lysens R, Cambier D, Vanderstraeten G, Victor J, Sneyers C, Walravens M (2000). Suprascapular neuropathy in volleyball players. *Br J Sports Med* 34 (3): 174–80.
11. Stickley CD, Hetzler RK, Freemyer BG, Kimura IF (2008). Isokinetic peak torque ratios and shoulder injury history in adolescent female volleyball athletes. *J Athl Train* 43 (6): 571–7.

12. Kibler WB (1998). The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med* 26 (2): 325–37.
13. Voight ML, Thomson BC (2000). The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. *J Athl Train* 35 (3): 364–372.
14. Reeser JC, Verhagen E, Briner WW, Askeland TI in Bahr R (2006). Strategies for the prevention of volleyball related injuries. *Br J Sports Med* 40 (7): 594–600.
15. Aagaard H, Jorgensen U (1996). Injuries in elite volleyball. *Scand J Med Sci Sports* 6: 228–32.

Vsebina in učinki programov propioceptivne vadbe za spodnje ude – pregled literature

The content and effectiveness of proprioceptive training programmes for the lower limbs – literature review

Urška Puh¹, Mojca Dečman¹, Polona Palma¹

IZVLEČEK

Uvod: Vadba, katere cilj je povečanje propioceptivnega priliva in s tem izboljšanje odziva senzorimotoričnega sistema, se v fizioterapiji pogosto uporablja, vendar pa njena vsebina ni jasno določena. Namen pregleda literature je bil ugotoviti sestavo programov, ki so jih avtorji poimenovali propioceptivna vadba za spodnje ude, in njihove učinke. **Metode:** Pregled literature v podatkovnih zbirkah PubMed in CINAHL. **Rezultati:** V pregled je bilo vključenih deset raziskav s kontrolno skupino, od tega štiri randomizirani kontrolirani poskusi. Opravljene so bile pri športnikih, starostnikih in pacientih z artrozo kolena, zvinom skočnega sklepa ter multiplo sklerozo. Vadbeni programi so trajali od 2 do 12 tednov, dva- do petkrat na teden po 20 do 60 minut. Vsi so obsegali vaje za ravnotežje, nekateri tudi vadbo proti uporu in poskoke. Proprioceptivno funkcijo so neposredno ocenjevali le v štirih raziskavah. Po propioceptivni vadbi so se izboljšali občutek za položaj in gibanje sklepa, ravnotežje, hitrost hoje, jakost mišic in funkcioniranje, zmanjšala se je pojavnost ponovnih poškodb. **Zaključki:** Proprioceptivna vadba je po sestavi programov raznolika. Lahko je učinkovita pri različnih skupinah preiskovancev. Potrebni je več dobro načrtovanih randomiziranih kontroliranih poskusov, s katerimi bi primerjali različno vsebino programov, pa tudi trajanje in frekvenco vadbe.

Ključne besede: propiocepcija, vadbeni protokoli, spodnji ud, propioceptivna vadba, fizioterapija.

ABSTRACT

Background: The training of which the goal is to improve the sensory-motor system through stimulation of the proprioceptors activity is often used in physiotherapy, but its content is not clearly defined. The purpose of the literature review was to establish the content of the programs for the lower limbs, which the authors named proprioceptive training, and their effects. **Methods:** A literature review was conducted using databases PubMed and CINAHL. **Results:** 10 controlled studies, of which four were randomized controlled trials, were included. Studies were conducted on athletes, elderly, and patients with the knee osteoarthritis, ankle sprains, and multiple sclerosis. Training programs varied from 2 to 12 weeks, twice to five times a week for 20 to 60 minutes. In all the programs, balance training was included, and in some muscle strength training and jumps. Proprioceptive function was indirectly assessed in four studies only. After proprioceptive training, improvement of proprioceptive function, balance, walking speed, muscle strength, and functioning, as well as decreased reinjures were reported. **Conclusions:** The content of proprioceptive training programmes is diverse. They can be effective in different subjects groups. Well-designed randomised controlled trials to compare different contents, durations and frequencies of proprioceptive training programmes are needed.

Key words: proprioception, training protocols, lower limb, training program, physiotherapy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Urška Puh, dipl. fiziot.; e-pošta: urska.puh@zf.uni-lj.si

Prispelo: 22.11.2016

Sprejeto: 7.12.2016

UVOD

Proprioceptivna funkcija (globoka senzorika) vključuje občutke oziroma podatke o položaju in gibanju sklepa ter zaznavanju sile, ki se jih lahko zavedamo ali pa so nezavedni (1, 2). Ti podatki se nanašajo na kombinacijo prilivov iz receptorjev v mišicah, fasciji, sklepah in koži (3, 4). Proprioceptorji so: mišično vreteno, Golgijev kitni organ, mehanoreceptorji v sklepni ovojnici in koži, prosti živčni končiči in Pacinijeva telesca (1, 4, 5). Zavedni del proprioceptivnosti prispeva k zavedanju položaja ter gibanja telesa in udov, nezavedni del pa omogoča refleksno uravnavanje mišičnega tonusa in reakcije nadzora drže oziroma ravnotežja. Proprioceptivnost je bistvena za motorično učenje ter nemoteno uravnavanje gibanja prek senzorične povratne informacije in vnaprejšnje sensorimotorično uravnavanje. Vpliva na prostorske in časovne vidike nameravanega gibanja (4, 6). Ocenjevanje lahko vključuje zavedne vidike (angl. aspects) oziroma specifične teste proprioceptivnosti (npr. občutka za položaj in gibanje sklepa) ali nezavedne vidike oziroma nespecifične teste proprioceptivnosti (npr. teste ravnotežja, kinematiko in kinetiko gibanja) (4, 6).

Posledice okvare proprioceptivne funkcije se lahko pojavijo pri starejših (7) in pacientih z okvaro živčevja (8) ali mišično-kostnega sistema (9, 10). Motena proprioceptivnost je združena z akutno ali kronično bolečino, lahko je posledica izliva v sklep, poškodbe tkiv s pripadajočimi proprioceptorji in utrujenosti (4) ali pa je moten prenos in/ali obdelava proprioceptivnih podatkov v osrednjem živčevju. Okvara proprioceptivnosti spodnjih udov je pomemben dejavnik tveganja za padce, oteženo je ohranjanje stabilnega položaja telesa (11). Slabša proprioceptivna funkcija, povezana s staranjem, vpliva na slabše uravnavanje drže, motnje ravnotežja in zmanjšanje samostojnosti ter posledično slabšo kakovost življenja in večjo možnost za nastanek poškodb (12). Okvara proprioceptivne funkcije tudi pri pacientih z mišično-kostnimi poškodbami prispeva k nestabilnosti sklepa, bolečini, šibkosti mišic in motnjam ravnotežja ter poveča tveganje za nastanek novih poškodb (13–17).

Za draženje proprioceptorjev je potrebno premikanje tkiv ali gibanje telesnih segmentov (6). Spodbujanje proprioceptivnega sistema lahko

obsega postopke, ki so usmerjeni v izboljšanje zavednih vidikov proprioceptivnosti ali nezavednih oziroma implicitnih sensorimotoričnih vidikov (6). V ta namen se poleg aktivnih vaj (6, 18) in pasivnega gibanja (6) uporabljajo postopki manualne terapije (npr. sklepna mobilizacija/manipulacija, mobilizacija mehkih tkiv) (18, 19), lepljenje s trakovi (1, 18) in opornice (18), pa tudi ultrazvok (20). Predvideva se, da je aktivnih več proprioceptorjev, če je dražljaj bolj dinamičen in če je gibanje aktivno (21), zato je aktivna vadba verjetno bistveni sestavni del spodbujanja proprioceptivnega sistema (18). Aman in sodelavci (6) so programe oziroma postopke za izboljšanje proprioceptivnosti razdelili na aktivno gibanje in vadbo za ravnotežje, pasivno gibanje, somatosenzorično stimulacijo, somatosenzorično razlikovanje ter kombinacijo vadbe s somatosenzorično stimulacijo ali razločevanjem. V sistematičnem pregledu so ugotovili, da lahko ti programi oziroma postopki pomembno izboljšajo somatosenzorično in sensorimotorično funkcijo (6), vendar ostaja še precej nejasnosti glede optimalne sestave programov in učinkov.

Vadba, katere cilj je povečanje proprioceptivnega priliva in s tem izboljšanje odziva sensorimotoričnega sistema, se v fizioterapiji pogosto uporablja, vendar pa njena vsebina ni jasno določena. Za vadbo, usmerjeno v povečanje proprioceptivnega priliva, je v nadaljevanju uporabljen izraz proprioceptivna vadba. V ta namen se lahko izvajajo različni vadbeni programi, ki obsegajo: 1) aktivno postavljanje sklepa v določen položaj, 2) ponavljanje mišične aktivacije z določeno silo, 3) vaje za koordinacijo (18), 4) vadbo proti uporju (18, 22, 23), 5) vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (različne ravnotežne deske, mehke podlage), z vidnim prilivom in brez njega (18, 24), 6) pliometrične vaje (18, 25, 23) ter 7) vaje na vibracijskih ploščah (18, 26). K vadbi se lahko dodajajo motnje, kot je izvajanje sočasne naloge z zgornjimi udi (npr. lovljenje in metanje žoge). Različni tipi vaj predvidoma delujejo na osrednji živčni sistem na različne načine, nekateri predvsem na supraspinalno raven (npr. male možgane), drugi pa bolj na ravni hrbtenjače ter zato vplivajo na različne vidike proprioceptivnosti v različnih funkcijskih okoliščinah (4, 18).

Predvideva se, da proprioceptivna vadba poveča zavedanje položaja in gibanja telesa ter nezavedno stabilizacijo telesa (27) ter spodbuja aktivnost receptorjev, ki so pomembni za zaznavanje položaja in gibanja udov (6), ter tako izboljša senzomotorično uravnavanje gibanja.

Namen pregleda literature je bil ugotoviti sestavo programov, ki so jih avtorji poimenovali proprioceptivna vadba za spodnje ude, in njene učinke.

METODE

Raziskovalni članki so bili iskani v podatkovnih zbirkah Pubmed (Medline) in CINAHL. Ključne besede, ki so bile uporabljene za iskanje literature, so bile v angleškem jeziku: proprioception, training protocols, lower limb, training program for proprioception (v slovenskem jeziku: propriocepcija, vadbeni protokoli, spodnji ud, vadba za propriocepcijo). Vključene so bile raziskave v angleškem jeziku, ki so bile objavljene v polnem besedilu in so imele v naslovu "proprioceptivna vadba" ali "proprioceptivne vaje" ter so imele preiskovalno in primerjalno skupino. Izključene so bile raziskave, v katerih protokol proprioceptivne vadbe ni bil natančno opisan.

REZULTATI

S ključnimi besedami je bilo najdenih 28 člankov. Na podlagi meril za vključitev in izključitev je bilo analiziranih deset raziskav s kontrolno skupino, od tega so bile štiri randomizirani kontrolirani poskusi (9, 10, 20, 28). Raziskave so bile objavljene med letoma 2002 in 2015.

Značilnosti preiskovancev

V treh raziskavah so ugotavljali učinke proprioceptivne vadbe pri plesalcih in atletih (23, 29) ter zdravih preiskovancih (28). V dveh raziskavah so ugotavljali učinke pri starejših (7, 12). Dve raziskavi sta proučevali učinke pri pacientih z artrozo kolenskega sklepa (9, 20), dve pa pri pacientih s poškodbo in nestabilnostjo skočnega sklepa (10, 30). Ena raziskava je proučevala učinke pri pacientih z multiplo sklerozo (8).

Programi proprioceptivne vadbe

V preiskovalni skupini so vadbeni programi trajali od dva (28) do 12 tednov (9, 29). Najpogosteje je vadba potekala trikrat na teden (10, 12, 20, 23, 29,

30). Trajanje ene vadbene enote je potekalo od 20 (12) do 60 minut (23). Le dve raziskavi sta podali natančne podatke o številu setov in ponovitev vaj (7, 12).

V vseh vadbenih programih so preiskovanci izvajali statične (zadrževanje različnih položajev) in dinamične vaje (hoja, vstajanje) za ravnotežje (7–10, 12, 20, 23, 28–30). Vaje so izvajali na nestabilni površini (ravnotežne deske, mehke blazine) oziroma s postopnim zmanjševanjem podpore ploskve (7–10, 12, 20, 23, 28–30). V nekaj raziskavah so vaje otežili z zunanjo motnjo (npr. žoge, gibanje z drugimi deli telesa) (12, 20, 23, 29). V šestih raziskavah so pri nekaterih vajah izključili vidni priliv (8–10, 12, 23, 29). V treh raziskavah je preiskovalna skupina izvajala le vaje za ravnotežje oziroma gibanje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (7, 8, 12), v štirih so v proprioceptivni program vključili vadbo proti uporu (9, 20, 28, 30), v treh raziskavah (20, 23, 29) so izvajali tudi skoke oziroma poskoke in v dveh raztezanje (20, 28). V eni raziskavi so proprioceptivno vadbo kombinirali z ultrazvokom (20) in v eni so jo dodali k fizioterapevtski obravnavi po zvinu skočnega sklepa (10). Podrobnejši opis vsebine programov proprioceptivne vadbe je predstavljen v razpredelnici 1 in 2. V eni raziskavi (10) so preiskovanci izvajali proprioceptivno vadbo doma, po določenem programu, brez nadzora fizioterapevta.

Dejavnosti primerjalne skupine

Primerjalna skupina v šestih raziskavah ni prejela nobene terapije (kontrolna skupina), nadaljevala je z izvajanjem vsakodnevnih dejavnosti (7, 8, 12, 23, 28, 30). V drugih štirih raziskavah je primerjalna skupina prejela fizioterapevtsko obravnavo brez elementov proprioceptivne vadbe (10), vadbo plesa (29), vadbo proti uporu in ultrazvok (20) ali transkutano električno živčno stimulacijo (TENS) in segrevanje s termopakom (9). Obravnava v primerjalnih skupinah je trajala od štiri (20) do 12 tednov (9, 29). Vadbo so izvajali dvakrat (9) do trikrat na teden (10, 20, 29), trajala je 30 minut (9, 10, 29).

Merilna orodja

V štirih raziskavah so ocenjevali propriocepcijo neposredno, in sicer občutek za položaj sklepa z

Razpredelnica 1: Primerjava dejavnosti preiskovalne in primerjalne skupine ter spremembe oziroma učinki vadbe v raziskavah, objavljenih v letih od 2002 do 2013, v katerih so proučevali vpliv proprioceptivne vadbe

Avtorji/tip raziskave/preiskovanci	Preiskovalna skupina	Primerjalna skupina	Spremembe v preiskovalni in primerjalni skupini
Amrinder in sod. (30) KP poškodba skočnega sklepa	<ul style="list-style-type: none"> – vaje na žogi, ravnotežni deski in telovadni blazini – hoja po neravni površini – vaje z elastičnim trakom 	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ ravnotežja v ES in KS ($p < 0,05$)*, ↑ občutka za položaj sklepa v ES in KS ($p < 0,05$)* – razlika med skupinama ni bila izračunana
Gertenbach (12) KP Starejši	<ul style="list-style-type: none"> – stoja na eni nogi na trdih tleh – stoja na ravnotežni blazini s prenosi teže z noge na nogo, z odprtimi in zaprtimi očmi ter dodajanjem zunanje motnje – stoja na ravnotežni deski 	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ občutka za položaj in gibanje sklepa v ES ($p < 0,001$)*, ni spremembe v KS ($p = 0,31$) – ↑ ravnotežja v ES ($p = 0,03$)*, ni spremembe v KS ($p = 0,92$)
Hupperets in sod. (10) RKP poškodba skočnega sklepa	<ul style="list-style-type: none"> – FT-obravnavna – stoja na prstih z OO in ZO – hoja po prstih z OO in ZO – stoja na eni nogi z izvajanjem fleksije kolena, fleksije kolka oz. z addukcijo druge noge z OO in ZO 	FT-obravnavna	<ul style="list-style-type: none"> – ↓ pojavnosti ponovnega zvina skočnega sklepa v ES ($p < 0,05$)* – KS ni spremembe ($p > 0,05$)
Kumar in sod. (20) RKP artroza kolena	<ul style="list-style-type: none"> – vstajanje s stola brez pomoči rok – nihanje z noge naprej in nazaj v stoječem položaju – stoja na prstih – hoja peta-prsti – skoki na eni nogi na mehkih blazinah – hoja po stopnicah – hoja ali kolesarjenje na sobnem kolesu – raztezanje mišic kolčnega, kolenskega in skočnega sklepa – vaje za izboljšanje mišične jakosti mišic spodnjih udov v odprti kinetični verigi – ultrazvok 	Vadba proti upor, ultrazvok	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ občutka za položaj sklepa ($p < 0,001$)*, ↓ bolečine ($p < 0,001$)*, ↑ funkcije kolena ($p < 0,05$)* v ES in KS – večja sprememba v ES ($p < 0,05$)*
Ljubojević in sod. (29) KP zdravi plesalci	<ul style="list-style-type: none"> – stoja na mehkih blazinah in ravnotežnih deskah z dodatnimi nalogami z OO ali ZO – poligon: postaje z nestabilnimi podlagami – skoki na ravnotežnih deskah 	Vadba plesa	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ ravnotežja v ES in KS ($p = 0,00$)* – večja sprememba v ES ($p = 0,00$)*
Martínez-Amat in sod. (7) KP starejši	<ul style="list-style-type: none"> – šest statičnih in dinamičnih vaj na terapevtskih žogah (Swiss ball) in pol-žogah (BOSU) 	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ ravnotežja ($p < 0,001$)*, uravnavanja drže ($p < 0,001$)* v ES – ni spremembe v KS ($p > 0,05$)
Prosperini in sod. (8) KP multipla skleroza	<ul style="list-style-type: none"> – stoja na obeh ali na eni nogi med premikanjem podporne ploskve v anteroposteriorni, mediolateralni smeri in diagonalno z OO ali ZO 	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ ravnotežja, ↑ hitrosti hoje, ↓ vrtoglavice in utrujanja, ↑ kakovosti življenja v ES ($p < 0,005$)* – ni spremembe v KS ($p > 0,005$)
Šimek Šalaj in sod. (23) KP zdravi atleti	<ul style="list-style-type: none"> – statične in dinamične vaje na obeh in na eni nogi z OO in ZO med stojo na ravnotežnih deskah, dodatne zunanje motnje (manipulacija s predmeti, vadba za jakost) – poskoki 	Brez terapije	<ul style="list-style-type: none"> – ↑ mišične moči in spretnosti spodnjih udov v ES ($p < 0,05$)* – ni spremembe v KS ($p > 0,05$)

*Legenda: ES – preiskovalna skupina, KS – primerjalna skupina, RKP – randomiziran kontroliran poskus, KP – kontroliran poskus, OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; FT – fizioterapevtska, ↑ – izboljšanje/povečanje, ↓ – zmanjšanje, *statistično značilna razlika ($p \leq 0,05$)*

Razpredelnica 2: Primerjava dejavnosti preiskovalne in primerjalne skupine ter spremembe oziroma učinki vadbe v raziskavah, objavljenih leta 2015, v katerih so proučevali vpliv proprioceptivne vadbe

Avtorji/tip raziskave/preiskovanci	Preiskovalna skupina	Primerjalna skupina	Spremembe v preiskovalni in primerjalni skupini
Cho in sod. (9) RKP artroza kolena	– stoja na nestabilni ravnotežni plošči (Torsiomed) – stoja na obeh nogah z OO – stoja na eni nogi z OO – stoja na eni nogi z ZO – izometrične kontrakcije mišice kvadricepsa sede in leže na hrbtu	TENS, termopak	– ↑ občutka za položaj sklepa, ↓ addukcijskega navora kolena v fazi opore v ES in KS ($p < 0,05$)* – večja sprememba v ES ($p < 0,05$)*
Karakaya in sod. (28) RKP zdravi	– stoja na ravnotežni deski – vaje za izboljšanje mišične jakosti mišic skočnega sklepa – raztezanje mišic skočnega sklepa	Brez terapije	– ↑ ravnotežja v ES in KS ($p < 0,05$)* – večja sprememba v ES ($p < 0,05$)*

Legenda: ES – preiskovalna skupina, KS – primerjalna skupina, RKP – randomiziran kontroliran poskus, KP – kontroliran poskus, OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; FT – fizioterapevtska, ↑ – izboljšanje/povečanje, ↓ – zmanjšanje, *statistično značilna razlika ($p \leq 0,05$)

gravitacijskim inklinometrom (30), elektrogoniometrom (20) in rentgenskim slikanjem (9), ter občutek za položaj in gibanje sklepa s Harrinsonovim testom (12). Za ocenjevanje uravnavanja drže oziroma ravnotežja so uporabili pritiskovno (7) in elektronske premične plošče (8, 28, 30), Bergovo lestvico za oceno ravnotežja (7, 12) in Tinettijevo lestvico (7). Pri zdravih športnikih so ocenjevali stojo na eni in obeh nogah, z odprtimi in zaprtimi očmi, vzdolžno in prečno na ravnotežni deski (29) ter mišično moč in spretnost pri izvajanju skokov (23). V eni raziskavi (9) so s 3D-sistemom za analizo gibanja spremljali tudi addukcijski navor v kolenskem sklepu, v drugi raziskavi (8) pa so s testom hoje na 25 čevljev merili hitrost hoje.

Bolečino so vrednotili v eni raziskavi, z vidno analogno lestvico (20). Pri pacientih z multiplo sklerozo so spremljali prisotnost vrtoglavice in drugih okvar ter ocenjevali utrujanje z lestvico za ugotavljanje utrujanja (8). Uporabili so tudi vprašalnik o napredovanju vadbe, učinkih in pojavnosti zvina skočnega sklepa (10), indeks artroze univerz Zahodnega Ontaria in McMaster (angl. Western Ontario and McMaster universities arthritis index – WOMAC) (20) ter vprašalnik o kakovosti življenja pri pacientih z multiplo sklerozo (8).

Učinki programov proprioceptivne vadbe

V raziskavi (28), v kateri je skupina mladih zdravih preiskovancev izvajala proprioceptivno vadbo, so poročali o izboljšanju ravnotežja. Pri

športnikih so poleg izboljšanja ravnotežja (29) poročali tudi o izboljšanju odzivne moči pri skokih (23). Prav tako sta se pri starejših ljudeh po proprioceptivni vadbi izboljšala ravnotežje (7, 12) in občutek za položaj in gibanje sklepov (12). Pri pacientih z artrozo so poročali o izboljšanju občutka za položaj kolenskega sklepa, o zmanjšanju bolečine, izboljšanju funkcije kolenskega sklepa, ocenjene z WOMAC (20), o izboljšanju občutka za položaj sklepa in o zmanjšanju addukcijskega navora v kolenskem sklepu v fazi opore (9). Pri športnikih z nestabilnim skočnim sklepom sta se po vadbi izboljšala ravnotežje in občutek za položaj skočnega sklepa (30). Hupperets in sodelavci (10) so poročali o zmanjšanju pojavnosti ponovnega zvina skočnega sklepa. Tudi pri pacientih z multiplo sklerozo so poročali o izboljšanju ravnotežja, pa tudi o povečanju hitrosti hoje. Zmanjšala se je prisotnost vrtoglavic in utrujenosti, izboljšala se je kakovost življenja (8). Spremembe v izidih preiskovalnih in primerjalnih skupin v posameznih raziskavah so povzete v razpredelnicah 1 in 2.

RAZPRAVA

Čeprav se proprioceptivna vadba v fizioterapiji pogosto uporablja, še ni jasnega dogovora o optimalni sestavi programov. Vsebina vadbe, ki jo avtorji imenujejo proprioceptivna vadba, je lahko zelo raznolika. To so ugotovili tudi Aman in sodelavci (6), ki so v sistematičnem pregledu analizirali postopke za spodbujanje proprioceptivnega sistema, in sicer aktivno gibanje

ter vadbo za ravnotežje, pasivno gibanje, somatosenzorično stimulacijo in razlikovanje. Opozoriti je treba, da so ti avtorji vse navedene postopke uvrstili med proprioceptivno vadbo (angl. proprioceptive training). Naš pregled literature je bil osredotočen le na vadbene programe, ki so jih avtorji v naslovu članka opredelili kot proprioceptivna vadba oziroma proprioceptivne vaje, in sicer le za spodnje ude. Poleg tega smo se v primerjavi s predhodnim pregledom (6) omejili le na študije s kontrolno skupino.

Po pregledu desetih raziskav ugotavljamo, da so se programi proprioceptivne vadbe, kot so jih poimenovali avtorji, med seboj vsebinsko in količinsko precej razlikovali. Kljub temu je v vseh pregledanih raziskavah (7–10, 12, 20, 23, 28–30) prišlo do večjega izboljšanja opazovanih spremenljivk v skupinah s proprioceptivno vadbo kot v primerjalnih skupinah. Na podlagi tega bi lahko sklepali, da so programi proprioceptivne vadbe bolj učinkoviti za izboljšanje proprioceptivne funkcije in sensorimotoričnega uravnavanja gibanja kot dejavnosti kontrolne skupine. Pri tem sklepanju pa se je treba zavedati precejšnje omejitve obstoječih raziskav, saj so od pregledanih raziskav le štiri randomizirani kontrolirani poskusi (9, 10, 20, 28). V njih so ugotovili statistično pomembno večje izboljšanje občutka za položaj sklepa (9, 20), ravnotežja (28), zmanjšanje bolečine (20) in izboljšanje funkcioniranja (20), tako pri zdravih preiskovancih (28) kot pri pacientih z artrozo kolena (9, 20) in nestabilnostjo skočnega sklepa (10).

V štirih raziskavah (9, 12, 20, 30) od desetih, ki so bile vključene v pregled, so proprioceptijo ocenjevali neposredno, to je s specifičnimi testi, ki ocenjujejo zavedne vidike, in sicer z različnimi metodami. V vseh štirih raziskavah je prišlo do pomembnih razlik v izboljšanju občutka za položaj (9, 12, 20, 30) in gibanje sklepa (12) med primerjalno in preiskovalno skupino.

V šestih raziskavah proprioceptije niso ocenjevali neposredno, vendar so avtorji na podlagi ocenjevanja ravnotežja (7, 8, 28, 29), hitrosti hoje (8) ter mišične moči in spretnosti spodnjih udov pri skokih (23) ter vprašalnika o pojavnosti zvina skočnega sklepa (10) sklepali, da je prav tako prišlo do izboljšanja proprioceptivne funkcije. Po

proprioceptivni vadbi je prišlo do pomembno večjega izboljšanja ravnotežja v primerjavi s primerjalno skupino v vseh šestih raziskavah, v katerih so ga ocenjevali (7, 8, 12, 28–30). V teh raziskavah so ugotavljali učinke proprioceptivne vadbe na nezavedne vidike proprioceptije. Čeprav s testi ravnotežja lahko ocenimo integrirano sensorimotorično uravnavanje ravnotežja, se moramo zavedati, da spremembe izidov teh testov niso odvisne le od sprememb proprioceptivne funkcije (18). Ljubojevič in sodelavci (29) so izboljšanje ravnotežja pojasnili z boljšo aktivacijo mišičnih skupin (primarno sklepnih stabilizatorjev), ki so bile aktivne med vadbo. Avtorji so predvidevali, da se bo kot posledica večjega ravnotežja po proprioceptivni vadbi pogostnost padcev zmanjšala pri starejših (7, 12) in pacientih z multiplo sklerozo (8). Prosperini in sodelavci (8) so predvidevali, da ima izboljšanje proprioceptivne funkcije pomembno vlogo pri zmanjševanju strahu pred padci ter tako vpliva na lažje izvajanje vsakodnevnih dejavnosti, čeprav tega niso ocenjevali.

Zaradi aferentnih prilivov iz sklepnih in mišično-kitnih mehanoreceptorjev v osrednji živčni sistem, ki jih povzročajo, bi po mnenju Clarka in sodelavcev (18) lahko vsako aktivno vadbo obravnavali kot proprioceptivno vadbo. Čeprav ima lahko posamezna vaja, ki jo dovolj dolgo ponavljamo, učinke na več telesnih sistemov (18), je znano, da so učinki programa vaj specifični za izvedene naloge ali vaje in udeležene mišice (31). V našega in predhodne (4, 6, 18) preglede literature so bile vključene raziskave, v katerih so se avtorji opredelili, da je namen njihovega programa vadbe povečati proprioceptivni priliv in tako izboljšati funkcijo sensorimotoričnega sistema. Kaže, da redno izvajanje kompleksnih gibalnih vzorcev spodbuja odzivnost perifernih receptorjev, izboljša senzorično povratno informacijo (proprioceptijo) ter posledično izboljša sensorimotorično uravnavanje gibanja (32).

V vseh pregledanih raziskavah je proprioceptivna vadba obsegala vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini (7–10, 12, 20, 23, 28–30). V šestih raziskavah so z izključitvijo vidnega priliva želeli spodbuditi delovanje vestibularnega sistema in izboljšati občutek za položaj ter gibanje sklepov (8–10, 12, 23, 29).

Lahko rečemo, da so bile nekatere od vaj za ravnotežje v teh raziskavah hkrati tudi vaje za koordinacijo celega telesa. V treh raziskavah (20, 23, 29) so izvajali tudi skoke oziroma poskoke, vendar je zaradi pomanjkljivih opisov izvedbe težko razbrati, ali je šlo za pliometrične vaje.

V štirih raziskavah (9, 20, 28, 30) so v proprioceptivno vadbo vključili vadbo proti upor. V vseh omenjenih raziskavah je sicer prišlo do statistično pomembnega izboljšanja občutka za položaj sklepa (9, 20, 30) in/ali ravnotežja (28, 30) v obeh skupinah, ki je bilo pomembno večje v preiskovalni skupini glede na primerjalno v treh raziskavah (9, 20, 28), v eni raziskavi (20) pa o tem izračunu niso poročali. Pri tem je zanimivo, da je do izboljšanja občutka za položaj sklepa prišlo tudi v kontrolnih skupinah brez terapije, v katerih so preiskovanci izvajali le vsakodnevne dejavnosti (28, 30). Amrinder in sodelavci (30) so razložili, da z raztegom mišice med vadbo proti upor povečamo aktivnost mišičnega vretena, zato pride do večjega proženja akcijskih potencialov, kar izboljša informacijo o zaznavanju položaja in gibanja sklepa. Ti avtorji menijo, da je draženje mišičnega vretena pri izboljšanju proprioceptivne pomembnejše kot samo draženje sklepnih mehanoreceptorjev. Kumar in sodelavci (20) pa so vadbo proti upor vključili tako v program preiskovalne kot tudi primerjalne skupine, ki je bila poleg tega obravnavana še z ultrazvokom, kar lahko tudi spodbuja delovanje proprioceptorjev (20). Kljub temu sta bila izboljšanje občutka za položaj sklepa in funkcijskih zmožnosti po WOMAC ter zmanjšanje bolečine statistično pomembno večja v preiskovalni skupini, ki je izvajala še vaje na mehkih blazinah, z zmanjševanjem podporne ploskve in dodajanjem zunanjih motenj (20). Podobno so tudi v raziskavah, ki niso bile vključene v pregled, po proprioceptivni vadbi poročali o povečanju mišične jakosti fleksorjev in ekstenzorjev kolena (33).

Vadbeni programi v pregledanih raziskavah niso vključevali aktivnega postavljanja sklepa v določen položaj, ponavljanja mišične aktivacije z določeno silo in vaj na vibracijskih ploščah, tipov aktivnih vaj, ki so bili prav tako opredeljeni za proprioceptivno vadbo (18). Aman in sodelavci (6) so s sistematičnim pregledom ugotovili, da se

izsledki raziskav nagibajo k večjim učinkom programov, ki kombinirajo pasivno in aktivno gibanje z vidno povratno informacijo in brez nje. V raziskavah, vključenih v naš pregled, proprioceptivne vadbe niso kombinirali s pasivnim gibanjem, postopki manualne terapije in drugimi pasivnimi postopki za spodbujanje delovanja proprioceptivnega sistema ter s somatosenzorično stimulacijo in razlikovanjem.

Vadbeni programi proprioceptivne vadbe so trajali različno dolgo in imeli različno frekvenco vadbe, vendar so se kljub temu v vseh pregledanih raziskavah pokazali pozitivni učinki vadbe. V raziskavi (12) pri starostnikih, v kateri je vadbeni enota trajala najkrajši čas (20 minut), je po vadbi prav tako prišlo do pozitivnih rezultatov. Najdlje je ena vadbeni enota trajala v raziskavi (23), v katero so bili vključeni športniki (60 minut). V tej skupini je prišlo do izboljšanja odzivne moči pri skokih. Ravnotežje se je izboljšalo že po dveh tednih proprioceptivne vadbe pri zdravih mladih preiskovancih (28), vendar pa v tej raziskavi proprioceptivne niso ocenjevali s specifičnimi testi. Po štirih tednih vadbe so poročali o izboljšanju občutka za položaj sklepa in funkcijskih zmožnosti pri pacientih z artrozo kolena (20). Sklepamo lahko, da proprioceptivna vadba razmeroma hitro vpliva na izboljšanje proprioceptivne funkcije.

Izvajanje fizioterapevtskih postopkov elektroterapije (TENS) (9), vadbe plesa (29) ter, kot že omenjeno, vadbe proti upor in ultrazvoka (20) v primerjalnih skupinah je prav tako vplivalo na izboljšanje občutka za položaj sklepa, zmanjšanje addukcijskega navora v kolenskem sklepu (9), na izboljšanje ravnotežja (29), zmanjšanje bolečine in izboljšanje funkcijskih zmožnosti (20), zaradi česar je razlika v učinkovitosti proprioceptivne vadbe lahko manjša, kot bi bila, če bi jo primerjali s pravo kontrolno skupino. Ugotavljamo, da optimalna sestava programa proprioceptivne vadbe in njeni mehanizmi delovanja oziroma spodbujanja proprioceptivnega sistema še niso jasni.

ZAKLJUČKI

Po pregledu literature ugotavljamo, da so avtorji pod pojmom proprioceptivna vadba za spodnje ude izvajali vsebinsko precej različne vadbene programe. Proprioceptivna vadba je v pregledanih

raziskavah obsegala vaje za ravnotežje oziroma vaje na zmanjšani in/ali nestabilni površini z dodajanjem zunanje motnje in z izključitvijo vidnega priliva, vključno z vajami za koordinacijo celega telesa. Tudi vadba proti uporju je lahko pomemben element proprioceptivne vadbe. V proprioceptivno vadbo so bili vključeni tudi poskoki. Vadbeni programi so se razlikovali v trajanju vadbenega obdobja, frekvenci vadbe in trajanju vadbe.

V pregledanih raziskavah je imela proprioceptivna vadba za spodnje ude učinke na izboljšanje občutkov za položaj in gibanje sklepa ter na izboljšanje ravnotežja in hitrosti hoje ter jakosti mišic stabilizatorjev kolenskega in skočnega sklepa. Izkazala se je kot učinkovita preventiva pred ponovnim zvinom gležnja. Poleg tega se je pri pacientih z artrozo kolena zmanjšala bolečina, pri pacientih z multiplo sklerozo pa izboljšala kakovost življenja.

Potrebni je več dobro načrtovanih randomiziranih kontroliranih poskusov pri različnih skupinah preiskovancev, s katerimi bi primerjali različno vsebino programov proprioceptivne vadbe, pa tudi trajanje in frekvenco vadbe.

LITERATURA

- Martin J, Jessell T (1991). Modality coding in the somatic sensory system. In: Kandel E, Schwartz J, Jessell T, eds. Principles of neural science. 3rd ed. London: Prentice-Hall International Inc., 341–52.
- Riemann B, Lephart S (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train* 37: 71–9.
- Liepert J, Graef S, Uhde I, Leidner O, Weiller C (2000). Training-induced changes of motor cortex representations in stroke patients. *Acta Neurol Scand* 101: 321–6.
- Röijezon U, Clark CN, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther* 20: 368–77.
- Schmitz TJ (2007). Examination of sensory function. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ, eds. Physical rehabilitation, 5th ed. Philadelphia: FA Davis Co., 138–56.
- Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, Konczak J (2015). The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Hum Neurosci* 8 (1075): 1–18.
- Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Lomas-Vega R, Caballero-Martínez I, Alvarez PJ, Martínez-López E (2013). Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults: a controlled clinical trial. *J Strength Cond Res* 27 (8): 2180–8.
- Prosperini L, Leonardi L, De Carli P, Mannocchi ML, Pozzilli C (2010). Visio – proprioceptive training reduces risk of falls in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler* 16 (4): 491–9.
- Cho Y, Kim M, Lee W (2015). Effect of proprioceptive training on foot posture, lower limb alignment, and knee adduction moment in patients with degenerative knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci* 27: 371–4.
- Hupperets MDW, Verhagen E, Heymans MW, Bosmans JE, van Tudler MW, van Mechelen W (2010). Potential savings of a program to prevent ankle sprain recurrence economic evaluation of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 38 (11): 2194–200.
- Rossat A, Fantino B, Nitenberg C, Annweiler C, Poujol L, Herrmann FR, Beauchet O (2010). Risk factors for falling in community-dwelling older adults: which of them are associated with the recurrence of falls? *J Nutr Health Aging* 14 (9): 787–91.
- Gertenbach HJ (2002). The influence of proprioceptive training on the functional balance of older adults. Stellenbosch: University of Stellenbosch.
- Carter ND, Jenkinson TR, Wilson D, Jones DW, Torode AS (1997). Joint position sense and rehabilitation in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Br J Sports Med* 31 (3): 209–12.
- Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE et al. (2012). Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? *Br J Sports Med* 46 (3): 180–92.
- Héroux ME, Tremblay F (2005). Weight discrimination after anterior cruciate ligament injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 86 (7): 1362–8.
- Lee HM, Cheng CK, Liau JJ (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee* 16 (5): 387–91.
- Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *J Athl Train* 37 (4): 487–93.
- Clark CN, Röijezon U, Treleaven J (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther* 20: 378–87.

19. Henriksen M, Höjrup A, Lund H, Christensen L, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H (2004). The effect of stimulating massage of thigh muscles on knee joint position sense. *Adv Physiother* 6 (29): 29–36.
20. Kumar S, Kumar A, Kumar R (2013). Proprioceptive training as an adjunct in osteoarthritis of knee. *J Musculoskelet Res* 16 (1): 1–10.
21. Lederman E (2010). *Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapies: principles to practice*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
22. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL (1998). Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *J Athl Train* 33: 310–4.
23. Šimek Šalaj S, Milanović D, Jukić I (2007). The effects of proprioceptive training on jumping and agility performance. *Kinesiology* 39 (2): 131–41.
24. Westlake KP, Wu Y, Culham EG (2007). Sensory-specific balance training in older adults: effect on position, movement, and velocity sense at the ankle. *Phys Ther* 87 (5): 560–8.
25. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, MD, Fu HF (2002). The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg* 11 (6): 579–86.
26. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee* 16: 256–61.
27. Rogol IM, Ernst G, Perrin DH (1998). Open and closed kinetic chain exercises improve shoulder joint reposition sense equally in healthy subjects. *J Athl Train* 33 (4): 315–8.
28. Karakaya MG, Rutbil H, Akpinar E, Yildirim A, Karakaya IC (2015). Effect of ankle proprioceptive training on static body balance. *J Phys Ther Sci* 27: 3299–302.
29. Ljubojević A, Bijelić S, Zagorc M, Radisavljević L, Uzunović S, Pantelić K (2012). Effects of proprioceptive training on balance skills among sport dance dancers. *Kinesiology (Zagreb)* 10 (3): 257–66.
30. Amrinder S, Deepinder S, Singh SJ (2012). Effect of proprioceptive exercises on balance and center of pressure in athletes with functional ankle instability. *Medicina sportiva* 8 (3): 1927–33.
31. ACSM – American College of Sports Medicine (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
32. Thompson KR, Mikesky AE, Bahamonde RE, Burr DB (2003). Effects of physical training on proprioception in older women. *J Musculoskel Neuron Interact* 3 (3): 223–31.
33. Waddington Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med* 22 (4): 285–90.

Patofiziologija skeletne mišice pri cerebralni paralizi

Pathophysiology of skeletal muscle in cerebral palsy

Urška Matkovič^{1*}, Vid Jan^{1*}, Klemen Dolinar^{1,2}, Nives Škorja^{1,2}, Katarina Miš¹, Tomaž Marš¹,
Matej Podbregar^{1,3}, Sergej Pirkmajer¹

IZVLEČEK

Cerebralna paraliza je klinični sindrom, ki se kaže predvsem z motnjami gibanja in drže, ki nastanejo kot posledica trajne okvare razvijajočih se možganov. Ta okvara neposredno in posredno vodi v nastanek mišičnih skrajšav, ki omejujejo gibljivost sklepov. Pri spastični obliki cerebralne paralize je ta omejena zaradi funkcijskih in strukturnih sprememb refleksa na razteg in skeletne mišice. V začetnem obdobju gibljivost sklepov omejuje predvsem zvišan mišični tonus, ki je posledica čezmerno vzdraženega refleksa na razteg. Pozneje se razvijejo strukturne spremembe v mišici, ki povzročijo nastanek pravih mišičnih skrajšav. Zanje sta značilna skrajšanje mišičnih vlaken in hipertrofija vezivnega tkiva. Kako okvara možganov povzroči strukturne spremembe v mišici, ni jasno. Izsledki zadnjih raziskav pa kažejo, da je pri cerebralni paralizi število mišičnih satelitskih celic zelo znižano, kar bi lahko neposredno prispevalo k nastanku skrajšav. Če bodo nadaljnje raziskave potrdile ta mehanizem, bi to lahko vodilo k novim oblikam zdravljenja skrajšav pri cerebralni paralizi.

Ključne besede: cerebralna paraliza, skeletna mišica, spastičnost, skrajšava, satelitske celice.

ABSTRACT

Cerebral palsy is a clinical syndrome characterized primarily, but not exclusively, by movement and posture disorders, which arise due to injury to the developing brain. This injury directly and indirectly leads to contractures, which limit range of joint motion. Contractures develop due to functional and structural alterations affecting the stretch reflex and skeletal muscle. In the early stages of spastic cerebral palsy joint motion is limited mainly due to increased muscle tone, which is caused by overactivity of the stretch reflex. Later on, structural alterations in skeletal muscle lead to fixed contractures, which are characterized by shorter muscle fibers and hypertrophy of the extracellular matrix. Mechanisms by which injury to the developing brain leads to structural alterations in skeletal muscle are obscure. Interestingly, recent findings suggest that the number of muscle satellite cells is reduced in cerebral palsy, which may directly contribute to development of contractures. This mechanism, if confirmed, might lead to novel therapeutic approaches for contractures in cerebral palsy.

Key words: cerebral palsy, skeletal muscle, spasticity, contracture, satellite cells.

¹ Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za patološko fiziologijo, Ljubljana

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

³ Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana.

* Avtorja sta enakovredno prispevala k pisanju tega prispevka.

Korespondenca/Correspondence: doc. dr. Sergej Pirkmajer, dr. med.; e-pošta: sergej.pirkmajer@mf.uni-lj.si

Prispelo: 27.11.2016

Sprejeto: 7.12.2016

UVOD

Cerebralna paraliza je klinični sindrom oziroma skupek simptomov in znakov, predvsem motenj gibanja in drže, ki je posledica trajne okvare razvijajočih se možganov (1). Okvara možganov neposredno, simptomi in znaki, ki se lahko spreminjajo, pa posredno zavirajo razvoj otroka. Glavna neposredna vzroka za okvaro možganov sta hipoksija in ishemija možganov, do katerih pride zaradi prezgodnjega ali težkega poroda, možganskega infarkta ali možganske krvavitve. Drugi vzroki so okužbe, izpostavljenost strupom v času nosečnosti in mehanske poškodbe možganov (2). Glede na prevladujočo motnjo motorike lahko cerebralno paralizo razdelimo na spastično, ataktično in diskinetično (1). Najpogostejša je spastična oblika, ki se kaže tako s pozitivno simptomatiko, kot so zvišanje mišičnega tonusa in živahni kitni refleksi, kot tudi z negativno simptomatiko, kot sta mišična šibkost in izguba sposobnosti finega gibanja (3). Poleg motoričnih motenj so pogoste tudi okvare govora, vida in sluha, umska manjrazvitost in epilepsija (1, 4).

Okvara razvijajočih se možganov neposredno in posredno povzroči motnjo v delovanju skeletne mišice, ki se kaže z omejeno gibljivostjo sklepov. Patofiziološke spremembe, ki zmanjšajo gibljivost sklepov, so funkcijske in strukturne. V začetnem obdobju cerebralne paralize so spremembe v skeletni mišici pretežno funkcijske in reverzibilne; to se pokaže na primer med anestezijo, ko je dolžina sproščenih mišic, ki so brez vplivov anestezije že v pokrčenem stanju, lahko še povsem normalna (4). Pri spastični obliki cerebralne paralize so funkcijske spremembe odraz čezmerno vzdraženega refleksa na razteg in se kažejo kot spastičnost. Poleg funkcijskih sprememb, ki so neposredna posledica okvare osrednjega živčevja, se v spastičnih skeletnih mišicah postopno razvijejo sekundarne strukturne spremembe. Te se pokažejo predvsem kot zaostanek v rasti skeletnih mišic (3). Z napredovanjem strukturnih sprememb tudi popolnoma sproščena mišica nima več normalne dolžine (4); razvijejo se rigidne mišične skrajšave. Ker rast skeletnih mišic ne sledi sorazmerno vzdolžni rasti kosti, ostanejo mišice prekratke, kar postopno vedno bolj omejuje gibljivost sklepov (5).

FUNKCIJSKE SPREMEMBE V SKELETNI MIŠICI

Spastičnost je motorična motnja, za katero so značilni od hitrosti raztegnitve mišice odvisno zvišanje mišičnega tonusa in živahni kitni refleksi (6). Razvije se kot posledica čezmerne vzdražnosti refleksa na razteg zaradi okvare zgornjega motoričnega nevrona (7).

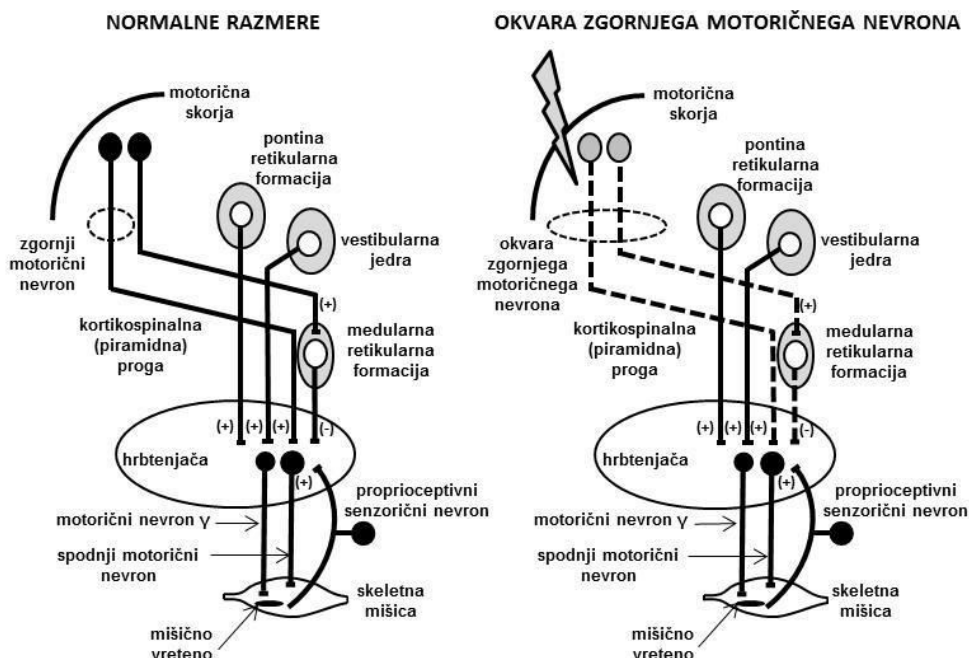
Refleks na razteg

V refleks na razteg so vključeni mišično vreteno, senzorični nevroni, ki oživčujejo mišična vretena, spodnji motorični nevron (motorični nevron α) in pripadajoča mišična vlakna (slika 1) (8). Raztegnitev mišice vzdraži mišično vreteno, iz katerega se signal prenese v hrbtenjačo po proprioceptivnih senzoričnih nevronih (9). V hrbtenjači ti nevroni tvorijo ekscitatorne sinapse s spodnjimi motoričnimi nevroni, ki oživčujejo mišico, ki se je raztegnila. Raztegnitev mišice zato privede do vzdraženja spodnjih motoričnih nevronov, ki s sproščanjem acetilholina v predelu živčno-mišičnega stika sprožijo depolarizacijo in nastanek akcijskega potenciala v postsinaptičnem mišičnem vlaknu (slika 2) (8). Akcijski potencial se nato iz predela živčno-mišičnega stika razširi vzdolž celotnega mišičnega vlakna in povzroči povečanje znotrajcelične koncentracije kalcija, kar sproži nastajanje mostičkov med miozinskimi in aktinskimi filamentami (gl. spodaj) ter s tem povečanje aktivne napetosti v mišičnem vlaknu. Za delovanje refleksa na razteg je pomemben tudi motorični nevron γ , ki oživčuje mišično vreteno in uravnava njegovo občutljivost (slika 1). Kadar se motorični nevroni γ vzdraži, je mišično vreteno bolj napeto in zato bolj občutljivo na raztegnitev mišice.

Pri pasivnem gibanju sklepov zaznamo povečanje aktivne napetosti skeletne mišice kot upor proti raztegovanju mišice oziroma kot zvišan tonus mišice (10). Pri večji hitrosti raztegovanja se mišično vreteno bolj vzdraži, zato je zvišanje tonusa odvisno od hitrosti raztegovanja mišice. Podobno kot pri preizkušanju tonusa se pri preizkušanju kitnih refleksov ob udarcu klavdivca na kito mišica hipoma nekoliko raztegne, kar prek vzdraženja mišičnega vretena in aktivacije refleksnega loka privede do depolarizacije mišičnih vlaken in povečanja njihove aktivne napetosti ter s tem do krčenja mišice. Refleks na

razteg je fiziološki obrambni mehanizem, ki preprečuje neustrezno ali pretirano raztezanje in s tem raztrganje mišice, in regulacijski mehanizem,

ki optimizira aktivno napetost mišice, s čimer prispeva k vzdrževanju za trenutno stanje primerne tonusa in k organizaciji gibanja.



Slika 1: Refleks na razteg in patofiziološki mehanizmi nastanka spastičnosti. V normalnih razmerah (leva slika) so ekscitatorni (+) in inhibitorni (-) prilivi prog iz možganske skorje in možganskega debla (npr. iz pontine in medularne retikularne formacije in vestibularnih jader) na spodnji motorični nevron (motorični nevron α) in motorični nevron γ v ravnovesju ter vzdržujejo normalno vzdražnost refleksa na razteg. Zgornji motorični nevron, ki potuje od motorične skorje do hrbtenjače po kortikospinalni (piramidni) progi, tvori ekscitatorno sinapso s spodnjim motoričnim nevronom. Po okvari zgornjega motoričnega nevrona (desna slika) bi zato lahko pričakovali zmanjšano vzdražnost refleksa na razteg. Če so ob tem, neposredno zaradi poškodbe ali posredno zaradi spremljajoče reorganizacije živčevja, okvarjene tudi proge, ki zavirajo vzdražnost refleksa na razteg (npr. prek medularne retikularne formacije), se ravnovesje med ekscitacijo in inhibicijo poruši v korist ekscitacije spodnjega motoričnega nevrona in motoričnega nevrona γ . Refleks na razteg zato postane čezmerno vzdražen, kar se kaže z zvišanim mišičnim tonusom in živahnimi kitnimi refleksi. Prirejeno po: (7).

Spastičnost in omejena gibljivost sklepov pri cerebralni paralizi

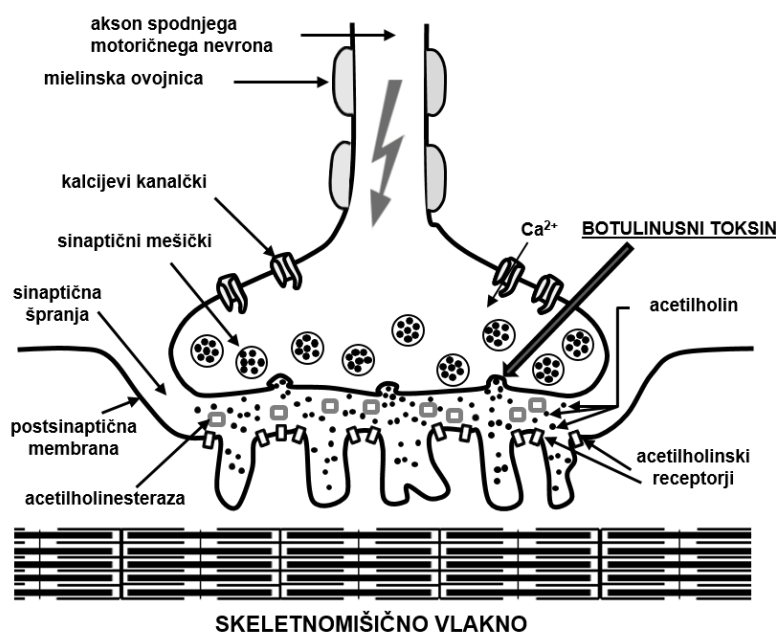
Pri okvarah zgornjega motoričnega nevrona je refleks na razteg čezmerno vzdražen, zato se skeletna mišica upira raztegovanju še bolj aktivno kot v normalnih razmerah (7). To se pri pregledu pokaže kot zvišan tonus in živahni kitni refleksi. Čeprav so patofiziološke spremembe v živčevju kompleksne (slika 1), si na podlagi živalskih poskusov večjo vzdražnost refleksa na razteg pri okvarah zgornjega motoričnega nevrona lahko vsaj delno pojasnimo z večjo aktivnostjo motoričnega nevrona γ (11). Če je ta nevron bolj aktiven, je

mišično vreteno tudi pri normalni raztegnitvi mišice bolj napeto, zaradi česar pošilja več akcijskih potencialov po aferentnih proprioceptivnih vlaknih, ki tvorijo ekscitatorne sinapse s spodnjimi motoričnimi nevroni. Posledično so tudi spodnji motorični nevroni bolj aktivni, kar zviša mišični tonus.

Patološko zvišan tonus spastične mišice prispeva tako k omejeni gibljivosti sklepov kot tudi k njihovemu nenormalnemu položaju. To je pomembno v začetnem obdobju cerebralne paralize, ko se strukturne spremembe v mišici šele

razvijajo. V tem obdobju ima namreč mišica ob popolni farmakološki relaksaciji, med katero aktivna napetost v mišičnih vlaknih povsem popusti, lahko še normalno dolžino (4). Gibljivost sklepov je torej na začetku omejena, ker se spastična mišica preveč aktivno upira raztegovanju. Nekateri avtorji v tem primeru govorijo o dinamičnih skrajšavah (4), s čimer želijo poudariti, da je patofiziološki mehanizem skrajšanja mišice predvsem povečana aktivna napetost mišice in ne povečana pasivna napetost, ki bi bila posledica strukturnih sprememb v mišici. Dinamične skrajšave po patofiziološki opredelitvi verjetno vsaj delno odgovarjajo skrajšavam, ki so klinično opredeljene kot elastične.

Ker je spastičnost posledica čezmerne refleksne aktivnosti, je spastično skrajšavo mogoče zmanjšati ali odpraviti s kirurško ali farmakološko prekinitvijo različnih delov refleksnega loka (3). Refleks na razteg namreč deluje le, če so ohranjene prav vse strukture, ki ga sestavljajo. Za zmanjšanje spastičnosti pri cerebralni paralizi se na primer uporablja kirurška prekinitvev zadajšnjih korenin spinalnih živcev (dorzalna rizotomija) (12), prek katerih v hrbtenjačo vstopajo aferentna proprioceptivna vlakna (slika 1). S tem posegom se prepreči čezmeren priliv akcijskih potencialov iz mišičnih vreten in s tem aktivacija refleksa na razteg, kar zmanjša spastičnost in izboljša gibljivost sklepov. Farmakološko lahko spastičnost zmanjšamo z injiciranjem botulinusnega toksina v mišico (13, 14). Botulinusni toksin v predelu



Slika 2: Živčno-mišični stik in mesto delovanja botulinusnega toksina. Ko akcijski potencial po aksonu spodnjega motoričnega nevrona pripotuje do njegovega končiča, ki predstavlja presinaptični del živčno-mišičnega stika, se zaradi depolarizacije odprejo napetostni Ca²⁺ kanalčki. Ob odprtju teh kanalčkov Ca²⁺ ioni vdrejo v presinaptični končič, kar povzroči zlivanje sinaptičnih mešičkov, ki vsebujejo acetilholin, s presinaptično membrano. Po zlitju mešičkov z membrano se acetilholin sprosti v sinaptično špranjo in difundira do acetilholinskih receptorjev na postsinaptični membrani mišičnega vlakna. Vezava acetilholina na acetilholinske receptorje povzroči depolarizacijo mišičnega vlakna in nastanek akcijskega potenciala, ki se iz predela živčno-mišičnega stika razširi vzdolž celotne dolžine mišičnega vlakna in povzroči dvig koncentracije Ca²⁺ in krčenje mišičnega vlakna (ni prikazano). Živčno-mišični prenos se prekine, ko acetilholinesteraza razgradi sproščeni acetilholin in tako ustavi vzdraženje skeletnomišičnega vlakna. Botulinusni toksin vstopi v presinaptični končič spodnjega motoričnega nevrona, kjer prepreči zlivanje sinaptičnih mešičkov z membrano in s tem sproščanje acetilholina, kar prepreči vzdraženje in krčenje mišičnih vlaken.

živčno-mišičnega stika vstopi v presinaptični končič aksona spodnjega motoričnega nevrona in prepreči sproščanje acetilholina v sinaptično špranjo (slika 2). Ker je sproščanje acetilholina ključni dogodek, ki sproži krčenje mišičnih vlaken, je spodnji motorični nevron po injiciranju botulinusnega toksina kljub čezmerni vzdražnosti refleksa na razteg manj učinkovit pri proženju krčenja mišic, kar zmanjša spastičnost in vsaj prehodno izboljša gibljivost sklepov (13, 14). Slaba stran uporabe botulinusnega toksina je, da zaradi zaviranja živčno-mišičnega prenosa povzroča mišično šibkost in atrofijo mišičnih vlaken (15). Botulinusni toksin torej spremeni klinično sliko ohromelosti po tipu zgornjega motoričnega nevrona (mišična šibkost, zvišan tonus in živahni kitni refleksi) v ohromelost po tipu spodnjega motoričnega nevrona (mišična šibkost, znižan tonus in oslabei kitni refleksi) (3).

Ali je spastičnost vzrok nastanka rigidnih mišičnih skrajšav?

V začetnem obdobju spastične cerebralne paralize prevladujejo spastične skrajšave, pozneje pa se razvijejo rigidne mišične skrajšave skeletnih mišic (4). Te skrajšave niso posledica povečane aktivne napetosti mišičnih vlaken, temveč sprememb v strukturi in viskoelastičnih lastnostih skeletne mišice. Povezava med spastičnostjo in poznejšim nastankom ireverzibilnih strukturnih sprememb v skeletni mišici je nejasna.

Klasična hipoteza o nastanku skrajšav je, da čezmerno aktiven refleks na razteg vzdržuje skeletnomišična vlakna v pokrčenem stanju, kar preprečuje, da bi mišična vlakna rastla enako hitro kot kost. Iz te predpostavke izhaja, da je spastičnost neposreden vzrok za nastanek strukturnih sprememb in ireverzibilnih mišičnih skrajšav. Če je spastičnost res osrednji patofiziološki mehanizem, bi s kirurškimi in/ali farmakološkimi pristopi za zmanjšanje spastičnosti lahko preprečili nastanek skrajšav. Tega klinične raziskave za zdaj ne podpirajo (4,16). Prvič, kirurška prekinitiv zadajšnjih korenin, ki uspešno zmanjša spastično zvišan mišični tonus, dolgoročno ne prepreči nastanka mišičnih skrajšav (12). Drugič, zmanjšanje spastičnosti z uporabo botulinusnega toksina (slika 2) upočasnjuje, vendar ne prepreči nastanka skrajšav (13). Čeprav prispevka spastičnosti k nastanku skrajšav ne moremo

povsem izključiti, pa ti podatki vendarle kažejo, da povečana vzdražnost refleksa na razteg sama po sebi ni ključna za razvoj skrajšav pri cerebralni paralizi.

STRUKTURNE SPREMEMBE V SKELETNI MIŠICI

Mišične skrajšave pri cerebralni paralizi so posledica strukturnih sprememb v skeletnomišičnih vlaknih in vezivnem tkivu, ki jih obdaja. Natančnejši patofiziološki mehanizmi, prek katerih okvara osrednjega živčevja pri cerebralni paralizi povzroči nastanek strukturnih sprememb v skeletni mišici, za zdaj niso znani.

Spremembe na ravni mišičnih vlaken

Mišična vlakna so krajša, tanjša in imajo manj sarkomer

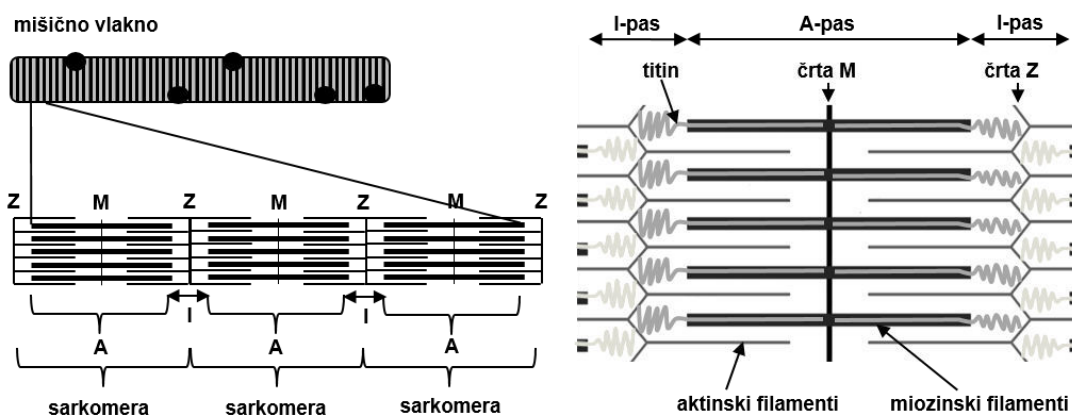
Pri cerebralni paralizi so mišična vlakna krajša, tanjša in imajo manj sarkomer (sliki 3 in 4) (4, 20). Skrajšanje in stanjšanje mišičnih vlaken lahko delno pojasni nastanek skrajšav in mišične šibkosti. Osrednja strukturna sprememba v mišičnih vlaknih je zmanjšano število sarkomer v miofibrilah (slika 3 in razpredelnica 1). Kljub zmanjšanemu številu sarkomer pa lahko mišična vlakna včasih dosežejo normalno dolžino, če se sarkomere raztegnejo (slika 4). Raztegnitev sarkomer pojasnjuje, zakaj ultrazvočni pregled mišic pri preiskovancih s cerebralno paralizo ni vedno pokazal krajših mišičnih snopov, čeprav sta bila volumen in obseg mišic zmanjšana (20, 27–29). Z ultrazvokom namreč ni mogoče določiti ultrastrukturnih značilnosti mišičnega vlakna, kot sta na primer dolžina in struktura posameznih sarkomer. Bolj podrobne strukturne raziskave pa so nedvoumno pokazale, da imajo mišična vlakna pri cerebralni paralizi manjše število (daljših) sarkomer (4, 17–19).

Funkcijske posledice podaljšanja sarkomer

Za mišična vlakna pri cerebralni paralizi je poleg zmanjšane števila sarkomer značilno tudi njihovo podaljšanje (razpredelnica 1), kar ima dve pomembni posledici za delovanje mišice. Prva posledica je povečanje pasivne napetosti v mišičnih vlaknih, ki je odvisna od dolžine sarkomere (slika 4). Nastanek pasivne napetosti v mišičnem vlaknu ni posledica aktivacije spodnjega motoričnega nevrona, ki povzroči depolarizacijo

Razpredelnica 1: Strukturne spremembe v skeletni mišici pri cerebralni paralizi

Mesto spremembe	Značilnost	Mehanizem nastanka spremembe	Pomen za nastanek skrajšav	Posledice	Vir
Mišična vlakna	Skrajšanje mišičnih vlaken	Zmanjšano število sarkomer.	+++	Podaljšanje sarkomer poveča pasivno napetost mišice. Mišica je krajša in bolj toga, kar zmanjša gibljivost sklepa. Podaljšanje sarkomer zmanjša največjo aktivno napetost mišice, kar prispeva k mišični šibkosti.	(4, 17–20)
	Intrinzično povečanje togosti mišičnih vlaken	Spremembe v molekularni zgradbi mišičnega vlakna, mehanizem nejasen.	Morda v nekaterih mišicah	Povečanje togosti skeletne mišice	(4, 19, 21, 22)
Vezivno tkivo	Hipertrofija vezivnega tkiva	Ponavljajoče se poškodbe mišice. Izločanje miostatina, ki je inhibitor miogeneze in aktivator proliferacije fibroblastov. Zmanjšano število satelitskih celic.	+++	Hipertrofija veziva in njegova spremenjena sestava povečata togost mišice.	(4, 19, 23)
Satelitske celice	Število satelitskih celic je zmanjšano.	Mehanizem nejasen. Fibroza ovira delovanje satelitskih celic. Morda se satelitske celice preusmerijo v nastajanje fibroblastov.	Verjetno pomembno, potrebne so nadaljnje raziskave.	Motena rast skeletne mišice pri otroku. Slabša regeneracija skeletne mišice. Spremembe v sestavi vezivnega tkiva.	(4, 24–26)

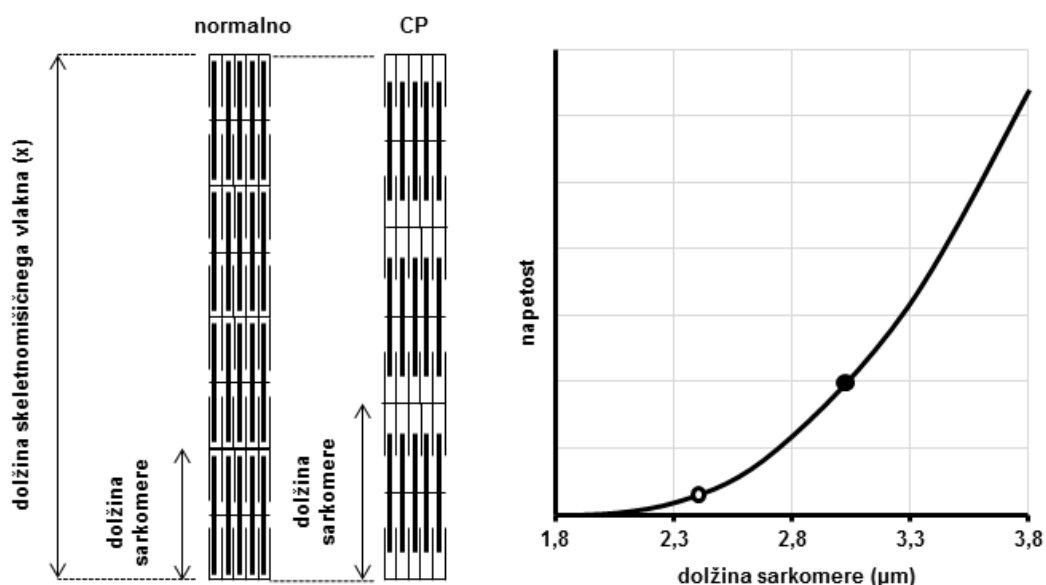


Slika 3: Shematski prikaz mišičnega vlakna in sarkomer. Mišično vlakno je prečnoprogasta večjedrna celica, v kateri so miofibrile. Videz prečne progavosti ji daje visoko urejena struktura miofibril, ki so sestavljene iz niza sarkomer. Sarkomera je osnovna funkcijska enota skeletnomišičnega vlakna. Sestavljena je iz osrednjega temnega anizotropnega (A) pasu, v katerem so pretežno miozinski (debeli) filamenti, ter svetlejših izotropnih (I) pasov, v katerih so pretežno aktinski (tanki) filamenti (30, 31). Ob aktinskih filamentih sta tudi troponin in tropomiozin, ki sodelujeta pri uravnavanju interakcije med aktinskimi in miozinskimi filamentami. Titin se razteza od črte Z (vezavno mesto aktinskih filamentov) do črte M (vezavno mesto miozinskih filamentov). Titin je nekakšna molekularna vzmet, ki omejuje razpon raztezanja sarkomere in v veliki meri določa pasivne viskoelastične lastnosti mišice (32).

mišičnega vlakna, povečanje znotrajcelične koncentracije kalcija in krčenje mišičnega vlakna zaradi nastajanja mostičkov med miozinskimi in aktinskimi filamenti, kot je to značilno za spastičnost, temveč je odraz viskoelastičnih lastnosti mišičnega tkiva in drugih struktur v mišici, kot so vezivno tkivo in žile. Eden glavnih določevalcev viskoelastičnih lastnosti mišičnih vlaken je titin (32), velik sarkomerni protein, ki se razteza od črte Z do črte M (slika 3).

Pasivna napetost, s katero se mišica upira raztegotvanju, se z dolžino sarkomere postopno povečuje. Ker so sarkomere pri cerebralni paralizi

daljše, je pasivna napetost teh mišic večja kot v mišicah z normalno dolžino sarkomer (4). Povedano drugače, ker imajo manj sarkomer, lahko mišična vlakna pri cerebralni paralizi dosežejo enako dolžino kot normalna vlakna le, če so sarkomere bolj raztegnjene. Pri cerebralni paralizi so zato mišice pri vsaki dolžini mišičnega vlakna bolj toge kot zdrave mišice. K večji togosti mišic lahko poleg zmanjšane števila sarkomer prispevata tudi večja intrinzična togost mišičnih vlaken in predvsem spremembe v vezivnem tkivu, ki jih opisujemo v nadaljevanju (razpredelnica 1) (4, 20).

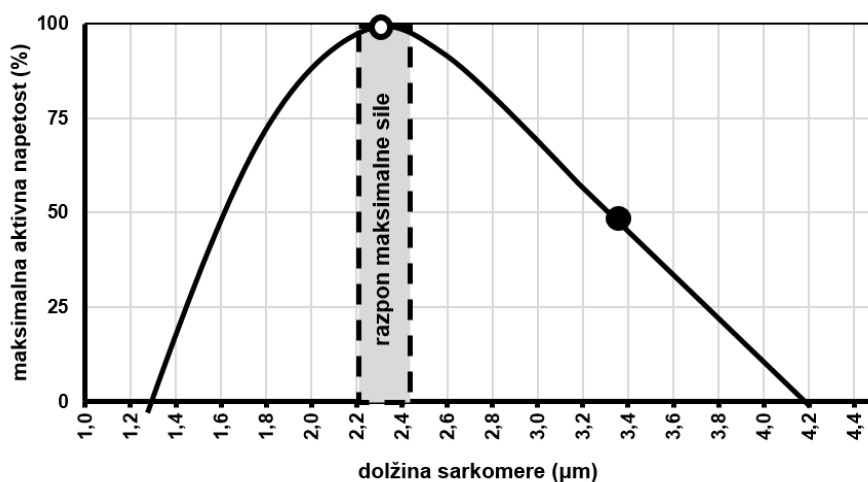


Slika 4: Zaradi podaljšanja sarkomer imajo mišice pri cerebralni paralizi večjo pasivno napetost. Da lahko mišično vlakno z zmanjšanim številom sarkomer doseže dolžino x , se morajo sarkomere bolj raztegniti kot v normalnem mišičnem vlaknu (levo). Pasivna napetost, s katero se mišica upira raztegotvanju, je odvisna od dolžine sarkomere (desno). Zaradi daljših sarkomer je pasivna napetost mišice pri cerebralni paralizi (●) večja kot v normalnih razmerah (○). Prikazana je teoretična krivulja pasivne napetosti. Podatki o dolžini sarkomer so iz: (19).

Druga posledica zmanjšane števila sarkomer in njihovega podaljšanja je, da mišična vlakna težje dosežejo največjo možno aktivno napetost (4). V primerjavi s pasivno napetostjo, ki je odraz viskoelastičnih lastnosti tkiva, je aktivna napetost mišičnih vlaken posledica nastajanja mostičkov med miozinskimi in aktinskimi filamenti. Aktivna napetost, ki jo mišično vlakno doseže, določa število prečnih mostičkov, ki so nastali med miozinskimi in aktinskimi filamenti v sarkomerah.

To število je po eni strani odvisno od koncentracije kalcija v citoplazmi mišičnega vlakna, po drugi strani pa od dolžine sarkomere (slika 5). Največja napetost, ki jo lahko razvije mišično vlakno, z dolžino sarkomere sprva narašča, nato pa začne padati (33). Ko je dolžina sarkomere večja od optimalne, je namreč prekrivanje aktinskih in miozinskih filamentov slabše, kar zmanjša možnost za tvorbo prečnih mostičkov. V tem primeru mišično vlakno ne more doseči normalne

aktivne napetosti. Daljše sarkomere, ki so značilne za cerebralno paralizo, zato lahko prispevajo k nastanku mišične šibkosti (4).



Slika 5: Odvisnost maksimalne aktivne napetosti mišice od dolžine sarkomere. V normalnih razmerah (○) se dolžina sarkomere spreminja v tistem območju krivulje, v katerem lahko razvije največjo mogočo aktivno napetost. Pri cerebralni paralizi pa so sarkomere bistveno daljše in delujejo v descendentnem delu krivulje (●). Ob dodatni raztegnitvi sarkomere se zato največja aktivna napetost, ki jo lahko razvije mišično vlakno, le še dodatno zmanjša. Prirejeno po: (20, 33).

Intrinzična togost mišičnih vlaken

V nekaterih mišicah, kot so na primer fleksorji zapestja in mečne mišice, se verjetno poveča tudi intrinzična togost mišičnih vlaken in sicer na račun sprememb v njihovi molekularni strukturi (4, 17, 22). Povečana intrinzična togost pomeni, da imajo mišična vlakna večjo pasivno napetost tudi, kadar sarkomere niso raztegnjene. Mišična vlakna, ki se bolj upirajo pasivnemu raztezanju že pri normalni dolžini sarkomer, bi teoretično lahko prispevala k mišični togosti in nastanku skrajšav. Skoraj gotovo pa povečanje intrinzične togosti mišičnih vlaken ni glavni vzrok za njihov nastanek. Glavni dokaz, da povečanje intrinzične togosti mišičnih vlaken ni nujen pogoj za nastanek skrajšav pri cerebralni paralizi, so spremembe v fleksorjih kolena. V teh mišicah ni nobenih sprememb v intrinzični togosti posameznih mišičnih vlaken, skrajšave pa se kljub temu lahko razvijejo (19).

Patofiziološki mehanizem domnevnega povečanja intrinzične togosti mišičnih vlaken ni znan. V preteklosti je bila ena glavnih hipotez, da se pri cerebralni paralizi spremeni izražanje titina (slika 3), ki sicer pomembno določa viskoelastične lastnosti miofibril. Titin obstaja v več oblikah, ki imajo različne mehanske lastnosti (32).

Spremembe v njegovem izražanju bi zato lahko povečale togost mišičnih vlaken pri cerebralni paralizi, vendar zaenkrat ni trdnih dokazov, ki bi podpirali to hipotezo (4, 19, 22).

Spremembe v lastnostih in strukturi vezivnega tkiva

Za cerebralno paralizo je značilna hipertrofija vezivnega tkiva, kar poveča togost mišic in tako zmanjša gibljivost sklepov (razpredelnica 1) (4, 19, 20). Na funkcijski pomen sprememb v vezivu kažejo raziskave, ki so preučevale togost posameznih mišičnih vlaken v primerjavi s snopi mišičnih vlaken (slika 6). Posamezna vlakna fleksorjev kolena pri cerebralni paralizi niso bolj toga, snopi mišičnih vlaken, ki vključujejo tudi vezivno tkivo, pa so izrazito bolj togi kot v normalnih razmerah (19).

Vezivno tkivo v skeletni mišici, tako kot v drugih organih, sestavljajo fibroblasti in medceličnina (zunajcelični matriks), ki jo gradijo proteinska vlakna, kot je kolagen, in osnovna snov, ki jo gradijo proteoglikani, glukozaminoglikani in glikoproteini, kot je na primer laminin (34). Vsako mišično vlakno ima bazalno lamino, bogato s kolagenom, heparan sulfatnimi proteoglikani in

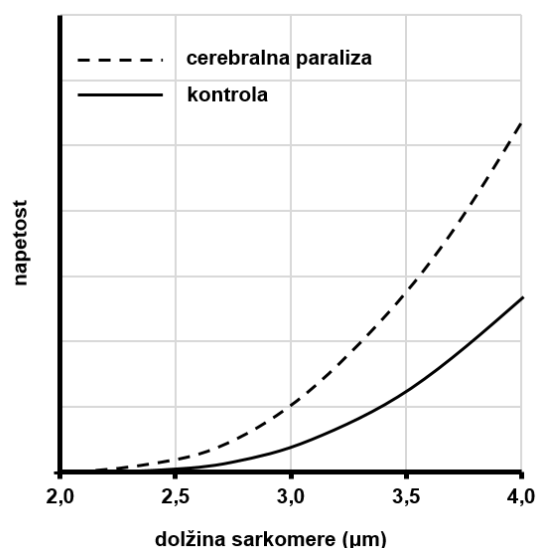
lamininom (35). Bazalna lamina je del endomizija, vezivne ovojnice, ki obdaja vsako posamezno mišično vlakno. Snope mišičnih vlaken obdaja perimizij, celotno mišico pa epimizij (34). Vezivne ovojnice so pomembne za prenos sil, pa tudi za prehrano in oživčenje, ker po njih potujejo žile, mezogovnice in živci. Te ovojnice so večinoma sestavljene iz različnih tipov kolagena, ki jih izločajo fibroblasti. V zdravih skeletnih mišicah predstavljajo fibroblasti, ki tvorijo zunajcelični matriks, od 5 do 15 % jeder v tkivu (36, 37). Pri cerebralni paralizi je glavna sprememba v vezivnem tkivu povečanje količine kolagena (4). Poleg kvantitativnih sprememb v izražanju kolagena, bi k spremenjenim lastnostim veziva lahko prispevala tudi spremenjena strukturna organizacija kolagenskih vlaken. Ni pa izključeno, da so pomembne tudi spremembe v drugih proteinih, ki sestavljajo medceličnico.

Eden izmed dejavnikov, ki bi pri cerebralni paralizi lahko povzročil hipertrofijo vezivnega tkiva, je miostatin. Miostatin je peptid, ki se izloča iz mišičnih vlaken, in zavira miogenezo in hipertrofijo mišičnih vlaken (38–40). Njegovo izločanje se zmanjša pri telesni dejavnosti, kar vsaj delno prispeva k hipertrofiji mišičnih vlaken (41, 42). Miostatin ne uravnava le mišične mase, temveč je tudi aktivator proliferacije mišičnih fibroblastov in sproščanja proteinov zunajceličnega matriksa (43–45). Kronične poškodbe mišičnih vlaken, do katerih pride zaradi prevelikih napetosti v nenormalno dolgih sarkomerah (46), bi zato prek zmanjšane mišične aktivnosti lahko povzročile povečano sproščanje miostatina in zato razraščanje kolagena.

Zmanjšano število satelitskih celic

Satelitske celice so mišične matične celice, ki so pod bazalno lamino zrelih skeletnomišičnih vlaken (47). Pomembne so, ker prispevajo k normalni rasti skeletnih mišic po rojstvu in omogočajo regeneracijo skeletnih mišic po poškodbi. Poleg tega so pomembne za hipertrofijo mišice ob povečani obremenitvi (48, 49).

Kot kažejo najnovejši podatki je pri cerebralni paralizi število satelitskih celic v skeletni mišici zelo zmanjšano (razpredelnica 1). V dveh raziskavah so na primer pokazali, da se število

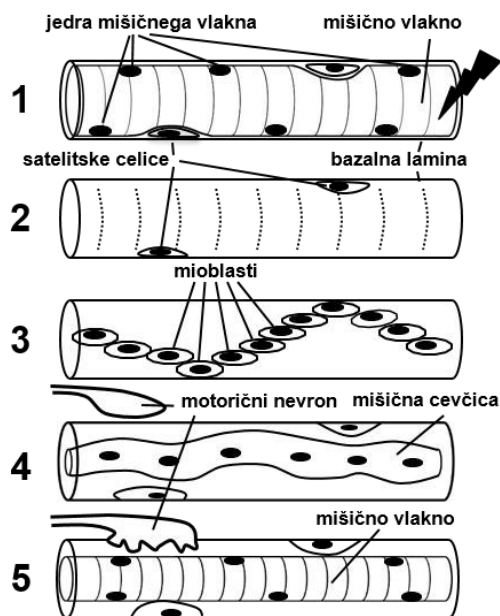


Slika 6: Pasivna napetost snopov mišičnih vlaken v odvisnosti od dolžine sarkomere. Pri cerebralni paralizi so snopi mišičnih vlaken bolj togi, kar se kaže z večjo pasivno napetostjo pri enaki dolžini sarkomere. Glavni vzrok za povečanje pasivne napetosti so po vsej verjetnosti spremembe v sestavi vezivnega tkiva, ki obdaja tako posamezna mišična vlakna, kot tudi snope mišičnih vlaken. Prirejeno po: (19).

satelitskih celic v mišicah zmanjša za 60 do 70 % (24, 25). Za zdaj vzroki za zmanjšano število satelitskih celic niso povsem jasni, vendar bi motnje v njihovem delovanju lahko pojasnile nekatere patofiziološke spremembe v skeletni mišici pri cerebralni paralizi.

Ker so satelitske celice pomembne za rast mišic po rojstvu, bi motnje v njihovem delovanju na primer lahko razložile, zakaj so pri otrocih s cerebralno paralizo mišična vlakna krajša in tanjša. Ena izmed osrednjih hipotez je, da bi zmanjšano število satelitskih celic lahko onemogočalo dodajanje sarkomer k rastočim miofibrilam (25, 49). Dodatna posledica zmanjšane števila satelitskih celic bi lahko bilo razraščanje vezivnega tkiva v skeletni mišici. Mogoče je tudi obratno: spremembe v vezivnem tkivu bi lahko prispevale k zmanjšanju števila satelitskih celic. Diferenciacija matičnih celic je namreč občutljiva na elastičnost zunajceličnega matriksa (54), zato bi spremembe v zunajceličnem matriksu lahko zavirale aktivacijo in proliferacijo satelitskih celic ali jih celo preusmerile v fibroblastno razvojno pot (19).

Preusmeritev satelitskih celic v nastanek fibroblastov ponuja hipotetično razlago, zakaj je populacija satelitskih celic pri cerebralni paralizi zmanjšana.



Slika 7: Regeneracija skeletne mišice. Za uspešno regeneracijo mišice so najpomembnejše satelitske celice (50). Te so kot primarne mišične matične celice sposobne samoobnavljanja in diferenciacije (51–53). Ob mehanski, toksični ali hipoksični poškodbi mišice mišična vlakna propadejo (1), številne satelitske celice pa preživijo. Po stresnem dogodku v poškodovano mišico vdrejo makrofagi in fagocitirajo odmrla mišična vlakna, cevke bazalnih lamin pa so ogrožene za obnovo mišičnih vlaken (2). V ustreznih razmerah se mirujoče satelitske celice aktivirajo in spremenijo v mioblaste, ki po intenzivnem deljenju ponovno napolnijo cevke ohranjenih bazalnih lamin (3). Mioblaste se nato zljujejo (fuzirajo) v večjedrne mišične cevčice (4), ki dozori v mišična vlakna (4), če jih ponovno oživijo končiči spodnjih motoričnih nevronov (5).

Za zdaj so vse to bolj ali manj nepreverjene hipoteze. Povsem nova raziskava pri miših na primer kaže, da je zmanjšanje števila satelitskih celic v skeletni mišici, ki je raztegnjena, povezano s hipertrofijo vezivnega tkiva in stanjšanjem mišičnih vlaken, ne pa tudi z okrnjenim dodajanjem sarkomer k obstoječim miofibrilam (26). Ta rezultat postavlja pod vprašaj dosedanje

hipotezo, da je pri cerebralni paralizi prav zmanjšano število satelitskih celic krivo za manjše število sarkomer v mišičnih vlaknih. Ali ima zmanjšanje števila satelitskih celic enake posledice tudi pri človeku, bo treba seveda še preveriti. Čeprav pomen satelitskih celic za nastanek patofizioloških sprememb v skeletni mišici torej ni trdno dokazan, lahko povzamemo, da bi po do zdaj dostopnih podatkih motnja v delovanju satelitskih celic lahko pomembno prispevala k nastanku vsaj dveh patofizioloških sprememb v skeletni mišici pri cerebralni paralizi: k stanjšanju mišičnih vlaken in k razraščanju veziva.

ZAKLJUČKI

Pri cerebralni paralizi je gibljivost sklepov omejena kot posledica funkcijskih in strukturnih sprememb refleksa na razteg in mišice. Glavna funkcijska sprememba je spastičnost, ki omejuje gibljivost sklepov zlasti v začetnem obdobju razvoja cerebralne paralize. Pozneje prevladajo strukturne spremembe, ki povzročijo nastanek rigidnih mišičnih skrajšav. Strukturne spremembe se izrazijo tako na ravni mišičnih vlaken kot na ravni vezivnega tkiva. Za mišična vlakna je značilno, da so krajša in imajo manj sarkomer, kar neposredno prispeva k nastanku mišičnih skrajšav in mišične šibkosti. K skrajšavam pa pomembno prispevajo tudi spremembe v sestavi vezivnega tkiva, ki zaradi hipertrofije veziva povečajo togost mišice. Mehanizmi, ki povezujejo okvaro osrednjega živčevja in strukturne spremembe v skeletni mišici, niso jasni. Zanimivo, izsledki zadnjih raziskav kažejo, da je pri cerebralni paralizi število satelitskih celic v mišičnih vlaknih zelo znižano. Če bodo nadaljnje raziskave potrdile, da so satelitske celice pomembne za nastanek teh sprememb, bi to lahko vodilo k izboljšanju razumevanja temeljnih patofizioloških mehanizmov in k novim oblikam zdravljenja cerebralne paralize.

ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujejo prof. dr. Zoranu Grubiču, prof. dr. Fajku Bajroviču in dr. Vidu Zgoncu za natančen pregled in nasvete pri pisanju prispevka. Delo Laboratorija za molekularno nevrobiologijo finančno podpira ARRS z raziskovalnim programom P3-0043 in projektoma J3-6794 in J7-7138.

LITERATURA

- Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B in Jacobsson B (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 109, 8–14.
- Reddihough DS in Collins KJ (2003). The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Aust J Physiother* 49, 7–12.
- Kerr Graham H in Selber P (2003). Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br* 85, 157–66.
- Graham HK, Rosenbaum P, Paneth N, Dan B, Lin JP, Damiano DL, Becher JG, Gaebler-Spira D, Colver A, Reddihough DS, Crompton KE in Lieber RL (2016). Cerebral palsy. *Nat Rev Dis Primers* 2, 15082.
- Nordmark E, Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P in Westbom L (2009). Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Med* 7, 65.
- Lance JW. Pathophysiology of spasticity and clinical experience with Baclofen. In Lance JW, Feldman RG, Young RR and Koella WP, editors. *Spasticity: Disordered motorcontrol*. Chicago: Year Book; 1980, 185–204.
- Li S in Francisco GE (2015). New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. *Front Hum Neurosci* 9, 192.
- Shemmell J, Krutky MA in Perreault EJ (2010). Stretch sensitive reflexes as an adaptive mechanism for maintaining limb stability. *Clin Neurophysiol* 121, 1680–9.
- Hunt CC (1990). Mammalian muscle spindle: peripheral mechanisms. *Physiol Rev* 70, 643–63.
- Hammond PH (1955). Involuntary activity in biceps following the sudden application of velocity to the abducted forearm. *J Physiol* 127, 23–5P.
- Gracies JM (2005). Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle Nerve* 31, 552–71.
- Tedroff K, Lowing K, Jacobson DN in Astrom E (2011). Does loss of spasticity matter? A 10-year follow-up after selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 53, 724–9.
- Tedroff K, Lowing K, Haglund-Akerlind Y, Gutierrez-Farewik E in Forssberg H (2010). Botulinum toxin A treatment in toddlers with cerebral palsy. *Acta Paediatr* 99, 1156–62.
- Corry IS, Cosgrove AP, Walsh EG, McClean D in Graham HK (1997). Botulinum toxin A in the hemiplegic upper limb: a double-blind trial. *Dev Med Child Neurol* 39, 185–93.
- Fortuna R, Vaz MA, Youssef AR, Longino D in Herzog W (2011). Changes in contractile properties of muscles receiving repeat injections of botulinum toxin (Botox). *J Biomech* 44, 39–44.
- de Bruin M, Smeulders MJ in Kreulen M (2013). Why is joint range of motion limited in patients with cerebral palsy? *J Hand Surg Eur Vol* 38, 8–13.
- Lieber RL in Friden J (2002). Spasticity causes a fundamental rearrangement of muscle-joint interaction. *Muscle Nerve* 25, 265–70.
- Ponten E, Gantelius S in Lieber RL (2007). Intraoperative muscle measurements reveal a relationship between contracture formation and muscle remodeling. *Muscle Nerve* 36, 47–54.
- Smith LR, Lee KS, Ward SR, Chambers HG in Lieber RL (2011). Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length. *J Physiol* 589, 2625–39.
- Mathewson MA in Lieber RL (2015). Pathophysiology of muscle contractures in cerebral palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 26, 57–67.
- Friden J in Lieber RL (2003). Spastic muscle cells are shorter and stiffer than normal cells. *Muscle Nerve* 27, 157–64.
- Mathewson MA, Chambers HG, Girard PJ, Tenenhaus M, Schwartz AK in Lieber RL (2014). Stiff muscle fibers in calf muscles of patients with cerebral palsy lead to high passive muscle stiffness. *J Orthop Res* 32, 1667–74.
- Booth CM, Cortina-Borja MJ in Theologis TN (2001). Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 43, 314–20.
- Smith LR, Chambers HG in Lieber RL (2013). Reduced satellite cell population may lead to contractures in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 55, 264–70.
- Dayanidhi S, Dykstra PB, Lyubasyuk V, McKay BR, Chambers HG in Lieber RL (2015). Reduced satellite cell number in situ in muscular contractures from children with cerebral palsy. *J Orthop Res* 33, 1039–45.
- Kinney MC, Dayanidhi S, Dykstra PB, McCarthy JJ, Peterson CA in Lieber RL (2016). Reduced skeletal muscle satellite cell number alters muscle morphology after chronic stretch but allows limited serial sarcomere addition. *Muscle Nerve*.
- Legerlotz K, Smith HK in Hing WA (2010). Variation and reliability of ultrasonographic quantification of the architecture of the medial gastrocnemius muscle in young children. *Clin Physiol Funct Imaging* 30, 198–205.
- Shortland AP, Harris CA, Gough M in Robinson RO (2002). Architecture of the medial gastrocnemius in children with spastic diplegia. *Dev Med Child Neurol* 44, 158–63.

29. Malaiya R, McNee AE, Fry NR, Eve LC, Gough M in Shortland AP (2007). The morphology of the medial gastrocnemius in typically developing children and children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *J Electromyogr Kinesiol* 17, 657–63.
30. Hanson J in Huxley HE (1953). Structural basis of the cross-striations in muscle. *Nature* 172, 530–2.
31. Huxley HE (1953). Electron microscope studies of the organisation of the filaments in striated muscle. *Biochim Biophys Acta* 12, 387–94.
32. Wang K, McCarter R, Wright J, Beverly J in Ramirez-Mitchell R (1991). Regulation of skeletal muscle stiffness and elasticity by titin isoforms: a test of the segmental extension model of resting tension. *Proc Natl Acad Sci U S A* 88, 7101–5.
33. Gordon AM, Huxley AF in Julian FJ (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *J Physiol* 184, 170–92.
34. Engel A in Franzini-Armstrong C (2004). *Myology: basic and clinical*, 3rd ed., McGraw-Hill, Medical Pub. Division, New York.
35. Sanes JR (2003). The basement membrane/basal lamina of skeletal muscle. *J Biol Chem* 278, 12601–4.
36. Venable JH (1966). Constant cell populations in normal, testosterone-deprived and testosterone-stimulated levator ani muscles. *Am J Anat* 119, 263–70.
37. Enesco M in Puddy D (1964). Increase in the Number of Nuclei and Weight in Skeletal Muscle of Rats of Various Ages. *Am J Anat* 114, 235–44.
38. Joulia D, Bernardi H, Garandel V, Rabenoelina F, Vernus B in Cabello G (2003). Mechanisms involved in the inhibition of myoblast proliferation and differentiation by myostatin. *Exp Cell Res* 286, 263–75.
39. Thomas M, Langley B, Berry C, Sharma M, Kirk S, Bass J in Kambadur R (2000). Myostatin, a negative regulator of muscle growth, functions by inhibiting myoblast proliferation. *J Biol Chem* 275, 40235–43.
40. McPherron AC, Lawler AM in Lee SJ (1997). Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature* 387, 83–90.
41. Roth SM, Martel GF, Ferrell RE, Metter EJ, Hurley BF in Rogers MA (2003). Myostatin gene expression is reduced in humans with heavy-resistance strength training: a brief communication. *Exp Biol Med (Maywood)* 228, 706–9.
42. Pedersen BK in Febbraio MA (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol* 8, 457–65.
43. Li ZB, Kollias HD in Wagner KR (2008). Myostatin directly regulates skeletal muscle fibrosis. *J Biol Chem* 283, 19371–8.
44. McCroskery S, Thomas M, Platt L, Hennebry A, Nishimura T, McLeay L, Sharma M in Kambadur R (2005). Improved muscle healing through enhanced regeneration and reduced fibrosis in myostatin-null mice. *J Cell Sci* 118, 3531–41.
45. Serrano AL in Munoz-Canoves P (2010). Regulation and dysregulation of fibrosis in skeletal muscle. *Exp Cell Res* 316, 3050–8.
46. Patel TJ, Das R, Friden J, Lutz GJ in Lieber RL (2004). Sarcomere strain and heterogeneity correlate with injury to frog skeletal muscle fiber bundles. *J App Physiol* 97, 1803–13.
47. Mauro A (1961). Satellite cell of skeletal muscle fibers. *J Biophys Biochem Cytol* 9, 493–5.
48. Yin H, Price F in Rudnicki MA (2013). Satellite cells and the muscle stem cell niche. *Physiol Rev* 93, 23–67.
49. Dayanidhi S in Lieber RL (2014). Skeletal muscle satellite cells: mediators of muscle growth during development and implications for developmental disorders. *Muscle Nerve* 50, 723–32.
50. Lepper C, Partridge TA in Fan CM (2011). An absolute requirement for Pax7-positive satellite cells in acute injury-induced skeletal muscle regeneration. *Development* 138, 3639–46.
51. Collins CA, Olsen I, Zammit PS, Heslop L, Petrie A, Partridge TA in Morgan JE (2005). Stem cell function, self-renewal, and behavioral heterogeneity of cells from the adult muscle satellite cell niche. *Cell* 122, 289–301.
52. Halevy O, Piestun Y, Allouh MZ, Rosser BW, Rinkevich Y, Reshef R, Rozenboim I, Wleklinski-Lee M in Yablonka-Reuveni Z (2004). Pattern of Pax7 expression during myogenesis in the posthatch chicken establishes a model for satellite cell differentiation and renewal. *Dev Dyn* 231, 489–502.
53. Zammit PS, Golding JP, Nagata Y, Hudon V, Partridge TA in Beauchamp JR (2004). Muscle satellite cells adopt divergent fates: a mechanism for self-renewal? *J Cell Biol* 166, 347–57.
54. Engler AJ, Sen S, Sweeney HL in Discher DE (2006). Matrix elasticity directs stem cell lineage specification. *Cell* 126, 677–89.

FIZIOTERAPIJA

december 2016, letnik 24, številka 2

ISSN 1318-2102

IZVIRNI ČLANEK / ORIGINAL ARTICLE

U. Puh, E. Behrić, S. Zatler, M. Rudolf, M. Kržišnik

- Razvrstitev funkcijske premičnosti: zanesljivost posameznega preiskovalca in med preiskovalci pri pacientih po možganski kapi** 1
Functional ambulation classification: intra-rater and inter-rater reliability in patients after stroke

A. Regner, D. Rugej

- Test doseg z nogo v osmih smereh: Primerjava izvedbe testa med skupino mlajših in starejših preiskovancev** 13
Star Excursion Balance Test: Comparison of the SEBT performance between the groups of young and older adults

PREGLEDNI ČLANEK / REVIEW

Ž. Kukec, A. Kacin

- Učinkovitost vadbenih programov za obravnavo poškodb zadnjih stegenskih mišic – pregled literature** 21
The effectiveness of exercise protocols for treating hamstring injuries – literature review

A. Perko, A. Kacin, P. Palma

- Primerjava učinkov zgodnje mobilizacije z imobilizacijo po pretrganju Ahilove tetive – pregled literature** 28
Comparison of effects of immobilization and early mobilization after Achilles tendon rupture – literature review

T. Lipovšek, D. Weber, M. Jakovljević

- Vpliv vibracij celotnega telesa na mišično zmogljivost spodnjega uda – sistematični pregled literature** 35
The effects of whole body vibration on lower extremity muscle performance – systematic literature review

R. Vauhnik, A. Kacin

- Dejavniki tveganja preobremenitvenih poškodb ramena pri odbojkarjih – pregled literature** 44
Risk factors associated with overuse shoulder injuries in volleyball players – literature review

U. Puh, M. Dečman, P. Palma

- Vsebina in učinki programov proprioceptivne vadbe za spodnje ude – pregled literature** 50
The content and effectiveness of proprioceptive training programmes for the lower limbs – literature review

U. Matkovič, V. Jan, K. Dolinar, N. Škorja, K. Miš, T. Marš, M. Podbregar, S. Pirkmajer

- Patofiziologija skeletne mišice pri cerebralni paralizi** 59
Pathophysiology of skeletal muscle in cerebral palsy