

Učinki ishemične vadbe na kronično oslabeledost mišice quadriceps femoris pri pacientu z večkratnim kirurškim zdravljenjem kolena – poročilo o primeru

Effects of ischemic training on chronic weakness of quadriceps femoris muscle in a patient with multiple surgery of a knee – a case report

Tina Berčič¹, Tina Žargi¹, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Namen poročila o primeru je bil ovrednotiti učinek ishemične vadbe na atrofirano in inhibirano mišico quadriceps femoris pri preiskovancu po večkratnem kirurškem zdravljenju kolenskega sklepa. **Metode:** Preiskovanec je bil vključen v osem tedenski vadbeni program z ishemično vadbo, vadbo proti upor in pliometrijo. Izvedli smo meritve obsegov stegna in kožne gube, izpolnjevanje kolenskih vprašalnikov KOOS in Lysholm, funkcijska testa enonožnega skoka in Y-test ravnotežja, tenziomiografske meritve mišice quadriceps femoris ter izokinetično testiranje fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri kotnih hitrostih 60°/s in 240°/s. **Rezultati:** Po končanem vadbenem programu se je večina merjenih parametrov izboljšala. Pusti obseg stegna poškodovanega spodnjega uda se je povečal za 1,9 cm distalno in 1,1 cm proksimalno. Rezultati tenziomiografije so pokazali 17 % povečanje simetrije v kontraktibilnosti mišice rectus femoris obeh nog. Maksimalni navor ekstenzorjev kolena poškodovanega spodnjega uda se je izboljšal za 43 % pri nižji in 44 % pri višji, kotni hitrosti. **Zaključki:** Rezultati kažejo pozitivne učinke ishemične vadbe na zmogljivost, velikost in hoteno aktivacijo mišice quadriceps femoris. Zaradi prisotnosti nespremenjene bolečine ob bazi pogačice bi bilo pri pacientu smiselno raziskati tudi drugačne pristope zmanjševanja inhibitorne aktivnosti mišice quadriceps femoris.

Ključne besede: poškodba sprednje križne vezi, vadba z oviranim tokom krvi, bolečina, ekstenzorji kolena, atrofija.

ABSTRACT

Background: The aim of the case report was to evaluate the effectiveness of ischemic exercise on atrophy and inhibition of the quadriceps femoris muscle in a patient after multiple surgical procedures of the knee joint. **Methods:** Patient was involved in an 8-week exercise program with ischemic exercise, resistance training, and plyometrics. We measured thigh circumference and skinfold, filled out knee questionnaires KOOS and Lysholm, assessed functional single leg hop test and Y balance test, tensiomyography (TMG) of quadriceps femoris muscle and isokinetic testing of knee flexors and extensors maximal torque at 60°/s and 240°/s angular velocity. **Results:** After the completed exercise program most of the measured parameters improved. The lean thigh circumference of the injured lower limb increased by 1.9 cm at the distal part and 1.1 cm at the proximal part. Results of TMG showed 17 % increase in the rectus femoris muscle symmetry between lower limbs. The maximal torque of knee extensor muscles of injured lower limb improved by 43 % at lower, and by 44 % at higher angular velocity. **Conclusions:** The results showed positive effects of ischemic exercise on performance, hypertrophy, and improved activation of the quadriceps femoris muscle. Because of the upper patella pain, it would be worthwhile to do more research on different approaches for reducing quadriceps femoris muscle inhibitory activity.

Key words: anterior cruciate ligament injury, blood flow restricted exercise, pain, knee extensors, atrophy.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

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

Prispelo: 5.3.2019

Sprejeto: 17.4.2019

UVOD

Poškodbe kolenskih sklepov spadajo med najpogostejše športne poškodbe in predstavljajo približno 25 % vseh poškodb v športu. Največkrat so to poškodbe križnih in kolateralnih vezi ter raztrganine meniskusov (1). Med vezmi se največkrat pretrga sprednja križna vez (SKV), in sicer predvsem pri aktivnostih, ki zahtevajo nenadne spremembe gibanja, skakanje ter pivotiranje oziroma obračanje na stojni nogi (2). Kar 80 % poškodb SKV je nekontaktne narave (3). Poškodba ima lahko velik vpliv na kinematiko kolenskega sklepa, pri čemer največjo težavo pomenijo ponavljajoča se nestabilnost kolena in simptomi, povezani s poškodbo meniskusov in hrustanca, kot so občasno zatekanje in občutek preskakovanja v kolenu (4). Poškodbi navadno sledi rekonstrukcija SKV, katere namen je izboljšati stabilnost kolena in preprečiti pojav poznejših zapletov. Raziskave poročajo, da 15 let po rekonstrukciji približno 50 % pacientov razvije osteoartrozo kolenskega sklepa (3). Kljub previdnosti se v 10-letnem obdobju po rekonstrukciji pri enem izmed štirih posameznikov zgodi ponovna raztrganina SKV (5). Najpomembnejša indikacija za rekonstrukcijo SKV je telesna dejavnost posameznika. Bolj ko je posameznik športno aktiven, večja je verjetnost, da bo operativno zdravljenje pripomoglo k doseganju želene ravni telesne pripravljenosti (6).

V zgodnjem pooperativnem obdobju, od dva do šest tednov po operaciji, je zaradi celjenja tkiv in artrogene mišične inhibicije kot posledice bolečine, otekline in poškodbe obremenjevanje spodnjega uda omejeno. Zmanjšanje dejavnosti vodi v mišično atrofijo in oslabeledost mišic (7) zlasti ekstenzornih mišic kolenskega sklepa (8). Pri tem je pomembno, da več kot 10-odstotni deficit zmogljivosti mišice quadriceps femoris poškodovane noge pomembno poveča verjetnost ponovne poškodbe SKV (7). Poleg atrofije na zmanjšano zmogljivost mišice quadriceps femoris vpliva tudi nepopolna mišična aktivacija, ki je po rekonstrukciji SKV povezana s poškodbo sklepa, izlivom v sklep in prisotnostjo bolečine (9). Izgubo mišične mase zaradi razbremenjevanja in zmanjšane dejavnosti je mogoče zmanjšati z ustrezno prilagojenim vadbenim programom in vrsto obremenitve (10). Za povečanje mišične zmogljivosti in hipertrofijo je priporočljiva vadba z

intenziteto od 60 do 80 % enega ponovitvenega maksimuma (1 RM – one repetition maximum), vendar so takšne obremenitve pri pacientih z okvaro sklepa pogosto neizvedljive ali kontraindicirane. Za učinkovito krepitev mišic ob minimalni mehanski obremenitvi poškodovanega sklepa se je v zadnjem času uveljavila vadba z lažjimi bremenmi (20 % 1 RM) v kombinaciji z delno oviranim pretokom krvi, imenovana tudi ishemična vadba z majhnim uporom. Ishemična vadba z majhnim uporom se je izkazala kot učinkovita tudi v zgodnjem obdobju po rekonstrukciji SKV (8), ni pa znano, ali lahko s tovrstno vadbo učinkovito okrepimo tudi kronično oslabeledo mišico quadriceps femoris v poznejšem obdobju po rekonstrukciji SKV. Takrat je namreč cilj predvsem povečati zmogljivost te mišice, izboljšati hoteno aktivacijo in vzpostaviti normalen vzorec hoje (11). Namen našega poročila o primeru je bil torej raziskati in ovrednotiti učinek individualiziranega vadbenega programa, ki je vključeval tudi ishemično vadbo z majhnim uporom, pri pacientu s kronično oslabeledo mišico quadriceps femoris zaradi poškodb in kirurških rekonstrukcij več kolenskih struktur.

METODE

Preiskovanec

V raziskavo je bil vključen 27-letni športnik (višina 180 cm in masa 80 kg, ITM = 24,7 kg/m²), v nadaljevanju preiskovanec. Pred desetimi leti se je tekmovalno ukvarjal z atletiko, in sicer troskokom ter skokom v daljino, kar je pozneje opustil zaradi natrganja tetive mišice biceps femoris. Rekreativno se je ukvarjal tudi z gorskim kolesarjenjem, fitnessom, smučanjem in deskanjem na vodi. Med slednjim je pred sedmimi leti prišlo do pretrganja SKV. Dve leti po poškodbi je imel izvedeno artroskopsko rekonstrukcijo SKV. Navajal je, da med čakanjem na operacijo ni imel težav z izvajanjem športnih aktivnosti in da je bilo koleno precej stabilno. Pred enim letom je imel opravljeno tudi osteohondroplastiko lateralnega femoralnega kondila in šiv lateralnega meniskusa. Zaradi bolečine in razbremenjevanja sklepa sta sledili atrofija mišice quadriceps femoris in oslabljen funkcija levega kolenskega sklepa. Bolečina je bila tudi pomemben omejitveni dejavnik polne aktivacije mišice quadriceps femoris. Po nasvetu zdravnika in močni želji izboljšati stanje kolena se je preiskovanec vključil

v program ishemične vadbe proti majhnemu upor, ki smo jo izvajali v Laboratoriju za fizioterapijo na Zdravstveni fakulteti Univerze v Ljubljani. Pred začetkom testiranja je preiskovanec prejel pisne informacije in dal prostovoljno soglasje k sodelovanju v raziskavi.

Merilni in testni protokoli

Meritve in testiranja so bili izvedeni dvakrat, in sicer pred osem tedenskim vadbenim programom in po njem. Na podlagi meritev je bil zastavljen individualiziran program ishemične vadbe z majhnim uporom, standardne vadbe proti upor in pliometrične vadbe. Vadbeno breme je bilo določeno pred prvo vadbeno enoto in se je med programom ustrezno prilagajalo (12).

Meritve obsegov spodnjih udov so bile izvedene bilateralno, in sicer na proksimalnem delu stegna (22,5 cm od sklepne špranje kolena) ter na distalnem delu stegna (11,5 cm od sklepne špranje kolena). Kožna guba je bila izmerjena na istih mestih kot obsegi stegna (Skyndex System I, ZDA). Za rezultat je upoštevana povprečna vrednost treh meritev. Na podlagi meritev obsegov stegen in kožne gube je bil izračunan prosti obseg stegen proksimalno in distalno.

Za optimalno načrtovanje vadbenega programa so pomembni ocena posameznikovih subjektivnih težav, občutenje bolečine ter ocena izvajanja dejavnosti in socialnega vključevanja. Preiskovanec je zato na začetku in koncu vadbenega programa izpolnil vprašalnik o težavah s kolenskim sklepom (ang. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score – KOOS) in vprašalnik Lysholm.

Za oceno stabilnosti spodnjega uda je bil izveden Y-test ravnotežja. Test od preiskovanca zahteva obremenitev enega spodnjega uda, medtem ko z drugim potiska indikator v različne smeri (anteriorno, postero-medialno in postero-lateralno). Zanesljivost izvedbe testa je v anteriorni smeri ICC = 0,86, v postero-medialni smeri ICC = 0,99 in v postero-lateralni smeri ICC = 0,95 (7). Preiskovanec je najprej prejel ustna navodila in demonstracijo testa. Pri izvedbi je bil upoštevan standardiziran testni protokol (7–13). Pred testom je preiskovanec opravil deset sonožnih počepov ter raztezne vaje za mišice kolenskega, kolčnega in

skočnega sklepa. Test je najprej izvajal z zdravim in nato še s poškodovanim spodnjim udom. Ob dvigu podplata stojne noge od podlage, nezmožnosti vrnitve v izhodiščni položaj ali izgubi ravnotežja je preiskovanec moral test ponoviti. Upoštevana je bila povprečna vrednost treh meritev v vsako smer.

Test enonožnega skoka je enostaven in pogosto uporabljen test za merjenje dinamične stabilnosti in asimetrije spodnjih udov pri pacientih po rekonstrukciji SKV (14). Standardizirana izvedba testa je podrobno opisana v člankih (14, 15). Preiskovanec je izvedel skok v daljino z mesta, ločeno z vsako nogo, pri čemer se je lahko odrinil in pristal le s testno nogo. Končni položaj je moral zadržati vsaj dve sekundi. Razdalja je bila merjena od linije prstov pri odzivu do dotika pete pri doskoku. Izračunana je bila povprečna vrednost treh testnih skokov za posamezno nogo. Zanesljivost testa je visoka, in sicer ICC = 0,92–1,96 (15).

Meritve kontraktilnih lastnosti mišice quadriceps femoris so bile opravljene s tenziomiografijo (TMG). TMG je neinvazivna, selektivna in preprosta metoda, ki temelji na posrednem merjenju mišične sile prek odmika trebuha mišice (16). Glavna prednost TMG je selektivno ocenjevanje mehanskega odgovora skeletnih mišic na električni dražljaj (17). Pri izvedbi TMG je bil preiskovanec v supiniranem položaju, s podprtim kolenskim sklepom in sproščeno mišico quadriceps femoris. Meritev se je izvajala na obeh spodnjih udih in je trajala približno 20 minut. Na trebuh mišic vastus lateralis, vastus medialis in rectus femoris smo na ustrezni razdalji namestili dve površinski elektrodi, povezani z električnim stimulatorjem. Za posamezno mišico je bilo izvedenih šest meritev s postopnim povečevanjem jakosti stimulacijskega toka med 40 mA in 90 mA oziroma dokler ni bil dosežen največji odziv mišice. Za analizo rezultatov sta bila uporabljena le čas kontrakcije (T_c) in maksimalna amplituda odmika trebuha mišice (D_m), na podlagi katerih smo primerjali simetričnost vseh treh mišic na levi in desni nogi, hitrost krčenja ter togost mišic pred vadbenim programom in po njem. Testiranje mišične zmogljivosti fleksorjev in ekstenzorjev kolena je bilo opravljeno z izokinetičnim dinamometrom (Humac NORM, CSMI Inc.,

ZDA). Testiranje je bilo opravljeno v sedečem položaju, s kolki v položaju 85° fleksije in s stabilizacijskimi pasovi čez prsni koš in medenico. Testiranje je bilo opravljeno v obsegu giba fleksije kolena od 90° do 0° pri kotni hitrosti 60°/s in 240°/s.

Vadbeni program

Osem tedenski vadbeni program je bil individualiziran na podlagi vseh meritev ter testiranj in je vključeval 24 vadbenih enot, trikrat na teden, osem tednov. Prvih pet tednov je potekala ishemična vadba z majhnim uporom, zadnje tri tedne pa standardna vadba proti uporju ter pliometrična vadba. Posamezna vadbena enota je bila sestavljena iz ogrevalnega dela, osrednjega dela ter zaključnega raztezanja. Prvih osem enot ishemične vadbe je preiskovanec izvajal izotonični izteg kolena, pri čemer je mišico quadriceps femoris z iztegom aktiviral koncentrično in ekscentrično s spuščanjem. Poudarek je bil na ekscentrični aktivaciji mišice, s tempom 1s/0s/2s (koncentrično/premor/ekscentrično). Preostalih šest vadbenih enot pa je izvajal dve vaji v zaprti kinetični verigi, in sicer stranski počep in stopanje na vibracijsko ploščo, pri čemer je vse vaje izvajal le s poškodovanim spodnjim udom. Manšeto smo namestili na proksimalni del stegna in jo napihili s tlakom 125 mm Hg (Ischemic Trainer, Univerza v Ljubljani in Iskra Medical, d. o. o., Slovenija), s čimer smo povzročili delno zmanjšanje prekrvitve stegenskih mišic, čemur so sledili štiri nizi vaje. Posamezen niz je izvajal do hotene mišične odpovedi oziroma do 40 ponovitev. Med prvim in drugim nizom je bilo 45 s odmora, med katerim je manšeta ostala napihnjena, po končanem drugem nizu pa je sledilo 90 s odmora z reperfuzijo mišic. Nato smo postopek še enkrat ponovili.

Standardna vadba proti uporju je obsegala osem vadbenih enot in je vključevala ogrevanje na sobnem kolesu ter dva seta po deset ponovitev izpadnih korakov v hoji. Osrednji del je bil sestavljen iz različnih vaj za krepitev mišic poškodovanega spodnjega uda, ki so se v času celotnega vadbenega programa ustrezno stopnjevale. V zadnje štiri vadbene enote so bile vključene tudi osnovne vaje pliometrije zaradi izboljšanja mišične moči in optimalne sklopitve ekscentrično-koncentričnih kontrakcij. Vse vadbene enote so na koncu vključevale

desetminutno ohlajanje z raztezanjem.

REZULTATI

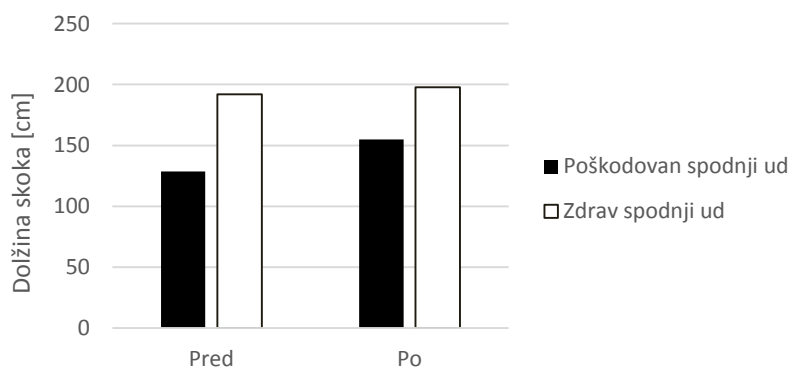
Pusti obseg proksimalnega dela stegna se je po koncu vadbenega programa povečal za 1,1 cm na poškodovanem spodnjem udu in zmanjšal za 0,4 cm na zdravem spodnjem udu. Pusti obseg distalnega dela stegna se je na koncu povečal za 1,9 cm na poškodovanem spodnjem udu in zmanjšal za 0,2 cm na zdravem spodnjem udu.

Rezultati začetnega ocenjevanja vprašalnika KOOS kažejo, da preiskovanec ni imel večjih težav s kolenom pri kategorijah *simptomi*, *okorelost* ter *vsakodnevna opravila*. V kategorijah *bolečine*, *šport in rekreacija* ter *kakovost življenja* pa je navajal od blage do zmerne težave, prisotne skoraj vsak dan. Končni rezultati vprašalnika so pokazali, da so se bolečine zmanjšale, vendar je preiskovanec zaradi poškodbe spremenil svoj način življenja, in da je še vedno prisotno nezaupanje v prizadeto koleno.

Pri začetnem izpolnjevanju vprašalnika Lysholm je preiskovanec v vseh kategorijah skupno dosegel 87 od 100 točk. Kategoriji, ki ju preiskovanec ni ovrednotil z vsemi točkami, sta bili *bolečine* (15 od 25 točk) in *čepenje* (2 od 5 točk). Po končanem vadbenem programu je bil seštevek točk vprašalnika Lysholm 94 od 100 točk. Kategoriji, ki ju preiskovanec ob končnem ocenjevanju ni ovrednotil z vsemi točkami, sta bili *bolečine* (20 od 25 točk) in *čepenje* (4 od 5 točk).

Rezultati dosega pri testu ravnotežja Y so se pri obeh spodnjih udih povečali v vseh treh smereh. Doseg poškodovanega spodnjega uda se je po končanem vadbenem programu v anteriorni smeri povečal za 5 cm, v postero-lateralni za 12 cm in v postero-medialni za 5 cm. Izvedba dosegov v vseh treh smereh z obremenitvijo poškodovanega spodnjega uda je povzročila bolečino na bazi pogačice.

Rezultati meritev testa enonožnega skoka pred začetkom in po koncu vadbenega programa so prikazani na sliki 1. Dolžina skoka s poškodovanim spodnjim udom se je izboljšala za 26 cm.



Slika 1: Rezultati meritev testa enonožnega skoka pred začetkom in po koncu vadbenega programa

Vrednosti kontrakcijskih časov (T_c) in amplitude odmika (D_m) trebuha posamezne glave mišice quadriceps femoris obeh spodnjih udov so se po vadbenem programu zmanjšale. Simetrija mišic med poškodovanim in zdravim spodnjim udom je po končanem vadbenem programu dosegala $\geq 87\%$, kar se šteje za normalno (preglednica 1).

Pred programom vadbe je bil izmerjen 60-odstotni deficit navora koncentrične kontrakcije ekstenzorjev poškodovanega kolena v primerjavi z zdravim kolonom pri obeh kotnih hitrostih ($60^\circ/s$ in $240^\circ/s$). Po končanem programu je deficit navora poškodovanega kolena pri obeh kotnih hitrostih znašal 37% . Pri kotni hitrosti $60^\circ/s$ je

deficit navora koncentrične kontrakcije fleksorjev poškodovanega kolena pred programom znašal 20% in po končanem programu 16% . Pri kotni hitrosti $240^\circ/s$ pa je bil deficit navora koncentrične kontrakcije fleksorjev poškodovanega kolena na začetku 19% in na koncu 13% . Po koncu vadbenega programa se je maksimalni navor koncentrične kontrakcije ekstenzorjev poškodovanega kolena povečal za 43% pri kotni hitrosti $60^\circ/s$ in za 44% pri kotni hitrosti $240^\circ/s$. Pri končnem testiranju so fleksorji kolena poškodovanega spodnjega uda razvili za 19% manjši maksimalni navor kot na začetku pri kotni hitrosti $60^\circ/s$ in za 7% manjši maksimalni navor pri kotni hitrosti $240^\circ/s$.

Preglednica 1: Primerjava meritev kontrakcijskih časov (T_c), amplitude odmika trebuha mišice (D_m) in levo-desne simetrije kontraktibilnosti posameznih glav mišice quadriceps femoris obeh spodnjih udov pred vadbenim programom in po njem.

Mišica	Spodnji ud	Testiranje	T_c [ms]	D_m [mm]	Simetrija [%]
Rectus femoris	desni/zdravi	Pred vadbo	23,47	10,28	70
		Po vadbi	24,38	6,79	87
	levi/poškodovani	Pred vadbo	38,24	13,12	
		Po vadbi	25,21	11,81	
Vastus lateralis	desni/zdravi	Pred vadbo	26,77	8,20	89
		Po vadbi	25,96	5,84	89
	levi/poškodovani	Pred vadbo	24,34	9,15	
		Po vadbi	24,87	8,04	
Vastus medialis	desni/zdravi	Pred vadbo	24,32	7,32	92
		Po vadbi	24,14	6,50	87
	levi/poškodovani	Pred vadbo	24,67	9,81	
		Po vadbi	25,34	9,07	

RAZPRAVA

Iz rezultatov lahko sklepamo, da ima vključitev ishemične vadbe proti majhnemu upor v vadbeni program osebe s kronično oslabeledostjo stegenskih mišic pozitivne učinke na hipertrofijo mišice, izboljšanje funkcije kolena in normalizacijo zmogljivosti mišic ekstenzorjev kolenskega sklepa.

Po končanem vadbenem programu se je pri preiskovancu obseg proksimalnega in distalnega dela stegna poškodovanega spodnjega uda povečal proksimalno za 2,0 cm in distalno za 2,5 cm. Povečanje pustega obsega stegna in prirast mišične mase v tako kratkem času je najverjetneje posledica večjega metaboličnega stresa in sproščanja anaboličnih hormonov med vadbo z zmanjšanim pretokom krvi v aktivni mišici. Iz rezultatov vprašalnikov o stanju kolena je razvidno, da ima preiskovanec še vedno prisotnost bolečine v zgornjem delu pogačice in potencialno nepopolno aktivacijo mišice. Pomemben dejavnik, ki povzroča dolgotrajno šibkost mišice quadriceps femoris, je artrogena mišična inhibicija, ki lahko vztraja tudi več let po operaciji in postane omejitveni dejavnik za popolno okrevanje (18). Poleg artrogene mišične inhibicije se pri kronično prisotni bolečini lahko razvije strah pred poškodbo, ki prek centralnih mehanizmov vpliva na zmanjšanje izvajanja telesne aktivnosti (19–21). Naš pacient je tudi po koncu obravnave imel manjše nezaupanje v poškodovano koleno ter bolečine predvsem v določenih položajih kolenskega sklepa, kot so čepenje, klečanje in počepanje. Zaradi izrazite kroničnosti njegovih težav menimo, da bi mu v nadaljevanju lahko koristila tudi kognitivno-vedenjska terapija, ki bi ciljala na zmanjšanje centralne senzitivizacije na bolečinske dražljaje.

Rezultati testa ravnotežja Y so pokazali izboljššan nadzor in stabilnost poškodovanega spodnjega uda. Največji napredek v dosegu je bil v postero-lateralni smeri. Lahko sklepamo, da je razlog v položaju izvedbe dosega, ki predstavlja večjo obremenitev in aktivacijo mišice vastus lateralis, ki pa je navadno tudi najmočnejša glava mišice quadriceps femoris. Nascimento in sodelavci (22) navajajo tudi pomembno vlogo abduktorjev, zunanjih rotatorjev in ekstenzorjev kolčnega sklepa, saj naj bi med prenosom teže izboljšana zmogljivost teh mišic zmanjšala pretirano

addukcijo kolka stojne noge in posledično zmanjšala neenakomerne sile na kolenski sklep. Naš vadbeni program je s poudarkom na asimetričnih obremenitvah poškodovanega uda v zaprti kinetični verigi, nedvomno pomembno izboljšal tudi zmogljivost kolčnih mišic. Največji primanjkljaj z obremenitvijo poškodovanega spodnjega uda v primerjavi z zdravim je ostal pri doseganju v anteriorni smeri, in sicer za 10 % oziroma 7 cm, kar sovпада s pojavom najbolj izrazite bolečine pri doseganju v anteriorni smeri, približno med 40° in 50° fleksije kolena. Vzroki za pojav bolečine v točno določenem obsegu giba so lahko različni. Z dolgotrajnim draženjem perifernih nociceptorjev lahko pride do centralne senzitivizacije in občutenja bolečine tudi pri pojavu nebolečinskih dražljajev (20).

Pri končnem ocenjevanju testa enonožnega skoka se je razdalja skoka poškodovanega spodnjega uda povečala za 26 cm, vendar je bila še vedno le 78 % razdalje zdravega uda. Preiskovanec je kot glavni vzrok, podobno kot pri anteriornem dosegu naprej, navajal provokacijo bolečine nad bazo pogačice. Pri športnikih, ki pri testu enonožnega skoka s poškodovanim udom dosežejo manj kot 85 % razdalje, dosežene z zdravim, obstaja večja verjetnost težav pri izvajanju težjih športnih aktivnosti in manj simetričnega gibanja (2).

Tenziomiografske meritve Tc in Dm so pokazale pomembno normalizacijo kontraktilnosti mišic rectus femoris in vastus medialis z vadbo, čeprav je nekaj primanjkljaja glede na zdravi spodnji ud še ostalo. Pri tem je treba poudariti, da so se z vadbo izboljšale tudi vrednosti zdravega uda, kar je nekoliko vplivalo na primerjavo. Preiskovanec je namreč v zadnjem delu programa izvajal zlasti vaje v zaprti kinetični verigi in pliometrične vaje, pri katerih je bil aktiven tudi zdravi ud, s čimer smo krepili simetričnost obremenjevanja obeh nog. Kljub temu je bila simetričnost vseh merjenih mišic leve in desne strani po koncu vadbe $\geq 87\%$, kar presega priporočano vrednost simetrije za zdravo populacijo, in sicer $\geq 85\%$ (23). Največji napredek je bil opazen v hitrosti kontrakcije (Tc) mišice rectus femoris poškodovanega spodnjega uda. To sovпада tudi s $\sim 40\%$ povečanjem največjega izokinetičnega navora ekstenzorjev kolena pri obeh kotnih hitrostih. Tc je povezan z razmerjem aerobnih (tip I) in anaerobnih (tip II)

vlaknen v mišici. Dahmane in sodelavci (16) namreč navajajo, da krajši Tc dosegajo mišice, v katerih je prisotnih več anaerobnih vlaken tipa II, mišice z daljšim Tc (> 30 ms) pa imajo več aerobnih vlaken tipa I. V našem primeru bi skrajšanje Tc mišice rectus femoris po vadbi torej lahko pripisali izrazitejši aktivnosti vlaken tipa II med ishemično vadbo, ki je posledica izrazito anaerobnih pogojev dela zaradi ovirane prekrvitve. Spremembe v Dm kažejo na spremembe mišičnega tonusa oziroma togosti mišice pred kontrakcijo (23), pri čemer imajo mišice z večjim Dm zmanjšano mišično togost oziroma mišični tonus (24). Dm se je pri večini glav mišice quadriceps femoris obeh spodnjih udov zmanjšal, kar pomeni povečanje mišičnega tonusa na normalno vrednost. Kljub temu pa je imela mišica rectus femoris poškodovanega uda po vadbenem programu še vedno nekoliko nižji mišični tonus v primerjavi z zdravim, kar lahko pripišemo nepopolni aktivaciji mišice med vadbo zaradi bolečine nad pogačico. Na rezultate meritev TMG sicer lahko vplivajo tudi napake, ki se pojavijo med merjenjem, in sicer pri rahlem premiku tipala nad trebuhom mišice lahko pride do aktivacije sosednjih mišic (16), na rekrutacijo motoričnih enot pa lahko vplivajo tudi položaj in razdalja med elektrodama ter ustrezen čas med posameznimi stimulusi (25). V našem primeru smo skrbeli za ustrezen protokol in tovrstnih pojavov s kontrolno primerjavo prekrivanj krivulj TMG nismo zaznali.

Pozitivni rezultati vadbenega programa so bili pri preiskovancu vidni tudi pri izboljšanju izokinetične zmogljivosti ekstenzorjev kolena poškodovanega spodnjega uda pri obeh kotnih hitrostih. Je bil pa primanjkljaj v zmogljivosti ekstenzorjev kolena poškodovanega spodnjega uda ob koncu vadbenega programa še vedno precej velik, in sicer 37 %. Hallagin in sodelavci (7) navajajo, da je pri deficitu vsaj 10 % večja verjetnost za ponovne poškodbe SKV. Pri merjenju izokinetične mišične zmogljivosti ekstenzorjev kolena poškodovanega spodnjega uda pri hitrosti $60^\circ/\text{s}$ je bil prisoten vzorec pojavljanja bolečine v obsegu med 40° in 50° fleksije, pri čemer je bil opazen prehodni padec v navoru. Bolečina v istem obsegu giba ostaja prisotna tudi pri končnem testiranju, vendar so ekstenzorji poškodovanega spodnjega uda opravili za 55 % večje delo. Rezultati meritev izokinetične zmogljivosti fleksorjev kolena

poškodovanega spodnjega uda so bili pri končnem testiranju pri obeh kotnih hitrostih manjši kot na začetku. Vzrok za to ni jasen. Je pa to dodatno vplivalo na izboljšanje razmerja med zmogljivostjo fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri obeh kotnih hitrostih.

Koaktivacija mišic fleksorjev in ekstenzorjev kolenskega sklepa ima velik pomen pri zmanjševanju nevarnosti za ponovne poškodbe, hkrati pa lahko večji primanjkljaji v zmogljivosti fleksorjev vplivajo na mišično zmogljivost ekstenzorjev kolena, saj delujejo kot stabilizatorji kolenskega sklepa (26). Tudi naš vadbeni program je bil sestavljen tako, da je bil večji poudarek na vajah v zaprti kinetični verigi, saj je prišlo tako do večje koaktivacije ekstenzorjev in fleksorjev kolena. Begalle in sodelavci (27) navajajo, da aktivacija fleksorjev kolena deluje sinergistično z ACL in preprečuje prekomerno anteriorno drsenje tibije, predvsem med maksimalno kontrakcijo ekstenzorjev kolena.

ZAKLJUČEK

Rezultati poročila o primeru kažejo, da imajo ishemična vadba ter primerno zastavljene vaje za krepitev mišic poškodovanega spodnjega uda pozitiven učinek na zmogljivost in hipertrofijo mišice quadriceps femoris. V osemtedenskem programu se je izboljšala aktivacija mišice quadriceps femoris poškodovanega spodnjega uda. Kljub temu je zmerena oslabeledost mišice poškodovane noge še vedno ostala, najverjetneje zaradi draženja bolečine v zgornjem delu pogačice, ki je verjetno povzročala refleksno inhibicijo mišice. Zmanjšanje živčnih inhibitornih mehanizmov in vzpostavitev normalne funkcije mišice quadriceps femoris sta bistvenega pomena pri rehabilitaciji po poškodbah kolenskih sklepov, pri varnem vračanju k športnim aktivnostim in zmanjšanju verjetnosti za razvoj osteoartroze. Zato bi morali pri nadaljnji obravnavi tega preiskovanca bolj poglobljeno diagnosticirati vzrok bolečine in nato zmanjšati njeno draženje med aktivacijo mišice z različnimi protibolečinskimi postopki. Zaradi izrazite kroničnosti njegovih težav menimo, da bi mu v nadaljevanju lahko koristila tudi kognitivno-vedenjska terapija, ki bi ciljala na zmanjšanje centralne senzitivizacije na bolečinske dražljaje.

LITERATURA

- Spanier R (2014). The evolution and prevalence of knee injuries: Repair at what cost? *The Arbutus Review* 5 (1): 120–30.
- Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA (2011). Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: Two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *Am J Sports Med* 39 (3): 538–43.
- Nagano Y, Yako-Suketomo H, Natsui H (2018). Anterior cruciate ligament injury: Identifying information sources and risk factor awareness among the general population. *PLoS ONE* 13 (1): e0190397.
- Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, Harris K, Beard DJ, Price AJ (2016). Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database of Syst Rev* 4: CD011166.
- Manske RC, Prohaska D, Lucas B (2012). Recent advances following anterior cruciate ligament reconstruction: Rehabilitation perspectives: Critical reviews in rehabilitation medicine. *Curr Rev Musculoskelet Med* 5 (1): 59–71.
- Dunn WR, Lyman S, Lincoln AE, Amoroso PJ, Wiskiewicz T, Marx RG (2004). The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on the risk of knee reinjury. *Am J Sports Med* 32 (8): 1906–14.
- Hallagin C, Garrison JC, Creed K, Bothwell JM, Goto S, Hannon J (2017). The relationship between pre-operative and twelve-week post-operative Y-balance and quadriceps strength in athletes with an anterior cruciate ligament tear. *Int J Sports Phys Ther* 12 (6): 986–93.
- Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand* 74 (1): 62–8.
- Thomas AC, Wojtyś EM, Brandon C, Palmieri-Smith RM (2016). Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after ACL reconstruction. *J Sci Med Sport* 19 (1): 7–11.
- Bodine SC (2013). Disuse-induced muscle wasting. *Int J Biochem Cell Biol* 45 (10): 2200–8.
- Hughes L, Rosenblatt B, Paton B, Patterson S (2018). Blood flow restriction training in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstructive surgery: A review. *Techniques in Orthopaedics*. 33 (2): 106–13.
- Ipavec M, Grapar Ž, Žargi T, Jelenc J, Kacin A (2018). Efficiency of pneumatic tourniquet cuff with asymmetric pressure distribution at rest and during isometric muscle action. *J Strength Cond Res*. Publish Ahead of Print.
- Garrison JC, Bothwell JM, Wolf G, Aryal S, Thigpen CA (2015). Y balance testTM anterior reach symmetry at three months is related to single leg functional performance at time of return to sports following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 10 (5): 602–11.
- Logerstedt D, Grindem H, Lynch A et al. (2012). Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *Am J Sports Med* 40 (10): 2348–56.
- Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, Georgiou S, Georgoulis AD (2013). Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 43 (3): 154–62.
- Dahmane RG, Valenčič V, Knez N, Eržen I (2001). Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Med Biol Eng Comput* 39 (1): 51–5.
- Šimunič B (2003). Model of longitudinal contractions and transverse deformations in skeletal muscles (dissertation). Faculty of electrical engineering, University of Ljubljana. 84 pages.
- Rice DA, McNair PJ (2010). Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum* 40 (3): 250–66.
- Birch S, Stilling M, Mechlenburg I, Hansen TB (2017). Effectiveness of a physiotherapist delivered cognitive-behavioral patient education for patients who undergoes operation for total knee arthroplasty: A protocol of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 18: 116.
- Jensen MP, Moore MR, Bockow TB, Ehde DM, Engel JM (2011). Psychosocial factors and adjustment to chronic pain in persons with physical disabilities: A systematic review. *Arch Physical Med Rehabil*. 92 (1): 146–60.
- Turk DC, Wilson HD (2010). Fear of pain as a prognostic factor in chronic pain: Conceptual models, assessment, and treatment implications. *Curr pain headache rep* 14 (2): 88–95.
- Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF, Souza RB, Resende RA (2018). Hip and knee strengthening is more effective than knee strengthening alone for reducing pain and improving activity in individuals with patellofemoral pain: A systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 48 (1): 19–31.
- Šimunič B, Rozman S, Pišot R (2005). Detecting the velocity of the muscle contraction. III International Symposium of New Technologies in Sports. Sarajevo, 5 pages.

24. Šimunič B, Rittweger J, Cankar G et al. (2008). Odziv sestave telesa, mišične togosti in ravnotežja po 35-dnevni odsotnosti gibanja pri mladih in zdravih preiskovancih. *Zdrav Var* 47: 60–71.
25. Wilson HV, Johnson MI, Francis P (2018). Repeated stimulation, inter-stimulus interval and inter-electrode distance alter muscle contractile properties as measured by tensiomyography. Srinivasan M, ed. *PLoS ONE* 13 (2): e0191965.
26. Krishnan C, Williams GN (2011). Factors explaining chronic knee extensor strength deficits after ACL reconstruction. *J Orthop Res* 29 (5): 633–40.
27. Begalle RL, DiStefano LJ, Blackburn T, Padua DA (2012). Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *Athl Train* 47 (4): 396–405.