

TALLINNA REAALKOOL

HARRIET HELENA HABICHT

12. KLASS, REAAL-MEDITSIINI ÕPPESUUND

LIITREAALSUSE KESKKONNAS LIIKURRAJAL KÕNNITREENINGU MÕJU KEHA TASAKAALU NÄITAJATELE PÕLVELIIGESE ENDOPROTEESIMISE JÄRGSELT

JUHENDAJAD HELENA GAPEYEVA (IDA-TALLINNA KESKHAIGLA), ÕP REET VARIK

SISSEJUHATUS

Vananeva ühiskonna tõttu on vanemas eas levivate haiguste ja probleemide levik tõusulainel. Samuti on tõusujoonel ka ülekaalulisus ja vigastuste arv kukkumise tõttu. See kõik suurendab liigese- ja lihaskonnahaiguste levikut. Osteoartroos on üks kõige sagedamini levinud liigesehaigusi, mis esineb ligi 7% elanikkonnast üle maailma, ning selle kõige levinum vorm on põlveliigese osteoartroos. Suureneb inimeste hulk, kes vajavad kirurgilist ravi, sealhulgas liigeste endoproteesimist, ja taastusravi pärast operatsiooni. Ainult konservatiivsed ravimeetodid ei pruugi aidata või aitavad vähesel määral. Sellepärast ongi vaja leida efektiivsemaid taastusravi viise.

Kuigi taastusravis on tähtis ka pikaajaline toime, uuritakse selles uurimistöös liitreaalsuse keskkonnas tehtud treeningu kohest mõju tasakaalunäitajatele endoproteesitud põlveliigese osteoartroosi korral. Andmeid võrreldakse kontrollgrupi tulemustega, kontrollgrupp koosneb tervetest inimestest. Töö raames toimub kõnnitreening interaktiivse kõnnilabori (inglise keeles *Gait Real-time Analysis Interactive Lab*, Holland) liikurrajal liitreaalsuse keskkonnas tasakaalu parandamise eesmärgil. Patsiendile antakse ka kohest tagasisidet soorituse efektiivsuse kohta. Enne ja pärast treeningut tehakse tasakaalutestid.

Peamine uurimisküsimus siinses töös oli „Kas liitreaalsuse keskkonnas toimunud arendavate elementidega kõnnitreening mõjutas keha tasakaalu näitajaid endoproteesitud põlveliigese osteoartroosiga ja tervetel inimestel?“. Eesmärk oli analüüsida, kas tasakaalunäitajad patsientide ja tervete vahel olid erinevad. Uurimistöö koosneb kirjanduse ülevaatest, meetodika kirjeldusest, tulemuste analüüsist, arutlust ning järeldustest. Teoreetilises osas lahatakse töös esinevaid teemasid ja arutletakse töö praktilises osas kasutatavate meetodite üle. Eksperimentaalne osa

sisaldab meetodipõhist praktilist tööd, kus uuriti kahte gruppi: põlveliigese endoproteesiga gruppi ja kontrollgruppi. Põlveliigese endoproteesiga grupp koosnes Ida-Tallinna Keskhaigla patsientidest, kellele oli tehtud põlveliigese esmane totaalne endoproteesimine seoses kaugele arenenud põlveliigese osteoartroosiga. Kontrollgruppi kuulusid terved inimesed. Arutelu osas analüüsitakse püstitatud uurimisküsimusi ja hüpoteese ning seejärel esitatakse asjakohaseid järeldusi.

Üks nüüdisaegne taastusravimeetod on virtuaalreaalsus, mille üht alaliiki ka siinses uurimistöös käsitletakse. Uurimistöö käsitleb liitreaalsuse kaasamist keha tasakaalu ja kõnnitreeningu parandamiseks. Selle rakendamiseks kasutati interaktiivset kõnnilaborit, mille abil viidi läbi tasakaalutestid ja kõnnitreening. Töös uuriti ka treeningmeetodi kasutamise mugavust ja teisi näitajaid, mis võisid mõjuda keha tasakaalule. Täpsem meetodite kirjeldus on toodud uurimistöö metoodika peatükis. Peamised teadusuuringud, millele töös on viidatud, valiti vastavalt teemale, ning need on ilmunud ajavahemikus 1990 kuni 2023.

Täna Ida-Tallinna Keskhaigla taastusravi kliiniku juhatajat dr Kaupo Ole ja ambulatoorse taastusravi osakonna juhatajat Katrin Oolo-Laansood võimaluse eest läbi viia uurimistöö, haiglapoolset juhendajat Helena Gapeyevat professionaalse nõu eest ja füsioterapeute Oskar Põldmaad ja Hardi Paasi uuringute läbiviimise eest (sealhulgas interaktiivses kõnnilaboris). Samuti täna oma koolipoolset juhendajat Reet Varikut, kes aitas töö keelt ja struktuuri parendada.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	1
KASUTATUD TERMINID	6
1. TEOREETILINE ÜLEVAADE	7
1.1. Põlveliigese osteoartroos.....	7
1.1.1. Epidemioloogiline ülevaade ja osteoartroosi esinemistõenäosus	7
1.1.2. Põlveliigese siseehitus.....	9
1.1.3. Põlveliigese osteoartroosi sümptomid ja diagnostika	10
1.2. Eluviisi muutmine ja konservatiivsed ravimeetodid.....	11
1.2.1. Kirurgilised ravimeetodid	13
1.2.2. Põlveliigese endoproteesimise järgne taastusravi.....	14
1.3. Liitreaalsus	15
1.3.1. Virtuaalreaalsus ja liitreaalsus	15
1.3.2. Treening liitreaalsuse keskkonnas	15
1.3.3. Virtuaalreaalsuse kasutamise positiivset mõju näidanud uuringud	16
1.3.4. Virtuaalreaalsuse kasutamise neutraalset mõju näidanud uuringud	17
1.3.5. Liitreaalsuse praktiline kasutus	17
1.4. Inimese keha tasakaal	17
1.4.1. Keha tasakaalu olemus	17

1.4.2.	Liigesefunktsiooni muutused põlveliigese osteoartriidiga inimestel	19
1.4.3.	Liigesefunktsioon ja keha tasakaal operatsioonijärgselt	19
2.	PRAKTILISE UURIMUSE ALUSED	21
2.1.	Uurimistöö eesmärk ja relevantsus	21
2.1.1.	Eesmärk	21
2.2.	Uurimisküsimused ja hüpoteesid	21
2.2.1.	Uurimisküsimused	21
2.2.2.	Hüpoteesid	21
3.	METOODIKA	22
3.1.	Uuritavad	22
3.1.1.	Valim	22
3.2.	Meetodid	23
3.2.1.	Interaktiivse kõnnilabori süsteemi koostisosad	23
3.2.2.	Liitreaalsuse keskkonnas liikurajal kõnnitreening	25
3.2.3.	Keha tasakaalutestid	26
3.2.4.	Uuringu korraldus	27
3.2.5.	Andmete statistiline analüüs	30
4.	TULEMUSED	31
4.1.	Vanus ja antropomeetrilised näitajad	31
4.2.	Uuritavate TUG-testi sooritamise aeg ja põlveliigese funktsionaalse seisundi näitajad	33

4.3.	Keha tasakaalunäitajad	35
4.4.	Subjektiivne väsimuse hinnang	38
4.5.	Subjektiivne põlveliigese valu tugevus	39
4.6.	Subjektiivne kõnnitreeningu mugavuse hinnang	40
4.7.	Lisanäitajad	42
4.8.	Uuringueelse küsimustiku põhjal tehtud lisamärkmed	42
5.	ARUTELU	44
5.1.	Vanus ja antropomeetrilised näitajad	44
5.2.	Funktsionaalse seisundi näitajad	44
5.3.	Keha tasakaalu näitajad	45
5.4.	Subjektiivne väsimuse hinnang	46
5.5.	Subjektiivne põlveliigese valu tugevus	46
5.6.	Subjektiivne kõnnitreeningu mugavus	47
5.7.	Lisanäitajad	47
5.8.	Hüpoteeside arutelu	48
5.9.	Uurimistööd limiteerivad faktorid	49
6.	JÄRELDUSED	50
	KOKKUVÕTE	51
	RESÜMEE	53
	ABSTRACT	54

KASUTATUD KIRJANDUS	55
LISA 1. Tutvustusleht vabatahtlike kaasamiseks.....	59
LISA 2. Uuringueelne küsimustik	60
LISA 3. Küsimustik kõnnitreeningu mugavuse hindamiseks.....	62

KASUTATUD TERMINID

AROM – aktiivne liikumiskiirkonna ulatus (*active range of motion*)

COP – keha survetsenter (*center of pressure*)

Endoprotees – moondunud liigesepinna asendamine tehisliigesega

GRAIL – interaktiivse kõnnilabori süsteem (*Gait Real-time Analysis Interactive Lab*)

ITK – Ida-Tallinna Keskhaigla

Liitreaalsus (ka rikastatud reaalsus, *augmented reality*, lühend AR) – reaalse keskkonna ja virtuaalse keskkonna kombineerimine

LRKT – liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal kõnnitreening

OA – osteoartroos

SD – standardhälve

TKG – tervetest inimestest moodustatud kontrollgrupp

TPE – totaalne põlveliigese endoprotees

TPEG – totaalne põlveliigese endoproteesiga uuritavate grupp

TUG-test – „tõuse ja kõnni“ test (*Time Up and Go*)

Töös on esitatud autori originaaljoonised.

1. TEOREETILINE ÜLEVAADE

1.1. Põlveliigese osteoartroos

Osteoartroos (OA) on kõige levinum degeneratiivne liigesehaigus, mida iseloomustab liigesekõhre kulumine koos teiste liigesemuutustega. Käesolev alapeatükk annab ülevaate OA epidemioloogiast, põlve anatoomiast, OA-st tingitud muutustest ja OA ravivõimalustest.

1.1.1. Epidemioloogiline ülevaade ja osteoartroosi esinemistõenäosus

2019. aastal elas Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO) andmetel 528 miljonit inimest OA-ga. Võrreldes 1990. aastaga on OA osakaal tõusnud 113%. 73% OA patsientidest on vanemad kui 55 aastat ja suurem osa nendest on naised (60%). Põlveliigese osteoartroos on kõige levinum OA ning selle käes kannatab 365 miljonit inimest üle maailma. On leitud, et 344 miljonit inimest, kes elavad OA-ga, kannatavad keskmiste või tugevate valude käes. (Long *et al.*, 2022)

Eestis on Tervisekassa andmete järgi põlve osteoartroos viimasel kolmel aastal sagenenud. Igal aastal diagnoositakse see üle 30 000 inimesel. Lisaks paigaldatakse ligi kümnendikule neist põlveprotees (tabel 1).

Tabel 1. Põlveliigese osteoartroosi diagnoosiga inimeste arv Eestis ja põlveliigese endoproteesimise osakaal 2021 jaanuar – 2023 september (Tervisekassa, 2023)

Aasta	Isikute arv põlveliigese OA-ga	Isikute arv põlveliigese endoproteesiga	%
2021	30 081	3 708	12%
2022	31 919	4 210	13%
2023	24 394	3 299	14%

Põhitegurid, mis suurendavad OA esinemissageduse riski, on patsiendi vanus (üle 40 aasta), fakt, et patsient on naissoost, ülekaalulisus, valeasendiga liigesed (näiteks X-jalgsus, mis on põlvede ebataoline sissekalle), perekondlik OA ja varasemad põlvepiirkonna traumad. (Felson, 1990) Vananemine on üks OA-d suurendavaid riske just sellepärast, et üle neljakümneaastastel inimestel lihased nõrgenevad ning ühtlasi aeglustuvad paranemisprotsessid. Lisaks võivad liigesed olla kahjustatud raske füüsilise töö või eluviisi tõttu (Felson, 1990). Sel põhjusel aitab vananemine kaasa OA tekkele, kuid samal ajal mängivad rolli ka teised riskifaktorid (vt all). Oluline on märkida, et liigese vananemisega seotud muutuste ja OA-ga liigese vahel esineb suur

erinevus. Esimesel juhul kõhrekiht küll kulub, aga ei pruugi kuluda sedavõrd, et tekiks OA. OA puhul on kõhrekiht aga kulunud sel määral, et luud hõõruvad omavahel kokku. (Anderson, Loeser, 2011)

Naistel on küll suurem risk OA-le, kuid samas ei ole täpsed tekkemehhanismid selged ja vajalikud on täiendavad teadusuuringud (Tschon *et al.*, 2021). Võimalikud tegurid, miks naiste risk OA-le on suurem, võivad olla menopaus, naiste keha anatoomia, hormonaalteraapia ja spordivigastused. Sellega võib kaasneda kehakaalu tõus, mis tõstab OA riski suurema koormuse tõttu keha alajäsemete liigestes. Lisaks, kuna naiste puusaümbermõõt on võrreldes meestega suurem, võib koormus jaotuda ebaühtlaselt põlveliigese välisküljele, mis võib soodustada liigese kulumist. Kolmas põhjus, mis võib suurendada OA riski naistel, on hormoon relaksiin, mis eraldub raseduse ajal, et lihtsustada sünnitamist. Selle hormooni mõjul muutuvad liigesed mobiilsemaks, mis võib põhjustada liigese ebastabiilsust ja avaldada OA-na. Naiste aktiivsem osalus spordis, võrreldes eelmiste kümnenditega, on samuti suurendanud naiste spordivigastuste hulka. Eelnevad liigesevigastused põlveliigeses (rebendid, näiteks eesmise ristatsideme vigastused) võivad samuti suurendada hiljem OA tekkeriski. (Verbrugge, 1995; Dennison, 2022)

Ülekaalus inimestel esineb osteoartroosi rohkem suurema raskuse tõttu, mida põlved kannavad (Felson, 1990). See suurendab stressi põlveliigesele, mis omakorda põhjustab kõhrekihi kulumist.

Neil inimestel, kelle liigesed on valeasendis, näiteks sissepoole kaldu, väljapoole kaldu ja taha ülepainduvad põlved, esineb rohkem põlve osteoartroosi. Valest asendist tulenevalt tekib ebaühtlane liigese koormamine ja see võib põhjustada OA-d suurema koormusega liigese osale. (Sharma *et al.*, 2001)

Samuti suurendab OA riski pärilikkus, kuigi selle mõju põlveliigese OA-le on väiksem kui muudele liigestele, näiteks puusale ja kätele. Pärilikkusega seotud riskid sõltuvad enamasti geenimutatsioonidest. Osa geene, mis võivad OA-d mõjutada, on kõhre rakuvälise matriksi struktuurigenid (COL2A1 geenide varieerumine võib vähendada kõhre vastupidavust puusa- ja muude liigese stressile, sest see geen võimaldab tüüp II kollageeni produktsiooni), luutihedust mõjutavad geenid (variatsioonid östrogeeni retseptori geenides või D-vitamiini retseptori geenides suurendavad OA riski), kondrotsüütide signaaliradade geenid [FRZB geenide (kodeerivad signaalmolekule, mis seonduvad Wnt-raja retseptoritega) variatsioonid võivad suurendada naistel OA riski] ja põletikuvastuses osaleva tsütokiiniretseptori geenid [IL-1R1 geenide (süsteemse

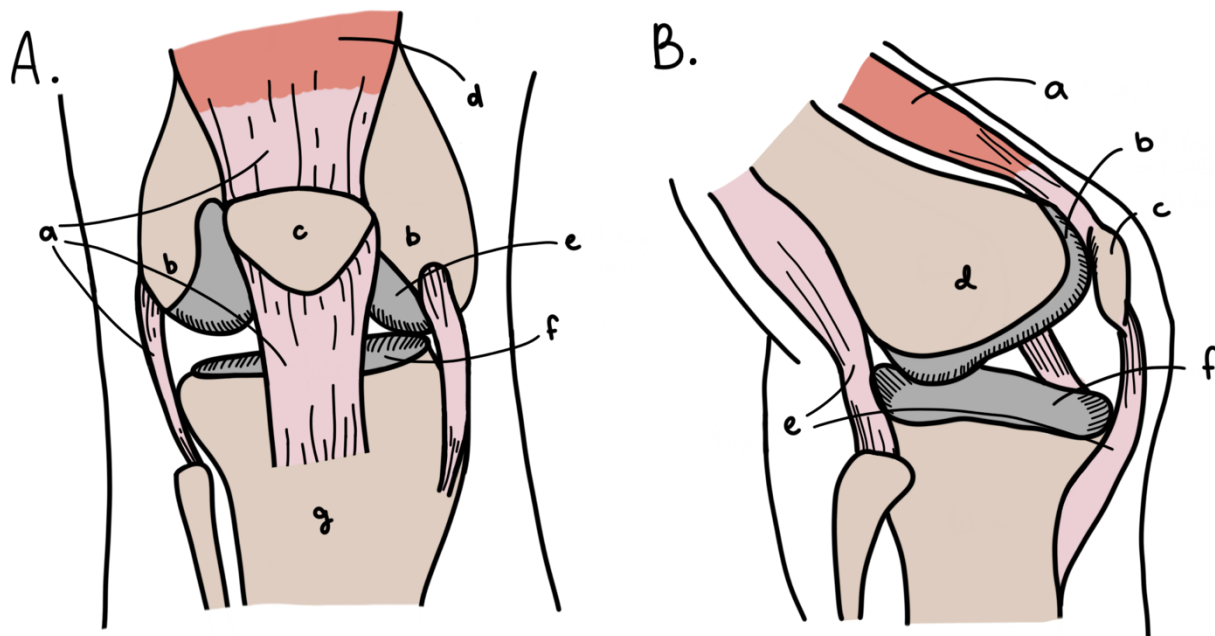
põletikuvahendaja) variatsioonid, suurendavad eelkõige käte OA riski]. (Spector, MacGregor, 2003)

Täiendavalt mõjutavad OA tekkeriski varasemad vigastused ja haigused. Näiteks varasem põlveliigese trauma suurendab OA riski juba avaldunud põlvemuutuste ja stressi tõttu. Varasem kirurgiline ravi – meniski rebendi eemaldamine ja kõhrede lihvimine – võib tekitada põlve osteoartroosi. OA riski suurendavad ka põletikulised liigesehaigused, nagu podagra (ainevahetushäire, mis põhjustab liigesepõletikku) ja reumatoidartriit (liigeste autoimmuunhaigus). (Felson, 1990)

1.1.2. Põlveliigese siseehitus

Põlveliiges koosneb luulisest osast – reieluust (*femur*), sääreluust (*tibia*) ja põlvekedrast (*patella*) – ja liigestest – femorotibiaal- ja patellofemoraalliiges (joonis 1). Põlveliigeses toimuvad liigutused kolmel eri tasapinnal: sagitaal-, põiki- ja frontaaltasapind. See võimaldab kuue vabadusastme liikumisulatust: painutus ja sirutus (sagitaaltasand), sise- ja välisrotatsioon (põikitasand), varus- ja valguspinge (frontaaltasand). Lisaks ümbritsevad põlve neli peamist ligamenti, mis ühendavad sääre- ja reieluud: eesmine (ACL) ja tagumine (PCL) ristligament, mediaalne (MCL) ja külgmiline (LCL) ligament. Põlve ümber on toetavad lihased: tagant toetavad tagareie lihased, mis ulatuvad puusast põlveni ja töötavad põlve painutamisel, ning eest toetavad reienelipealihased, mis kulgevad puusast põlveni ja töötavad painutusel. Põlve liikumist hõlbustavad ka limapaunad kõõluste vahel (põlvel on neid 14). (Abulhasan, Grey, 2017)

Põlveliiges, mis on reieluu ja sääreluu vahel, ehk femorotibiaalliiges, kannab kõige rohkem keharaskust. Põlvekedra ja reieluu vaheline liiges ehk patellofemoraalliiges võimaldab aga reienelipealihasel vabalt, ilma lisapingeta, kokku tõmbuda ja lõdvestuda. Põlveliigest stabiliseerivad nii liigesed kui ka põlveliigest ümbritsevad lihased. Stabiliseerimine toimub lihaste ja kõõluste ühenduse abil. Kui lihased tahtmatult pingestuvad, et kaitsta põlve, pingestuvad ka kõõlused, mis tekitavad koostöös liigesekapsliga põlvele kaitseümbrise, mis kaitseb põrutuse vastu. Liigeseid ja lihaseid ühendavad sidemed. Sidemed tagavad põlvele samuti stabiilsuse, iga side vastavas suunas, ning samuti on neil naharetseptorite kaudu roll liigese süvatundlikkuse tagamisel. (Abulhasan, Grey, 2017)



Joonis 1. Põlveliigese siseehitus. A. – otsevaade, A.a – side, A.b – reieluu, A.c – põlvekeder, A.d – reienelipealihas, A.e – liigesekõhr, A.f – menisk, A.g – sääreluu, B. – külgsaade, B.a – reienelipealihas, B.b – liigesekõhr, B.c – põlvekeder, B.d – reieluu, B.e – side, B.f – menisk (autori joonis Vaienti, 2017 põhjal)

1.1.3. Põlveliigese osteoartroosi sümptomid ja diagnostika

OA tekib siis, kui liigesekapslis olev luid ümbritsev kõhrekiht saab kahjustada või laguneb sel määral, et põlveluud hõõrduvad omavahel kokku, põhjustades valusid, jäikust ja turset. Tervel inimesel on liigesekõhr sitke, kummitaoline kude, mis amortiseerib põlvele avalduva surve. Samuti võimaldab liigesekõhr jäsemetel vabalt liikuda ja painduda. Kui inimesel on aga OA, siis kõhrekiht kulub ja põrutuse survet ei ole võimalik leevendada. See põhjustab valusid ja teisi probleeme. (Michael *et al.*, 2010) Põlve OA-d iseloomustavad tugevad või nõrgad põlvevalud; põlve liigutamisel krudisemine; raskendatud liikumine valude ja jäikuse tõttu, eriti peale puhkeasendis olekut; valude tugevnemine ilmamuutuste tõttu; põlve „alt ära kadumine“; põlve asendi muutumine; sisemised deformatsioonid ning turse põlveliigese ümber. (Felson, 2005)

Valu mehhanism toimib nii: proprioretseptorid (lihaskoes, kõõlustes ja liigestes paiknevad retseptorid, mis võtavad vastu tundeärritusi) võtavad vastu lihastes, kõõlustes, sidemetes ja liigestes toimuvaid erutusi. Nad asuvad lihastes ja aponeuroosis ehk kilekõõluses ja edastavad informatsiooni peaaugle liigese kiiruse, positsiooni ja jõu kohta. Proprioretseptorid, sidemed ja lihased moodustavad reflektorse tee, genereerides tagasiside kesknärvisüsteemi ja liigese

vahel. Kesknärvisüsteem (peamiselt väikeaju ehk *tserellum*) saab informatsiooni proprioretseptoritelt, lihaste retseptoritelt ja liigese kapsli retseptoritelt ning genereerib sellest neuroloogilise tagasiside väikeajust, et hoida liigesed stabiilsena, mis abistab tasakaalu hoidmisega. Põlveliigese OA võib mõjuda selle tagasiside mehhanismile ja suurendada valutunnet. (Felson, 2005)

Kui esinevad ülalkirjeldatud sümptomid, hinnatakse põlve painduvust, turse ja põletiku esinemist. Tehakse täiendavad labori- (vere- ja liigesevedeliku analüüsid) ja radioloogilised uuringud (pildidiagnostika). Vereanalüüsides ei saa tuvastada täpselt OA-d, aga need aitavad välistada muid liigesevalu tekitavaid haigusi, näiteks reumatoidartriiti. Liigesevedeliku analüüsides abil leitakse võimalikke valu tekitajaid, näiteks podagrat või erinevaid põletikke. Röntgenuuring ei näita kõhrekihti või selle kulumist, küll aga saab selle abil hinnata, kas sääreluu ja reieluu omavaheline kaugus on vähenenud või mitte (mis iseloomustab kõhrekihi kulumist). Magnetresonantstomograafia (MRT) korral kasutatakse raadiolaineid ja võimsat magnetvälja luude ja pehmete kudede, seehulgas kõhrekihi detailseks uuringuks. (Michael *et al.*, 2010)

Koos põlveliigese osteoartroosi diagnoosiga määratakse ka see, millises staadiumis haigus on. Staadiume hinnatakse kahel viisil: liigese kahjustustuse radioloogiline gradatsioon Kellgreni ja Lawrence'i järgi ja funktsionaalse puudulikkuse aste. Radioloogiline gradatsioon määrab radioloogilise uuringu käigus tuvastatud liigese pilu kitsenemise mahu ning funktsionaalne puudulikkuse aste igapäevaste tegevuste ja aktiivsuse säilimise või säilimatuse. Radioloogilise gradatsiooni skaala vahemik on 0–IV (kus 0 on „normaalne: OA tunnused puuduvad“ ja IV on „raske: liigese pilu tunduv kitsenemine“) ja funktsionaalse puudulikkuse aste I–IV (kus I on „kõikide päevatoimingute tegemine kõrvalise abita; töövõime mõnevõrra vähenenud“ ja IV on „ulatuslik või täielik töövõimeetus; haige on seotud voodi või ratastooliga, vajalik pidev kõrvalabi“). (Birkenfeldt, 2008) Siinses uurimistöös hinnati patsiente mõlema skaala järgi ning kaasav tegur oli mõlema skaala III–IV staadium.

1.2. Eluviisi muutmine ja konservatiivsed ravimeetodid

OA ei ole ravitav haigus, aga selle sümptomeid on võimalik leevendada. Esmaste ravivalikute hulka kuulub ülekaalulisuse korral kaalu langetamine vastavalt arsti soovitusel ja isiklikele võimalustele, eluviisi muutmine järjepidevate liikumisharjumuste toel (ehk regulaarne treening vastavalt võimekusele), ravimid või liikumisteraapia igapäevaste toimingute kergendamiseks.

Kaalu langetamiseks tuleb kõigepealt hinnata, kas see leevendaks OA-d, seejuures tuleb hinnata ka patsiendi vaimset seisundit. Kaalulangetamine on pikaaegne protsess, mis koosneb liikumisharjumuse loomisest ning tasakaalustatumast toitumisest, mis arutatakse läbi arsti ja toitumisnõustajaga. Regulaarne treening soodustab lihaste ja liigete tugevdamist, mis aitab sümptomeid leevendada. Alguses tuleb jälgida füsioterapeudi koostatud harjutuste programmi, et vähendada ülekoormuse ohtu. (Pandit, Ringdahl, 2011)

Ravimite hulka, mida kaalutakse esmase ravivalikuna, kuuluvad valuvaigistid (paratsetamool), mittesteroidsed põletikuvastased ravimid (MSPVA), nagu näiteks diklofenak ja ibuprofeen, ning paiksed ravimeetodid ehk problemaatilisele kohale pandavad kreemid, näiteks MSVPA-d ja kapsaitsiin (Jordan *et al.*, 2003). Lisaks kasutatakse steroidisüste valupiirkonda, mis vähendavad kiiresti valu ja leevendavad sümptomeid. Süste tuleb teha iga paari nädala või kuu tagant, kui muud ravimid ei ole efektiivsed. Tugevama valu korral kasutatakse opioide ehk kesknärvisüsteemi opioidireseptoritega seonduvaid sarnase toimega aineid, kuid seda ainult lühiajaliselt, sest need võivad tekitada väsimust, kurnatust, kõhukinnisust ja sõltuvust. (Pandit, Ringdahl, 2011)

Lisaks ravimitele ja eluviisimuutustele võivad aidata abistavad ravimeetodid: kuuma- ja/või külmakottide kasutamine, abivahendid ja manuaalteraapia. Kuuma- ja külmakotid võivad vähendada valu. Abivahenditeks võivad olla spetsiaalsed sisetallad, mis vähendavad kõnnil põrutuse survet põlvele ja aitavad jaotada kehakaalu ühtlasemalt. Samuti kasutatakse ortoose ehk ortopeedilisi tugivahendeid, mille abil vähendatakse survet põlvele. Põlve-OA korral saavad patsiendid liikumise abistamiseks ja raskuse jalalt ära võtmiseks kasutada ka käimiskeppi. Lisaks saab kasutada *splint*'i, mis aitab haiget jalga puhkeolekus toetada. Manuaalteraapia, mis aitab vähendada liigete jäikust, kui liigeseid on vähe liigutatud või see on raskendatud, koosneb sellest, et füsioterapeut venitab, liigutab ja masseerib erinevaid kehakudesid, et hoida liigesed paindlikena. Selline teraapia aitab vähendada lihaste taandarengut. (Pandit, Ringdahl, 2011)

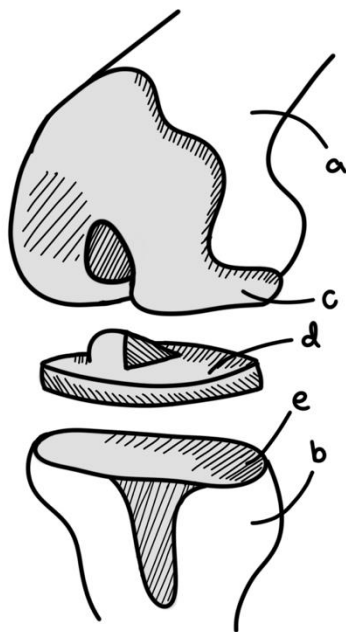
Harjutused vees ja aparaatne ravi (laser-, magnet- ja ultraheliravi) mängivad rolli liigesevalu vähendamisel ja vere stimulatsiooni parandamisel (Flynn, 2020). Ülikülmravi (–110 kuni –150 kraadi juures toimuv paarisekundiline või -minutiline ravi põletiku ja valu vähendamiseks) kasutatakse valu vähendamiseks nii OA kui ka reumatoidartriidi korral (Garcia *et al.*, 2020). Teatud juhtudel on kasutatud ka alternatiivseid teraapiaid, näiteks akupunktuuri ehk nõelravi ja aroomiteraapiat, kus kasutatakse eeterlikke õlisid tervise toetamiseks. Teaduslikult pole leitud tõestust, et need meetodid aitaksid otseselt OA-d leevendada. Kasutakse ka toidulisandeid, nagu kondroitiin (leiduv loomade sidekudedes) ja glükosamiin (sidekoe komponent), kuid ka nende

kliinilist positiivset mõju ei ole suudetud teadusuuringutega tõestada. Lisaks on *rubefaciens*-kreemid, mis soojendavad valulikku kohta. Neid on varem kasutatud OA leevendamiseks, kuid uuringute järgi on nende mõju minimaalne. Kokkuvõttes ei soovita *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) alternatiivsete teraapiate kasutamist OA ravimiseks, sest nende kohta ei ole piisavalt teadusuuringuid ning olemasolevad uuringud on näidanud vähest või olematut mõju. (Pandit, Ringdahl, 2011)

1.2.1. Kirurgilised ravimeetodid

Kui ükski eelnevatest esmastest ravivõimalustest ei tundu piisavalt abistav, on võimalik kombineerida eelnevaid ravimeetodeid kirurgilise raviga, kuid kirurgiline sekkumine ei pruugi alati leevendada kõiki esinevaid sümptomeid. Kirurgilisteks meetoditeks on osteotoomia (luutelje või liigesenurga korrigeerimine), endoproteesimine (liigesevahetus) ja artrodees (liigese jäigastamine). Osteotoomia on kasutusel, kui endoproteesimise võimalus puudub. Osteotoomia käigus kirurg kas eemaldab või lisab luuosa, mis võib olla põlveliigesest ülal- või allpool. See operatsioon aitab jaotada raskuskoormat nii, et kogu keharaskus ei ole enam probleemsel liigesel. Osteotoomia leevendab OA sümptomeid, aga suure tõenäosusega on mingi aja jooksul siiski vajalik endoproteesimine. (Pandit, Ringdahl, 2011) Endoproteesimist kasutatakse enamasti puusa- ja põlve-OA puhul. Selle operatsiooni ajal eemaldatakse probleemne liiges ja asendatakse see endoproteesiga. Protees võib olla kasutuskõlblik kuni 20 aastat ja võib vajada väljavahetamist. Artrodeesi tehakse juhul, kui endoproteesimine pole võimalik. Selle operatsiooni käigus kinnitatakse liiges nii, et seda pole enam võimalik liigutada. Vastav liiges pole enam nii valulik ja on tugevam, kuid liikuvus puudub.

Endoproteesimine on protsess, kus eemaldatakse liigeseosa ja see asendatakse mehhaanilise proteesiga (joonis 2). Hetkel on võimalik endoproteesida puusa-, põlve- ja õlaliigest (neid kõige rohkem), aga ka hüppe-, küünarnuki-, varba- ja randmeliigeseid. Nagu mainitud, kasutatakse endoproteesimist juhul, kui esmased ravimeetodid olid ebaefektiivsed. Endoproteesi vajavatel patsientidel on enamasti mingi liigesega seotud haigus, milleks võib olla osteoartritis, reumatoidartriit, luumurrud, liigese kõrvalekalded (näiteks puusaliigese düsplaasia, mille korral puusaliigese normaalne areng on häiritud), avaskulaarne nekroos (luu verevarustus on minimaalne või puudulik) jne. Operatsioonieelset stressi vähendab patsientide teadlikkus protseduurist. (Insall *et al.*, 1985)



Joonis 2. Põlveliigese endoprotees. a – reieluu, b – sääreluu, c – reieluukomponent, d – põlvekedrakomponent, e – sääreluukomponent (autori joonis Vaienti, 2017 põhjal)

Põlve endoproteesimise protsess on järgmine. Kirurg teeb sisselõike mööda põlve esiosa paralleelselt põlve- ja sääreluuga. Peale seda lõiget avaldub opereeritava põlvekeder ehk *patella*. Kirurg liigutab selle kõrvale ilma midagi lõikamata, et näha reie- ja sääreluu ühendumiskohta, kus asub põlveliiges. Reieluu juures olev kõhrekiht ja kahjustunud luuosa mõõdetakse ning eemaldatakse vastavalt vajadusele. Kõhrekiht asendatakse metallist reieluukomponendiga, mis kinnitatakse reieluu külge. Järgmisena eemaldab kirurg kõhrekihi ja kahjustunud luuosa sääreluult. Luu mõõdetakse ja kujundatakse, et mahutada sääreluukomponenti. Sääreluu külge kinnitav protees koosneb metallist ja plastikust. Metallist osa läheb sääreluule, eemaldatud kõhrekihi asemele, ja plastikosaga ühendatakse metallist reieluukomponent. Enne põlvekedra asetamist tagasi oma kohale võib kirurg lõigata osa põlvekedrast, mis kaitseb uut proteesi, ja asendada plastikuga, et protees sobiks kõigi oma osadega kokku. Kirurg kontrollib proteesi ja põlve liikuvust. Siis suletakse algul tehtud nahasisselõige õmblustega. (Landon *et al.*, 1985)

1.2.2. Põlveliigese endoproteesimise järgne taastusravi

Pärast operatsiooni peab patsient saama haiglaravi (3–5 päeva) (Lucas *et al.*, 2012). Päev pärast operatsiooni alustatakse opereeritud põlveliigese liigutamist nii aktiivselt kui ka pideva passiivse liikumise (*continuous passive motion*, CPM) seadme abil, mis liigutab opereeritud jalga ilma ülejäänud keha liigutamata. Valu reguleeritakse valuvaigistavate ravimite abil. Nii on patsiendil

võimalik võimalikult vara taastusraviga alustada. Samuti hakkab patsient sooritama füsioterapeudi abiga harjutusi. Edaspidi tehakse neid harjutusi kodus. Kodus peab hoidma opereeritud kohta puhta ja kuivana. Õmblused eemaldatakse, kui haav on paranenud, ligikaudu kaks nädalat pärast operatsiooni. Liigeseturse korral kasutatakse asendiravi (näiteks jala kõrgemale tõstmine) või jahutatakse külmakoti abil. Kodukeskkonnas liigutakse 6–8 nädalat karkude abil. Liikumine jääb piiratuks, kuni kõnnimuster normaliseerub. Edaspidi, kui haav paraneb, suurendatakse harjutuste mahtu. Kui võimalik, saab harjutusi teha ka vees. (Lucas *et al.*, 2012)

1.3. Liitreaalsus

1.3.1. Virtuaalreaalsus ja liitreaalsus

Virtuaalreaalsuse keskkond luuakse arvuti abil, mis tekitab 3D-pilte, milles inimene saab navigeerida ja suhelda. Sõna *virtuaalsus* sümboliseerib mingit kujutist, mida inimene oma käega katsuda ei saa, näiteks nagu peegelpilt. Arvuti abil on võimalik luua nii realistlikke kui ka ebarealistlikke stseene. Sõna *reaalsus* väljendab aga midagi, mida on võimalik tunda oma meeltega. Virtuaalreaalsus seda aspekti ei täida. Alates aastast 1990 lepitakse sellega, et virtuaalreaalsus ei suuda asendada ega imiteerida päris maailma täielikult, kuid nimetus *virtuaalreaalsus* jäi püsima. Õigem termin oleks aga *süntheetiline keskkond*. Vastava süsteemi toimimiseks kasutatakse kiiresti töötavaid arvuteid ja monitore. (Vince, 2004)

Liitreaalsus on virtuaalreaalsuse üks erivorme. Liitreaalsus kombineerib pärismaailma virtuaalreaalsuse. Nimelt kui virtuaalreaalsus kujutab meile täiesti uut maailma, siis liitreaalsus lisab pärismaailmale virtuaalreaalsuse elemente. Näiteks võib päriselt eksisteerida kuskil toas laud, aga liitreaalsus lisab selle peale vaasi, mida tegelikult olemas ei ole. (Graig, 2013)

1.3.2. Treening liitreaalsuse keskkonnas

Liitreaalsuse treeningul kasutatakse enamik aega reaalses tagasisidet. See tähendab, et treenitav sooritab testi või täidab ülesande, saab kohese tagasiside ning hiljem täpsema analüüsi. Sensorid, mis paigaldatakse treenitava külge, võimaldavad kaamerate abil erinevaid liikumismustreid jälgida. Selle abil on võimalik manada liitreaalsuses kasutatavale ekraanile reaalses jälgitavad objektid (vt ptk 3.2.1 ja 3.2.2) Liitreaalsuse eelised treenitavale seisnevad selles, et seda saab kasutada nii tervetel inimestel kui ka patsientidel, et parandada liikumise kvaliteeti ja tugevdada lihaseid. Lisaks on liitreaalsus interaktiivne keskkond ning seda on võimalik kasutada erinevas vanuses erineva treeningueesmärgiga. Liitreaalsuse puhul esinevad ka mõned

puudused. Vajalik on treenitava seisundit jälgida ja viia läbi nii visuaalseid kui ka häälelisi käske. Samuti on sensorite paikapanek vahel raskendatud ning arvuti ja sensorite signaali kvaliteet võib olla ebamäärane. (Lancere, Kugaudo, 2021)

Lisaks selles uurimistöös kasutatavale füsioteraapilisele viisile on liitreaalsust võimalik kasutada meditsiinis ka muudes valdkondades. Nimelt kasutatakse liitreaalsust ka meditsiinisuuna üliõpilaste õpetamisel ja operatsioonide või raviplaanide katsetamisel. Näiteks võidakse raskemad operatsioonid proovida läbi enne liitreaalsuses ja alles siis realses situatsioonis. Kuid õpetamise eesmärgil liitreaalsuse kasutamine on vähem levinud kui selle kasutamine füsioteraapilistel eesmärkidel. (Eckert *et al.*, 2019)

1.3.3. Virtuaalreaalsuse kasutamise positiivset mõju näidanud uuringud

Varasemad uurimused on analüüsinud osteoartroosi ravi võimalusi ning virtuaalreaalsuse ja liitreaalsuse mõju rehabilitatsioonil. Hiinas läbi viidud neljateistkümne uuringu, mis hõlmasid kokku 989 patsienti, analüüs leidis, et laiendatud reaalsuse kasutamine kõnnitreeningul aitas üks kuu pärast põlve endoproteesimist vähendada valu ja ärevust ning suurendas opereeritud liigese funktsiooni võrreldes traditsiooniliste füsioterapeutiliste meetoditega suuremal määral. Elukvaliteet kahe grupi vahel ei erinenud. Järeldati, et totaalse põlveliigese endoproteesimise korral saab laiendatud reaalsus olla hea abivahend patsientide taastusravil. (Su *et al.*, 2023)

Teises uuringus, mis hõlmas 56 totaalse põlveliigese endoproteesiga (TPE-ga) indiviidi, viidi patsientidega 15 korral (45 minutit 5 korda nädalas) läbi virtuaalreaalsuse keskkonnas kõnnitreening, Nii kontrollgrupis kui ka eksperimentaalgrupis leiti, et virtuaalreaalsuses toimunud taastusravi oli tõhusam tasakaalunäitajate parandamisel, võrreldes klassikalise füsioteraapiaga. Näidati, et see on tähtis teema, mida laiemalt uurida. (Pournajaf *et al.*, 2022)

Kolmandas uuringus 30 patsiendiga, kus keskmine vanus oli 65 ja kõik olid saanud TPE, oli näha tasakaalunäitajate paranemist nii kontrollgrupis kui ka eksperimentaalgrupis, kuid eksperimentaalgrupis, kus kasutati virtuaalreaalsustreeningu meetodit, nähti suuremat arengut dünaamilistes tasakaalunäitajates. Järeldati, et pärast TPE-d on virtuaalreaalsuse kasutamine varajases taastusravis positiivse mõjuga ja aitab patsiendil olla rohkem kaasatud oma taastusravisse. (Yoon, Son, 2020)

Neljandas uuringus, kus osales 40 vanemaealist naist (üle 64 aasta vanad) ning nad olid jaotatud eksperimentaal- ja kontrollgruppi, leiti, et eksperimentaalgrupil, mis kasutas virtuaalreaalset kõnnitreeningut, paranesid keha tasakaalunäitajad rohkem kui kontrollgrupil. (Wi, Kang, 2012)

1.3.4. Virtuaalreaalsuse kasutamise neutraalset mõju näidanud uuringud

Esimeses uuringus, mis hõlmas 20 inimest vanusevahemikus 35–55 aastat, testiti keha tasakaalunäitajate muutust võrdse arvu osalejatega kontroll- ja eksperimentaalgrupis (mõlema gupi puhul oli tegu põlve osteoartroosiga patsientidega). Eksperimentaalgrupp kasutas taastusravi jaoks virtuaalreaalsustreeningut ja kontrollgrupp konservatiivseid füsioteraapilisi harjutusi. Virtuaalreaalsuskeskkonna treeningu puhul arenesid patsientide tasakaalunäitajad küll rohkem, kuid see oli statistiliselt ebaoluline. Patsientide tagasisidest saadi aga teada, et pärast virtuaalreaalsuskeskkonna treeningut olid nad oma arenguga rohkem rahul. (Ved, Oberoi, 2022)

Kirjanduse ülevaade, mis hõlmas 289 artiklit virtuaalreaalsuse mõjust taastusravis põlve- ja puusaosteartroosiga patsientidel, näitas, et suuri erinevuse klassikalise ja virtuaalreaalsusega taastusravi vahel ei esinenud. Küll aga oli näha virtuaalreaalsust kaasava taastusravi puhul edusamme valu vähendamisel, liikuvuse suurendamisel ja propriotseptsioonis. (Byra, Czernicki, 2020)

1.3.5. Liitreaalsuse praktiline kasutus

Treening liitreaalsuses on olnud uuringute põhjal pigem edukas. Võib arvata, et liitreaalsus parandab kõnnivõimet erilisel viisil. Nimelt on realistlike stseenide abil inimeste tunnetus- ja nägemismeelel võimalik kõndimisega integreeruda. Lisaks on arvatud, et liitreaalsus võib kujuneda tõhusaks taastusravi vahendiks vanematele patsientidele. Turvalises ja kontrollitud keskkonnas suurendab liitreaalsus treenitavatel iseseisvust ja elukvaliteeti. (Lee, 2020)

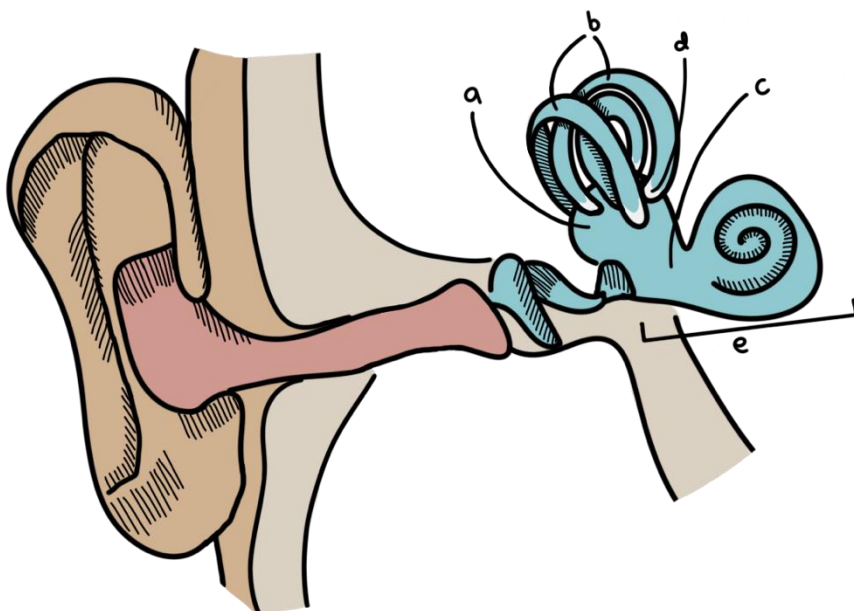
Liitreaalsuse ühel osal, reaajas tagasisidel, mis on seotud visuaalse-, auditiivse-, või kompimismeelega, on nähtud lisakasusid, mida ilma selletaolise treeninguta ei saaks. Reaajas tagasiside võib tähendada tagasisidet lihaste aktiivsuspüirkondade, kõnnimustri ja kehaosade liikumistrajektooride kohta. Lisakasud on näiteks füsioteraapeutide väiksem töökoormus, patsientide suurem funktsionaalne liikumisareng ja psühhosotsiaalne positiivne mõju. On leitud, et pärast liitreaalsuse treeningut esineb suurem rahulolu ja enesekindlus võrreldes manuaalteraapiaga. (Shideler *et al.*, 2021)

1.4. Inimese keha tasakaal

1.4.1. Keha tasakaalu olemus

Põlveliigese tasakaalu mõjutavad kaks elementi: keha tasakaal ja põlveliigese stabiilsus. Keha tasakaalu tagab sisekõrvas olev tasakaaluelund. Tasakaalu- ehk vestibulaarelund koosneb

poolringjuhadest, mõigust ja ümarkotikestest (joonis 3). (Plack, 2018) Mõigu ja kotikese seintes on hulgaliselt karvakestega meelerakke ning lisaks karvakestele on seal sültjas vedelik, mis sisaldab kaltsiumkarbonaadi kristalle. Kui keha on mingis asendis, ärritavad kristallid oma survega algul teatud rakkude karvakesi ja asendi muutudes teiste rakkude karvakesi. Kui rakkude ärritustase muutub, saadetakse nendest rakkudest närviimpulss peaaju tasakaalukeskusesse. Poolringkanalites on vedelik ja meelerakud nagu mõigus ja kotikestes. Inimesel on kolm poolringkanalit, mis paiknevad üksteise suhtes kolmel tasapinnal. Kui inimene liigutab oma pead, liigub vedelik vähemalt ühes poolringkanalis, mis ärritab selle kanali meelerakke. Sealt saadetakse impulss jällegi peaaju tasakaalukeskusesse. (Ekdale, 2015) Ühes kanalis tekib ärritus, kallutades pead üles-alla, teises vasakult-paremale ja kolmandas, keerates pead külgedele. Lisaks asuvad poolringkanalite all nende suhtes diagonaalselt otoliidiorganid. Nendes asuvad ka karvarakud. Erinevus seisneb selles, et otoliidiorganites on karvarakkudel väikesed kristallid ehk otoliidid. Otoliidiorganid tajuvad kiirendust ning saadavad peaaju signaale, kui näiteks inimene kukub, sõidab liftiga või pidurdab autoga. (MacKinnon, 2018) Põlveliigese stabiilsusega seotud tasakaalu hoidmist on seletatud peatükis 1.1.3.



Joonis 3. Inimese kõrva ehitus. a – mõik, b – poolringkanalid, c – ümarkotike, d – otoliidiorgan, e – sisekõrv (autori joonis Ekdale, 2015 põhjal)

Vestibulaarelundist, proprioretseptoritest, lihaste retseptoritest ja liigesekapsli retseptoritest tulevat infot töödeldakse peaajus tasakaalukeskuses, mis asub väikeajus ehk *cerebellum*is. Kui vastavad impulsid on läbi töötatud, saadetakse signaal teistele elunditele, mis seda vajavad,

näiteks silmadele, liigestele ja lihastele. Selle abil saab inimene hoida tasakaalu ja mõistab, mis asendis ta hetkel on. (MacKinnon, 2018)

1.4.2. Liigesefunktsiooni muutused põlveliigese osteoartroosiga inimestel

OA-ga esinevad muutused mitte ainult liigesekoes asuvates kudedes, vaid ka sidemetes, kõõlustes ja periartikulaarsetes kudedes. See tähendab seda, et põlveliigese ümber on vähenenud mehhaaniliste sensorsete retseptorite arv, mis põhjustab OA-d põdevatel patsientidel tasakaaluhäireid. (Kim *et al.*, 2011)

Tasakaaluprobleemid kasvavad ka inimese vananedes – suureneb kehaasendi kõikumine ja väheneb stabiilsus. Näiteks kukuvad 65 a ja vanemad inimesed aastas vähemalt ühe korra. Isegi kui sisekõrvas võivad vastavad tasakaalusüsteemid normipäraselt töötada, ei pruugi neuromuskulaarne lihaskond vastavalt reageerida, sest too vajab minimaalselt lihasjõudu, et tasakaalu säilitada. Kuna aga vananedes lihasjõud väheneb lihaskiudude arvu langusega ja suuruse pisenemise tõttu, on olemas korrelatsioon vastavate näitajate vahel. Lisaks sellele aeglustub perifeersete närvide juhtivuse kiirus, mis aeglustab reaktsioonikiirust. See põhjustab lihaskonna hilisemat sisselülitamist tasakaalu kaotuse korral ja soodustab komistamist või kukkumist. (Wegener *et al.*, 1997)

OA mõjutab negatiivselt ka lihasjõudu ja süvatundlikkust. Kuna mõlemad näitajad on olulised tasakaalu säilitamiseks, on mõju negatiivne ka tasakaalule. (Wegener *et al.*, 1997) Samuti, mida suuremad on OA-ga seotud muutused, seda rohkem on tasakaalukontrolli raskusi (Kim *et al.*, 2011).

1.4.3. Liigesefunktsioon ja keha tasakaal operatsioonijärgselt

Pärast põlve endoproteesimist, mida käsitletakse siinses uurimistöös, on kõnnikiirus ja lihasjõud alajäsemetes veelgi rohkem häiritud, sest mõjutatud on põlveliigese sensoorne ja mehhaaniline funktsioon. Kuid operatsioonijärgselt põletik alaneb ja keha tasakaalu ning süvatundlikkuse näitajad paranevad ning kokkuvõttes ei mõjuta operatsioon patsiendi tasakaalukontrolli suurel määral. (Gauchard *et al.*, 2010)

Lisaks liigesefunktsioonile muutuvad ka lihaste aktiveerumismustrid ja süvatundlikkus (võime tunnetada jäsemete asendit ilma neid puudutamata). Väheneb lihasjõud ja esineb keharaskuse kandmise asümmeetria. Patsientide liikumine on piiratud, esinevad liikumis- ja koordinatsiooniraskused. Uuringutes on aga leitud, et keha tasakaalu- ja süvatundlikkuse treeningutel on keskmine kuni suur mõju keha tasakaalu näitajate paranemisele. Näiteks 2018.

aastal avaldatud uuringus leiti, et sellised treeningud ja füsioteraapiline lähenemine taastumisele parandavad keha tasakaalunäitajaid. Siinkohal on aga oluline märkida, et kui eesmärk on lisaks tasakaalu paranemisele elukvaliteedi ja liikumisulatuse suurendamine ja/või valu vähendamine, siis tuleb kaaluda erinevate taastusravi meetodite kombineerimist. (Domínguez-Navarro *et al.*, 2018) Üks operatsioonijärgsetest taastusravimeetoditest on *Gait Real-time Analysis Interactive Lab* (GRAIL ehk interaktiivne kõnnilabori süsteem), mida kasutatakse siinses uurimistöös.

2. PRAKTILISE UURIMUSE ALUSED

2.1. Uurimistöö eesmärk ja relevantsus

2.1.1. Eesmärk

Uurimistöö eesmärk oli uurida, kuidas muutuvad keha tasakaalunäitajad kohe pärast liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal toimuvat kõnnitreeningut (LRKT) interaktiivse kõnnilabori süsteemi abil põlveliigese endoproteesimise läbinud inimestel ja tervetest inimestest moodustatud kontrollgrupis (samast soost ja samas vanuses).

2.2. Uurimisküsimused ja hüpoteesid

2.2.1. Uurimisküsimused

1. Kas patsientidel, kellel on endoproteesitud põlveliiges OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt?
2. Kas tervetel inimestel paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt?
3. Kas patsientidel, kellel on endoproteesitud põlveliiges OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt suuremal määral kui tervetel samast soost ja samas vanuses inimestel?
4. Milline on uuritavate subjektiivne hinnang LRKT mugavuse kohta?

2.2.2. Hüpoteesid

1. Patsientidel, kellel on endoproteesitud põlveliiges OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt.
2. Tervetel (samast soost ja samas vanuses) inimestel paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt.
3. Patsientidel, kellel on endoproteesitud põlv OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad suuremal määral kui tervetel samaealistel samast soost inimestel.
4. Uuritavate subjektiivne hinnang LRKT kõnnitreeningu mugavuse kohta on positiivne mõlemas uurimisgrupis.

3. METOODIKA

Uuring viidi läbi Ida-Tallinna Keskhaigla ambulatoorse polikliiniku amputatsioonijärgse taastusravi keskuses 2024. aasta jaanuarist aprillini. Uuringud toimusid põhiliselt kella 14.00 ja 16.00 vahel esmaspäeval, kolmapäeval ja/või reedel. Antud uuring oli osa suuremast uuringust Ida-Tallinna Keskhaiglas (vastutav uurija Helena Gapeyeva). Kõik uuritavad osalesid uuringus vabatahtlikult ja andsid kirjaliku nõusoleku osalemiseks (lisa 1). Uuringul oli Tervise Arengu Instituudi inimuuringu eetikakomitee kooskõlastus (otsus number 1205, 04.01.2024).

3.1. Uuritavad

3.1.1. Valim

Esimeses rühmas (TPEG) oli 10 Ida-Tallinna Keskhaigla taastusravikliiniku ambulatoorset patsienti, naise ja mehi oli võrdselt.

Uuringusse kaasamise kriteeriumid olid:

- vanus 55–75 aastat;
- tehtud oli ühepoolne totaalne põlveliigese endoproteesimine;
- operatsioonist oli möödas 2–6 kuud;
- taastusravi oli saadud ITK-s ambulatoorse taastusravi osakonnas;
- põlveliigese osteoartroos oli olnud III-IV staadiumis (vt ptk 1.1.3).

Uuringusse ei kaasatud patsiente, kui neil oli:

- tehtud kahepoolne põlveliigese totaalne endoproteesimine või korduv põlveliigese totaalne endoproteesimine;
- teised ortopeedilised haigused olnud/olemas ja/või operatsioone tehtud;
- neuroloogilised haigused (sh tasakaaluhäired);
- diabeet, kopsufunktsiooni ja südamefunktsiooni häire;
- nägemis- või/ja kuulmisprobleemid;
- kaal üle 130 kilogrammi.

Teises rühmas (TKG) olid uuritavateks 10 patsientidega sooliselt ja vanuseliselt sobivat tervet inimest, naise ja mehi oli võrdselt. Nende kaasamiseks koostati uuringusse kutsuv ankeet, mida

jagati laiali 140. lennu lastevanemate hulgas (lisa 1). Samuti kaasati uuritavaid ITK töötajate hulgast.

Uuringusse kaasamise kriteeriumid olid järgmised:

- samas vanusevahemikus, mis TPEG patsiendid;
- sugude vahekord oli sarnane TPEG patsientidega;
- olid tulnud vabatahtlikult uuringule.

Uuringusse ei kaasatud järgmisi inimesi, kellel oli:

- ortopeedilised haigused ja operatsioonid;
- põlve osteoartroos või on tehtud põlve osaline või totaalne endoproteesimine ühele või mõlemale põlvele;
- neuroloogilised haigused (sh tasakaaluhäired);
- nägemis- või/ja kuulmisprobleemid;
- kaal üle 130 kilogrammi.

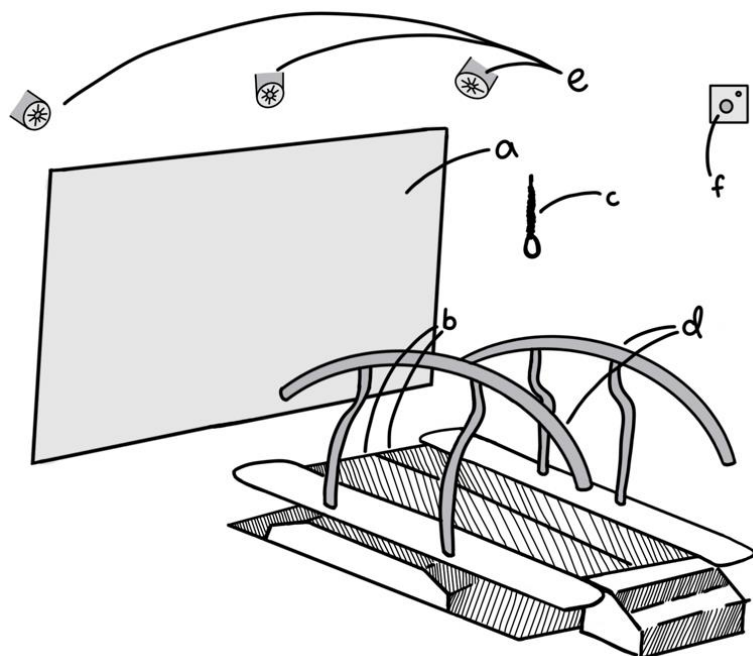
Enne uuringusse kaasamist vastasid potentsiaalsed uuritavad küsitlusele, mille põhjal selgitati välja nende sobivus uuringusse (lisa 2).

3.2. Meetodid

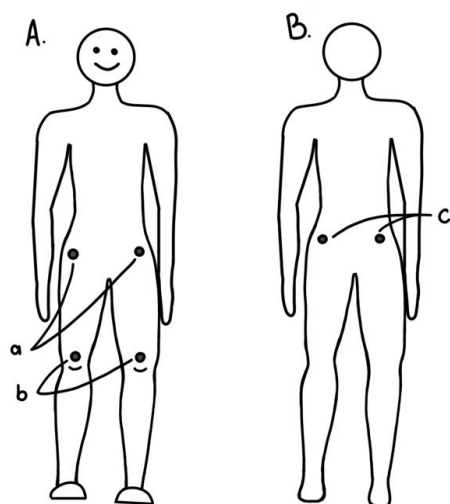
3.2.1. Interaktiivse kõnnilabori süsteemi koostisosad

Kõnnitreening viidi läbi ja keha tasakaalu näitajaid uuriti interaktiivse kõnnilabori süsteemi abil (GRAIL, Motek Medical B.V., Motek Force Link B.V., Holland). GRAIL labor koosneb kahest paralleelsest liikurrajast, mille kõrval on käetoed (joonis 4). Liikurrada on asetatud kõrgendatud platvormile, mis võimaldab platvormil eri suundades liikuda ning suudab simuleerida üles- ja allamäge ning külgsuunalist liikumist. Seda võimaldab süsteem komponentide (kõnniraja kiirus, kalle ja õõtsumine) ristamise abil. Kõnnisuunas on seinale projitseeritav liitreaalsuskeskkonna pilt, millele kuvatakse vastavalt kas teste või interaktiivseid mängu. Reflektiivsed markerid (14 mm läbimõõduga), mis asuvad 10 infrapunakaamera vaateväljas, paigaldatakse mõlema põlvekedra juurde reienelipealihase kõõlusele, eesmistele ülemistele niudelu harjadele (ASIS) ja tagumistele ülemistele niudelu harjadele (PSIS) (joonis 5). Infrapunakaamerate abil jälgitakse reflektiivsete markerite nihet. Markereid on kokku kuus. Lakke kinnitatud turvarihm ühendatakse uuritavale selga pandava ohutusvestiga. Mõlemal kõnniraja küljel on käetoed, kust on võimalik kinni hoida.

Lisaks infrapunakaameratele on ruumis 3 videokaamerat, mida kasutatakse vaid kolmemõõtmelisel kõnnianalüüsil. Süsteemi juhtimistarkvara (GRAIL ja M-Gait süsteem, Motek Medical B.V., 2021) töötleb kõnniandmeid reaajas ja võimaldab virtuaalreaalsuse keskkonda kasutada ka interaktiivse biotagasiside jaoks.



Joonis 4. Interaktiivse kõnnilabori süsteem (GRAIL). a – seinale projitseeritav liitreaalsuse pilt, b – liikurajad, c – turvarihm, d – käetoed, e – infrapunakaamera, f – videokaamera



Joonis 5. Reflektiivsete markerite asukoht inimkehal. A – eestvaade, B – tagantvaade, a – eesmine ülemine niudeluu hari (ASIS), b – põlvekedra marker, c – tagumine alumine niudeluu hari (PSIS)

3.2.2. Liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal kõnnitreening

Järgnevas uuringus kasutati liitreaalsuse keskkonna kõnnitreeningu mänguprogrammi „Sihtmärgi tabamine“ („Target hit“, joonis 6) keha tasakaalu arendamise eesmärgiga. Uuritavate ülesanne oli LRKT ajal tõsta parema jala põlve, et tabada kujuteldava palliga punast märklauda ja vasaku põlvega sinist märklauda. Põlve tõstmine toimus erinevates suundades – liikumissuunas või selle suhtes diagonaalselt (nii sisse- kui ka väljapoole). Selleks, et GRAIL-süsteemi infrapunakaamerad jälgiksid keha ja põlve liikumist, paigaldati eelnevalt välja toodud reflektiivsed markerid (toodud välja peatükis 3.2.1).



Joonis 6. Liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal kõnnitreeningu sooritamisel mängu „Target hit“ vaade.

Märklauda pidi korraks katsuma „palliga“ ja hoidma seda asendit, kuni märklaud kaob. Põlve tõstmise kõrgus ja täpne asend sõltus sellest, kus vastav märklaud asub. Märklauda asukoht ja värvus olid määratud juhuslikult. Vastavalt märklauda tabamisele või mittetabamisele ilmus ekraani nurka uuritava mänguskoor.

Kõnnitreeningu sooritamise ajal kasutati vastavaid eelreguleeritud näitajaid: kiirus oli 0,5 m/s, raskusaste kaks viiest (2/5), fookuses olevat külge (parem või vasak) ei olnud (0/5), märklauda liikumised olid pandud paremalt vasakule maksimumis (100) ja üles-alla ka maksimumi (100),

kõikumine (küljelt küljele) oli kaks viiest (2/5) ja kallaku muutumine kaks viiest (2/5). Treeningul läbitud distants oli ligikaudu 450 meetrit.

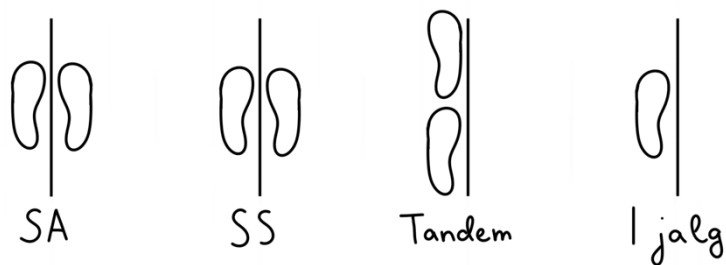
Kõnnitreeningu ajal sai uuritav kasutada liikuraja kõrval asuvaid käetugesid tasakaalu kaotamise korral. Uuritavale asetati enne kõnnitreeningut turvarihmaga ühendatud ohutusvest, et vältida tasakaalu kaotamise korral kukkumisest tulenevaid riske. GRAIL-süsteem peatub kukkumise korral kohe. Treeningu kestus oli 15 minutit. Enne treeningu algust tehti soojenduseks kolmeminutiline kõnniproov. Uuringu protokollis lisati info käetugede kasutamise kohta.

3.2.3. Keha tasakaalutestid

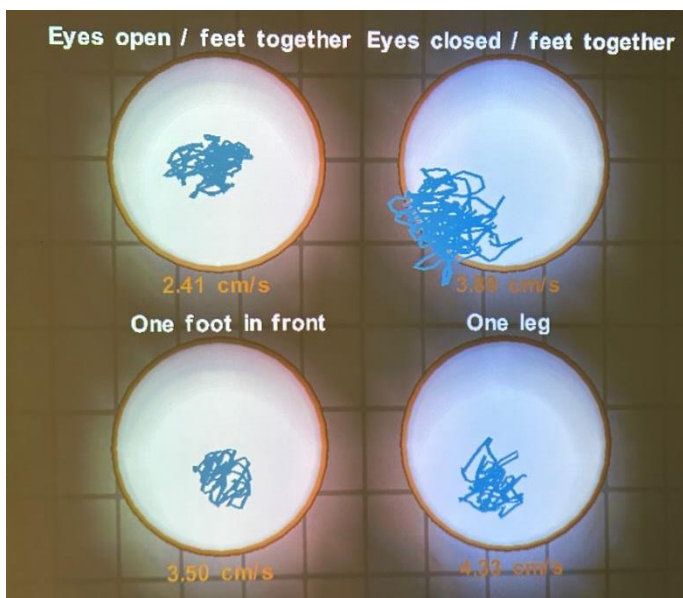
Keha tasakaalu uuriti paigal seismise ajal kahel jõuplatvormil, mis on monteeritud iga kõnniraja alla. Enne uuringu algust anti uuritavale ülevaade testide järjestusest. Uuritav pidi vaatama interaktiivse kõnnilabori (GRAIL) projitseeritud pildile, pilk otse. Uuringus kasutati posturaalse stabiilsuse programmi („Postural Stability“) (joonis 7). Uuritavad sooritasid seistes järgmised testid:

- kahel jalal, silmad kinni 30 s;
- kahel jalal, silmad lahti 30 s;
- tandemseisus (üks labajalg on teise ees, keharaskus on jaotatud keskele) 10 s;
- ühel jalal, silmad avatud 10 s.

Kahel jalal seismisel seisab uuritav parema jalaga ühe raja jõuplatvormil, vasaku jalaga teise raja jõuplatvormil. Ühel jalal ja tandemseisus seistes on jalg või jalad ühel jõuplatvormil. Pilk peab seistes olema suunatud otse ette. Teste tehti kaks korda enne ja kaks korda pärast kõnnitreeningut. Peale kõiki teste kuvati uuritavale ette tema survetsentri nihke kiirus ja trajektoor (joonis 8). Töös analüüsiti survetsentri nihke kiirust (cm/s) ja vastavate andmete põhjal arvutati survetsentri liikumistrajektoori suurus (mm). Analüüsiti kahe testi tulemuse aritmeetilist keskmist (seistes jalad koos silmad avatult ja suletult).



Joonis 7. Labajalgade asend keha tasakaalutesti ajal. SA – seistes jalad koos silmad avatult, SS – seistes jalad koos silmad suletult

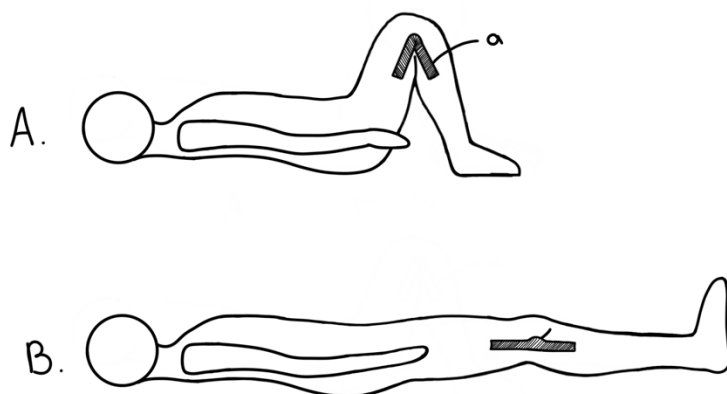


Joonis 8. Keha tasakaalu testi sooritamise tagasiside. *Eyes open / feet together* – seistes jalad koos silmad avatult, *Eyes closed / feet together* – seistes jalad koos silmad suletult, *One foot in front* – tandemseis, *One leg* – ühel jalal seis

3.2.4. Uuringu korraldus

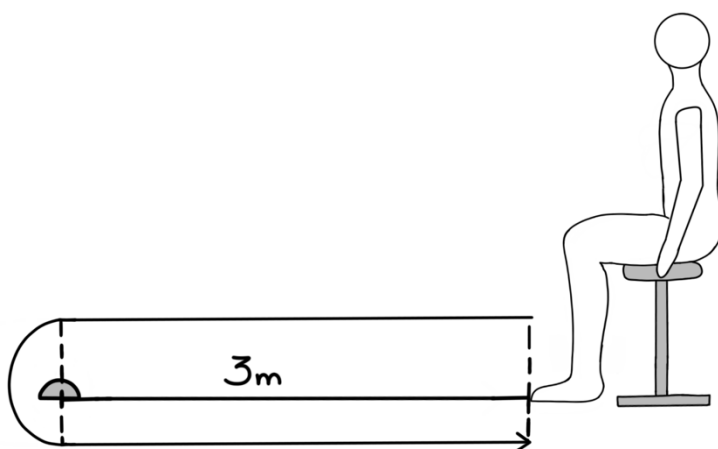
Enne uuringu algust tutvus iga uuritav uuringu eesmärgi ja meetoditega ning kirjutas alla nõusolekulehele, kinnitamaks, et ta oli vastava uuringuga kursis ning nõus osalema (lisa 1). Järgmisena täitis uuritav uuringueelse küsimustiku kaasuvate haiguste väljaselgitamiseks. Kui tegemist oli inimesega, kes oli läbinud põlveliigese TPE, märgiti üles opereeritud põlv, opereerimiskuupäev, kas on tehtud TPE mõlemale põlvele ning kui pikk aeg kulub harjutuste tegemiseks päevas.

Mõõdeti kehapikkus stadiomeetriga (seade pikkuse mõõtmiseks) (cm) ja kehakaal standardse kaaluga (kg). Samuti mõõdeti labajala ja sääre pikkus mõlemal jalal. Mõõdeti mõlema põlveliigese liikuvus aktiivsel painutusel ja sirutusel mehhaanilise goniomeetriga ehk nurgamõõturiga ($^{\circ}$ – kraad). Uuritaval paluti seliliasendis maksimaalselt sirutada ja painutada põlve (joonis 9). Mõõdeti ühe korra.



Joonis 9. Põlveliigese liikuvuse määramine. A. – põlveliigese painutus, B. – põlveliigese sirutus, a – goniomeeter

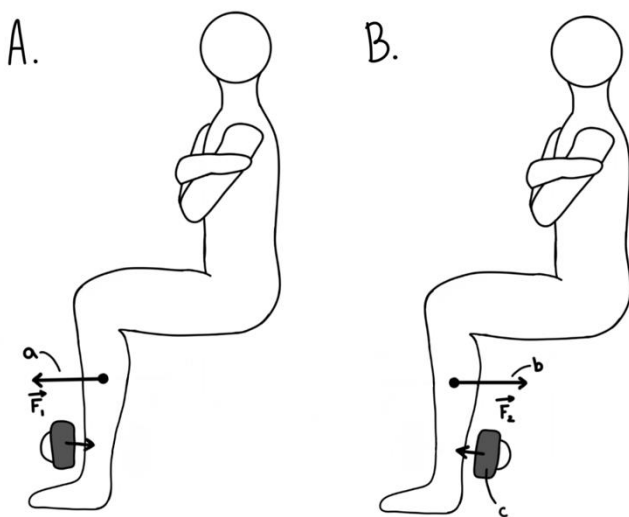
Järgmisena sooritas uuritav TUG-testi (*Time Up and Go* ehk „tõuse ja kõnni“ test) (joonis 10). Selleks kasutati tooli, 3 meetri kaugusel asuvat poolpalli ja stopperit. Uuritav istus toolil, põlve- ja puusaliigesed 90-kraadise nurga all. Ülesanne oli tõusta toolilt, kõndida kiire sammuga ümber palli ja istuda toolile tagasi. Aega võeti püsti tõusmisest, ilma käte abita (käed olid uuritava külgedel), kuni maha istumiseni (sekundites). Testi sooritati 3 korda ja arvesse võeti parim aeg. (Mathias et al., 1986)



Joonis 10. TUG-testi sooritamise skeem

Järgmisena mõõdeti uuritaval isomeetrilise maksimaaljõu näitajad põlveliigese sirutamisel (esireie lihaste pinge) ja painutamisel (tagareie lihaste pinge) (joonis 11) kasutades käedünamomeetrit *K-Force Grip* (Kinvent, Montpellier, Prantsusmaa) (kg). Uuritav pidi mõõtmiseks istuma pingil ja hoidma vastavas lihasgrupis pinget 5 sekundit, käed risti asendis, põlveliigese ja puusa nurk 90 kraadi. Mõõtmist korrati 3 korda ja parim tulemus võeti analüüsiks (kg). Samuti arvutati

põlveliigese sirutajalihaste jõumoment (Nm) ja painutajalihaste jõumoment (Nm), arvestades uuritava säärepikkust (cm).



Joonis 11. Põlveliigese sirutus (esireie lihaste pinge) ja painutus (tagareie lihaste pinge). A. – põlveliigese sirutus, B. – põlveliigese painutus, a – sirutuse jõud (F_1), b – painutuse jõud (F_2), c – käedünamomeeter.

Pärast mõõtmisi ja puhkepausi sooritasid uuritavad keha tasakaalu testid (vt ptk 3.2.2). Selleks kinnitati uuritavale reflektiivsed markerid ja kindlustati tema turvalisus ehk pandi selga ohutusvest, mis oli kukkumiskirski vähendamiseks kinnitatud turvarihmaga lakke. Uuritava jalad pidid kõnnitreeningu alustamiseks asuma eraldi lintidel.

Uuringu läbiviimine oli GRAIL-il järgnev: tehti esimene tasakaalutest nimega „Postural Stability“ (10–12 minutit). Siis oli 2-minutiline paus, kus uuritav istus toolil. Seejärel sooritas uuritav 3-minutilise soojenduskõnni, mille ajal selgitati liitreaalsuse ja vastava mängu eri aspekte (lubatud oli käetugedest kinni hoidmine). Tehti 2-minutiline puhkepaus, mille järel sooritas uuritav 15-minutilise „Sihtmärgi tabamine“ LRKT. Järgmisena tehti 2-minutiline puhkepaus, mille järel viidi uuesti läbi sama tasakaalutest, mis alguses (10–12 minutit).

Enne ja pärast vastavat uuringut küsiti TPEG uuritavatelt ka põlveliigese esineva valu kohta (skaalal 1–10, kui 1 oli olematu valu ja 10 maksimaalne ette kujutatav valu). Peale selle küsiti ka uuritava füüsilist väsimustunde kohta pärast LRKT-d (skaalal 1–10) ja tasakaaluharjutuste sooritamise raskusastet (skaalal 1–10, kus 1 oli väsimuse/raskuse puudumine, 10 oli suurim ette kujutatav väsimus/raskus) kasutades Borgi skaalat (*Borg Rating of Perceived Exertion Scale*) (Williams, 2017, lk 404–405). Lisaks märgiti uuringu tulemuste juurde lisakommentaare, mis

sisaldasid liitreaalsusmängus saavutatud skoori, võimalikke füüsilisi piiranguid ning kas uuritav vajab tasakaalu testide ja/või kõnnitreeningu ajal käte abi.

Uuringu lõpus viidi läbi küsitlus LRKT sooritamise mugavuse kohta (lisa 3). Uuritav vastas seitsmele küsimusele. Näiteks: „Kas treening oli kergesti sooritatav?“, „Kas keha tasakaal paranes pärast treeningut?“ (vt lisa 2). Vastamiseks oli viis vastusevarianti (Likerti skaala) (1 – üldse ei nõustu; 2 – pigem ei nõustu; 3 – ei oska hinnata; 4 – pigem nõustun; 5 – täiesti nõustun).

3.2.5. Andmete statistiline analüüs

Andmete statistilise analüüsi jaoks kasutati tarkvara Microsoft Excel (versioon 16.85, USA). Arvutati kõikide parameetriliste näitajate aritmeetiline keskmine ($\bar{x}$) ja standardhälve (SD). Mitteparameetriliste näitajate analüüsis arvutati aritmeetilised keskmised, mood ja mediaan. Erinevused analüüsiti Fisheri LSD testi alusel.

Paaris Student t-testiga võrreldi tulemusi enne ja pärast kõnnitreeningu sooritust. Paaritu Student t-testiga analüüsiti tulemusi TPEG ja TKG uuritavate ning patsientide opereeritud ja mitteopereeritud jala vahel. Statistilise olulisuse kõrgeimaks nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TULEMUSED

4.1. Vanus ja antropomeetrilised näitajad

Uuritavate vanus ja antropomeetrilised näitajad on esitatud tabelis 2 ja 3. Totaalse põlveliigese endoproteesiga uuritavate grupis (TPEG) oli naiste keskmine vanus $68,00 \pm 7,24$ aastat ja meestel $64,80 \pm 7,46$ aastat. Tervete grupi (TKG) uuritavate vanusevahe oli järgmine: meestel $63,0 \pm 8,44$ aastat ja naistel $64,00 \pm 6,24$ aastat. TPEG keskmine vanus oli $66,40 \pm 7,24$ aastat. TKG uuritavad olid keskmiselt kolm aastat nooremad, keskmise vanusega $63,70 \pm 7,01$ aastat. Kõige kõrgema keskmise vanusega, $68,00 \pm 7,24$ aastat, olid TPEG naised. Ülejäänud uuritavad, TPEG mehed ja TKG mehed ja naised, olid keskmise vanusega 63,40–64,80 aastat, ligikaudu seitsmeaastase kõikumisega kõigis gruppides (6,24–8,44 aastat). Statistiliselt olulist erinevust kahe grupi uuritavate vanuste vahel ei esinenud ($p > 0,05$).

TPEG uuritavate pikkused varieerusid meeste ja naiste hulgas 20 cm võrra, meeste keskmine pikkus oli $172,02 \pm 6,82$ cm ja naistel $155,36 \pm 5,18$ cm. TKG meeste keskmine pikkus oli $177,26 \pm 2,41$ cm ja naiste $160,98 \pm 7,00$ cm. TKG uuritavad olid 6 cm võrra pikemad kui TPEG uuritavad. Uuritavate pikkus kahe grupi vahel statistiliselt oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$).

Kehamass oli TPEG meestel $105,06 \pm 15,05$ kg ja naistel $78,54 \pm 20,10$ kg. TKG meestel oli keskmine kehamass $83,98 \pm 11,91$ kg ja naistel $74,10 \pm 13,76$ kg. TKG uuritavate kehamass on oluliselt madalam, ligi 20 kg võrra, kui TPEG kehamass. KMI oli TPEG meestel $35,58 \pm 5,26$ kg/m² ja naistel $32,48 \pm 7,89$ kg/m². TKG KMI oli meestel $26,71 \pm 3,58$ kg/m² ja naistel $25,00 \pm 4,32$ kg/m². KMI oli kõige madalam TKG naiste grupis ($25,00 \pm 4,32$ kg/m²), sarnane oli ka kogu terve uurimisgrupi KMI ($25,85 \pm 3,84$ kg/m²). TPEG KMI oli ligikaudu kümne ühiku võrra kõrgem, olles keskmiselt $34,03 \pm 6,53$ kg/m². Kõige kõrgem KMI oli TPEG meestel ($35,58 \pm 5,26$ kg/m²). TPEG uuritavate kehamass ja KMI oli statistiliselt olulisel määral kõrgem kui TKG uuritavatel ($p < 0,05$).

Sääre- ja labajala pikkused kahe grupi uuritavate vahel oluliselt ei erinenud ($p > 0,05$). TPEG uuritavatel küsiti ka, milline jalg oli opereeritud ja kui palju aega on operatsioonist möödunud. 70% TPEG grupis oli opereeritud parem põlveliiges. Keskmine operatsioonist möödunud aeg patsientide hulgas oli 138 päeva, mis on ligikaudu 4,5 kuud. Esines üle kuuajaline kõikumine vastavas ajas. Järgnevate näitajate hulgas analüüsitakse ainult TPEG ja TKG kokkuvõtvaid tulemusi ($n = 10$ TPEG ja $n = 10$ TKG).

Tabel 2. TPEG uuritavate vanus ja antropomeetrilised näitajad (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	Mehed	Naised	Kokku
Vanus (aastad)	64,80 $\pm$ 7,46	68,00 $\pm$ 7,24	66,40 $\pm$ 7,24
Keha pikkus (cm)	172,02 $\pm$ 6,82	155,36 $\pm$ 5,18	163,69 $\pm$ 10,47
Kehamass (kg)	105,06 $\pm$ 15,05*	78,54 $\pm$ 20,10	91,80 $\pm$ 21,81*
KMI (kg/m ²)	35,58 $\pm$ 5,26*	32,48 $\pm$ 7,89	34,03 $\pm$ 6,53**
Säärepikkus opereeritud jalal (cm)	42,62 $\pm$ 1,84	38,18 $\pm$ 1,28	40,40 $\pm$ 2,78
Säärepikkus mitteopereeritud jalal (cm)	42,90 $\pm$ 2,03	38,50 $\pm$ 1,40	40,70 $\pm$ 2,84
Labajala pikkus opereeritud jalal (cm)	27,46 $\pm$ 1,39	24,34 $\pm$ 0,96	25,90 $\pm$ 1,99
Labajala pikkus mitteopereeritud jalal (cm)	27,34 $\pm$ 1,43	24,28 $\pm$ 1,06	25,81 $\pm$ 2,00
TPE-st möödunud aeg (päevad)	140,60 $\pm$ 39,46	135,00 $\pm$ 44,37	137,80 $\pm$ 39,70
Opereeritud põlv parem (%)	80%	60%	70%

*p<0,05; **p<0,01 võrreldes TKG

Tabel 3. TKG uuritavate vanus ja antropomeetrilised näitajad (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	Mehed	Naised	Kokku
Vanus (aastad)	63,40 $\pm$ 8,44	64,00 $\pm$ 6,24	63,70 $\pm$ 7,01
Keha pikkus (cm)	177,26 $\pm$ 2,41	160,98 $\pm$ 7,00	169,12 $\pm$ 9,90
Kehamass (kg)	83,98 $\pm$ 11,91*	64,22 $\pm$ 6,36	74,10 $\pm$ 13,76*
KMI (kg/m ²)	26,71 $\pm$ 3,58*	25,00 $\pm$ 4,32	25,85 $\pm$ 3,84**
Säärepikkus paremal jalal (cm)	43,28 $\pm$ 1,76	38,90 $\pm$ 2,33	41,09 $\pm$ 3,02
Säärepikkus vasakul jalal (cm)	43,66 $\pm$ 1,77	38,04 $\pm$ 2,17	41,35 $\pm$ 3,07
Labajala pikkus paremal jalal (cm)	27,60 $\pm$ 0,91	24,38 $\pm$ 1,15	25,99 $\pm$ 1,96
Labajala pikkus vasakul jalal (cm)	27,94 $\pm$ 1,16	24,12 $\pm$ 1,29	26,03 $\pm$ 2,32

*p<0,05; **p<0,01 võrreldes TPEG

4.2. Uuritavate TUG-testi sooritamise aeg ja põlveliigese funktsionaalse seisundi näitajad

TUG-testi sooritamise aeg ja teised funktsionaalsed näitajad on esitatud tabelites 4 ja 5. TPEG uuritavad sooritasid TUG-testi $8,64 \pm 1,44$ sekundiga. Põlveliigese painutusnurk opereeritud jalal oli $111,00 \pm 12,43$ kraadi ja mitteopereeritud jalal $123,60 \pm 13,65$ kraadi, olles seega suurem. Põlveliigese sirutusnurk opereeritud jalal oli $4,60 \pm 4,09$ kraadi ja mitteopereeritud jalal $1,60 \pm 3,06$ kraadi. Painutajalihaste jõumoment opereeritud jalal oli TPEG uuritavatel $31,89 \pm 17,96$ Nm ja sirutajalihaste jõumoment oli $101,46 \pm 57,38$ Nm. Mitteopereeritud jalal olid samad näitajad vastavalt $45,93 \pm 17,66$ Nm ja $130,87 \pm 67,07$ Nm.

TKG sooritas TUG-testi keskmiselt $7,09 \pm 1,21$ sekundiga. Parema põlveliigese painumisnurk oli TKG-s $138,90 \pm 8,29$ kraadi. Vasaku jala painumisnurk TKG-s $140,90 \pm 6,85$ kraadi. Sirutusnurk oli paremal jalal $-0,40 \pm 1,17$ kraadi ja vasakul jalal $-0,30 \pm 0,95$ kraadi. Painutajalihaste jõumoment paremal jalal oli $58,31 \pm 24,39$ Nm ja vasakul jalal oli keskmine tulemus $55,31 \pm 24,22$ Nm. Sirutajalihaste jõumoment paremal jalal oli $155,92 \pm 63,18$ Nm ja vasakul jalal $147,64 \pm 65,60$ Nm.

TKG TUG-test oli sooritatud üle sekundi ja poole võrra kiiremini kui TPEG-s, mis oli ka statistiliselt olulisel määral väiksem ($p < 0,05$). Kui TKG uuritavate hulgas olid painutusnurgad suhteliselt sarnased, siis TPEG uuritavate hulgas erinesid need üle 10 kraadi võrra. Samuti oli suur erinevus TPEG ja TKG uuritavate vahel. Kui TKG-s esines põlveliigese ideaalne painduvus ehk 0-kraadine sirutusnurk, siis TPEG-s esines alapainduvus (ekstensiooni defitsiit) opereeritud põlveliigeses. Jällegi on märgatav erinevus opereeritud ja mitteopereeritud põlveliigese vahel. Mitteopereeritud põlveliiges oli opereerituga võrreldes 3 kraadi võrra painduvam. TKG-s ei olnud sellist erinevust märgata. Painutajalihaste jõumoment opereeritud või paremal jalal oli palju madalam TPEG-s kui TKG-s. Samas TPEG-s oli opereeritud ja mitteopereeritud jala jõunäitajas märgata suurt erinevust – mitteopereeritud jala tulemus oli 15 ühiku võrra parem. TKG-s ei olnud sellist erinevust märgata. Sirutajalihaste jõumoment opereeritud või paremal jalal oli TPEG-s 50 Nm võrra madalam kui TKG-s. TPEG-s oli mitteopereeritud jala esireie jõumoment 30 ühiku võrra suurem, kuid siiski 17 ühiku võrra madalam kui terve grupi oma. TKG-s ei olnud selliseid erinevusi märgata. Jõumoment erines TKG-s minimaalselt, kuid oli näha väikest kallet parema jala suurema jõunäitaja osas. Statistiliselt olulist erinevust kahe grupi vahel oli märgata TUG-testil, põlveliigese painutusnurgal, parema jala või opereeritud jala põlveliigese sirutaja- ja painutajalihaste jõumomendil paremal jalal või opereeritud jalal ($p < 0,05$).

Tabel 4. TPEG uuritavate TUG-testi sooritamise aeg põlveliigese funktsionaalsed näitajad (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	Mehed	Naised	Kokku
TUG-test (sekundid)	8,11 $\pm$ 1,47	9,17 $\pm$ 1,33	8,64 $\pm$ 1,44*
Põlveliigese AROM painutusel opereeritud jalal (°)	114,00 $\pm$ 15,57*	108,00 $\pm$ 9,08***	111,00 $\pm$ 12,43***
Põlveliigese AROM painutusel mitteopereeritud jalal (°)	123,00 $\pm$ 9,75*	124,20 $\pm$ 17,98*	123,60 $\pm$ 13,65**
Põlveliigese AROM sirutusel opereeritud jalal (°)	6,80 $\pm$ 4,38**	2,40 $\pm$ 2,51*	4,60 $\pm$ 4,09**
Põlveliigese AROM sirutusel mitteopereeritud jalal (°)	3,40 $\pm$ 2,97*	-0,02 $\pm$ 2,05	1,60 $\pm$ 3,06
Põlveliigese painutajalihaste jõumoment opereeritud jalal (Nm)	40,64 $\pm$ 21,49*	23,14 $\pm$ 8,52**	31,89 $\pm$ 17,96*
Põlveliigese painutajalihaste jõumoment mitteopereeritud jalal (Nm)	57,37 $\pm$ 14,80	34,49 $\pm$ 12,48	45,93 $\pm$ 17,66
Põlveliigese sirutajalihaste jõumoment opereeritud jalal (Nm)	137,63 $\pm$ 61,43	65,29 $\pm$ 19,06*	101,46 $\pm$ 57,38
Põlveliigese sirutajalihaste jõumoment mitteopereeritud jalal (Nm)	175,19 $\pm$ 67,61	86,55 $\pm$ 25,30	130,87 $\pm$ 67,07

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 võrreldes TKG

AROM – aktiivne liikumiskiirkonna ulatus (*active range of motion*)

° – kraad

Nm – njuutonmeeter

Tabel 5. TKG uuritavate TUG-testi sooritamise aeg põlveliigese funktsionaalsed näitajad (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	Mehed	Naised	Kokku
TUG-test (sekundid)	7,08 $\pm$ 0,68	7,09 $\pm$ 1,68	7,09 $\pm$ 1,21*
Põlveliigese AROM painutusel paremal (°)	134,00 $\pm$ 4,18*	143,80 $\pm$ 8,79***	138,90 $\pm$ 8,29***
Põlveliigese AROM painutusel vasakul (°)	136,00 $\pm$ 4,18*	145,80 $\pm$ 5,31*	140,90 $\pm$ 6,85**
Põlveliigese AROM sirutusel paremal (°)	-0,20 $\pm$ 1,10**	-0,60 $\pm$ 1,34*	-0,40 $\pm$ 1,17**

Põlveliigese AROM sirutusel vasakul (°)	0,00±0,00*	-0,60±1,34	-0,30±0,95
Põlveliigese painutaja lihaste jõumoment paremal jalal (Nm)	77,53±19,83*	39,10±4,72**	58,31±24,39*
Põlveliigese painutajalihaste jõumoment vasakul jalal (Nm)	73,47±21,11	37,16±7,05	55,31±24,22
Põlveliigese sirutajalihaste jõumoment paremal jalal (Nm)	205,68±44,1 1	106,16±29,08*	155,92±63,18
Põlveliigese sirutajalihaste jõumoment vasakul jalal (Nm)	196,83±52,4 1	98,44±29,77	147,64±65,60

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 võrreldes TPEG

AROM – *active range of motion* (aktiivne liikumispiirkonna ulatus)

° – kraad

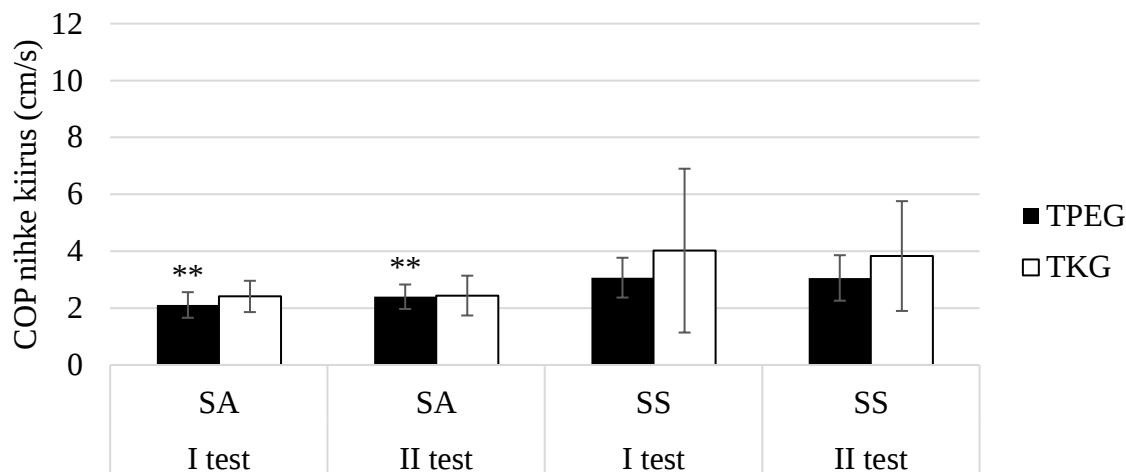
Nm – njuutonmeeter

4.3. Keha tasakaalunäitajad

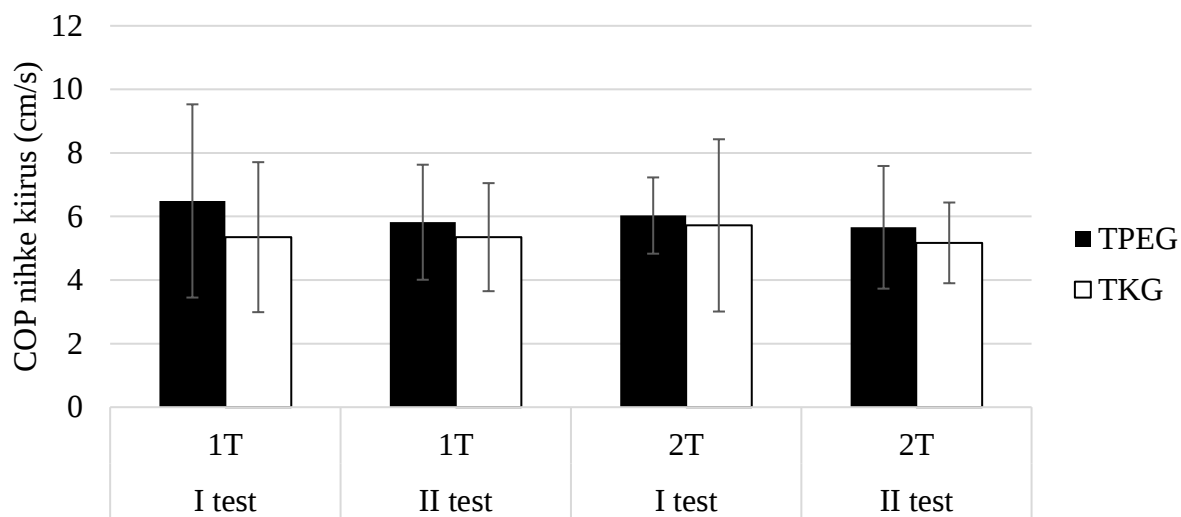
Uurimistöö peamine eesmärk oli uurida kahe grupi, TPEG ja TKG, keha tasakaalunäitajate muutumist kõnnitreeningu tulemusena. Tabelis 6 on toodud TPEG ja TKG näitajad enne (I test) ja pärast (II test) kõnnitreeningut. Erinevate näitajate puhul uuriti survetsentri (COP – *center of pressure*) nihke kiirust kõnnitreeningu tulemusena. TPEG-s oli silmad avatult I testi COP nihke kiirus $2,11 \pm 0,45$ cm/s ja II testil $2,40 \pm 0,43$ cm/s ($p < 0,05$). Märgata oli väikest negatiivset muutust. Silmad suletult ei olnud olulist muutust I ja II testi vahel (joonis 10). Tandem opereeritud jalg ees I testi tulemus oli $6,49 \pm 3,04$ cm/s, II testil $5,82 \pm 1,81$ cm/s ehk positiivne muutus. Tandem mitteopereeritud jalg ees oli positiivne muutus: I testil $6,03 \pm 1,20$ cm/s ja II testil $5,66 \pm 1,93$ cm/s, kuid erinevused ei olnud statistiliselt olulised (joonis 11). Kui uuritav seisis opereeritud jalal, oli I testi tulemus $7,99 \pm 3,36$ cm/s ja II testil $7,49 \pm 3,30$ cm/s ehk toimus väike positiivne muutus. Kui uuritav seisis mitteopereeritud jalal, oli väike negatiivne muutus, minnes I testi $7,46 \pm 3,46$ cm/s pealt II testi $7,91 \pm 3,77$ cm/s peale ($p > 0,05$).

TKG uuritavate hulgas polnud testis, kus uuritav seisis jalad koos silmad avatult, I ja II testi vahel muutust. Testis, kus uuritav seisis silmad suletult, oli väike positiivne muutus, minnes I testi $4,02 \pm 2,88$ cm/s pealt II testi $3,83 \pm 1,93$ cm/s peale. Kui uuritav seisis tandemis parem jalg ees, ei olnud näha muutusi. Testis, kus uuritav seisis tandemis vasak jalg ees, oli märgata väike positiivne muutus, minnes I testi $5,72 \pm 2,71$ cm/s pealt II testi $5,17 \pm 1,27$ cm/s peale. Paremal jalal seistes oli samuti väike positiivne muutus: I test $7,12 \pm 4,56$ cm/s, II test $6,63 \pm 2,32$ cm/s. Vasakul jalal

seistes ei olnud näha muutusi I ja II testi vahel. Võrreldes kahte gruppi olid TPEG-s jalad koos seistes paremad tulemused kui TKG-s. Mõlemat pidi tandemseisus või ühel jalal seismise testide tulemused olid TPEG-s jällegi halvemad. Kahe grupi uuritavate keha tasakaalu näitajate vahel ei leitud ei leitud statistilist olulisust ($p > 0,05$). TPEG uuritavate survetcentri nihke kiiruse näitajad suurenesid testis, kus uuritav seisis kahel jalal silmad avatult ($p < 0,05$).



Joonis 10. Keha survetcentri (COP) nihke kiirus enne (I test) ja pärast (II test) liitreaalsuse keskkonnas kõnnitreeningut, seistes jalad koos, silmad avatult (SA) ja silmad suletult (SS) TKG ja TPEG uuritavatel (keskmine $\pm$ SD). ** $p < 0,01$ võrreldes I ja II testi gruppisiseselt.



Joonis 11. Keha survetcentri (COP) nihke kiirus enne (I test) ja pärast (II test) liitreaalsuse keskkonnas kõnnitreeningut, seistes tandemseisus, opereeritud või parem jalg (1T) ja mitteopereeritud või vasak jalg ees (2T) TKG ja TPEG uuritavatel (keskmine $\pm$ SD).

Täiendavalt uuriti COP trajektoori muutusi läbi tasakaalutestidel saadud tulemuse ning korrutades seda ajaga, kaua vastav test kestis (vt metoodika). Mõlemate gruppide keskmised on esitatud tabelis 7. TPEG uuritavatel paranesid silmad lahti seistes tulemused (vähenes COP trajektoori) 633 ± 135 mm pealt 240 ± 43 peale. Seistes silmad suletult oli muutus suurem, minnes 921 ± 210 mm pealt 306 ± 80 mm peale. Seistes opereeritud jalg ees tandemis oli muutus 649 ± 304 mm pealt 582 ± 181 mm peale ehk minimaalne positiivne muutus. Seistes mitteopereeritud jalg ees tandemis oli märgata minimaalset positiivset muutust 603 ± 120 mm pealt 566 ± 193 mm peale. Seistes opereeritud jalal oli positiivne muutus 50 ühiku võrra, seistes mitteopereeritud jalal oli negatiivne muutus 50 ühiku võrra.

TKG uuritavate hulgas oli näha samasugust positiivset muutust seistes silmad lahti ja kinni I ja II testide vahel, muutudes vastavalt 722 ± 165 mm pealt 244 ± 70 mm peale ja 1207 ± 865 mm pealt 383 ± 193 mm peale. Seistes parem jalg ees tandemis ei olnud märgata muutusi. Seistes vasak jalg ees tandemis oli märgata väike positiivne muutus I ja II testi vahel (572 ± 271 mm pealt 517 ± 127 mm peale). Seistes paremal jalal oli näha väike positiivne muutus 712 ± 456 mm pealt 663 ± 232 peale. Seistes vasakul jalal ei olnud märgata muutusi kahe testi vahel. Võrreldes kahte gruppi oli mõlemal jalal seistes suurem trajektoori muutus TKG uuritavatel, sest nende I testi tulemus oli halvem kui TPEG uuritavatel. II testil saavutati väga sarnane trajektoori liikumine. Tandemseisus ja ühel jalal olid TPEG tulemused halvemad kui terve grupi omad, kuid vähesel määral. Statistiliselt olulist muutust ($p < 0,05$) oli märgata mõlemas grupis. Muutused olid seistes jalad koos, silmad avatult ja silmad suletult. Mõlemad muutused olid positiivsed.

Tabel 6. TPEG ja TKG uuritavate tasakaalu näitajad – COP nihke kiirus (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	TPEG		TKG	
	I test	II test	I test	II test
SA (cm/s)	2,11 $\pm$ 0,45	2,40 $\pm$ 0,43**	2,41 $\pm$ 0,55	2,44 $\pm$ 0,70
SS (cm/s)	3,07 $\pm$ 0,70	3,06 $\pm$ 0,80	4,02 $\pm$ 2,88	3,83 $\pm$ 1,93
1T (cm/s)	6,49 $\pm$ 3,04	5,82 $\pm$ 1,81	5,35 $\pm$ 2,36	5,35 $\pm$ 1,70
2T (cm/s)	6,03 $\pm$ 1,20	5,66 $\pm$ 1,93	5,72 $\pm$ 2,71	5,17 $\pm$ 1,27
1J (cm/s)	7,99 $\pm$ 3,36	7,49 $\pm$ 3,30	7,12 $\pm$ 4,56	6,63 $\pm$ 2,32
2J (cm/s)	7,46 $\pm$ 3,46	7,91 $\pm$ 3,77	6,39 $\pm$ 2,68	6,43 $\pm$ 2,40

** $p < 0,01$ võrreldes I test ja II test TPEG/TKG (märgitud II testi juurde)

SA – silmad avatud, SS – silmad suletud, 1T – tandemseis, opereeritud jalg ees, 2T – tandemseis, mitteopereeritud jalg ees, 1J – opereeritud jalal seismine, 2J – mitteopereeritud jalal seismine cm/s – keha survetsentri nihke kiirus

Tabel 7. TPEG ja TKG uuritavate tasakaalu näitajad – COP trajektoor (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	TPEG		TKG	
	I test	II test	I test	II test
SA (mm)	633 $\pm$ 135	240 $\pm$ 43***	722 $\pm$ 165	244 $\pm$ 70***
SS (mm)	921 $\pm$ 210	306 $\pm$ 80***	1207 $\pm$ 865	383 $\pm$ 193**
1T (mm)	649 $\pm$ 304	582 $\pm$ 181	535 $\pm$ 236	535 $\pm$ 170
2T (mm)	603 $\pm$ 120	566 $\pm$ 193	572 $\pm$ 271	517 $\pm$ 127
1J (mm)	799 $\pm$ 336	749 $\pm$ 330	712 $\pm$ 456	663 $\pm$ 232
2J (mm)	746 $\pm$ 346	791 $\pm$ 377	639 $\pm$ 268	643 $\pm$ 240

p<0,01; *p<0,001 võrreldes I test ja II test TPEG/TKG (märgitud II testi juurde)

SA – silmad avatud, SS – silmad suletud, 1T – tandemseis, opereeritud jalg ees, 2T – tandemseis, mitteopereeritud jalg ees, 1J – opereeritud jalal seismine, 2J – mitteopereeritud jalal seismine

mm – keha surveysentri nihke suurus millimeetrites

4.4. Subjektiivne väsimuse hinnang

Lisaks uuriti mõlema grupi subjektiivset väsimust pärast LRKT ja tasakaalu hoidmise raskusastet kümnepalliskaalal (tabel 8). TPEG-s oli füüsilise väsimuse näitaja $3,90 \pm 2,08$. TPEG hulgas oli naiste väsimus kõrgem ($4,40 \pm 1,95$) võrreldes meestega ($3,40 \pm 2,30$). TPEG-s hindasid naised tasakaalu hoidmist enam kui 2 skaalapunkti võrra raskemaks kui mehed. Naiste keskmine hinnang oli $6,20 \pm 1,30$ ja meestel $4,00 \pm 1,87$.

TKG uuritavatel olid füüsilise väsimuse näitajad madalamad, olles keskmiselt $3,10 \pm 2,23$. TKG naistel oli see 1,40 skaalapunkti võrra keskmiselt suurem kui sama grupi meestel, olles $3,80 \pm 3,11$ võrreldes $2,40 \pm 0,55$. TKG-s hindasid mehed ja naised tasakaalu hoidmist suhteliselt sarnaselt, kuigi mehed hindasid seda keskmiselt raskemaks kui naised. Meeste keskmine näitaja oli $4,80 \pm 1,92$ ja naistel $4,20 \pm 3,03$.

TPEG patsientide väsimus on nii meeste ja naiste grupi puhul suurem kui TKG puhul. Tasakaalutesti raskusastet hindasid TPEG patsiendid kõrgemaks ($5,10 \pm 1,91$) kui terved uuritavad ($4,50 \pm 2,42$). TPEG naised hindasid tasakaalu hoidmist treeningu ajal 2 skaalapunkti võrra raskemaks kui TKG naised. Meeste puhul olid tulemused vastupidised – TPEG meeste

hinnangul oli tasakaalu hoidmine lihtsam kui TKG meeste puhul. Statistilist olulisust ei olnud märgata kummagi grupi vahel ($p > 0,05$).

Tabel 8. Uuritavate subjektiivne hinnang väsimusele seoses LRKT ja keha tasakaalu hoidmise raskusele (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	TPEG			TKG		
	Mehed	Naised	Kokku	Mehed	Naised	Kokku
Füüsiline väsimus (1–10)	3,40 $\pm$ 2,30	4,40 $\pm$ 1,95	3,90 $\pm$ 2,08	2,40 $\pm$ 0,55	3,80 $\pm$ 3,11	3,10 $\pm$ 2,23
Tasakaalust raskusaste (1–10)	4,00 $\pm$ 1,87	6,20 $\pm$ 1,30	5,10 $\pm$ 1,91	4,80 $\pm$ 1,92	4,20 $\pm$ 3,03	4,50 $\pm$ 2,42

1 – väsimust/raskust sooritamisel ei ole, 10 – suurim ette kujutatav väsimus/raskus sooritamisel

4.5. Subjektiivne põlveliigese valu tugevus

TPEG-s uuriti ka põlveliigese valu enne ja pärast treeningut kümnapalliskaalal (tabel 9). TPEG patsientide opereeritud jala põlveliigese valu keskmiselt vähenes. Alguses hinnati valu 2,44 $\pm$ 2,35 ja hiljem 2,00 $\pm$ 1,20 palliga. Algne standardhälve oli rohkem kui 1 ühiku võrra suurem. Keskmiselt vähenes meeste puhul valu 3,50-lt pallilt 2,33-le. Vastuste varieeruvus oli enne treeningut meestel kaks korda suurem. Naiste puhul on oluline märkida, et enne treeningut oli hinnang valule enam kui kaks korda madalam kui meestel. Samas, treeningu tulemusena naiste hinnang valule isegi kasvas, tõustes 1,60-lt 1,80-le. Enne ja pärast treeningut olev valu ei erinenud statistiliselt olulisel määral ($p > 0,05$). TKG uuritavatel põlveliigese ümbruses valu ei esinenud.

Tabel 9. TPEG uuritavate subjektiivne põlveliigese valu tugevus (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	TPEG		
	Mehed	Naised	Kokku
TPE põlveliigese valu enne kõnnitreeningut (1–10)	3,50 $\pm$ 3,32	1,60 $\pm$ 0,89	2,44 $\pm$ 2,35
TPE põlveliigese valu pärast kõnnitreeningut (1–10)	2,33 $\pm$ 1,15	1,80 $\pm$ 1,30	2,00 $\pm$ 1,20

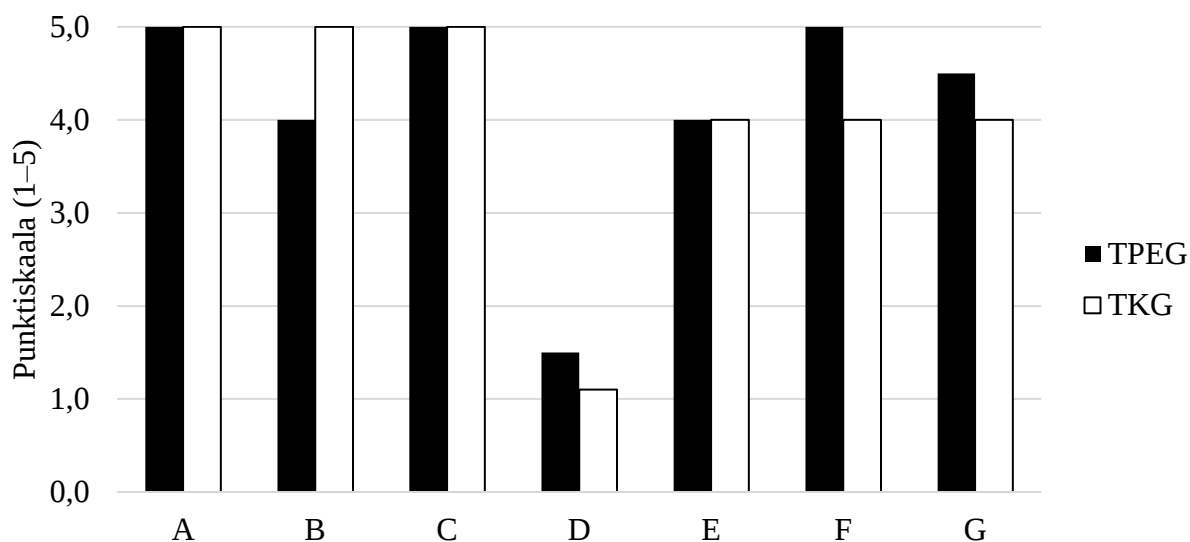
1 – valu puudub, 10 – suurim ette kujutatav valu

4.6. Subjektiivne kõnnitreeningu mugavuse hinnang

Täiendavalt küsiti uuritavatelt, kuidas nad hindasid kõnnitreeningu mugavust seitsmes eri aspektis (Likerti skaalal) (tabel 10 ja tabel 11). Enamik TPEG uuritavaid hindasid treeningu sooritamise mugavust, soovi treeningut korrata ja uusi teadmisi tasakaaluharjutuste kohta maksimaalselt. Väidetega treeningu kerguse, keha tasakaalu paranemise ja tunde paranemise kohta võrreldes treeningu algusega pigem nõustuti. Sellega, et treening oli raske, enamik ei nõustunud.

Keskmine TKG uuritav tundis end treeningut sooritades mugavalt, arvas, et treening oli kergesti sooritatav ja soovis treeningut korrata. Väidetega keha tasakaalu paranemise kohta, uute keha tasakaaluharjutuste teadasaamise kohta ja tunde paranemisega treeningu ajal pigem nõustuti. Ei nõustunud väitega, et treening oli raske.

TPEG ja TKG uuritavad on suhteliselt samal arusaamal kõnnitreeningu mugavusest. Arvamus on positiivne kõikide mugavusega seotud väidete kohta, pigem nõustutakse keha tasakaaluga seotud väidetega. Üksikud kõrvalekalded arvamustes esinesid mõlemas grupis. Joonis 12 näitab kõigi küsimuste vastuste mediaanide võrdlust mõlemas grupis. Selgelt joonistub välja üldine positiivne hinnang.



Joonis 12. Subjektiivne kõnnitreeningu mugavuse hinnang TPEG ja TKG uuritavate poolt (mediaan). A – tundsin ennast mugavalt, kui sooritasin treeningu, B – treening oli kergesti sooritatav, C – soovin treeningut korrata, D – treening oli raske, E – tunnen, et keha tasakaal on parem pärast treeningut, F – pärast treeningut tean rohkem harjutustest tasakaalu parandamiseks, G – pärast treeningut tundsin ennast paremini kui enne treeningut; 1 – üldse ei nõustu; 2 – pigem ei nõustu; 3 – ei oska hinnata; 4 – pigem nõustun; 5 – täiesti nõustun.

Tabel 10. TPEG subjektiivne kõnnitreeningu mugavuse hinnang (keskmine $\pm$ SD, mediaan, miinimum, maksimum).

Näitajad	TPEG			
	$\bar{x} \pm SD$	Mediaan	Min	Max
Tundsin ennast mugavalt, kui sooritasin treeningu (1–5)	4,60 $\pm$ 0,52	5,0	4,0	5,0
Treening oli kergesti sooritatav (1–5)	4,20 $\pm$ 0,63	4,0	3,0	5,0
Soovin treeningut korrata (1–5)	4,60 $\pm$ 0,97	5,0	2,0	5,0
Treening oli raske (1–5)	2,10 $\pm$ 1,37	1,5	1,0	4,0
Tunnen, et keha tasakaal on parem pärast treeningut (1–5)	4,30 $\pm$ 0,67	4,0	3,0	5,0
Pärast treeningut tean rohkem harjutustest tasakaalu parandamiseks (1–5)	4,60 $\pm$ 0,52	5,0	4,0	5,0
Pärast treeningut tundsin ennast paremini kui enne treeningut (1–5)	4,50 $\pm$ 0,53	4,5	4,0	5,0

1 – üldse ei nõustu; 2 – pigem ei nõustu; 3 – ei oska hinnata; 4 – pigem nõustun; 5 – täiesti nõustun

Tabel 11. TKG subjektiivne kõnnitreeningu mugavuse hinnang (keskmine $\pm$ SD, mediaan, miinimum, maksimum).

Näitajad	TKG			
	$\bar{x} \pm SD$	Mediaan	Min	Max
Tundsin ennast mugavalt, kui sooritasin treeningu (1–5)	4,70 $\pm$ 0,48	5,0	4,0	5,0
Treening oli kergesti sooritatav (1–5)	4,60 $\pm$ 0,52	5,0	4,0	5,0
Soovin treeningut korrata (1–5)	4,20 $\pm$ 1,14	5,0	2,0	5,0
Treening oli raske (1–5)	1,30 $\pm$ 0,48	1,0	1,0	2,0
Tunnen, et keha tasakaal on parem pärast treeningut (1–5)	3,80 $\pm$ 0,79	4,0	3,0	5,0
Pärast treeningut tean rohkem harjutustest tasakaalu parandamiseks (1–5)	4,30 $\pm$ 0,67	4,0	3,0	5,0
Pärast treeningut tundsin ennast paremini kui enne treeningut (1–5)	4,30 $\pm$ 0,67	4,0	3,0	5,0

1 – üldse ei nõustu; 2 – pigem ei nõustu; 3 – ei oska hinnata; 4 – pigem nõustun; 5 – täiesti nõustun

4.7. Lisanäitajad

Lisanäitajateks olid valitud liitreaalsuse kõnnitreeningu mängul saavutatud skoor ja TPEG koduseks taastusraviks kulutatav aeg (tabel 12). TPEG saavutas keskmiselt skoori 43044 ± 6900 punkti. TKG saavutas keskmiselt skoori 47875 ± 7549 punkti. TKG skoor oli kõnnitreeningul ligikaudu 5000 punkti suurem. Statistiliselt olulist erinevust vastavate andmete juures ei olnud ($p > 0,05$).

Keskmiselt tegid TPEG-i uuritavad kodus 0,61 tundi taastusravi harjutusi. Mehed tegid keskmiselt harjutusi ligikaudu 30 minutit ja naised 45 minutit. Seega tegid naised harjutusi keskmiselt pea 15 minutit kauem kui mehed. Samas oli naiste taastusravi harjutustele kuluva aja standardhälve suurem kui meestel, mis näitab, et naiste puhul oli kodus harjutuste tegemise ajakulus suurem variatsioon.

Tabel 12. Lisanäitajad (kõnnitreeningul saadud punktisumma ja TPEG kodune taastusravi maht) (keskmine $\pm$ SD).

Näitajad	TPEG			TKG		
	Mehed	Naised	Kokku	Mehed	Naised	Kokku
Kõnnitreeningul saavutatud skoor (punktid)	43542 $\pm$ 8143	42646 $\pm$ 6712	43044 $\pm$ 6900	45720 $\pm$ 7765	50030 $\pm$ 7506	47875 $\pm$ 7549
Harjutuste sooritamine (tunnid)	0,47 $\pm$ 0,32	0,75 $\pm$ 0,45	0,61 $\pm$ 0,40			

4.8. Uuringueelse küsimustiku põhjal tehtud lisamärkmed

TKG uuritavatest olid kuuel nägemishäiret korrigeerivad prillid, TPEG-s kaheksal. TKG uuritavatest vajas neli mingit toestust testi ajal, TPEG-s üheksa. Samuti vajas TPEG-s kolm uuritavat käetoet toestust treeningu ajal.

TKG-s esines neljal vererõhuprobleeme, kõige enam kõrget vererõhku, muudel juhtudel madal arteriaalne vererõhk või kõikuv vererõhk. Ühel uuritaval oli südame löögisagedus katsete vahel kõrgenenud. Ühel oli ära märgitud varikoos ja varasem alajäseme vigastus.

Need TPEG-sse kuuluvad uuritavad, kes vajasid treeningul abi, said lõpuks iseseisvalt ilma toetuseta kõndida. TPEG-s oli ühel inimesel (kuid mitte ühel ja samal) esinenud infarkt,

glaukoom, astma, arütmia ja X-jalgsus. Kahel inimesel esines pearinglus, diabeet, vererõhuprobleemid ja alajäseme vigastus. Kolmel käe liikumispääatus. Osal oli plaanis teha sama aasta jooksul (2024) ka teisele põlvele TPE.

Käetoetuse kasutus vähenes enamikul teise testi ajal, mõnel juhul ei olnud siis enam üldse abi vaja. Kes vajasis abi kõnnitreeningu alguses, ei vajanud seda enam kõnnitreeningu lõpus.

5. ARUTELU

5.1. Vanus ja antropomeetrilised näitajad

Kokkuvõtvalt võib järeldada, et tervete ja põlveliigese endoproteesiga uuritavate grupi keskmine vanus oli sarnane, erinevus on kolm aastat ning see pole statistiliselt oluline. Keskmise KMI erinevus kahe grupi vahel oli märkimisväärne, olles 9 kg/m² kõrgem opereeritute grupis. See näitab, et ülekaaluliste inimeste hulgas oli põlveliigese osteoartroos levinum. Kõrge KMI oli tingitud kehamasside suurest erinevusest. Mõlemad KMI ja kehamasside vahed olid statistiliselt olulised. TPEG uuritavate keskmine KMI oli üle 30 kg/m², mis viitab ülekaalulisusele.

5.2. Funktsionaalse seisundi näitajad

TUG-testi normipiires tulemused näitavad head võimekust nii TKG-s kui ka TPEG-s [normipiir on alla 10 sekundi (Mathias *et al.*, 1986, lk 387–389)]. Eriti tähtis on jälgida TPEG-s, kas kõnnivõime on oodatud tasemel ja paraneb taastumise perioodil. Põlveliigese paindumisnurga erinevus kahe grupi vahel võib olla tingitud opereeritute grupis vähesest aktiivsusest (valu tõttu ei liigutata põlveliigest piisavalt), operatsioonijärgsest jäikusest, kehakaalust ja sellest, et see tekitab suurema koormuse põlveliigesele (osteoartroosi riskitegur). Nagu näha, oli TPEG-s opereeritud põlve ja mitteopereeritud põlve paindumisnurga erinevus märgatav. Kui põlveliiges on opereeritud, on paindumisnurk ning põlve mobiilsus väiksem. Põlveliigese sirutusnurga erinevus on tingitud samast põhjusest, mis painutusnurga erinevus. TPE patsientide opereeritud põlv on jäigem ja valulikum, mis takistab põlve täielikku väljasirutust. Opereeritute tulemuste kõikumine on suur, sest harjutuste maht, taastumiskiirus ja operatsioonist möödunud aeg erinevad. Põlveliigestevaheline erinevus tuleneb sellest, et opereeritud põlveliiges on jäigem ja lihased selle ümber vähem painduvad. On ka leitud, et puusa- ja põlveliigese liikumisulatus mõjutab rohkelt liikumiskiirust, mis vastavalt mõjutab ka uuritud väsimust (mainitakse hiljem). Kuna TPEG uuritavatel oli väiksem põlveliigese liikumisulatus, oli neil ka kõnnitreeningut raskem teha. (Escalante *et al.*, 2001, lk 287–294) Võimsuse erinevused nii esireie kui ka tagareie tööl on tingitud operatsioonijärgsest taastumiseefektiivsusest ja lihasjõu paranemisest. Uuringu tulemuste põhjal saab järeldada, et TKG individidid olid tugevamad kui TPEG omad. Samuti oli näha TPEG uuritavate hulgas suurt jalgadevahelist lihasjõu erinevust. 2005. aasta Portegijsi ja teiste uuring

tõestas, et isegi tervetel vanemaealistel naistel on kõnnikiirus väiksem, kui nende vasaku ja parema jala lihaskõuet erinevus on suurem. Seda saab seostada TPEG uuringutega ja nende subjektiivse arvamusega kõnnitreeningu kohta. (Portegijs *et al.*, 2005, lk 1838–1842)

Kahe grupi vaheline statistiliselt oluline erinevus näitab vastavalt, et parema jala (TKG) ja opereeritud jala (TPEG) erinevused on märgatavad. OA ja TPE mõjude tõttu on sirutus- ja paindumisnurk olulisel määral vähenenud. Samuti on aeglustunud TUG-testi ajad. Lisaks oli märgata väiksemat võimekust tagareie lihaste juures paremal jalal või siis opereeritud jalal. Kõik see viitab OA negatiivsetele mõjudele liigete funktsioonidele, mida tõestas ka Conaghani jt 2015. aasta uuring (Conaghan *et al.*, 2015, lk 270–277).

5.3. Keha tasakaalu näitajad

COP nihke kiirus ei muutunud olulisel määral ($p > 0,05$) enamikel testidel, välja arvatud TPEG uuringute seas siis, kui uuritav seisis silmad avatult jalad koos – sel juhul oli muutus negatiivne ($p < 0,05$). COP trajektoori suuruse vähenemine oli statistiliselt olulise muutusega seistes koosjalul nii silmad kinni kui ka lahti ($p < 0,05$). Ülejäänud testide näitajate trajektoori muutused ei olnud statistiliselt olulised ($p > 0,05$), kuid sarnaselt tasakaalutestide näitajatega paranesid üksikute individide positiivsed testitulemused.

Saame järeldada, et tasakaalunäitaja COP nihke kiiruse halvenemine on tingitud väsimusest, kuna uuritavate hinnangu kohaselt kogeti treeningul mõõduka suurusega väsimust. Vastavatest tulemustest ei saa järeldada, et taastusravi meetod oli uuritavatele kahjulik või halvendas sooritust. Oli ka märgata üksikute isikute suurt näitajate paranemist (osal isegi 8 ühiku võrra, seistes ühel jalal). Positiivseid muutusi üksikutel isikutel oligi märgata just seistes tandemseisus või ühel jalal, eriti TPEG uuringute hulgas. Samuti paranesid keha tasakaalunäitajad nendel uuringutel, kes kasutasid enne kõnnitreeningut tasakaalu testide sooritamisel käe- või jalatuge – nad said sooritada samad keha tasakaalutestid pärast kõnnitreeningut ilma toeta. Seda saab lugeda positiivseks muutuseks ja väita, et isegi kui numbrilised tulemused ei olnud statistiliselt olulised, kasvas uuringute, eriti TPEG-s, enesekindlus, mis aitab kaasa taastusravile. Käesolev uuring oli väikese valimiga ning see põhjustab statistilist ebatahtsust. Edasistes uuringutes tuleb keskenduda valimi suurendamisele, uurimisperioodi pikendamisele (teha rohkem tasakaaluteste ja kõnnitreeninguid pikema perioodi vältel) ning välja selgitamisele, mis põhjustab osade uuringute suuremat tasakaalunäitajate paranemist. Oli ka juhte, kus vastavad näitajad

halvenesid, kuid neid oli vähem kui positiivseid paranemisi. Kahe grupi erinevused on tingitud tasakaalureseptoritest lihastes, mis TPEG uuritavatel on haigusest mõjutatud. See teeb neil tasakaalu hoidmise raskemaks kui tervetel indiviididel, mida on tõestanud Kimi jt 2011. aasta uuringus, kus näidati, et OA raskusastme suurenemisel esineb rohkem tasakaaluprobleeme (Kim *et al.*, 2011, lk 701–709).

Samasugusele järeltulele jõuti Ved ja Oberoi uuringus, mis viidi läbi 2022. aastal. Leiti statistiliselt ebaoluline muutus, kuid rahulolu treeninguga oli positiivne. (Ved, Oberoi, 2022, lk 15) Byra ja Czernicki uuring 2020. aastal leidis samuti statistiliselt ebaolulise muutuse tasakaalunäitajates, kuid märgati ka paranemisi mitteobjektiivsetes hindamiskriteeriumites (Byra, Czernick, 2020, lk 11–14). Wi ja Kangi uuring 2012. aastal leidis 40-aastaste naiste hulgas positiivse muutuse keha tasakaalunäitajatele, mis sarnaneb osaga siinses uuringu tulemustest (Wi, Kang, 2012, lk 387–393).

5.4. Subjektiivne väsimuse hinnang

Füüsiline väsimus võib olla suurem TPEG patsientidel, sest pärast operatsiooni võib jalg olla jäik, kõndimine võib olla raskendatud ning liigutamine võib põhjustada valu. Samuti võib pärast operatsiooni olla vähem motivatsiooni liikuda või taastumisega tegeleda, sest liikumine on võrreldes tervete isikutega raskendatud. Sama muster on jälgitav nii meeste kui ka naiste puhul. Kuid arvestades kogu väsimuse näitaja skaalat (1–10), on väsimusnäitajad suhteliselt madalad.

Tasakaalu hoidmine oli raskem TPEG patsientidele. See tuleneb sellest, et põlveliigese osteoartroosiga on raskem tasakaalu hoida põlveliigese valude ning retseptorite häire tõttu pärast TPE-d. TPEG naistel oli raskem hoida tasakaalu kui meestel. See võib tuleneda sellest, et neil oli raskemakujuline põlveliigese osteoartroos, operatsioonist võis olla möödunud vähem aega või on erinevused meeste ja naiste taastusravi tulemuslikkuses. TKG puhul on näha, et meestel oli tasakaalu hoidmine raskem, isegi raskem kui TPEG meestel. See võib tuleneda sellest, et tavatingimustel ei pruugita keha tasakaaluharjutusi teha ning vananemisel keha tasakaal halveneb. Üldiselt võib järeltule, et uuritavad pidasid tasakaalutesti raskusastet keskmiseks.

5.5. Subjektiivne põlveliigese valu tugevus

Põlveliigese valu vähenemine treeningu jooksul on positiivne näitaja. Vastav muutus võis tuleneda sellest, et kuna TPE-ga kaasneb ka hilisem jäikus, siis treeningu abil saadakse lihased

põlveliigese ümber soojaks ning selle tulemusena on tunda vähem valu ja funktsionaalsus paraneb. Valu võis väheneda ka tänu positiivsele kogemusele kõnnitreeninguga (arvestades subjektiivseid kõnnitreeningu mugavuse hinnanguid).

5.6. Subjektiivne kõnnitreeningu mugavus

Vastustest saame järeldada, et üldiselt oli uuritavate hinnangul LRKT treening väga mugav. Samas oli TPEG patsientide jaoks treening raskem kui tervete uuritavate jaoks. Seda saab seostada väiksema funktsionaalsusega ja valudega, mis kaasnevad OA-ga, nagu on tõestatud Conaghani uuringus (Conaghan *et al.*, 2015, lk 270–277). Kuigi mõned uuritavad ütlesid, et tasakaaluteste või kõnnitreeningut oli raske sooritada, soovisid nad kõnnitreeningut korrata. Üldiselt võib siiski väita, et treeningu sooritamist peeti võrdlemisi kergeks, kuna kõik keskmised hinnangud olid üle 4 skaalapunkti. Samuti on tahe treeningut korrata mõlemas grupis suur, eriti aga TPEG-s. Treening ei olnud uuritavate jaoks raske, kõige suuremaid raskusi tundsid TPEG patsientidest naised, kes ei osanud küsitluse järgi treeningu raskust täpselt hinnata (3 – ei oska hinnata). Keskmine TPEG patsient hindab, et keha tasakaal paranes pärast treeningut, TKG pigem nõustub väitega, kuid kaldub rohkem ebakindluse poolele. Keskmine uuritav tunneb, et teab rohkem keha tasakaalu harjutustest pärast vastavat treeningut. Samuti tunneb keskmine uuritav ennast paremini pärast treeningul osalemist. TPEG suhtumine kõnnitreeningu mugavusse on sama, mida näitab ka Vedi ja Oberoi 2022. aasta uuring, kus TPE patsiendid hindasid positiivselt oma põlveliigese funktsiooni taastumist (Ved, Oberoi, 2022, lk 15).

5.7. Lisanäitajad

TPEG-s võib lugeda meeste ja naiste kõnnitreeningu mängul saavutatud skoori suhteliselt sarnaseks ja võrreldes TKG-ga on see väiksem. Kuna vastavas liitreaalsuse mängus kasutati tasakaalu arendamise elemente, mängust arusaamise võimekust ja füüsilist võimekust, siis on TPEG skoor arusaadavalt madalam. Pikk operatsioonist taastumine ning juba varasema põlveliigese osteoartroosiga tekkinud raskused võivad olla takistanud füüsilist aktiivsust üldiselt. Tänu TPE operatsioonile on mõjutatud ka tasakaalureseptorid lihastes. Selle tulemusena võtab taastumine aega ja seetõttu on TPEG-s raskem hoida tasakaalu ning seda jalalt jalale vahetada. Pingutust ja motivatsiooni ei saa siin hetkel lugeda määravaks teguriks. Pigem mängivad rolli operatsioonijärgne taastusravi ning füüsiline aktiivsus väljaspool uuringut.

Meeste ja naiste keha tasakaalu näitajate erinevuste põhjuseks võivad olla erinevad kodus tehtavad harjutused, erinev harjutuste maht ja harjutuste tegemise motivatsioon. Võimalik on, et naistel on rohkem motivatsiooni või tahtmist harjutusi kauem teha, kuid erinevus on arvatavasti tulnud sellest, et füsioterapeudid on andnud erinevatele patsientidele spetsiifilised harjutused ja harjutuste mahud. Füsioterapeudid annavad harjutusi patsientidele, võttes arvesse valu, treenitust ja harjutuste intensiivsust. Enamasti antakse taastusraviks harjutusi või tegevusi ajamahuks 30 kuni 60 minutit, neli kuni viis korda nädalas.

5.8. Hüpoteeside arutelu

Uurimistöö alguses püstitati järgmised neli hüpoteesi.

1. Patsientidel, kellel on endoproteesitud põlveliiges OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt.
2. Tervetel (samast soost ja samas vanuses) inimestel paranevad keha tasakaalu näitajad LRKT järgselt.
3. Patsientidel, kellel on endoproteesitud põlv OA tõttu, paranevad keha tasakaalu näitajad suuremal määral kui tervetel samaealistel samasoolistel inimestel.
4. Uuritavate subjektiivne hinnang LRKT kõnnitreeningu mugavuse kohta on positiivne mõlemas uurimisgrupis.

Esiteks püstitati hüpotees uuritavate kohta, kellele oli varem tehtud TPE OA tõttu. Uurimistöö alguses eeldati, et keha tasakaalu näitajad on TPEG uuritavatel paremad peale LRKT-d kui enne. Vastav hüpotees sai tõestust osadel tingimustel (seistes jalad koos silmad lahti ja suletult COP trajektoori osas). Seistes tandemseisus ja ühel jalal ei leitud olulist paranemist. Hüpoteesi järeldus on järgmine: TPEG uuritavate keha tasakaalu näitajad paranesid statistiliselt olulisel määral seistes jalad koos silmad avatult ja suletult.

Teiseks püstitati hüpotees, et TKG uuritavatel paranevad keha tasakaalu näitajad pärast LRKT-d. Antud hüpotees sai tõestust, kuna leiti statistiliselt oluline muutus uuritud näitajate osas. Vastav hüpotees sai tõestust osadel tingimustel (seistes jalad koos silmad lahti ja suletult COP trajektoori osas). Seistes tandemseisus ja ühel jalal ei leitud olulist paranemist. Hüpoteesi järeldus on järgmine: TKG uuritavate keha tasakaalunäitajad paranesid statistiliselt olulisel määral seistes jalad koos silmad avatult ja suletult.

Kolmandaks püstitati hüpotees, et TPEG uuritavate keha tasakaalunäitajad pärast LRKT-d paranevad rohkem kui TKG keha tasakaalunäitajad. Vastav hüpotees ei saanud statistiliselt olulisel määral tõestust, kuid üksikutel juhtudel oli tendents suurema positiivse arengu poole just TPEG uuritavatel. Hüpoteesi järelalus on järgnev: TPEG uuritavate keha tasakaalunäitajad ei paranenud enne ja pärast LRKT-d statistiliselt olulisel määral rohkem kui TKG uuritavate omad, välja arvatud üksikjuhtudel.

Neljandaks sõnastati hüpotees, et uuritavate subjektiivne hinnang LRKT-le on mõlemas uurimisgrupis positiivne. Vastav hüpotees sai tõestust. Nii TPEG kui ka TKG uuritavatel oli LRKT kohta positiivne arvamus. Hüpoteesi järelalus on vastav: uuritavate subjektiivne hinnang oli positiivne mõlemas uurimisgrupis.

5.9. Uurimistööd limiteerivad faktorid

Uurimistöö on mõned limiteerivad faktorid. Uurimistöö valim oli võrreldes teiste võrreldavate uuringutega väike (teistes uuringutes oli kaasatud vähemalt üle 50 inimese). Käesoleva uurimistöö valimisse kuulus 20 inimest. Lisaks uuriti töös ühe treeningu mõju, kuid tulevikus võiks uurida mitme LRKT efekti. Veel üheks faktoriks võib olla TPEG uuritavate märkimisväärselt suurem kehamass võrreldes TKG uuritavatega. Samuti toimus kõnnitreening vaid 15-minutit ning edaspidi võiks uurida pikkemaagset liitreaalsuse keskkonnas toimuvat kõnnitreeningu mõju keha tasakaalunäitajatele. Nendele limiteerivate faktorite tõttu ei saa teha järelalusi liitreaalsuse mõjude kohta taastusravi valdkonnas. Positiivse faktorina võib mainida kahe grupi homogeensust vanuse ja keha pikkuse osas.

6. JÄRELDUSED

Uuringus osales kümme TPEG uuritavat ja kümme TKG uuritavat. Andmete põhjal saab teha mõned järeldused.

Esiteks, siinsete andmete järgi on TPEG rühma KMI kõrgem kui tervetel uuritavatel. See on kooskõlas varasemate uuringutega, mis näitavad, et osteoartroosi esineb rohkem inimestel, kelle kehakaal on suur.

Teiseks, TPEG uuritavatel on võrreldes tervete rühmaga põlveliiges vähem painduv nii sirutusel kui ka painutusel. Samuti esineb neil mõlemal jalal lihasjõu langus, kuigi mitteopereeritud jalg on tunduvalt tugevam. See on põhjustatud operatsioonijärgsest lihasjäikusest ja OA-ga seostatud valudest. TUG-test on nii TPEG-s kui ka tervetel normi piires.

Kolmandaks, tasakaalutreeningul on hea potentsiaal tasakaalunäitajate parandamiseks nii TPEG patsientide kui ka TKG uuritavate hulgas. Tasakaalu trajektoori paranemine oli statistiliselt oluline mõlemas grupis, seistes silmad lahti ja kinni, jalad koos. Tasakaalutestidest oli näha osal uuritavatel olulist tulemuste paranemist, kui samas teistel oli märgata üksnes väiksemal määral paranemist, muutuste puudumist või väiksel määral isegi tulemuste halvenemist. Käesoleva uuringu valim oli väike. Edasistes uuringutes tuleb keskenduda valimi suurendamisele, kõnnitreeningute sooritamisele korduvalt pikema perioodi vältel ning välja selgitamisele, missugused faktorid põhjustavad keha tasakaalu paranemist kõige suuremal määral.

Neljandaks, tasakaalutreening oli uuritavatele mugav ning seda tahetakse korrata. Üksikutele uuritavatele oli uuringus osalemine mõnevõrra raske, kuid enamusele oli see kerge või mõõduka raskusega. Füüsiline väsimus pärast kõnnitreeningut liitreaalsuse keskkonnas ja tasakaalu hoidmine oli raskem TPEG uuritavatel.

Viiendaks, tervete grupp sooritas liitreaalsuse kõnnitreeningu paremini, kuid TPEG-s oli näha suuremat arengut. Arengut sai hinnata üksikinimeste tulemuste, tasakaalutestidel ja/või mängus kasutatud toetuse ning enesetunde kaudu.

Kokkuvõtteks võib väita, et tasakaalutreening oli uuritavatele jõukohane ja mugav. Samuti on treeningul potentsiaali olla tõhus täiendus taastusravile, arendades tasakaalu ning tõstes enesekindlust, eriti TPE läbi teinud patsientidele.

KOKKUVÕTE

Osteoartroos on kõige levinum liigesehaigus, mis mõjutab 7% elanikkonnast ja esineb põlve-, puusa- ning teistes liigestes. Põlveliigese osteoartroos on levinuim artroosi vorm. Põlveliigese osteoartroosi korral põlveliigese kõhr kulub ja sellest tulenev valu ning liikumisraskused häirivad inimese elukvaliteeti. Põlveliigese osteoartroosi sümptomite leevendamiseks on kasutusel nii konservatiivsed kui ka kirurgilised ravimeetodid. Kaugele arenenud osteoartroosi korral tehakse totaalne põlveliigese endoproteesimine, kus põlveliiges asendatakse liigese kõhre kujutavate metallist elementidega, et vähendada põlveluudevahelist hõõrdumist. Pärast operatsiooni on oluline roll taastusravil. Osteoartroosi leviku suurenemise tõttu viimase 30 aasta jooksul, on suurenenud ka taastusravi arendamise tähtsus. Taastusravi meetodina kasutatakse füsioteraapiat, kuid viimaste aastate jooksul on hakatud kasutama ka erinevaid virtuaalreaalsuse vorme. Üheks virtuaalreaalsuse vormiks on liitreaalsus, mis kombineerib virtuaalreaalsust pärismaailma elementidega. Taastusravis kasutatakse liitreaalsust kõnnitreeningutel ja -mängudel liigesfunktsiooni parandamiseks.

Käesoleva töö raames viidi läbi uuring, et selgitada välja ühe liitreaalsuse keskkonnas kõnnitreeningu mõju keha tasakaalunäitajatele. Uuriti kahe grupi – totaalse endoproteesiga ja tervete indiviidide – näitajaid. Keha tasakaalunäitajad on kõige rohkem mõjutatud põlveliigese osteoartroosi ja endoproteesimise korral. Lihastes paiknevate retseptorite töö taastamine on oluline, et vähendada vigastusohu ja parandada elukvaliteeti. Uuringus analüüsiti keha tasakaalunäitajad enne ja pärast liitreaalsuses toimuvat 15-minutilist kõnnitreeningut liikurajal. Kõnnitreening koosnes mängust, mis hõlmas endas tasakaalu arendamise ja ka kognitiivseid elemente. Lisaks uuriti antropomeetrilisi ja funktsionaalseid näitajaid, osalejate subjektiivset hinnangut nii liitreaalsuse keskkonnas kõnnitreeningu mugavuse kui ka treeningu raskusastme kohta ning teisi näitajaid.

Antud tööst selgus, et keha tasakaalunäitajad paranesid kõige rohkem inimestel, kellele oli tehtud totaalne endoproteesimine. Surveysentri trajektoornäitajad totaalse põlveliigese endoproteesiga grupis ja tervete grupis vähenesid statistiliselt olulisel määral, seistes kahel jalal, silmad avatult ja suletult, kuid teiste tasakaalutestide (tandemseis ja ühel jala seis) näitajad statistiliselt oluliselt ei muutunud. Surveysentri nihke kiirus suurenes statistiliselt olulisel määral, seistes kahel jalal endoproteesitud põlveliigese grupis. Üksikutel indiviididel totaalse endoproteesiga grupis oli

tendents keha tasakaalunäitajate paranemiseks. Tervete ja endoproteesitud indiviidide keha tasakaalunäitajate statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Liikurrajal toimunud liitreaalsuses kõnnitreeningu subjektiivse mugavuse hindamisel olid nii põlveliigese endoproteesiga kui ka tervete indiviidide arvamused sarnaselt positiivsed.

Uurimisküsimused ja hüpoteesid said järgnevad vastused.

1. Uurimistöös on leitud statistiliselt oluline paranemine survetsentri trajektoornäitaja puhul, seistes kahel jalal silmad avatud ja suletud enne ja pärast kõnnitreeningut totaalse endoproteesiga indiviididega grupis. See näitaja teiste testide (tandemseis ja ühel jala seis) puhul oluliselt ei erinenud. Survetsentri nihke kiirus suurenes, seistes jalad koos silmad avatult.
2. Uurimistöös on leitud statistiliselt oluline paranemine survetsentri trajektoornäitajal, seistes kahel jalal silmad avatud ja suletud enne ja pärast kõnnitreeningut tervete indiviididega grupis. See näitaja teiste testide (tandemseis ja ühel jala seis) puhul oluliselt ei erinenud.
3. Uurimistöös on leitud, et keha tasakaalunäitajad enne ja pärast kõnnitreeningut totaalse endoproteesiga ja tervete isikute gruppide vahel oluliselt ei erinenud, kuigi vähesel määral olid totaalse endoproteesiga isikute tulemuste vahed suuremad.
4. Uurimistöös on leitud, et liitreaalsuses toimuv kõnnitreening liikurrajal on mugav nii totaalse põlveliigese endoproteesiga patsientidele kui ka tervetele uuritavatele.

Töö limiteerivateks faktoriteks olid valimi väiksus ja fakt, et uuriti ühe kõnnitreeningu mõju. Edaspidi tuleks rohkem keskenduda valimi suurendamisele, korduvatele treeningutele, sellele, mis põhjustab ühe indiviidi keha tasakaalunäitajate paranemist ja teiste halvenemist.

RESÜMEE

Liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal kõnnitreeningu mõju keha tasakaalu näitajatele põlveliigese endoproteesimise järgselt.

Põlveliigese osteoartroos on kõige levinum osteoartroosi vorm, mille raviks kasutatakse totaalset endoproteesimist. Käesolevas uurimistöös käsitleti liitreaalsust, ühte virtuaalreaalsuse vormi, mis oli kasutusel liikuraja treeningu ajal kui postoperatiivne taastusravi meetod. Eesmärk oli uurida, kas keha tasakaalunäitajad muutuvad nii totaalse põlveliigese endoproteesiga kui ka tervetel uuritavatel pärast liitreaalsuse keskkonnas liikurrajal toimunud kõnnitreeningut. Püstitati hüpoteesid: mõlema uurimisgrupi keha tasakaalunäitajad paranevad, nende gruppide näitajate erinevus on statistiliselt oluline ning uuritavate subjektiivne hinnang kõnnitreeningu mugavuse kohta on positiivne.

Uuringus osales 10 totaalse põlveliigese endoproteesiga inimest vanuses $66,40 \pm 7,24$ aastat ja 10 tervet inimest vanuses $63,70 \pm 7,01$ aastat (kontrollgrupp). Uuriti keha tasakaalunäitajaid (seistes jalad koos, silmad avatult ja suletult, tandemseisus ja ühel jalal) enne ja pärast liitreaalsuse keskkonnas toimunud liikurradadel kõnnitreeningut, kõnnitreeningu subjektiivset mugavust, väsimust ja tasakaalu hoidmise raskusastet ning teisi näitajaid. Uuringud on läbi viidud vahemikus 2023. aasta august kuni 2024. aasta mai Ida-Tallinna Keskhaiglas, kasutades interaktiivse kõnnilabori süsteemi (GRAIL, Motek Medical B.V., Holland).

Uurimistöös leiti, et survetsentri trajektoor seismisel kahel jalal silmad avatult ja suletult paranes võrreldes algsete näitajatega statistiliselt olulisel määral nii põlveliigese endoproteesiga kui ka tervete uuritavate grupis kohe pärast kõnnitreeningut. Teised keha tasakaalunäitajad (tandem- ja ühel jalal seis) ei erinenud olulisel määral enne ja pärast treeningut, välja arvatud survetsentri nihke kiirus, mis suurenes endoproteesiga indiviididel seismisel kahel jalal silmad avatult. Keha tasakaalunäitajad enne ja pärast kõnnitreeningut totaalse endoproteesiga ja tervete indiviididega gruppide vahel oluliselt ei erinenud. Liitreaalsuses toimuv liikurrajal kõnnitreening oli mugav nii totaalse põlveliigese endoproteesiga kui ka tervetele uuritavatele.

Järgmiste uuringute läbiviimisel on soovitatav suurendada valimi hulka, korrata kõnnitreeninguid kindla ajaperioodi jooksul ning keskenduda spetsiifilistele keha tasakaalu parandatavatele taastusravi meetoditele.

ABSTRACT

Influence of augmented reality-based gait training on body balance characteristics following total knee replacement.

Knee osteoarthritis is the most common form of osteoarthritis. Total knee replacement is a treatment used to alleviate the symptoms of this disease. Augmented reality, a form of virtual reality used during exercise training, is considered as a post-operative rehabilitation method. The purpose of this study was to investigate whether body balance characteristics change in participants with total knee replacement and in healthy subjects after augmented reality-based gait training. In total, four hypotheses were proposed, summarised here: it was expected that the improvement in body balance characteristics would be statistically significant in both groups and between them, while the subjective comfort of gait training would be perceived as positive.

The study analysed 10 subjects who had undergone total knee replacement aged $66,40 \pm 7,24$ years and 10 healthy subjects aged $63,70 \pm 7,01$ years (control group). This study examined body balance characteristics (standing with feet together, eyes open and closed, in tandem and on one leg) before and after gait training in an augmented reality environment, as well as subjective comfort of gait training, levels of fatigue and balance difficulty, in addition to other indicators. The study was conducted from august of 2023 to May of 2024 in Ida-Tallinna Keskhaigla using the Gait Real-time Analysis Interactive Lab (GRAIL, Motek Medical B.V., Netherlands).

The results of the study demonstrated statistically significant improvements in the trajectory of the center of pressure compared to baseline immediately after gait training while standing with feet together eyes open and closed in both the total knee replacement group and healthy participants. There was no significant difference in other body balance characteristics (standing in tandem and on one leg) before and after exercise, except for an increase in the centre of pressure velocity while standing with feet together eyes open in participants with total knee replacement. There was no significant difference in body balance characteristics before and after gait training between the group with total knee replacement and healthy participants. The augmented reality-based gait training was comfortable for both groups.

In future studies, it is recommended to increase the sample size, repeat gait training over a set time period, and focus on specific rehabilitation methods that improve body balance.

KASUTATUD KIRJANDUS

Abulhasan, J. F., Grey, M. J. 2017. Anatomy and Physiology of Knee Stability. *Functional Morphology and Kinesiology*, 2(4), lk 1–11.

Anderson, A. S., Loeser R. F. 2011. Why is Osteoarthritis an Age-Related Disease? *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 24(1), lk 15.

Birkenfeldt, R. 2008. Osteoartroosi ravijuhend Eestis [ravijuhend]. Tallinn: Eesti Reumatoloogia Selts.

Byra, J., Czernicki, K. 2020. The Effectiveness of Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Knee and Hip Osteoarthritis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), lk 11–14.

Conaghan, P. G., Peloso, P. M., Everett, S. V., Rajagopalan, S., Black, C. M., Mavros, P., Arden, N. K., Phillips, C. J., Rannou, F., van de Laar, M. A. F. J., Moore, R. A., Taylor, S. D. 2015. Inadequate pain relief and large functional loss among patients with knee osteoarthritis: evidence from a prospective multinational longitudinal study of osteoarthritis real-world therapies. *Rheumatology*, 54(2), lk 270–277.

Dennison, E. M. 2022. Osteoarthritis: The importance of hormonal status in midlife women. *Maturitas*, 165, lk 8–11.

Domínguez-Navarro, F., Igual-Camacho, C., Silvestre-Muñoz, A., Roig-Casasús, S., Blasco, J. M. 2018. Effects of balance and proprioceptive training on total hip and knee replacement rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Gait and Posture*, 62, lk 68–74.

Eckert, M., Volmerg, J. S., Friedrich, C. M. 2019. Augmented Reality in Medicine: Systematic and Bibliographic Review. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 7(4), lk 13–14.

Ekdale, E. G. 2015. Form and function of the mammalian inner ear. *Journal of Anatomy*, 228(2), lk 324–337.

Escalante, A., Lichtenstein, M. J., Hazuda, H. P. 2001. Walking velocity in aged persons: its association with lower extremity joint range of motion. *Arthritis Care & Research*, 45(3), lk 287–294.

- Felson, D. T. 1990. The epidemiology of knee osteoarthritis: Results from the framingham osteoarthritis study. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 20(3), lk 42–50.
- Felson, D. T. 2005. The sources of pain in knee osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology*, 17(5), lk 624–628.
- Flynn, D. M. 2020 Chronic Musculoskeletal Pain: Nonpharmacologic, Noninvasive Treatments. *American Family Physician*, 102(8), lk 465–477.
- Garcia, C., Karri, J., Zacharias, N. A., Abd-Elseyed, A. 2020. Use of Cryotherapy for Managing Chronic Pain: An Evidence-Based Narrative. *Pain and Therapy*, 10, lk 81–100.
- Gauchard, G. C., Vançon, G., Meyer, P., Mainard, D., Perrin, P. P. 2010. On the role of knee joint in balance control and postural strategies: Effects of total knee replacement in elderly subjects with knee osteoarthritis. *Gait and Posture*, 32(2), lk 155–160.
- Graig, A. B. 2013. Understanding Augmented Reality. Waltham: Elsevier, lk 1–2.
- Insall, J. N., Binazzi, R., Soundry, M., Mestriner, L. A. 1985. Total Knee Arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 192, lk 13–22.
- Jordan, K. M., Sawyer, S., Coakley, P., Smith, H. E., Cooper, C., Arden, N. K. 2003. The use of conventional and complementary treatments for knee osteoarthritis in the community. *Rheumatology*, 43(3), lk 381–384.
- Kim, H.-S., Yun, D. H., Yoo, S. D., Kim, D. H., Jeong, Y. S., Yun, J.-S., Hwang, D. G., Jung, P. K., Choi, S. H. 2011. Balance Control and Knee Osteoarthritis Severity. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 35(5), lk 701–709.
- Lancere, L., Kugaud, I. 2021. Augmented Reality and Real-Time Feedback for Physical Therapy. ResearchGate, lk 1–3.
- Landon, G. C., Galante, J. O., Casini, J. 1985. Essay on Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 192, lk 69–74.
- Lee, K. 2020. Virtual Reality Gait Training to Promote Balance and Gait Among Older People: A Randomized Clinical Trial. *Geriatrics*, 6(1), lk 8–9.
- Long, H., Liu, Q., Yin, H., Diao, N., Zhang, Y., Lin, J. 2022. Prevalence trends of site-specific osteoarthritis from 1990 to 2019: Findings from the global burden of disease study 2019. *Arthritis Rheumatol* 2022, 74(7), lk 1172–1183.

- Lucas, B., Cox, C., Perry, L., Bridges, J. 2012. Pre-operative preparation of patients for total knee replacement: An action research study. *International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing*, 17(2), lk 79–90.
- MacKinnon, C. D. 2018. Chapter 1 - Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. *Handbook of Clinical Neurology*, 159, lk 3–26.
- Mathias, S., Nayak, U. S., Isaacs, B. 1986. Balance in elderly patients: the „get-up and go“ test. *Arch Phys Med Rehabil*, 67(6), lk 387–389.
- Michael, J. W.-P., Schlüter-Brust, K. U., Eysel, P. 2010. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Deutsches Ärzteblatt*, 107(9), lk 152–162.
- Pandit, S., Ringdahl, E. 2011. Treatment of Knee Osteoarthritis. *American Family Physician*, 83 (11), lk 1287–1291.
- Plack, C., J. 2018). The sense of hearing. New York: Routledge, lk 59–61.
- Portegijs, E., Sipilä, S., Alen, M., Kaprio, J., Koskenvuo, M., Tiainen, K., Rantanen, T. 2005. Leg Extension Power Asymmetry and Mobility Limitation in Healthy Older Women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(9), lk 1838–1842.
- Pournajaf, S., Goffredo, M., Pellicciari, L., Piscitelli, D., Griscuolo, S., Le Pera, D., Damiani, C., Franceschini, M. 2022. Effect of balance training using virtual reality-based serious games in individuals with total knee replacement: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 65(6), lk 4–6.
- Sharma, L., Sonf, J., Felson, D. T., Cahue, S., Shamiyeh, E., Dunlop, D. D. 2001. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA*, 286(2), lk 188–195.
- Shideler, B. L., Martelli, D., Prado, A., Agrawal, S. K. 2021. Overground gait training using virtual reality aimed at gait symmetry. *Human Movement Science*, 76, lk 10–16.
- Spector, T. D., MacGregor, A. J. 2003. Risk factors for osteoarthritis: genetics. *Osteoarthritis and Cartilage*, 12, lk 39–44.
- Su, Sh., He, J., Wang, R., Chen, Z., Zhou, F. 2023. The effectiveness of virtual reality, augmented reality and mixed reality rehabilitation in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Arthroplasty*, 39(3), lk 582–590.

Tervisekassa. Statistika. Kättesaadav: <https://tervisekassa.ee/koik-teenused> (14.01.2024).

Tschon, M., Contartese, D., Pagani, S., Borsari, V., Fini, M. 2021. Gender and Sex Are Key Determinants in Osteoarthritis Not Only Confounding Variables. A Systematic Review of Clinical Data. *Journal of Clinical Medicine*, 10(14), lk 25.

Vaianti, E., Scita, G., Ceccarelli, F., Pogliacomì, F. 2017. Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta Biomed*, 88 (2), lk 6–16.

Ved, K., Oberoi, M. 2022. Abstracts of Scientifica 2022. Pune: AIJR Publisher, lk 15.

Verbrugge, L. M. 1995. Women, men and osteoarthritis. *Arthritis and Rheumatism*, 8 (4), lk 213–219.

Vince, J. 2004. Introduction to Virtual Reality. London: Springer, lk 1–7.

Wegener, L., Kisner, C., Nichols, D. 1997. Static and Dynamic Balance Responses in Persons With Bilateral Knee Osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25 (1), lk 16–17.

William, N. 2017. The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, 67 (5), lk 404–405.

Wi, S., Kang, J. 2012. The Effects of Virtual Reality Interactive Games on the Balance Ability of Elderly Women with Knee Osteoarthritis. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 7(3), lk 387–393.

Yoon, S., Son, H. 2020. Effects of full immersion virtual reality training on balance and knee function in total knee replacement patients: a randomized controlled study. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 20 (9), lk 7–11.

LISA 1. Tutvustusleht vabatahtlike kaasamiseks

Tere!

Ma olen 11.b klassi õpilane Harriet Helena Habicht. Teen uurimistööd liitreaalsuses taastusravi teemal, see puudutab patsiente, kellel on endoproteesitud põlv ning kes on läbi põdenud põlve osteoartroosi. Et uuringut sisukamaks teha, kaasan ma ka 13 vabatahtlikku, kes saavad samad testid ja mängud kaasa teha. Iga uuring toimub individuaalselt.

Uuringu tegemiseks kasutame interaktiivset kõnnilaborit GRAIL. Maailmas on neid vaid ligi 40 ja Ida-Tallinna Keskhaigla oma on ainus Baltimaades.

Uuring ei lähe Teile midagi maksma, see võtab ainult 1,25 tundi Teie vabast ajast.

Et uuringus osaleda, peavad kehtima kindlad tingimused:

- olete vanusevahemikus 55–75 a;
- Teil ei ole olnud varasemaid põlveoperatsioone;
- Teil ei ole alakehal tehtud endoproteesimist;
- Teil ei ole muid ortopeedilisi haigusi;
- Teil ei ole neuroloogilisi haigusi (sh tasakaaluhäireid);
- Teil ei ole nägemis- või/ja kuulmisprobleeme.

Uuring toimub arvatavasti ajavahemikus jaanuar 2024 – aprill 2024, kuid vabatahtlike ajad mahutakse vastavalt Teie ajagraafikule ja ITK omale. Teada on, et uuringud toimuvad esmaspäeval, kolmapäeval ja reedel, kuid aja ja kuupäeva asjus tehakse täpsustusi hiljem. Palun andke teada, kas üldse olete nõus uuringul osalema. Jaatava vastuse korral saadan Teile nõusolekuankeedi ja oktoobri lõpus saab vaadata vabu aegu. Teil jääb õigus iga hetk uuringust keelduda.

Loodetavasti olete huvitatud uuringust osa võtma, või kui Teie ei kvalifitseeru, edastaksite ankeedi tuttavale. Kui on küsimusi, võtke julgelt minuga ühendust.

LISA 2. Uuringueelne küsimustik

Uuritava kood:

Palume Teil vastata järgmistele küsimustele enne uuringute algust

(kriipsutage vajalik alla):

No	Küsimus	Vastus
1.	Teie vanus täisaastate arv	
2.	Teie sugu Mees / Naine	
3.	Teie kehapikkus cm	
4.	Teie kehakaal Kg	
5.	Kas Teil oli eelnevalt käe, jala, selja või muu kehaosa vigastus, mis on seotud kirurgilise raviga või piiratud liikumisega? Jah/ Ei	
6.	Kas Teil oli insult, tserebraalparalüüs, seljavigastus või teised neuroloogilised haigused? Jah/ Ei	
7.	Kas Teil on käe või jala funktsiooni piiratus (vigastuse, neuroloogilise haiguse või liigutusaparaadi haigus)? Jah/ Ei	
8.	Kas Teil on diabeet? Jah/ Ei	
9.	Kas Teil on kopsufunktsiooniga seotud probleem, näiteks: astma, regulaarne köha või muu (oli kopsuemboolia jt)? Jah/ Ei	
10.	Kas Teil on südame funktsiooni häire, näiteks kõrge/madal arteriaalne vererõhk, suurenenud südame löögisagedus või muu (nt	

	südame arterite haigus jt)? Jah/ Ei	
11.	Kas Teil on nägemise häireid? Jah/ Ei	
12.	Kas Teil on kuulmishäire? Jah/ Ei	
Palun vastata järgmistele küsimustele, kui Teil on teostatud põlve endoproteesimine		
13.	Missugune põlveliiges on opereeritud? Pareml/ Vasak	
14.	Millal operatsioon oli ? .../.../..... (päev/kuu/aasta)	
15.	Kas oli sama jäseme korduv operatsioon? Jah/ Ei	
16.	Kui jah, millal see oli? .../.../..... (päev/kuu/aasta)	
17.	Kas Teie sooritate soovitatud harjutusi kodus? Jah/ Ei	
18.	Mitu minutit Teie sooritate harjutusi päeva jooksul? minutid	
19.	Kas Teile on teostatud mõnda teist alajäseme liigeste operatiivset ravi? Jah/ Ei	

Täname

LISA 3. Küsimustik kõnnitreeningu mugavuse hindamiseks

Uuritava kood:

Palume kirjeldada oma kogemust seoses kõnnitreeninguga liitreaalsuse keskkonnas.

Palume vastata järgmistele küsimustele kasutades 5-palli skaala:

1 – üldse ei nõustu,

2 – pigem ei nõustu,

3 – ei oska hinnata,

4 – pigem nõustun,

5 – täiesti nõustun.

Nr	Küsimus	Üldse ei nõustu	Pigem ei nõustu	Ei oska hinnata	Pigem nõustun	Täiesti nõustun
1.	Tundsin ennast mugavalt, kui sooritasin treeningu					
2.	Treening oli kergesti sooritatav					
3.	Soovin seda treeningut korrata					
4.	Treening oli raske					
5.	Tunnen, et keha tasakaal on parem pärast treeningut					
6.	Pärast treeningut tean rohkem harjutustest tasakaalu parandamiseks					
7.	Pärast treeningut tundsin ennast paremini kui enne treeningut					