

UČINKOVITOST REHABILITACIJE VOĐENE ONLINE PLATFORMOM NAKON REKONSTRUKCIJE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

Kadija, Anđela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:379839>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Andela Kadija

UČINKOVITOST REHABILITACIJE VOĐENE
***ONLINE* PLATFORMOM NAKON**
REKONSTRUKCIJE PREDNJEG KRIŽNOG
LIGAMENTA

diplomski rad

Zagreb, rujan 2024

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu
Kineziološki fakultet
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; smjer: Kineziterapija

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: magistra kineziologije u kineziterapiji

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Znanstveno-istraživački

Naziv diplomskog rada: je prihvaćen od strane Povjerenstva za diplomske radove Kineziološkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini (npr. 2023./2024.) dana 10.05.2024.

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Lidija Petrinović

Učinkovitost rehabilitacije vođene *online* platformom nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta

Anđela Kadija, 0034086266

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|---|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Lidija Petrinović | mentor |
| 2. izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt-Bobić | član |
| 3. izv. prof. dr. sc. Marija Rakovac | član |
| 4. izv. prof. dr. sc. Davor Šentija | zamjena člana |

Broj etičkog odobrenja: 96/2024.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta,
Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Kinesitherapy

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Kinesitherapy

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Scientific-research

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year (e.g.2022/2023) on (e.g. February 20, 2023).

Mentor: Lidija Petrinović, PhD

Effectiveness of *online* guided rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction

Anđela Kadija, 0034086266

Thesis defence committee:

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Lidija Petrinović, PhD, associate prof. | chairperson-supervisor |
| 2. Tatjana Trošt-Bobić, PhD, associate prof. | Member |
| 3. Marija Rakovac, PhD, associate prof. | Member |
| 4. Davor Šentija, PhD, associate prof. | substitute member |

Ethics approval number: 96/2024.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Lidija
Petrinović

Student:

Anđela Kadija

UČINKOVITOST REHABILITACIJE VOĐENE *ONLINE* PLATFORMOM NAKON REKONSTRUKCIJE PREDNJEG KRIŽNOG LIGAMENTA

SAŽETAK

Svrha ove studije bila je istražiti učinak *online* rehabilitacijskog protokola Videoreha u usporedbi s standardnim pristupom rehabilitacije uživo, mjerenjem mišićne jakosti na izokinetičkom dinamometru Biodex System 4 PRO. Ispitanici su bili pacijenti poliklinike Patela u Zagrebu i pacijenti iz drugih ustanova (n=16) koji su operirali prednji križni ligament barem godinu dana prije testiranja. Ispitanici su podvrgnuti zagrijavanju mišića na Biodexu nakon čega su odradili glavno testiranje sa svojom maksimalnom jakosti 100 % u oba testa; prvo testiranje je s 5 ponavljanja maksimalne jakosti, te drugo testiranje je s 20 ponavljanja maksimalne jakosti koje su izvodili u pokretima ekstenzije i fleksije ozljeđene i ne ozljeđene noge. Razlike su testirane na osnovu momenta sile (eng. *peak torque*) u njutnmetrima (Nm) i ukupnog rada (eng. *total work*) u džulima (J) u 60°/sec i 180°/sec ozljeđenom i ne ozljeđenom nogom. Za statističku analizu korišten je T-test za nezavisne uzorke. Statističkom obradom podataka nije utvrđena statistički značajna razlika (p=0,0) u primjeni rehabilitacije *online* platformom u usporedbi s standardnim pristupom rehabilitacije uživo.

Ključne riječi: Videoreha, Biodex System 4 PRO, maksimalna jakost

EFFECTIVENESS OF *ONLINE* PLATFORM-GUIDED REHABILITATION AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of the Videoreha online rehabilitation protocol compared to the standard live rehabilitation approach, measuring muscle strength on the Biodex System 4 PRO isokinetic dynamometer. The subjects were patients of the Patela Polyclinic in Zagreb and patients from other institutions (n=16) who had undergone anterior cruciate ligament surgery at least one year prior to testing. The subjects underwent a muscle warm-up on Biodex after which they did the main testing with their maximum strength of 100% in both tests; The first test is with 5 repetitions of maximum strength, and the second test is with 20 repetitions of maximum strength that they performed in the extension and flexion movements of the injured and uninjured leg. Differences were tested based on peak torque in newton meters (Nm) and total work in joules (J) at 60°/sec and 180°/sec with the injured and uninjured leg. For statistical analysis, a T-test for independent samples was used. Statistical data processing did not reveal a statistically significant difference (p=0.0) in the use of rehabilitation with an online platform compared to the standard approach of live rehabilitation.

Keywords: Videoreha, Biodex System 4 PRO, maximum strength

Sadržaj

SAŽETAK	5
1. UVOD	8
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	12
3. METODE ISTRAŽIVANJA	13
3.1. Uzorak ispitanika	13
3.2. Uzorak varijabli	13
3.3. Protokol istraživanja.....	15
3.4. Metode obrade podataka.....	18
4. REZULTATI.....	19
5. DISKUSIJA.....	22
6. ZAKLJUČAK.....	25
7. LITERATURA.....	26

1. UVOD

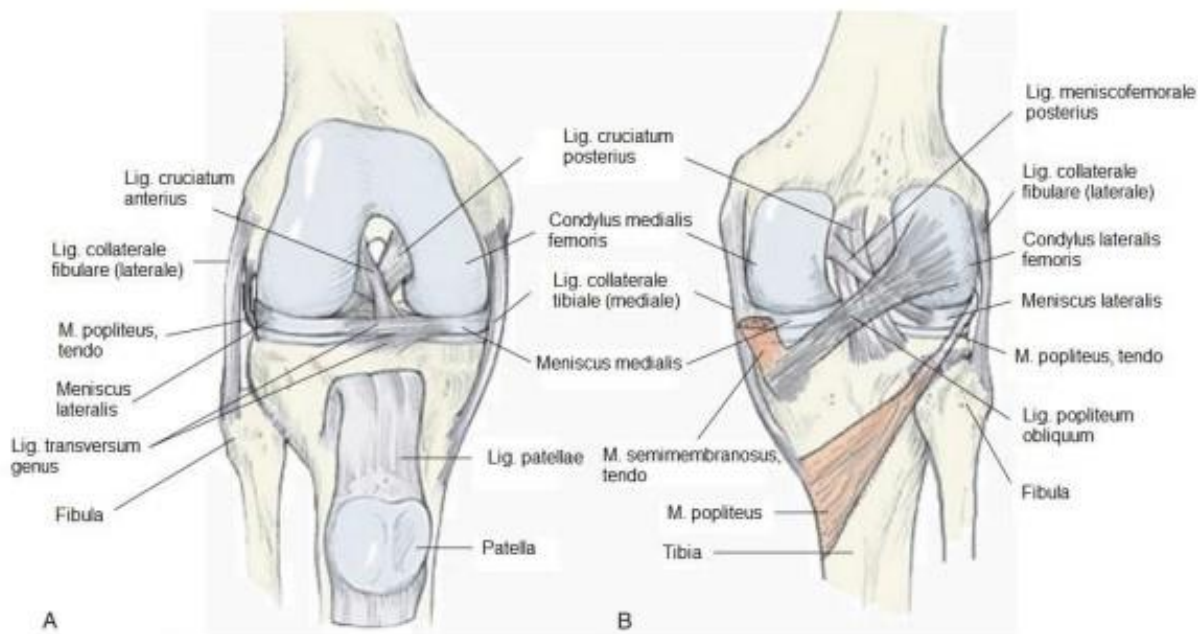
Koljeno je složeni modificirani zglob s najvećim rasponom pokreta u fleksiji u sagitalnoj ravnini, te preuzima veliko opterećenje u svakodnevnoj ljudskoj kretnji. Najčešći je zglob koji se ozljeđuje radi svoje anatomske građe i izloženosti vanjskim silama (Miller RH, Azar FM, 2017).

U literaturi (Mlinarec, M. 2022) navodi se da je ACL najvažniji ligament koljenskog zgloba jer je on taj koji je u svakom trenutku aktiviran, bilo da čovjek trči ili spava te svojom aktivacijom ujedno i stabilizira pokrete.

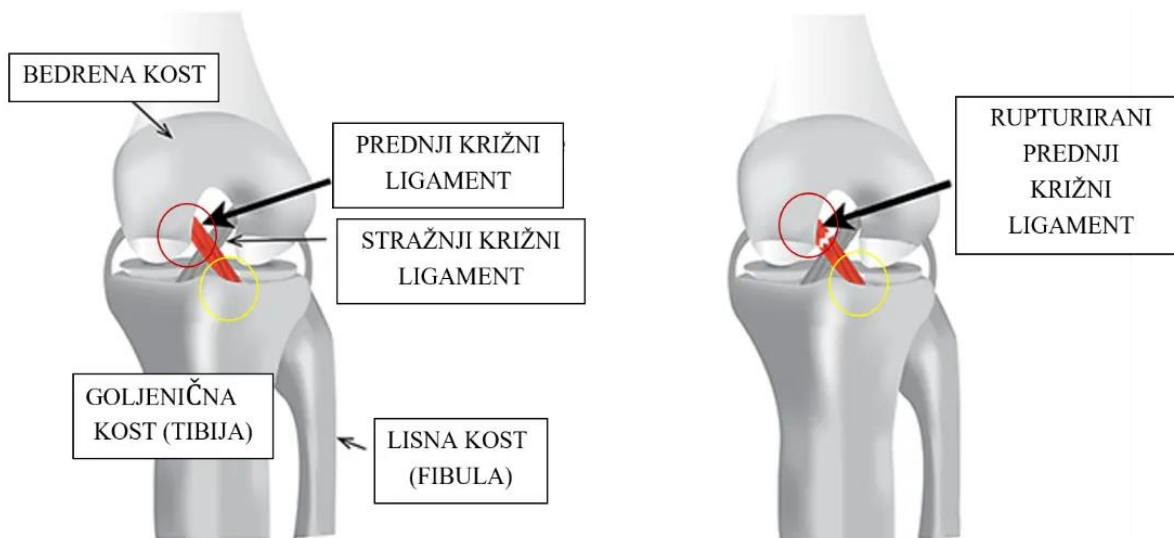
U sportaša pa tako i kod rekreativaca su ozljede prednje križne sveze česte, čine 40% svih ozljeda koljena. U literaturi (Bašćevan, 2010) navode da funkcija koljenskog sustava ovisi o pravilnoj raspodjeli snage između agonista i antagonista (m. quadriceps i m. biceps femoris). Također navode u literaturi (Knapik i suradnici, 1980) da bi snaga mišića stražnje strane natkoljenice trebala biti od 60 % do 100 % snage mišića prednje strane natkoljenice iste noge, ovisno o brzini pokreta.

Rehabilitacija je nužan dodatak operaciji i važna je za vraćanje optimalne funkcije. Pristupi rehabilitaciji prednjeg križnog ligamenta daju veliku važnost neposrednog uvođenja povećanja pokretljivosti u zglobu, ranijeg opterećenja vlastitom težinom tijela na ozljeđeni ekstremitet, progresivnog uvođenja vježbi jakosti i snage, funkcionalnih vježbi propriocepcije i ravnoteže te što bržem vraćanju sportskim aktivnostima (Schnurrer i suradnici, 2020).

Povratak k redovnim treninzima i natjecanjima je približno od šest do devet mjeseci nakon ozljede i operacije (Cvjetkovic i suradnici, 2015), no to ovisi o samom sportašu i njegovoj reakciji na samo liječenje. Kako bi smanjili i prevenirali rizik od ponovne ozljede te prije sigurnog povratka punom opterećenju, potrebno je testirati funkcionalnu stabilnost koljena kako bi bili sigurni da je sportaš spreman za sportski performans.



Slika 1. Otvoreni koljenski zglob. (Illustrated Orthopedic Physical Assessment | ScienceDirect).



Slika 2. Prednji križni ligament
(Prednji križni ligament | Poliklinika Ribnjak)

Visokokvalitetna rehabilitacijska usluga nije uvijek moguća i pristupačna za svakog pojedinca, posebice za one koji žive u ruralnim ili udaljenim područjima od rehabilitacijskog centra (Russell i suradnici, 2011). Stoga, napredak moderne tehnologije pružio je uslugu rehabilitacije na daljinu iliti takozvana online rehabilitacija.

Burns i suradnici, 1998. prvi puta opisuju koncept telerehabilitacije godine gdje navode da telerehabilitacija omogućuje pacijentima terapiju i podršku stručnih osoba bez fizičke prisutnosti u klinici.

Novija istraživanja daju pozitivne benefite i učinke online rehabilitaciji. Prema (Liao W-J i suradnici, 2023) utvrđeno je da je online rehabilitacija jednako učinkovita kao i standardna rehabilitacija nakon zamjene koljena ili kuka. Isti istraživači proveli su s jednom skupinom pacijenata program telerehabilitacije temeljen na aparatu za umjetnu inteligenciju (AI steznik) te s drugom skupinom standardni protokol rehabilitacije uživo nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta. Grupa koja se rehabilitirala online pokazala je bolje rezultate u IKDC kalkulatoru nakon 3 mjeseca ($p = 0,043$) i nakon 6 mjeseci ($p = 0,0052$) od operacije te više rezultate u KOOS kalkulatoru nakon 1 mjeseca ($p = 0.0365$) i nakon 6 mjeseci ($p = 0.0375$) od operacije.

U literaturi (Piqueras i suradnici, 2013) navode da je tromjesečni online rehabilitacijski program jednako učinkovit kao i konvencionalna terapija nakon totalne artoplastike koljena. Sudionici su provodili testiranje na NNMT dinamometru te su kroz pokrete fleksije i ektenzije koljena ispoljavali mišićnu jakost *m.quadricepsa femoris* i *m.hamstrings*. Kod obje grupe su za sve varijable rezultati bili slični, čak se kod online rehabilitacijske grupe pokazala veća jakost *m.quadriceps femoris* ($p = 0.018$).

Pozitivne ishode za online rehabilitaciju nakon potpune artoplastike koljena utvrđuju (Russell i suradnici, 2011) gdje su 65 pacijenata podijelili u dvije grupe (online grupa i uživo grupa). Nakon dva mjeseca od operacije, obje grupe imale su značajno poboljšanje na Specifičnoj funkcionalnoj skali (eng. *Patient-Specific Functional Scale*) i na WOMAC (eng. *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*) skali ($p < 0.01$). Čak bolje ishode je dokazala online grupa pacijenata na Specifičnoj funkcionalnoj skali i podljestvici krutosti WOMAC-a ($p < 0.05$). Kao pozitivnu alternativu pružanja usluga online rehabilitacije utvrđuju (Moffet i suradnici, 2015) na WOMAC skali nakon potpune artoplastike koljena. Također, u istraživanju od (Bauwens i suradnici, 2023) utvrdili su da nema statističke značajnosti u

rezultatima online rehabilitacije nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta naspram rehabilitacije uživo.

Ovakav pristup rehabilitacije je stekao popularnost zbog svog potencijala za povećanje dostupnosti, praktičnosti i isplativosti. Danas se online rehabilitacija proširila na mnoga područja i različite primjene, te su pregledi rezultata općenito bili pozitivni i učinkoviti. Online rehabilitacijom se uklanjaju geografske prepreke, čime se pojedincima u udaljenim područjima ili s ograničenom pokretljivošću olakšava pristup rehabilitacijskim uslugama. Također, potencijalno može smanjiti troškove zdravstvene skrbi uklonjenjem putnih troškova i smanjenjem potrebe za osobnim pregledima u području mišićno-koštanog sustava (Rennie i suradnici, 2022).

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je ispitati učinak *online* rehabilitacijskog protokola Videoreha u usporedbi sa standardnim pristupom rehabilitacije uživo, mjerenjem mišićne jakosti na izokinetičkom dinamometru Biodex System 4 PRO.

Cilj je dokazati utjecaj i učinkovitost online platforme Videoreha pomoću koje se rehabilitirala jedna grupa ispitanika te vidjeti postoji li statistički značajna razlika između navedene grupe i grupe koja se rehabilitirala uživo u različitim ustanovama prema standardnom protokolu rehabilitacije.

H1 - grupa koja se rehabilitirala uz pomoć online videa i audio protokola Videoreha ne razlikuje se statistički značajno u mišićnoj jakosti *m.quadricepsa femoris* i *m.hamstringsa* naspram grupe koja se rehabilitirala standardnim protokolom uživo nakon operacije prednjeg križnog ligamenta.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u poliklinici Patela u Zagrebu kroz 10. mjesec 2024. godine. Testiranje je provedeno na izokinetičkom sustavu Biodex Systemu 4 PRO, pri pasivnom modu kroz fleksiju potkoljenice.

Razlike ozljeđene i neozljeđene noge su testirane na osnovu momenta sile (eng. *peak torque*) u njutnmetrima (Nm) i ukupnog rada (eng. *total work*) u džulima (J) u 60 i 180 stupnjeva u sekundi s dominantnom i nedominantnom nogom.

3.1. Uzorak ispitanika

Unutar istraživanja obuhvaćene su dvije skupine pacijenata, jedna skupina pacijenata koja je rehabilitirana u različitim ustanovama i prema standardnom protokolu rehabilitacije uživo, te druga skupina pacijenata koja je rehabilitirana uz pomoć online videa i audio protokola preko Videorehe.

Istraživanjem je unutar prve grupe obuhvaćeno 8 sudionika ($G-1 = 8$) u dobi između 20 do 40 godina i 8 sudionika iz druge grupe ($G-2 = 8$) u dobi između 20 do 35 godina.

Sudionici su muškog i ženskog spola u obje grupe, te su se prije ozljede rekreativno bavili različitim sportovima. Svi sudionici su se testirali nakon 6 mjeseci od rehabilitacije i rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta.

3.2. Uzorak varijabli

U istraživanju se procijenjivala maksimalna snaga *m.quadriceps femoris* i *m.hamstrings*.

Testiranje je provedeno obostrano i kontinuirano za oba smjera kretanja. Pokreti su izvedeni pomoću izokinetičke koncentrične sprave Biodex System 4 PRO. U svakom pokretu korišteni raspon pokreta je određen, te se tražilo od sudionika da izvedu svoj cijeli raspon pokreta fleksije i ekstenzije noge, te da zadrže tijelo i pokrete do granice ugodnosti. Svaki pokret je izveden s oba donja ekstremiteta.

Mjereno je 12 varijabli:

1. Maksimalna jakost kvadricepsa ozlijeđene noge pri 60°/sec
2. Maksimalna jakost kvadricepsa neozlijeđene noge pri 60°/sec
3. Maksimalna jakost hamstringsa ozlijeđene noge pri 60°/sec
4. Maksimalna jakost hamstringsa neozlijeđene noge pri 60°/sec
5. Maksimalna jakost kvadricepsa ozlijeđene noge pri 180°/sec
6. Maksimalna jakost kvadricepsa neozlijeđene noge pri 180°/sec
7. Maksimalna jakost hamstringsa ozlijeđene noge pri 180°/sec
8. Maksimalna jakost hamstringsa neozlijeđene noge pri 180°/sec
9. Omjer jakosti hamstringsa naspram kvadricepsa ozlijeđene noge pri 60°/sec
10. Omjer jakosti hamstringsa naspram kvadricepsa neozlijeđene noge pri 60°/sec
11. Omjer jakosti hamstringsa naspram kvadricepsa ozlijeđene noge pri 180°/sec
12. Omjer jakosti hamstringsa naspram kvadricepsa neozlijeđene noge pri 180°/sec

Kratice u rezultatima:

OZLJEX60-ozlijeđena noga u ekstenziji pri 60 deg/sec.

NEOZLJEX60- neozlijeđena noga u ekstenziji pri 60 deg/sec.

OZLJFL60- ozlijeđena noga u fleksiji pri 60 deg/sec.

NEOZLJFL60- neozlijeđena noga u fleksiji pri 60 deg/sec.

OZLJEX180- ozlijeđena noga u ekstenziji pri 180 deg/sec.

NEOZLJEX180- neozlijeđena noga u ekstenziji pri 180 deg/sec.

OZLJFL180- ozlijeđena noga u fleksiji pri 180 deg/sec.

NEOZLJFL180- neozlijeđena noga u fleksiji pri 180 deg/sec.

A/AOZLJ60- omjer agonista i antagonista ozlijeđene noge pri 60 deg/sec.

A/ANEOZLJ60- omjer agonista i antagonista neozlijeđene noge pri 60 deg/sec.

A/AOZLJ180- omjer agonista i antagonista ozlijeđene noge pri 180 deg/sec.

A/ANEOZLJ180- omjer agonista i antagonista neozlijeđene noge pri 180 deg/sec.

3.3. Protokol istraživanja

Cijeli protokol istraživanja trajao je ukupno oko 17 sati provedenih kroz mjesec dana, te je u potpunosti proveden u poliklinici Patela u Zagrebu.

Prije testiranja sudionici su obaviješteni i informirani o protokolu testiranja. Prvo su se zagrijali s rolerom na tlu, masirajući i zagrijavajući određene mišiće koji su se mjerili, te su zatim biciklirali na bicikl ergometru 12-15 minuta.

Kad su se zagrijali, postavljeni su na stolicu Biodexa, te čvrsto ali udobno stabilizirali pojedine dijelove tijela, kako bi što efikasnije izveli maksimalne sile.

Njihovi podatci su upisani u kompjuter (ime, prezime, dob, visina, težina, ozlijeđena noga), te se zatim namjestio sistem fleksije/ekstenzije na 180 i 60 stupnjeva po sekundi. Prvo se testirala ozlijeđena noga, pa zatim neozlijeđena.

Kad se program odredio i namjestio, pokrenuo se "Start" te je sudionik imao par ponavljanja kao testiranje, da bi shvatio način izvedbe te osjetio koliko je opterećenje sprave.

Zagrijavanje mišića na Biodexu izgleda tako da sudionik prvo sa 50 % svoje snage napravi 5 ponavljanja ekstenzije-fleksije, zatim 3 ponavljanja sa 75 % i na kraju 1 ponavljanje sa 100 % ukupne snage m. *quadrices femoris* i skupine m. *hamstringsa*.

Zagrijavanje je bitno kako bi se mišići aktivirali za glavno testiranje te dobili što bolje i točnije rezultate.

Sudionik je odmorio jednu do dvije minute te kad je bio spreman krenuo je s glavnim testiranjem. Objašnjen mu je protokol glavnog testa. Sudionik je krenuo sa svojom maksimalnom snagom 100 % u oba testa; prvo testiranje je s 5 ponavljanja maksimalne jakosti (dobije se rezultat maksimalne jakosti pojedinca), te drugo testiranje s 20 ponavljanja maksimalne snage, što znači da moraju što brže i snažnije izvoditi povlačenje noge u pokretima ekstenzije i fleksije (dobije se repetitivna snaga pojedinca).

Tijekom testiranja osobu sam konstantno motivirala i verbalno joj pokušavala pomoći da dobije “snage“, kako bi što efikasnije odradila testiranje i dobila što bolje rezultate.

Nakon testiranja ozljeđene noge, isti protokol testiranja se ponavlja i na drugoj, zdravoj nozi. Na isti način se sudionik namjestio u položaj koji je njemu udoban za obavljanje testa, te se ponovno sprava regulirala i čvrsto zategla u dijelu noge.

Isti princip testiranja provodi se i s drugom nogom.

Nakon toga, osoba se oslobodila sa sprave, te je slijedilo opterećenje mišića na bicikl ergometru, kako bi se mišići postepeno opustili od velikog opterećenja testa.

Zatim smo zajedno pregledali dobivene rezultate, te ako su imali velikog deficita u pojedinoj nozi i mišiću, osobi sam savjetovala da trenira određeni mišić više nego što je do sad, kako bi dovela m. *hamstrings* skupine i m. *quadriceps femoris* do optimalne ravnoteže i omjera.



Slika 6.

Biodex System 4 PRO ([System 4 Pro™ | Biodex \(biodexrehab.com\)](http://System4Pro™|Biodex(biodexrehab.com)))



Slika 7.

Biodex testiranje u poliklinici Patela; Copyright 2024 Poliklinika Patela ([Biodex testiranje – Poliklinika Patela \(poliklinika-patela.hr\)](https://www.poliklinika-patela.hr))

3.4. Metode obrade podataka

Statistička analiza provedena je programskim paketom Statistica, verzija 13.5.0.17 (TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA), metodom T-test za nezavisne uzorke (t-test independent).

Podatci su se tijekom prikupljanja unosili u odgovarajuće Excel tablice.

4. REZULTATI

U Tablici 1 prikazana je razlika rezultata maksimalne jakosti m.*quadricepsa* i m.*hamstringsa* u ozljeđenoj i neozljeđenoj nozi, te omjer jakosti m. *quadricepsa* naspram m.*hamstringsa* (agonista i antagonista), koji su provedeni T-testom za nezavisne uzorke po grupama.

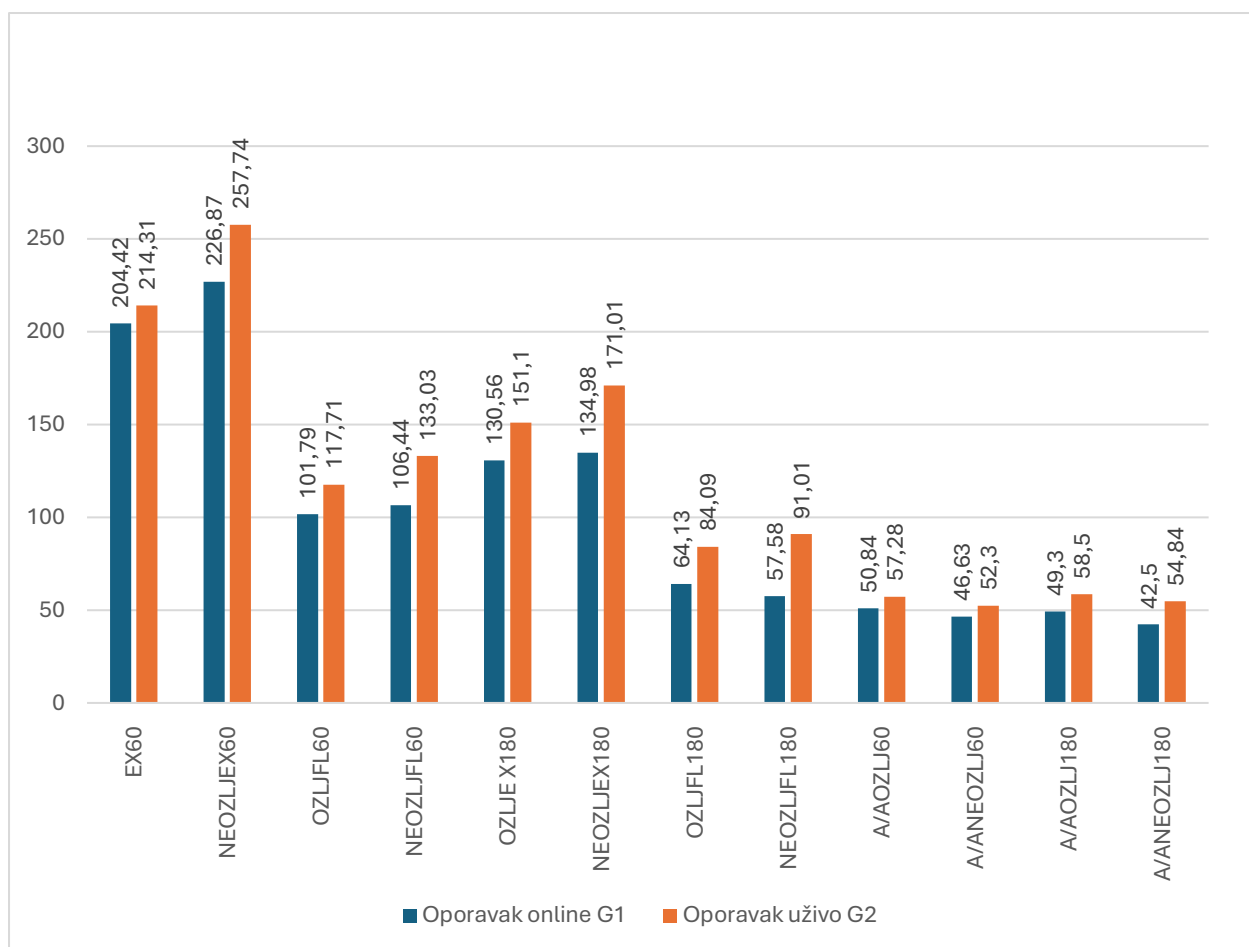
U Grafikonu 1 prikazan je graf u kojem se uočava razlika u rezultatima između dvije skupine ispitanika u istim varijablama.

Tablica 1. Rezultati t-testa za nezavisne uzorke

Variable	T-tests; Grouping: Grupa (Spreadsheet1)										
	Group 1: G-1 Group 2: G-2										
	Mean G-1	Mean G-2	t-value	df	p	Valid N G-1	Valid N G-2	Std.Dev. G-1	Std.Dev. G-2	F-ratio Variances	p Variances
OZLJEX60	204,428€	214,314€	-0,33037	12	0,746817	7	7	59,86632	51,80561	1,33540€	0,73440€
NEOZLJEX60	226,8714	257,742€	-1,0133€	12	0,33089€	7	7	64,94482	47,7376€	1,850832	0,472747
OZLJFL60	101,7857	117,714€	-1,31277	12	0,213814	7	7	29,1036€	13,54787	4,61481€	0,084952
NEOZLJFL60	106,442€	133,028€	-1,71507	12	0,11201€	7	7	35,90742	19,8158€	3,28353€	0,17367€
OZLJEX180	130,550€	151,100€	-0,8823€	11	0,39643€	6	7	44,74567	39,29461	1,29668€	0,751122
NEOZLJEX180	134,983€	171,014€	-1,36914	11	0,19826€	6	7	54,1812€	40,6904€	1,773014	0,50486€
OZLJFL180	64,133€	84,0857	-1,79901	11	0,09948€	6	7	25,3917€	13,8304€	3,37065€	0,17120€
NEOZLJFL180	57,583€	91,014€	-2,95261	11	0,01314€	6	7	24,2696€	16,38561	2,193832	0,366634
A/AOZLJ60	50,842€	57,5857	-1,0923€	12	0,29614€	7	7	8,1032€	14,18044	3,062382	0,19901€
A/ANEOZLJ60	46,6314	52,300€	-1,4802€	12	0,16456€	7	7	6,39804	7,8557€	1,50759€	0,63069€
A/AOZLJ180	49,300€	58,500€	-1,3231€	11	0,21262€	6	7	9,8269€	14,34852	2,13196€	0,42360€
A/ANEOZLJ180	42,500€	54,842€	-2,2990€	11	0,04209€	6	7	7,74261	10,98891	2,01434€	0,45931€

Legenda: mean - prosječna vrijednost, t-value- t-vrijednost, df - stupnjevi slobode, p - pogreška (<0,05), Std.Dev. - standardna devijacija, F-ratio variances – F-test jednakosti varijanca

Ista se tablica može prikazati i grafičkim prikazom.



Grafikon 1.

Izvor: izrada autora rada prema rezultatima t-testa

Statistički gledano, postoji razlika između grupe koja je svoju rehabilitaciju imala uživo i grupe koja je svoju rehabilitaciju imala *online*. Ipak, metoda inferencijalne statistike ne pokazuje značajnu razliku. Podaci prikazani u ovoj studiji ipak naglašavaju razlike između ishoda online rehabilitacije (G1) i rehabilitacije uživo (G2). Po svim mjerenim parametrima, individualna rehabilitacijska grupa pokazuje bolje rezultate. Na primjer, snaga ekstenzora i fleksora pri 60°/s i 180°/s dosljedno je veća u G2, s posebno značajnim razlikama uočnim u neozlijeđenoj nozi. To sugerira da individualna rehabilitacija uživo dovodi do potpunijeg oporavka mišića.

Nadalje, omjeri agonista/antagonista (kvadriceps/hamstrings), važan pokazatelj mišićne ravnoteže, veći su u grupi sudionika rehabilitirani uživo, posebno pri većim brzinama (180°/s), što je ključno za dinamičke pokrete. Ova otkrića pokazuju da iako online rehabilitacija nudi održivu alternativu za oporavak, osobito u situacijama kada osobno liječenje nije izvedivo, čini se da osobna rehabilitacija daje bolje ukupne rezultate u smislu mišićne snage i ravnoteže. Ovo

sugerira da bi pacijenti mogli postići sveobuhvatniji oporavak tradicionalnom osobnom rehabilitacijom, iako internetski protokoli ostaju koristan alat kada je to potrebno.

5. DISKUSIJA

Glavni cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinkovitost online rehabilitacije putem platforme Videoreha, u usporedbi s tradicionalnim metodama rehabilitacije uživo, kod pacijenata nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta (ACL). Hipoteza istraživanja bila je da će online rehabilitacija putem videa i audio protokola biti podjednako učinkovita u vraćanju mišićne snage kao i rehabilitacija uživo.

Rezultati istraživanja djelomično podržavaju postavljenu hipotezu. Iako je većina varijabli pokazala slične rezultate između dvije grupe, pacijenti rehabilitirani uživo (G-2) zabilježili su veću snagu hamstringsa pri višim brzinama ($180^\circ/\text{sec}$) u neozlijeđenoj nozi ($p = 0,013$). Ovaj nalaz upućuje na to da uživo rehabilitacija može biti učinkovitija u povećanju mišićne snage pri specifičnim uvjetima, posebice pri izvođenju brzih pokreta, što bi moglo imati važne implikacije za sportaše i rekreativce u fazi povratka u sportske aktivnosti.

Međutim, konzistentnost rezultata u online skupini ukazuje na to da protokoli rehabilitacije putem Videorehe mogu omogućiti standardiziraniji i ujednačeniji pristup rehabilitaciji, što smanjuje mogućnost varijacija uzrokovanih individualnim faktorima kao što su osobni kontakt s fizioterapeutom ili prisutnost motivacijskih varijabli koje su češće u rehabilitacijama uživo.

Unatoč pozitivnim rezultatima u pogledu jačanja hamstringsa, nije zabilježena značajna razlika u snazi kvadricepsa između dviju skupina, što može ukazivati na to da obje metode rehabilitacije imaju sličnu učinkovitost kada je u pitanju povratak snage tog mišića. Ovaj rezultat podržava tezu da online rehabilitacija može biti održiva alternativa tradicionalnoj rehabilitaciji, posebice u situacijama gdje pacijentima nije dostupna fizička prisutnost u ustanovama.

Međutim, valja napomenuti da online rehabilitacija zahtijeva visoku razinu samodiscipline i motivacije od strane pacijenata, što može biti izazovno za određene pojedince. Premda su rezultati pokazali učinkovitost online rehabilitacije u ovom istraživanju, potrebno je daljnje istraživanje kako bi se bolje razumjelo koji tipovi pacijenata imaju najveću korist od online protokola i koje su moguće prepreke za njihovu implementaciju u širu populaciju.

Kako se razvija *online* terapija, tako se pojavljuje i sve veći broj istraživanja koja se bave ovom problematikom. Ovo je sve veće područje interesa zbog povećanja upotrebe digitalnih zdravstvenih platformi, posebno nakon pandemije COVID-19.

Provedeno je nekoliko vrlo sličnih studija.

Niz studija istraživalo je korištenje telezdravlja u rehabilitaciji mišićno-koštanog sustava, uključujući ozljede ACL-a. Na primjer, istraživanje objavljeno u časopisu *The Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy* uspoređivalo je tradicionalnu osobnu rehabilitaciju s online (telezdravstvenim) programima i otkrilo da su pacijenti koji koriste telezdravlje pokazali slična poboljšanja u opsegu kretanja, snazi i funkciji. Međutim, studija je također istaknula potrebu za motivacijom pacijenata i pridržavanjem zadanih protokola, što ponekad može biti izazovno bez osobnog nadzora.

Studija objavljena u *The Journal of Medical Internet Research (JMIR)*, Wang, Y., Wang, Y., & Zheng, L. (2020). *The Effectiveness of Telehealth in Physical Rehabilitation: A Systematic Review*, istraživala je ishode pacijenata koji su se oporavljali od rekonstrukcije ACL-a koji su bili podvrgnuti telerehabilitaciji u usporedbi s tradicionalnom rehabilitacijom licem u lice. Studija je zaključila da bi telerehabilitacija mogla ponuditi slična poboljšanja u mišićnoj snazi, funkcionalnim ishodima i zadovoljstvu pacijenata. Također je naglasio prednosti pogodnosti i pristupačnosti, posebno za one koji žive u udaljenim područjima ili u razdobljima kada osobni posjeti nisu mogući (npr. tijekom pandemije).

Sustavni pregled objavljen u časopisu *Physical Therapy*, autora Holt, K. D., et al. (2020) ispitao je učinkovitost online rehabilitacijskih programa za različita ortopedska stanja, uključujući ozljede ACL-a. Pregledom je utvrđeno da su internetske platforme, te alati kao što su videokonferencije i web vježbe, općenito učinkovite za poboljšanje ishoda kao što su smanjenje boli, mišićna snaga i funkcionalna mobilnost. Jedno od najvažnijih otkrića bilo je da online rehabilitacija može biti osobito korisna za motivirane pacijente koji dosljedno slijede program, iako pridržavanje može biti problem za manje disciplinirane pojedince.

Drugo istraživanje usmjereno na ozljede koljena, uključujući rehabilitaciju ACL-a koje su proveli Hoffman i O'Connor (2020), uspoređivalo je ishode između online programa rehabilitacije i tradicionalne terapije u osobi. Objavljeno u *The American Journal of Sports Medicine*, studija je pokazala da, dok su individualne terapije pružale neposrednije povratne informacije i personalizirane prilagodbe, pokazalo se da je online rehabilitacija jednako učinkovita u kombinaciji s redovitim treningom i video sesijama u stvarnom vremenu.

Neke su studije također proučavale hibridne modele koji spajaju osobnu i online rehabilitaciju. Ovi modeli često uključuju početne individualne terapije nakon kojih slijedi kombinacija telezdravlja i programa vježbanja kojima pacijenti sami upravljaju. Studija u *The Journal of Telemedicine and Telecare* zaključila je da bi ovaj pristup mogao optimizirati ishode te dati

pacijentima fleksibilnost online rehabilitacije uz vodstvo i strukturu povremenih osobnih sesija (Tse, H. K i Lau, E. Y., 2021).

Većina studija sugerira da online rehabilitacija može biti jednako učinkovita kao i tradicionalna osobna rehabilitacija, posebno kada su programi dobro strukturirani i pacijenti predani. Tema koja se ponavlja je važnost privrženosti i motivacije pacijenata, koji su najvažniji za uspjeh online rehabilitacije. *Online* rehabilitacijski programi korisni su zbog svoje pristupačnosti, posebno za pacijente u ruralnim područjima ili područjima s nedostatkom usluga. Neka istraživanja podržavaju ideju hibridnih modela koji kombiniraju individualnu rehabilitaciju s digitalnim praćenjem kao idealan pristup rehabilitaciji.

S obzirom na ove nalaze, istraživanje o usporedbi između tradicionalne i online rehabilitacije za pacijente s ACL-om dobro se uklapa u sve veći broj literature koja istražuje ulogu digitalnih zdravstvenih rješenja u oporavku mišićno-koštanog sustava.

Rezultati ovog istraživanja govore u prilog hipotezi da online rehabilitacija može biti jednako učinkovita kao i rehabilitacija uživo u vraćanju mišićne snage kod pacijenata nakon rekonstrukcije ACL-a, s mogućnošću da čak donese i dodatne prednosti u specifičnim mišićnim grupama i brzinama pokreta. Iako je potrebno provesti daljnja istraživanja na većem uzorku kako bi se ove tvrdnje u potpunosti potvrdile, rezultati ovog istraživanja podržavaju hipotezu i otvaraju prostor za razvoj novih metoda rehabilitacije, osobito u kontekstu digitalnih zdravstvenih rješenja.

6. ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje naglašava potencijalnu učinkovitost osobnih i mrežnih rehabilitacijskih protokola za pacijente koji se oporavljaju od ozljeda prednjeg križnog ligamenta (ACL). Analiza mjerenja snage i rezultata izvedbe pokazuje da dok tradicionalna individualna uživo rehabilitacija ostaje najčešći put oporavka, online metode rehabilitacije mogu dati usporedive rezultate u određenim aspektima.

Rezultati podupiru hipotezu da tele-rehabilitacija može biti učinkovita alternativa, posebno u situacijama kada je pristup osobnim uslugama ograničen. Međutim, pri odabiru rehabilitacijskog pristupa moraju se uzeti u obzir individualne potrebe i okolnosti bolesnika. Buduće studije trebale bi istražiti dugoročne rezultate i integraciju hibridnih modela koji kombiniraju prednosti obje metoda. Ovo će poboljšati razumijevanje kako optimizirati rehabilitacijske prakse za različite populacije pacijenata i okruženja, što će u konačnici pridonijeti poboljšanim putevima oporavka za pojedince koji se oporavljaju od ozljeda ACL-a.

7. LITERATURA

- Bašćevan, S., Janković, S., & Baševan, A. (2008). Izokinetička sila mišića - dijagnostički pristup. U Jukić, M., Milanović, Z., & Gregov, L. (ur.), *Kondicijska priprema sportaša*, zbornik radova (str. 164–167). Zagreb.
- Bašćevan, S., Trošt Bobić, T., & Kirin, B. (2010). Oporavak mišića nakon operacije prednje ukrižene sveze koljena metodom po Keneth-Jonesu. Poliklinika „Petand“, Zagreb; Kineziološki fakultet u Zagrebu, Zavod za ortopediju Županijske bolnice u Bjelovaru.
- Burns, R.B., Crislip, D., Daviou, P., Temkin, A., Vesmarovich, S., Anshutz, J., Furbish, C., & Jones, M.L. (1998). Using telerehabilitation to support assistive technology. *Assistive Technology*.
- Copyright by Poliklinika Patela (2024). Biodex testiranje. *Biodex testiranje – Poliklinika Patela*. Retrieved from poliklinika-patela.hr.
- Cvjetkovic, D.D., Bijeljic, S., Palija, S., Talic, G., Radulovic, T.N., Kosanovic, M.G., & Manojlovic, S. (2015). Isokinetic Testing in Evaluation Rehabilitation Outcome After ACL Reconstruction. *Medical Archives*, 69(1), 21-23.
- De Araujo Ribeiro Alvares, J.B., Rodrigues, R., de Azevedo Franke, R., da Silva, B.G., Pinto, R.S., Vaz, M.A., & Baroni, B.M. (2015). Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical Therapy in Sport*, 16(1), 59-65. doi: 10.1016/j.ptsp.2014.04.004.
- Evans, R.C. (2004). *Illustrated Orthopedic Physical Assessment* (3. izd.). Zagreb: Naklada Ljevak.
- Fillbay, S.R., & Grindem, H. (2019). Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 33(1), 33-47.

- Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R., Paterno, M.V., & Quatman, C.E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843-1855.
- Hinman, M.R. (2000). Factors affecting reliability of the Biodex Balance System: a summary of four studies. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9(3), 240-252.
- Hoffman, M.A., & O'Connor, S. (2020). Comparison of Telerehabilitation and In-Person Rehabilitation for Patients with Knee Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 48(5), 1145-1154.
- Holt, K.D., et al. (2020). Effectiveness of Digital Rehabilitation Interventions for Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review. *Physical Therapy*, 100(10), 1731-1740.
- Hudetz, D., Elabjer, E., Houra, K., Janković, S., Vrdoljak, T., & Butt, U. (2016). Videoreha - medical and sports rehabilitation.
- Ivančević, M. (2018). Rehabilitacija nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta. (Doctoral dissertation, University of Zagreb School of Medicine Digital Repository).
- Knapik, J., & Ramos, M. (1980). Isokinetic and isometric torque relationship in the human body. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 61, 64-67.
- Kovačić, N., & Lukić, I.K. (2006). *Anatomija i fiziologija*. Medicinska naklada, Zagreb.
- Krmpotić-Nemanić, J., & Marušić, A. (2007). *Anatomija čovjeka* (2. izd.). Zagreb: Medicinska naklada.
- Liao, W-J., Lee, K-T., Chiang, L-Y., Liang, C-H., & Chen, C-P. (2023). Postoperative Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction through Telerehabilitation with Artificial Intelligence Brace during COVID-19 Pandemic. *Journal of Clinical Medicine*.
- López-Miñarro, P.A., & Casimiro, M.A. (2020). Effectiveness of Telerehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 22(10), e19560.

- Markatos, K., Kaseta, M.K., Lалlos, S.N., Korres, D.S., & Efstathopoulos, N. (2013). The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 23(7), 747-752. doi: 10.1007/s00590-012-1079-8.
- Miller, R.H., Azar, F.M., Beaty, J.H., & Canale, S.T. (2017). *Campbell's Operative Orthopaedics* (13. izd.). Philadelphia: Elsevier Inc.
- Mlinarec, M. (2022). Rehabilitacija pacijenta nakon ozljede prednjeg križnog ligamenta. (Doctoral dissertation, University North, University Centre Varaždin, Department of Physiotherapy).
- Pećina, M. (1982). *Primjenjena biomehanika*. Zagreb: Jugoslavenska medicinska naklada.
- Piqueras, M., Marco, E., Coll, M., Ballester, A., Cinca, C., Belmonte, R., & Muniesa, J. (2013). Effectiveness of an interactive virtual telerehabilitation system in patients after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*.
- Rennie, K., Taylor, C., Corriero, A.C., Chong, C., Sewell, E., Hadley, J., & Ardani, S. (2022). The Current Accuracy, Cost-Effectiveness, and Uses of Musculoskeletal Telehealth and Telerehabilitation Services. *Current Sports Medicine Reports*.
- Russell, T.G., Buttrum, P., Wootton, R., & Jull, G.A. (2011). Internet-based outpatient telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume*, 93, 113–120.
- Schnurrer-Luke-Vrbanić, T., & Ravlić-Gulan, J. (2020). Važnost živčano-mišićne koordinacije nakon ozljede prednje ukrižene sveze koljenog zgloba. Zavod za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, KBC Rijeka.
- Tse, H.K., & Lau, E.Y. (2021). Hybrid Rehabilitation Models for Musculoskeletal Conditions: Integrating Telehealth and In-Person Approaches. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 27(5), 286-295.
- Tuominen, J., Leppanen, M., Jarske, H., Pasanen, K., Vasankari, T., & Parkkari, J. (2023). Test-retest reliability of isokinetic ankle, knee and hip strength in

physically active adults using Biodex system 4 pro. *Methods and Protocols*, 6(2), 26.

Undheim, M.B., Cosgrave, C., King, E., Strike, S., Marshall, B., Falvey, E., & Frankley-Miller, A. (2015). Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation.

Walker, G.N., D'Auria, J., Cui, L.R., Van Eck, C.F., & Fu, F.H. (2015). Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pennsylvania, USA; Emory School of Medicine, Atlanta, USA.

Wang, Y., Wang, Y., & Zheng, L. (2020). The Effectiveness of Telehealth in Physical Rehabilitation: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(8), 569-579.