

Vpliv vadbe na vibracijski plošči na izboljšanje ravnotežja pri preiskovancu v obdobju pozne rehabilitacije po izpahu kolenskega sklepa – študija primera

Influence of whole body vibration workout on balance in later phase of rehabilitation after knee dislocation – case study

Renata Vauhnik^{1,2}, Rok Matjaž¹, Darja Rugelj¹

IZVLEČEK

Uvod: Izpah kolena je razmeroma redka, a resna poškodba, ravnotežje pa je funkcija, ki je pri taki poškodbi močno prizadeta. Namen študije primera je bil ugotoviti vpliv vadbe z lastno težo na vibracijski plošči na izboljšanje ravnotežja pri preiskovancu po kompleksni poškodbi kolenskega sklepa. **Metode:** Preiskovanec je bil mlajši moški v fazi pozne rehabilitacije po operacijah zaradi večligamentarne kolenske poškodbe. Preiskovanec je šest tednov trikrat na teden vadil na vibracijski plošči po vadbenem protokolu, ki je vseboval vaje z lastno težo za krepitev mišic spodnjih udov. Pred vadbo in po njej je bil izveden modificiran test senzorične interakcije na pritiskovni plošči pri enonožni stoji za oba spodnja uda. **Rezultati:** Po vadbi se je pri preiskovancu gibanje središča pritiska pri stoji na poškodovanem udu zmanjšalo pri vseh pogojih senzoričnega priliva, najbolj pri stoji na mehki podlagi in odprtih očeh ter na trdi podlagi pri zaprtih očeh. **Zaključki:** Rezultati so pokazali, da vadba z lastno težo v kombinaciji z vibracijsko ploščo lahko pomembno pripomore k izboljšanju ravnotežja tudi v fazi pozne rehabilitacije po kompleksni poškodbi kolenskega sklepa.

Ključne besede: kompleksna, večligamentarna poškodba kolena, ravnotežje, vibracijska plošča, gibanje središča pritiska.

ABSTRACT

Background: Knee dislocation is a relatively rare but serious injury, which greatly affects balance function. The aim of the case study was to determine the potential impact of bodyweight training in combination with vibration plate on balance improvement in an adult man after the multi-ligament knee injury. **Methods:** The participant of the case report was a young man in the later phase of rehabilitation undergoing surgery after the complex multiple-ligament knee injury. The participant's training on vibration platform was performed 6 weeks, 3 times per week. The training protocol contained bodyweight exercises targeting muscles of the lower limbs. Before and after the training program, a modified sensory interaction test on force platform during one-leg stance was measured. **Results:** Following the training program, postural sway in the injured leg decreased in all stances, most significantly for the single-leg on the compliant surface with eyes open and on the firm surface with eyes closed. **Conclusion:** According to the results, the combination of bodyweight training and whole body vibration platform could significantly improve body balance also in the later phase of rehabilitation after multi-ligament knee injury.

Key words: complex, multi-ligament knee injury, balance, whole body vibration, vibration platform, centre of pressure measurements.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

² Arthron, Sklepne in športne poškodbe, Celje

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

Prispelo: 13.3.2017

Sprejeto: 10.4.2017

UVOD

Izpah kolena je razmeroma redka, a resna poškodba, ki privede do popolne prekinitev integritete tibiofemoralnega sklepa. Izguba integritete je navadno posledica poškodbe najmanj dveh izmed štirih glavnih ligamentov kolenskega sklepa, najpogosteje sprednjega križnega ligamenta, zadnjega križnega ligamenta in še enega izmed dveh kolateralnih ligamentov (1). Akutni izpah kolena predstavlja od 0,02 do 0,2 % vseh mišično-skeletnih poškodb (1, 2) ter le 0,5 % izpahov vseh sklepov. Najpogosteje poškodovani so mladi moški, in sicer gre v 50 % za visokoenergetske poškodbe, na primer poškodba v avtomobilski nesreči (1).

Proprioceptivna funkcija kolenskega sklepa je pomembna za ustrezno sklepno mobilnost in stabilnost, pri poškodbi mehkih tkiv pa je ta funkcija lahko prekinjena (3). Poškodba sprednje križne vezi pomeni izgubo proprioceptivnih informacij iz mehanoreceptorjev, kot so Pacinijeva telesca in Ruffinijevi živčni končiči (4). Tudi mehanoreceptorji v zadnji križni vezi služijo kot vir proprioceptije v somatosenzoričnem sistemu. Prekinitev proprioceptivnega priliva lahko vpliva na statično in dinamično ravnotežje ter gibalno funkcijo (3). Vadba, pri kateri je telo izpostavljeno vibracijam prek stika dela telesa z vibracijsko ploščo, torej vadba na vibracijski plošči (angl. whole body vibration), je poznana že iz stare Grčije (5). Danes se ponovno s pridom uporablja kot ena izmed oblik vadbe, ki pripomore k izboljšanju mišične zmogljivosti (6), stabilnosti (7, 8), ravnotežja (6, 9), medmišične koordinacije in sklepne gibljivosti (5). V literaturi je nekaj raziskav o vplivih vadbe na vibracijski plošči na stabilnost in čutno-gibalno integracijo v povezavi s kolenskimi sklepi in poškodbami kolen (7, 8, 10, 9, 6, 11).

Namen študije primera je bil ugotoviti vpliv vadbe z lastno težo na vibracijski plošči na izboljšanje ravnotežja pri preiskovancu po kompleksni poškodbi kolenskega sklepa.

METODE

V raziskavi je sodeloval mlajši moški (28 let, višina 184 cm, teža 85 kg, BMI 2,6) 24 mesecev po operativno zdravljeni večligamentarni poškodbi desnega kolena (poškodba sprednje in zadnje

križne vezi, medialnega kolateralnega ligamenta in medialnega meniskusa).

Za oceno ravnotežja smo uporabili modificirani test senzorične interakcije na eni nogi na pritiskovni plošči (12). Gibanje središča pritiska smo izmerili v štirih različnih pogojih senzoričnega priliva: na trdi in mehki podlagi z odprtimi in zaprtimi očmi. Za mehko podlago smo uporabili blazino Airex (40 x 46 x 6 cm). Za meritve gibanja središča pritiska smo uporabili pritiskovno ploščo Kistler 9286 AA (Wintherturs, Švica), s frekvenco vzorčenja 50 Hz in zajemanjem podatkov 60 s. Filtrirali smo jih z uporabo Gausovega povprečenja treh točk. Podatke smo zajemali s programom BioWare in jih prek strežnika Linux analizirali s posebej za ta namen razvitim programskim sistemom StabDat – V2.0 (13). Za nadaljnjo analizo smo uporabili štiri spremenljivke: povprečno hitrost gibanja središča pritiska, variabilnost položaja središča pritiska, izraženo kot pot gibanja središča pritiska v antero-posteriorni (y) in medio-lateralni (x) smeri, ter površino izrisane stabilograma, ki pove, kako veliko površino oseba uporabi med testom mirne stoje (14). Modificirani test senzorične interakcije na pritiskovni plošči je ponovljiv od zmerno do odlično v vseh štirih pogojih senzoričnega priliva pri mladih zdravih osebah (ICC od 0,77 na trdi podlagi z odprtimi očmi do 0,83 na mehki podlagi z odprtimi očmi) (12) in pri mladih športnicah (ICC = od 0,31 do 0,66) (15).

Preiskovanec je bil med mirno stajo obut v nogavice, noga, ki ni bila v stiku s podlago, je bila pokrčena v kolenu približno 90°, roki naslonjeni na boke, pogled pri meritvah z odprtimi očmi usmerjen v točko na tabli, oddaljeni 2 m. Zahtevnost meritev se je stopnjevala od trde podlage z odprtimi očmi do mehke podlage z zaprtimi očmi. Meritev se je začela z levo nogo, čemur je sledilo izmenično ponavljanje. Preiskovanec je imel po vsakem ciklu minuto počitka.

Za vadbo je bila uporabljena vibracijska plošča Power plate pro 5 s frekvenco vibracij od 30 do 40 Hz. Oblika vibracij je bila tridimenzionalna, z vertikalnim pomikom od 2,5 do 5 mm. Vadba na vibracijski plošči je potekala trikrat na teden (ponedeljek, sredo, petek) šest tednov, z

enotedenskim premorom po končanem četrtem tednu zaradi bolezni. V časovnem obdobju sedmih tednov preiskovanec ni bil udeležen v drugih oblikah vadb ali bil kakor koli drugače športno dejaven. Hodil je le na srednje dolge, nizko intenzivne sprehode. Pred vadbo se je preiskovanec deset minut ogreval na sobnem kolesu, z intenzivnostjo od 60 do 80 W, ter nadaljeval z raztezanjem za sprednje in zadnje stegenske mišice ter mečne mišice. Posamezna raztezna vaja je trajala 20 sekund in jo je ponovil dvakrat. Vse vaje na vibracijski plošči so bile izvedene s stopali neposredno na vibracijski plošči, v zaprti kinetični verigi s predhodno aktivacijo globoke trebušne mišice, da bi se ohranile fiziološke krivine hrbtenice. *Počep* je bil izveden dinamično s pokrčenjem kolen do 80° in z iztegom do položaja 5° fleksije v kolenu. Za statično izvedbo vaje smo uporabili položaj 80° fleksije v kolenu. *Globok počep* – dinamično maksimalna fleksija kolena do 110°. Statično se je vaja izvedla pri 110° fleksije v kolenu. *Širok počep* se je od prejšnjih dveh razlikoval v postavitvi stopal, in sicer so bila stopala širše od bokov, v zunanji rotaciji približno 20°. *Počep na eni nogi* je v osnovi podoben vaji *počep*. To velja za nogo, ki je na vibracijski plošči, nasprotna noga je med izvedbo vaje pokrčena in ni v stiku s podlago. *Izpadni korak* je izvajal z večjo obremenitvijo

sprednje noge (razmerje spredaj: zadaj 60 : 40 %) pri 70° do 80° fleksije v kolenu. Med tem je izvajal *dvig na prste* statično z zadrževanjem stopala v plantarni fleksiji in dinamično z dvigovanjem pete od podlage.

V prvem in drugem tednu je bila izvedba posamezne vaje statična in je trajala od 30 do 45 sekund z nizko amplitudo vibracij (2,5 mm) pri frekvenci 30 Hz. Vse vaje razen širokega počepa so bile izvedene dvakrat. V tretjem in četrtem tednu vadbe je bila izvedba posamezne vaje statična in dinamična, trajala je od 30 do 60 sekund z nizko amplitudo vibracij (2,5 mm) in visoko amplitudo vibracij (5 mm) pri frekvenci od 30 do 40 Hz. Vse vaje razen širokega počepa so bile izvedene dvakrat. V petem in šestem tednu vadbe je bila izvedba posamezne vaje statična in dinamična, trajala je od 45 do 60 sekund z visoko amplitudo vibracij (5 mm) pri frekvenci 40 Hz. Vse vaje razen širokega in globokega počepa so bile izvedene trikrat. Premor med posameznimi vajami je bil na začetku od 30 do 45 s in se je ob koncu vadbe zmanjšal na 15 do 30 sekund.

REZULTATI

Modificirani test senzorične interakcije smo analizirali na dveh ravneh, najprej čas, ko je

Preglednica 1: Gibanje središča pritiska v treh različnih pogojih senzoričnega priliva pri stoji na poškodovanem (desnem) udu

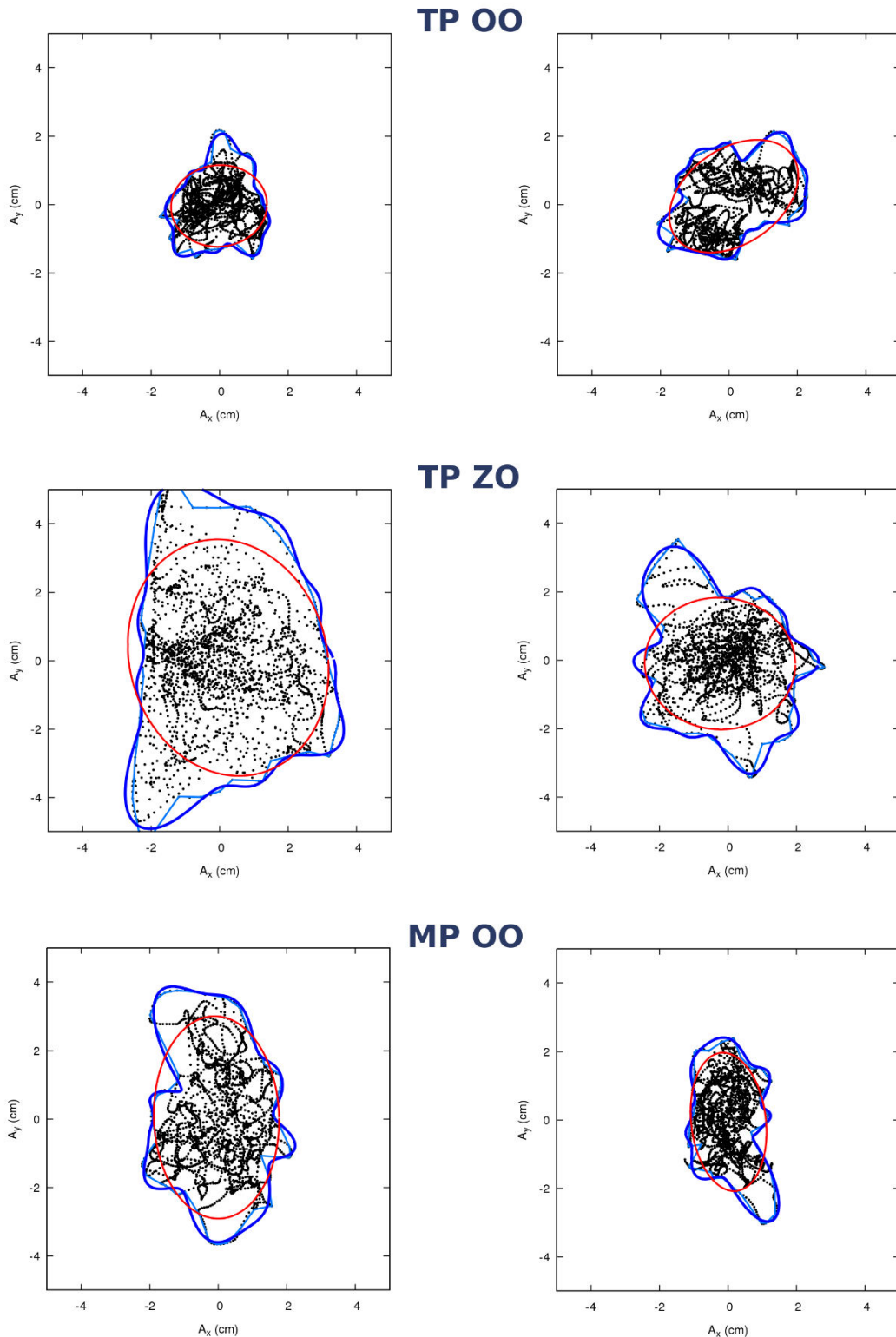
Spremenljivke	TP OO			TP ZO			MP OO		
	pred	po	% razlike	pred	po	% razlike	pred	po	% razlike
Hitrost (cm/s)	2,8	2,8	-0,0	9,8	5,5	-43,9	4,5	3,2	-28,9
M-L pot-x (cm)	77,3	82,4	+ 6,6	290,7	172,3	-40,7	121,5	79,1	-34,9
A-P pot-y (cm)	82,3	78,3	-4,9	261,9	139,9	-46,6	133,2	100,4	-24,6
Ploščina (cm ²)	7,3	10,6	+45,2	46,3	21,9	-52,7	23,3	10,3	-55,8

TP – trda podlaga; MP – mehka podlaga; OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; ML – medio-lateralno; AP – antero-posteriorno

Peglednica2: Gibanje središča pritiska v treh različnih pogojih senzoričnega priliva pri stoji na nepoškodovanem udu

Spremenljivke	TP OO			TP ZO			MP OO		
	pred	po	%	pred	po	%	pred	po	%
Hitrost (cm/s)	3,7	3,2	-13,5	7,2	6,2	-13,9	3,2	3,5	+ 9,4
M-L pot-x (cm)	104,7	88,5	-15,5	190,5	189,7	-0,4	80,6	82,7	+ 2,6
A-P pot-y (cm)	109,0	93,7	-14,0	223,8	165,2	-26,2	103,6	115,5	+ 11,5
Ploščina (cm ²)	11,9	9,9	-16,8	35,8	31,5	+ 12,0	16,6	15,4	-7,2

TP – trda podlaga; MP – mehka podlaga; OO – odprte oči; ZO – zaprte oči; ML – medio-lateralno; AP – antero-posteriorno.



Slika 1: Obrisi gibanja središča pritiska pri stoji na poškodovanem udu pred (levo) in po vadbi (desno): TP OO – trda podlaga odprte oči, TP ZO – trda podlaga zaprte oči in MP OO – mehka podlaga odprte oči. Dolžina stranice na vseh slikah je 10 cm.

preiskovanec zadrževal položaj, in nato še gibanje središča pritiska na intervalu prvih 45 sekund. Preiskovanec je stal pred vadbo in po njej 60 sekund na trdi podlagi z odprtimi očmi s poškodovano in nepoškodovano nogo, na trdi podlagi z zaprtimi očmi enako, razen s poškodovano nogo po vadbi, ko je bil rezultat 45 sekund. Na mehki podlagi z odprtimi očmi je pred vadbo in po njej prav tako stal 60 sekund s poškodovano in nepoškodovano nogo. Pri stoji na mehki podlagi z zaprtimi očmi se je čas stoje pri obeh nogah podaljšal za 4 sekunde (poškodovana in nepoškodovana 6 in 10 sekund).

Analiza stabilograma je pokazala zmanjšanje površine gibanja središča pritiska pri stoji na *poškodovanem udu* od najmanj 45,2 % na trdi podlagi pri odprtih očeh do največ 55,8 % na mehki podlagi in odprtih očeh (preglednica 1). Hitrost gibanja središča pritiska se je najbolj zmanjšala (43,9 %) na trdi podlagi z zaprtimi očmi. (preglednica 1). Tudi pri stoji na nepoškodovanem udu (preglednica 2) je prišlo po vadbi do izboljšanja, le da so bile spremembe v primerjavi s poškodovanim udom večinoma manj izrazite in so se gibale na intervalu od 11,5 % povečanja gibanja središča pritiska v antero-posteriorni smeri na mehki podlagi do 26,2 % zmanjšanja gibanja središča pritiska v antero-posteriorni smeri na trdi podlagi z zaprtimi očmi. Podrobni podatki za vse spremenljivke v treh pogojih merjenja so predstavljeni v preglednici 1 za poškodovani ud in v preglednici 2 za nepoškodovanega.

RAZPRAVA

Študija primera je pokazala, da lahko vadba z lastno težo na vibracijski plošči pripomore k izboljšanju senzomotorične integracije kolenskega sklepa. Rezultati so pokazali zmanjšanje hitrosti in obsega gibanja središča pritiska pri stoji na poškodovanem in nepoškodovanem udu, kar kaže na povečano stabilnost med vzdrževanjem enonožne stoje.

Gibanje središča pritiska smo merili v štirih različnih pogojih senzoričnega priliva med stoji na poškodovanem in nepoškodovanem spodnjem udu. Meritve na trdi podlagi pri odprtih očeh preiskovancu niso predstavljale posebnih težav, gibanje središča pritiska je bilo primerljivo z rezultati zdravih mladih preiskovancev (16).

Bistveno zahtevnejša naloga je bil za preiskovanca odvzem vidnega priliva, saj v teh okoliščinah postane somatosenzorični priliv poleg vestibularnega najpomembnejši vir informacij za vzdrževanje mirne telesne drže. Pri meritvi na trdi podlagi z zaprtimi očmi na poškodovanem udu pred vadbo je bila hitrost gibanja središča pritiska skoraj štirikrat večja kot pri meritvi na trdi podlagi z odprtimi očmi. Prav tako sta bili medio-lateralno in antero-posteriorno gibanje središča pritiska skoraj dvakrat večji. Ta razlika je bila pri meritvah na nepoškodovanem udu precej manjša, kar bi lahko povežemo z močno oslABLJENO senzomotorično integracijo poškodovanega spodnjega uda. Meritve po vadbi so pokazale, da se je preiskovanec začel močneje zanašati na priliv informacij iz somatosenzoričnega sistema, razlika med meritvama na trdi podlagi z odprtimi očmi in na trdi podlagi z zaprtimi očmi se je znatno zmanjšala, in sicer predvsem na račun manjše hitrosti gibanja središča pritiska in dolžine medio-lateralne in antero-posteriorne poti pri pogoju zaprte oči, čeprav je preiskovanec vse vaje vedno izvajal pri odprtih očeh. Pri meritvi na mehki podlagi z zaprtimi očmi je pred vadbo in po njej prišlo do predčasnega padca. Če pa bi primerjali le čas zadrževanja položaja pri tem, bi lahko poročali o znatnem izboljšanju tudi pri teh pogojih senzoričnega priliva. Pri tem velja omeniti, da vadba na vibracijski plošči ne poteka na trdi podlagi. Med stopali in tlemi je namreč zračni meh, ki daje občutek nestabilnosti, podobno kot mehka podlaga pri modificiranem testu senzorične interakcije, vendar v manjši meri. Zato menimo, da je omenjeno izboljšanje posledica vadbe. Rezultate lahko povežemo s povečano učinkovitostjo uporabe somatosenzoričnih informacij, ki je posledica vadbe na nestabilni podlagi in so jo pri svojih raziskavah pokazali Granacher in sod., (17) in sicer pri starejših moških. Ugotovili so, da senzomotorična vadba vpliva na zmanjšanje občutljivost hrbtenjačnih refleksov in tako povzroči za gibalno nalogo, v našem primeru vzdrževanje mirne stoje na eni nogi v zaostrenih razmerah, specifično modulacijo teh refleksov. Z zmanjšanjem spinalnega refleksnega odziva na ravni hrbtenjače se zmanjšajo neželeni refleksni premiki sklepa (18).

Moezy in sod. (8) so pri skupini športnikov v zgodnji fazi rehabilitacije po operaciji sprednje

križne vezi primerjali spremembe v antero-posteriornem in medio-lateralnem gibanju središča pritiska po vadbi na vibracijski plošči. V primerjavi s kontrolno skupino, ki je vadila z lastno težo po nekoliko drugačnem programu, je bilo gibanje središča pritiska pri odprtih in zaprtih očeh bistveno manjše. Naš preiskovanec je bil ob začetku vadbe v poznejši fazi rehabilitacije. Poškodba je bila obsežna in kompleksna, zato je bila pričakovana oslABLJENA somatosenzorična interakcija toliko večja. Kljub temu je ob podobnem vadbenem protokolu prišlo do pomembnega zmanjšanja antero-posteriornega in medio-lateralnega gibanja središča pritiska. Predvsem pri meritvi na mehki podlagi z odprtimi očmi je bilo zmanjšanje od 30 do 40 %.

Pri pregledu literature sicer nismo našli primerov ocenjevanja vpliva vadbe na vibracijski plošči na izboljšanje ravnotežja po kompleksni večligamentarni poškodbi kolenskega sklepa, se pa navezujejo na posamezne manj kompleksne poškodbe kolena, na primer na izolirano poškodbo sprednje križne vezi. Puh in sodelavci (3) so poročali o zmanjšanju hitrosti gibanja središča pritiska v medio-lateralni in antero-posteriorni smeri pri stoji na poškodovanem udu, predvsem pri pogojih na mehki podlagi z odprtimi očmi. Kot v našem primeru je šlo za modificiran test senzorične interakcije v zgodnji fazi rehabilitacije po operaciji zadnje križne vezi. Namesto vibracijske plošče je preiskovanka vadila na ravnotežni plošči Wii. Vadba je potekala štiri tedne, in sicer šestkrat na teden od 30 do 45 min. Rezultati meritev po vadbi so pokazali, da se je, tako kot v našem primeru, gibanje središča pritiska najbolj zmanjšalo pri stoji na poškodovanem udu na mehki podlagi z odprtimi očmi. Pri zaprtih očeh meritev prav tako ni bila dokončana zaradi predčasne izgube ravnotežja. Pri obeh preiskovancih so se rezultati ponovnih meritev pri stoji na nepoškodovanem udu spremenili bistveno manj, kot je to veljalo za poškodovani ud. Kljub manjši pogostnosti in manjšemu skupnemu številu vadb pri našem preiskovancu smo lahko poročali o zelo podobnem zmanjšanju gibanja središča pritiska kljub poznejši fazi rehabilitacije in kompleksnosti poškodbe.

Brunetti in sodelavci (19) so dokazali, kako lahko izometrična vadba za sprednje stegenske mišice pri preiskovancih po rekonstrukciji sprednje križne

vezi v le treh zaporednih sejah povzroči občutno zmanjšanje hitrosti in površine gibanja središča pritiska pri stoji na poškodovanem spodnjem udu pri odprtih in zaprtih očeh. Izboljšanje je bilo opazno takoj po vadbi in se je v obdobju devetih mesecev stopnjevalo, placebo skupina pa je dosegla občutno manjše izboljšanje. Torej že nizko intenzivna vadba na vibracijski plošči lahko pomembno vpliva na izboljšanje ravnotežja.

Melnyk in sodelavci 2008 (7) so poročali o pomembnem zmanjšanju antero-posteriorne translacije tibije med vadbo na vibracijski plošči. Z vibracijami so namreč izvabili refleks na nateg fleksorjev kolena, s čimer se je povečala kolenska stabilnost za čas najmanj 8 minut po koncu vadbe. Nihče izmed 24 preiskovancev pri vadbi ni občutil nelagodja.

Pri vrednotenju rezultatov smo opazili, da so se vrednosti parametrov gibanja središča pritiska poškodovanega spodnjega uda po končani vadbi zelo približale vrednostim na nepoškodovani strani. Pri stoji na nepoškodovanem spodnjem udu so bile spremembe manj izrazite. Izboljšanje je bilo opaziti predvsem pri stoji na trdi podlagi, pri stoji na mehki podlagi pa je bila, podobno kot pri poškodovanem udu, pri zaprtih očeh stoja mirnejša, vendar zaradi predčasnega padca tudi teh rezultatov nismo mogli uporabiti za primerjavo.

Mnenja o tem, katera vrsta in kakšna intenzivnost vadbe je učinkovita za izboljšanje ravnotežne funkcije, so v raziskavah zelo različna. Mnoge oblike splošnih vadb nimajo vpliva na ravnotežje, nekatere imajo vpliv na mišično zmogljivost, pa skoraj ničen vpliv na ravnotežno funkcijo (14). Ker je v našem primeru od zaključka rehabilitacije minilo že več kot eno leto, smo se v želji po dovolj intenzivni vadbi odločili za vadbo trikrat na teden, šest zaporednih tednov. Preiskovanec je vadbo stopnjeval s podaljševanjem trajanja posamezne vaje in krajšimi odmori med posameznimi serijami, po dveh oz. štirih tednih pa smo vaje dodali in povečali število ponovitev posameznih vaj. To je v praksi pomenilo trajanje vadbe na vibracijski plošči od začetnih 15 do največ 30 minut, pri čemer se je intenzivnost vseskozi stopnjevala. Rembitzky (20) v priporočilih za izvajanje vadbe na vibracijski plošči opisuje stopnjevanje vadbe na vibracijski plošči s

podaljševanjem trajanja posamezne seje, krajšim premorom med sejami, povečanjem frekvence in amplitude vibracij ter izbiro zahtevnejših variacij vaj z lastno težo. Klinično pomembno izboljšanje ravnotežja je mogoče že po štirih tednih vadbe, intenzivnost vadbe, ki povzroči izboljšanje ravnotežne funkcije, pa se med študijami razlikuje od dva- do petkrat na teden (14).

Glede na dobljene rezultate menimo, da je vadba na vibracijski plošči skupaj z vadbo, ki je temeljila na obremenitvi z lastno težo, pomembno vplivala na spremembe v ravnotežni funkciji in s tem na rezultate modificiranega testa senzorične interakcije.

ZAKLJUČKI

Po šesttedenski vadbi na vibracijski plošči v fazi pozne rehabilitacije se je pri preiskovancu z večligamentarno poškodbo kolena zmanjšalo gibanje središča pritiska, in sicer predvsem pri stoji na poškodovanem spodnjem udu na mehki podlagi in pri odprtih očeh. Na podlagi dobljenih rezultatov ocenjujemo, da je vključevanje vadbe na vibracijski plošči k vadbi z lastno težo učinkovita metoda za izboljšanje ravnotežja tudi v pozni fazi rehabilitacije po kompleksni poškodbi kolenskega sklepa.

LITERATURA

1. Piper D, Howells NR (2014). Acute knee dislocation. *Trauma* 16 (2): 70–80.
2. Frosch KH, Preiss A, Heider S et al. (2013). Primary ligament sutures as a treatment option of knee dislocations: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol arthrosc* 21 (7): 1502–9.
3. Puh U, Majcen N, Hlebš S, Rugelj D (2014). Effects of Wii balance board exercises on balance after posterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (5): 1124–30.
4. 2014 Godinho P, Nicoliche E, Cossich V, de Sousa EB, Velasques B, Salles JI (2014). Proprioceptive deficit in patients with complete tearing of the anterior cruciate ligament. *Rev Bras Ortop* 49 (6): 618–8.
5. Albasini A (2010). Introduction. In: Albasini A, Krause M, Volker Rembitzki I, eds. *Using Whole Body Vibration in Physical Therapy and Sport*. Churchill Livingstone, 1–41.
6. Torivinen S, Kannus P, Sievanen H et al. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc* 34 (9): 1523–8.
7. Melnyk M, Kofler B, Faist M, Hodapp M, Gollhofer A (2008). Effect of a Whole-Body Vibration session on Knee stability. *Int J Sports Med* 29 (10): 839–44.
8. Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S (2008). A comparative study of whole body Vibration Training and Conventional Training on Knee Proprioception and Postural Stability after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Br J Sports Med* 42 (5): 373–8.
9. Sanudo B, Carrasco L, de Hoyo M, Olivia Pascual Vaca A, Rodriguez Blanco C (2013). Changes in body balance and functional performance following whole-body vibration training in patients with fibromyalgia syndrome: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med* 45 (7): 678–84.
10. 2011 Amano H, Nakata K, Mae T, Iwahashi T, Suzuki T (2011). Effects of whole body vibration training on dynamic balance in healthy adult volunteers. *Br Sports Med* 45 (4): 334–10.
11. McBride JM, Nuzzo JL, Dayne AM, Isratel MA, Nieman CD, Triplett NT (2010). Effect of an acute bout of whole body vibration exercise on muscle force output and motor neuron excitability. *J Strength Cond Res* 24 (1): 184–9.
12. Rugelj D, Hrastnik A, Sevšek F, Vauhnik R (2015). Reliability of modified sensory interaction test as measured with force platform. *Med Biol Eng Comput* 53 (6): 525–34.
13. Sevšek F (2014) *StabDat V 2.0*. Faculty of health sciences, Ljubljana. <http://manus.zf.uni-lj.si/stabdat>.
14. Rugelj D, Tomšič M, Ovca A, Sevšek F (2009). Za ravnotežje specifična vadba in zmanjševanje ogroženosti za padce. *Raziskovalni dan Zdravstvene fakultete*, 4. december 2009. Ljubljana: 29–40.
15. Harringe ML, Halvorsen K, Renstrom P, Werner S (2008). Postural control measured as the center of pressure excursion in young female gymnasts with low back pain or lower extremity injury. *Gait Posture* 22 (1): 38–45.
16. Simonič S. (2016) *Modificirani test senzorične interakcije stoji na eni nogi na pritiskovni plošči*. Diplomsko delo. Ljubljana, Zdravstvena fakulteta.
17. Granacher U, Gruber M, Gollhofer A. The impact of sensorimotor training on postural control in elderly men. *Deutsche Z Sportmed* 2009; 60: 387–93.
18. Taube W. (2012) Neurophysiological adaptations in response to balance. *Deutsche Z Sportmed* 63 (9): 273–7.
19. Brunetti O, Filippi GM, Lorenzini M et al. (2006). Improvement of posture stability by vibratory

- stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (11): 1180–7.
20. Rembitzki I (2010). Whole body vibration Treatment with patients or athletes. In: Albasini A, Krause M, Volker Rembitzki I, eds. *Using Whole Body Vibration in Physical Terapy and Sport*. Churchill Livingstone, 93–142.