

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Saskia Alusalu

**Füsioterapeutiliste testide kasutamine patellofemoraalliigese
valu­ündroomi ja patellaarse tendinopaatia diferentseerimisel
18–55-aastastel patsientidel**

**The Use of Physiotherapeutic Tests in Differentiating Patellofemoral Pain Syndrome
and Patellar Tendinopathy in Patients Aged 18–55**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

Ortopeed Mihkel Mardna, DrMed

Kaasjuhendaja:

Teadur Eva-Maria Riso, PhD

Tartu 2026

SISUKORD

SISUKORD	2
LÜHIÜLEVAADE	5
ABSTRACT	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Patellofemoraalliigese valusündroom (PFVS).....	7
1.1.1. Patellofemoraalliigese valusündroomi diagnoosimise probleemid	8
1.2. Patellaarne tendinopaatia (PT).....	8
1.2.1. Probleemid PT diagnoosimisel ja riskifaktorite tuvastamisel.....	9
1.3. PFVS ja PT riskifaktorite süntees ja diferentsiaaldiagnostika	10
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
2.1. Uurimisülesanded	12
2.2. Hüpoteesid	12
3. METOODIKA	13
3.1. Valim ning vaatlusaluste sissearvamise- ja välistamiskriteeriumid.....	13
3.2. Uuringus osalejate teavitamine ja isikuandmete töötlus	13
3.3. Uuringu korraldus ja hindamismetoodika.....	14
3.4. Küsimustik uuritavatele	14
3.5. Andmete kogumise üldkirjeldus ja mõõtmiste üldpõhimõtted	15
3.5.1. Valu hindamine ja selle asukoha kaardistamine	15
3.5.2. Palpatsioon ja subjektiivne turse hindamine	16
3.5.3. Patella stabiilsuse hindamine	16
3.5.4. Clarke test (<i>Patellar Grind Test</i>)	17
3.5.5. Quadriceps nurga (Q-nurga) mõõtmine	17
3.5.6. Lodiluu langustest (<i>Navicular Drop Test</i>)	18
3.5.7. Hüppeliigese aktiivse liikumisulatuse (AROM) hindamine	18
3.5.8. Puusaliigeste rotatsiooni hindamine	19
3.5.9. Modifitseeritud Thomase test	19
3.5.10. Modifitseeritud Oberi test	20
3.5.11. Ühe jala kükk kaldpinnal (<i>Single Leg Decline Squat</i>)	20
3.5.12. Lihasjõu isomeetiline testimine	21
3.5.13. Hüppevõime hindamine (<i>Squat Jump</i>).....	22
3.5.14. Korduvate hüpete test (<i>10/5 Repetitive Jump Test</i>)	23
3.6. Andmete analüüs ja statistika.....	24
3.6.1. Andmete kodeerimine ja eeltöötlus	25
3.6.2. Tunnuste eraldamine Kinventi toorandmetest	25

3.6.3.	Statistilised meetodid ja masinõpe	26
3.6.4.	Taandatud mudeli tunnustevalik	27
3.6.5.	Testikomplekti efektiivsuse analüüs	27
3.6.6.	Ristkontrolli strateegia	27
4.	TÖÖ TULEMUSED	28
4.1.	Valimi üldiseloostus	28
4.2.	Esialgne baastunnuste analüüs (faas 1)	28
4.3.	Põlvetasandi hierarhiline mudel ja masinõppe tulemused (faas 2)	29
4.4.	Instrumentaalsete toorandmete laiendatud analüüs (faas 3)	30
4.5.	Taandatud 15 instrumentaalse tunnusega mudel (faas 4)	32
4.6.	Testikombinatsiooni efektiivsuse analüüs (faas 5)	34
4.6.1.	Üksiktesti klassifitseerimisvõime	34
4.6.2.	Ablatsioonuuring	34
4.6.3.	Minimaalne testide kombinatsioon	35
4.7.	Mudelite koondvõrdlus	35
5.	ARUTELU	37
5.1.	Traditsioonilise hindamise piirangud ja kliiniline eristatavus	37
5.2.	Kliinilised leiud ja diagnoosidevahelised erinevused	38
5.3.	Jõu arendamise kiirus (RFD) kui peamine diagnostiline eristaja	39
5.4.	Kineetilise ahela kompensatsioonid: proksimaalne ja distaalne kompensatsioon	40
5.4.1.	Distaalne kompensatsioon	40
5.4.2.	Proksimaalne kompensatsioon	40
5.5.	Masinõppe ja instrumentaalse süvaanalüüsi rakendamine pilootuurina	41
5.6.	Bilateraalne neuromuskulaarne adaptatsioon ja kompensatoorsed mustrid	42
5.7.	Optimaalne testide kombinatsioon ja kliinilise ajaressursi säästmine	42
5.8.	Töö tugevused ja piirangud	43
5.9.	Praktilised soovitused füsioteraapias	44
5.10.	Edasised uurimissuunad	45
6.	JÄRELDUSED	46
	KASUTATUD KIRJANDUS	47
	LISAD	54
	LISA 1. Ankeetküsimustik	54
	LISA 2. Valu kaardistamise leht	57
	LISA 3. Taandatud mudeli 15 tunnuse statistilised väärtused	59
	TÄNUAVALDUSED	60
	AUTORI LIHTLITSENTS	61
	Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	61

KASUTATUD LÜHENDID JA MÕISTED

AKP – põlve eesmise osa valu (ingl *Anterior Knee Pain*)

AROM – aktiivne liikumisulatus (ingl *Active Range Of Motion*)

ASIS – eesmine ülemine niudeluuga (ingl *Anterior Superior Iliac Spine*)

DF – dorsaalfleksioon

ITB – iliotibiaaltrakt

ND – lodiluu (*os naviculare*) langus (ingl *Navicular Drop*)

NDT – lodiluu langustest (ingl *Navicular Drop Test*)

PAT – patella lateraalse translatsiooni hindamise test (ingl *Patellar Apprehension Test*)

PF – plantaarfleksioon

PFVS – patellofemoraalliigese valusündroom (ingl *Patellofemoral Pain Syndrome*)

PT – patellaarne tendinopaatia (ingl *Patellar Tendinopathy*)

QF – reie nelipealihhas (*m. quadriceps femoris*)

QT – reie nelipealihase kõõlus (ingl *Quadriceps Tendon*)

RFD – jõu arendamise kiirus (*Rate of Force Development*)

RSI – reaktiivse jõu indeks (ingl *Reactive Strength Index*)

TFL – *m. tensor fasciae latae*

VAS-skaala – valu visuaalne analoogskaala (ingl *Visual Analogue Scale*)

VL – *m. vastus lateralis*

VMO – *m. vastus medialis obliquus*

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada, millised füsioterapeutilised testid (sh kliinilised ja instrumentaalsed meetodid) ning nende kombinatsioonid on koos patsientide antropomeetriliste, kehalise aktiivsuse ja valu anamneesi näitajatega kõige informatiivsemad patellofemoraalliigese valusündroomi (edaspidi PFVS) ja patellaarse tendinopaatia (edaspidi PT) diferentseerimisel.

Metoodika: Uuringus osales 28 kehaliselt aktiivset eesmise põlvevaluga patsienti. Andmekogumine hõlmas subjektiivset anamneesi, kliinilisi teste (sh Q-nurk, palpatsioon) ning portatiivsete jõuanduritega teostatud isomeetrilisi ja dünaamilisi biomehaanilisi mõõtmisi. Andmete süvaanalüüsiks ja testide eristusvõime hindamiseks rakendati statistilisi meetodeid ning masinõppe algoritme (logistiline regressioon, otsustusmets).

Tulemused: Rühmadevahelises analüüsis näitasid 33 tunnust suurt efekti suurust. Tugevaimaks eristajaks osutus kükkhüppe (ingl *Squat Jump*, edaspidi SJ) jõu arendamise kiirus (ingl *Rate of Force Development*, edaspidi RFD) 100–150 ms ajaaknas ($d = -1,35$, $p = 0,002$), kus PT-patsiendid arendasid jõudu ligi kaks korda kiiremini kui PFVS-patsiendid. PFVS rühma iseloomustas sümptomite hajusam iseloom, teravam jõukõvera kuju (kõrgem kurtosis), madalam katsetevaheline varieeruvus ja suurenenud Q-nurk. PT patsiente iseloomustas järjepidevalt kõrgem jõu genereerimine, suurem jõu arendamise kiirus (eriti 100–200 ms ajaaknas) ja kõrgem reaktiivne hüppevõimekus. Masinõppemudelil saavutas optimaalne kahe testi kombinatsioon (SJ + plantaarfleksioon (edaspidi PF)) ligikaudu 8 minutiga 92,9% diagnostilise täpsuse – ületades kuue testi täiskomplekti (89,3%, ~22 minutit). Kolme testi (põlve ekstensiooni 90°, *m. vastus medialis obliquus*'e (edaspidi VMO), dorsaalfleksiooni (edaspidi DF)) eemaldamine ei vähendanud, vaid pigem parandas klassifitseerimistäpsust. Lisaks ilmses hierarhilisest mudelist, et patsientide asümptomaatilised („terved“) põlved on biomehaaniliselt sümptomaatiliste põlvedega eristamatult sarnased.

Kokkuvõte: PFVS ja PT kliiniline eristamine nõuab objektiivse neuromuskulaarse funktsiooni hindamist. Uuringu tulemusena leitud optimeeritud testide kombinatsioon võimaldab igapäevapraktikas sündroomi kiirelt ja täpselt eristada, toetades mehhanismipõhise taastusravi planeerimist.

Märksõnad: eesmine põlvevalu, diferentsiaaldiagnostika, masinõpe, jõu arendamise kiirus.

ABSTRACT

Objective: This master's thesis aims to determine which physiotherapeutic tests (including clinical and instrumental methods) and their combinations, along with patients' anthropometric, physical activity, and pain history parameters, are the most informative in differentiating between patellofemoral pain syndrome (hereafter PFPS) and patellar tendinopathy (hereafter PT).

Methods: The study included 28 physically active patients with anterior knee pain. Data collection involved subjective medical history, clinical tests (including Q-angle and palpation), as well as isometric and dynamic biomechanical measurements performed using portable force sensors. Statistical methods and machine learning algorithms (logistic regression, random forest) were applied for data analysis and to evaluate the discriminatory power of the tests.

Results: In the between-group analysis, 33 features showed large effect sizes. The strongest discriminator was the Squat Jump (hereafter SJ) *Rate of Force Development* (hereafter RFD) test in the 100–150 ms time window ($d = -1.35, p = 0.002$), where PT patients developed force almost twice as fast as PFPS patients. The PFPS group was characterized by diffuse symptom presentation, a sharper force curve (higher kurtosis), reduced intertrial variability, and an increased Q-angle. Conversely, PT patients were consistently characterized by higher force production, a faster rate of force development (especially in the 100–200 ms time window), and superior reactive jumping capacity. In the machine learning model, the optimal two-test combination (SJ + plantarflexion) achieved 92.9% diagnostic accuracy in approximately 8 minutes—outperforming the full six-test battery (89.3%, ~22 minutes). The removal of three tests (knee extension 90°, VMO 90°, dorsiflexion) did not decrease, but rather improved classification accuracy. Furthermore, the hierarchical model revealed that the patients' asymptomatic ("healthy") knees were biomechanically indistinguishable from their symptomatic knees.

Conclusion: The clinical differentiation between PFPS and PT requires an objective assessment of neuromuscular function. The optimized test combination identified in this study enables quick and accurate differentiation of the syndromes, facilitating mechanism-based rehabilitation planning in daily practice.

Keywords: anterior knee pain, differential diagnosis, machine learning, rate of force development.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Patellofemoraalliigese valusündroom (PFVS)

PFVS on mõiste põlvekedra ja sellega kontakteeruva reieluu pinnaga seotud valule (Orava, 2014), mis on väga sage põlvevalu põhjus aktiivsel populatsioonil (Abbas *et al.*, 2018; Barton *et al.*, 2010; Crossley *et al.*, 2016). PFVS on katustermin, mis hõlmab erinevaid patoanatomilisi valu põhjustajaid (Hannington *et al.*, 2022), sest täpselt tihti ei teata, milline konkreetne põlvekedra või reieluu struktuur on haaratud.

PFVS-i sünonüümidenä kasutatakse ka mõisteid: (1) patellofemoraalne valu sündroom; (2) põlvekedra kondromalaatsia; (3) põlve eesmise osa valu ja/või sündroom (ingl *anterior knee pain* – edaspidi AKP) ning (4) jooksjä põlv (Crossley *et al.*, 2016).

PFVS-i defineerimise põhikriteeriumiks on valu esinemine põlvekedra taga või ümbruses, mida süvendab vähemalt üks järgnevatest tegevustest, mis koormab patellofemoraalliigest painutatud põlve asendis: kükitamine, treppidel liikumine, jooksmine, hüppamine (Crossley *et al.*, 2016). Lisakriteeriumiks, kuid mitte hädavajalikuks, loetakse krepitatsiooni esinemist põlveliigese painutuse ajal, palpatoorset tundlikkust põlvekedra liigespindadel (ingl *facets*), turse esinemist ja valu istumisel, istumast tõusmisel või põlve sirutamisel pärast pikemat istumist (Crossley *et al.*, 2016). Boling *et al.* (2010) kohaselt on PFVS-i diagnoosimise kriteeriumide hulka lisatud ka valu tase visuaal-analoogskaalal (edaspidi VAS-skaala), mis peab olema igapäevategevuste puhul minimaalselt 3 palli. Lisaks peavad teadmata põhjusel tekkinud sümptomid esinema vähemalt neli nädalat ning kõik teised sarnaseid sümptomeid põhjustavad diagnoosid peavad olema välistatud (Boling *et al.*, 2010; Malliaras *et al.*, 2015). Valu on keeruline defineerida, kuna PFVS-i patsientide sümptomid varieeruvad nii asukoha kui ka intensiivsuse poolest, põhjustades erineval määral füüsilisi tegevuspiiranguid (Witvrouw *et al.*, 2005).

Kuigi valdavalt seostatakse PFVS-i diagnoosi patellofemoraalliigese suurenenud või muutunud koormusega, on sümptomite täpne etioloogia ja riskitegurid siiani puudulikult mõistetud (Abbas *et al.*, 2018; Barton *et al.*, 2010; Nijs *et al.*, 2006) ning nende osas puudub konsensus. PFVS-i tekkepõhjusteks on välja pakutud mitmeid alajäseme joondushäire muutusi ja lihaste düsfunktsioone nagu näiteks (1) liigne subtalaarliigese pronatsioon (Barton *et al.*, 2010), (2) VMO ja *m. vastus lateralis* 'e (edaspidi VL) neuromuskulaarne düsbalanss (Chang *et al.*, 2015), (3) suurenenud *m. quadriceps* 'i nurk (edaspidi Q-nurk) (Milovanović *et al.*, 2023), (4) pinges või lühenenud iliotibialtrakt (edaspidi ITB) (Merican & Amis, 2009), (5)

puusaliigest ümbritsevate lihaste düsbalanss (Souza & Powers, 2009) ja vähenenud põlvelliigese sirutajate lihasjäudlus (Milovanović *et al.*, 2023).

1.1.1. Patellofemoraalliigese valusündroomi diagnoosimise probleemid

PFVS-i kõrge esinemissagedus ning etioloogiliste tegurite mitmekesisus muudavad selle probleemi diagnoosimise keerukaks ning vastuvõtlikuks väärtõlgendustele (Nunes *et al.*, 2013). Samuti on leitud, et ligikaudu 25%-l PFVS juhtudest püsivad sümptomid keskmiselt 16 aastat pärast esmast avaldumist (Barton *et al.*, 2010), mis viitab puudujääkidele praegustes taastusravi strateegiates ning vajadusele paremini mõista selle patoloogia kulgu.

PFVS-i diagnoosimiseks on välja töötatud arvukalt teste, kuid Nunes *et al.* (2013) ülevaate kohaselt ei ole ükski olemasolev test diagnostiliselt järjepidev, mistõttu puuduvad tõendid eelistatud meetodi valikuks. Enamikul traditsioonilistel testidel (nt *Clarke's sign*) on väga madal diagnostiline täpsus (Cook *et al.*, 2010; Nijs *et al.*, 2006; Nunes *et al.*, 2013), kuid ometi kasutatakse testi endiselt ortopeedide ja füsioterapeutide igapäevatöös. *Clarke's sign* ehk *Patellar Grind Test* ei suutnud usaldusväärset eristada PFVS-iga patsiente teistest põlveprobleemidega inimestest, andes palju valepositiivseid tulemusi (Nijs *et al.*, 2006; Nunes *et al.*, 2013). Isoleeritud testitulemused ei ole seotud patsiendi funktsionaalse seisundi ega tegevuspiirangutega, mistõttu on diagnoosi kinnitamiseks või välistamiseks vajalik kasutada funktsionaalsete hindamistestide ja situatsiooniliste nähtude kombinatsioone (Cook *et al.*, 2010).

1.2. Patellaarne tendinopaatia (PT)

PT, mille sünonüümiks on “hüppaja põlv”, on sportlaste seas laialt levinud ülekoormuseseisund (Theodorou *et al.*, 2023). See on seotud korduva mehaanilise stressiga patellaarkõõlusele (ingl *patellar tendon*) ja avaldub lokaliseeritud AKP-na, sõltumata struktuursete muutuste olemasolust (Mendonça *et al.*, 2016). Tegemist on mittekontaktse vigastusega, mille sümptomid kujunevad enamasti järk-järgult ning süvenevad koormuse lisandumisel (Theodorou *et al.*, 2023). Suur hüppamis- ja maandumissagedus ning intensiivne treening- ning võistluskoormus on PT peamised riskitegurid, ulatudes eliittaseme hüpeterohketel aladel, nagu võrkpall ja korvpall, kuni 40%-lise esinemissageduseni (Mendonça *et al.*, 2016; Mendonça *et al.*, 2018).

PT diagnoosi määravad spetsiifilised kliinilised tunnused on: (1) lokaalne valu põlvekedra alumise tipu kohal kõõluse proksimaalsel kinnituskohal (Malliaras *et al.*, 2015;

Peers & Lysens, 2005) ja (2) koormusega seotud valu, mis süveneb põlvesirutajate koormusnõudluse kasvades – seda eriti tegevuste puhul, mis nõuavad patellaarkõõluselt energia salvestamist ja vabastamist, näiteks hüpped (Malliaras *et al.*, 2015). Harvemini esineb valulikkust põlvekedra kõõluse distaalsel kinnituskohal sääreluu kõbrukesel ja põlvekedra kõõluse terves ulatuses (Peers ja Lysens, 2005), sest enamasti on need piirkonnad asümptomaatilised (Orava, 2014). Kaasneda võivad ka teised nähud, nagu valu pikaajalisel istumisel, kükitamisel ja treppidel käimisel, kuid need on iseloomulikud ka PFVS-le ja teistele patoloogiatele (nt Hoffa rasvpadja ärritus) (Malliaras *et al.*, 2015).

Patellaarkõõluse struktuursete muutuste esinemine halvendab oluliselt haiguse prognoosi ja ravivalikuid, olles seotud suurema funktsionaalse piirangu, pikema taastumisaja ja suurenenud kõõluseruptuuri riskiga (Mendonça *et al.*, 2016). Kroonilised PT sümptomid võivad püsida aastakümneid (Li *et al.*, 2025; Scattone Silva *et al.*, 2016) ja on näidatud, et kuni 53% sportlastest on põlvevalu tõttu sunnitud oma sportlaskarjääri lõpetama (Kettunen *et al.*, 2002). Eeltoodust tulenevalt on PT puhul varajane ja täpne kliiniline hindamine kriitilise tähtsusega ning pildiagnostika pakub seejuures vaid täiendavat informatsiooni (Theodorou *et al.*, 2023).

1.2.1. Probleemid PT diagnoosimisel ja riskifaktorite tuvastamisel

Hoolimata PT suurest levimusest sportlaste seas on antud patoloogia tekkepõhjused ja riskitegurid endiselt puudulikult kirjeldatud (Scattone Silva *et al.*, 2016). Paljud uuringud on keskendunud valdavalt põlveliigese piirkonna lokaalsetele antropomeetrilistele, biomehaanilistele ja anatoomilistele riskiteguritele (Mendonça *et al.*, 2018), kuid nende seos PT-ga on osutunud pigem nõrgaks (van der Worp *et al.*, 2011). Seetõttu on hakatud üha enam tähelepanu pöörama ka puusa-, hüppeliigese ja jalalaba piirkonna funktsioonihäiretele (Malliaras *et al.*, 2015). Uuringud on kinnitanud, et nende piirkondade anatoomilised ning biomehaanilised iseärasused muudavad alajäseme joondumist ja koormuse jaotumist, olles seeläbi otseselt seotud PT esinemisega (Mendonça *et al.*, 2018). Lisaks esinevad PT-ga sportlastel sageli puudujäägid alajäsemete (sh tuhara-, reienelipea- ja säärelihaste) lihasjõus (Malliaras *et al.*, 2015) ning painduvuses, mis põhjustavad ebaefektiivseid liikumismustreid ja soodustavad põlve sirutajamehhanismi ülekoormust (Scattone Silva *et al.*, 2016).

Kokkuvõttes on leitud, et PT riskiprofiil on multifaktoriaalne, mis rõhutab vajadust hinnata kogu alajäseme kineetilist ahelat, mitte piirduda üksnes põlveliigese struktuuridega. Kuna üksikute kliiniliste testide diagnostiline väärtus on piiratud, on diagnoosi kinnitamiseks

ja teiste patoloogiate välistamiseks soovitatav kasutada testide kombinatsiooni (nt palpeerimine koos funktsionaalsete testidega), mis suurendab oluliselt kliinilise hindamise usaldusväärsust ja täpsust (Mendonça *et al.*, 2016).

1.3. PFVS ja PT riskifaktorite süntees ja diferentsiaaldiagnostika

Nii PFVS kui ka PT riskiprofiil on multifaktoriaalne, ulatudes kaugemale põlveliigese lokaalsetest struktuuridest. Kuna mõlema patoloogia puhul on põlveliigese koormusjaotust mõjutanud sarnased kineetilise ahela probleemid (näiteks alajäseme joondumise muutused ning lihasjõu ja -elastsuse defitsiit), on nende kahe seisundi kliiniline eristamine ainult anatoomiliste riskitegurite põhjal keeruline. Hannington *et al.* (2022) uuringus on välja toodud, et asümptomaatilistel sportlastel esineb pildiagnostika ülesvõtetel samuti kõrvalekaldeid ja/või kõõluste palpatoorset hellust sarnaselt PT või PFVS-i diagnoosiga sportlastele. Arvestades, et nii uuringutes kui ka kliinilises praktikas on PT ja PFVS-i peamiseks diagnostilisteks kriteeriumideks sageli pildiagnostika leiud ja palpatoorne hellus, võivad need diagnostilised kriteeriumid eraldiseisvana viia haigusseisundite väärdiagnoosimiseni (Hannington *et al.*, 2022; Malliaras *et al.*, 2015). Samuti taanduvad sümptomaatiliste patsientide kaebused sageli ilma, et ultraheli- või magnetresonantstomograafia (MRT) leiud vastavalt muutuksid (Malliaras *et al.*, 2015). Need leiud on seadnud kahtluse alla ainuüksi pildiagnostika ja üksikute hindamismeetodite valiidsuse, mistõttu on mõlema seisundi diagnoosimisel soovitatud kasutada abistavaid mõõtmisi ning teste.

AKP diferentsiaaldiagnostika teeb keerukaks asjaolu, et potentsiaalseid valuallikaid on peale PT ja PFVS-i veel mitmeid – sealhulgas reie nelipealihase kõõluse (ingl *quadriceps tendon*, edaspidi QT) tendinopaatia, Hoffa sündroom (rasvpadja ärritus), *plica* (sünoviaalkurru) patoloogiad ning liigeskõhre kahjustused (Malliaras *et al.*, 2015). Kuigi PT ja PFVS on ühed sagedasemad AKP põhjused, on teaduskirjanduses nende kahe seisundi otsest sünteesi ning omavahelist võrdlust käsitletud üllatavalt vähe. Kuna puudub üks spetsiifiline test ehk nn kuldstandard, mis eristaks üheselt PFVS-i PT-st, on nende kahe diagnoosi kliiniline diferentseerimine jätkuvalt väljakutsuv (Hannington *et al.*, 2022). Malliaras *et al.* (2015) ja Hannington *et al.* (2022) rõhutavad, et kuigi mõlemad seisundid liigituvad AKP alla, esineb nende kliinilises pildis lahknevusi, eeskätt valu lokaliseerimise ja provotseerivates tegurites. Näiteks kurdavad PFVS-iga patsiendid sageli valu ägenemist isegi madala kõõluskoormusega tegevustel nagu kõndimine, jooksmine või jalgrattasõit. See erineb oluliselt PT-st, mille puhul on valu enamasti seotud suure energiat salvestava koormusega (näiteks hüppamine). Nende

seisundite eristamine peaks lähtuma eelkõige kliinilisest hindamisest, mitte ainult piltidiagnostikast, kuna kirjanduse andmetel esinevad PT ja PFVS harva samaaegselt (Malliaras *et al.*, 2015).

Hannington *et al.* (2022) uuring kinnitas, et kliinilised hindamistestid võivad esile kutsuda mitmeid põlvevalu ilminguid, mistõttu rõhutati, et täpsemaks diagnoosimiseks tuleb fikseerida ka valu asukoht ja iseloom, mitte ainult valu olemasolu. Patsiendipoolset valu kaardistamist on kasutatud mitmesuguste põlvevalu seisundite, sealhulgas PFVS-i ja PT kliiniliste ilmingute kirjeldamiseks ning see on osutunud usaldusväärseks meetodiks (Coombes *et al.*, 2020; Hannington *et al.*, 2022; Rio *et al.*, 2018). Kuna PFVS on üldmõiste, võib valu avalduda nii erinevates kui ka hajusates piirkondades põlveliigese ümber (Crossley *et al.*, 2016). Seevastu PT-ga seotud valu lokaliseerub tavaliselt fokaalselt põlvekedra tipu kohal. Lisaks on diferentsiaaldiagnostikas kriitilise tähtsusega otsene palpatsioon, et välistada anatoomiliselt lähedal asuva Hoffa rasvpadja ärritus, millele viitab PT-st erinev eesmine-alumine hajus valulikkus (Malliaras *et al.*, 2015).

PFVS-i ja PT diferentsiaaldiagnoosimine on keeruline ning nende kliinilistes esitusviisides esineb kattuvaid, kuid eristatavaid jooni. Standardse üksiku diagnostilise testi puudumise tõttu on nii PT kui ka PFVS-i diagnoosimisel soovitatud kasutada funktsionaalsete kliiniliste testide kombinatsiooni (Hannington *et al.*, 2022). Sellest lünga täitmise vajadusest teaduskirjanduses ja kliinilises praktikas on lähtunud ka käesolev uurimistö. Töö käigus rakendati anamnestiliste, füsioterapeutiliste ja instrumentaalsete testide kompleksi, et võimaldada PT ja PFVS-i diagnooside objektiivsemat eristamist, mis omakorda toetab adekvaatsete ja sihipäraste taastusravimeetodite valikut igapäevases füsioteraapiapraktikas.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva magistritöö eesmärk on välja selgitada, millised füsioterapeutilised testid (sh kliinilised ja instrumentaalsed meetodid) ning nende kombinatsioonid koos patsientide antropomeetriliste, kehalise aktiivsuse ja valu anamneesi näitajatega on kõige informatiivsemad PFVS-i ja PT diferentseerimisel.

Uuringu sihtrühmaks (edaspidi uuritavad) valiti kehaliselt aktiivsed täiskasvanud (vanuses 18–55 aastat), kellel oli diagnoositud sümptomaatiline PFVS või PT.

2.1. Uurimisülesanded

1. Tuvastada PT ja PFVS-iga diagnoosirühmade vahelised statistiliselt ja kliiniliselt olulised erinevused ning tugevaim üksiknäitaja diagnooside eristamisel.
2. Kirjeldada diagnoosipõhiseid neuromuskulaarseid ja biomehaanilisi profile (sh jõu genereerimise ja liigutusmuustrite eripärasid) mõlemas rühmas.
3. Hinnata masinõppemudelite diagnostilist täpsust (sh tundlikkust ja spetsiifilisust) PT ja PFVS-i eristamisel ning analüüsida andmemüra eemaldamise (tunnuste taandamise) mõju klassifitseerimisvõimele.
4. Välja selgitada kliinilisse praktikasse sobivaim, optimaalse aja- ja ressursikuluga testide kombinatsioon, mis tagab maksimaalse diferentsiaaldiagnostilise eristusvõime.
5. Tuvastada neuromuskulaarsete defitsiitide bilateraalsus, tehes kindlaks patsientide sümptomaatilise ja asümptomaatilise („terve“) põlve biomehaanilise sarnasuse.

2.2. Hüpoteesid

1. Vaatamata sarnasele peamisele sümptomile (AKP), eksisteerivad PT ja PFVS-i diagnoosirühmade vahel statistiliselt ning kliiniliselt olulised erinevused valu asukohas, alajäsemete biomehaanilises joondumises ja dünaamilistes neuromuskulaarsetes profiilides (jõu arendamise kiirus ja reaktiivne hüppevõimekus).
2. Eesmise põlvevalu sündroomidega kaasnevad neuromuskulaarsed defitsiidid ja kompensatsioonimehhanismid on kineetilises ahelas bilateraalsed, mistõttu sarnaneb patsientide asümptomaatiline („terve“) alajäse biomehaaniliselt ja funktsionaalselt sümptomaatilisele poolele.
3. Erinevate instrumentaalsete ja/või kliiniliste parameetrite kombineerimine võimaldab luua optimaalse ning ajasäästliku testide kombinatsiooni, mis eristab PFVS-i ja PT-d oluliselt suurema diagnostilise täpsusega kui üksikute testide isoleeritud kasutamine.

3. METOODIKA

3.1. Valim ning vaatlusaluste sissearvamise- ja välistamiskriteeriumid

Uuringusse kaasati 28 täiskasvanud ja sportliku eluviisiga (tegevsporlane, harrastussporlane) isikut, kellel esines kas uni- või bilateraalne PFVS või PT diagnoos või selle kahtlus. Uuringus osales 13 nais- ja 15 meesisikut, et tuvastada, kas esineb soost sõltuvaid haigustunnuseid. Uuringus osales 16 PFVS-i ja 12 PT diagnoosiga isikut.

Uuringusse kaasamise kriteeriumid olid järgmised: põlvepiirkonna valu kestus vähemalt neli nädalat, vanus vahemikus 18–55 aastat (nii mees- kui ka naissoost patsiendid). Väljaarvamiskriteeriumina määratleti akuutne alajäseme trauma viimase kolme kuu jooksul, anamneesis esinenud põlvekedra luksatsioon (Crossley *et al.*, 2016) ja 55 eluaastat valiti piirvanuseks, et välistada liigseid degeneratiivseid muutusi.

Uuringugrupp moodustati vabatahtlikkuse alusel isikutest, kes käisid andmete kogumise perioodil patsientidena töö autori juures füsioteraapia vastuvõtul või Tallinna Spordimeditsiini SA kliinikus ortopeed dr Mihkel Mardna konsultatsioonil. Lisaks, täiendavalt kaasati uuringusse vaatlusaluseid, levitades informatsiooni uuringu läbiviimisest spordiklubides ja teavitades treenereid ning kolleege (füsioterapeute) uuringu eesmärkidest ja sihtrühmast.

PFVS ja PT kahtlusega uuritavate kaasamise kriteeriumid olid üle 6 kuu kestnud põlve esiosa valu ja vähemalt kaks järgmistest sümptomitest ilma traumaatilise vigastuseta: põlvevalu trepist liikumisel, kükitades, pikalt istudes, jooksmisel või hüppamisel (Chang *et al.*, 2015; Crossley *et al.*, 2016).

Uuringu valimisse sooviti kaasata võimalikult sarnane arv PFVS ja PT diagnoosiga uuritavaid, et tekiks andmete võrreldavus. Eesmärgiks seati naiste ja meeste võrdne kaasamine uuringusse. Uuritavate arvu piiras magistr töö sooritamisperioodi lühidus.

3.2. Uuringu osalejate teavitamine ja isikuandmete töötlus

Enne uuringu algust teavitati osalejaid uuringu eesmärgist, testimisprotseduuridest ja nendega kaasneva võivatest võimalikest riskidest. Kõigilt osalejatelt küsiti uuringu osalemiseks ja andmete töötlemiseks kirjalik informeeritud nõusolek.

Kuna töö koostamise käigus koguti ja töödeldi isikuandmeid, hangiti uuringu läbiviimiseks eelnevalt Tartu Ülikooli inimuuringu eetikakomitee kooskõlastus (protokoll number 394/T-12), väljastatud 13.11.2024. Isikuandmete kaitse tagamiseks andmed

pseudonümiseeriti ja eemaldati otsesed isikutuvastust võimaldavad seosed. Uuringu tulemused esitati anonümiseeritud ja üldistatud kujul, et ei oleks võimalik uuringus osalejate hilisem identifitseerimine.

3.3. Uuringu korraldus ja hindamismetoodika

Käesolev magistritöö oli läbilõikeline kliiniline uuring, mille praktiline andmekogumine viidi läbi ajavahemikus september 2025 kuni veebruar 2026. Kõik uuringuga seotud praktilised hindamised viis läbi magistritöö autor oma füsioteraapia kabinetis Tallinnas. Uuritavate hindamine toimus individuaalselt ning uuringuprotseduurid kestsid ühe uuritava kohta ligikaudu 1,5 tundi. Objektiivsuse ja süstematiseerituse tagamiseks viidi kõik testid uuritavatega läbi identses järjekorras, vastavalt käesolevas metoodikas kirjeldatule: alustades anamneesi kogumise, valu ja turse hindamise ning manuaalse palpatsiooniga. Seejärel teostati spetsiifilised kliinilised ja instrumentaalsed testid.

Nende füsioterapeutiliste testide ja mõõtmiste eesmärk oli diferentseerida PFVS-i ja PT kliinilist pilti ning tuvastada kummagi patoloogiaga seonduvad funktsionaalsed ja biomehaanilised puudujäägid. Lisaks diagnoosidevahelisele võrdlusele analüüsiti leitud kõrvalekaldeid ka üldiste normväärtuste kontekstis, selgitamaks välja ülekoormussündroomidega kaasnevaid potentsiaalseid jõu- ja liikuvusdefitsiite.

3.4. Küsimustik uuritavatele

Uuringus osalejate anamneesi, demograafiliste andmete ja valu spetsiifika kaardistamiseks kasutati struktureeritud küsimustikke. Küsimustiku abil koguti osalejate kohta järgmine informatsioon:

- bioloogiline sugu (naine, mees);
- vanusegrupp (18–35-aastane, 35–45-aastane, 45–55-aastane);
- sportlik staatus (inaktiivne, aktiivne tervisesportlane, kindla eesmärgiga treeniv rahvasportlane, sportlane - hüppe-, kestva-, jõualade, pallimängude või muu ala esindaja);
- treeningtundide arv nädalas (kuni 4 h, 4–8 h, üle 8 h);
- sportimisaastad (alla 1 aasta, 1–4 aastat, 5–9 aastat, üle 10 aasta);

- liigutused või asendid, mille puhul valu esineb (istudes, põlve painutades, kõndides, joostes, hüpates, trepist üles minnes (sh tõusval pinnasel), trepist alla minnes (sh laskuval pinnasel), jalgrattaga sõites, pehmel või kõval pinnasel kõndides);
- põlvevalu tekkemehhanism ja ajalugu (arenes ajapikku, tekkis äkitselt, tekkis seoses uute tegevustega, on seotud traumaga);
- varasemad vigastused (jah/ei);
- valu esinemise aeg ja muster (hommikul, õhtul, öösel; treeningu ajal süvenev või paranev).

Lisaks eelnimetatud andmetele mõõdeti kaalu (kg) ja pikkust (cm) ning arutati nende põhjal iga osaleja kehamassiindeks (edaspidi KMI) valemiga kg/m^2 , lähtudes Ameerika Ühendriikide Riikliku Südame-, Kopsu- ja Vereinstituudi (NHLBI) standarditest (*NHLBI, s.a.*, kasutatud 25.01.2026).

3.5. Andmete kogumise üldkirjeldus ja mõõtmiste üldpõhimõtted

Andmete kogumiseks ja funktsionaalsete näitajate mõõtmiseks kasutati järgmisi seadmeid:

- lihasjõu mõõtmine – isomeetrilise lihasjõu hindamiseks kasutati digitaalset dünamomeetrit Kinvent K-Pull (*Kinvent, Montpellier, Prantsusmaa*);
- hüppevõime ja plahvatusjõu hindamine – kasutati kahte külgmiselt asetatud Kinvent K-Deltas jõuplatvormi (*Kinvent, Montpellier, Prantsusmaa*), mis on ühendatud Kinvent Physio tarkvaraga;
- liigesliikuvuse mõõtmine – põlveliigese liikuvusulatus (ROM) määramiseks kasutati standardset universaalset goniomeetrit.

Kasutatud Kinvent seadmed võimaldasid andmete reaajas digitaalset salvestamist ja hilisemat täpset kvantitatiivset analüüsi. Kõik mõõteseadmed kalibreeriti vastavalt tootja juhistele enne iga testimissessiooni, et tagada andmete valiidsus ja korratavus. Uuringu läbiviimiseks vajalikud seadmed laenutas Medpoint (Inpello OÜ).

3.5.1. Valu hindamine ja selle asukoha kaardistamine

Igapäevaelu tegevustes tajutava valu intensiivsuse subjektiivseks hindamiseks kasutati modifitseeritud VAS-skaalat, kus sümptomite tugevust hinnati 0–5 punkti süsteemis järgnevalt:

- 0= norm;

- 1= vähesel määral tundlik;
- 2= kõrgeenenud tundlikkus;
- 3= valu;
- 4 = tugev valu;
- 5 = väljakannatamatu valu.

Kuna AKP erinevate patoloogiate kliinilises esituses esineb lahknevusi eeskätt sümptomite lokaliseerimisel, on valu täpne kaardistamine oluline diagnostiline tööriist (Coombes *et al.*, 2020; Hannington *et al.*, 2022). Uuritavatel paluti märkida valu asukoht ja levik valukaardile (lisa 2), mis võimaldas lisaks intensiivsusele hinnata ka sümptomite fokaalset või hajusat iseloomu. Vajadusel küsis uurija lisaküsimusi, et uuritav saaks enda valu märkamisel ja kirjeldamisel olla täpne.

3.5.2. Palpatsioon ja subjektiivne turse hindamine

Põlveliigese piirkonna struktuuride palpatoorse valulikkuse ja turse hindamiseks viidi läbi manuaalne hindamine. Uurija palpeeris reie nelipealihase (ingl *quadriceps femoris*, edaspidi QF) kõõlust (sh selle kinnituskoha põlvekedra proksimaalsel piiril), patellaarsidet (*lig. patellae*) ja selle kinnituskoha põlvekedra alumisel tipul ning mediaalset ja lateraalset rasvpatja. Manuaalne palpatsioon kaasati uuringuprotokollis kui oluline kliiniline meetod, mis toetab PFVS-i ja PT tuvastamist ning nende omavahelist diferentseerimist (Cook *et al.*, 2010; Malliaras *et al.*, 2015).

Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine: Uurija hindas visuaalselt ja palpatoorselt turse olemasolu märgitud struktuurides (leid fikseeriti kujul: esineb /ei esine). Lisaks hindas uuritav põlveliigese turse ulatust subjektiivselt modifitseeritud VAS-skaalal 1–3 punkti süsteemis järgnevalt:

- 1 = norm;
- 2 = vähesel määral turses;
- 3 = väga turses.

3.5.3. Patella stabiilsuse hindamine

Uuringuprotokollis valiti patella stabiilsuse hindamiseks lateraalne translatsioon (ingl *Patellar Apprehension Test*, edaspidi PAT) ja mediaalne translatsioon, kuna nende meetodite valiidsus patellofemoraalse ebastabiilsuse tuvastamisel on teaduskirjanduses kinnitust leidnud (Abelleyra Lastoria *et al.*, 2023).

Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine: Hindamise ajal oli vaatlusalune selililamangus, põlveliiges 30° painutatud ning QF lõdvestunud (Manske & Davies, 2016; Patel *et al.*, 2021). Lateraalse stabiilsuse ehk PAT-i hindamiseks asetati uurija mõlema käe pöidlal patella mediaalsele servale ja rakendas lateraalsuunalist translatsioonijõudu (Manske & Davies, 2016; Nijs *et al.*, 2006; Patel *et al.*, 2021). Testi positiivne vastus väljendus uuritava valus, ärevustundes või kaitsereaktsioonis (nt jala eemale tõmbamine, uurija käest haaramine või verbaalne reaktsioon), mis viitas tundele, et patella on luksatsiooniohus (Nijs *et al.*, 2006; Patel *et al.*, 2021). Mediaalse stabiilsuse hindamiseks rakendati analoogset meetodit – mediaalsuunalist translatsiooni (pöidlal patella lateraalküljel) (Manske & Davies, 2016). Patsiendi ebamugavustunde vältimiseks katkestati test kohe, kui ilmnes esimene uuritavapoolne ärevus- või kaitsereaktsioon.

Mõlema suuna testimisel hinnati positiivse reaktsiooni ilmnemist binaarselt (leid fikseeriti kujul: esineb/ei esine). Positiivne testitulemus viitab patella ebastabiilsusele või kalduvusele luksatsioonile (Patel *et al.*, 2021). See leid annab olulist diferentsiaaldiagnostilist teavet: positiivne tulemus suunab kliinilise kahtluse patellofemoraalliigese biomehaanika häiretele ja suurendab PFVS-i diagnoosi tõenäosust (Nijs *et al.*, 2006). Samal ajal aitab see välistada isoleeritud PT diagnoosi, mille kliinilisse pilti patella ebastabiilsus olemuslikult ei kuulu.

3.5.4. Clarke test (*Patellar Grind Test*)

Clarke test (ingl *Patellar Grind Test*) valiti uuringuprotokollis patellofemoraalliigese seisundi, spetsiifiliselt valu provokatsiooni ja krepitatsiooni esinemise tuvastamiseks, arvestades selle laialdast kasutust PFVS-i hindamisel (Manske & Davies, 2016; Nijs *et al.*, 2006). **Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine:** Uuritav lamab seliliasendis ja tema põlveliigese alla asetati padi, et tekitada 10° paindenurk vältimaks suprapatellaarse bursa pitsumisest tingitud valepositiivseid tulemusi (Nijs *et al.*, 2006). Uurija rakendas patella proksimaalselt servalt distaalsuunalist survet ning palus seejärel uuritaval QF-it pingutada (Manske & Davies, 2016). Test loeti positiivseks, kui kontraktsiooni ajal ilmnes või ägenes valu ja/või patella liikumisel tuvastati krepitatsioon, mis viitab patellofemoraalsele patoloogiale (Manske & Davies, 2016; Nijs *et al.*, 2006).

3.5.5. Quadriceps nurga (Q-nurga) mõõtmine

Q-nurk on anatomsiline nurk, mis moodustub eesmise ülemise niudeluuga (ingl. *Anterior Superior Iliac Spine*, edaspidi ASIS) ja patella keskpunkti ühendava joone ning patella

keskpunktist sääreluu kõpruseni (*tuberositas tibiae*) kulgeva joone vahel (Sanchez *et al.*, 2014). Test valiti uuringusse, kuna Q-nurka kasutatakse PFVS-i (Manske & Davies, 2016; Sharma *et al.*, 2023) ja teiste põlveliigese piirkonna patoloogiate diagnoosimisel (Merchant *et al.*, 2020; Milovanović *et al.*, 2023), et hinnata QF-e tõmbevektorit patella suhtes.

Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine: Q-nurka mõõdeti, vastavalt standardiseeritud protokollile, goniomeetriga vaatlusaluse seliliasendis, alajäsemete neutraalses asendis (pöiad paralleelselt) (Sanchez *et al.*, 2014). Saadud tulemuste võrdlemisel tugineti teaduskirjanduses esitatud normväärtustele, mille kohaselt on meeste keskmine Q-nurk 14° ja naistel 17° (Milovanović *et al.*, 2023; Sharma *et al.*, 2023). Nendest väärtustest suuremat nurka käsitleti andmeanalüüsis suurenenud Q-nurgana, mida teaduskirjanduses seostatakse patellofemoraalse biomehaanika häiretega, eelkõige naiste seas (Milovanović *et al.*, 2023; Sharma *et al.*, 2023).

3.5.6. Lodiluu langustest (*Navicular Drop Test*)

NDT valiti uuringusse labajala pronatsiooni ulatuse hindamiseks (Sutlive *et al.*, 2004). **Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine:** Vaatlusalune istus toolil, hoides puusa- ja põlveliigeseid 90° fleksioonis, jalatallad maas. Uurija palpeeris kontsluu (*talus*) neutraalasendi ning tegi pliiatsiga märke lodiluu kõprusele (*tuberositas ossis navicularis*). Seejärel asetati jalalaba siseküljele vertikaalselt vastu põrandat paberkaart, kuhu märgiti lodiluu kõpruse algne kõrgus. Järgmisena paluti uuritavaal püsti tõusta ja jaotada keharaskus võrdselt mõlemale alajäsemele, misjärel tehti paberkaardile uus mäрге langenud lodiluu kõrguse kohta. Lodiluu langus (ingl *Navicular Drop*, edaspidi ND) arvutati paberkaardil oleva kahe märke vahelise distantsi mõõtmisel millimeetrites (Abbas *et al.*, 2018; Barton *et al.*, 2010; Sutlive *et al.*, 2004).

Tulemuste usaldusvääruse tagamiseks sooritati test kolm korda ning andmeanalüüsis kasutati kordusmõõtmiste aritmeetilist keskmist. Tulemuste tõlgendamisel lähtuti Abbas *et al.* (2018) ja Sutlive *et al.* (2004) uuringutest, mille kohaselt viitavad ND väärtused üle 15 mm liigsele pronatsioonile; antud töös käsitleti seda biomehaanilise normist kõrvalekaladena.

3.5.7. Hüppeliigese aktiivse liikumisulatuse (AROM) hindamine

Hüppeliigese aktiivse liikumisulatuse (ingl *Active Range Of Motion*, edaspidi AROM), eriti DF-i hindamine valiti uuringusse, kuna selle piiratust peetakse oluliseks biomehaaniliseks riskiteguriks PFVS-i ja PT väljakujunemisel (Malloy *et al.*, 2015; Scattone Silva *et al.*, 2016). **Testi sooritamine ja normväärtused:** DF-i ja PF-i mõõdeti universaalse goniomeetriga uuritava seliliasendis. Goniomeetri pöördtelg asetati vahetult sääreluu lateraalsest

malleoolusest distaalsemale, fikseeritud haar joondati pindluu peaga (*caput fibulae*) ja liikuv haar asetati paralleelselt viienda metatarsaalluuga (Clarkson, 2006). Tulemused fikseeriti ühe kraadi täpsusega ja andmeanalüüsis kasutati kolme kordusmõõtmise aritmeetilist keskmist. Tulemuste tõlgendamisel tugineti ortopeedilistele normväärtustele, mille kohaselt on DF 20° ja PF 50° (Clarkson, 2006). Nendest väärtustest väiksemat ulatust käsitleti liikuvuspiiratusena.

3.5.8. Puusaliigeste rotatsiooni hindamine

Biomehaaniliste asümmeetriate ja liikuvuspiirangute tuvastamiseks kaasati uuringusse puusaliigeste aktiivse sise- ja välisrotatsiooni goniomeetiline mõõtmine tõendatult kõrge usaldusväärsusega istuvas asendis (Gradoz *et al.*, 2018). **Testi sooritamine ja normväärtused:** Mõõtmisel tugineti standardiseeritud protokollidele (Clarkson, 2006; Norkini ja White, 2016). Uuritav istus teraapialaua (puusa- ja põlveliigesed 90° fleksioonis), stabiliseerides vaagna kätega istumispinnast hoides. Kompensatoorsete liigutuste vältimiseks rakendas uurija manuaalset survet reie distaalsele osale ja palus uuritaval sooritada maksimaalne aktiivne rotatsioon (Norkin & White, 2016). Goniomeetri pöördtelg asetati põlvekedra eesmisele pinnale, fikseeritud haar hoiti vertikaalselt ja liikuv haar joondati sääre eesmisele keskjoonele (kasutades orientiiridena sääreluuharja (*crista tibiae*) ning malleoolide vahelist keskpunkti) (Clarkson, 2006; Norkin & White, 2016). Tulemused fikseeriti ühe kraadi täpsusega ja andmeanalüüsis kasutati kolme kordusmõõtmise aritmeetilist keskmist. Tulemuste tõlgendamisel lähtuti normväärtustest, mille kohaselt on aktiivne siserotatsioon 30–40° ja välisrotatsioon 40–60° (Clarkson, 2006); nendest madalamaid tulemusi käsitleti liikuvuspiiratusena.

3.5.9. Modifitseeritud Thomase test

Modifitseeritud Thomase test ja modifitseeritud Oberi test (ptk 3.5.10) valiti protokoll, et tuvastada võimalikke puusapainutajalihaste (eelkõige *m. iliopsoas*, *m. rectus femoris*), laisidekirme pinguldaja (*m. tensor fasciae latae*, edaspidi TFL) ning iliotibiaaltrakti (edaspidi ITB) lühenemist, mis võib soodustada alajäseme ebaõiget joondumist ja suurendada survet patellofemoraalliigesele (Eimiller *et al.*, 2024; Reese & Bandy, 2003; Scattone Silva *et al.*, 2016).

Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine: Uuritav istus teraapialaua serval, seejärel heitis selili ja viis ühe põlve rindkere suunas. Vastaspoolne alajäse lasti vabalt üle teraapialaua serva rippu. Uurija juhendas uuritavat hoidma painutatud jalga rindkere juures ja kontrollis palpatsiooni abil nimmepiirkonna neutraalset asendit, vältimaks kompensatoorset

nimmelordoosi. Pärast neutraalse nimmepiirkonna asendi saavutamist hoidis uuritav seda asendit kogu hindamise vältel, mida kinnitas uurija palpatsioon (Eimiller *et al.*, 2024).

Negatiivse tulemuse puhul oli langetatud reis paralleelne teraapialauaga. Test loeti positiivseks, kui testitav alajäse jääb puusaliigesest fleksiooni, abduktsiooni või adduktsiooni või kui lülisamba nimmelordoos suurenes. Kui test viitas spetsiifiliselt TFL-i lühenemisele, peeti vajalikuks sooritada ka täpsustav modifitseeritud Oberi test (Kesminas *et al.*, 2019).

3.5.10. Modifitseeritud Oberi test

Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine: Uuritav oli külili lamangus, testitav alajäse ülespoole, kusjuures alumine puusa- ja põlveliiges olid vaagna stabiliseerimiseks ning nimmelordoosi tasandamiseks painutatud asendis (vastavalt 45° ja 90°). Uurija seisis patsiendi selja taga ja stabiliseeris vaagna, et vältida vaagna liikumist mis tahes suunas. Testitav alajäse viidi sirutatud põlveliigesega passiivselt ekstensiooni ja abduktsiooni. Seejärel langetati alajäse gravitatsiooni mõjul adduktsiooni suunas kuni liikumispiiratuseni, vältides puusaliigese siserotatsiooni või fleksiooni (Reese & Bandy, 2003).

Testi tulemust käsitleti binaarse kliinilise otsustusena, lähtudes kliinilises praktikas levinud modifitseeritud Oberi testi tõlgenduspõhimõtetest (Kesminas *et al.*, 2019; Reese & Bandy, 2003; Willett *et al.*, 2016). Adduktsiooni piiratus (testitav alajäse jäi horisontaaltasapinnast kõrgemale) ja vaagna kompensatoorne liikumine tõlgendati positiivse leiuna, viidates TFL-ITB kompleksi pingsusele. Negatiivse leiuna tõlgendati vaba adduktsiooni neutraalse vaagnaasendi säilimisel.

3.5.11. Ühe jala kükkk kaldpinnal (*Single Leg Decline Squat*)

Ühe jala kükkk kaldpinnal (ingl *Single Leg Decline Squat*, edaspidi SLDS) valiti uuringusse patellaarse kõõluse koormustaluvuse ja reaktsioonivõime hindamiseks dünaamilise koormuse ajal (Coombes *et al.*, 2020; Mendonça *et al.*, 2016). **Testi sooritamine ja tulemuste tõlgendamine:** Test sooritati paljajalu 30° kaldpinnal (Mendonça *et al.*, 2016). Uuritav alustas liigutust täielikust põlvesirutusest ja sooritas ühe jalaga küki valuni või kuni 60° põlveliigese painutuseni (Coombes *et al.*, 2020; Mendonça *et al.*, 2016). Enne andmete kogumiseks vajalikke katseid sooritas uuritav harjutusega tutvumiseks kolm proovikatset (Mendonça *et al.*, 2016). Testi tulemust käsitleti andmeanalüüsis binaarsena: test loeti positiivseks (võimalikule kõõluse patoloogiale viitavaks), kui kükkimise ajal esines patellaarse kõõluse piirkonnas valu, ning negatiivseks valu puudumisel (Coombes *et al.*, 2020; Mendonça *et al.*, 2016).

välisrotatsiooni, Selline asend valiti testimisse, kuna PFVS-iga patsientidel on täheldatud VMO nõrkust võrreldes *vastus lateralis*'ega (VL) (Chang *et al.*, 2015);

- hüppeliigese dorsaalfleksorid (*m. tibialis anterior*, *m. peroneus longus*, *m. extensor hallucis longus*, *m. extensor digitorum longus*): Uuritav istus teraapiaalaual, testitav alajäse sirutatud ja vastas jalg puusa- ning põlveliigesest painutatud, jalatald toetatud teraapiaalauale (foto 2);
- hüppeliigese plantaarfleksorid (*m. gastrocnemius*, *m. soleus*, *m. peroneus brevis*, *m. peroneus longus*, *m. flexor pollicis longus*): sama asend nagu dorsaalfleksorite hindamisel (foto 2).



Foto 1. Puusaliigese abduktorite jõu hindamine magistritöö käigus. Allikas: autori foto



Foto 2. Vasakul ja keskel hüppeliigese plantaar- ja dorsaalfleksiooni teostavate lihaste jõu hindamine. Paremalt põlveliigese ekstensorite jõu hindamine. Allikas: kuvatõmmis Kinvent tarkvarast (Kinvent, Prantsusmaa)

3.5.13. Hüppevõime hindamine (*Squat Jump*)

Alajäsemete plahvatusliku jõu, võimsuse ja dünaamilise neuromuskulaarse sümmeetria hindamiseks kasutati kükkhüppe testi (ingl *Squat Jump*), mis on valideeritud ning usaldusväärne meetod alajäsemete töövõime mõõtmiseks (Markovic *et al.*, 2004). Testi sooritamiseks võttis uuritav esmalt poolkükk-asendi, kus põlveliigese nurk oli 90° ja kehättivi sirge. Käed fikseeriti puusadel, et välistada ülakeha hoo mõju tulemusele. Uuritav sooritas käskluse peale maksimaalse pingutusega hüppe otse üles, sirutades kiiresti puusa-, põlve- ja hüppeliigesed. Hüppe sooritati staatilisest asendist ja maandumine pidi olema kontrollitud ning toimuma samas punktis, kust algas äratõuge (Markovic *et al.*, 2004). Testi tulemused registreeriti bilateraalsel Kinvent K-Delta jõuplatvormide süsteemil (diskreetimissagedusega 303 Hz), millel oli jalalaba asukoha markeering (foto 3). Platvormide eraldiseisev disain võimaldas mõõta maapinna reaktsioonijõude sünkroonselt nii paremal kui ka vasakul jalal.

Andmeanalüüsi sisendiks kasutati tarkvara poolt automaatselt arvutatud parameetreid, mis jagunesid kogu soorituse ning eraldi tõuke-, lennu- ja maandumisfaasi näitajateks. Statistilisse analüüsi kaasati järgmised muutujad:

- soorituse üld- ja plahvatuslikud näitajad: maksimaalne, keskmine ja netojõud (kg), aeg maksimaalse jõuni (ms); maksimaalne ja keskmine võimsus (W) ning aeg maksimaalse võimsuseni (ms). Plahvatuslikkuse detailseks hindamiseks kaasati analüüsi eelnevalt kirjeldatud RFD (kg/s) ja jõuimpulsi (kg·s) näitajad ning võimsuse arendamise kiiruse (ingl *Rate of Power Development*, edaspidi RPD; W/s) keskmised väärtused ja spetsiifilised ajalised aknad (0–50 ms, 50–100 ms, 100–150 ms ja 150–200 ms);
- tõukefaas (ingl *propulsion*): faasispetsiifiline maksimaalne, keskmine ja netojõud (kg); maksimaalne ja keskmine võimsus (W); tõukefaasi impulss (kg·s) ning RFD (kg/s) ja RPD (W/s) näitajad eelmainitud ajalistes akendes; maksimaalne äratõukekiirus (m/s);
- lennufaas (ingl *flight*): lennufaasi kestus (ms), hüppe kõrgus (cm) lennuaja ja äratõukekiiruse põhjal ning äratõukekiirus (m/s);
- maandumisfaas (ingl *landing*): stabiliseerumisaeg (ms), maksimaalne maandumisjõud (kg), selle suhe kehamassi (kg/kg) ja keskmine maandumisjõud (kg).

Lisaks eelnevale kaasati kõikide bilateraalselt registreeritud parameetrite puhul analüüsi dünaamiline jõunäitajate asümmeetria (%) parema ja vasaku alajäseme vahel.



Foto 3. Hüppetesti sooritamise: hüppe lähteasend, hüppe maksimumkõrgus ja tagasimaandumise hetk. Fotoseeriat on kasutatud uuringus osaleja nõusolekul ja osaleja nägu hägustatud. Fotod on autori pildistatud statiivilt automaatselt. Fotodel on seljaga uuringu teostaja talletamas hüppetesti uuringuandmeid telefoniäpis

3.5.14. Korduvate hüpete test (10/5 Repetitive Jump Test)

Alajäsemete reaktiivse jõu, neuromuskulaarse väsimusvastupanu ja kõõlusaparaadi elastsuskomponendi hindamiseks kasutati 10 korduvate hüpete testi (ingl *10/5 Repetitive Jump*

Test, edaspidi RJT), mis on spetsiifiline plüomeetiline testimismeetod (Markovic *et al.*, 2004; Markwick *et al.*, 2015). Sarnaselt küikist hüppele sooritati test bilateraalsel Kinvent K-Delta jõuplatvormide süsteemil (diskreetimissagedus 303 Hz). Testi sooritamiseks tegi uuritav kümme järjestikust maksimaalse pingutusega vertikaalset hüpet (käed fikseerituna puusadel). Uuritavat instrueeriti hüppama iga kordusega võimalikult kõrgele, hoides samal ajal maapinnaga kontakiaja (ingl *contact time*) võimalikult lühikesena.

RJT peamine näitaja, reaktiivse jõu indeks (ingl *Reactive Strength Index*, edaspidi RSI), arvutati automaatselt tarkvara poolt, jagades hüppe lennuaja maapinnaga kontakiajaga. Andmete usaldusvääruse tagamiseks ja üksikute ebaõnnestunud korduste või süveneva neuromuskulaarse väsimuse mõju minimeerimiseks ei rakendatud analüüsis kogu 10 hüppe seeria keskmist. Lähtuvalt 10/5 protokollil spetsiifikast põhinesid statistilisse andmeanalüüsi kaasatud koondnäitajad viie parima soorituse (kõrgeima RSI väärtusega hüppe) aritmeetilisel keskmisel.

Andmeanalüüsi sisendiks kasutati Kinvent tarkvara poolt eksporditud toorandmeid, mis hõlmasid järgmisi parameetreid:

- reaktiivse jõu näitajad: testi keskmine ja maksimaalne RSI (ingl vastavalt *Average RSI* ja *Peak RSI*) ning modifitseeritud RSI väärtused (ingl vastavalt *Average mRSI* ja *Peak mRSI*; m/s), mis arvutati hüppekõrguse ja maapinnaga kontakiaja suhtena;
- kineetilised ja kinemaatilised näitajad: keskmine suhteline võimsus (W/kg), maksimaalne ja keskmine reaktsioonijõud (ingl vastavalt *Max Force* ja *Average Force*; kg), soorituse tempo (ingl *pace*; jumps/min) ning keskmine hüppekõrgus ja iga üksiku hüppe kõrgus eraldi (ingl *height per jump*; cm);
- ajalised näitajad: keskmine ja lühim maapinnaga kontakiaeg (s) ning kogu soorituse aeg (*Time*; s).

Antud test ja analüüsiprotokoll võimaldasid korduva koormuse tingimustes efektiivselt hinnata kõõlusaparaadi elastsust ja koormustaluvust (Flanagan & Comyns, 2008), mis oli kriitilise tähtsusega analüüsima PT ja PFVS-i diagnoosiga patsientide funktsionaalset suutlikkust ja neuromuskulaarseid defitsiite.

3.6. Andmete analüüs ja statistika

Uuringu käigus kogutud andmete esmane korrastamine ja süstematiseerimine teostati tabelarvutustarkvara Microsoft Excel (Microsoft 365, USA) abil, et kontrollida andmestiku terviklikkust ja tagada edasise analüüsi usaldusväärsus. Seejärel viidi andmeanalüüs läbi mitmes järjestikuses etapis, liikudes käsitsi kodeeritud kokkuvõttenäitajatest detailsemate

tunnuste eraldamise meetodite poole. Süvaanalüüs teostati Pythoni programmeerimiskeeles (versioon 3.12), kasutades teeki *scikit-learn* (masinõpe) (Pedregosa *et al.*, 2012), *scipy* (statistilised testid), *pandas* (andmetöötlus) ja *numpy* (arvutused) (VanderPlas, 2016).

3.6.1. Andmete kodeerimine ja eeltöötlus

Andmete eeltöötlemise käigus teisendati kõik tekstipõhised vastused süstemaatiliselt numbrilisteks väärtusteks. Mitmikvalikuväljad (nt „liigutused/asendid, millal valu esineb“) jaotati binaarseteks muutujateks ning arvutati nende koondsummad. Selle tulemusena loodi 128-veeruline kodeeritud andmestik koos täieliku koodiraamatuga. Loodud andmestikust valiti edasiseks analüüsiks 82 kliiniliselt tähenduslikku tunnust, mis jaotati 12 kategooriasse: demograafia (6), valu anamnees (5), valu ajastus (5), liigutused (7), valu asukoht (9), antropomeetria (3), kliinilised testid (9), palpatsioon (5), liigeste liikuvus (6), põlveliigese jõud (8), puusa- ja hüppeliigese jõud (8) ning hüppevõimekus (11).

Kuna osa analüüsi nõudis lokaalsete parameetrite hindamist, struktureeriti andmestik täiendavalt ümber põlvepõhiseks vaatlusühikuks ($n = 56$). Selles andmestikus säilitas iga osaleja vigastatud pool oma esialgse diagnoosi, samas kui vastaspoole jäse klassifitseeriti vastavalt sümptomaatikale kas "terveks" või "sümptomitega" põlveks. Selles analüüsifaasis kasutati 48 spetsiifiliselt põlvega seotud mõõdikut.

3.6.2. Tunnuste eraldamine Kinventi toorandmetest

Lisaks käsitsi kodeeritud kokkuvõttenäitajatele eraldati tunnuseid ka Kinvent Physio toorandmete CSV-failidest (28x7=196 faili). Selleks töötati välja spetsiaalne Pythoni töövahendite komplekt, mis parsib kõiki Kinventi formaati (dünamomeetria, kükist hüpe, korduvhüpe). Tunnused eraldati neljal tasandil:

Tase 1 kokkuvõtteparameetrid: Kinventi tarkvara eelarvutatud RFD näitajad kuues ajaaknas (0–50 ms, 50–100 ms, 100–150 ms, 0–100 ms, 0–150 ms, 0–200 ms), jõuimpulsi näitajad viies aknas, maksimaalse jõuni kulunud aeg ja kordustepõhised keskmised, parimad ning variatsioonikordajad. Need parameetrid olid CSV-failide päistest kättesaadavad, kuid esialgses kodeerimises kasutati ainult keskmist RFD-d.

Tase 2 jõukõvera kujuomadused: Toorandmete jõu-aja signalist (77 Hz dünamomeetria, 303 Hz hüpped) eraldati kuju kirjeldavad tunnused: tippude tuvastamine (kahe kükiruga muster, tippudevaheline aeg, oru sügavus), jõukõvera kvartiilikeskmised, statistilised momendid (kurtosis, asümmeetriakordaja) ja sagedusdomeeni tunnused (mediaansagedus,

spektraalvõimsuse suhtarvud Welchi meetodil). Signaal siluti neljanda järgu Butterworth'i madalpääsfiltriga (piirssagedus 20 Hz).

Tase 3 katsetevaheline varieeruvus: Dünamomeetria kordustestide (3 kordust × vasak/parem) põhjal arutati punkt-punkti variatsioonikordaja, tippjõu varieeruvus, katsetevaheline Pearsoni korrelatsioon ja tippuni jõudmise aja varieeruvus. Need näitajad kirjeldavad mootorise kontrolli järjepidevust.

Tase 4 aegridade ettevalmistus: Kõik jõukõverad normaliseeriti 512-punktilisteks aegridadeks (z-skoori normaliseerimine, lineaarne interpolatsioon) potentsiaalseks edasiseks süvaanalüüsiks (1D konvolutsioonilised närvivõrgud). Kokku eraldati 668 tunnust osaleja kohta 7 testitüübi lõikes.

3.6.3. Statistilised meetodid ja masinõpe

Tunnuste statistilise olulisuse ja diagnoosigruppide (PFVS ja PT) vaheliste erinevuste hindamiseks rakendati kolme üksteist täiendavat meetodit:

(1) Univariaatsed testid: pidevate tunnuste rühmadevaheliseks võrdlemiseks kasutati Mann-Whitney U-testi (mitteparameetiline, sobiv väikevalimile). Binaarsete tunnuste puhul rakendati Fisheri täpset testi (ingl *Fisher's exact test*). Gruppidevaheliste erinevuste praktilise olulisuse hindamiseks arutati Coheni d (edaspidi d) efekti suurused. Kuna uuringus testiti samaaegselt suurt arvu tunnuseid, mis suurendab I tüüpi vea riski, rakendati p -väärtuste korrigeerimiseks Benjamini-Hochbergi valepositiivsete leidude määra (edaspidi FDR) ning rangemat Bonferroni korrigeerimist. Minimaalseks statistilise olulisuse nivooks loeti $p < 0,05$.

(2) L1-regulariseeritud logistiline regressioon (edaspidi LR, tuntud ka kui Lasso): Meetodit kasutati olulisemate tunnuste selekteerimiseks ja mudeli üleõppimise (ingl. *overfitting*) vältimiseks. Mudeli hüperparameeter C optimeeriti jäta-üks-osaleja-välja (LOPO) ristkontrolliga vahemikus 0,001–10,0. L1-karistus teostas sisseehitatud tunnuste valiku, surudes ebaoluliste tunnuste kordajad nullini.

(3) Otsustusmets (ingl *Random Forest*, edaspidi RF): Masinõppe klassifitseerimismudel koostati 500–1000 otsustuspuuga ja 3-astmelise maksimaalse sügavusega, kus puu igas lõppharus (puu lehes) on minimaalselt kolm andmepunkti ($max_depth=3$, $min_samples_leaf=3$). Tunnuste olulisust hinnati permutatsioonipõhise olulisusega (50–100 kordust), mis on omavahel korreleeruvate tunnuste esinemisel usaldusväärsem kui Gini olulisus (Altmann *et al.*, 2010). Tunnuste lõplik pingerida koostati kolme mudeli aritmeetilise keskmise koondskoori (edaspidi konsensuskoori) põhjal.

3.6.4. Taandatud mudeli tunnustevalik

668-tunnuse mudeli kõrgdimensionaalsuse probleemi lahendamiseks rakendati kaheastmelist strateegiat: (1) kõigepealt käivitati täielik mudel (st. kõiki tunnuseid kasutav mudel) kõige diskrimineerivamate tunnuste tuvastamiseks konsensuspõhise järjestuse alusel; (2) seejärel rakendati ahne dekorrelatsioonialgoritm (ingl *greedy decorrelation algorithm*), mis valis tunnuseid järjestuse järgi, tagades, et ühegi tunnustepaari Pearsoni korrelatsioon ei ületa $r = 0,85$. Tulemuseks oli 15 mitmekesist ja sõltumatut tunnust kuuest testist.

3.6.5. Testikomplekti efektiivsuse analüüs

Optimaalse kliinilise testikomplekt tuvastamiseks viidi läbi kolm analüüsi: (1) üksiktesti klassifitseerimine, kus iga testi tunnuseid kasutati eraldi; (2) ablatsioonuuring, kus iga test eemaldati 15-tunnuse mudelist ja hinnati mõju täpsusele; ning (3) kõigi 2-, 3- ja 4-testiliste kombinatsioonide süsteemne testimine, et leida minimaalne testikomplekt, mis säilitab või ületab täieliku mudeli täpsust.

3.6.6. Ristkontrolli strateegia

Kõigi mudelite hindamiseks kasutati jäta-üks-osaleja-välja (ingl *Leave-One-Participant-Out*, edaspidi LOPO) ristkontrolli. Erinevalt tavalisest jäta-üks-välja (ingl *Leave-One-Out*, edaspidi LOO) meetodist tagab LOPO, et konkreetse osaleja vasaku ja parema jala andmeid käsitletakse alati koos. Nii välditakse bilateraalsetest mõõtmistest tingitud andmeleket, kus patsiendi ühe jala andmetega treenitud mudelit testitakse ekslikult tema teise jala peal (mudel õpiks diagnoosi asemel tundma konkreetse osaleja individuaalseid anatoomilisi eripärasid). Iga sammu puhul treeniti mudel 27 osaleja andmetega ja testiti ühel väljajäetud osalejal. Uuringu käigus saadud kvantitatiivsed tulemused visualiseeriti ja esitati tabelite ning graafikutena (peatükk 4).

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Valimi üldiseloostus

Uuringusse kaasati kokku 28 osalejat, kellest 12 klassifitseeriti PT (43%) ning 16 PFVS (57%) rühma. PT rühmas esines parempoolset valu seitsmel ja vasakpoolset viiel uuritaval. PFVS rühmas esines nii parem- kui ka vasakpoolset valu seitsmel uuritaval, lisaks registreeriti kaks bilateraalse valu juhtu. Naisi osales uuringus 13 (46%) ja mehi 15 (54%). Anamneesi andmete analüüsist selgus, et 57% uuritavatest ($n = 16$) oli kannatanud põlvevalu käes kauem kui üks aasta. Rühmad ei erinenud statistiliselt oluliselt ühegi taustatunnuse poolest ($p > 0,05$).

Tabel 1. Uuritavate demograafilised ja kliinilised näitajad diagnoosigruppide lõikes

Näitaja	PT ($n=12$)	PFVS ($n=16$)	p -väärtus
Vanus (a)	$29,3 \pm 8,1$	$31,5 \pm 9,2$	0,52
KMI (kg/m^2)	$24,1 \pm 3,2$	$23,8 \pm 2,9$	0,81
Naissoost, n (%)	5 (42%)	8 (50%)	0,72
Valu kestus >12 kuud, n (%)	7 (58%)	9 (56%)	1,00
Bilateraalne, n (%)	0 (0%)	2 (13%)	0,49

Kasutatud lühendid: p – statistiline olulisus; d – Coheni efekti suurus; KMI – kehamassiindeks; PFVS – patellofemoraalne valu sündroom; PT – patellaarne tendinopaatia

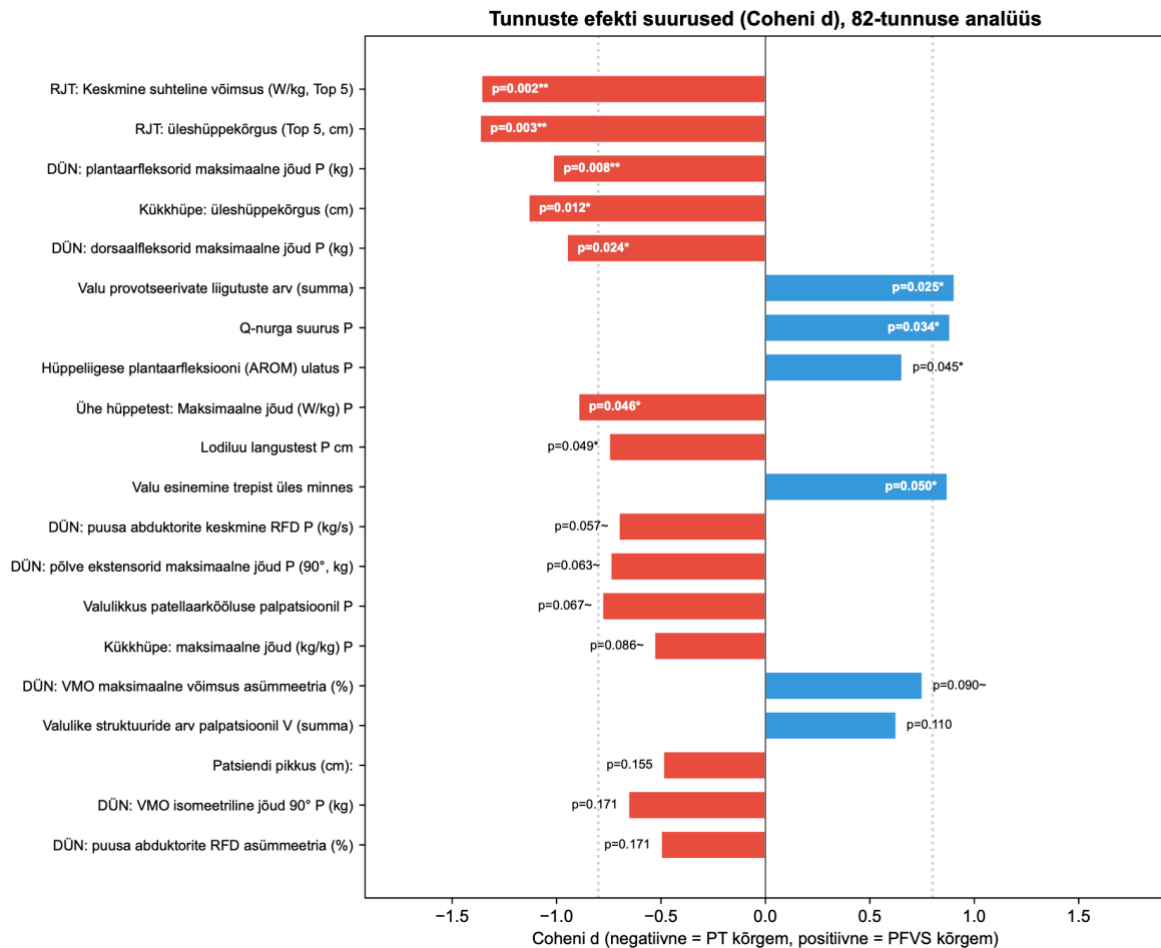
4.2. Esialgne baastunnuste analüüs (faas 1)

82 kodeeritud tunnusega analüüsis leiti 11 tunnust töötlemata $p < 0,05$ tasemel. Ükski tunnus ei läbinud mitmese võrdluse korrektsioone (Benjamini-Hochbergi FDR $q < 0,05$ ega Bonferroni), mis on $n = 28$ ja 82 tunnuse korral ootuspärane. Esimeses faasis hinnati 82 baastunnuse eristusvõimet PT ja PFVS rühmade vahel. Esmaste testidega tuvastati küll 11 potentsiaalset eristajat (töötlemata $p < 0,05$ tasemel), kuid pärast rangete mitmese võrdluse korrektsioonide (Benjamini-Hochbergi FDR $q < 0,05$ ja Bonferroni) rakendamist nende statistiline olulisus kadus. See on otseselt tingitud väikese valimi ($n = 28$) ja suure tunnuste arvu ($n = 82$) matemaatilisest koosmõjust, mis vähendab testi statistilist võimsust. Seetõttu osutus baastunnustel põhinev eristusvõime ebapiisavaks.

Tabel 2. Esialgne masinõppemudelite võrdlus 82 tunnusega PFVS ja PT diferentseerimisel

Mudel	Tunnused	LOO täpsus	Märkus
Logistiline regressioon (L1)	82	67,9%	$C = 0,5$, 10 nullist erinevat kordajat
Otsustusmets (RF)	82	75,0%	$max_depth = 3$, $min_leaf = 3$

Suurimad efekti suurused olid (joonis 1): RJT-i keskmine suhteline võimsus ($d = -1,36$; PT rühmas kõrgem), valu provotseerivate liigutuste/asendite arv ($d = +0,91$; PFVS rühmas suurem), parema alajäseme Q-nurga suurus ($d = +0,88$; PFVS rühmas suurem) ning valulikkus parema alajäseme patellaarkõõluse palpatsioonil ($d = -0,78$; PT rühmas sagedasem).

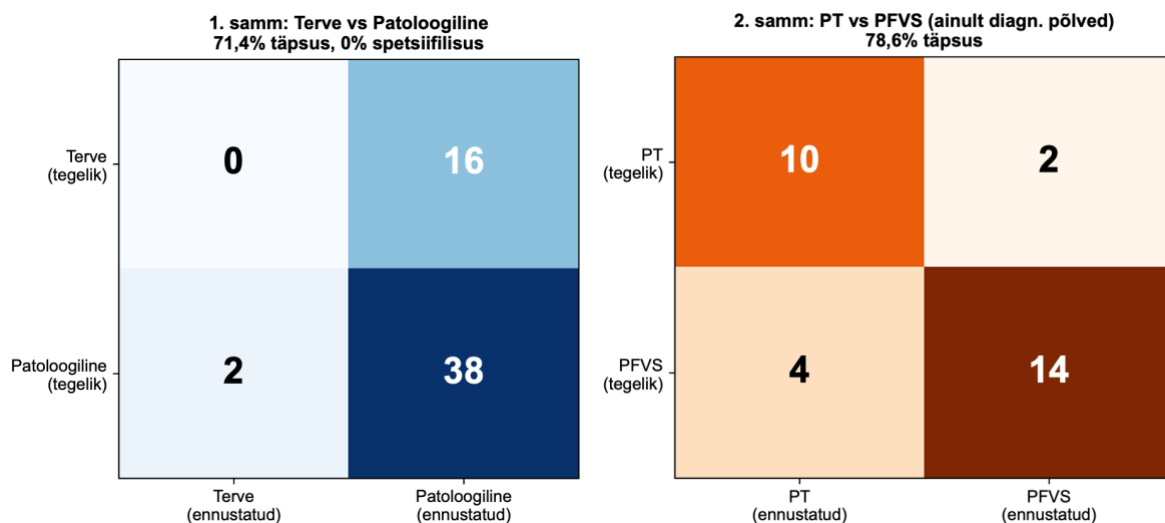


Joonis 1. Baastunnuste rühmadevahelised erinevused (Coheni d). Negatiivsed väärtused (punane) viitavad PT rühma kõrgematele tulemustele, positiivsed väärtused (sinine) PFVS rühma kõrgematele tulemustele. Vertikaalsed punktiirjooned tähistavad suure efekti suuruse piiri ($d = \pm 0,80$). Joonisel kasutatud lühendid: P – parem alajäse; V – vasak alajäse; DÜN – dünamomeeter; RFD – jõu arendamise kiirus; RJT – korduvate hüpete test (ingl repetitive jump test); VMO – m. vastus medialis obliquus

4.3. Põlvetasandi hierarhiline mudel ja masinõppe tulemused (faas 2)

Andmestruktureerimisel analüüsiti kokku 56 vaatlusühikut (põlve). Iga osaleja probleemne põlveliiges (edaspidi kasutatud üldistades sõna põlv) säilitas oma esmase diagnoosi ja vastaspoole jäse klassifitseeriti kliinilise pildi põhjal kas "terveks" või "sümptomitega" põlveks ($n = 10$). Masinõppe kaheastmelise klassifitseerimismudeli tulemused jagunesid järgnevalt:

1. samm (tervete ja patoloogiliste põlvede eristamine): Mudeli üldine täpsus oli küll 71,4%, kuid spetsiifilisus (ingl *specificity*) tervete põlvede osas osutus nulliks (0%) (joonis 2). Masin klassifitseeris patsientide kontralateraalsed ehk nn terved põlved patoloogilisteks. See ülioluline leid kinnitab tugevalt varasemat kirjandust, mis viitab bilateraalsete neuromuskulaarsete defitsiitide ja kompensatsioonimehhanismide esinemisele isegi siis, kui AKP on patsiendi hinnangul vaid ühepoolne (Waiteman *et al.*, 2024). See tõestab, et PFVS ja PT patsientide puhul ei saa valu mittetegevat kontralateraalselt jalga käsitleda biomehaaniliselt terve kontrollgrupina.



Joonis 2. Kaheastmelise diagnostilise mudeli segadusmaatriksid. Vasakul on esimese sammu maatriks tervete ja patoloogiliste põlvede eristamisel (üldine täpsus 71,4%). Paremal on teise sammu maatriks patoloogiliste põlvede (PT ja PFVS) eristamisel (üldine täpsus 78,6%). Mõlemal maatriksil viitab tume värvus diagonaalil õigesti klassifitseeritud patsientide hulgale. Joonisel kasutatud lühendid: PT – patellaarne tendinopaatia; PFVS – patellofemoraaalne valu sündroom; diagn. – diagnoositud

2. samm (PT ja PFVS-i diferentseerimine): Kui mudelist eemaldati nn terved ja sümptomitega kontralateraalsed jalad ning analüüsiti ainult kindla diagnoosiga patoloogilisi põlvi ($n = 30$), saavutas otsustusmetsa algoritm LOPO ristkontrollil 78,6% täpsuse (joonis 2). See tulemus on kliiniliselt oluline, kuna tõestab, et vaatamata sageli kattuvale sümptomaatikale joonistuvad instrumentaalsete ja kliiniliste testide kombinatsioonis välja kahe diagnoosi selgelt eristuvad biomehaanilised profiilid.

4.4. Instrumentaalsete toorandmete laiendatud analüüs (faas 3)

Kinventi toorandmetest (CSV-failidest) eraldati süvaanalüüsiks 668 spetsiifilist instrumentaalset tunnust (Tabel 3). Kõigi tunnuste samaaegsel kaasamisel langes masinõppemudelite (LR ja RF) diagnostiline täpsus LOPO ristkontrollil 64,3% peale. See on

otseselt tingitud andmestiku kõrgdimensionaalsusest: kuna tunnuste arv ületab kordades uuritavate arvu ($n = 28$), tekib mudeli üleõppimine (ingl *overfitting*).

Vaatamata täieliku mudeli madalamale üldtäpsusele, leiti instrumentaalsete andmete kaasamisel suurel hulgal potentsiaalseid uusi eristajaid. Tabelist 3 selgub, et kui esialgne 82 baastunnuse analüüs andis vaid ühe suure efekti suurusega ($|d| > 1,0$) näitaja, siis 668 tunnuse hulgas oli neid 33. Kuigi ükski tunnus ei läbinud endiselt ranget FDR korrektsiooni, kinnitab suurte efekti suurustega tunnuste märkimisväärne kasv Kinventi toorandmete kliinilist väärtust. See põhjendas vajadust tunnuste arvu süsteemseks dekorrelatsiooniks järgmises analüüsifaasis, et eemaldada andmemüra ja optimeerida mudeli täpsust.

Tabel 3. Esialgse ja laiendatud analüüsi võrdlus. Laiendatud andmestik sisaldab 7× rohkem statistiliselt olulisi tunnuseid, kuid klassifitseerimistäpsus langeb ülemääraste tunnuste tõttu

Näitaja	82 tunnust (faas 1)	668 tunnust (faas 3)
Tunnused $p < 0,05$ (töötlemata)	11	76
Tunnused $p < 0,01$	0	8
Tunnused $ d > 1,0$	1	33
FDR $q < 0,05$	0	0
LR LOPO täpsus	67,9%	64,3%
RF LOPO täpsus	75,0%	64,3%

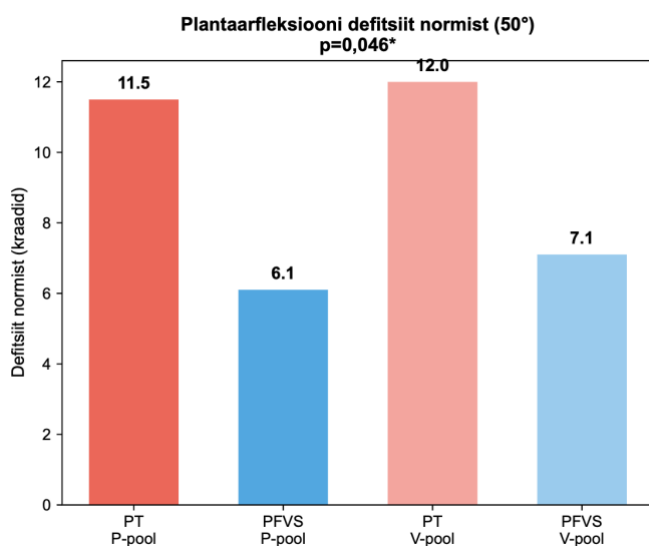
Kasutatud lühendid: p – statistiline olulisus; d – Coheni efekti suurus; FDR – valepositiivsete avastuste määr (ingl *false discovery rate*); q – FDR-korjigeeritud statistiline olulisus; LR – logistiline regressioon; LOPO – jäta-üks-osaleja-välja (ingl *Leave-One-Participant-Out*); RF – otsustusmets (ingl *random forest*)

Analüüsides neid 33 suure efekti suurusega näitajat, selgus, et nende hulgas oli mitmeid spetsiifilisi tunnuseid, mis alguses käsitsi kodeeritud andmestikus täielikult puudusid. PT ja PFVS rühmi kõige tugevamalt eristavateks uuteks tunnusteks osutusid:

- **SJ jõu arendamise kiirus (RFD):** PT rühma iseloomustas oluliselt kiirem jõu arendamine. Kõige tugevamaks eristajaks osutus RFD vahemikus 100–150 ms ($d = -1,35$; $p = 0,002$), kus PT diagnoosiga patsientide tulemused olid ligikaudu 120% kõrgemad võrreldes PFVS rühmaga.
- **PF-i jõukõvera kuju:** Analüüsides hüppeliigese isomeetrilise PF-i jõukõvera jaotust, esines rühmadevaheline oluline erinevus 4. kvartiili keskmises ($d = -1,18$; $p = 0,001$). See viitab asjaolule, et PT patsientidel püsib rakendatud jõud maksimaalse pingutuse lõppfaasis oluliselt kõrgemana.
- **Puusaliigese abduktsiooni lihasjõud:** Puusaliigese abduktsiooni isomeetrilisel testimisel ilmnis rühmadevaheline erinevus katsetevahelise varieeruvuse näitajates

($d = +0,97$; $p = 0,019$). PFVS patsientide testikorduste vaheline jõukõvera kuju osutus statistiliselt oluliselt järjepidevamaks (madalam varieeruvus) kui PT rühmal.

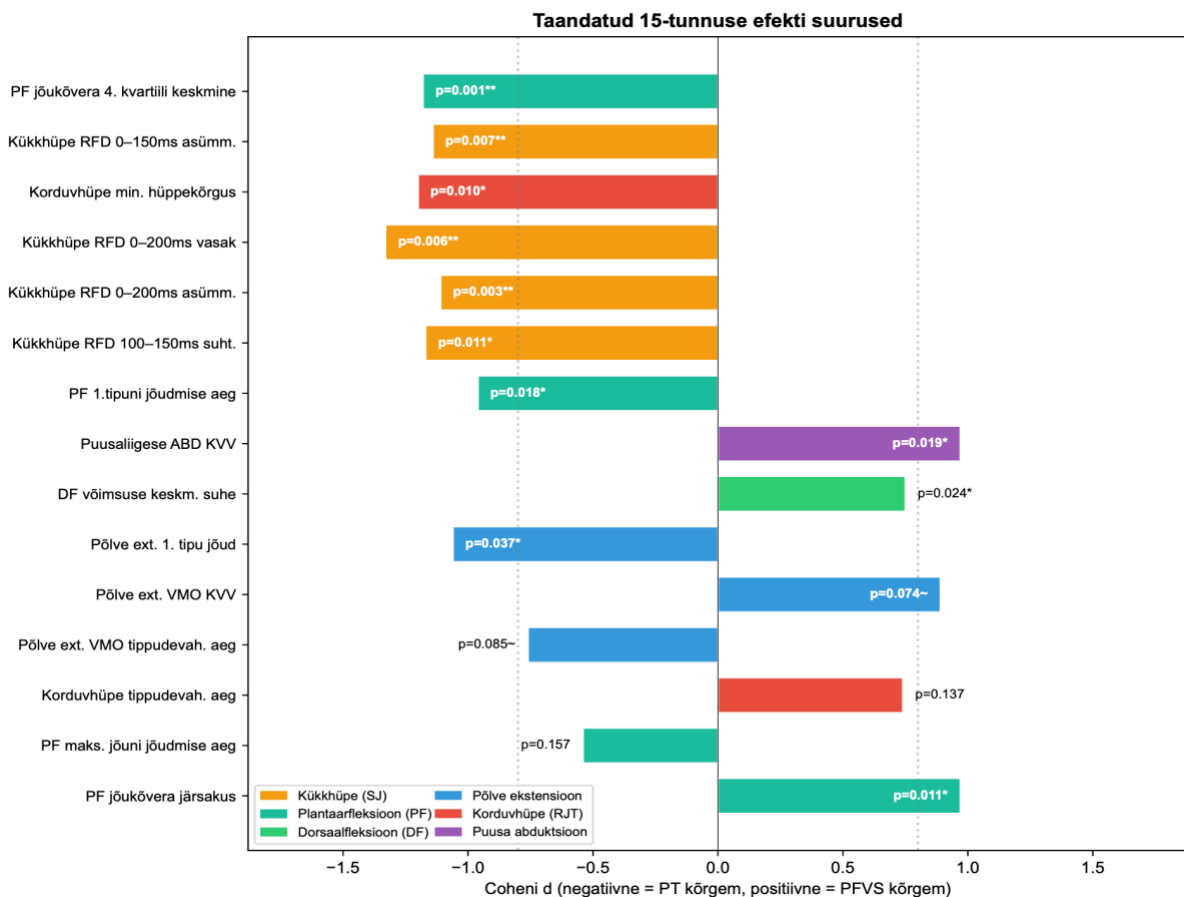
Lisaks masinõppe analüüsile andsid olulist kliinilist lisainfot manuaalsed liikuvusulatuse (AROM) mõõtmised. Tuginedes ortopeedilistele normväärtustele (DF 20°, PF 50°; Clarkson, 2006), esines mõlemas rühmas märkimisväärne DF-i piiratus (PT rühmas keskmiselt 12,8° ja PFVS-i rühmas 12,0°). Analoogselt DF-ile tuvastati defitsiit ka PF-i ulatuses, kus liigutuse amplituud jäi samuti selgelt alla referentsväärtuse: PT rühma keskmine PF oli 38,1° ja PFVS-i rühmas 42,5° (joonis 3). Need leiud viitavad laialdasemale hüppeliigese mobiilsusdefitsiidile, mis on teaduskirjanduse põhjal üks teadaolevaid eesmist põlvevalu ja ülekoormusvigastusi soodustavaid tegureid (Malloy *et al.*, 2015; Scattone Silva *et al.*, 2016).



Joonis 3. Hüppeliigese plantaarfleksiooni aktiivse liikumisulatuse (AROM) defitsiit kraadides võrreldes ortopeedilise normiga (50°). Graafik illustreerib liikumiskiiruse ulatust paremal ja vasakul alajäsemel. PT rühmas esines statistiliselt oluliselt suurem plantaarfleksiooni piiratus ($p = 0,046$). Märkus: PT – patellaarne tendinopaatia; PFVS – patellofemoraalne valu sündroom; P-pool – parem alajäse; V-pool – vasak alajäse; p – statistiline olulisus

4.5. Taandatud 15 instrumentaalse tunnusega mudel (faas 4)

Kõrgdimensionaalsuse ja andmete liiasuse probleemi lahendamiseks rakendati ahnet dekorrelatsioonialgoritmi, mis valis 668 instrumentaalse tunnuse hulgast 15 kõige informatiivsemat ja mitteüleliigset näitajat. Valikukriteeriumiks oli Pearsoni korrelatsioonikordaja $r < 0,85$, mis tagas, et mudelisse kaasatud tunnused ei dubleeriks üksteist, vaid annaksid unikaalset diagnostilist teavet. Väljavalitud tunnuste statistilised väärtused on toodud lisa 3 ja nende rühmadevaheliste erinevuste visuaalne jaotus on esitatud joonisel 4.



Joonis 4. Masinõppe poolt valitud 15 olulisima tunnuse rühmadevahelised erinevused (Coheni d). Negatiivsed väärtused viitavad PT rühma kõrgematele tulemustele, positiivsed väärtused PFVS rühma kõrgematele tulemustele. Vertikaalsed punktiirjooned tähistavad suure efekti suuruse piiri ($d = \pm 0,80$). Joonisel kasutatud lühendid: PT – patellaarne tendinopaatia; PFVS – patellofemoraalne valu sündroom; PF – plantaarfleksioon; DF – dorsaalfleksioon; RFD – jõu arendamise kiirus; VMO – m. vastus medialis obliquus; KVV – katsetevaheline varieeruvus; ext. – ekstensioon; asümm. – asümmeetria; suht. – suhteline; tippudevah. – tippudevaheline

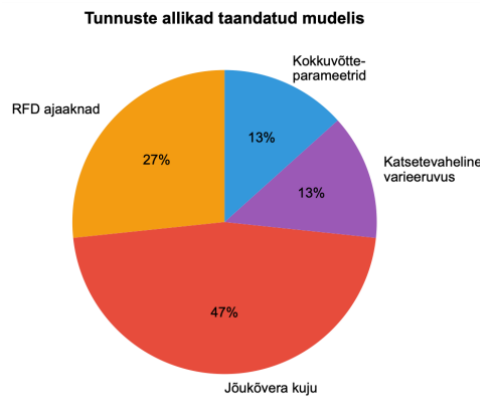
Selle taandatud andmestikuga tõusis masinõppemudeli diagnostiline täpsus. See märkimisväärne täpsuse kasv kinnitab, et andmemüra eemaldamine ja fookustamine ainult statistiliselt sõltumatutele instrumentaalsetele eristajatele võimaldab PT ning PFVS rühmi eristada väga kõrge usaldusväärsusega. Taandatud 15 tunnuse jaotus allikate kaupa on esitatud joonisel 5. Nii LR kui RF saavutasid identse 89,3% LOPO täpsuse (25/28 õigesti).

Segadusmaatriksis (tabel 4) tuvastati kõik 16 PFVS-patsienti õigesti (100% tundlikkus), kuid 3 PT-patsienti 12-st klassifitseeriti valesti PFVS-ina (75% spetsiifilisus).

Tabel 4. Segadusmaatriks (RF LOPO)

	Ennustatud PT	Ennustatud PFVS
Tegelik PT ($n = 12$)	9	3
Tegelik PFVS ($n = 16$)	0	16

Tabelis kasutatud lühendid: PT – patellaarne tendinopaatia; PFVS – patellofemoraalne valu sündroom



Joonis 5. Taandatud 15-tunnuse mudeli tunnuste allikate jaotus. Suurima osakaalu (47%) moodustasid jõukõvera spetsiifilised kujuomadused

4.6. Testikombinatsiooni efektiivsuse analüüs (faas 5)

Kliiniliselt optimaalseima ja ajasäästlikuma testide kombinatsiooni tuvastamiseks hinnati testide diagnostilise panust kolmes eraldiseisvas etapist.

4.6.1. Üksiktesti klassifitseerimisvõime

Iga testi iseseisva diagnostilise väärtuse hindamisel osutusid kõige tugevamateks eristajateks SJ ja PF lihasjõu mõõtmine, saavutades klassifitseerimistäpsuseks 71,4% (tabel 5).

Tabel 5. Üksikute füsioterapeutiliste testide klassifitseerimisvõime PT ja PFVS diferentseerimisel

Test	Tunnused	RF LOPO täpsus
Kükkhüpe (SJ)	127	71,4%
Hüppeliigese plantaarfleksioon (PF)	95	71,4%
Põlve ekstensioon VMO 90°	97	67,9%
Korduvhüppetest (RJT)	58	64,3%
Hüppeliigese dorsaalfleksioon (DF)	95	53,6%
Põlve ekstensioon 90°	97	53,6%
Puusaliigese abduktsioon	96	42,9%

Tabelis kasutatud lühendid: LOPO – jäta-üks-osaleja-välja (ingl *Leave-One-Participant-Out*); RF – otsustusmets (ingl *random forest*)

4.6.2. Ablatsioonuuring

Testide süstemaatiline eemaldamine 15 tunnusega mudelist. Põlve ekstensiooni 90° (VMO) eemaldamine parandab LR täpsust 7,1 protsendipunkti. See viitab asjaolule, et kuigi VMO sirutustest võib omada iseseisvat väärtust, toimib ta antud kompleksis pigem informatiivse mürana.

Tabel 6. Ablatsioonuuuringu tulemused

Eemaldatud test	Δ LR	Δ RF	Mõju
Põlve ekstensioon VMO 90°	+7,1%	+3,6%	Täpsus paraneb
Hüppeliigese dorsaalfleksioon (DF)	0%	+3,6%	Täpsus paraneb
Põlve ekstensioon 90°	0%	+3,6%	Täpsus paraneb
Hüppeliigese plantaarfleksioon (PF)	-3,6%	+3,6%	Segane
Korduvhüppetest (RJT)	0%	0%	Mõju puudub
Puusaliigese abduktsioon	-3,6%	0%	Väike

Tabelis kasutatud lühendid: Δ – muutus (erinevus baasmudelitest); LR – logistiline regressioon; RF – otsustusmets (ingl *random forest*)

4.6.3. Minimaalne testide kombinatsioon

Erinevate testikombinatsioonide võrdlemisel saavutas kõrgeima diagnostilise efektiivsuse 2 testi kombinatsioon SJ ja PF (tabel 7).

SJ ja PF testide komplekt tagas 92,9% täpsuse, ületades täiskomplekti tulemust (89,3%, Tabel 8) ja pakkudes parimat tasakaalu minimaalse kliinilise ajakulu ning maksimaalse diagnostilise usaldusväärsuse vahel.

Tabel 7. Minimaalsete testide kombinatsiooni võrdlus

Testikomplekt	Teste	Aeg	Tunnused	RF täpsus
Ainult SJ	1	~5 min	4	82,1%
SJ + PF	2	~8 min	8	92,9%
SJ + RJT	2	~10 min	6	85,7%
SJ + PF + puusaliigese abduktsioon	3	~11 min	9	92,9%
Täis 6-testikomplekt	6	~22 min	15	89,3%

Tabelis kasutatud lühendid: PF – plantaarfleksioon; SJ – kükkhüpe (ingl *squat jump*); RJT – korduvate hüpete test (ingl *repetitive jump test*); RF – otsustusmets (ingl *random forest*)

4.7. Mudelite koondvõrdlus

Uuringu viimases etapis kõrvutati kõigi analüüsifaaside diagnostilisi tulemusi, et hinnata erinevate andmetöötlusstrateegiate mõju mudelite efektiivsusele (Tabel 8). Koondvõrdlusest joonistub välja selge analüütiline arengukaar: samas kui pelgalt kliinilistele baastunnustele ja anamneesile tuginemine või kogu instrumentaalse toorandmestiku filtreerimata kaasamine (668 tunnust) viisid mudeli madala eristusvõime ja matemaatilise üleõppimiseni, siis süsteemne andmemüra eemaldamine muutis tulemusi oluliselt.

Kõige olulisema järeldusena näitab tabel 8, et parim ja kliiniliselt usaldusväärsem tulemus saavutati just intelligentse tunnustevalikuga (instrumentaalistest) toorandmetest. See

koondtulemus tõestab, et PT ja PFVS rühmade edukaks diferentseerimiseks ei piisa sageli ainult traditsioonilistest anamnestilistest ja kliinilistest baasnäitajatest. Eduka diagnostika võtmeks on hoopis instrumentaalsete andmete kaasamine ja algoritmiline võimekus eraldada andmemürast sihipäraselt välja kõige spetsiifilisemad biomehaanilised näitajad. Täiendavalt analüüsiti ka normatiivsete väärtuste (normide) lisamise mõju masinõppemudelile, kuid tulemused näitasid, et see ei parandanud diagnostilist täpsust võrreldes puhtalt patsiendi individuaalsetele biomehaanilistele väärtustele toetuva mudeliga.

Tabel 8. Kõigi analüüsifaaside koondvõrdlus

Läheneviis	Tunnused	LR LOPO	RF LOPO
Faas 1: käsitsi kodeerimine	82	67,9%	75,0%
Faas 2: põlvetasand 2. samm	48	71,4%	78,6%
Faas 3: laiendatud Kinvent	668	64,3%	64,3%
Faas 4: taandatud mudel	15	89,3%	89,3%
Faas 5: 2-testikomplekt	8	-	92,9%

Tabelis kasutatud lühendid: LR – logistiline regressioon; LOPO – jäta-üks-osaleja-välja (ingl *Leave-One-Participant-Out*); RF – otsustusmets (ingl *random forest*)

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada anamneesandmete ja kliiniliste ning instrumentaalsete testide optimaalne kombinatsioon, et kliinilises praktikas tõhusalt diferentseerida PFVS-i ja PT-d. Autorile teadaolevalt oli tegemist esimese uuringuga Eestis, mis rakendas esmise põlvevalu sündroomide eristamisel sedavõrd detailset masinõppepõhist kliiniliste ja biomehaaniliste andmete süvaanalüüsi. Sellega täitis uurimustöö olulise lünga kliiniliste uuringute maastikus, pakkudes edaspidi füsioterapeutidele tõenduspõhist tuge mehhanismipõhise diagnostika ja taastusravi planeerimiseks.

Uuringu tulemused kinnitavad täpse diferentsiaaldiagnostika kriitilist vajadust kliinilises praktikas. Valimi analüüsist selgus, et enam kui pooled (57%) osalejatest olid kannatanud diagnoositud põlvevalu käes üle aasta, kusjuures maksimaalne kaebuste kestus oli 18 aastat. See viitas selgelt seniste füsioterapeutilise hindamisprotsesside kitsaskohtadele: traditsioonilised baastunnused ja sümptomipõhine diagnostika ei võimaldanud seni neid kahte patoloogiat sageli eristada, mis viis ebatäpsete taastusraviplaanide ning kroonilise valu tekkeni, sest ravi hilines. Kuigi käesoleva töö eesmärk ei ole kirjeldada detailseid taastusraviprotokolle, tõestasid uuringu tulemused, et adekvaatse ja eduka teraapia vältimatuks eelduseks on spetsiifilise biomehaanilise defitsiidi varajane tuvastamine.

Kõige olulisema kliinilise leiuna näitas käesolev uuring, et optimeerides hindamisressursse ja keskendudes kindlatele instrumentaalsetele mõõdikutele, on võimalik saavutada kahe diagnoosi eristamisel väga kõrge (kuni 92,9%) täpsus. Optimaalse testikomplekti juurutamine füsioterapeutilisse praktikasse aitab vältida ressursside kulutamist ebaefektiivsetele testidele, lühendada patsientide valuperioodi ja kiirendada taastumist ning aktiivse eluviisiga inimeste turvalist naasmist tavapärase elurütmi ja sporditegevuse juurde.

5.1. Traditsioonilise hindamise piirangud ja kliiniline eristatavus

Uuringu esimeses faasis selgus ootuspärane, ent kliiniliselt murettekitav tõsiasi: ulatuslik 82 baastunnusest koosnev andmestik (mis hõlmas nii kliinilisi, anamnestilisi kui ka instrumentaalseid näitajaid) osutus diagnooside eristamisel ebapiisavaks. Traditsiooniliste *p*-väärtuste suutmatus rühmi eristada on tugevas kooskõlas varasema kirjandusega, mis kinnitab, et PFVS-i ja PT esmane kliiniline pilt on sageli tugevalt kattuv (Malliaras *et al.*, 2015; Rio *et al.*, 2018). Mõlema patoloogia peamiseks sümptomiks on AKP, mis ägeneb koormusel ja tegevustel, mis nõuavad põlveliigese sirutusaparaadi aktiivsust (nt kükkimine, treppidel liikumine ja hüppamine) (Malliaras *et al.*, 2015).

Kuna klassikalised kliinilised provokatsioonitested ja anamnees tuginevad paljuski just valuaistingule ning uuringu valimi suurus oli analüüsitava tunnuste hulga võrreldes väike, jäi nullhüpoteeside testimisel puudu statistilisest võimsusest (Altman & Krzywinski, 2018). Siiski ei tähendanud statistilise olulisuse puudumine reaalsete lahknevuste puudumist. Lähtudes kaasaegsetest statistilistest soovistest, mis rõhutavad p -väärtuste kõrval efekti suuruste (ingl *effect sizes*) hindamise vajalikkust (Wasserstein *et al.*, 2019), keskenduti andmeanalüüsis just viimastele. Nende analüüs tõi esile selged objektiivsed erinevused PT ja PFVS-i rühmade vahel (nt korduvate hüpete võimsuses ja palpatoorses valulikkuses). Need varjatud suundumused kinnitasid vajadust mehhanismipõhise lähenemise järele, mis omakorda õigustas instrumentaalsete andmete detailsemat analüüsi ja masinõppe kaasamist uuringu järgmistesse faasidesse.

5.2. Kliinilised leiud ja diagnoosidevahelised erinevused

Uuringu ja selle tulemuste analüüsi käigus ilmnisid andmetes diagnoosidevahelised olulised erinevused just läbi suurte efekti suuruste (*Coheni d*). **Kõige tugevam kliiniline eristaja oli korduvate hüpete (RJT) suhteline võimsus ($d = -1,36$), kus PT rühm näitas märkimisväärselt kõrgemaid tulemusi.** See oli ootuspärane leid ja viitas nn „hüppaja põlve paradoksile“ (Visnes *et al.*, 2012), mille biomehaanilisi ja neuromuskulaarseid põhjuseid analüüsiti käesoleva töö järgnevas peatükis (ptk 5.3).

Seevastu PFVS-i rühma iseloomustas anamneesi põhjal sümptomite hajusam iseloom – valulikkus esines oluliselt enamate liigutustel ja asendite korral ($d = +0,91$). Lisaks eristus PFVS-i rühm biomehaanilise eelsoodumuse poolest parema alajäseme suurema Q-nurga näol ($d = +0,88$). Varasemale kirjandusele tuginedes saab väita, et suurenenud Q-nurk väljendab reielihaste tõmbejõu asümmeetriat, mis suurendab patella lateraalset nihkejõudu ja on oluline riskitegur PFVS-i tekkes (Sharma *et al.*, 2023).

Diferentsiaaldiagnostiliselt oli ootuspäraselt oluline ka PT-patsientide parema alajäseme patellaarkõõluse valulikkus palpatsioonil ($d = -0,78$). Valu tüübi ja täpse asukoha kaardistamist on varasemalt kirjeldatud kui üht usaldusväärseimat meetodit PFVS-i ja PT kliinilisel eristamisel ning hindamisel (Coombes *et al.*, 2020; Hannington *et al.*, 2022).

Need tulemused kinnitavad käesoleva töö esimest hüpoteesi, näidates, et vaatamata sarnasele peamisele sümptomile (AKP) eksisteerivad PT ja PFVS-i rühmade vahel selged erinevused valu asukohas ning objektiivsed erinevused alajäsemete biomehaanilises joondumises ja dünaamilistes neuromuskulaarsetes profiilides. Seega peituvad diagnooside

taga eristuvad funktsionaalsed ja anatoomilised profiilid, mis kinnitab vajadust kaasata sümptomite hindamise kõrvale ka objektiivseid neuromuskulaarse funktsiooni analüüse.

5.3. Jõu arendamise kiirus (RFD) kui peamine diagnostiline eristaja

Nii esialgne 82 baastunnuse analüüs kui ka instrumentaalsete andmete süvaanalüüs näitasid, et kõige selgemaks diagnostiliseks eristajaks kahe diagnoosiga rühma vahel on RFD. Kui esialgses analüüsis eristus PT rühm oluliselt kõrgema RJT suhtelise võimsuse ja hüpete kõrguse poolest, siis süvaanalüüs täpsustas selle dünaamika SJ jõu RFD-ks, eriti 100–150 ms aknas. **Tulemused näitasid, et PT-patsiendid suudavad arendada jõudu märkimisväärselt kiiremini (ligikaudu 120% enam) kui PFVS-patsiendid.** Seda olulist erinevust võib tõenäoliselt selgitada diagnoosipõhiste neuromuskulaarsete kaitsestrateegiatega. Varasem kirjandus kinnitab, et PFVS-i iseloomustab sageli patellofemoraalliigese kompressioonist tingitud artrogeenne lihasinhibitsioon (ingl *arthrogenic muscle inhibition*) – närvisüsteemi alateadlik kaitsereaktsioon, mis pärsib QF-i mootorsete ühikute kaasamist, et vältida liigesepindade valulikku kokkusurumist (Greuel *et al.*, 2019; Hart *et al.*, 2010). See tahtmatu pidurdusmehhanism ei võimalda patsiendil genereerida kiiret ja plahvatuslikku lihasaktiivsiooni, pakkudes otsest neurofüsioloogilist selgitust siinses uuringus tuvastatud madalale RFD-le PFVS-i rühmas.

Seevastu PT puhul on hiljutised uuringud tuvastanud kõrgema põlveliigese koaktivatsiooni indeksi (Li *et al.*, 2025). See tähendab, et PT-patsiendid muudavad alateadlikult oma liigese jäigemaks, pingutades samaaegselt agoniste ja antagonistide, et stabiliseerida põlveliigest ning kaitsta kõõlust liigse pikenemise eest (Li *et al.*, 2025). Biomehaaniliselt on teada, et kui RFD varajane faas sõltub peamiselt neuraalsetest teguritest, siis hilisemas faasis (> 100 ms) saavad määravaks maksimaalne lihasjõud ja lihas-kõõluskompleksi jäikus (Maffiuletti *et al.*, 2016). Seega on 100–150 ms ajaline aken see, kus hakatakse reaalselt jõudu aluspinnale üle kandma. Mida suurem on kineetilise ahela jäikus ja suurem baasjõud, seda järsem ning kiirem on jõu ülekandmine, mis pakub loogilist biomehaanilist selgitust uuringus tuvastatud PT-patsientide kõrgele RFD-le just selles ajavahemikus. Seda leidu toetab ka „hüppaja põlve paradoks“, kus prospektiivsed uuringud on näidanud, et PT-ga patsientide neuromuskulaarne süsteem on defitsiidi asemel hoopis algupäraselt seadistatud arendama kõõlust ülekoormavat plahvatuslikku jõudu (Visnes *et al.*, 2012). Seega võib mudeli poolt tuvastatud kõrge RFD peegeldada kombinatsiooni kaitsvast liigese jäikusest ja PT-le iseloomulikust plahvatuslikust jõuarendusest, mis vastandub täielikult PFVS-ile omasele neuraalsele inhibitsioonile.

5.4. Kineetilise ahela kompensatsioonid: proksimaalne ja distaalne kompensatsioon

Põlveliigese ülekoormussündroomide kliinilises diagnostikas on üha enam hakatud tähelepanu pöörama kineetilise ahela vastasmõjudele ja kompensatsioonimehhanismidele (Malliaras *et al.*, 2015; Willy *et al.*, 2019), mida kinnitasid ka käesoleva uuringu tulemused. Süvaanalüüs tõi esile spetsiifilised proksimaalsed ja distaalsed kompensatsioonimehhanismid, mis PT ja PFVS rühmi eristavad.

5.4.1. Distaalne kompensatsioon

PT-le omane n-ö „jäik põlvestrateegia“ võib suurendada distaalse lüli mehaanilist koormust, et tagada stabiilsus jõu genereerimisel ja maandumisel (Martinez *et al.*, 2022). Süvaanalüüs näitas, et hüppeliigese isomeetrilisel PF-i jõu testimisel püsis PT rühma rakendatud jõud maksimaalse pingutuse lõppfaasis oluliselt kõrgemana (4. kvartiil, $d = -1,18$), mis viitab PT patsientide suutlikkusele säilitada distaalset stabiilsust ja jõudu kogu isomeetrilise testi vältel. PFVS rühma varajane jõulangus võib viidata valust tingitud inhibitsioonile ja/või lihasnõrkusele, mis pärssis mootorsete ühikute kaasamist ning takistas maksimaalse pingutuse säilitamist (Greuel *et al.*, 2019; Hart *et al.*, 2010).

Masinõppemudeli tuvastatud hüppeliigese funktsionaalseid erinevusi toetasid ka manuaalsed liikuvusulatuse (AROM) mõõtmised. Tuginedes ortopeedilistele normväärtustele (DF 20°, PF 50°; Clarkson, 2006), esines mõlemas rühmas märkimisväärne DF-i piiratus (PT ~12,8° ja PFVS ~12,0°), mis on teadaolevalt eesmise põlvevalu universaalne riskifaktor nii PFVS-i (Macrum *et al.*, 2012) kui ka PT puhul (Martinez *et al.*, 2022; Scattone Silva *et al.*, 2016). Veelgi kõnekam on aga PF-i erinevus: PT rühmas esines oluliselt suurem PF-i piiratus (~38,0° vs. PFVS ~43,5°), mis võib olla seostatav sääre eesmisteh lihaste ja hüppeliigese struktuuride pikaajalise funktsionaalse ülekoormusega. See lokaalne jäikus võib olla biomehaaniline adaptatsioon, mis aitab PT patsientidel koormust kineetilises ahelas distaalselt kompenseerida (Martinez *et al.*, 2022).

5.4.2. Proksimaalne kompensatsioon

Proksimaalselt esines PFVS rühmal puusaliigese abduktsiooni isomeetrilisel testimisel oluliselt madalam kordustevaheline varieeruvus ($d = +0,97$; $p = 0,019$) kui PT rühmal. Motoorse kontrolli teooriate kohaselt võib taoline vähenenud motoorne varieeruvus peegeldada kaitsvat adaptatsiooni, mille eesmärk on valu vältimiseks muuta liigutus

stereotüüpseks (Hodges & Tucker, 2011). Samuti on taoline vähenenud varieeruvus ülekoormusvigastuste puhul sageli esinev patoloogiline nähtus (Hamill *et al.*, 2012). Identse ja vähemuutuva liigutusmustril kordumisel langeb mehaaniline stress pidevalt samadele kudedele, mis võib soodustada sümptomite tekkimist ja takistada taastumist (Hamill *et al.*, 2012). Seega viitavad uuringu andmed, et PFVS-i adaptatsioon väljendub proksimaalselt liigutuste varieeruvuse piiramises, et hallata liigese valulikkusest tulenevat ebakindlust.

5.5. Masinõppe ja instrumentaalse süvaanalüüsi rakendamine pilootuuringuna

Käesoleva magistr töö peaesmärk oli jõuda kliiniliselt rakendatava ja optimaalse testikomplektini, mis võimaldaks PT ja PFVS rühmi tõhusalt eristada. Instrumentaalse süvaanalüüsi tulemusena optimeeritud 15 tunnusega mudel (joonis 4, joonis 5 ja lisa 3) tõi esile spetsiifilised parameetrid, millel on diagnostilises otsustusprotsessis oluline roll. Eriti märkimisväärne on asjaolu, et ligi poole mudeli informatiivsusest andsid just jõukõvera spetsiifilised kujuomadused (joonis 5). Iga masinõppe poolt valitud tunnus toimib kaalukausina, mis nihutab diagnostilist tõenäosust ühe või teise patoloogia suunas. Kuigi nende mikrotasandi tunnuste (nt jõukõvera järsakus ehk *kurtosis* või spetsiifiliste ajakvartiilide keskmised) detailne biomehaaniline ja füsioloogiline lahtiseletamine on teaduslikult äärmiselt väärtuslik ning pakub suurt huvi tulevasteks uuringuteks, ületaks see käesoleva magistr töö mahulised piirid.

See filter aitas massiivsest andmemürast välja sõeluda need kineetilise ahela lülid, mis omavad diagnooside eristamisel suurimat kaalu, nihutades diagnostilist tõenäosust tugevalt kas PT või PFVS suunas. Algoritm näitas selgelt, et võimsaimad eristajad koondusid kahe konkreetse testiprotokolli ümber: SJ plahvatuslikkus ja PF-i isomeetriline dünaamika. Antud tulemused viitavad, et diagnostiliselt võib olla otstarbekam keskenduda funktsionaalsetele testidele, mis kutsuvad esile diagnoosidele omased kompensatsioonimehhanismid, selle asemel et piirduda vaid üksikute isoleeritud kliiniliste parameetrite analüüsiga (Martinez *et al.*, 2022; Willy *et al.*, 2019). Käesolev pilootuuring osundab, et instrumentaalne süvaanalüüs on suuteline tuvastama patoloogiale omaseid mustreid ka seal, kus traditsiooniline kliiniline hindamine võib jääda ebapiisavaks.

5.6. Bilateraalne neuromuskulaarne adaptatsioon ja kompensatoorsed mustrid

Uuringu andmeanalüüsis ilmnis kliiniliselt kõnekas leid: masinõppemudel ei suutnud usaldusväärselt eristada patsientide sümptomaatilisi ja asümptomaatilisi alajäsemeid, klassifitseerides mõlemad patoloogilisteks. Seda nähtust saab selgitada kineetilises ahelas toimuva tsentraalse neuromuskulaarse adaptatsiooni kaudu. Valu vältimiseks muudab patsient alateadlikult liikumismustreid, mistõttu kesknärvisüsteem kohandab üldise stabiilsuse tagamiseks mõlema alajäseme motoorset kontrolli ja pärsib lihasaktiivsiooni (Greuel *et al.*, 2019; Hart *et al.*, 2010). Sellise süsteemse kompensatsiooni tulemusel langeb ka kontralateraalse ehk asümptomaatilise jala sooritusvõime, muutes selle biomehaaniliselt sarnaseks vigastatud poolega (Waiteman *et al.*, 2024).

Kõnealune leid seab otseselt kahtluse alla laialt levinud kliinilise rutiini kasutada asümptomaatilist jalga normväärtuse etalonina, näiteks jäsemete sümmeetriaindeksi arvutamisel (Wellsandt *et al.*, 2017). Käesoleva uuringu tulemused on kooskõlas uuema teaduskirjanduse konsensussega, mis hoiatab, et kontralateraalse jäseme kasutamine kontrollväärtusena võib patsiendi tegelikku taastumist ja funktsionaalset võimekust oluliselt üle hinnata, kuna alateadlike kompensatsioonide tõttu esineb funktsionaalne defitsiit tegelikult mõlemas alajäsemes (Waiteman *et al.*, 2024; Wellsandt *et al.*, 2017). Seetõttu ei tohi diagnostika ja taastusravi prognoos piirduda vaid unilateraalse võrdlusega, vaid peab tuginema adekvaatsetele absoluutsetele baasväärtustele ning käsitlema patsienti kui tervikut, suunates terapeutilised sekkumised mõlemale alajäsemele. Need tulemused kinnitavad uuringu teist hüpoteesi, mille kohaselt on AKP-ga kaasnevad neuromuskulaarsed defitsiidid kineetilises ahelas bilateraalsed.

5.7. Optimaalne testide kombinatsioon ja kliinilise ajaressursi säästmine

Käesoleva uuringu üks kõige praktilisema väärtusega leide oli diagnostilise testimise efektiivsuse ja kliinilise ajaressursi optimeerimine. **Uuringu tulemused kinnitavad, et kõrgeim diferentsiaaldiagnostiline kindlus (92,9%) saavutatakse lühikese ja fokuseeritud lähenemisega, mis tugineb vaid kahe instrumentaalse testi, SJ ja PF-i isomeetrilise lihaskõhu, kombineerimisele.**

Kliinilises plaanis oli märkimisväärne testide sünergiline efekt: kui eraldiseisvalt piirdus isegi nende parimate testide klassifitseerimisvõime 71,4 protsendiga (tabel 5), siis nende kombineerimine tõstis eristustäpsuse hüppeliselt 92,9 protsendile (tabel 7). Samas näitas

analüüs, et ulatuslikuma, kuuest testist koosneva täiskomplekti rakendamine vähendas diagnooside eristamise täpsust (89,3%).

Igapäevases kliinilises praktikas hinnatakse lokaalset neuromuskulaarset funktsiooni, nagu põlveliigese sirutusaparaadi või DF-i jõudu, enamasti manuaalse lihastestimise (MMT) või lihtsamate kliiniliste testide abil. Instrumentaalne ja spetsiifiline isomeetriline jõumõõtmine on sageli ajamahukas ja seetõttu rutiinses töös harvem kasutatav. Seda kõnekam oli käesoleva analüüsi leid, et isegi täpsete instrumentaalsete mõõtmiste korral ei anna lisatestide (nagu isomeetriline põlveliigese ekstensioon ja spetsiifiline VMO aktivatsioon 90° paindenurga all ning DF-i lihasjõud) kaasamine diferentsiaaldiagnostikasse lisaväärtust. Kuigi need testid on eraldiseisvalt patsiendi funktsionaalse profiili kirjeldamisel olulised, ilmnes kogutud andmestikus nende parameetrite osas diagnoosigruppide vahel liigne kattuvus, mis tekitab diagnostilist infomüra. Teaduskirjandusele tuginedes oli ootuspärane, et AKP sündroomid – sõltumata täpsest patoloogiast – jagavad sageli sarnaseid kattuvaid kliinilisi sümptomeid, provokatsioonimustreid ja koormustaluvuse langust (Hannington *et al.*, 2022; Malliaras *et al.*, 2015). Selline neuromuskulaarsete adaptatsioonide universaalsus tähendab, et nimetatud jõutestid ei paku PFVS-i ja PT omavaheliseks eristamiseks vajalikku diagnostilist kontrasti. Füsioterapeudi aeg on kliinikus kriitiline ressurss ja üleliigne testimine on koormav nii terapeudile kui ka valudes patsiendile, minnes vastuollu kaasaegse tõendus põhise füsioteraapia efektiivsuse printsiipidega (Lin *et al.*, 2020).

Käesoleva uuringu leidudele tuginedes on diagnoosi täpsustamise eesmärgil soovitatav keskenduda fookustatud testimisele. Kombineerides patsiendi subjektiivse anamneesi (näiteks valu asukoha kaardistamise) eelmainitud kahe kõige eristusvõimelisema instrumentaalse testiga (SJ ja PF), on terapeudil võimalik saavutada selge diferentsiaaldiagnostiline pilt lühikese ajakuluga. See säästab patsienti liigsetest protseduuridest ja võimaldab suunata fookuse kiiremini adekvaatse, mehhanismipõhise taastusravi planeerimisele. Taoline testide sünergiline efekt kinnitab töö kolmandat hüpoteesi, tõestades, et instrumentaalsete testide kombineerimine võimaldab sündroomide eristada oluliselt suurema diagnostilise täpsusega kui üksikute testide isoleeritud kasutamine.

5.8. Töö tugevused ja piirangud

Käesoleva uuringu peamiseks tugevuseks oli unikaalne uurimisdisain, mis võrdles otseselt PT ja PFVS diagnoosiga patsientide biomehaanilisi profiile. Autorile teadaolevalt ei ole Eestis ega mujal maailmas varem avaldatud uuringut, mis rakendaks masinõpet PT ja PFVS

diferentsiaaldiagnoosiks kliiniliste ja biomehaaniliste mõõtmiste alusel. Metodoloogiliselt tugevaks küljeks oli LOPO ristkontrolli kasutamine, mis välistas andmelekkete bilateraalistest mõõtmistest ning tõestas kahe erineva klassifikaatori lineaarse (LR) ja mittelineaarse (RF) kooskõla, viidates tulemuste robustsusele.

Uuringu peamiseks piiranguks oli väike valim ($n = 28$), mis tulenes magistritöö ajalitest piirangutest ja sihtrühma värbamise keerukusest. Kuigi 76 tunnust saavutasid ka töötlemata kujul statistilise olulisuse $p < 0,05$, ei läbinud ükski tunnus FDR korrigeerimist. Seetõttu oli asjakohane tulemusi tõlgendada hüpoteese genereeriva pilootuuringuna. Samas olid efekti suurus ($d > 1,0$ tervelt 33 tunnuse korral) antud kontekstis informatiivsemad kui p -väärtused ja viitasid olulistele rühmadevahelistele erinevustele.

Täiendavaks piiranguks oli kaheastmelise tunnustevaliku (668 tunnusest 15-le) optimistlik kallutatus, kuna mõlemad etapid kasutasid sama 28 osalejaga andmestikku. Välise valideerimise puudumine tähendab, et 89,3–92,9% täpsust ei saa veel käsitleda lõpliku kliinilise tulemusnäitajana. Lisaks tuleb arvestada, et kuigi masinõppemudel tuvastas diagnooside vahel selged statistilised piirid, ületaks mikrotasandi tunnuste süvitsi analüüsimine käesoleva töö mahu. Seetõttu toimivad need parameetrid pigem diagnostiliste kaalukaussidena, mitte viidetena konkreetsele isoleeritud funktsioonihäirele. Samal põhjusel ei seatud käesolevas töös eesmärgiks konkreetsete diagnostiliste lävendite (ingl *cut-off scores*) määramist, kuna pilootuuringu mahu tõttu ei pruugi need olla usaldusväärset üldistatavad laiemale populatsioonile. Kuigi suurem valim võimaldaks teha kindamaid järeldusi, andis uuring siiski olulise sisendi kliinilise praktika täiustamiseks (ptk 5.9) ning suunised edasisteks uuringuteks (ptk 5.10).

5.9. Praktilised soovitusel füsioteraapias

Üleminek sümptomipõhiselt ravilt mehhanismipõhisele lähenemisele. Tuvastatud neuromuskulaarsed muudused viitavad erinevatele kompensatsioonistrateegiatele, mis eeldavad spetsiifilist sekkumist. Kliinilise hüpoteesina võiks PFVS-i taastusravis olla fookuses neuraalse inhibitsiooni vähendamine ja motoorse varieeruvuse taastamine. PT puhul aga kõõluse koormustaluvuse tõstmine, võimaliku liigse koaktivatsiooni leevendamine ja seeläbi plahvatusliku jõuülekanne efektiivsuse taastamine.

Kontralateraalse ehk „terve“ jäseme kasutamise vältimine normväärtuse etalonina. Füsioteraapias levinud praktika võrrelda vigastatud jalga asümptomaatilise poolega võib olla AKP puhul eksitav. Kuna uuring kinnitas bilateraalseid biomehaanilisi muutusi, on

patsiendi „terve“ jalg samuti defitsiidis. Terapeutid peaksid hindamisel tuginema pigem populatsioonipõhiste normväärtuste või spordiala spetsiifiliste nõuetele, et vältida olukorda, kus patsient loetakse terveks vaid seetõttu, et mõlemad jalad on võrdselt funktsionaalses defitsiidis.

Fokuseeritud kahe testi kombinatsiooni rakendamine. Kliinilise ajaressursi optimeerimiseks ja diagnostilise täpsuse tõstmiseks on soovitatav igapäevapraktikas rakendada käesolevas uuringus kõige eristusvõimelisemaks osutunud kahe testi kombinatsiooni (SJ ja PF), mis võimaldas saavutada 92,9% täpsuse. Selline lähenemine asendab aeganõudva ja patsiendile sageli kurnava testide jada kiire ning sihipärase diagnostikaga, vabastades väärtuslikku kliinilist aega sisulise sekkumise ja taastusravi jaoks.

Kineetilise ahela süsteemne hindamine. Kuna olulised diagnostilised eristajad (nt hüppeliigese jõud) asuvad põlveliigesest eemal, ei tohiks hindamine piirduda vaid lokaalse liigesega.

Fookuse laiendamine maksimaaljõult jõukõvera kvaliteedile. Kriitiline info peitub RFD ja kõvera kujuomadustes. Pelgalt maksimaaljõule keskendumine võib jätta olulised motoorse kontrolli strateegiad märkamata.

5.10. Edasised uurimissuunad

Käesolev uuring toimus olulise kontseptsiooni tõestusena (ingl *proof of concept*), et masinõpe ja instrumentaalsed mõõtmised suudavad AKP sündroomi edukalt eristada. Tulemuste laiemapõhjaliseks kinnitamiseks ja füsioteraapiavaldkonna edasiseks arenguks on vajalikud järgmised uurimissuunad:

- **suurem valim ja väline valideerimine:** mudeli 92,9% täpsuse ja üldistusvõime kliiniliseks kinnitamiseks on vajalik algoritmi testimine oluliselt suuremal valimil ning väline valideerimine täiesti uuel, mudeli treenimisse mittekuulunud, andmestikul;
- **kliiniliste lävendväärtuste määratlemine:** konkreetsete numbriliste piirväärtuste leidmine nii tunnuste kui ka testide lõikes võimaldaks füsioterapeutidel teha kiireid diagnostilisi otsuseid igapäevatoos, ilma keerulisi algoritme kasutamata;
- **prospektiivsed ja sekkumisuuringud:** on oluline uurida, kas uuringus tuvastatud diagnoosipetsiifiliste kompensatsioonide korrigeerimine taastusravis parandab kliinilisi tulemusi ja vähendab vigastuse kordumise riski. See kinnitaks lõplikult mehhanismipõhise lähenemise paremust traditsiooniliste meetodite ees.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva uuringu tulemuste põhjal saab formuleerida järgmised järeldused:

1. PT ja PFVS-i diagnoosirühmade vahel esinesid statistiliselt ning kliiniliselt olulised erinevused. Tugevaim üksik kahe diagnoosi eristaja oli SJ RFD 100–150 ms ajaaknas, mille puhul PT-patsiendid arendasid jõudu ligi kaks korda kiiremini kui PFVS-patsiendid.
2. PT patsiente iseloomustas järjepidevalt kõrgem jõu genereerimine, suurem jõu arendamise kiirus (eriti 100–200 ms ajaaknas) ja kõrgem reaktiivne hüppevõimekus. PFVS-patsiente iseloomustas teravam jõukõvera kuju (kõrgem kurtosis), madalam katsetevaheline varieeruvus ning suurem Q-nurk.
3. Taandatud 15-tunnuse masinõppemudel saavutas 89,3% jäta-üks-osaleja-välja klassifitseerimistäpsuse, kusjuures nii LR kui RF andsid identse tulemuse. Mudel tuvastas kõik 16 PFVS-patsienti õigesti (100% tundlikkus), kuid klassifitseeris 3 PT-patsienti 12-st valesti (75% spetsiifilisus).
4. Optimaalne kahe testi kombinatsioon (SJ + PF) saavutas 92,9% täpsuse ligikaudu 8 minutiga – ületades kuue testi täiskomplekti (89,3%, ~22 minutit). Kolme testi (põlve ekstensiooni 90°, VMO, DF-i) eemaldamine ei vähendanud, vaid pigem parandas klassifitseerimistäpsust.
5. Kontralateraalsed asümptomaatilised ehk „terved“ põlved osutusid biomehaaniliselt eristamatult sarnaseks vigastatud põlvedega (0% spetsiifilisus tervetele), kinnitades bilateraalsete defitsiitide olemasolu anteriorse põlvevaluga patsientidel.
6. Uuringu tulemused vajavad valideerimist suurema valimiga uuringus, kuid leitud suured efekti suurused ja klassifikaatorite kooskõla viitavad kliiniliselt tähenduslikele erinevustele PFVS-i ja PT vahel kinnitades objektiivse instrumentaalse analüüsi vajalikkust diferentsiaaldiagnostikas.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Abbas, G. S. T., Fayaz, N. A., Hassan, K. A., & Abd El-Azeem, A. H. (2018). Relationship between Static Lower Limb Alignment and Patellofemoral Pain Syndrome. *The Medical Journal of Cairo University*, 86(3), 1139–1148. <https://doi.org/10.21608/mjcu.2018.56129>
2. Abelleyra Lastoria, D. A., Kenny, B., Dardak, S., Brookes, C., & Hing, C. B. (2023). Is the patella apprehension test a valid diagnostic test for patellar instability? A systematic review. *Journal of Orthopaedics*, 42, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2023.07.005>
3. Altman, N., & Krzywinski, M. (2018). The curse(s) of dimensionality. *Nature Methods*, 15(6), 399–400. <https://doi.org/10.1038/s41592-018-0019-x>
4. Altmann, A., Toloşi, L., Sander, O., & Lengauer, T. (2010). Permutation importance: A corrected feature importance measure. *Bioinformatics*, 26(10), 1340–1347. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq134>
5. Barton, C. J., Bonanno, D., Levinger, P., & Menz, H. B. (2010). Foot and Ankle Characteristics in Patellofemoral Pain Syndrome: A Case Control and Reliability Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(5), 286–296. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3227>
6. Chang, W.-D., Huang, W.-S., & Lai, P.-T. (2015). Muscle Activation of Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis in Sling-Based Exercises in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome: A Cross-Over Study. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2015, 740315. <https://doi.org/10.1155/2015/740315>
7. Clarkson, H. M. (2006). *Joint motion and function assessment. A research-based practical guide*. Lippincott Williams & Wilkins.
8. Cook, C., Hegedus, E., Hawkins, R., Scovell, F., & Wyland, D. (2010). Diagnostic Accuracy and Association to Disability of Clinical Test Findings Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. *Physiotherapy Canada*, 62(1), 17–24. <https://doi.org/10.3138/physio.62.1.17>
9. Coombes, B. K., Mendis, M. D., & Hides, J. A. (2020). Evaluation of patellar tendinopathy using the single leg decline squat test: Is pain location important? *Physical Therapy in Sport*, 46, 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.10.002>
10. Crossley, K. M., Stefanik, J. J., Selfe, J., Collins, N. J., Davis, I. S., *et al.* (2016). 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral

- Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 839–843.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096384>
11. Eimiller, K., Stoddard, E., Janes, B., Smith, M., & Vincek, A. (2024). Reliability of Goniometric Techniques for Measuring Hip Flexor Length Using the Modified Thomas Test. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 19(8).
<https://doi.org/10.26603/001c.120899>
 12. Flanagan, E., & Comyns, T. (2008). The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training. *Strength & Conditioning Journal*, 30, 32–38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318187e25b>
 13. Gradoz, M. C., Bauer, L. E., Grindstaff, T. L., & Bagwell, J. J. (2018). Reliability of Hip Rotation Range of Motion in Supine and Seated Positions. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(4). <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0243>
 14. Greuel, H., Herrington, L., Liu, A., & Jones, R. K. (2019). How does acute pain influence biomechanics and quadriceps function in individuals with patellofemoral pain? *The Knee*, 26(2), 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2018.12.008>
 15. Hamill, J., Palmer, C., & Van Emmerik, R. E. A. (2012). Coordinative variability and overuse injury. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-45>
 16. Hannington, M., Tait, T., Docking, S., Cook, J., Owoeye, O., *et al.* (2022). Prevalence and Pain Distribution of Anterior Knee Pain in Collegiate Basketball Players. *Journal of Athletic Training (Allen Press)*, 57(4), 319–324. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0604.20>
 17. Hart, J. M., Pietrosimone, B., Hertel, J., & Ingersoll, C. D. (2010). Quadriceps Activation Following Knee Injuries: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 45(1), 87–97. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.1.87>
 18. Hodges, P. W., & Tucker, K. (2011). Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*, 152(3), S90–S98.
<https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.10.020>
 19. Kesminas, R., Burbulevičiūtė, J., & Sipavičienė, S. (2019). Ober's Test and Modified Ober's Test are Reliable Means of Measuring Iliotibial Band using both Goniometer and Inclinometer. *Reabilitacijos mokslai: slauga, kineziterapija, ergoterapija*, 2.
<https://doi.org/10.33607/rmske.v2i13.691>

20. Kettunen, J. A., Kvist, M., Alanen, E., & Kujala, U. M. (2002). Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes. A prospective follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(5), 689–692.
<https://doi.org/10.1177/03635465020300051001>
21. Li, F., Sun, D., Song, Y., Fang, Y., Cen, X., *et al.* (2025). Comparison of Landing Biomechanics in Male Amateur Basketball Players with and without Patellar Tendinopathy during Simulated Games. *Journal of Human Kinetics*, 96(Spec Issue), 69–81. <https://doi.org/10.5114/jhk/201318>
22. Lin, I., Wiles, L., Waller, R., Goucke, R., Nagree, Y., *et al.* (2020). *What does best practice care for musculoskeletal pain look like? Eleven consistent recommendations from high-quality clinical practice guidelines: systematic review.*
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099878>
23. Macrum, E., Bell, D. R., Boling, M., Lewek, M., & Padua, D. (2012). Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(2), 144–150. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.2.144>
24. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., *et al.* (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.
<https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
25. Malliaras, P., Cook, J., Purdam, C., & Rio, E. (2015). Patellar Tendinopathy: Clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(11), 887–898.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5987>
26. Malloy, P., Morgan, A., Meinerz, C., Geiser, C., & Kipp, K. (2015). The association of dorsiflexion flexibility on knee kinematics and kinetics during a drop vertical jump in healthy female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 23(12), 3550–3555. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3222-z>
27. Manske, R. C., & Davies, G. J. (2016). Examination of the Patellofemoral Joint. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(6), 831–853.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5095938/>
28. Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research*, 18(3), 551–555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18%253C551:RAFVOS%253E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18%253C551:RAFVOS%253E2.0.CO;2)
29. Markwick, W. J., Bird, S. P., Tufano, J. J., Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2015). The intraday reliability of the Reactive Strength Index calculated from a drop jump in professional men’s basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 482–488. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0265>
30. Martinez, A. F., Scattone Silva, R., Paschoal, B. L. F., Souza, L. L. A., & Serrão, F. V. (2022). Association of Ankle Dorsiflexion and Landing Forces in Jumping Athletes. *Sports Health*, 14(6), 932–937. <https://doi.org/10.1177/19417381211063456>
31. Mendonça, L. D. M., Ocarino, J. M., Bittencourt, N. F. N., Fernandes, L. M. O., Verhagen, E., *et al.* (2016). The Accuracy of the VISA-P Questionnaire, Single-Leg Decline Squat, and Tendon Pain History to Identify Patellar Tendon Abnormalities in Adult Athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 46(8), 673–680. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6192>
32. Mendonça, L. D., Ocarino, J. M., Bittencourt, N. F. N., Macedo, L. G., & Fonseca, S. T. (2018). Association of Hip and Foot Factors With Patellar Tendinopathy (Jumper’s Knee) in Athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(9), 676–684. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7426>
33. Mendonça, L. D. M., Ocarino, J. M., Bittencourt, N. F. N., Santos, T. R. T., Barreto, R., *et al.* (2015). Normative data of frontal plane patellar alignment in athletes. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.09.003>
34. Merchant, A. C., Fraiser, R., Drago, J., & Fredericson, M. (2020). A reliable Q angle measurement using a standardized protocol. *The Knee*, 27(3), 934–939. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.03.001>
35. Merican, A. M., & Amis, A. A. (2009). Iliotibial band tension affects patellofemoral and tibiofemoral kinematics. *Journal of Biomechanics*, 42(10), 1539–1546. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.03.041>
36. Milovanović, D., Begović, N., Bukva, B., Dučić, S., Vlahović, A., *et al.* (2023). The Influence of the Q-Angle and Muscle Strength on Idiopathic Anterior Knee Pain in Adolescents. *Medicina*, 59(6), 1016. <https://doi.org/10.3390/medicina59061016>
37. National Heart, Lung, and Blood Institute. (s.a). *Calculate Your BMI*. Kasutatud 13. jaanuaril 2026, <https://www.nhlbi.nih.gov/calculate-your-bmi>

38. Nijs, J., Van Geel, C., Van der auwera, C., & Van de Velde, B. (2006). Diagnostic value of five clinical tests in patellofemoral pain syndrome. *Manual Therapy, 11*(1), 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.04.002>
39. Norkin, C. C., & White, D. J. (2016). *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry* (5th ed.). F. A. Davis Company.
40. Nunes, G. S., Stapait, E. L., Kirsten, M. H., de Noronha, M., & Santos, G. M. (2013). Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy in Sport, 14*(1), 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.11.003>
41. Patel, D. V., Castrodad, I. M. D., Kurowicki, J., McInerney, V. K., & Scillia, A. J. (2021). Patellofemoral Instability. *Arthroscopy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99562>
42. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., *et al.* (2012). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research, 12*, 2825–2830. https://www.researchgate.net/publication/51969319_Scikit-learn_Machine_Learning_in_Python
43. Peers, K. H. E., & Lysens, R. J. J. (2005). Patellar Tendinopathy in Athletes. *Sports Medicine, 35*(1), 71–87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00006>
44. Reese, N. B., & Bandy, W. D. (2003). Use of an Inclinometer to Measure Flexibility of the Iliotibial Band Using the Ober Test and the Modified Ober Test: Differences in Magnitude and Reliability of Measurements. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. (JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540). <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.6.326>
45. Rio, E., Girdwood, M., Thomas, J., Garofalo, C., Fortington, L. V., *et al.* (2018). Pain mapping of the anterior knee: Injured athletes know best. *Scandinavian Journal of Pain, 18*(3), 409–416. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2018-0046>
46. Sanchez, H. M., Sanchez, E. G. de M., Baraúna, M. A., & Canto, R. S. de T. (2014). Evaluation of Q angle in different static postures. *Acta Ortopedica Brasileira, 22*(6), 325–329. <https://doi.org/10.1590/1413-78522014220600451>
47. Scattone Silva, R., Nakagawa, T. H., Ferreira, A. L. G., Garcia, L. C., Santos, J. E. M., *et al.* (2016). Lower limb strength and flexibility in athletes with and without patellar tendinopathy. *Physical Therapy in Sport, 20*, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.12.001>

48. Sharma, R., Vaibhav, V., Meshram, R., Singh, B., & Khorwal, G. (2023). A Systematic Review on Quadriceps Angle in Relation to Knee Abnormalities. *Cureus*, *15*(1), e34355. <https://doi.org/10.7759/cureus.34355>
49. Souza, R. B., & Powers, C. M. (2009). Differences in Hip Kinematics, Muscle Strength, and Muscle Activation Between Subjects With and Without Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *39*(1), 12–19. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2885>
50. Sutlive, T., Mitchell, S., Maxfield, S., McLean, C., Neumann, J., *et al.* (2004). Identification of Individuals With Patellofemoral Pain Whose Symptoms Improved After a Combined Program of Foot Orthosis Use and Modified Activity: A Preliminary Investigation. *Physical therapy*, *84*, 49–61. <https://doi.org/10.1093/ptj/84.1.49>
51. Theodorou, A., Komnos, G., & Hantes, M. (2023). Patellar tendinopathy: An overview of prevalence, risk factors, screening, diagnosis, treatment and prevention. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, *143*(11), 6695–6705. <https://doi.org/10.1007/s00402-023-04998-5>
52. VanderPlas, J. (2016). *Python Data Science Handbook*. Kasutatud 26. aprillil 2026, <https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/>
53. van der Worp, H., van Ark, M., Roerink, S., Pepping, G. J., van den Akker-Scheek, I., *et al.* (2011). Risk factors for patellar tendinopathy: A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(5), 446–452. <https://doi.org/10.1136/bjism.2011.084079>
54. Visnes, H., Aandahl, H., & Bahr, R. (2012). Jumper’s knee paradox - Jumping ability is a risk factor for developing jumper’s knee: A 5-year prospective study. *British journal of sports medicine*, *47*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091385>
55. Waiteman, M. C., Briani, R. V., Lopes, H. S., Maiolini Ducatti, M. H., da Silva, G. G. *et al.* (2024). People With Patellofemoral Pain Have Bilateral Deficits in Physical Performance Regardless of Pain Laterality. *Journal of Athletic Training*, *59*(11), 1110–1117. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0649.23>
56. Wasserstein, R. L., Schirm, A. L., & Lazar, N. A. (2019). Moving to a World Beyond “ $p < 0.05$ ”. *The American Statistician*, *73*(sup1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00031305.2019.1583913>
57. Wellsandt, E., Failla, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2017). Limb Symmetry Indexes Can Overestimate Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of*

Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 47(5), 334–338.

<https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7285>

58. Willy, R. W., Hogle, L. T., Barton, C. J., Bolgia, L. A., Scalzitti, D. A., *et al.* (2019). Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(9), CPG1–CPG95. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0302>
59. Witvrouw, E., Werner, S., Mikkelsen, C., Van Tiggelen, D., Vanden Berghe, L., *et al.* (2005). Clinical classification of patellofemoral pain syndrome: Guidelines for non-operative treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 13(2), 122–130. <https://doi.org/10.1007/s00167-004-0577-6>

LISAD

LISA 1. Ankeetküsimustik

"Füsioterapeutiliste testide kasutamine patellofemoraalliigese valusündroomi ja patellaarse tendinopaatia diferentseerimisel 18–55-aastastel patsientidel" on Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudis magistritööna läbiviidav pilootuuring, mille eesmärk on välja selgitada, kuidas füsioterapeutilised diagnostilised testid diferentseerivad patellofemoraalliigese valusündroomi või patellaarse tendinopaatia esinemist patsientidel, kui sinna lisada erinevad parameetrid nagu vanus, sugu, aktiivsus, teljelisus, lihasjõud, lihaste düsbalanss jne. Kuna diferentsiaaldiagnoosimiseks puuduvad standardsed testid, on uuringu eesmärgiks välja selgitada, millised testid on kõige informatiivsemad, et diagnoosimine muutuks lihtsamaks ja täpsemaks ning väheneks ka meditsiinisüsteemi koormus.

Küsimustik on mõeldud kõigile täiskasvanutele, kellel on diagnoositud (või kahtlustatakse) uni- või bilateraalne patellofemoraalliigese valusündroom või patellaarne tendinopaatia. Küsimustiku täitmine võtab aega kuni 10 minutit. Küsimustikust saadud andmeid kasutatakse üldistatud kujul üksnes magistritöö raames. Küsimustiku läbiviija on Tartu Ülikooli füsioteraapia eriala magistrant Saskia Alusalu (saskiaa@ut.ee).

Ette tänades,
Saskia Alusalu

1. Bioloogiline sugu?

- mees
- naine

2. Vanus?

- 18–35-aastane
- 35 – 45-aastane
- üle 45-aastane

3. Mis on Teie sportlik staatus? Valides "Muu ala" palun lisada ka kirjeldus

- inaktiivne *Liikuge 6.küsimuse juurde*
- aktiivne tervisesportlane (ei treeni spetsiifilise eesmärgiga)
- kindla eesmärgiga treeniv rahvasportlane
- sportlane (hüppealade esindaja)

- sportlane (kestvusalade esindaja)
- sportlane (jõualade esindaja)
- sportlane (pallimängude esindaja, täpsemalt: _____)
- sportlane (muu ala: _____)

4. Mitu tundi nädalas treenite?

- kuni 4h
- 4h-8h
- 8+h

5. Kui kaua olete spordiga/oma spordialaga tegelenud?

- alla 1 aasta
- 1–4 aastat
- 5–9 aastat
- 10+ aastat

6. Liigutused/asendid, millal valu esineb (vali üks kuni mitu)? Valides "Muu" palun lisada ka kirjeldus.

- istudes
- põlve painutades
- kõndides
- joostes
- hüpates
- trepist üles minnes (sh tõusval pinnasel)
- trepist alla minnes (sh laskuval pinnasel)
- pehmel pinnasel kõndides
- kõval pinnasel kõndides
- jalgrattaga sõites
- muu: _____

7. Kui kaua on valu kestnud?

_____ kuud

8. Kuidas valu tekkis (vali üks kuni mitu)? Valides "trauma või "muu" palun lisada ka kirjeldus.

- ajapikku
- äkitselt
- uute tegevustega

trauma _____

muu: _____

9. Kas Teil on esinenud varasemaid märkimisväärseid vigastusi? Valides "jah" palun lisada ka kirjeldus.

ei

jah, _____

10. Millal valu kõige enam esineb (vali üks kuni mitu)? Valides "Muu" palun lisada ka kirjeldus.

hommikul

õhtul

öösel

treeningu ajal süvenev

treeningu ajal paranev

muu: _____

11. Pikkus:

_____ cm

12. Kaal:

_____ kg

13. Kehamassiindeks:

_____ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

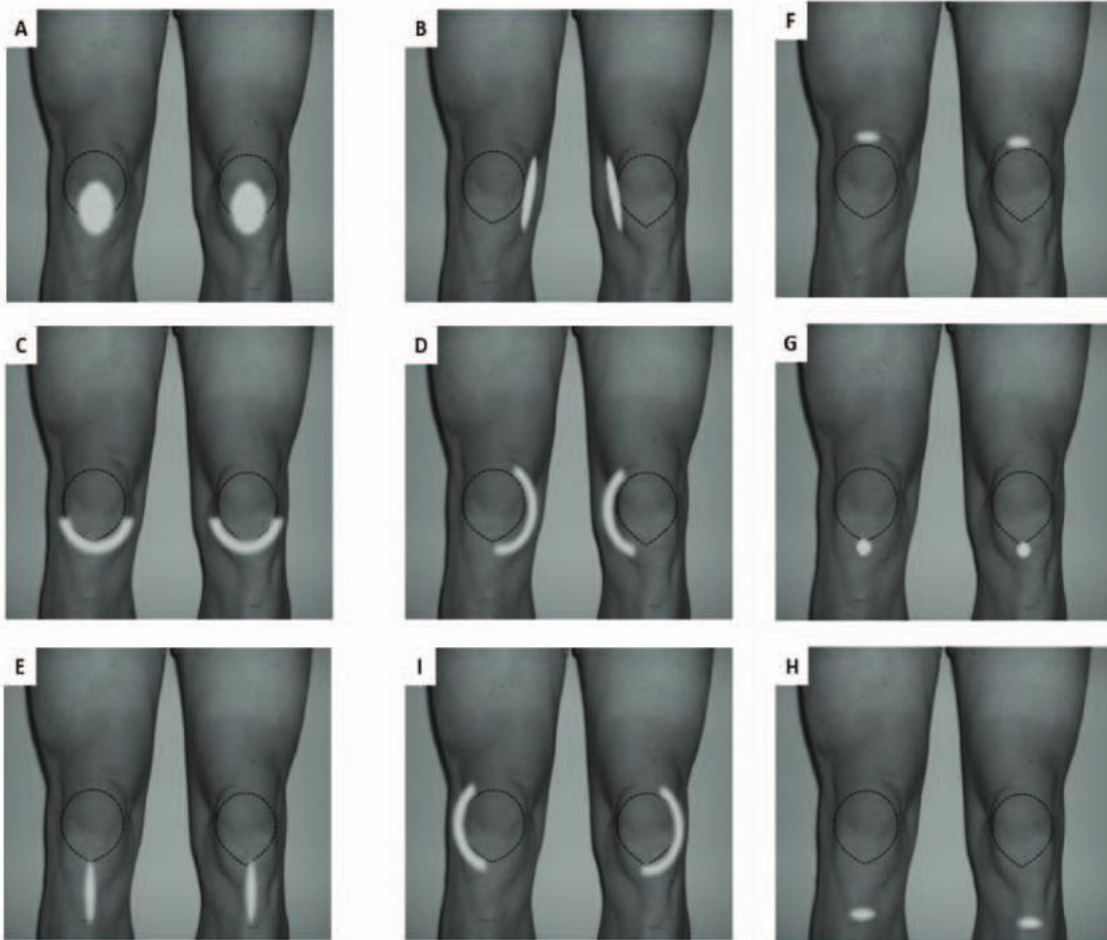
Aitäh vastuste eest!

LISA 2. Valu kaardistamise leht

1. Kumb põlv Teil valutab?

- Parem
- Vasak
- Mõlemad

2. Valu asukoha määramine:



Allikas: Hannington *et al.*, 2022

- A = patella
- B = patella mediaalne/sisemine külg
- C = patella alumine piir
- D = patella mediaalne piir
- E = patella kõõluse pikkus
- I = patella lateraalne/välimine piir
- F = patella ülal (fokaalne)
- G = patella all (fokaalne)

- H = sääreлуу mugulus (fokaalne)

3. Valu tüüp:

- tuim
- terav
- muu: _____

4. Valu tugevuse hindamine subjektiivselt visuaal-analoog skaalal (VAS):

- 0 = norm
- 1 = vähesel määral tundlik
- 2 = kõrgenenud tundlikkus
- 3 = valu
- 4 = tugev valu
- 5 = väljakannatamatu valu

5. Turse hindamine subjektiivselt visuaal-analoog skaalal (VAS):

- 1 = norm
- 2 = vähesel määral turses
- 3 = väga turses

6. Võrdlus „terve“ poolega:

LISA 3. Taandatud mudeli 15 tunnuse statistilised väärtused

#	Tunnus	Test	Tase	<i>p</i>	<i>d</i>
1	PF jõukõvera 4.kvartiili keskmine	PF jõud	Kõver	0,001	-1,18
2	SJ RFD 0–150 ms asümmeetria (%)	Kükkhüpe	RFD	0,007	-1,14
3	RJT minimaalne hüppekõrgus	Korduvhüpe	Kokkuv.	0,010	-1,20
4	SJ RFD 0–200 ms vasak	Kükkhüpe	RFD	0,006	-1,33
5	SJ RFD 0–200 ms asümmeetria (%)	Kükkhüpe	RFD	0,003	-1,11
6	SJ RFD 100–150 ms suhteline	Kükkhüpe	RFD	0,011	-1,17
7	PF 1. tipuni jõudmise aeg	PF jõud	Kõver	0,018	-0,96
8	Puusaligese abd. varieeruvus	Puusa abd.	Varieer.	0,019	+0,97
9	DF võimsuse keskmine suhe	DF jõud	Kõver	0,024	+0,75
10	Põlve ext. 90° 1. tipu jõud	Põlv ext 90°	Kõver	0,037	-1,06
11	Põlve ext. (VMO) 90° varieeruvus	VMO 90°	Varieer.	0,074	+0,89
12	Põlve ext. (VMO) 90° tippudevah. aeg	VMO 90°	Kõver	0,085	-0,76
13	RJT kõvera tippudevah. aeg	Korduvhüpe	Kõver	0,137	+0,74
14	PF maksimum jõuni jõudmise aeg	PF jõud	Kokkuv.	0,157	-0,54
15	PF jõukõvera järsakus	PF jõud	Kõver	0,011	+0,97

Tabelis kasutatud lühendid: *p* – statistiline olulisus; *d* – Coheni efekti suurus; DF – dorsaalfleksioon; PF – plantaarfleksioon; RFD – jõu arendamise kiirus (ingl *rate of force development*); VMO – *m. vastus medialis obliquus*; SJ – kükkhüpe (ingl *squat jump*); RJT – korduvate hüpete test (ingl *repetitive jump test*); asümm. – asümmeetria; maks. – maksimaalne; ext. – ekstensioon; kõver – jõukõvera kujuanalüüs; varieer. – katsetevaheline varieeruvus; kokkuv. – Kinventi kokkuvõtteparameeter

TÄNUAVALDUSED

Käesolev magistritöö on sündinud paljude inimeste ja asutuste toel, keda soovin siinkohal südamest tänada.

Minu kõige soojemad tänusõnad kuuluvad töö kaasjuhendajale Eva-Maria Risole igakülgse toetuse ning hindamatu valmisoleku eest olla mulle nõu ja jõuga toeks igal ajahetkel. Samuti tänan siiralt oma juhendajat doktor Mihkel Mardnat, kelle kaasabi uuringusse patsientide leidmisel oli mulle väga väärtuslik.

Suur tänu Indrek Tustitile, kes nõustas mind töö kliinilise poole pealt, jagades lahkelt oma pikaajalist praktilist kogemust füsioteraapias. Olen väga tänulik ka ettevõttele Medpoint, kelle vastutulelikkus testimisseadmete laenutamisel võimaldas uuringu instrumentaalseid mõõtmisi kõrgeimal tasemel läbi viia.

Tänan oma *alma mater*'it, Tartu Ülikooli. Siin omandatud teadmised on olnud minu suurimaks motivaatoriks selle magistritöö kirjutamisel.

Minu siiras tänu kuulub kõikidele uuringus osalejatele – ilma teie aja, usalduse ja panuseta ei oleks see magistritöö teoks saanud.

Lõpetuseks soovin südamest tänada oma lähedasi mõistva suhtumise ja toe eest sel intensiivsel perioodil, mil olen pidanud olema teie jaoks vähem olemas. Samuti tänan oma igapäevatöö patsiente, kes näitasid üles kannatlikkust ja mõistmist tavapärasest veidi pikemate ootejärjekordade suhtes. Aitäh teile!

AUTORI LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Saskia Alusalu,

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Füsioterapeutiliste testide kasutamine patellofemoraalliigese valusündroomi ja patellaarse tendinopaatia diferentseerimisel 18–55-aastastel patsientidel“, mille juhendaja on Mihkel Mardna ja kaasjuhendaja on Eva-Maria Riso, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Saskia Alusalu

18.05.2026