

**UNIVERZA V LJUBLJANI
ZDRAVSTVENA FAKULTETA
FIZIOTERAPIJA, 1. STOPNJA**

Matej Rapnik

**FIZIOTERAPEVTSKI POSTOPKI PRI KIRURŠKIH
REKONSTRUKCIJAH SPREDNJE KRIŽNE VEZI –
pregled literature
diplomsko delo**

**PHYSIOTHERAPY PROCEDURES AFTER
ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT
RECONSTRUCTIVE PROCEDURES – literature
review
diploma work**

Mentorica: doc. dr. Renata Vauhnik

Somentor: izr. prof. dr. Matej Drobnič

Recenzent: izr. prof. dr. Alan Kacin

Ljubljana, 2019

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Renati Vauhnik za strokovno pomoč pri nastajanju diplomskega dela, vso predano znanje in nasvete tekom študija. Zahvaljujem se izr. prof. dr. Mateju Drobniču za njegov prispevek k diplomskemu delu in vsakodnevno mentorstvo, ki je privilegij.

Zahvaljujem se sinu Hugu in ženi Elmini za potrpežljivost in podporo. Zahvaljujem se staršema Vesni in Darku, da sta mi to življenjsko pot omogočila. Zahvaljujem se sestrama Barbari in Jasni, ki mi vedno stojita ob strani.

IZVLEČEK

Uvod: Pretrganje sprednje križne vezi je najpogostejša poškodba kolenskega sklepa pri odraslih med 20. in 29. letom, ki se ukvarjajo s kontaktnimi športi ali športi, ki vključujejo poskoke ali sunkovito zaustavljanje. **Namen:** Namen diplomskega dela je predstaviti novejši fizioterapevtske postopke po rekonstrukciji sprednje križne vezi. **Metode dela:** Od julija 2014 do julija 2019 smo pregledali podatkovno zbirko PubMed. Uporabljena je bila naslednja iskalna kombinacija v angleškem jeziku: *physiotherapy AND ACL reconstruction*. V pregled literature so bile vključene randomizirane kontrolirane raziskave v angleškem jeziku, ki so obravnavale novejši fizioterapevtske postopke po rekonstrukciji sprednje križne vezi. Izključene so bile raziskave, v katerih preiskovanci niso imeli izolirane poškodbe sprednje križne vezi. V pregled literature smo vključili 6 raziskav, ki so ustrezale našim vključitvenim kriterijem. **Rezultati:** Z navzkrižnim učenjem ne povečamo statične ali dinamične stabilnosti sklepa. Razlika volumna mišice kvadriceps med operirano in zdravo nogo je prisotna pred operacijo, prav tako pa tudi 4 in 12 tednov po operaciji. Po terapiji suhega zbadanja prožilne točke se izboljša obseg giba in funkcionalnost. Predoperativna ishemična vadba pa ne izboljša funkcije sklepa po rekonstrukciji sprednje križne vezi. Vadba ravnotežja ne izboljša statične stabilnosti kolena po rekonstrukciji sprednje križne vezi, prav tako se ne izboljša dinamična stabilnost. Aplikacija kineziološkega traku po operaciji ne vpliva na zmanjšanje bolečine. **Razprava in zaključek:** Po opravljenem pregledu člankov lahko sklepamo, da opisani fizioterapevtski postopki aplicirani pred ali po rekonstrukciji sprednje križne vezi z različnimi kirurškimi presadki, statistično in klinično niso bolj učinkoviti kot standardna fizioterapija.

Ključne besede: Fizioterapevtski postopki, rekonstrukcija sprednje križne vezi, presadek sprednje križne vezi

ABSTRACT

Introduction: Anterior cruciate ligament is the most common knee joint injury in adults between the ages of 20 and 29 who engage in contact sports or sports involving jumps or quick stopping. **Purpose:** The purpose of this thesis is to present recent physiotherapy procedures after reconstruction of the anterior cruciate ligament. **Methods:** From July 2014 until July 2019, we had reviewed the PubMed database. The following search combination was used in English: physiotherapy AND ACL reconstruction. Randomized controlled English-language trials addressing recent physiotherapy procedures after anterior cruciate ligament reconstruction were included in the literature review. Studies in which subjects did not have an isolated anterior cruciate ligament injury were excluded. We included 6 studies in the literature review that met our inclusion criteria. **Results:** Cross-training does not increase the static or dynamic stability of the joint. A difference in quadriceps muscle volume between the operated and healthy leg is present before surgery, as well as 4 and 12 weeks after surgery. After dry-needling therapy at the trigger point of the quadriceps muscle, range of motion and functionality are improved. Preoperative ischemic exercise, however, does not improve joint function after anterior cruciate reconstruction. Balancing exercise does not improve the static stability of the knee after reconstruction of the anterior cruciate ligament, nor does it improve dynamic stability. The application of kinesiology tape after surgery does not affect the reduction of pain. **Discussion and conclusion:** After reviewing the articles, it can be concluded that the described physiotherapy procedures applied before or after reconstruction of anterior cruciate ligament with various surgical grafts are not statistically and clinically more effective than standard physiotherapy.

Keywords: Physiotherapy procedures, ACL reconstruction, ACL graft

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Fizioterapevtski postopki pri poškodbi sprednje križne vezi	2
2	NAMEN	4
3	METODE DELA.....	5
4	REZULTATI.....	7
5	RAZPRAVA	11
5.1	Vpliv fizioterapevtskih postopkov na bolečino	12
5.2	Vpliv krioterapije na rehabilitacijo.....	13
5.3	Vpliv fizioterapevtskih postopkov na rehabilitacijo mišice kvadriceps	14
5.4	Vpliv fizioterapevtskih postopkov na funkcionalnost in propriopcijo.....	15
5.5	Pomanjkljivosti pregleda literature.....	16
6	ZAKLJUČEK.....	17
7	LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI.....	18
8	PRILOGE	
8.1	Osnovne značilnosti raziskav in fizioterapevtski postopek	
8.2	Rezultati raziskav	

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Postopek izbire raziskav.</i>	6
--	---

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Primerjava ocene bolečine po VAL lestvici.</i>	8
--	---

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN OKRAJŠAV

ACL sprednja križna vez (ang. *anterior cruciate ligament*)

VAL vizualna analogna lestvica

1 UVOD

Pretrganje sprednje križne vezi (ang. *anterior cruciate ligament* – ACL) je najpogostejša poškodba kolenskega sklepa (Risberg et al., 2007) pri odraslih med 20. in 29. letom, ki se ukvarjajo s kontaktnimi športi ali športi, ki vključujejo poskoke ali sunkovito zaustavljanje (Majewski et al., 2006). V večini primerov se pacienti odločijo za operativno zdravljenje – rekonstrukcijo ACL z namenom vrnitve v aktivno športno življenje, v izogib posttravmatski artrozi (Arden et al., 2014) ter dodatnim poškodbam meniskusa in hrustanca (Dunn et al., 2004). Kljub rutinskemu posegu, se v šport vrne 80 % operiranih športnikov, 65 % na nivo pred poškodbo in 55 % v vrhunski tekmovalni šport (Arden et al., 2014). V 35 % primerih se 10 let po operaciji razvije tibiofemoralna artroza (Lie et al., 2016).

Največje število poškodb ACL nastane z nekontaktnim mehanizmom (npr. pristanek na eni nogi, nenadne spremembe smeri, hitrosti). Do poškodbe pride v različnih ravninah gibanja. Značilen je valgus položaj kolena, ko je to hiperekstendirano ali v rahli fleksiji s pridruženo notranjo ali zunanjo rotacijo goleni (Shimokochi in Shultz, 2008). Stopalo je v trenutku poškodbe najpogosteje fiksirano ob podlago (Faunø in Wulff Jakobsen, 2006).

Posamezniki s poškodbo sprednje križne vezi lahko velikokrat tolerirajo odsotnost sprednje križne vezi, v kolikor se izognejo spremembam gibanja, ki povzročajo občutek nestabilnega kolena (Bogunovič in Matava, 2013). Možnosti zdravljenja poškodbe sprednje križne vezi sta tako konzervativna in operativna (Bogunovič in Matava, 2013). Najbolj ustrezen način zdravljenja se določi na podlagi starosti, nivoja aktivnosti in motivacije za rehabilitacijo po posegu (Bogunovič in Matava, 2013).

Najpogosteje uporabljeni metodi rekonstrukcije ACL sta uporaba srednjega dela patelarnega ligamenta ali presadka zadnjih stegenskih mišic (*semitendinosus* ali *gracilis*) (Gupta et al., 2016). Pri uporabi patelarnega ligamenta je prisotno večje tveganje za pooperativno bolečino v sprednjem delu kolena in ob počepu ter večja možnost artroze kolena, zloma patele in strganja patelarnega ligamenta (Gupta et al., 2016). Izbira presadka dolgoročno ne vpliva na moč fleksorjev in ekstenzorjev noge (Meuffels et al., 2012). Kljub mnogo opravljenim raziskavam so mnenja glede izbire presadka še vedno deljena (Velazquez-Saornil et al., 2017; Meuffels et al., 2012). Okrnjena funkcija kolenskega sklepa, ki je posledica operacije, privede do atrofije mišice *kvadriceps femoris* (Mizner et al., 2005). Rekonstrukcija ACL pripomore k povrnitvi stabilnosti sklepa, vendar so ekstenzorji kolena na operirani nogi do dve leti šibkejši

(6–18 %) kot na neoperirani nogi (Kim et al., 2010). Primanjkljaj nastane tudi pri živčno-mišičnem nadzoru in proprioceptiji (Nagelli in Hewett, 2017). Spremembe v funkciji so opazne tako na operirani kot tudi na nepoškodovani nogi (Zult et al., 2018).

Neoperativno zdravljenje se priporoča bolnikom starejšim od 54 let s sedečim delom in manj aktivnim življenjskim slogom. S funkcionalnimi testi se določi stopnjo nujnosti rekonstrukcije pri posameznem bolniku. Posameznikova zelena aktivnost in nestabilnost postaneta navadno glavna kriterija za izbiro najustreznejšega zdravljenja. Cilj obeh pristopov pa je preprečiti nestabilnost ali občutek nestabilnosti v kolenu. Konzervativno zdravljenje vključuje fizioterapijo, uporabo funkcionalne opornice in prilagoditev aktivnosti. Tak način rehabilitacije daje dobre ali pa celo odlične rezultate (Bogunovič in Matava, 2013).

1.1 Fizioterapevtski postopki pri poškodbi sprednje križne vezi

Ob poškodbi ACL pride do motene zaznave mehanoreceptorjev poškodovanega kolena, zato se aktivirajo mehanizmi, ki pripomorejo k večji občutljivosti mišičnih vreten okrog sklepa. Tako se izboljša zaznava mišic ob obremenitvi, kar izboljša dinamično stabilnost sklepa (Johansson et al., 1991). Glavne komponente fizioterapevtskih postopkov torej vključujejo izboljšanje živčno-mišičnega nadzora, saj pripomore k povrnitvi dinamične stabilnosti in funkcionalnih gibalnih vzorcev (Risberg et al., 2007). To dosežemo z vadbo za povečanje proprioceptivnega priliva in vadbo usmerjeno v izboljšanje ravnotežja (Akbari et al., 2016). Po rekonstrukciji ACL se pojavijo šibkost mišice *kvadriiceps femoris*, težave pri aktivaciji in spremenjen vzorec hoje (Hart et al., 2014). Oslablost ter atrofija mišic je posledica mirovanja ali artrogene mišične inhibicije, ki je posledica bolečine, otekline, vnetja ali okvare sklepnih mehanoreceptorjev (Rice in McNair, 2010).

Arderde in sod. (2019) po rekonstrukciji ACL predlagajo zgodnjo mobilizacijo, proprioceptivno vadbo in vadbo za izboljšanje mišične zmogljivosti. Priporočljivo je takojšnje obremenjevanje operirane noge s polno težo, oziroma kolikor jo lahko bolnik tolerira glede na prisotnost bolečine (Arderde et al., 2019). V prvih tednih po operaciji je priporočljiva aplikacija krioterapije (van Melic et al., 2016), Logerstedt in sod. (2017) pa prvih 6.–8. tednov predlagajo tudi uporabo živčno-mišične elektrostimulacije (Logerstedt et al., 2017) v kombinaciji z izometrično vadbo (van Melic et al., 2016). Z namenom pridobivanja obsega gibljivosti se priporoča kontinuirano pasivno gibanje takoj po operaciji (Logerstedt et al.,

2017). Po operativnem posegu izolirane poškodbe ACL se opornice ne uporabljajo. Uporablja se le pri določenih kombiniranih poškodbah ligamentarnega aparata kolena (Logerstedt et al., 2017). V zgodnji fazi se izvaja gibanje v zaprti kinetični verigi (Wright et al., 2015). Po enem mesecu se prične z izvajanjem vaj v odprti kinetični verigi v obsegu 90°–45° fleksije kolena (van Melic et al., 2016). Dodatni postopki fizioterapije lahko vključujejo mišične prožilne točke in suho zbadanje (Velazquez-Saornil et al., 2017). Za spremljanje uspešnosti rehabilitacije, vrnitev v aktivnost in dokumentacijo izvedenih postopkov, se uporabljajo različni vprašalniki in funkcionalno testiranje (Arderde et al., 2019).

Obstaja vedno več študij, ki primerjajo vpliv različnih terapevtskih postopkov na rehabilitacijo po strganju ACL. K standardni fizioterapevtski obravnavi, dodajajo nove metode zdravljenja z namenom pospešitve same rehabilitacije (Akbari et al., 2016; Laborie et al., 2015; Zult et al., 2018; Velazquez-Saornil et al., 2017; Hart et al., 2014; Grapar Žargi et al., 2016). Spekter različnih dodatnih metod zdravljenja je velik, za uporabo le teh v praksi, pa bi bilo potrebno narediti večje število raziskav z določeno metodo zdravljenja.

2 NAMEN

Namen diplomskega dela je predstaviti novejši fizioterapevtske postopke po kirurški rekonstrukciji sprednje križne vezi.

3 METODE DELA

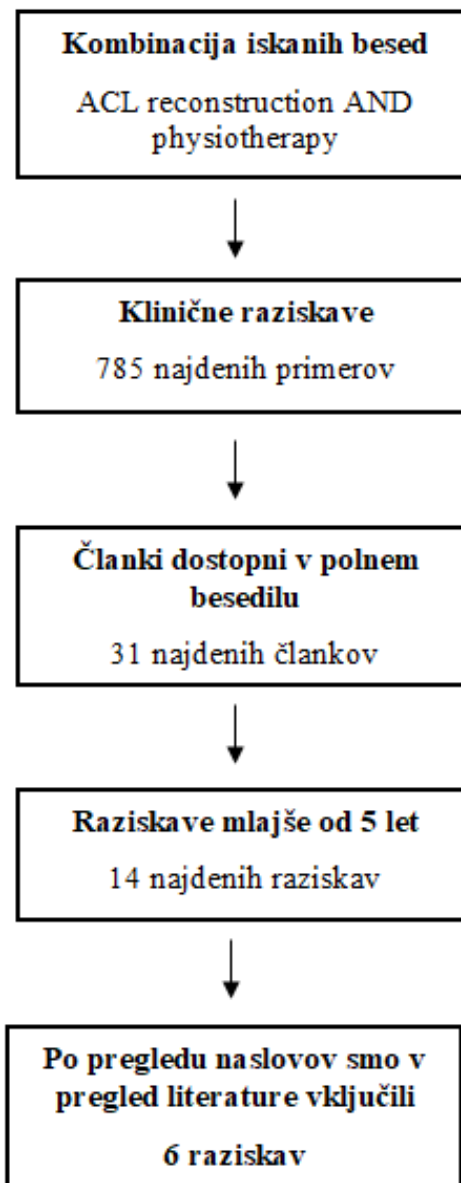
Pregledali smo podatkovno zbirko PubMed vključno do julija 2019. Uporabljena je bila naslednja iskalna kombinacija v angleškem jeziku: *physiotherapy AND ACL reconstructon*.

Vključitveni kriteriji:

- klinične raziskave, ki so obravnavale novejši fizioterapevtski postopek po rekonstrukciji ACL,
- raziskave v angleškem jeziku,
- raziskave objavljene v zadnjih petih letih.

Izključitveni kriteriji:

- raziskave, v katerih preiskovanci niso imeli izolirane poškodbe ACL.



Slika 1: Postopek izbire raziskav.

4 REZULTATI

Pri iskanju literature je bilo v podatkovni bazi s pomočjo ključnih besed najdenih 785 člankov v angleškem jeziku. V pregled literature smo vključili 6 raziskav, ki so ustrezale našim vključitvenim kriterijem. Štiri vključene raziskave so kontrolirane randomizirane raziskave (Velázquez-Saornil et al., 2017; Zult et al., 2018; Akbari et al., 2016), ena raziskava je kvazi randomizirana kontrolirana raziskava (Grapar Žargi et al., 2016). Vključeni sta bili še navzkrižna raziskava (Hart et al., 2014) in ena prospektivna primerjalna raziskava (Laborie et al., 2015).

Velikost vzorcev vključenih raziskav variira od 20 (Grapar Žargi et al., 2016) pa do 57 preiskovancev (Laborie et al., 2015). V eni raziskavi so bili preiskovanci samo moški (Akbari et al., 2016), v preostalih pa sta bila zastopana oba spola. Preiskovanci so bili povprečno stari med 20,33 (Priloga 1) (Akbari et al., 2016) in 34,4 let (Velázquez-Saornil et al., 2017).

Vključene raziskave so ugotovljale učinkovitost različnih novejših fizioterapevtske postopkov po rekonstrukciji ACL: suho zbadanje mišično prožilnih točk, navzkrižno učenje, krioterapija s kombinacijo z vadbo, vadba ravnotežja in ishemična vadba. Uporabljali so patelarne ligamete, tetive hamstringov in sintetične presadke. V treh raziskavah (Velázquez-Saornil et al., 2017; Hart et al., 2014 in Zult et al., 2018) so ob standardnih protokolih fizioterapije po operaciji sprednje križne vezi dodali še novejše fizioterapevtske postopke, kot so suho zbadanje v mišične prožilne točke (Velázquez-Saornil et al., 2017), kombinacijo krioterapije z vajami (Hart et al., 2014) in navzkrižno učenje (Zult et al., 2018). Grapar Žargi in sod. (2016) so v raziskavi ugotovljali, kako ishemična vadba pred rekonstrukcijo ACL vpliva na atrofijo kvadricepsa po operaciji. Z bolečino so se v svoji raziskavi ukvarjali Laborie s sod. (2015), ki so preverjali ali aplikacija kineziološkega traku takoj po operaciji vpliva na zmanjšanje bolečine. V raziskavi Akbari in sod. (2016) so ugotovljali ali vadba ravnotežja vpliva na statično in dinamično kontrolo kolena.

Zaradi preverjanja različnih fizioterapevtskih postopkov so se protokoli v posameznih raziskavah močno razlikovali (Priloga 1). Grapar Žargi in sod. (2016) so v raziskavi izvedli pet ishemičnih vadb zadnjih 10 dni pred operacijo, Laborie in sod. (2015) so aplikacijo kineziološkega traku izvedli takoj po operaciji in ga pustili zalepljenega 3 dni. Ostale raziskave so izvajale svoje protokole po operaciji. Čas meritev se je med raziskavami

razlikoval (Priloga 2). Z meritvami so pričeli 9 dni pred operacijo (Zult et al. 2018) pa do 12 tednov po operaciji (Grapar Žargi et al. 2016).

Tri raziskave so ocenjevale bolečino (Tabela 1). Laborie s sod. (2015) so preverjali bolečino takoj po operaciji, medtem ko so Velázquez-Saornil in sod. (2017) preverjali bolečino v subakutni fazi. Aplikacija kineziološkega traku po operaciji ne vpliva na zmanjšanje bolečine (ocena po VAL – vizualni analogni lestvici v eksperimentalni skupini: $3,8 \pm 2,2$ in kontrolna skupina: $3,9 \pm 2$; $p = 0,93$) (Laborie et al., 2015). Velázquez-Saornil in sod. (2017) so ugotovili, da se bolečina v subakutni fazi takoj po terapiji suhega zbadanja v prožilne točke poveča (ocena po VAL lestvici 6,86 pred terapijo in 7,76 po terapiji; v kontrolni skupini ni bilo razlik 6,57), vendar pri kasnejših meritvah ni bilo statistično pomembnih razlik med skupinama (Velázquez-Saornil et al., 2017).

Tabela 1: Primerjava ocene bolečine po VAL lestvici.

Raziskava	Stopnja bolečine po VAL									
	Izhodiščna B		B po 1. intervenciji		B po 24h		B po 1 tednu		B po 5 tednih	
Velázquez-Saornil J et al., 2017	KS P (SD)	ES P (SD)	KS P (SD)	ES P (SD)	KS P (SD)	ES P (SD)	KS P (SD)	ES P (SD)	KS P (SD)	ES P (SD)
	6,57 (0,9)	6,86 (0,9)	6,57 (0,9)	7,76 (0,8)	6,52 (0,9)	6,52 (1,0)	4,57 (1,0)	4,19 (1,2)	2,29 (1,0)	1,81 (1,0)
	B od op. do 3 dneva po op.					B od op. do 3 dneva po op.				
Laborie M et al., 2015	KS P (SD)					ES P (SD)				
	3,9 (2)					3,8 (2,2)				

Opombe: VAL – vizualna analogna lestvica, B – bolečina, KS – kontrolna skupina, ES – eksperimentalna skupina, P – povprečje, SD – standardna deviacija, op – operacija.

Dve raziskavi sta se ukvarjali s stabilnostjo kolena oz. živčno-mišičnimi funkcijami sklepa po rekonstrukciji ACL. Zult in sod. (2017) so ugotovili, da navzkrižna vadba ne vpliva na izboljšanje rezultata testa stoje na eni nogi z odprtimi očmi ($p \geq 0,137$), podobno ni statistično pomembne razlike pri izboljšanju propriocepcije (Zult et al., 2018). Test zvezde se s časom izboljša na obeh nogah ($p < 0,001$) (Zult et al., 2018). Vadba ravnotežja ne izboljša statične stabilnosti kolena po rekonstrukciji ACL ($p > 0,05$), dinamična stabilnost se nekoliko izboljša, vendar razlike niso statistično pomembne ($p > 0,05$) (Akbari et al., 2016).

Tri raziskave so preverjale različne lastnosti mišice kvadriceps po operaciji. Vse so ugotovljale vpliv različnih postopkov na maksimalno hoteno izometrično kontrakcijo mišice (Grapar Žargi et al., 2016; Hart et al., 2014; Zult et al., 2018), dve sta raziskovali mišično

aktivacijo (Hart et al., 2014; Zult et al., 2018), ena je ugotavljala reakcijo mišice na električne dražljaje (Hart et al., 2014), ena nadzor mišične sile kvardicepsa (Zult et al., 2018) in ena volumen mišice po operaciji (Grapar Žargi et al., 2016). Hart in sod. (2014) so ugotovili, da se maksimalna hotena izometrična kontrakcija s časom po operaciji izboljšuje ($p = 0,05$). Mišična moč ekstenzorjev kolena se je bolj povečala v skupini, ki je pred vajami izvajala še krioterapijo ($p = 0,002$), kot v skupini s samo vadbo ($p = 0,16$) ali krioterapijo ($p = 0,16$) (Hart et al., 2014). Grapar Žargi in sod. (2016) so v raziskavi ugotovili, da se je maksimalna hotena kontrakcija s časom spremenila ($p = 0,025$), statistična pomembna povezanost časa s skupino ni bila dokazana. Po operaciji sta obe skupini, skupina z ishemično vadbo in skupina z ostalo obliko vadbe, imeli primanjkljaj v izometrični moči kvadricepsa ($p < 0,001$). Razlika med skupinama ni bila statistično pomembna. Primerjava moči kvadricepsa pred operacijo med skupinama je kazala, da je primanjkljaj moči rahlo manjši v skupini z ishemično vadbo ($2,1 \pm 6,9 \%$) kot v kontrolni skupini ($-11,4 \pm 12,6 \%$) ($p = 0,134$). Dvanajst tednov po operaciji se je primanjkljaj v obeh skupinah povečal ($-16,6 \pm 15,9 \%$ za skupino z ishemično vadbo; $-22,5 \pm 15,9 \%$ za kontrolno skupino), vendar ni bilo razlik med skupinama ($p = 0,556$) (Grapar Žargi et al., 2016). Kljub navzkrižnemu učenju se maksimalna mišična moč kvadricepsa v prvih dvanajstih tednih po operaciji zmanjša (35% po 5 tednih, 12% po 12 tednih) in kasneje izboljša po 26 tednih (11%) ($p \leq 0,015$). Na nepoškodovani nogi se je mišična moč v vseh 26 tednih po operaciji zviševala (6% po 5 tednih, 12% po 12 tednih, 14% po 26 tednih) ($p \leq 0,002$). Indeks simetrije med zdravo in operirano nogo se je v skupini z navzkrižnim učenjem v prvih petih tednih ($p \leq 0,030$) poslabšal za 10% več kot v kontrolni skupini, in za 9% več v prvih dvanajstih tednih ($p \leq 0,030$). Po 26 tednih se je indeks simetrije vrnil na predoperativno raven (Zult et al., 2018).

Zult in sod. (2017) so ugotovili, da se je v prvih 12 tednih po operaciji hotena aktivacija v skupini z navzkrižnim učenjem poslabšala za 6% , medtem ko v kontrolni skupini ni bilo razlik ($p = 0,023$) (Zult et al., 2018). Na izboljšano aktivacijo mišice ne vpliva tudi vadba kombinirana s krioterapijo ($p = 0,8$) (Hart et al., 2014).

Grapar Žargi in sod. (2016) so ugotovili, da je razlika volumna mišice kvadriceps med operirano in zdravo nogo prisotna pred operacijo, prav tako pa tudi 4 in 12 tednov po operaciji. Med volumnom posameznih snopov mišice (vastusi in rectus femoris) med skupino z ishemično vadbo in kontrolno skupino ni bilo razlik. S časom se je povečal volumen vastusov v obeh skupinah ($p = 0,037$), pri rectusu femorisu se s časom volumen ni statistično pomembno povečal v nobeni izmed skupin. Primerjava primanjkljaja volumna mišice kaže na

to, da je pred operacijo primanjkljaj volumna vastusov ($-2,4 \pm 4,6$ % v eksperimentalni skupini; $-11,4 \pm 9,5$ % v kontrolni skupini) rahlo manjši v skupini z ishemično vadbo, čeprav razlika ni statistično pomembna ($p = 0,113$). V štirih tednih po operaciji se primanjkljaj še poveča ($-19,8 \pm 4,9$ % v eksperimentalni skupini; $-23,0 \pm 9,5$ % v kontrolni skupini), po 12 tednih pa je primanjkljaj še prisoten, vendar manjši ($-16,1 \pm 3,7$ % v eksperimentalni skupini; $-20,2 \pm 10,6$ % v kontrolni skupini) ($p < 0,001$). Pri nobeni izmed meritev volumnov na operirani nogi ni bilo statistično pomembne razlike med skupinama (Grapar Žargi et al., 2016). Krioterapija v kombinaciji z vadbo ne izboljša mišične reakcije na električne dražljaje ($p = 0,36$) (Hart et al., 2014). Mišična kontrola se je po navzkrižnem učenju po operaciji izboljšala na obeh nogah po 12 tednih za 17–56 % in po 26 tednih za 22–34 % ($p \leq 0,024$) (Zult et al., 2018).

V raziskavi so Velázquez-Saornil in sod. (2017) ugotovili, da se po terapiji suhega zbadanja na prožilno točko mišice kvadriceps (takoj po terapiji, en dan po njej, en teden in pet tednov po terapiji) izboljša obseg giba in funkcionalnost (Velázquez-Saornil et al., 2017). Grapar Žargi in sod. (2016) so ugotovili, da predoperativna ishemična vadba ne izboljša živčno-mišične kontrole in funkcije po operaciji sprednje križne vezi (Grapar Žargi et al., 2016).

5 RAZPRAVA

Po opravljenem pregledu člankov lahko sklepamo, da opisani fizioterapevtski postopki aplicirani pred ali po rekonstrukciji ACL statistično in klinično niso bolj učinkoviti kot fizioterapevtski postopki, ki se uporabljajo v vsakdanji praksi. Aplikacija kineziološkega traku ne vpliva na intenziteto akutne bolečine po operaciji (Laborie et al., 2015). V subakutni fazi suho zbadanje v mišične prožilne točke na mišico kvadriceps bolečino kratkoročno poveča, kasneje pa na njeno zaznavanje nima vpliva (Velázquez-Saornil et al., 2017). Ta oblika terapije pozitivno vpliva na obseg gibljivosti in funkcionalnost po operaciji (Velázquez-Saornil et al., 2017), nasprotno predoperativna ishemična vadba ne vpliva na funkcijo po rekonstrukciji ACL (Grapar Žargi et al., 2016). Stabilnost sklepa in ravnotežja se po operaciji ne izboljša z navzkrižnim učenjem, prav tako vadba ravnotežja ne vpliva na statično stabilnost. Dinamična stabilnost se z vadbo ravnotežja izboljša, vendar so razlike statistično nepomembne (Akbari et al., 2016). Opisane oblike vadbe imajo različne učinke na lastnosti mišice kvadriceps po operaciji. Hotena kontrakcija se po operaciji s časom izboljša, vendar predoperativna ishemična vadba nanjo ne vpliva (Grapar Žargi et al., 2016). Prav tako navzkrižno učenje ne zmanjša primanjkljaja v moči hotene izometrične kontrakcije, indeks simetrije se pri navzkrižnem učenju v primerjavi s kontrolno skupino še poslabša (Zult et al., 2018). Za izboljšanje maksimalne hotene izometrične kontrakcije kvadricepsa je med opisanimi fizioterapevtskimi postopki bila najbolj učinkovita kombinacija krioterapije z vadbo (Hart et al., 2014). Na aktivacijo kvadricepsa in njegov volumen navzkrižno učenje in ishemična vadba nista imela učinka (Zult et al., 2018; Grapar Žargi et al., 2016).

Rezultate raziskav je treba previdno interpretirati zaradi njihovih pomanjkljivosti in omejitev. Štiri raziskave so imele slabše vzorčenje. Hart in sod. (2014) ter Velázquez-Saornil in sod. (2017) so v raziskavo zajeli premajhen vzorec, da bi lahko posplošili njihove rezultate, v raziskavi Laborie in sod. (2015) pa vzorčenje ni bilo randomizirano. Pri razlagi učinkov terapij je treba upoštevati še nekatere ostale dejavnike, ki bi lahko vplivali na rezultate raziskav, vendar jih avtorji niso spremljali. Grapar Žargi in sod. (2016) omenjajo, da poleg ishemične vadbe na mišično jakost kvadricepsa po operaciji vpliva še aktivnost pacientov, dominantnost noge ter predhodne poškodbe kvadricepsa na operirani nogi, vendar teh dejavnikov niso spremljali (Grapar Žargi et al., 2016). Na rezultate raziskav vpliva tudi razlika med spoloma v eksperimentalni in kontrolni skupini (Zult et

al., 2018). Ženske poročajo o slabši funkciji kolena po rekonstrukciji ACL (Ageberg et al., 2010) in se redkeje vrnejo v šport na isti nivo kot pred operacijo (Brophy et al., 2012). Vključene raziskave so imele kar nekaj metodoloških pomanjkljivosti. Zult in sod. (2018) so v raziskavi med navzkrižno vadbo trenirali izometrično kontrakcijo kvadricepsa, medtem ko so testirali koncentrično kontrakcijo mišice (Zult et al., 2018). Kljub nekolikšnem prenosu moči, bi bilo bolj smiselno trenirati in testirati isto vrsto kontrakcije. S tem bi prišli do natančnejših in bolj realnih ugotovitev, ali navzkrižno učenje vpliva na zmanjšanje živčno-mišične funkcije kvadricepsa. Kot metodološko pomanjkljivost Grapar Žargi in sod. (2016) navajajo, da zaradi pomanjkanja časa med zadnjo vadbo in operacijo niso merili hipertrofičnega učinka predoperativne vadbe. Tako nimamo vpogleda, koliko je kvadriceps z ishemično vadbo hipertrofiral pred operacijo in posledično ne moremo natančno opredeliti, kakšen je učinek vadbe na atrofijo mišice po operaciji (Grapar Žargi et al., 2016). Pacienti v raziskavah, ki so ocenjevale bolečino po operaciji, niso imeli enake anestezije, saj so to določili zdravniki v operativni sobi (Laborie et al., 2015). Oblika anestezije in jemanje protibolečinskih zdravil takoj po operaciji vplivajo na zaznavanje bolečine in splošno počutje po operaciji, vendar na ta dejavnika kot fizioterapevti nimamo vpliva. V raziskavah Laborie in sod. (2015), Velázquez-Saornil in sod. (2017) in Gupta in sod. (2016) je tako treba v razmislek vzeti še razlike v anesteziji in analgeziji med preiskovanci, saj znata ta dejavnika vplivati na rezultate učinkov terapevtskih postopkov, predvsem pri zmanjšanju bolečine.

5.1 Vpliv fizioterapevtskih postopkov na bolečino

Uporaba presadka patelarnega ligamenta povzroča večjo pooperativno bolečino kot uporaba tetive hamstringov, vendar razlika med jakostjo bolečine ni statistično pomembna. Vzrok za večjo pooperativno bolečino bi lahko bil sam potek operacije. Rekonstrukcija s patelarnim presadkom zajema rezanje kosti in periosta na patelarni in tibialni strani. Kirurška travma pri tem pristopu je večja, kar se odraža tudi na daljšem času operacije (Laborie et al., 2015). O podobnih izsledkih navajajo tudi v članku Pereira in sod. (2010), kjer poročajo, da ni razlik o jakosti bolečine na področju kolena pri pacientih po rekonstrukciji ACL s patelarnim presadkom ali presadkom tetiv hamstringa (Pereira et al., 2012). Nizozemske klinične smernice pravijo, da je ob uporabi presadka tetiva hamstringov, manjša anteriorna bolečina kolena. Med presadki pa ni razlik v stabilnosti

kolena (Meuffels et al., 2012). Končni uspeh operacije je ob dobri kirurški namestitvi presadka odvisen tudi od kasnejše rehabilitacije (Laborie et al., 2015). V zgodnji fazi je pomembno nadzirati bolečino, vnetje, obseg gibljivosti in živčno-mišični nadzor (Pereira et al., 2012). Laborie in sod. (2015) poročajo, da namestitev kinezioloških trakov takoj po operaciji ne doda dodane vrednosti pri zmanjšanju bolečine, kot sama analgezija (Laborie et al., 2015). Kot dodatek k zdravlilom, kompresiji, vajam in dvigovanju uda, pa se za zmanjšanje bolečine priporoča krioterapija (van Grinsven et al., 2010).

V nasprotju s prejšnjimi raziskavami so Velázquez-Saornil in sod. (2017) po terapiji suhega zbadanja v prožilno točko zaznali takojšnje povečanje bolečine. Takšen rezultat je možna posledica same faze rehabilitacije, v kateri je pacient, zdravljen s heparinom ali razdraženja zaradi igel. Kljub temu ne poročajo o klinično pomembni razliki (33 %) (Velázquez-Saornil et al., 2017). Dober nadzor bolečine, vnetja ter hitra pridobitev obsega gibljivosti preprečuje inhibicijo kvadricepsa in omogoča hitro obremenjevanje operiranega kolena (van Grinsven et al., 2010). Tip presadka naj ne bi vplival na potek zgodnje rehabilitacije, saj se ocena bolečine pri uporabi obeh presadkov ne razlikuje (Laborie et al., 2015).

5.2 Vpliv krioterapije na rehabilitacijo

Krioterapija je zelo pomembna v začetnih fazah rehabilitacije za zmanjšanje vnetja, otekline, bolečine in preprečuje kirurške zaplete, kot so zmanjšan obseg gibljivosti, nadzor kvadricepsa in spremenjen vzorec hoje (van Grinsven et al., 2010). Hart in sod. (2014) so ugotovili, da je krioterapija v kombinaciji z vadbo učinkovita tudi v kasnejših fazah rehabilitacije (vsaj šest mesecev po operaciji). Uporaba krioterapije pred terapevtskimi vajami povzroči večje povečanje moči kot sama krioterapija ali same terapevtske vaje (Hart et al., 2014). Načrtovano izvajanje krioterapije med izvajanjem vaj izboljša vzdraženost motonevrona, s tem se izboljša pridobivanje moči pri kronično okvarjenem kvadricepsu (Hart et al., 2014). Krioterapija predstavlja alternativo pri obravnavi kronične disfunkcije mišice po poškodbi sklepa (Hart et al., 2014). V klinični praksi je njena uporaba pod dvomom, saj je zaradi izgube perifernega senzoričnega zaznavanja možno zmanjšano delovanje sklepov in okončin (Hart et al., 2014). Raziskave kažejo, da uporaba lokalne krioterapije pred fizioterapevtsko vadbo ne okvari občutka za položaj sklepa in

občutka za nadzor moči mišice, torej je krioterapija pred športnimi aktivnostmi varna (Furmanek et al., 2018).

5.3 Vpliv fizioterapevtskih postopkov na rehabilitacijo mišice kvadriceps

Pri poškodbah kolena ali rekonstrukciji ligamentov je kot posledica artrogene inhibicije pogosto prisotna atrofija kvadricepsa (Mucha, 2005), ki lahko omejuje pacientovo napredovanje med obravnavo (Hart et al., 2014). Senzorne informacije o bolečini in nestabilnosti sklepa se v centralni živčni sistem prenesejo z aktivacijo mehanoreceptorjev in nociceptorjev v perartikularnih tkivih, kar privede do zaprtja motorične aktivacije mišice na tem področju. Strategije za zmanjšanje artrogene inhibicije želijo regulirati količino senzoričnih informacij v centralni živčni sistem oz. želijo, da je določen zunanji dražljaj v živčnem sistemu prednostno obravnavan. Krioterapija pred vadbo zmanjša artrogeno inhibicijo in pozitivno vpliva na povečanje mišične moči (Hart et al., 2014). O atrofiji kvadricepsa po rekonstrukciji ACL poročajo tudi Grapar Žargi in sod. (2016). Razlika volumnov vastusov mišice kvadriceps je vidna pred operacijo. Predoperativna ishemična vadba vpliva na zmanjšano atrofijo kvadricepsa pred operacijo, vendar se v štirih tednih po operaciji primanjkljaj volumna poveča. Dvanajst tednov po operaciji je razlika volumnov med operirano in zdravo nogo še zmeraj prisotna, vendar je manjša. Pri nobeni izmed meritev volumnov na operirani nogi ni bilo statistično pomembne razlike med skupinama (Grapar Žargi et al., 2016).

Zaradi zgodnje rehabilitacije se ob atrofiji pojavlja zmanjšanje mišične moči kvadricepsa. Grapar Žargi in sod. (2016) poročajo o 15-% izgubi moči v skupini z ishemično vadbo ter o 22-% primanjkljaju moči v kontrolni skupini (Grapar Žargi et al., 2016). Maksimalna mišična moč kvadricepsa na operirani nogi se je v dvanajstih tednih po operaciji zmanjšala (35 % po 5 tednih, 12 % po 12 tednih) kljub navzkrižnemu učenju. Primanjkljaj mišične moči se na 11 % zmanjša šele po 26 tednih (Zult et al., 2018). Ti podatki so klinično pomembni, če upoštevamo dejstvo, da mora biti primanjkljaj za varno vrnitev v šport manjši od 10 % (Thomee et al., 2011). V nasprotju s temi rezultati Harput in sod. (2019) trdijo, da koncentrična in ekscentrična vadba zdrave noge v zgodnjih fazah rehabilitacije izboljšata pooperativno okrevanje kvadricepsa. Mehanizem navzkrižne vadbe deluje po principu zagotavljanja stabilnosti. Med kontrakcijo ene noge se aktivirajo mišice druge, z

namenom zagotavljanja posturalne stabilnosti (Zhou et al., 2000). Raziskavi, ki sta se ukvarjali z navzkrižnim učenjem, sta prišli do nasprotnih zaključkov, vendar sta bila njuna vzorca preiskovancev različna. Zult in sod. (2018) so vključili rekreativne športnike, medtem ko so Harput in sod. (2019) vključili vse paciente po rekonstrukciji ACL. Različni zaključki raziskav so možna posledica premalo intenzivne vadbe pri raziskavi Zult in sod. (2018), saj je bil vzorec v tej raziskavi sestavljen iz rekreativnih športnikov. Ti so pred poškodbo povprečno trenirali dvakrat tedensko, zato je možno, da je bila intenziteta fizioterapevtske vadbe za njih premajhna (Zult et al., 2018). Natančnega števila ponovitev vaj navzkrižnega učenja niso zapisovali, je pa število variiralo med pacienti. Premalo število ponovitev in premajhna doza vadbe sta možna razloga, zakaj ni prišlo do pozitivnih učinkov navzkrižnega učenja (Zult et al., 2018).

Indeks simetričnosti kvadricepsa se med operirano in neoperirano nogo pri uporabi presadka kite kvadricepsa ali patelarnega ligamenta ne razlikuje. Nesimetrija je največja pri snopih vastusa medialis mišice kvadriceps femoris ($> 20\%$) v primerjavi z ostalimi snopi te mišice (Hunnicutt et al., 2019). Zult in sod. (2018) so ugotovili, da se je indeks simetrije v prvih petih tednih pri rekreativnih športnikih med zdravo in operirano nogo za 10% več poslabšal v skupini z navzkrižnim učenjem v primerjavi s kontrolno skupino ($p \leq 0,030$) in za 9% več v prvih dvanajstih tednih po operaciji ($p \leq 0,030$). Po 26 tednih se je indeks simetrije vrnil na predoperativno raven (Zult et al., 2018). Glede na populaciji v dani raziskavi bi za ohranjanje moči morala biti vadba navzkrižnega učenja izvedena več kot dvakrat tedensko. Za učinkovito vadbo mora biti le-ta dovolj intenzivna (Zult et al., 2018).

5.4 Vpliv fizioterapevtskih postopkov na funkcionalnost in propriocepcijo

Suho zbadanje v subakutnem stanju kratkoročno izboljša funkcionalnost ($p \leq 0,001$) (Velázquez-Saornil et al., 2017). Grapar Žargi in sod. (2016) so v raziskavi ugotovili, da se funkcijski doseg pred in po operaciji ACL ne spremeni. Primanjkljaj mišice kvadriceps femoris najverjetneje kompenzirajo ostale mišične skupine, zato rezultat ni klinično pomemben in različen pred in po operaciji (Grapar Žargi et al., 2016). Zaradi majhnega števila raziskav dinamične stabilnosti v zgodnji pooperativni fazi je ta rezultat težko primerjati. Herrington in sod. (2014) so ugotovili, da je dinamična kontrola drže okvarjena

za 5–28 % v 4 od 8 smeri doseganja, v petih mesecih do dveh let po operaciji (Herrington et al., 2009). Rezultati funkcijskih testov po rekonstrukciji ACL s patelarno tetivo ali tetivo kvadricepsa niso bili različni, kar nakazuje, da ni razlik pri uporabi različnih presadkov v funkcionalnosti po operaciji (Hunnicut et al., 2019).

Na propriopcijo vpliva več faktorjev: starost, stopnja bolečine, način poškodbe, uporabljena operativna metoda rekonstrukcije ACL, rahabilitacijski program in čas okrevanja (Aydog et al., 2006; Zhou et al., 2008). Akbari in sod. (2016) so v raziskavi o vplivu proprioceptivne vadbe in vadbe ravnotežja ugotovili, da slednji nimata statistično pomembnega učinka na stabilnost ($p > 0,05$) v zgodnji fazi rehabilitacije po rekonstrukciji ACL. Omenjeni vadbi izboljšata mišično moč, zaradi katere bi se lahko izboljšalo tudi ravnotežje (Cooper et al., 2005). Primerjava vadbe za izboljšanje mišične moči ter vadbe usmerjene v izboljšanje ravnotežja je pokazala, da ima v zgodnji fazi rehabilitacije vadba mišične moči, boljše učinke na funkcionalno aktivnost kot proprioceptivna vadba in vadba ravnotežja ($p < 0,05$) (Cooper et al., 2005). Proprioceptivni vadba prav tako ne doprinese k hitrejšemu okrevanju v pozni fazi rehabilitacije po rekonstrukciji ACL (Liu-Ambrose et al., 2003). Med močjo mišice kvadriceps in proprioceptivno vadbo obstaja dobra povezanost, kar nakazuje na enakopraven vpliv obeh vadb na stabilnost kolena po rekonstrukciji ACL (Reider et al., 2003; Zhou et al., 2008). Prav tako ni direktne povezave med izboljšanjem proprioceptije kolenskega sklepa in navzkrižnim učenjem (Zult et al., 2018), slednje pa dokazano izboljša mišično moč kvadricepsa operirane noge (Harput et al., 2019).

5.5 Pomanjkljivosti pregleda literature

Naš pregled literature ima nekaj omejitev in pomanjkljivosti. Ker je raziskav na temo vpliva rehabilitacije po rekonstrukciji ACL malo, bi bilo smiselno vključiti članke v drugih jezikih in ne samo v angleščini. Izbrani članki so ugotavljali vpliv različnih fizioterapevtskih postopkov po ali pred operacijo. Zanimivo bi bilo pregledati članke, ki primerjajo vpliv določene terapije pri različnih presadkih, vendar je člankov na to temo zelo malo. Vključene raziskave so sicer dokumentirale tip kirurškega presadka, vendar preiskovancev niso razdelili na podlagi tega dejavnika, zato ne moremo povzeti učinkov fizioterapevtskih postopkov po operaciji ACL pri določenem kirurškem presadku.

6 ZAKLJUČEK

Pretrganje sprednje križne vezi je ena izmed najpogostejših poškodb kolenskega sklepa pri odraslih med 20. in 29. letom, ki se ukvarjajo s kontaktnimi športi ali športi, ki vključujejo poskoke ali sunkovito zaustavljanje. Poškodba lahko negativno vpliva na kariero športnika, prav tako tudi na vsakdanje življenje. Večinoma se pacienti odločijo za operativno zdravljenje, kar pomeni kirurško rekonstrukcija vezi z različnimi presadki. Fizioterapevtska obravnava po operaciji je pomemben del procesa zdravljenja.

Namen diplomskega dela je predstaviti novejši fizioterapevtske postopke po kirurški rekonstrukciji sprednje križne vezi. Pri pregledu je bilo ugotovljeno, da opisani fizioterapevtski postopki aplicirani pred ali po rekonstrukciji ACL z različnimi kirurškimi presadki, statistično niso bolj učinkoviti kot standardna fizioterapija. Izbira presadka in uporaba kineziološkega traku ne vplivata na bolečino po operaciji. Suho zbadanje v prožilne točke ima pozitiven vpliv na obseg gibljivosti in funkcionalnost po operaciji, nasprotno pa predoperativna ishemična vadba ne vpliva na funkcijo sklepa. Z navzkrižnim učenjem ne povečamo statične ali dinamične stabilnosti sklepa.

Raziskav na temo vpliva rehabilitacije po rekonstrukciji ACL, ki vključujejo naše kriterije, je malo. Izbrani članki so ugotavljali vpliv fizioterapevtskih postopkov po ali pred operacijo. Zaradi različnih fizioterapevtskih postopkov v raziskavah ni bilo mogoče primerjati vpliva postopkov glede na izbiro presadka.

7 LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI

Ageberg E, Forssblad M, Herbertsson P, Roos EM (2010). Sex differences in patient-reported outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the Swedish knee ligament register. *Am J Sports Med* 38(7): 1334-42.

Akbari A, Ghiasi F, Mir M, Hosseinifar M (2016). The effects of balance training on static and dynamic postural stability indices after acute ACL reconstruction. *Glob J Health Sci* 8(4): 68-81.

Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE (2014). Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med* 48(21):1543-52.

Aydoğ ST; Korkuzuz P, Doral MN, Tetik O, Demirel HA (2006). Decrease in the numbers of mechanoreceptors in rabbit ACL: the effects of ageing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(4): 325-9.

Brophy RH, Schmitz L, Wright RW et al. (2012). Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *Am J Sports Med* 40(11): 2517-22.

Coop RL, Taylor NF, Feller JA (2005). A randomised controlled trial of proprioceptive and balance training after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Res Sports Med* 13(3): 217-30.

Dunn WR, Lyman S, Lincoln AE, Amoroso PJ, Wickiewicz 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.

Faunø P, Wulff Jakobsen B (2006). Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med* 27(1): 75-9.

Furmanek MP, Slomka KJ, Soniesiak A, Rzepko M, Juras G (2018). The Effects of Cryotherapy on Knee Joint Position Sense and Force Production Sense in Healthy Individuals. *J Hum Kinet* 61: 39-51.

Grapar Žargi T, Drobnič M, Koder J, Stražar K, Kacin A (2016). The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 52(3): 310-20.

Gupta R, Kapoor D, Kapoor J et al. (2016). Immediate post-operative pain in anterior cruciate ligament reconstruction surgery with bone patellar tendon bone graft versus hamstring graft. *J Orthop Surg Res* 11(1): 1-6.

Harput G, Ulusoy B, Yildiz TI et al. (2019). Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(1): 68-75.

Hart JM, Kuenze CM, Diduch DR, Ingersoll CD (2014). Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 49(6): 733-9.

Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, McNicholas M. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls. *Knee* 16(2): 149-52.

Hunnicuttl JL, Gregory CM, McLeos MM, Woolf SK, Chapin RW, Slone HS (2019). Quadriceps Recovery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Quadriceps Tendon Versus Patellar Tendon Autografts. *Orthop J Sports Med* 7(4): 1-7.

Johansson H, Sjolander P, Sojka P (1991). A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop Relat Res* 268:161-78.

Kim KM, Croy T, Hertel J, Saliba S (2010). Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function and patient-oriented outcomes: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* 40(7): 383-91.

Laboire M, Klouche S, Herman S, Gerometta A, lefevre N, Bohu Y (2015). Inefficacy of Kinesio-Taping(®) on early postoperative pain after ACL reconstruction: Prospective comparative study. *Orthop Traumatol Surg Res* 101(8): 963-7.

Lie MM, Risberg MA, Storheim K, Engebretsen L, Øiestad BE (2019). What's the rate of knee osteoarthritis 10 years after anterior cruciate ligament injury? An updated systematic review. *Br J Sports Med* 2019. doi:10.1136/bjsports-2018-099751. [Epub ahead of print: 01 Apr 2019].

Liu-Ambroe T, Taunton JE, MacIntyre D, MyConkey P, Khan KM (2003). The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports* 13(2): 115-23.

Logerstedt DS, Scalzitti D, Risberg MA et al. (2017) Knee stability and movement coordination impairments: knee ligament sprain revision 2017. *J Orthop Sports Phys Ther* 47(11): 1-47.

Majewski M, Susanne H, Klaus S (2006). Epidemiology of athletic knee injuries: a 10-year study. *Knee* 13(3):184-8.

Meuffels DE, Poldervaart MT, Diercks RL et al. (2012). Guideline on anterior cruciate ligament injury. *Acta Orthop* 83(4): 379-86.

Mizner RL, Petterson SC, Snyder-Mackler L (2005). Quadriceps strength and the time course of functional recovery after total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther* 35(7): 424 – 36.

Mucha C (2005). Effects of electrical stimulation in quadriceps femoris muscle after anterior cruciate ligament reconstruction. *S Afr J Physiother* 61: 27-31.

Nagelli CV, Hewett TE (2017). Should return to sport be delayed until 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction? Biological and functional considerations. *Sports Med* 47(2): 221-32.

Pereira M, de Souza Vieira N, da Rosa Brandão E, Ruaro JA, Grignet RJ, Fréz AR (2012). Physiotherapy after reconstruction of anterior cruciate ligament. *Acta Irtio Bras* 20(6): 372-5.

Reider B, Arcand MA, Diehl LH et al. (2003). Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 19(1): 2-12.

Rice DA, McNair PJ (2010). Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. *Semin Arthritis Rheum* 40(3): 250-66.

Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L (2007). Neuromuscular Training Versus Strength Training During First 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Clinical Trial. *Phys Ther* 87(6): 737-50.

Shimokochi Y, Shultz SJ (2008). Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J athl train* 43(4): 396-408.

Thomee R, Kaplan Y, Kvist J et al., (2011). Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(11): 1798-805.

Van Grinsven S, Van Cingel RE, Holla CJ, Van Loon CJ (2010). Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(8): 1128-44.

Van Melick N, Van Cingel REH, Brooijmans F et al. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med* 50 (24):1506-15.

Velázquez-Saornil J, Ruíz-Ruíz B, Rodríguez-Sanz D, Romero-morales C, López-López D, Calvo, Lobo C (2017). Efficacy of quadriceps vastus medialis dry needling in a rehabilitation protocol after surgical reconstruction of complete anterior cruciate ligament rupture. *Medicine (Baltimore)* 96(17): 1-10.

Wright RW, Haas AK, Anderson J et al. (2015). Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: MOON guidelines. *Sports Health* 7(3): 239-43.

Zhou S (2000). Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exerc Sport Sci Rev* 28(4): 177-84.

Zhou MW, Gu L, Chen YP et al., (2008). Factors affecting proprioceptive recovery after anterior cruciate ligament reconstruction. *Chin Med J (Engl)* 121(22): 2224-8.

Zult T, Gokeler A, Van Raay JJAM et al. (2018). Cross-education does not accelerate the rehabilitation of neuromuscular functions after ACL reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Eur J Appl Physiol* 118(8): 1609-23.

8 PRILOGE

8.1 Osnovne značilnosti raziskav in fizioterapevtski postopek

Raziskava	Tip raziskave	Vzorec			Presadek	Fizioterapevtski postopek
		Velikost	Starost	Spol		
Velázquez-Saornil et al., 2017	randomizirana, enostransko slepa kontrolirana raziskava	n = 44; standardna fizioterapija: 22 standardna fizioterapija s suhim zbadanjem mišičnih prožilnih točk 22	standardna fizioterapija: 19–51 let; 34,4 (8,6) let	standardna fizioterapija: 12 ž (54,5 %), 10 m (45,5 %)	standardna fizioterapija: patelarni ligament (kost-kita-kost): 10 (45,5 %); tetive hamstringov: 12 (54,5 %)	<i>standardna fizioterapija</i> : 5x tedensko, 5 t; pasivna mobilizacija sklepa, aktivna asistirana mobilizacija sklepa, izometrične kontrakcije m. kvadriceps in hamstringov, električna stimulacija, ekscentrične vaje v zaprti kinetični verigi, koncentrične vaje v odprti kinetični verigi, vaje za propiocepcijo, ciklični ergometer, hoja <i>standardna fizioterapija s suhim zbadanjem mišičnih prožilnih točk</i> : 5x tedensko, 5 t; pasivna mobilizacija sklepa, aktivna asistirana mobilizacija sklepa, izometrične kontrakcije m. kvadriceps in hamstringov, električna stimulacija, ekscentrične vaje v zaprti kinetični verigi, koncentrične vaje v odprti kinetični verigi, vaje za propiocepcijo, ciklični ergometer, hoja, ter enkratna terapija na najbolj aktivni mišični prožilni točki na vastus medialis m. kvadriceps
			standardna fizioterapija s suhim zbadanjem mišičnih prožilnih točk 19–46 let; 31,4 (8,3) let	standardna fizioterapija s suhim zbadanjem mišičnih prožilnih točk 6 ž (27,3 %), 16 m (72,2 %)	standardna fizioterapija s suhim zbadanjem mišičnih prožilnih točk: patelarni ligament (kost-kita-kost): 11(50 %); tetive hamstringov: 11 (50 %)	

Raziskava	Tip raziskave	Vzorec			Presadek	Fizioterapevtski postopek
		Velikost	Starost	Spol		
Hart et al., 2014	navzkrižna raziskava	n = 30	krioterapija: 27,6 ± 12,2 let	20 ž, 10 m	/	Vsi preiskovanci so imeli terapije 2 tedna, 4 izmed teh so bile vadbe. <i>krioterapija</i> : aplikacija ledu enkrat dnevno; <i>vadba</i> : 1 ura vadbe na dan, ki je vključevala ogrevanje, vaje v odprti kinetični verigi, progresivne vaje za m. kvadriceps in hamstringe v zaprti kinetični verigi, vaje za ravnotežje <i>krioterapija + vadba</i> : postopek isti kot pri skupini z vajami, le da so pred vsako obravnavo izvedli krioterapijo, po istem postopku kot prvo skupina.
			vadba: 24,5 ± 10,4 let			
			krioterapija + vadba: 29,8 ± 12,2 let			
Laborie et al., 2015	prospektivna primerjalna raziskava	n = 57	eksperimentalna skupina: 29,2 ± 8,6 let	eksperimentalna skupina: 7 ž, 21 m	tetine mišic hamstringov	Aplikacija kineziološkega traku takoj po operaciji (za 3 dni).
			kontrolna skupina: 32,6 ± 9,1 let	kontrolna skupina: 6 ž, 23 m		
Grapar Žargi et al., 2016	kvazi randomizirana kontrolirana raziskava	n = 20	eksperimentalna skupina: 33 ± 7 let	4 ž, 16 m	tetine mišic hamstringov	5 vadb v zadnjih 10 dneh pred operacijo. Eksperimentalna skupina je delala ishemične vaje z nizkim bremenom, kontrolna pa standardne ekstenzijske vaje za koleno.
			kontrolna skupina: 34 ± 10 let			

Raziskava	Tip raziskave	Vzorec			Presadek	Fizioterapevtski postopek
		Velikost	Starost	Spol		
Zult et al., 2017	randomizirana kontrolirana klinična raziskava	n = 43; rekreativni športniki; eksperimentalna skupina n = 22; kontrolna skupina n = 21	eksperimentalna skupina: 28 (9) let	eksperimentalna skupina: 6 ž, 16 m	eksperimentalna skupina: patelarni ligament (kost-kita-kost) – 3 tetive hamstringov – 18 sintetični – 1	Standardna fizioterapija v obeh skupinah, eksperimentalna skupina je med 1–12 tednom po operaciji delala še leg-press in ekstenzijo noge na nepoškodovani nogi.
			kontrolna skupina: 28 (10) let	kontrolna skupina: 14 ž, 8 m	kontrolna skupina: patelarni ligament (kost-kita-kost) – 2 tetive hamstringov – 19 sintetični – 0	
Akbari et al., 2016	randomizirana kontrolirana raziskava	n = 48; eksperimentalna skupina: n = 24; kontrolna skupina: n = 24	eksperimentalna skupina: 22,33 ± 11,03 let	48 m	/	V kontrolni skupini so bili zdravi posamezniki. Eksperimentalna skupina je imela 12 x vadbo in sicer 30 min 6 dni v tednu. Vadba je vključevala stojo na eni nogi z odprtimi in zaprtimi očmi in vaje stopanja.
			kontrolna skupina: 20,33 ± 10,9 let			

8.2 Rezultati raziskav

Raziskava	Meritve	Čas meritev	Ugotovitve	p	Statistično pomembna razlika
Velázquez-Saornil et al., 2017	ocena bolečine po VAL lestvici	bolečina, obseg giba, funkcionalnost pred obravnavo, takoj po prvi obravnavi, 24 h po obravnavi, 1 t, 5 t po prvi obravnavi; stabilnost po 1t in 5t po prvi obravnavi	V eksperimentalni skupini se je povečala bolečina in obseg giba ter izboljšala funkcionalnost.	p ≤ 0,001	DA
	obseg giba				
	stabilnost		Med skupinama ni razlik v stabilnosti.	p > 0,05	NE
	funkcionalnost				
Hart et al., 2014	maksimalna hotena izometrična kontrakcija	pred in po obravnavi	Pacienti v skupini <i>krioterapija + vadba</i> so imeli večjo maksimalno hoteno izometrično kontrakcijo.	0,002	DA
	razmerje centralne aktivacije				
	meritve Hoffimanovega refleksa				
Laborie et al., 2015	dnevna intenzivnost bolečine	prve tri dni po operaciji	Ni razlik v intenzivnosti bolečine med skupinama	0,93	NE
	ocena bolečine po VAL lestvici				
	jemanje analgetikov				
	zbujanje zaradi bolečine				
	postoperativno neugodje				
	alergijske reakcije				
	pacientovo počutje				
Grapar Žargi et al., 2016	volumen mišice kvadriceps	Meritve pred operacijo, 4 tedni in 12 tednov po operaciji.	Pri nobeni meritvi ni razlik med skupinama.	p > 0,05	NE
	maksimalna hotena izometrična kontrakcija				
	funkcionalni test dosega na eni nogi				

Raziskava	Meritve	Čas meritev	Ugotovitve	p	Statistično pomembna razlika
Zult et al., 2017	maksimalna izometrična hotena kontrakcija kvadricepsa	29 ± 23 dni pred operacijo, ter 5, 12 in 26 dni po operacijo	Vsi preiskvanci so napredovali, med skupinama ni bilo razlik.	p > 0,05	NE
	hotena aktivacija kvadricepsa				
	natančnost aktivacije kvadricepsa				
	propriocepcija sklepa				
	test ravnotežja na eni nogi				
Akbari et al., 2016	indeks stabilnosti	pred in po obravnavami	Ni razlik v statični stabilnosti pred in po obravnavo.	p > 0,05	NE
	indeks anetioposteriorne stabilnosti		Ni razlik v dinamični stabilnosti pred in po obravnavo.	p > 0,05	NE
	indeks mediolateralne stabilnosti		Stabilnost v eksperimentalni skupini se je izboljšala.	p > 0,05	NE