



Fakulteta za zdravstvo **Angele Boškin**
Angela Boškin Faculty of Health Care

Diplomsko delo
visokošolskega strokovnega študijskega programa prve stopnje
FIZIOTERAPIJA

**REHABILITACIJA PO REKONSTRUKCIJI
SPREDNJE KRIŽNE VEZI Z RAZLIČNIMI
AVTOLOGNIMI GRAFTI – PREGLED
LITERATURE**

**REHABILITATION FOLLOWING THE
RECONSTRUCTION OF ANTERIOR
CRUCIATE LIGAMENT WITH DIFFERENT
AUTOLOGOUS GRAFTS – A LITERATURE
REVIEW**

Mentorica: Slađana Božić, pred.

Kandidatka: Ivana Lazarević

Jesenice, julij, 2026

ZAHVALA

Ob zaključku diplomskega dela se iskreno zahvaljujem vsem, ki so med pisanjem spremljali, spodbujali in verjeli vame. Najprej se želim zahvaliti mentorici Slađani Božić, pred., za hitro odzivnost, nasvete in podporo med študijem in pisanjem diplomskega dela. Iskrena hvala tudi dr. Blanki Koščak Tivadar, viš. pred., za temeljit pregled in skrbno recenzijo mojega diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem lektorici Nadi Mulej, prof. slov., za trud in natančnost pri slovničnem pregledu.

Posebna zahvala gre moji največji podpori skozi celoten študij – družini. Iz srca se zahvaljujem, da ste mi stali ob strani in verjeli vame, ko sem sama dvomila. Zahvaljujem se tudi sošolkam in prijateljicam za spodbudo, motivacijo in lepe trenutke med študijem.

Hvala, ker ste verjeli vame.

POVZETEK

Teoretična izhodišča: Poškodba sprednje križne vezi je ena najpogostejših poškodb kolenskega sklepa, pri kateri gre lahko za delno ali popolno rupturo. Zdravljenje pri delni rupturi vezi poteka konzervativno, s pomočjo fizioterapije, medtem ko je pri popolni rupturi predlagana rekonstrukcija z uporabo različnih vrst avtolognih graftov. Namen diplomskega dela je s pregledom literature poglobiti razumevanje učinkovitosti rehabilitacije po rekonstrukciji SKV glede na izbor različnih avtolognih graftov.

Cilj: Ugotoviti učinkovitost rehabilitacije glede na izide po rekonstrukciji sprednje križne vezi in proučiti učinek rehabilitacije po rekonstrukciji sprednje križne vezi glede na izbiro avtolognega grafta.

Metoda: Diplomsko delo temelji na pregledu domače in tuje strokovne literature v podatkovnih bazah: Springer, Pubmed, PEDro, Wiley in spletni brskalnik Google učenjak do 50. naslova. Uporabili smo slovenske ključne besede: »biomehanika kolena«, »poškodba SKV«, »rekonstrukcija sprednje križne vezi«, »postoperativna rehabilitacija«, »fizioterapija« in angleške pojme: »knee biomechanics«, »ACL injury«, »anterior cruciate ligament reconstruction«, »postoperative rehabilitation«, »autologous grafts«. Vključili smo vire, ki so bili objavljeni zadnjih 10 let, vsebinsko ustrezni in s prostim dostopom besedil.

Rezultati: Med 2380 zadetki smo podrobneje pregledali 25 raziskav in jih med njimi 14 vključili v končno analizo. Oblikovali smo 30 vsebinsko podobnih kod in jih razvrstili v dve tematski kategoriji.

Razprava: Različne vrste avtolognih presadkov po rekonstrukciji SKV ne kažejo razlike pri uspešnosti končnega izida rehabilitacije, vendar pa med njimi obstajajo razlike v času ligamentizacije presadka in bolečini ter atrofiji mišic na odvzetem delu. Trenutno ni protokolov, ki bi bili prilagojeni posameznemu pacientu in presadku, zato je ključnega pomena rehabilitacija, ki vključuje individualno vodeno fizioterapevtsko obravnavo, prilagojeno proprioceptivno vadbo, pliometrijo in sonožni poskoki, ki so se izkazali kot najboljši način za korekcijo vzorca hoje in varno vrnitev k vsakodnevnim dejavnostim.

Ključne besede: biomehanika kolena, poškodba SKV, rekonstrukcija sprednje križne vezi, postoperativna rehabilitacija, fizioterapija

SUMMARY

Theoretical background: Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most common injuries of the knee joint and may involve a partial or complete rupture of the ligament. Treatment of a partial ligament injury is conservative and includes physiotherapy, while a complete rupture requires reconstruction using different autologous grafts. The purpose of the thesis was to understand the effectiveness of rehabilitation after ACL reconstruction based on a literature review, considering different autologous grafts.

Goals: To determine the effectiveness of rehabilitation with outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction and to examine the effect of rehabilitation following this procedure considering the choice of autologous graft.

Methods: A review of domestic and international professional literature was conducted. We searched the following databases: Springer, PubMed, PEDro, Wiley, and the Google Scholar search engine, up to the 50th headline. The following Slovenian keywords were used: “biomehanika kolena,” “poškodba SKV,” “rekonstrukcija sprednje križne vezi,” “postoperativna rehabilitacija,” “fizioterapija”; and in English: “knee biomechanics,” “ACL injury,” “anterior cruciate ligament reconstruction,” “postoperative rehabilitation,” and “autologous grafts.” In addition to content relevance, we considered freely available, full-text sources published in the last 10 years.

Results: Out of 2,380 results, we reviewed 25 studies in detail and included 14 of these in the final analysis. We formulated 30 content codes and classified them into two thematic categories.

Discussion: Different types of autologous grafts following ACL reconstruction did not reveal any differences in the success of the final rehabilitation outcome; however, differences were shown to exist in terms of the time of graft ligamentization, as well as pain and muscle atrophy at the donor site. Currently, there are no protocols tailored to individual patients and grafts, therefore it is essential to conduct rehabilitation that includes individually guided physiotherapeutic treatment, proprioceptive training, plyometrics and bilateral jumps, which have proven to be the best way to correct gait patterns and ensure a safe return to daily activities.

Key words: knee biomechanics, ACL injury, ACL reconstruction, postoperative rehabilitation, physiotherapy

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	ANATOMIJA IN BIOMEHANIKA KOLENA	1
1.2	POŠKODBA SPREDNJE KRIŽNE VEZI	3
1.3	NAČIN ZDRAVLJENJA IN VRSTE AVTOLOGNIH GRAFTOV	4
2	EMPIRIČNI DEL.....	7
2.1	NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA	7
2.2	RAZISKOVALNA VPRAŠANJA.....	7
2.3	RAZISKOVALNA METODOLOGIJA.....	7
2.3.1	Metode pregleda literature	7
2.3.2	Strategija pregleda zadetkov	8
2.3.3	Opis obdelave podatkov pregleda literature.....	9
2.3.4	Ocena kakovosti pregleda literature	9
2.4	REZULTATI	10
2.4.1	PRISMA diagram.....	10
2.4.2	Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah.....	11
2.5	RAZPRAVA	20
2.5.1	Omejitve raziskave.....	28
2.5.2	Doprinos za stroko ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo	29
3	ZAKLJUČEK.....	30
4	LITERATURA	32

KAZALO SLIK

Slika 1: PRISMA diagram.....	11
------------------------------	----

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati pregleda literature.....	8
Tabela 2: Hierarhija dokazov v znanstvenoraziskovalnem delu	10
Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov	12
Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah.....	19

SEZNAM KRAJŠAV

BPTB	Presadek patelarne tetive in kosti (Bone-Patellar Tendon-Bone)
HT	Tetiva zadnje stegenske mišice (hamstring tendon)
IKDC	Vprašalnik o subjektivni oceni kolena (International knee documentation committee)
KOOS	Vprašalnik o izidu poškodbe kolena in osteoartritisa (Knee injury and osteoarthritis outcome score)
KT-1000	Objektivno merjenje laksnosti vezi (Knee laxity testing device)
LSI	Indeks simetrije spodnjih udov Limb symmetry indices (Limb symmetry indices)
MCL	Medialni kolateralni ligament
NMES	Nevromuskularna elektrostimulacija
PCL	Zadnja križna vez
RSKV	Rekonstrukcija sprednje križne vezi (anterior cruciate ligament reconstruction)
SKV	Sprednja križna vez (anterior cruciate ligament)
VAL	Vizualna analogna lestvica
QT	Tetiva kvadricepsa (Quadriceps tendon)

1 UVOD

Koleno je sestavljen tečajast sklep, v katerem se stikata stegnenica, golenica in med njima pogačica (Žlak, et al., 2019). Statično oporo sklepa zagotavljata kolateralni vezi, ena na medialni in druga na lateralni strani, ter dve močnejši križni vezi (sprednja in zadnja križna vez), ki preprečujeta prekomeren pomik golenice naprej in nazaj ter v varusno in valgusno smer glede na stegnenico (Abulhasan & Grey, 2017). Navedene strukture nudijo močno oporo in stabilnost, a je kljub temu poškodba sprednje križne vezi ena najpogostejših in resnejših poškodb kolenskega sklepa, ki vodi v delno ali popolno pretrganje oziroma rupturo in je predvsem pogosta med mladimi, športno aktivnimi posamezniki (Beaulieu, et al., 2023). Dejavniki tveganja za poškodbo so zunanji, kjer posameznik nima vpliva (igralna površina, prekomerna sila ob stiku s soigralcem), in notranji, med katere uvrščamo delovanje mišične moči in gibljivosti kolenskega sklepa posameznika. Več kot 70 % poškodb SKV (sprednje križne vezi) v športu nastane pri brezkontaktnem mehanizmu, kar pomeni, da se vez poškoduje brez neposrednega stika z drugim igralcem (Pfeifer, et al., 2018).

Glede na resnost poškodbe in stopnje telesne dejavnosti posameznika, se odločimo za način zdravljenja, ki poteka konzervativno ali operativno, z rekonstrukcijo sprednje križne vezi (Hriberšek, et al., 2021). Ne glede na obliko zdravljenja rupturo SKV (operativno ali konzervativno), ima zgodnja in načrtovana rehabilitacija velik pomen pri končnem izidu okrevanja. Pomemben dejavnik pri uspešni rehabilitaciji je fizioterapija, saj vključuje učinkovit pristop za ponovno vzpostavitev mišične moči, sklepne gibljivosti in stabilnosti kolena (Jenkins, et al., 2022).

1.1 ANATOMIJA IN BIOMEHANIKA KOLENA

Koleno omogoča gibanje v treh ravninah, in sicer v sagitalni, kjer potekata fleksija in ekstenzija, v frontalni (abdukcija in addukcija) ter transverzalni ravnini, ki zajema notranjo in zunanjo rotacijo. Gibanje, ki vključuje tako drsenje (translacijo) kot vrtenje (rotacijo) okoli vertikalne osi, omogočata femorotibialni in patelofemoralni sklep. Ob ekstenziji kolena dosežemo 0°, pri upognitvi govorimo o fleksiji, kjer je poln obseg giba

140°. Lateralno rotacijo dosežemo ob končnem iztegu kolena oziroma ekstenziji, medialno rotacijo pa ob končnem upogibu, kar omogoča določeno stopnjo prilagodljivosti pri gibanju (Žlak, et al., 2019).

Statični in dinamični stabilizatorji, ki so med seboj povezani, imajo velik pomen pri stabilnosti kolena, hkrati pa določajo smer in obseg gibanja. Poleg stabilizatorjev sta pomembna tudi blažilca mehanskih obremenitev oziroma medialni in lateralni meniskus, sestavljena iz vezivno hrustančne strukture, ki so nameščene med femoralnimi kondili in tibialnimi platoji. Meniskusa, ki sta umeščena na tibialnem platoju, uravnava neskladnost sklepnih partnerjev in preprečujeta neposreden stik stegenice in golenice. Kolenu nudita oporo in razporedita obremenitev z resorpcijo energije. Oblika, ki spominja na črko C, ter pripenjalne točke omogočajo sodelovanje z drugimi strukturami, kot so vezi in mišice, kar pa omogoča dinamično prilagajanje med gibanjem. Notranji (medialni) meniskus je tesno povezan z medialno kolateralno vezjo in je zaradi manjše gibljivosti bolj nagnjen k poškodbam kot zunanji, vendar pri poškodbi lateralni meniskus lahko povzroči večjo nestabilnost kolena (Vaienti, et al., 2017).

Vsaka vez zagotavlja propriocepcijo in stabilnost v določenem gibu in smeri. Patelarna vez (ligamentum patellae) se narašča na vrh pogačice in pripenja na tuberositas golenice, kjer se poveže s tetivo štiriglave mišice stegna (m. quadriceps femoris).

Sprednja križna vez je glavni stabilizator kolena, ki preprečuje pomik naprej in rotacijo tibie glede na stegnenico. Sestavljena je iz dveh snopov:

- anteromedialni snop se ob upogibu napne in pri ekstenziji kolena postane ohlapen,
- posterolateralni snop je napet pri ekstenziji in ohlapen pri upogibu kolena.

Najmanjšo obremenitev vezi dosežemo med 20 in 30° fleksije kolena, zato je pri takšnem upogibu lažje izvesti klinično oceno togosti SKV. Veje tibialnega živca oživčujejo SKV in preko mehanoreceptorjev ter živčnih končičev zaznavajo hitrost in pospešek (Ruffinijeva receptorja) ter signalizirajo gibanje (Pacinijev receptor). Poleg tega sta Abulhasan in Grey (2017) identificirala majhno število prostih živčnih končičev, ki so odgovorni za bolečino. Zadnja križna vez (PCL) je po obliki debelejša in močnejša od SKV. Izhaja iz medialnega femoralnega kondila in se pripenja za interkondilarno

eminenco. Poleg tega je sekundarni stabilizator, ki se upira varusnim, valgusnim in zunanjim rotacijskim silam na koleno. Sestavljata jo dva snopa, ki se med seboj prepletata, a je njun potek v različnih smereh (anteriorni in posteriorni). Pomembna je pri preprečevanju zdrsa stegnenice naprej proti golenici, rotacije kolena v obe smeri in prekomerno ekstenzijo (Logterman, et al., 2018). Medialna kolateralna vez (MCL) je glavni statični stabilizator na notranji strani kolena. Poleg medialne vezi ima pomembno vlogo tudi mišično tetivni sistem, ki vključuje mišice semitendinosus, semimembranosus, gracilis in sartorius. Vse, razen m. semimembranosus, se pripenjajo na točko, imenovano pes anserinus, in delujejo kot medialni dinamični stabilizator. Pomemben je tudi postero-medialni kot, kjer se tetiva semimembranosusa razdeli v tri snope, ki krepijo posteriorni del sklepne ovojnice in prispevajo k rotacijski stabilnosti (Abulhasan & Grey, 2017). Na lateralni strani sklepa se nahaja lateralni kolateralni vez (LCL), ki se pripenja na glavico fibule. Značilnost lateralne vezi je, da nima pritrditve na meniskus ali sklepno ovojnico, kot jo ima medialna kolateralna vez. Je primarni stabilizator varusnega stresa pri vseh stopnjah upogiba kolena, hkrati pa stabilizira koleno posterolateralno in preprečuje medialno translacijo tibije. LCL pomaga pri omejevanju zunanje rotacije tibije ter posteriorno pomikanje tibije pri upogibu kolena (Yaras, et al., 2024).

1.2 POŠKODBA SPREDNJE KRIŽNE VEZI

Največje tveganje za pretrganje SKV so sunkoviti gibi, ki vsebujejo elemente skokov, počepov, nenadnega zaviranja, sprememba smeri in pristanek na eni nogi (Beaulieu, et al., 2023). Mehanizem poškodbe delimo na kontaktne in brezkontaktne, kjer pri kontaktni poškodbi pride do posrednega ali neposrednega stika (Takahashi, et al., 2019).

Pri ženski populaciji je tveganje za poškodbo SKV večje kot pri moških zaradi delovanja hormonskih in anatomskih dejavnikov. Večji naklon platoja tibie, ki poveča napetost SKV, predstavlja enega od anatomskih dejavnikov za nastanek poškodbe. Drug pomemben anatomske dejavnik pa je elastičnost vezi, kar lahko vodi v hiperekstenzijo kolena in rupturo veza. V sklopu hormonskih dejavnikov hormona relaksin in estrogen povzročata ohlapnost vezi, pri čemer estrogen preko svojih receptorjev povečuje nestabilnost, posledica povečanega izločanja relaksina pa predstavlja dodatno tveganje za

poškodbo. Pomembno je omeniti tudi biomehanske dejavnike, pri katerih po skoku pristanejo s povečano fleksijo kolka in pri tem ohranjajo upogib kolkov dlje časa, kar pa lahko znatno prispeva k večjemu tveganju za poškodbo SKV brez kontakta. Športnice imajo slabšo sposobnost aktivacije zadnjih stegenskih mišic (m. hamstrings) in v primerjavi z moškimi, niso sposobne vključiti zadostnega števila mišičnih vlaken m. hamstrings, da bi zagotovile stabilizacijo kolenskega sklepa in se izognile prekomernim rotacijskim gibom (Mancino, et al., 2024). Položaj kolena, ki ima poudarjen valgus med samim pristankom, je še eden izmed biomehanskih dejavnikov, ki predstavlja možnost pretrganja SKV (Pfeifer, et al., 2018).

1.3 NAČIN ZDRAVLJENJA IN VRSTE AVTOLOGNIH GRAFTOV

Izbira metode zdravljenja rupture SKV je odvisna od obsega poškodbe in ravni dejavnosti pacienta, pri čemer se upošteva njegova športna dejavnost pred poškodbo. Pri poškodbi SKV lahko pride do delnega natrganja oziroma rupture vezi. Takšna poškodba ima dobro možnost zacelitve vezi, zato se v takšnih primerih velikokrat odločijo za konzervativno zdravljenje s fizioterapevtskimi postopki. Ob popolni rupturi vezi pa se izvede operativna rekonstrukcija SKV (Hriberšek, et al., 2021).

Poznamo dve glavni tehniki za rekonstrukcijo nove vezi, in sicer enojni snop in tehnično zahtevnejši dvojni snop. V obeh primerih gre za artroskopsko operacijo, pri kateri kirurg ponovno vzpostavi naravni potek SKV s pritrditvijo presadka v kostne tunele na stegnenici in golenici (Hriberšek, et al., 2021). Za obnovitev vezi se lahko uporabijo različni tipi presadkov: avtologni grafti (iz lastnega tkiva, ki se odvzame iz enega dela telesa in se presadi na drug del telesa), alografti (iz tkiva darovalcev) in sintetični materiali. Med avtografti se najpogosteje uporabljata presadek iz srednje tretjine patelarne vezi in presadek iz tetiv fleksorjev kolena, bodisi iz mišice gracilis ali semitendinosus. Prava izbira grafta in tehnike je ključnega pomena, saj ima pomembno vlogo na potek rehabilitacije, uspešnost kirurškega posega in morebitne zaplete. Pri tem je potrebno upoštevati pacientovo starost, spol in stopnjo dejavnosti, ki jo izvaja. (Hideyuki, et al., 2018). Pri rekonstrukciji SKV s patelarno tetivo, se običajno vzame srednji del tetive z manjšim kostnim delom pogačice in golenice, ki je dolg približno en

centimeter. Takšen kostno-tetivni presadek omogoča stabilno pritrditev, saj se oba kostna dela vstavita in fiksirata v kostne tunele in z vijaki. Po namestitvi se presadek napne pri nevtralnem položaju kolena, kar zagotovi dobro začetno stabilnost sklepa. Prednost te metode je zanesljiva povezava med kostjo in presadkom. Slabosti so lahko prisotne bolečine v sprednjem delu kolena, nelagodje pri klečanju ter možnost vnetja patelarne tetive ali redkeje zlom patele. Pri posegu, kjer se uporabi hamstring presadek (HT), kirurg odvzame tetivi semitendinosus in gracilis z notranje strani goleni. Tetivi nato združi v dvojni ali štirivratni snop, da poveča njuno trdnost in odpornost proti obremenitvam. Pripravljeni presadek se napelje skozi kostne tunele, ki sledijo smeri sprednje križne vezi, in se pritrdi z različnimi fiksacijskimi pripomočki. Prednost pri hamstring graftu je manjša bolečina na sprednji strani kolena in manj zapletov na mestu odvzema. Med slabosti uvrščamo počasnejše vraščanje presadka ter možnost zmanjšane moči fleksorjev kolena (Poehling-Monaghan, et al., 2017). Tretja tehnika, ki jo poznamo, je odvzem tetive kvadricepsa (QT). Presadek je vsestranski, saj omogoča delno oziroma celotno debelino s kostnim blokom ali brez njega, kar zagotavlja prilagoditev dolžine in velikosti grafta glede na pacientove potrebe. Njegova presečna površina je lahko do dvakrat večja od preostalih dveh graftov. Presadek ima visoko natezno trdnost in večjo maso ter širino in dolžino, ki je pomembna za dobro biomehansko obnašanje in trdnost pri maksimalni obremenitvi. V primerjavi s hamstring in patelarnim graftom je pri tetivi kvadricepsa manjša pojavnost bolečine na odzemnem mestu in ohranjena mišična moč m. quadricepsa. Pri mladih in športno aktivnih posameznikih se zaradi hitrejšega celjenja ter dobre stabilnosti kolena najpogosteje uporablja avtograft BPTB, medtem ko se pri ostalih posameznikih, ki se želijo izogniti značilni pooperativni bolečini na sprednji strani kolena, uporabi avtograft HT. Pri ponovnih rekonstrukcijah se zaradi debeline in zanesljivosti v smislu moči, velikosti in debeline najpogosteje uporabi presadek QT (Buerba, et al., 2021).

Zgodnja rehabilitacija s kombinacijo zgodnje mobilizacije pacienta, terapevtskih vaj za pridobivanje mišične moči in postopno vračanje sklepne gibljivosti omogoča postopno in varno vrnitev k funkcionalnim dejavnostim (Jenkins, et al., 2022). Celoten proces pooperativne rehabilitacije je ključen za doseganje ciljev in se osredotoča na povrnitev sklepne gibljivosti obsega gibanja, mišične moči in nevromišičnega nadzora (Elsenosy,

et al., 2024). Tako fizična kot psihična pripravljenost pacienta sta zelo pomembni za celoten proces rehabilitacije. Psihološka pripravljenost, motivacija in aktivno sodelovanje pacienta pri rednem izvajanju terapevtskih vaj imajo velik pomen pri doseganju zastavljenih ciljev. Protokoli rehabilitacije se prilagajajo glede na vrsto presadka, potrebam posameznika in ciljem, ki jih želi doseči. Kljub temu, da obstajajo različne kirurške tehnike rekonstrukcije SKV, je zgodnja strukturirana in celostna rehabilitacija tista, ki pacienta vključuje že od prvega dne po operaciji. Takšen pristop omogoča učinkovito obnovo funkcionalnosti kolena in pripravljenost pacienta za vrnitev k športnim ali vsakodnevnim dejavnostim (Jenkins, et al., 2022).

Poškodba SKV je zaradi svoje kompleksnosti in pogostosti, ena najzahtevnejših, saj povzroča dolgotrajno zdravljenje in kasnejše tveganje ponovnih poškodb pri športnih dejavnostih ne glede na način zdravljenja. Izbira različnih avtolognih presadkov, kot so QT, HT in BTBP pri rekonstrukciji SKV, neposredno določa biomehansko stabilnost in hitrost celjenja tkiva, zato se nam zdi pomembno podrobneje raziskati njihove specifične v procesu in končnem izidu rehabilitacije. Rekonstrukcija SKV ponuja različne možnosti pri izbiri presadkov, vendar trenutne klinične smernice pomanjkljivo upoštevajo biološke značilnosti uporabljenega avtolognega presadka. Zato želimo s pregledom literature prispevati k boljšemu razumevanju vloge avtolognega grafta v procesu rehabilitacije ter ugotoviti, ali izbira zahteva prilagoditev fizioterapevtskega protokola in pri tem izpostavlja prednosti ali omejitve za doseganje končnega izida okrevanja. Namen diplomskega dela je bil pregledati in raziskati učinke rehabilitacije glede na izide po rekonstrukciji sprednje križne vezi in proučiti učinek rehabilitacije po rekonstrukciji sprednje križne vezi glede na izbiro avtolognega grafta. Z ugotovitvami želimo prispevati k razvoju učinkovitih fizioterapevtskih smernic za podporo vsem strokovnjakom, ki se srečujejo s poškodbo SKV.

2 EMPIRIČNI DEL

V diplomskem delu smo izvedli pregled strokovne in znanstvene literature v slovenskem in angleškem jeziku, ki opisuje rehabilitacijo po rekonstrukciji sprednje križne vezi z različnimi avtolognimi grafti.

2.1 NAMEN IN CILJI RAZISKOVANJA

Namen diplomskega dela je bil s pregledom literature poglobiti razumevanje rehabilitacije po rekonstrukciji SKV pri različnih vrstah presadkov.

Cilj diplomskega dela je:

- ugotoviti učinkovitost rehabilitacije na funkcionalne izide po rekonstrukciji SKV,
- proučiti učinek rehabilitacije po rekonstrukciji SKV pri različnih vrstah avtolognih graftov.

2.2 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

1. Kakšna je učinkovitost rehabilitacije na funkcionalne izide po rekonstrukciji SKV?
2. Kakšen je učinek po rekonstrukciji SKV glede na različne vrste avtolognih graftov?

2.3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA

V diplomskem delu smo izvedli pregled strokovne in znanstvene literature.

2.3.1 Metode pregleda literature

V diplomskem delu smo uporabili podatkovne baze podatkov Springer, Pubmed, PEDro, Wiley in spletni brskalnik Google učenjak do 50. naslova. Poleg tega smo uporabili tudi virtualno knjižnico Slovenije – COBISS. V slovenskem jeziku smo po bazah dela iskali s ključnimi besedami: »sprednja križna vez«, »biomehanika kolena«, »poškodba SKV«, »rekonstrukcija sprednje križne vezi«, »postoperativna rehabilitacija«, »rehabilitacija«, »fizioterapija« in v angleškem jeziku: »anterior cruciate ligament«, »knee injury«,

»anterior cruciate ligament reconstruction«, »knee surgery«, »physiotherapy«, »autologous grafts«, »rehabilitation«. Besede smo povezovali z Boolovim operatorjem »AND« ali »IN« in »OR« ali »ALI«. Upoštevali smo vključitvene kriterije, in sicer: vsebinsko ustreznost člankov, da so raziskovalni in pregledni članki bili objavljeni v slovenščini ali angleščini ter prosto dostopni med letoma 2015 in 2025. Članki so pregledani in s pregledano literaturo smo preverili in razumeli učinke rehabilitacije pri rekonstrukciji SKV glede na izbiro avtografta.

2.3.2 Strategija pregleda zadetkov

Izbrane zadetke smo pregledali in njihov izbor prikazali s pomočjo PRISMA diagrama (Page, et al., 2021). Rezultate smo predstavili grafično in tabelarično s prikazanim številom zadetkov glede na uporabljene ključne besede v posamezni podatkovni bazi. Grafični prikaz ponazarja postopek iskanja in zbiranja virov, medtem ko tabelarični prikaz vsebuje podrobnosti o številu zadetkov, ki smo jih pridobili iz podatkovnih baz in jih vključili v končno analizo, kar prikazuje tabela 1.

Tabela 1: Rezultati pregleda literature

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
COBISS	»biomehanika kolena« ALI »poškodba sprednje križne vezi« IN »rehabilitacija«	24	0
Google Scholar	»knee surgery« AND »ACL rehabilitation« »physiotherapy« AND »autologous grafts«	550	0
PEDro	»knee injury« AND »knee surgery«	56	1
PubMed	»knee injury« AND »ACL reconstruction« AND »ACL rehabilitation« AND »physiotherapy«	365	3
	»anterior cruciate ligament« OR »ACL rehabilitation« AND »autologous graft«	830	6
Springer	»ACL reconstruction« AND »autologous grafts«	335	3

Podatkovna baza	Ključne besede	Število zadetkov	Izbrani zadetki za pregled v polnem besedilu
Wiley	»autologous grafts after ACL reconstruction« AND »physiotherapy rehabilitation«	220	1
SKUPAJ		2380	14

2.3.3 Opis obdelave podatkov pregleda literature

Izbrane vire smo na podlagi ključnih besed analizirali in predstavili z uporabo kvalitativne deskriptivne metode. Osredotočili smo se na vire, katerih besedilo je dostopno v celoti in je vsebinsko ustrezno za izbrano temo. V prvem koraku smo prebrali članke glede na naslov in datum objave posamezne raziskave. V nadaljnjih korakih smo literaturo podrobno preučili ter iz nje izluščili ključne informacije, ki so vsebinsko povezane z zastavljenim raziskovalnim vprašanjem in ciljem. Izbrane vsebine smo v procesu odprtega kodiranja opremili s kodami in jih kasneje razvrstili v ustrezne kategorije (Kordeš & Smrdu, 2015).

2.3.4 Ocena kakovosti pregleda literature

Pri kakovosti pregleda literature smo upoštevali hierarhijo dokazov, razdeljeno na 8 nivojev, kot jo navajata Polit in Beck (2022), kar je prikazano v tabeli 2. Za vsebinsko ustreznost in zanesljivost virov smo upoštevali primernost vsebine in dostopnost virov. V končni analizi smo uporabili 14 raziskav, ki smo jih razporedili po nivojih, in sicer:

- nivo 1 je zajemal 6 sistematičnih pregledov literature/metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav,
- nivo 2 je vključeval 4 randomizirane klinične raziskave,
- nivo 3 eno nerandomizirano klinično raziskavo,
- nivojo 4 zajema 2 sistematična pregleda neeksperimentalnih (opazovalnih) raziskav,
- 5 zajema 1 neeksperimentalno (opazovalno) raziskavo,
- nivoji od 6 do 8 niso vsebovali nobenega izmed izbranih člankov.

Tabela 2: Hierarhija dokazov v znanstvenoraziskovalnem delu

Nivo	Hierarhija dokazov	Število vključenih virov
Nivo 1	Sistematični pregledi/ metaanalize randomiziranih kliničnih raziskav	6
Nivo 2	Posamezne randomizirane klinični raziskave	4
Nivo 3	Nerandomizirane klinični raziskave	1
Nivo 4	Sistematični pregledi neeksperimentalnih (opazovalnih) raziskav	2
Nivo 5	Neeksperimentalne/opazovalne raziskave	1
Nivo 6	Sistematični pregledi/metasinteze kvalitativnih raziskav	0
Nivo 7	Kvalitativne opisne raziskave	0
Nivo 8	Neraziskovalni viri (mnenja ...)	0

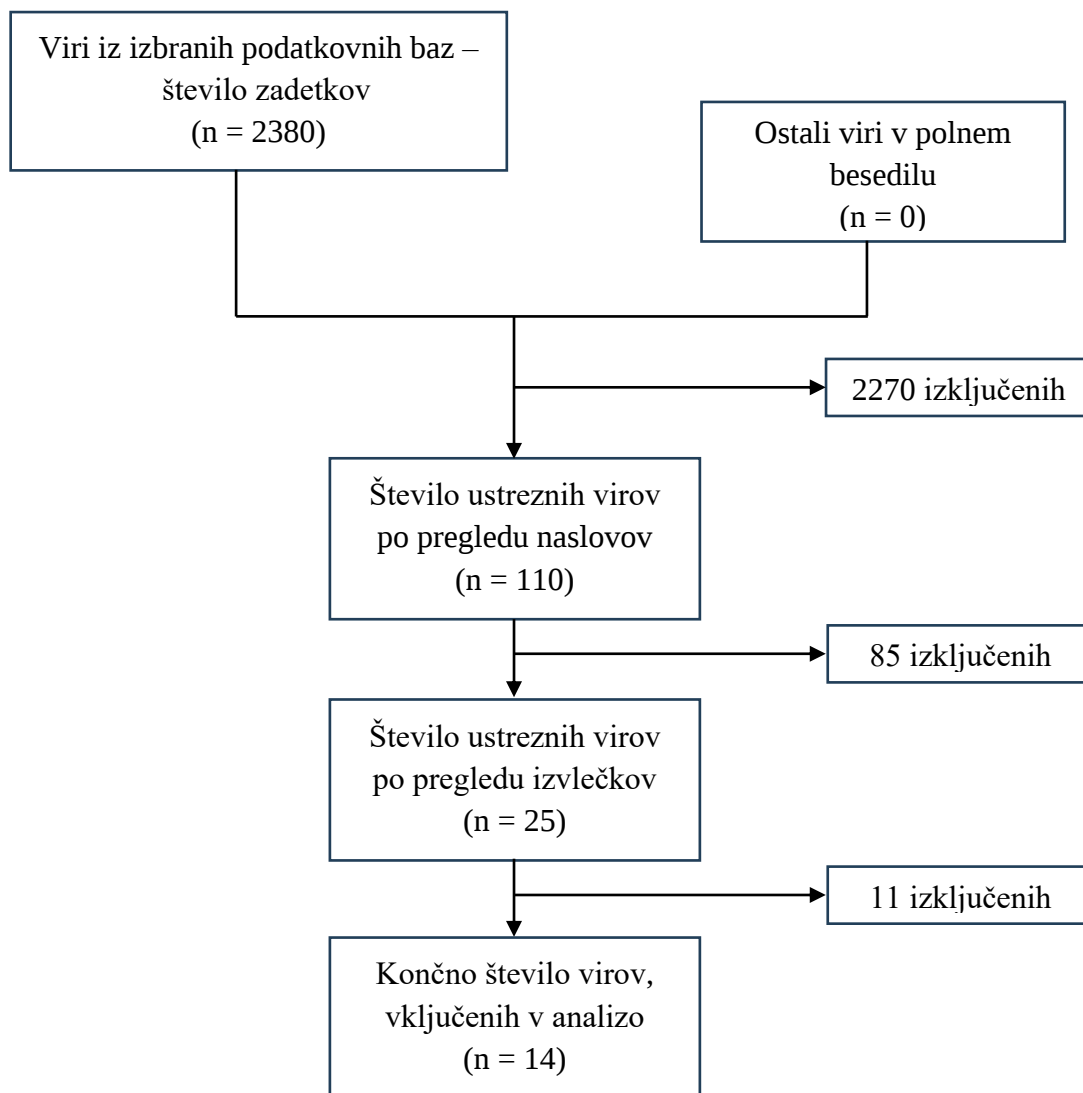
(Polit & Beck, 2022)

2.4 REZULTATI

V nadaljevanju je prikazan potek pridobivanja ustreznih virov s pregledom literature v obliki PRISMA diagrama na sliki 1 (Page, et al., 2021). Rezultati pregleda literature so prikazani na dva načina, v obliki vsebinskega opisa in shematskega prikaza. Ključna spoznanja pregledanih raziskav so zbrana in prikazana v tabeli 3. V tabeli 4 pa sta predstavljeni dve kategoriji z ustreznimi kodami.

2.4.1 PRISMA diagram

Na podlagi vnaprej določenih kriterijev in ključnih besed je začetni nabor zajemal 2380 virov. Po uporabi omejitvenih kriterijev je v ožji izbor pregleda prišlo 110 virov, kar pomeni, da je po analizi naslovov bilo izločenih 2270 znanstvenih raziskav. Sledil je pregled povzetkov, pri čemer smo izločili 85 virov, tako da je za nadaljnjo analizo ostalo 25 raziskav. Med njimi smo v končno analizo vključili 14 raziskav. Celoten postopek smo ponazorili v PRISMA diagramu (slika 1).



Slika 1: PRISMA diagram
(Page, et al., 2021)

2.4.2 Prikaz rezultatov po kodah in kategorijah

V tabeli 3 so prikazana glavna spoznanja avtorjev, ki so vključena v končno analizo. Tabela prikazuje navedene avtorje, leto objave, uporabljeno metodologijo in značilnosti vzorca – velikost in država ter ključna spoznanja raziskovalcev.

Tabela 3: Tabelarični prikaz rezultatov

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
Beard, et al., 2024	Randomizirana kontrolirana raziskava	316 udeležencev s simptomatsko nestabilno in starejšo poškodbo SKV vezi razdeljenih v dve skupini: 1. skupina: 156 udeležencev, razporejenih za kirurško zdravljenje 2. skupina: rehabilitacija 160 udeležencev brez operativnega posega 18-mesečno spremljanje Združeno kraljestvo	Namen avtorjev je bil primerjati uspešnost rehabilitacije po RSKV in rehabilitacije brez operativnega posega. Raziskava je z ocenjevanjem vprašalnikov Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS4) in modificirano Tegnerjevo ter Likertovo lestvico dokazala, da so pacienti v 1. skupini imeli boljše rezultate pri obvladovanju bolečine in otekline, povrnitvi obsega gibanja in mišične moči ter doseganja normalnega vzorca hoje v primerjavi s pacienti iz 2. skupine, kar je bilo razvidno iz vprašalnika KOOS4. Po rekonstrukciji SKV (1. skupina) so pacienti bili v večjem število zadovoljni z fizioterapevtskimi postopki in izidom rehabilitacije kolena v primerjavi s konzervativno skupino. V 2. skupini so rezultati bili slabši zaradi vztrajne nestabilnosti kolena, po poročanju so zaznavali slabšo kakovost življenja v povezavi s kolenom, manjši odstotek pacientov se je vrnilo na isto raven športne dejavnosti in nekateri od njih so kljub zdravljenju na koncu prestali rekonstrukcijo SKV.
Briem, et al., 2025	Kvantitativna raziskava, Sistematični pregled literature	1083 pregledanih virov literature, od tega 17 vključenih v raziskavo spremljanje pacientov prvih 9 mesecev po rekonstrukciji SKV s presadki QT in BPTB rehabilitacija v fazah: - zgodnja faza od 0 do 4 tedne, vaje vsak dan, - intermediarna faza od 4 do 12 tednov, 3x tedensko, - kasnejša faza, nad 3 mesece, 3-krat tedensko z vključenimi vajami v odprti in	Glavni namen avtorjev je bil proučiti že znane rehabilitacijske smernice in prilagoditi potek le-te glede na uporabljeno vrsto presadka. Ugotovili so, da večina rehabilitacijskih smernic po rekonstrukciji SKV ne upošteva vrste odvzetega presadka in njegovega biološkega celjenja. Izpostavljajo, da ima individualiziran rehabilitacijski protokol glede na vrsto presadka pozitiven učinek, saj zmanjša tveganje za zaplete na mestu odvzema. Rezultati pregleda literature so pokazali: - prilagoditev vaj in časovnih okvirjev glede na izbrano vrsto

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		zaprti kinetični verigi, nevromišična vadba za ravnotežje, pliometrična vadba. ZDA	presadka (ST, BPTB ali QT) je učinkovitejša pri preprečevanju zapletov: bolečina in zmanjšana gibljivost, - vaje v odprti in zaprti kinetični verigi (OKC in CKC) so v zgodnji fazi varne, saj na presadek delujejo s primerljivimi silami.
Cristiani, et al., 2021	Randomizirana kontrolirana raziskava	160 pacientov razdeljenih v štiri skupine. V vsaki skupini je bilo 40 udeležencev, ki so se razlikovali po vrsti presadka in rehabilitacije. Trajanje programa: 24 mesecev (predoperativno in postoperativno obdobje) Švedska	Namen raziskave je bil oceniti uspešnost pospešene rehabilitacije in analizirati dolgoročno funkcijo kolena glede na izbrano vrsto presadka. Z uporabo izokinetičnih meritev, testa skoka na eni nogi in indeksa simetrije okončin (LSI) so ugotovili, da operirana noga po 24 mesecih rehabilitacije ne doseže popolne simetrije z drugo, neoperirano nogo. Raziskava je pokazala, da pospešena rehabilitacija z uvedbo vaj v odprti kinetični verigi 4. teden namesto 3. mesec po posegu ni bila bolj ali manj učinkovita pri končnem izidu okrevanja. Izpostavljena je razlika med izbiro presadka, saj je ugotovljena večja šibkost mišic na mestu odvzema nekaterih presadkov. Raziskovalci so ugotovili, da je šibkost m. quadricepsa pri BPTB presadku izrazitejša v prvem letu. HT presadek lahko povzroči dolgotrajno šibkost hamstringov, tudi po 2 letih. Raziskovalci menijo, da bi bilo treba izboljšati rehabilitacijske protokole z individualiziranim pristopom in nameniti več časa vadbi za moč.
Culvenor, et al., 2022	Sistematičen pregled in metaanaliza	Vključenih 22 sistematičnih pregledov (z metaanalizo in brez nje), ki so zajemali 142 kliničnih testiranj, večinoma moških. Ocenjevali so 12 različnih vrst rehabilitacijskih intervencij. Povprečna starost: nad 30 let. Avstralija	Avtorji so izvedli sistematičen pregled literature 22 raziskav, ki so zajemale skupaj 142 posameznih kliničnih raziskav s področja rehabilitacije po rekonstrukciji SKV. Namen je bil ugotoviti učinkovite metode rehabilitacije, ki so varne in uspešne pri poteku rehabilitacije SKV. Ugotovili so, da nevromišična elektrostimulacija bistveno pripomore pri izboljšanju mišične moči m. quadricepsa v začetni fazi

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
			rehabilitacije, da so vaje v odprti in zaprti kinetični verigi podobne v uspešnosti in se med seboj ne razlikujejo, rehabilitacija na domu z občasnim nadzorom fizioterapevta (okoli 10 obiskov) pa se je izkazala za enako učinkovito kot strukturirana rehabilitacija, vodena v živo, ki obsega več kot 14 fizioterapevtskih obravnav. V obeh primerih se je opazoval obseg gibljivosti kolena, moč kvadricepsa in hamstringov do 2 leti po operaciji. Poudarek je tudi na fizioterapiji pred operacijo, saj lahko 3 do 6 tednov vadbe za moč, ravnotežje in propriocepcijo pred operacijo izboljša rezultate in subjektivno oceno stabilnosti kolena 3 mesece po operaciji.
Ebert, et al., 2024	Randomizirana kontrolirana raziskava	116 pacientov, razdeljenih v dve skupini: – 57 pacientov s presadkom QT, – 59 pacientov s presadkom HT. Vsi pacienti so sledili enakemu protokolu, ne glede na presadek, so imeli redna testiranja: izokinetična meritev mišične moči, test skokov, merjenje stabilnosti kolena in izpolnjevanje vprašalnikov (IKDC, Lysholmova lestvica, SKV-RSI) Avstralija	Namen raziskovalcev v tej študiji je bil primerjati klinične izide pacientov s presadkom QT in tiste, ki so imeli presadek HT. Obe skupini sta imeli enakovredne končne izide presadkov v stabilnosti in funkcionalnosti operiranega kolena. Raziskovalci niso ugotovili razlik pri ohlapnosti kolena in ponovnih poškodb, ne glede na vrsto presadka. Glavna razlika se je pojavila pri primanjkljaju mišične moči na mestu odvzetega presadka: skupina s presadkom iz QT je izkazovala večjo šibkost mišične moči na tem delu, vendar je skupina s presadkom HT kazala na dolgotrajnejšo šibkost mišic. Ugotovljeno je tudi, da so v skupini s presadkom tetive kvadricepsa imeli večjo psihološko pripravljenost za vrnitev v šport. Končni rezultat je, da sta oba grafta enako primerna, vendar zahtevata prilagojeno rehabilitacijo na vrsto izbranega presadka in posledično oslABLjeno mišično skupino.
Horstmann, et al., 2022	Randomizirana kontrolirana raziskava	84 pacientov po rekonstrukciji SKV, razdeljenih v dve skupini:	Raziskava je bila izvedena z namenom, da primerja presadek QT in presadek HT v stabilnosti, moči ter funkciji kolena pred operativnim posegom in 6, 12 ter

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		- 42 pacientov v skupini s presadkom QT, - 42 pacientov v skupini s presadkom HT. Povprečna starost: med 25 in 30 let Nemčija	24 mesecev po operaciji. Za objektivno zbiranje podatkov so uporabili izokinetični dinamometer, napravo KT-1000 in subjektivne vprašalnike (Lysholm, Tegnerjeva, VAS in IKDC lestvica). Končna analiza ni pokazala večjih razlik med skupinama v stabilnosti kolenskega sklepa in subjektivni oceni pacientov. V obeh skupinah so zasledili minimalna odstopanja pri primanjkljaju moči in pojavnosti bolečine na mestu odvzetega presadka, kar pomeni, da ni bilo videti večjih razlik med presadkoma in oba avtologna grafta sta se dokazala kot enako dobra izbira za uspešno rehabilitacijo kolena po rekonstrukciji SKV.
Kaya, et al., 2019	Sistematichen pregled literature z metaanalizo	57 moških po rekonstrukciji SKV s presadkom tetive tibialne mišice, razdeljenih v dve skupini: 1. skupina s standardnim rehabilitacijskim programom in vključenimi vajami za nevro-mišični motorični nadzor 2. skupina samo standardni rehabilitacijski program Spremljanje v 6. tednu, 3. in 6. mesecu, po enem in dveh letih Turčija	Namen raziskovalcev je bil dokazati pomembnost nevro-mišičnih vaj za izboljšavo motoričnega nadzora in zmanjšanja asimetrije v mišični moči med obema nogama. Po dveletnem spremljanju in pridobivanju podatkov z Biodexom, propriocepcijo, hop testom – enonožni skok in kliničnimi testi stabilnosti so avtorji ugotovili, da je program z vključenimi nevro-mišičnimi vajami in nadzorom bolj učinkovit pri zmanjševanju razlik v moči. Standardni rehabilitacijski program, ki zajema parametre, kot so vadbe za pridobitev ekstenzije kolena, povrnitev polnega obsega giba (ROM), propriocepcija, krepitev m. quadricepsa in hamstringov ter hitra vrnitev k običajnim dejavnostim vsakdanjega življenja in športu, se je pokazal kot dober, pri zmanjševanju razlik v vzdržljivosti med operiranim in neoperiranim kolenom. Študija ugotavlja, da je vključitev nevro-mišičnih vaj ključna pri izboljšanju propriocepcije kolena med rehabilitacijo.
Meena, et al., 2023a	Sistematichen pregled literature z metaanalizo	7 študij, vključenih v sistematičen pregled in	Raziskovalci so zbirali podatke o stopnji odpovedi, ohlapnosti določenega presadka z več

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		3 raziskave, vključene v metaanalizo 420 pacientov od tega: 277 pacientov z QT presadkom in 143 pacientov z HT presadkom V obeh skupinah so imeli pacienti revizijsko RSKV. Povprečna starost je 28 let. Avstrija	tedenskim programom z namenom, da bi zbrali in analizirali podatke o stopnji odpovedi ter ohlapnosti presadka pri revizijskih RSKV. Pacienti so bili deležni standardnega rehabilitacijskega programa, vaj za propriocepcijo, stoje na eni nogi, izpadnih korakov, stopanja na stopnico, enonožnih in sumo počepov. Izvajali so klinične teste stabilnosti kolena pacientov: pivot shift, anterior drawer in valgus stress. Po dveh letih so avtorji ugotovili, da ne obstajajo statistično značilne razlike med presadkoma. QT presadek je varna izbira za revizijski operativni poseg, saj na vseh področjih metod ni imel večjih odstopanj. Na podlagi trenutnih zbranih podatkov niso ugotovili, da je eden od presadkov bolj nagnjen k pretrganju, vendar se kvadriceps graft še vedno pokaže kot bolj zanesljiva izbira pri revizijskih posegih SKV.
Meena, et al., 2023b	Kvantitativna raziskava, sistematični pregled literature	11 raziskav, 1116 pacientov po rekonstrukciji SKV s presadki, razdeljeni v tri skupine glede na tip uporabljenega presadka: - 338 pacientov s QT - 388 pacientov s HT - 390 pacientov z BPTB (pogačična tetiva) Avstrija	Pregled literature je bil izveden z namenom, da raziskovalci z IKDC (International Knee Documentation Committee) vprašalnikom o bolečini in Lysholmovo ter Tegnerjevo lestvico pridobijo subjektivno oceno pacientov. Z rednimi meritvami vzdržljivosti presadka so prišli do ugotovitve, da so pri vseh treh graftih funkcionalni rezultati podobni. Glavna razlika med presadki je večja nagnjenost odpovedi presadka HT kar v 19,2 % v primerjavi s presadkom QT in presadkom BPTB, ki imata 10% nagnjenost. Avtorji zaključujejo, da izbira vseh treh presadkov vodi do dobrih funkcionalnih rezultatov, vendar je možnost za odpoved presadka pri tetivi zadnjih stegenskih mišic večja.
Pang, et al., 2026	sistematični pregled randomiziranih kontrolnih raziskav	17 kliničnih študij 878 pacientov z avtolognimi grafti (HT, QT, PT), alografti in sintetičnimi grafti	Raziskovalci so opazovali in analizirali proces celjenja in ligamentizacijo rekonstrukcije SKV z različnimi grafti (avtografiti, alografti in sintetični materiali) v obdobju dveh let, da

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		Spremljanje biološkega dozorevanja in proces ligamentizacije različnih vrst presadkov v treh fazah: faza celjenja, preoblikovanja in faza dozorevanja. Trajanje: 6 mesecev do 2 leti, s kontrastno magnetno resonanco in biopsijo presadka Kitajska	bi prišli do ugotovitev s spremljanjem celjenja na več načinov: kontrastna magnetna resonanca, artroskopija, histološka biopsija. Rezultati so pokazali, da se presadki QT, presadki HT z ohranjenim pritrdilnim delom celijo hitreje in so bolj učinkoviti kot alografti in sintetični materiali. Izbiro grafta in rehabilitacijo je potrebno prilagoditi posamezniku in dinamiki biološkega dozorevanja tkiva, saj proces ligamentizacije traja več kot dve leti in je pomemben dejavnik za varno vrnitev v šport.
Papaleontiou, et al., 2024	Sistematični pregled randomiziranih kontrolnih raziskav	5 raziskav, 462 pacientov Pacienti, razdeljeni v dve skupini: - operativno zdravljenje, rekonstrukcija SKV; - konzervativno zdravljenje; strukturirana rehabilitacija Ciper	Avtorji so s sistematičnim pregledom želeli pridobiti podatke o kakovosti življenja pacientov, ki so imeli RSKV in pacientov, ki so se rehabilitirali brez RSKV. Po izvedeni primerjalni analizi med rekonstrukcijo SKV in konzervativnim zdravljenjem so prišli do ugotovitev s pomočjo subjektivne ocene z vprašalniki IKDC (merjenje funkcije, dejavnosti, nestabilnosti in togost) in KOOS (merjenje bolečine in funkcije v vsakdanjem življenju) ter z objektivnim vrednotenjem v dveh letih. V skupini konzervativnega zdravljenja so izvajali progresivno fizioterapijo, krepitev mišic stabilizatorjev – m. quadriceps, hamstring in propriocepcijo, medtem ko so v drugi skupini prestali rekonstrukcijo SKV in postoperativni protokol. Po primerjavi so prišli do zaključka, da operativni poseg nudi statistično značilno višjo mehansko stabilnost sklepa, vendar dolgoročno med obema oblikama zdravljenja ni bistvenih odstopanj v kakovosti življenja pacientov ali funkcionalni sposobnosti kolena.
Samuelsen, et al., 2017	Metaanaliza randomiziranih kontrolnih raziskav	19 randomiziranih kontrolnih raziskav 1512 pacientov z rekonstrukcijo SKV	Opazovali so izide dveh tehnik rekonstrukcije SKV: presadek BPTB in presadek HT z namenom, da primerjajo stopnjo ponovnih ruptur in mehansko

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		Ocena splošne funkcije kolena (IKDC), ocena stabilnosti in bolečine (Lysholmova lestvica), ugotavljanje stopnje vrnitve k športnim dejavnostim pred poškodbo in po njej (Tegnerjeva lestvica), natančno merjenje možnega pomika golenice (KT-1000), klinični preizkus rotacijske stabilnosti kolena (pivot-shift test). ZDA	stabilnost kolena med dvema najpogostejšima tehnikama. Do ugotovitev so prišli s sistematično analizo stopnje ponovnih ruptur in merjenjem mehanske laksnosti sklepa. Rezultati so pokazali, da uporaba mišične skupine – hamstring prinaša statistično značilno večje tveganje za odpoved presadka, medtem ko so razlike v laksnosti in funkcionalnih izidih med obema metodama ostale minimalne. Končne ugotovitve kažejo, da sta oba pristopa rekonstrukcije SKV primerna.
Sheenam, et al., 2025	Neeksperimentalna raziskava	98 pacientov kombinacija subjektivnih vprašalnikov (IKDC, Lysholm, Tegner), ultrazvočnega merjenja debeline mišic in površinske elektromiografije (EMG) za oceno aktivacije mišic trimesečni program rehabilitacije po rekonstrukciji SKV Indija	Namen raziskave je bil ugotoviti povezavo med subjektivnim zmanjšanjem bolečine ter dejansko obnovo mišične mase in nevromišične kontrole v času trimesečnega programoma rehabilitacije, zato so pacienti v tem obdobju redno izvajali vaje za moč in stabilnost ter izpolnjevali standardizirane vprašalnike o svoji telesni dejavnosti in funkciji kolena (Tegner, IKDC in Lysholm). Z ultrazvočnimi meritvami in s testi elektromiografije (EMG), s katerimi so natančno spremljali aktivacijo stegenskih mišic med krčenjem, so prišli do spoznanja, da zmanjšanje bolečine ni dovolj za popolno okrevanje, temveč tudi nujna rehabilitacija v začetni fazi okrevanja, usmerjena v obnovo nevromišične kontrole in mišične mase.
White, et al., 2025	Sistematičen pregled literature z metaanalizo	12 randomiziranih kontrolnih raziskav s 636 pacienti: 19 s presadkom QT, 262 s presadkom HT in 55 s kito pogačice s kostnima blokoma (BPTB). 12 do 14 mesecev spremljanja po operaciji. Primerjava treh vrst tkiv: presadek QT, HT in BPTB.	Raziskovalce je zanimala učinkovitost in uspešnost pri izbiri treh različnih avtolognih graftov. Metaanaliza je primerjala presadek QT, HT in BPTB med rehabilitacijo in ugotovila, da med njimi ni bilo bistvenih razlik pri stabilnosti kolena ali uspešnosti delovanja nove vezi. Verjetnost, da se nova vez ponovno pretrga oziroma presadek odpove, je bila pri vseh treh tehnikah primerljiva.

Avtor in leto objave	Raziskovalna metodologija	Vzorec (velikost in država)	Ključna spoznanja
		Avstralija	Stabilnost in ohlapnost kolena med kito QT ter kito HT ali BPTB je bila pri vseh presadkih podobna. Pri funkcionalnih izidih so imeli pacienti s kito kvadricepsa boljšo moč zadnje lože, medtem ko so pri presadku zadnje lože ohranili boljšo moč m. quadricepsa v prvem letu po operaciji.

Legenda: Tegner Lysholmova lestvica - ocena stopnje nestabilnosti kolena, VAS – vizualna analogna skala, Biodex – izokinetična dinamometrija, KT-1000 – artrometer za merjenje stabilnosti kolena, IKDC – mednarodni subjektivni vprašalnik za oceno bolečine in otekline kolena,, ACL-RSI (Anterior Cruciate Ligament Return to Sport after Injury) – vprašalna lestvica za ocenjevanje psihološke pripravljenosti

V tabeli 4 smo vire, vključene v končno analizo, kodirali in razvrstili v dve kategoriji. Skupno smo oblikovali 30 kod, ki smo jih vsebinsko razporedili glede na značilnosti v kategoriji:

K1: učinki izbire avtolognega grafta na napredek in izid rehabilitacije,

K2: ocenjevalne lestvice, testi za merjenje napredka in kakovosti funkcije kolena.

Tabela 4: Razporeditev kod po kategorijah

Kategorija	Kode	Avtorji
Učinki izbire avtolognega grafta na napredek in izid rehabilitacije	QT graft – HT graft – BPTB graft – imobilizacija – delno obremenjevanje – polno obremenjevanje – aktivacija kvadricepsa – krepitev hamstringov – ekscentrični trening mišic – hoja po stopnicah – korekcija hoje – vadba v OKV in ZKV – proprioceptivna vadba – sonožni poskok – pliometrija – ligamentizacija presadka – zrelost grafta – izokinetično merjenje moči Število kod: 18	Beard, et al., 2024; Briem, et al., 2025; Cristiani, et al., 2021; Culvenor, et al., 2022; Ebert, et al., 2024; Horstmann, et al., 2022; Kaya, et al., 2019; Meena, et al., 2023a; Meena, et al., 2023b; Pang, et al., 2026; Papaleontiou, et al., 2024; Sheenam, et al., 2025; White, et al., 2025.
Ocenjevalne lestvice in testi za merjenje napredka ter kakovosti funkcije kolena	Tegnerjeva lestvica – Lysholmova lestvica – VAS, Biodex – KT-1000 artrometer – IKDC – SKV RSI – KOOS4 lestvica – LSI – Pivot shift test – ocena ROM – merjenje obsega udov Število kod: 12	Beard, et al., 2024; Briem, et al., 2025; Cristiani, et al., 2021; Culvenor, et al., 2022; Ebert, et al., 2024; Horstmann, et al., 2022; Kaya, et al., 2019; Meena, et al., 2023a; Meena, et al., 2023b;

Kategorija	Kode	Avtorji
		Pang, et al., 2026; Papaleontiou, et al., 2024; Sheenam, et al., 2025; White, et al., 2025.

Legenda: Tegner Lysholmova lestvica – ocena stopnje nestabilnosti kolena, VAS – vizualna analogna skala, Biodex – izokinetična dinamometrija, KT-1000 – artrometer za merjenje stabilnosti kolena, IKDC – mednarodni subjektivni vprašalnik za oceno bolečine in otekline kolena, ACL-RSI (Anterior Cruciate Ligament Return to Sport after Injury) – vprašalna lestvica za ocenjevanje psihološke pripravljenosti, KOOS4 vprašalnik za oceno bolečine, simptomov, funkcije pri telesnih dejavnosti in kakovosti življenja, pivot shift – klinični test za rotacijsko nestabilnost kolena

2.5 RAZPRAVA

Namen diplomskega dela je bil s pregledom literature preveriti in ugotoviti učinkovitost rehabilitacije na končne izide po rekonstrukciji SKV in proučiti učinek rehabilitacije pri različnih vrstah avtolognih graftov. Z analizo pregledane literature smo dosegli namen, saj raziskave prikazujejo celovit proces in izid rehabilitacije glede na posamezno vrsto izbranega in uporabljenega presadka. Z dobljenimi rezultati smo si odgovorili na raziskovalni vprašanji: *Kako rehabilitacija učinkuje na funkcionalne izide po rekonstrukciji sprednje križne vezi? Kakšen je učinek rehabilitacije po rekonstrukciji sprednje križne vezi pri uporabi različnih avtolognih graftov?* Na podlagi zbranih podatkov smo ugotovili, da strukturirana rehabilitacija odločilno izboljša končne izide, ne glede na vrsto uporabljenega presadka, ki je lahko tetiva kvadricepsa, zadnje lože ali pogačice. Spoznanja temeljijo na dveh vsebinskih kategorijah, ki se opirata na analizo učinkovitosti izbire avtolognega grafta na napredek rehabilitacije in ocenjevalne lestvice ter teste za merjenje napredka in kakovosti funkcije kolena. Analiza razkriva, da so končni izidi rehabilitacije z različno izbiro presadka med seboj primerljivi, vendar je kljub uspešnosti priporočljiva individualna obravnava posameznega primera. Faze rehabilitacije, ki vključujejo proprioceptivno vadbo, pliometrijo in sonožne poskoke, so se izkazale kot dober način za korekcijo vzorca hoje in varni vrnitvi k vsakodnevnim in športnim dejavnostim. Med potekom rehabilitacije je potrebno objektivno spremljanje napredka s pomočjo številnih merskih orodij v obliki testov, vprašalnikov in lestvic. Ta prispevajo k natančnemu in doslednemu beleženju napredka, ki jih prinese strukturirana terapevtska vadba, in tako pripomorejo k zanesljivosti rezultatov. Vse skupaj potrjuje pomembno vlogo rehabilitacije, ki je ključ do uspeha ne glede na izbiro presadka. Ugotovili smo, da rehabilitacijski protokoli, smernice in priporočila za individualiziran

pristop glede na vrsto avtolognega grafta niso poenoteni, a so kljub temu vse uporabljene metode, tehnike in postopki rehabilitacije učinkoviti.

Izbira med kirurškim posegom rekonstrukcije SKV in konzervativnim zdravljenjem ostaja osrednji predmet razprav, pri čemer ključni dokazi govorijo v prid operativnemu posegu pri aktivnejših pacientih oziroma tistih s kroničnimi težavami. Papaleontiou, et al. (2024) ugotavljajo, da je rekonstrukcija SKV bistveno bolj koristna za paciente z višjo stopnjo telesne dejavnosti oziroma pri aktivnih športnikih, starih predvsem med 30 in 50 let, saj jim rekonstrukcija SKV uspešno povrne rotacijsko stabilnost kolena, kar dolgoročno vodi do večjega zadovoljstva, medtem ko pri konzervativnem zdravljenju ta ocena sčasoma močno upade. Avtorji sicer izpostavljajo, da ima fizioterapija brez operativnega posega prednosti v začetni fazi rehabilitacije, saj pacienti hitro napredujejo pri povrnitvi mišične moči in obsegu gibanja. Kljub temu pa opozarjajo, da je več kot polovica pacientov v skupini brez rekonstrukcije SKV morala kasneje zaradi nestabilnosti kolena opraviti operacijo. Kirurški pristop je zato z biološkega in mehanskega vidika utemeljen, saj omogoča varno vrnitev k športu in zmanjšuje tveganje za sekundarne poškodbe ostalih tkiv.

Do zelo podobnih zaključkov glede pristopa pacientov med skupinama prihajajo Beard, et al. (2024) v randomizirani raziskavi, kjer ugotavljajo, da pri pacientih s kronično nestabilnostjo in klecanjem kolena rekonstrukcija prinaša klinično boljše rezultate kot konzervativna rehabilitacija. Po dveh letih so operirani pacienti poročali o znatno boljši funkciji kolena, stabilnosti in splošnem zadovoljstvu. Beard, et al. (2024) izpostavljajo podatek, da se je manj kot polovica pacientov, ki so bili konzervativno zdravljeni, odločilo za odloženo operacijo zaradi ponavljajočih se nestabilnosti v kolenu. Iz ekonomskega vidika je bilo razvidno, da je operativni poseg dolgoročno stroškovno učinkovitejši zaradi hitrejše vrnitve k dejavnostim in manjše potrebe po kasnejši oskrbi. Beard, et al. (2024) in Papaleontiou, et al. (2024) zaključujejo, da je konzervativni pristop smiseln le kot prva izbira pri svežih, akutnih poškodbah, medtem ko je pri kroničnih poškodbah bolj zanesljiva rekonstrukcija SKV.

Pomemben pokazatelj uspešnosti končnega izida rehabilitacije po rekonstrukciji SKV je natančno razumevanje bioloških procesov, ki potekajo znotraj vgrajenega tkiva oziroma

nove vezi. Vprašanje časovnega okvira celjenja in zorenja presadka se pogosto izpostavlja kot primarni dejavnik pri načrtovanju varne progresije obremenitev. Ugotovitve avtorjev Pang, et al. (2026) potrjujejo, da proces ligamentizacije ter biološkega celjenja različnih vrst avtolognih presadkov predstavlja kritično biološko časovno okno, ki zahteva dve leti ali več. Pang, et al. (2026) izpostavljajo, da ima proces zorenja jasne časovne zakonitosti, pri čemer pa se pojavljajo pomembne strukturne razlike med posameznimi vrstami tkiv. Medtem ko neposredna primerjava med presadkom HT in BPTB ne kaže izrazitih razlik v hitrosti celjenja, pa v sodobnih kirurških pristopih močno izstopajo novejši avtologne alternative. Pang, et al. (2026) dokazujejo, da avtopresadki QT, zlasti s kostnim blokom ter avtologni presadki zadnje lože z ohranjenim goleničnim narastiščem, dozoriijo bistveno prej kot klasični prosti presadki. Pri tetivi kvadricepsa avtorji ugotavljajo, da se že po dvanajstih mesecih intenzivnost signala na magnetni resonanci izrazito zniža, kar nakazuje na hitrejšo strukturno zrelost in potrjuje hitrejše biološko zorenje, kar omogoča razvoj bolj individualiziranih protokolov, ki aktivnim pacientom ponujajo možnost za zgodnejšo in varnejšo vrnitev k športu. V ospredju je pravilno odmerjanje pooperativnih obremenitev in določanje pravega trenutka za vrnitev k športnim dejavnostim, ki neposredno zmanjša tveganje za biološko odpoved rekonstrukcije vezi.

Raziskovalci White, et al. (2025) so primerjali učinkovitost presadka QT z metodama HT ali BPTB. Ugotovili so, da nova tehnika s tetivo kvadricepsa prinaša povsem primerljive klinične rezultate kot drugi pristopi. Stopnja neuspeha operacije oziroma ponovnega trganja vezi je namreč pri vseh treh skupinah skoraj identična. Kljub temu opozarjajo, da je podatke v literaturi težko natančno primerjati, saj so v raziskavah uporabljeni različni izrazi za neuspeh operacije. Čeprav so med presadki opažene razlike v trdnosti in elastičnosti, pa testi stabilnosti z napravami in manualnimi testi kažejo, da je koleno po operaciji enako stabilno ne glede na to, katera vez je bila uporabljena. Ključna ugotovitev, ki so jo raziskali, se nanaša na izrazite razlike v intenzivnosti bolečine na mestu odvzema tkiva. Avtorji ugotavljajo, da uporaba presadka QT znatno zmanjša pooperativno bolečino v primerjavi s presadkom pogačice, ki pri pacientih pogosto povzroča dolgotrajne težave in nelagodje pri gibih fleksije. Kljub začetnim razlikam v zgodnji fazi rehabilitacije pa so končne ugotovitve po dveh letih pokazale enako stopnjo zadovoljstva in uspešno vrnitev k športnim dejavnostim ne glede na izbrani tip presadka. Za dober

končni izid rehabilitacije avtorji priporočajo individualno prilagojeno fizioterapevtsko obravnavo, kar sovпада z ugotovitvami avtorjev Kaya, et al. (2019) in Sheenam, et al. (2025), ki prav tako poudarjajo pomen prilagojenosti rehabilitacije.

Na vprašanje, kateri od dveh najpogostejših presadkov predstavlja večje tveganje za ponovno pretrganje vezi in kateri po operaciji zagotavlja boljšo stabilnost kolena, so avtorji Samuelsen, et al. (2017) z metaanalizo, ki je vključevala 47.000 pacientov, prišli do spoznanja, da imajo pacienti s presadkom HT malenkost višjo stopnjo odpovedi in ponovnega strganja vezi (2,84 %) v primerjavi s tistimi, ki so za novo vez prejeli tetivo pogačice (2,80 %). Vendar pa poudarjajo, da je ta razlika v klinični praksi izjemno majhna. Pri pacientih, kjer je presadek uspešno preстал obdobje okrevanja, pa testi ohlapnosti kolena niso pokazali nobenih razlik v stabilnosti sklepa. Obe tehniki koleno stabilizirata enako dobro, kar avtorji pripisujejo predvsem sodobnejšim in natančnejšim kirurškim tehnikam fiksacije vezi. Končni zaključek Samuelsen, et al. (2017) je, da sta oba presadka varna in povsem izvedljiva možnost za rekonstrukcijo SKV.

Do identičnih zaključkov o dobri uspešnosti presadka QT pri primarni rekonstrukciji SKV so prišli tudi avtorji raziskav, ki sta jih izvedla Horstmann s sodelavci (2022) ter Ebert, et al. (2024), vsebinsko in ciljno povsem pa sta si povsem vzporedni. Avtorji so v svojih randomiziranih kontroliranih študijah neposredno primerjali QT in HT presadke v obdobju 24 mesecev po operaciji in prišli do ugotovitve, da med obema pristopoma ni pomembnih razlik v pasivni, anteroposteriorni ali rotacijski stabilnosti kolena ter v subjektivnem pogledu operiranih pacientov (Horstmann, et al., 2022; Ebert, et al., 2024). Horstmann, et al. (2022) stabilnost presadka po rekonstrukciji in odsotnost dolgoročne ohlapnosti potrjujejo z natančnimi meritvami artrometra KT-1000, kot pri avtorju Ebert, et al. (2024), ki ugotavljajo, da sta si presadka po stabilnosti povsem enakovredna. Stopnja ponovnih ruptur v primarnih študijah ostaja skladna in znaša 9,8 %, pri čemer Horstmann, et al. (2022) opozarjajo, da je povišana težnja k rupturam v določenih centrih neposredno povezana s prehitro rehabilitacijo in prezgodnjo vrnitvijo posameznikov v športno dejavnost ali šport ob še nezadostni mišični pripravljenosti.

Pri ocenjevanju klinične in funkcionalne uspešnosti presadkov v ponovni rekonstrukciji SKV se avtorji soočajo z enakimi izzivi in prihajajo do zelo usklajenih ugotovitev.

Sekundarni posegi namreč postajajo velik klinični izziv, saj se kirurgi pogosto soočajo s pomanjkanjem razpoložljivih avtolognih tkiv, ker so bile tetive zadnje lože ali pogačična vez praviloma izkoriščene že pri prvi operaciji (Meena, et al., 2023a). V tem kontekstu Meena, et al. (2023a) v krajši klinični študiji izpostavijo, da je tetiva QT odlična in varna alternativa, saj ponuja večji prečni prerez, visoko biomehansko trdnost in minimalno bolečino na sprednji strani kolena, s čimer se strinjajo tudi v obsežni metaanalizi avtorjev Meena, et al. (2023b). Obe raziskavi avtorjev Meena, et al. (2023a), Meena, et al. (2023b) sta si enotni v cilju, in sicer oceniti uspešnost QT presadka. Obe ugotavljata, da so funkcionalni rezultati, o katerih poročajo bolniki preko subjektivnih ocenjevalnih vprašalnikov (IKDC), Lysholmova lestvica in Tegnerjeva lestvica dejavnosti, ter objektivne meritve ohlapnosti sklepa, med vsemi skupinami primerljivi in po dveh letih ne kažejo statistično pomembnih razlik, kar pacientom omogoča vrnitev na raven dejavnosti pred poškodbo. Kljub splošni funkcionalni podobnosti pa klinični podatki v obeh analizah razkrivajo enak, klinično pomemben negativen trend pri tetivi zadnje lože. Stopnja ponovnega pretrganja pri avtolognemu presadku zadnje lože je izjemno visoka in se pojavlja pri skoraj vsakem petem pacientu, medtem ko stopnja odpovedi pri tetivi kvadricepsa v obeh analizah ostaja opazno nižja in stabilna pri slabih desetih procentih, kar se kaže pri enem od deset pacientov. Rezultat pri skupini s tetivo zadnje lože Meena, et al. (2023a) pripisujejo manjšemu premeru, ki dokazano poveča tveganje za rupturo, medtem ko kvadriceps in pogačična vez ponujata naravno večjo biomehansko moč. Ta biomehanska prednost se odraža tudi v ugotovitvi metaanalize Meena, et al. (2023b), kjer je tetiva QT pokazala boljšo rotacijsko stabilnost kolena pri rotacijskem pivot shift testu.

Izbira vrste in lokacije odvzema tkiva neposredno deluje na specifične pooperativne primanjkljaje v mišični moči, kar v svojih raziskavah skladno ugotavljajo Cristiani, et al. (2021), Ebert, et al. (2024) in Horstmann, et al. (2022). Čeprav so se rezultati vprašalnikov (IKDC, Lysholm) in stopnja bolečine v raziskavi avtorjev Sheenam, et al., 2025, med rehabilitacijo znatno izboljšali, so objektivne meritve pokazale, da je mišična zmogljivost slabša. Avtorji opozarjajo, da zmanjšanje bolečine in boljša gibljivost nista zadostna kazalnika za uspešno okrevanje, ker s tem prikrijeta primanjkljaje na področju mišične zmogljivosti. Z uporabo diagnostičnega ultrazvoka so raziskovalci potrdili, da se debelina m. quadricepsa po operaciji zmanjša in se v prvih treh mesecih ne povrne na

želeno raven. Meritve s površinsko elektromiografijo so razkrile znatno zmanjšano aktivacijo mišičnih vlaken, kar pomeni, da stabilnost kolena ni optimalna. Elektromiografija se v študiji izpostavlja kot ključno orodje, saj omogoča identifikacijo specifičnih mišic, ki potrebujejo dodatno ciljno vadbo. Avtorji so zaključili, da je za preprečevanje dolgoročnih primanjkljajev in ponovnih poškodb nujen prilagojen rehabilitacijski program z zgodnjo in intenzivno aktivacijo mišic (zlasti m. quadriceps), obnovo nevromišične kontrole in propiocepcije. Spoznanja o atrofiji m. quadricepsa, ki jih navajajo Sheenam, et al. (2025), jasno kažejo, da sam čas, pretekli prve tri mesece od operacije, ni pravi pokazatelj pripravljenosti in ne odraža dejanske pripravljenosti mišično-skeletnega aparata. V obeh raziskavah, tako pri avtorjih Kaya, et al. (2019) in Sheenam, et al. (2025), je poudarjen kritičen pomen do prilagojenih rehabilitacijskih programov po rekonstrukciji SKV.

Pri presadkih, kjer je odvzemno mesto na sprednji strani kolena, prihaja do začetnih težav pri ekstenziji kolena. Avtorji Cristiani, et al. (2021) ugotavljajo, da pacienti z vgrajenim patelarnim presadkom vezi izkazujejo značilno slabšo moč m. quadricepsa in slabšo učinkovitost pri testu poskoka z eno nogo (SLH) v zgodnjih pooperativnih obdobjih, in sicer pri štirih, šestih, osmih in dvanajstih mesecih. Do istih rezultatov so prišli tudi avtorji Ebert, et al. (2024), ki ugotavljajo, da skupina s tetivo QT kaže podobne deficite v moči ekstenzorjev in slabše rezultate pri testu skoka v časovnem obdobju enega leta. Vendar pa je potrebno poudariti, da je dinamika okrevanja pri kvadricepsu ugodnejša, saj Horstmann, et al. (2022) dokazujejo, da se ta začetni primanjkljaj pri ekstenziji v skupini QT proti koncu dvoletnega obdobja skoraj povsem izravna in ne pušča trajnih posledic na moči, hkrati pa ta tehnika po ugotovitvah Meene et al. (2022) zagotavlja znatno manj pooperativne bolečine (ocena VAL – vizualna analogna lestvica, za prikaz stopnje bolečine od 0 do 10) na sprednji strani kolena. Povsem nasproten, a med seboj zrcalno identičen vzorec okrevanja so Ebert, et al. (2024) in Cristiani, et al. (2021) zaznali pri skupini s presadkom tetive HT. Avtorji neodvisno ugotavljajo, da pacienti v skupini HT kažejo vztrajno, dolgotrajno in izrazito slabšo moč fleksorjev kolena tudi po štiriindvajsetih mesecih, kjer je rehabilitacija že končana. Cristiani, et al. (2021) opozarjajo, da je ta dolgotrajni primanjkljaj moči zadnje lože klinično zaskrbljujoč, saj te mišice delujejo kot ključni agonisti SKV in ščitijo koleno pred poškodbo, njihova

dolgotrajna šibkost pa se neposredno povezuje z višjo stopnjo ponovnih ruptur, ki sta jo zaznala že Meena, et al. (2023a) in Meena, et al. (2023b). Cristiani, et al. (2021) ob tem dodajajo, da so funkcionalni testi skoka pri obeh skupinah pokazali manjšo stopnjo asimetrije v primerjavi z izoliranim merjenjem moči, vendar pripisujejo možno kompenzacijo mišic kolka in meč med samo izvedbo skoka. Ta začetna ohranjenost mišične moči pri HT presadkih pa ima tudi učinek na subjektivno oceno pacienta, saj Ebert, et al. (2024) ugotavljajo, da je v prvem letu po operaciji opazna višja stopnja psihološke pripravljenosti za vrnitev v šport, merjena s specifično (ACL-RSI), v korist skupine s tetivo zadnje lože, kar gre pripisati hitrejšemu doseganju simetrije pri skočnih testih v zgodnji fazi.

Kaya, et al. (2019) poudarijo pomembnost vključevanja postopkov in vaj v rehabilitacijski program po rekonstrukciji SKV, ki v začetku zajema zgodnje pasivno razgibavanje kolena, takojšnje doseganje polnega obsega gibljivosti, vaje za propriocepcijo, krepitev m. quadriceps in hamstringov, kar omogoča varno vrnitev k vsakodnevnim in športnim dejavnostim. Ključni pomen, ki so ga Kaya, et al. (2019) ugotovili, je, da se z oblikovanim celostnim in prilagojenim rehabilitacijskim programom varno povrne funkcionalnost kolenskega sklepa ter izboljša kakovost življenja. Avtorji Kaya, et al. (2019) so v svojih raziskavah preučevali učinkovitost propriocepcije in nevromišične kontrole med rehabilitacijo in ugotovili, da je program vaj, ki je tovrstne vaje za ravnotežje upošteval, učinkovitejši pri zmanjševanju razlike v moči, medtem ko je standardni program učinkovitejši pri zmanjševanju razlik v vzdržljivosti med operiranim in drugim kolenom. Po dvoletnem spremljanju pacientov so ugotovili, da je vključevanje vaj za nevromišično kontrolo pomembno pri preprečevanju ponovne poškodbe, saj se izboljša ravnotežje in propriocepcija kolena po SKV rekonstrukciji.

Culvenor, et al. (2022) so potrdili pozitiven učinek vadbe in postopkov v rehabilitaciji z nevromišično električno stimulacijo (NMES), ki se je izkazala kot pomemben del pri izboljšanju mišične moči quadriceps femoris. Raziskovalci potrjujejo, da so vaje v odprti kinetični verigi učinkovite enako kot vaje v zaprti kinetični verigi. Obe obliki vadbe imata dober učinek pri mišični moči, čvrstosti kolena in funkciji, o kateri poroča pacient. Poleg tega z rezultati dokažejo, da je strukturirana rehabilitacija na domu prav tako pomembna,

vendar pod pogojem, da vključuje nadzor in edukacijo pacienta. V obeh primerih se avtorji strinjajo, da mora biti program zasnovan skozi različne faze okrevanja, ki traja med 9 do 12 mesecev. Avtorji Culvenor, et al. (2022) ključno opozarjajo tudi, da je vztrajna šibkost mišic spodnjih ekstremitet lahko neposredno povezana z zgodnjim pojavom posttravmatskega osteoartritisa, kar pomeni, da se kakovostna fizioterapevtska obravnava ne ukvarja le z varovanjem presadka, temveč neposredno ščiti dolgoročno zdravje sklepnega hrustanca.

V raziskavi Briem, et al. (2025) opozarjajo na pomembno pomanjkljivost sedanjih programov okrevanja po operaciji SKV. Ugotavljajo, da so koraki v rehabilitaciji zasnovani od prve aktivacije mišic in učenja hoje takoj po operaciji, preko vaj in počepov, pa vse do vrnitve k vsakodnevnim dejavnostim in v šport po 17. tednu. Potrebno je poudariti, da večina teh programov ne posveča dovolj pozornosti mestu odvzetega presadka, kar z biološkega in biomehanskega vidika lahko upočasni potek celjenja. Avtorji pojasnjujejo, da je zaradi šibkosti mišic na donorskem mestu potreben prilagojen pristop k vadbi, predvsem v prvih tednih rehabilitacije, tako da se v prvih tednih izogibamo prevelikemu raztegovanju in pretežkim vajam. Ker se procesi celjenja med različnimi tkivi razlikujejo, avtorji menijo, da bi morali fizioterapevtski protokoli preseči splošne okvirne programe. Rehabilitacija po operaciji SKV ne bi smela temeljiti zgolj na pretečenem času od operacije, ampak na dinamičnem prilagajanju vaj glede na izbiro poti rekonstrukcije SKV. Briem, et al. (2025) zato v svojem sistematičnem preglednem članku pozivajo k uveljavitvi specifičnih smernic, kjer bi rehabilitacija in vadbeni režim bila prilagojena biomehanskemu primanjkljaju donorskega mesta.

Cristiani, et al. (2021) dokazujejo, da izbira rehabilitacijskega protokola (standardni nasproti pospešenemu) ne igra pomembne vloge na končni uspeh okrevanja mišične moči ali simetrije skokov, kar pomeni, da ključ do uspeha leži v oblikovanju individualiziranih in specifičnih protokolov rehabilitacije glede na izbrani presadek. Cristiani, et al. (2021) in Ebert, et al. (2024) so si enotni, da morajo biti pacienti s HT presadkom deležni znatno večje pozornosti pri dolgoročni krepitvi fleksorjev kolena, da se kompenzira dokazani štiriindvajsetmesečni deficit. Ta podaljšani primanjkljaj moči v zadnjih stegenskih mišic neposredno ogroža stabilnost sklepa v rotacijskih gibih, kar sovпада z opozorili

Samuelsena, et al. (2017) glede višje stopnje kasnejših odpovedi presadkov iz tkiva tetiv HT. Po drugi strani pa obetavni rezultati tetive kvadricepsa, ki jih usklajeno poudarjajo Meena, et al. (2023a), Meena et al. (2023b), Horstmann, et al. (2022) in Pang, et al. (2026), dokazujejo, da ta presadek predstavlja varno, biomehansko močno, klinično učinkovito in izvedljivo alternativo klasičnima pristopoma, ki dozori bistveno prej in jo morajo kirurgi ter fizioterapevti rutinsko upoštevati. Vsi avtorji se v svojih zaključkih strinjajo, da trajne asimetrije v moči zahtevajo podaljšanje časa za rehabilitacijo, pred vrnitvijo v šport pa je nujno zagotoviti ustrezen indeks simetrije in popolno mišično pripravljenost, saj se le tako lahko učinkovito preprečijo ponovne poškodbe pri mladih in aktivnih športnikih.

2.5.1 Omejitve raziskave

Pri pregledu literature smo naleteli na določene omejitve, in sicer področje rekonstrukcij SKV se v literaturi preučuje izjemno široko, saj avtorji hkrati analizirajo ogromno različnih spremenljivk. Podatki so razpršeni med biomehanske lastnosti samih tkiv, različne operativne tehnike ter raznovrstne postopke fizioterapije. Zaradi tolikšnega števila sočasnih dejavnikov je znotraj pregleda težje izolirati vrste presadka na končni uspeh, kar omejuje možnost oblikovanja enotnih in univerzalnih kliničnih smernic. Ob tem se soočamo s širokim razponom informacij, saj se znotraj področja rekonstrukcij SKV hkrati preučuje in ugotavlja ogromno različnih dejavnikov, od biomehanskih lastnosti novih tkiv, specifik kirurških tehnik fiksacije, pa vse do različnih rehabilitacijskih protokolov. Takšna razpršenost podatkov otežuje oblikovanje enotnih in univerzalnih strokovnih priporočil za fizioterapevtsko prakso. Dodatno omejitev predstavlja dejstvo, da so bili časovni okvirji intervencij in kliničnih meritev v vključenih študijah neenotni, saj so obsegali obdobja od nekaj mesecev do leto dni ali več. Zaradi razlik v različnem časovnem obdobju spremljanja in obravnave pacientov sta neposredna primerjava rezultatov in posploševanje v določeni meri omejena.

2.5.2 Doprinos za stroko ter priložnosti za nadaljnje raziskovalno delo

Z diplomskim delom smo dobili boljši vpogled v biološke in biomehanske zakonitosti celjenja različnih vrst avtolognih presadkov po rekonstrukciji SKV ter natančno primerjali njihovo obnašanje v poostoperativnem obdobju rehabilitacije. Ključni doprinos pregleda literature je, da rehabilitacija za uspešen končni izid ne sme temeljiti zgolj na pretečenem času od operacije, temveč na dinamičnem in individualno prilagojenem in načrtovanem programu glede na izbrano vrsto avtolognega grafta. Na podlagi zbranih ugotovitev lahko fizioterapevti v klinični praksi pravočasno prepoznajo in z ustreznimi metodami ciljno obravnavajo dolgotrajna odstopanja v moči ekstenzorjev ali fleksorjev kolena. Delo hkrati dokazuje uporabo presadka QT kot varno in učinkovito opcijo, ki zaradi hitrejšega biološkega zorenja ponuja nove možnosti za optimizacijo varnega vračanja v telesno dejavnost in šport. Ker v slovenskem prostoru primanjkuje literature, ki bi tako podrobno povezovala lastnosti presadkov, diplomsko delo služi kot praktično vodilo ter strokovno izhodišče za širši prikaz rehabilitacije po rekonstrukciji SKV.

Kljub doseženim pomembnim zaključkom o uspešnosti posameznih kirurških in fizioterapevtskih pristopov pa ostaja veliko odprtih priložnosti in vprašanj za nadaljnje raziskovalno delo. V prihodnje bi bilo ključno izvesti longitudinalne študije z večjim vzorcem pacientov, ki bi dolgoročno (skozi obdobje petih do desetih let) spremljale proces ligamentizacije novih avtolognih alternativ ter njihovo uspešnost pri individualno prilagojenem protokolu. Dodatno bi bilo potrebno proučiti učinek izbranega avtolognega presadka na dolgoročni uspeh rehabilitacije, natančneje, protokole okrevanja diferencirati glede na vrsto uporabljenega tkiva. Smiselno bi bilo raziskati pomen prilagojene fizioterapevtske obravnave in rehabilitacije glede na odvzet presadek. Takšen pristop bi omogočil razvoj optimiziranih, s presadkom usklajenih smernic, kar bi pomembno prispevalo k hitrejši, varnejši in bolj individualizirani vrnitvi pacienta k vsakodnevnim ter športnim dejavnostim.

3 ZAKLJUČEK

S pregledom literature o fizioterapevtski obravnavi in rehabilitaciji pacientov po rekonstrukciji SKV z različnimi avtolognimi grafti smo ugotovili, da v strokovni praksi ne obstajajo rehabilitacijski protokoli, ki bi bili specifično prilagojeni glede na vrsto izbranega presadka. Razlike med posameznimi protokoli se pojavljajo le v časovnih okvirih uvajanja polne obremenitve, progresije obsega gibljivosti in dinamike stopnjevanja intenzivnosti terapevtske vadbe.

Kljub manjšim odstopanjem, ki so se pojavila pri upadu mišične moči, pooperativni bolečini in težavam z izbrano vrsto avtolognega grafta, so končni izidi pri vseh treh oblikah rekonstrukcije SKV pokazali uspešne rezultate.

Pregled literature, opravljen v diplomskem delu, predstavlja pozitivne učinke na pooperativne funkcionalne izide. Pravilno vodena rehabilitacija uspešno izboljša mišično moč, stabilnost in propiocepcijo kolena, kar neposredno vodi do boljših subjektivnih in objektivnih ocen pacientove funkcije, merjene s standardiziranimi vprašalniki. Ključni elementi, ki optimizirajo te funkcionalne izide, so postopno uvajanje terapevtske vadbe, nevro-mišični nadzor in propioceptivna vadba. Ti pristopi v kombinaciji s podpornimi metodami, kot sta krioterapija za obvladovanje pooperativne bolečine in elektrostimulacija (NMES) za preprečevanje mišične atrofije, pacientom omogočajo varno vrnitev k vsakodnevnim ter športnim dejavnostim.

Pomemben prispevek za klinično prakso je proučevanje učinkov rehabilitacije glede na vrsto uporabljenih avtolognih graftov, pri kateri smo ugotovili, da izbira presadka pomembno narekuje specifične prilagoditve v fizioterapevtski obravnavi. Pri pacientih z graftom patelarne vezi smo zasledili dobro trdnost in stabilnost presadka, vendar se pri njih pogosteje pojavlja pooperativna bolečina v sprednjem delu kolena, kar zahteva previdnost pri ekstenziji kolena. Po drugi strani pa uporaba grafta tetiv m. semitendinosus in gracilis zahteva bolj postopno progresijo in začetno omejevanje ekscentrične obremenitve fleksorjev kolena, saj se na tem mestu pojavi prehodni upad mišične moči,

sam graft pa zaradi daljšega procesa vraščanja v kostne kanale zahteva daljšo zaščito pred strižnimi silami.

Za dopolnitev literature, ki bi tako podrobno povezovala biološke lastnosti, moje diplomsko delo služi kot izhodišče za nadaljnje raziskovanje in predstavlja strokovno osnovo za ozaveščanje o pomenu prilagoditev rehabilitacije glede na izbran graft in posameznika. Predstavlja pomembno podlago za delo v klinični praksi, saj fizioterapevtom ponuja sistematičen pregled nad različnimi avtolognimi grafti in njihov potek rehabilitacije. To omogoča oblikovanje prilagojenih kliničnih smernic, kar lahko prispeva k doseganju boljših funkcionalnih izidov, ter dolgoročno ohranjanje zdravja kolenskega sklepa.

4 LITERATURA

Abulhasan, J.F. & Grey, M.J., 2017. Anatomy and Physiology of Knee Stability. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2(4), pp. 1-11. 10.3390/jfmk2040034.

Beard, D.J., Davies, L., Cook, J.A., Stokes, J., Leal, J., Fletcher, H., Abram, S., Chegwin, K., Greshon, A., Jackson, W., Bottomley, N., Dodd, M., Bourke, H., Shirkey, B.A., Paez, A., Lamb, S.E., Barker, K.L., Phillips, M., Brown, M. & Lythe, V., 2024. Comparison of surgical or non-surgical management for non-acute anterior cruciate ligament injury: the ACL SNNAP RCT. *Health Technology Assessment*, 28(27), pp. 1-97. 10.3310/VDKB6009.

Beaulieu, M.L., Ashton-Miller, J.A. & Wojtys, E.M., 2023. Loading mechanisms of the anterior cruciate ligament. *Sports Biomechanics*, 22(1), pp. 1-29. 10.1080/14763141.2021.1916578.

Briem, K., Zebis, M.K., Haraldsson, B.P., Bencke, J. & Fernandes, L., 2025. Rehabilitation guidelines after autograft anterior cruciate ligament reconstruction need more graft-specific exercise recommendations: a scoping review. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 34, pp. 83-101. 10.1002/ksa.12666.

Buerba, R., Boden, S. & Lesniak, B., 2021. Graft Selection in Contemporary Anterior Cruciate Ligament. *Reconstruction. Global Research and Reviews*, 5, pp. 1-9. 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00230.

Cristiani, R., Mikkelsen, C., Wange, P., Olsson, D., Stålmán, A. & Engström, B., 2021. Autograft type affects muscle strength and hop performance after ACL reconstruction. A randomised controlled trial comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts with standard or accelerated rehabilitation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(9), pp. 3025-3036. 10.1007/s00167-020-06334-5.

Culvenor, A.G., Girdwood, M.A., Juhl, C.B., Patterson, B.E., Haberfield, M.J., Holm, P.M., Bricca, A., Whittaker, J.L., Roos, E.M. & Crossley, K.M., 2022. Rehabilitation after anterior cruciate ligament and meniscal injuries: a best-evidence synthesis of systematic reviews for the OPTIKNEE consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 56(24), pp. 1445-1453.

Ebert, J.R., Calvert, N.D. & Radic, R.A., 2024. Prospective Randomized Controlled Trial Investigating Quadriceps Versus Hamstring Tendon Autograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 52(3), pp. 660-669. 10.1177/03635465231222279.

Elsenosy, A.M., Elnewishy, A., Rezk, K., Delewar, R.A., Team, H. & Abdelfatah, A.M., 2024. Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Knee Stability Outcomes. *Cureus*, 16(12), pp. 1-16. 0.7759/cureus.75352.

Hideyuki, K., Zaffagnini, S., Getgood & A.M., Muneta, T., 2018. ACL graft selection: state of the art. *Journal of ISAKOS*, 3(3), pp. 177-184. 10.1136/jisakos-2017-000136.

Horstmann, H., Petri, M., Tegtbu, U., Felmet, G., Krettek, C. & Jagodzinski, M., 2022. Quadriceps and hamstring tendon autografts in ACL reconstruction yield comparably good results in a prospective, randomized controlled trial. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 142, pp. 281-289. 10.1007/s00402-021-03862-8.

Hriberšek, M., Strauss, M. & Rečnik, G., 2021. Kakovost življenja po rekonstrukciji sprednje križne vezi. *Obzornik zdravstvene nege*, 55(3), pp. 180-194. 10.14528/snr.2021.55.3.3045.

Jenkins, S.M., Guzman, A., Gardner, B.B., Bryant, S.A., Del Sol, S.R., McGahan, P. & Chen, J., 2022. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of Current Literature and Recommendations. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(3), pp. 170-179. 10.1007/s12178-022-09752-9.

Kaya, D., Guney-Deniz, H., Sayaca, C., Calik, M. & Doral, M.N., 2019. Effects on Lower Extremity Neuromuscular Control Exercises on Knee Proprioception, Muscle Strength, and Functional Level in Patients with ACL Reconstruction. *Biomed Research International*, 2019(1694695), pp. 1-7. 10.1155/2019/1694695.

Kordeš, U. & Smrdu, M., 2015. *Osnove kvalitativnega raziskovanja*. Koper: Založba Univerze na Primorskem, pp. 51-60.

Logterman, S.L., Wydra, F.B. & Frank, R.M., 2018. Posterior Cruciate Ligament: Anatomy and Biomechanics. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 11(3), pp. 510-514. 10.1007/s12178-018-9492-1.

Mancino, F., Kayani, B., Gabr, A., Fontalis, A., Plastow, R. & Haddad, F.S., 2024. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone & Joint Open*, 5(2), pp. 94-100. 10.1302/2633-1462.52.BJO-2023-0166.

Meena, A., Di Paolo, S., Grassi, A., Raj, A., Farinelli, L., Hoser, C., Tapasvi, S., Zaffagnini, S. & Fink, C., 2023a. No difference in patient reported outcomes, laxity, and failure rate after revision ACL reconstruction with quadriceps tendon compared to hamstring tendon graft: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(8), pp. 3316-3329. 10.1007/s00167-023-07380-5.

Meena, Farinelli, L., Hoser, C., Abermann, E., Raj, A., Hepperger, C., Herbort, M. & Fink, C., 2023b. Revision ACL reconstruction using quadriceps, hamstring and patellar tendon autografts leads to similar functional outcomes but hamstring graft has a higher tendency of graft failure. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(6), pp. 2461-2468. 10.1007/s00167-022-07200-2.

Page, M.J., McKenzie, J.M., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald,

S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomasab, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P. & Moher, D., 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134(2021), pp. 178-189. 10.1186/s13643-021-01626-4.

Pang, Y., Xu, S., Xiang, G., Zhang, K. & Sun, T., 2026. Comparative assessment of graft maturity after anterior cruciate ligament reconstruction using different graft types: a systematic review. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 21(122), pp. 1-11. 10.1186/s13018-026-06665-y.

Papaleontiou, A., Poupard, A.M., Mahajan, U.D. & Tsantanis, P., 2024. Conservative vs Surgical Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Systematic Review. *Cureus*, 16(3), pp. 1-9. 10.7759/cureus.56532.

Pfeifer, C.E., Beattie, P.F., Sacko, R.S. & Hand, A., 2018. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(4), pp. 575-587.

Poehling-Monaghan, K.L., Salem, H., Ross, K.E., Secrist, E., Ciccotti, M.C, Tjoumakaris, F., Ciccotti, M.G. & Freedman, K.B., 2017. Long-Term Outcomes in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Patellar Tendon Versus Hamstring Autografts. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(6), pp. 1-9. 10.1177/2325967117709735.

Polit, D.F. & Beck, C.T., 2022. *Essentials of Nursing research: Apprising Evidence of Nursing practice*. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott, Williams & Wilkins.

Samuelsen, B.T., Webster, K.E., Johnson, N.R., Hewett, T.E. & Krych, A.J., 2017. Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 475(10), pp. 2459-2468. 10.1007/s11999-017-5278-9.

Sheenam, N., Gaur, R., Gonnade, N.M., Dixit, A., Abins, T.K. & Chinchu, K., 2025. Knee functional outcomes and quadriceps hypotrophy after ACL reconstruction: a prospective observational study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 17(1), pp. 1-8. 10.1186/s13102-025-01055-z.

Takahashi, S., Nagano, Y., Ito, W., Kido, Y. & Okuwaki, T., 2019. A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine (Baltimore)*, 98(26), pp. 1-6. 10.1097/MD.00000000000016030.

Vaianti, E., Scita, G., Ceccarelli, F. & Pogliacomi, F., 2017. Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta bio-medica: Atenei Parmensis*, 88(2), pp. 6-16. 10.23750.

White, T., Castro, M., Antonio, L., Hing, W., Tudor, F. & Sattler, L., 2025. Quadriceps, hamstring and patella tendon autografts for primary anterior cruciate ligament reconstruction demonstrate similar clinical outcomes, including graft failure, joint laxity and complications: A systematic review with meta-analysis of randomised controlled trials. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 34(5), p. 116. 10.1002/ksa.12755.

Yaras, R.J., O'Neill, N., Mabrouk, A. & Yaish, A. M., 2024. *Lateral Collateral Ligament Knee Injury*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.

Žlak, N., Vitez, L., Hribernik, M. & Drobnič, M., 2019. Anatomija in klinični pomen anterolateralne vezi kolenskega sklepa. *Medicinski razgledi*, 58(1), pp. 23-29.