

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Aigi Mänd

**Robot-assisteeritud kõnnitreeningu sageduse mõju kroonilise
seljaajukahjustusega täiskasvanute toimetulekule ja alajäsemete
funktsionaalsetele näitajatele**

**Effect of robot-assisted gait training frequency on independency and lower extremity
function in adults with chronic spinal cord injury**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja: M. Bergmann (MSc)

Kaasjuhendaja: M-L. Ööpik-Loks (MSc)

Tartu, 2023

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	4
Töö lühiülevaade	5
Abstract.....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1. Seljaajukahjustus	7
1.1.1. Esinemissagedus.....	7
1.1.2. Traumaatiline ja mittetraumaatiline seljaajukahjustus	8
1.1.3. Seljaajukahjustuse skaala	9
1.2. Kõnnitreening seljaajukahjustuse järgselt.....	9
1.2.1. Robot-assisteeritud kõnnitreening.....	10
1.2.2. Erinevad robot-assisteeritud kõnnitreeningu seadmed.....	11
1.2.3. Kõnnirobot Lokomat	12
2. MAGISTRITÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	14
3. UURIMISTÖÖ METOODIKA	15
3.1. Uuritavad	15
3.2. Uuringu korraldus	16
3.3. Uurimistöö hindamismeetodid.....	18
3.3.1. Funktsionaalsete näitajate hindamine.....	18
3.3.2. FIM hindamine	19
3.4. Andmete statistiline analüüs	20
4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED	21
4.1. Spastilisus	21
4.2. Lihasjõud	26
4.3. FIM skoor	29
5. ARUTELU	30
5.1. RAKTi mõju spastilisusele	30
5.2. RAKTi mõju lihasjõule.....	32
5.3. RAKTi mõju FIM tulemustele.....	36
5.4. Uuringu limiteerivad tegurid ja tugevused	38
6. JÄRELDUSED.....	40

KASUTATUD KIRJANDUS	41
TÄNUAVALDUS	46
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	47

KASUTATUD LÜHENDID

AIS	Ameerika Seljaajukahjustuse Assotsiatsiooni vigastuse skaala (ingl <i>American Spinal Injury Association Impairment Scale</i>)
ASIA	Ameerika Seljaajukahjustuse Assotsiatsioon (ingl <i>American Spinal Injury Association</i>)
BWS	<i>bodyweight support</i> (eesti k osaline keharaskuse vähendamine)
EG	eksperimentaalgrupp
FIM	Funktsionaalse Sõltumatuse Skaala (ingl <i>Functional Independence Measure</i>)
GF	<i>guidance force</i> (eesti k juhtimise osakaal)
HNRK	Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus
KG	kontrollgrupp
<i>L-Force</i>	Lokomati tarkvaras olev mõõde lihasjõu hindamiseks
<i>L-Stiff</i>	Lokomati tarkvaras olev mõõde spastilisuse hindamiseks
RAKT	robot-assisteeritud kõnnitreening
SAK	seljaajukahjustus
VKKT	vähendatud keharaskusega kõnnilindi treening

Töö lühiülevaade

Eesmärk: Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada välja, kuidas mõjutab erineva sagedusega robot-assisteeritud kõnnitreening (RAKT) Lokomati kroonilise seljaajukahjustusega (SAK) täiskasvanute igapäevast toimetulekut ja alajäsemete funktsionaalseid näitajaid.

Metoodika: Uuringusse kaasati 12 kroonilise SAKiga täiskasvanut vanuses 24-60 eluaastat. Uuritavad jagati gruppidesse, kus üks grupp osales 10-päevase raviperioodi jooksul Lokomati treeningul 8 korda (eksperimentaalgrupp – EG) ning teine grupp osales treeningutel 4 korda (kontrollgrupp – KG). Treeningperioodi alguses ja lõpus registreeriti Lokomati tarkvara ja riistvara abil alajäsemete funktsionaalsed näitajad – lihasjõud (*L-Force*) ja spastilisus (*L-Stiff*) ning raviperioodi alguses ja lõpus viidi läbi funktsionaalse sõltumatuse hindamine kasutades FIMI.

Tulemused: EGs esines spastilisuse suurenemine puusaliigese painutajalihastes nii vasakus kui paremas alajäsemes kiiremate kiiruste (45°/s ja 90°/s) juures ning sirutajalihaste puhul vasakus alajäsemes kiiremate kiiruste puhul, kuid aeglasema kiiruse (22,5°/s) ja parema alajäseme puusaliigese sirutajalihaste puhul esines spastilisuse vähenemine. Põlveliigese puhul esines EGs nii painutaja- kui sirutajalihastes spastilisuse suurenemine. Lihasjõu osas esines EGs puusaliigese painutaja- ja sirutajalihastes vasakus alajäsemes lihasjõu suurenemine ning paremas alajäsemes lihasjõu vähenemine (sirutajalihastes vähenemine $p < 0,05$) ning põlveliigese osas nii painutaja- kui sirutajalihaste jõu suurenemine. KGs esines spastilisuse osas nii puusa- kui põlveliigese ning nii painutaja- kui sirutajalihastes spastilisuse vähenemine (parema põlveliigese sirutajalihastes 30°/s kiiruse puhul $p < 0,05$) ning samades lihasgruppides mõlemas alajäsemes lihasjõu suurenemine (vasaku põlveliigese sirutajalihaste jõu suurenemine $p < 0,05$). FIM skoor suurenes EGs ühel uuritavaal, kuid FIMI muutus ei olnud grupi keskmist arvestades statistiliselt oluline. KGs FIM tulemuse muutust ei esinenud.

Kokkuvõte: RAKTil on positiivne mõju alajäsemete funktsionaalsetele näitajatele, kuid puudub statistiliselt oluline mõju iseseisvale toimetulekule. Väiksema sagedusega treeningutel on positiivne mõju spastilisuse vähenemise ning lihasjõu suurenemise osas. Suurema sagedusega treeningutega kaasnes enam spastilisuse suurenemist, kuid samades lihasgruppides esines ka lihasjõu suurenemine.

Märksõnad: Krooniline seljaajukahjustus, robot-assisteeritud kõnnitreening, Lokomat, Funktsionaalse Sõltumatuse Skaala, treeningute sagedus.

Abstract

Aim: The aim of the study was to find out how different frequency of robot-assisted gait training (RAGT) on Lokomat affects functional independence and lower extremity functional measurements of adults with chronic spinal cord injury (SCI)

Methods: A total of 12 adults, age 24-60, with chronic SCI were included in this study. Study subjects were divided into two groups: one group received 8 Lokomat trainings in 10 day period (experimental group – EG) and the other group received 4 Lokomat trainings (control group – CG). At the beginning and end of the treatment period lower extremity measurements – spasticity (L-Stiff) and strength (L-Force) were measured using Lokomat hardware and software and Functional Independence Measure (FIM) was conducted at the beginning and end of treatment period.

Results: In EG there was increased spasticity in left and right hip flexors with faster speed (45°/s and 90°/s) and in left hip extensors with faster speed but with slower speed (22,5°/s) and in right hip extensors spasticity decreased. Spasticity also increased in EG in left and right knee flexors and extensors. In EG muscle strength increased in left hip flexors and extensors and decreased in right hip flexors and extensors (decrease in hip extensors $p < 0,05$) and increased in left and right knee flexors and extensors. In CG spasticity decreased in left and right hip and knee flexors and extensors (right knee extensors decrease with speed 30°/s $p < 0,05$) and muscle strength increased in all muscle groups (left knee extensors strength increase $p < 0,05$). FIM score increased in EG on one subject, but considering the group mean it was not statistically significant. In CG there were no changes in FIM score.

Conclusions: RAGT has positive effect on lower extremity functional measurements but does not influence functional independence. Lower frequency trainings have positive effect on decreasing spasticity and increasing muscle strength. Higher frequency trainings had more increase in spasticity but also had increase in muscle strength in the same muscle groups.

Keywords: Chronic spinal cord injury, robot-assisted gait training, Lokomat, Functional Independence Measure, frequency

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Seljaajukahjustus

Seljaaju omab tähtsat rolli peaju ja perifeersetel närvidel ühendamises. Seljaaju abil liigub ülenev sensoorne signaal perifeeriast aju läbi spinotalaamtrakti ning alanev motoorne signaal ajast perifeeriasse läbi alaneva kortikospinaaltrakti. Seljaaju vigastuse korral, mis võib olla nii traumaatiline kui mittetraumaatiline, võib inimesel esineda vigastuse kõrgusest allpool erineva ulatusega motoorseid ja sensoorseid häireid (Shin et al., 2021).

Seljaajukahjustuse (edaspidi SAK) tagajärjeks võivad olla vähenenud lihasjõud, lihasatroofia, kõnnimustri häirimine või kõnnivõime kadumine, sensoorne düsfunktsioon ning autonoomsed häired nagu autonoomne düsrefleksia. Lisaks on SAKi võimalikuks tagajärjeks spastilisus ja/või valu, mis samuti mõjutavad inimese elukvaliteeti. Spastilisuse esinemissageduseks haiglast välja kirjutamise hetkel peale akuutset traumat on hinnatud 65%-ni. Kroonilises faasis on leitud, et antud protsent küündib kuni 71%-ni. Raskekujuline spastilisus on seotud ka valu esinemisega (Fang et al., 2020).

2005. aastal defineeriti spastilisust kui ülemise motoneuroni kahjustusest tingitud häirunud sensomotoorset kontrolli, mis väljendub vahelduvate või pikaajalise tahtmatu lihasaktiivsusega (Burrige et al., 2005). 2018. aastal laiendati definitsiooni ning spastilisust hakati kirjeldama kui tahtmatu lihase hüperaktiivsust kesknärvisüsteemi kahjustuse korral. Tahtmatu lihase hüperaktiivsust võib esile kutsuda nii kiire kui ka aeglane passiivne liigutus ning sensoorne ja/või akustiline stiimul (Dressler et al., 2018).

1.1.1. Esinemissagedus

Hinnanguliselt loetakse SAKi esinemissageduseks 40 kuni 80 uut juhtu miljoni inimese kohta igal aastal, mis tähendab, et iga-aastaselt lisandub kuni 500 000 uut SAK juhtumit (Khorasanizadeh et al., 2019).

Traumaatilise SAKi esinemissagedust meeste hulgas on hinnatud poole kõrgemaks naiste omast (Fang et al., 2020). Ameerika Ühendriikides on meeste haaratust juhtude koguhulgast hinnatud koguni 80%ni. Meeste suurema haaratuse põhjuseks on toodud välja suurem tõenäosus osaleda vägivalda juhtumites (sealhulgas püssilasu tagajärel tekkinud SAK), suurem osakaal mootorrattaga sõitjate hulgas ning riskikäitumine varases täiskasvanu eas, mille alla kuuluvad näiteks vettehüpped (Chen et al., 2013).

Sabre et al (2016) leidsid, et Eestis oli 1997-2011a andmete põhjal traumaatilise SAKi esinemissagedus igal aastal hinnanguliselt 39,4 inimest miljoni inimese kohta. Enamik juhtudest oli põhjustatud kõrge riskikäitumise ning alkoholi liigtarbimise tõttu. Meeste osakaal oli 87% ning meeste keskmine vanus trauma hetkel oli väiksem naiste omast. Peamisteks trauma tekkepõhjusteks olid liiklusõnnetused, kukkumised ja sukeldumine.

Mittetraumaatiline SAK hõlmab hinnanguliselt kuni 60% kõigist SAK juhtudest. Viimastel aastatel on mittetraumaatilise SAKi osakaal suurenenud ning selle võimalikuks põhjuseks on toodud elanikkonna vananemist ning degeneratiivseid muutusi lülisambas (Ge et al., 2018).

1.1.2. Traumaatiline ja mittetraumaatiline seljaajukahjustus

Traumaatilise SAKi põhjuseks on kõige sagedamini kukkumine, liiklusõnnetused, vettehüpped ning vägivald (Ge et al., 2018). Traumaatiline SAK jagatakse kahte faasi. Esimene faas leiab aset lokaalse seljaaju vigastuse järgselt. Vigastuse mehhanismiks võib olla hüperfleksioon, hüperekstensioon, rotatsioon, kompressioon või üleliigne traktsioon (Zhang et al., 2021). Teises faasis leiavad aset süsteemsed ja tsellulaarsed protsessid nagu isheemia, oksüdatiivne stress, põletikulised protsessid, apoptoos ning lokomotoorsed düsfunktsioonid (Anjum et al., 2020).

Mittetraumaatilist SAKi defineeritakse kui seljaaju vigastust, mis on tekkinud mittetraumaatilisel põhjusel. Etioloogia alla kuuluvad degeneratiivsed muutused, põletikulised protsessid, infektsioonid ning tuumor (Müller-Jensen et al., 2021). Lisaks võib mittetraumaatilise SAKi põhjuseks olla lülide sublüksatsioon, stenoos, spondüliit ja spondülolistees (Ge et al., 2018).

Vigastuse kõrguseks on kõige tihedamini kas C1-C4 lülivahemik või Th1-Th12 lülivahemik, mis moodustavad umbes 60% kogu SAKist. Ülejäänud 40% jaguneb C5-C8 ning L1-S3 lülivahemiku vahel (Ge et al., 2018).

Ge et al (2018) töid oma uuringus välja erinevad seosed SAKi etioloogia ja vanuse vahel. Nad uurisid 685 patsiendi vigastuse etioloogiat. Meeste osakaal oli uuringus 65,5% ning naiste osakaal 34,5% ning vanuseliselt kuulus 17,4% uuritavatest <35 aastaste gruppi, 51,7% 35 kuni 64 aastaste gruppi ning 30,9% >65 aastaste gruppi. Lülisamba kaela-, rinna- ja lumbaalosa murrud ja sublüksatsioonid olid selgelt suurema osakaaluga nooremas vanusegrupis (60,5%) ning erinevad diagnoosid nagu stenoos, spondüloos, infarkt, degeneratiivsed muutused ja tuumor esinesid enim >65 aastaste grupis.

1.1.3. Seljaajukahjustuse skaala

SAKi ulatust väljendab *American Spinal Injury Association* (ASIA) vigastuse skaala (ingl *American Spinal Injury Association Impairment Scale*, edaspidi AIS). Tegemist on rahvusvaheliselt tunnustatud skaalaga, mis hindab vigastuse ulatuslikkust ning täielikkust või mittetäielikkust. Täieliku kahjustuse korral on kasutusel märke A, mittetäieliku kahjustuse korral B, C, D, E (Bergmann et al., 2018).

Gedde et al (2019) leidsid, et taastumise potentsiaal SAKi järgselt ei sõltu SAKi etioloogiast. Lisaks ei ole SAKi etioloogia ennustavaks faktoriks AIS tulemuse muutuses. McKinley et al (2011) toovad välja, et sellised faktorid nagu vanus, haiglas veedetud aeg ning AIS tulemus haiglasse saabudes on paremaks indikaatoriks AIS tulemuse muutumises.

Gedde et al (2019) uuringus toodi välja, et AIS A tulemust esineb rohkem traumaatilise SAKi populatsioonis. Kuid nii traumaatilise kui mittetraumaatilise SAKi grupis jäi AIS A tulemus ka pärast sekkumist samaks ning muutus oli võrreldes teiste AIS tulemuste gruppidega väiksem. AIS B ja AIS C tulemuse korral oli nii traumaatilise kui mittetraumaatilise SAKi AIS tulemuse paremine märgatavam.

1.2. Kõnnitreening seljaajukahjustuse järgselt

Kõnnifunktsioon koosneb mitmetest funktsionaalsetest komponentidest nagu näiteks staatiline ja dünaamiline tasakaal, liigeste kinemaatika, jäsemete koordineerimine, kiiruse muutus ning vastupidavus, mis muudavad võimalikuks inimese igapäevase kohanemise muutuv keskkonnas. Funktsionaalse, turvalise ja efektiivse kõnnifunktsiooni saavutamine on olulise tähtsusega eriti mittetäieliku SAKi järgselt. Kõnnifunktsiooni parendamiseks kasutatakse lisaks tavapärasele füsioteraapiale nii farmakoloogilisi, robotilisi kui ka neurofüsioloogilisi võtteid (Sinovas-Alonso et al., 2021).

Intensiivne ja korduv treening võib kutsuda esile haaratud motoorsete keskuste plastilisust (Yildirim et al., 2019). Neuroplastilisuseks loetakse närvisüsteemi võimekust reorganiseerida oma struktuure, funktsioone ja/või ühendusi vastusena sisemistele ja välimistele stiimulitele (Puderbaugh & Emmady, 2022). SAKi järgselt leiavad aset plastilised muutused erinevates neuraalsetes ühendustes nii seljaajus kui peaaju struktuurides. Plastilisi muutusi kutsuvad esile motoorse õppimisega seotud korduvad ülesande-spetsiifilised tegevused. Seega sõltub mittetäieliku SAKi järgselt kõnnifunktsioon lisaks seljaajule ka peaaju plastilisusest (Ilha et al., 2019).

Motoorsete kahjustustega SAK patsientidel esineb väsimus, mis muudab pikaajalise, intensiivse ja suure korduste arvuga treeningprogrammide läbimise keerukaks (Yildirim et al., 2019). Patsient, kellel esineb kõnnimustri häire, võib vajada treeningul korrektse kõnnimustri imiteerimiseks korraka mitme füsioterapeudi abi ning ulatusliku lihaskõnnikusega patsiendid ei pruugi olla võimelised kõnnitreeningut sooritama ka mitme terapeudi kaasabil (Bae et al., 2021).

Varasemalt oli kõnnitreening maapinnal ainus meetod ning kõnnitreeningus kasutati vajaduspõhiselt kas abivahendit ja/või manuaalset assisteerimist. Patsiendi motoorne võimekus mõjutas suuresti teraapia kvaliteeti ja kestust. Lisaks on füsioterapeudil keeruline fasiliteerida korduvat korrektset füsioloogilist kõnnimustrit (Shin et al., 2021).

Järgmiseks treeningmeetodiks oli vähendatud keharaskusega kõnnilindi treening (edaspidi VKKT), kus patsiendi keharaskust on võimalik vajaduse põhised kas vähendada või suurendada vesti abil. Vest pakub patsiendile suuremat toetust kui kõnniabivahend. Kuid VKKT vajab siiski füsioterapeudi poolset assisteerimist, et aidata kaasa hoofaasile ning pakkuda toetust toefaasis (Shin et al., 2021).

1.2.1. Robot-assisteeritud kõnnitreening

Terapeutide füüsilise koormuse vähendamiseks ning treeningu efektiivsemaks muutmiseks hakati neuroloogiliste patsientidega kasutama robot-assisteeritud kõnnitreeningut (edaspidi RAKT) (Yang et al., 2022). RAKT annab võimaluse säilitada korrektne füsioloogiline kõnnimuster ning suurendada treeningu kestust ja intensiivsust (Nam et al., 2017). 30-minutilise treeningu jooksul läbib patsient hinnanguliselt 1000 sammu, mis on kümme korda rohkem kui tavapärasel kõnnitreeningul (Alashram et al., 2021).

Algselt kasutati RAKTi neuroloogiliste kahjustuste akuutses ja subakuutses faasis, kuid viimastel aastatel on leitud, et positiivseid tulemusi on näha ka kroonilises faasis (Holanda et al., 2017). Krooniliseks staadiumiks loetakse aega kui vigastusest on möödunud vähemalt 1 aasta, sest selleks ajaks on neuraalne taastumine saavutanud teatud platoo (Gao et al., 2015). On leitud, et RAKT aitab kaasa lihastoonuse normaliseerimisele, funktsionaalse kõnni taastamisele ning kehalise aktiivsuse suurenemisele (Fang et al., 2020).

SAK patsientidel, kellel on vigastusest möödas vähem kui aasta, on RAKT ja VKKT näidanud kõnniparameetrite muutuses paremaid tulemusi kui traditsiooniline füsioteraapia ja kõnnitreening. Kroonilise SAKi puhul võib RAKT aidata kaasa kõnnidistantsi ja funktsionaalse

mobiilsuse suurenemisele (Midik et al., 2020). Kõnnikiiruse suurendamises ei ole VKKT ja RAKT näidanud paremaid tulemusi kui traditsiooniline füsioteraapia ja tavapärane kõnnitreening (Bae et al., 2021).

1.2.2. Erinevad robot-assisteeritud kõnnitreeningu seadmed

Taastusravis on kasutusel kahte tüüpi RAKT seadmed – lõpp-efektori tüüpi robot (ingl *end-effector type robot*) ja eksoskeleti tüüpi robot (ingl *exoskeletal type robot*). Eksoskeleti tüüpi robot kinnitub puusa-, põlve- ja hüppeliigese külge ning ühendab neid. Lõpp-efektori tüüpi robot kinnitub jalaplaadi abil labajala külge, mis võimaldab põlve- ja puusaliigeste vaba liikumist, mis omakorda lisab treeningule ka tasakaalutreeningu elemente. Selline treening võib aidata kaasa posturaalse kontrolli ja sensoorse integratsiooni suurendamisele (Shin et al., 2021).

Hetkel on RAKTis seadmetest kasutusel Lokomat (vt Joonis 1), G-EO systemTM, Walkbot ning ReoAmbulatorTM (Aguirre-Güemez et al., 2019). Antud seadmetest on kliinilises rehabilitatsioonis kõige laialdasemalt kasutusel Lokomat (Hocoma, Šveits), mis on eksoskeleti tüüpi robot (Hwang et al., 2017). Eestis kasutatakse Lokomat kõnnirobotit Haapsalus, Tallinnas ja Tartus (Tartu Ülikooli Kliinikum, 2019).



Joonis 1. Kõnnirobot Lokomat.

1.2.3. Kõnnirobot Lokomat

Seadet tutvustati esimest korda aastal 2003. Antud seadme juurde kuulub kõnnilint, vest, mille abil on võimalik kontrollida keharaskuse kandmist kõnnilindile ning kaks robootilist jalaortoosi, mis kinnitatakse patsiendi alajäsemete külge. Lisaks on seadmel monitor, mis pakub treeningu ajal biotagasisidet nii patsiendile kui ka terapeutile. Treeningu ajal saab muuta kõndimise kiirust, keharaskuse vähendamise ning liigutuse assisteerimise määra, mis annavad võimaluse treeningut patsiendi jaoks aja jooksul väljakutsuvamaks muuta (Hwang et al., 2017).

RAKT limiteerivate faktoritena on eelnevates uuringutes välja toodud ebanormaalse sensoorse stiimuli olemasolu, mille toob kaasa patsiendi kinnitamiseks kasutatavate rihmade kasutamine. Lisaks toimuvad alajäsemete liigutused ainult sagitaaltasapinnas, esinevad passiivselt algatatud liigutused, on vähenenud keharaskuse ülekande mehhanism ning vähenenud on liigutused kehatüves ja vaagnavöötmes (Bae et al., 2021).

Alashram et al (2021) avaldasid ülevaateartikli, kus analüüsiti 15 uuringut, mis võrdlesid RAKTi ja traditsioonilist kõnnitreeningut. Uuringute läbiviimise aeg jäi vahemikku 2011-2019a. Uuritavate AIS tulemus oli enamasti vahemikus C-D, kuid oli ka kolm uuringut, mis kaasas AIS B ja üks uuring, mis kaasas AIS A. Uuritavate vanusevahemik oli keskmiselt 32-59a ning meeste osakaal oli umbkaudu poole võrra suurem. Vigastusest möödunud aja kriteerium jagunes uuringutes vastavalt: seitsmes uuringus kaasati ainult uuritavad, kellel oli vigastusest möödas vähem kui kuus kuud ning kaheksas uuringus kaasati ainult uuritavad, kellel oli vigastustest möödas rohkem kui 12 kuud. Uuringu kestuseks oli 2-12 nädalat (keskmiselt 4-6 nädalat), kuid ühes uuringus oli kestuseks 6 kuud. Antud artiklis on välja toodud erinevate uuringute ühe treeningu kestus, mis oli 30-60 minutit ning treeningute arv nädalas, mis oli 2-5 korda nädalas. Sekkumiste järgselt mõõdeti erinevates uuringutes kõnnikiirust, alajäsemete lihasjõudu ja spastilisust. Autorid leidsid, et RAKT võib mõjutada kõnnikiiruse paranemist, kuid ei leitud, et RAKT oleks eelistatum kui tavapärane kõnnitreening. Lisaks leidsid autorid, et RAKT omab positiivset efekti kõnnidistantsile, alajäsemete lihasjõule ja liigesliikuvusele. Spastilisuse osas ei olnud tulemused statistiliselt olulised. Autorid lisavad, et parimaid tulemusi on leitud gruppides, kus patsiendid osalevad nii RAKTis kui traditsioonilises füsioteraapias.

Yang et al (2022) avaldasid samuti ülevaateartikli, kus võrreldakse erinevaid kõnnitreeningute vorme. Ülevaateartikkel kajastab uuringuid, kus võrreldakse traditsioonilise füsioteraapia (sealhulgas kõnnitreening) ja RAKTi mõju SAK patsientidele. Uuringuid on kokku

11 ning neli uuringut nendest kattuvad Alashram et al (2021) ülevaateartikliga. Uuringud on läbi viidud viimase 10 aasta jooksul (2012-2022a) SAK patsientidega, kelle AIS tulemus jääb valdavalt C-D vahemikku, kuid 2 uuringut on kaasanud ka A-B vahemiku. Uuringutes on vigastusest möödunud aeg laiaulatuslik, jäädes keskmiselt 3 kuust kuni 14 aastani, kusjuures seitsmes uuringus oli uuritavate vigastusest möödunud aeg alla kuue kuu. Uuritavate vanus jääb vahemikku 20-70 eluaastat ning meeste osakaal on võrreldes naistega umbes poole võrra suurem. Uuringu kestuseks on enamasti 4-8 nädalat, kuid mõnes uuringus ka 12 nädalat ja ühes uuringus kuus kuud. Uuringu järgselt on mõõdetud uuritavate alajäsemete mootorset skoori, 6 minuti või 10 meetri kõnnitesti tulemust ning kõnniindeksit. Autorid leidsid, et RAKT andis võrreldes traditsioonilise kõnnitreenguga positiivsemaid tulemusi ning uuritavatel paranes alajäsemete motoorne skoor, 6 minuti kõnnitesti ning 10 meetri kõnnitesti tulemus.

Viimastel aastatel on hakatud rohkem uurima RAKTi mõju SAK patsientidele, kuid vähe on uuritud optimaalset treeningute sagedust. Lisaks on enam kui pooltes siiani läbiviidud uuringutes uuritavate vigastusest möödunud aeg alla kuue kuu, kus neuroplastilisus võib saadud tulemusi oluliselt mõjutada.

2. MAGISTRITÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada välja, kuidas mõjutab erineva sagedusega RAKT Lokomatiil kroonilise SAKiga täiskasvanute igapäevast toimetulekut ja alajäsemete funktsionaalseid näitajaid.

Lähtuvalt töö eesmärgist püstitati järgmised uurimistöö ülesanded:

1. Hinnata, kuidas muutub kroonilise SAKiga täiskasvanute *L-Force* näitaja Lokomati treeningute järgselt.
2. Analüüsida, kuidas mõjutab Lokomati treeningute sagedus *L-Force* näitajat.
3. Hinnata, kuidas muutub kroonilise SAKiga täiskasvanute *L-Stiff* näitaja Lokomati treeningute järgselt.
4. Analüüsida, kuidas mõjutab Lokomati treeningute sagedus *L-Stiff* näitajat.
5. Hinnata, kuidas muutub kroonilise SAKiga täiskasvanute igapäevane toimetulek Lokomati treeningute järgselt, kasutades hindamiseks Funktsionaalse Sõltumatuse Skaalat (ingl *Functional Independence Measure*, edaspidi FIM).
6. Analüüsida, kuidas mõjutab Lokomati treeningute sagedus FIM tulemust.

3. UURIMISTÖÖ METOODIKA

3.1. Uuritavad

Uurimistöös osalesid mehed ja naised vanuses 24-60 eluaastat, kokku 12 uuritavat. Uuritavad valiti inimeste hulgast, kes tulid statsionaarsele taastusravile Haapsalu Neuroloogilise Rehabilitatsioonikeskusesse (edaspidi HNRK). Uuritavad jaotati kahte gruppi, kellest üks grupp moodustas eksperimentaalgrupi (edaspidi EG), kes osalesid 10-päevase raviperioodi jooksul 9 korda kõnniroboti treeningul (n=7) ning teine grupp moodustas kontrollgrupi (edaspidi KG), kes osalesid raviperioodi jooksul 5 korda kõnniroboti treeningul (n=5). Uuritavate funktsionaalseid näitajaid hinnati töö autori poolt esimese treeningu alguses ning viimase treeningu alguses, mistõttu suurema sagedusega grupi (EG) üheksas treening ning väiksema sagedusega grupi (KG) viies treening hindamistulemusi ei mõjutanud ja arvesse võeti vastavalt grupile kaheksa treeningut ja neli treeningut.

EGs olid kõik osalejad mehed ning KG grupis oli kolm naist ja kaks meest. Gruppidesse jagunemine otsustati koostöös HNRK SAK osakonna meeskonnaga ning tulenes patsiendi võimekusest taluda suurema sagedusega teraapiaid.

Uuringusse kaasamise kriteeriumiteks olid: vanus 18-60 eluaastat, traumaatiline või mittetraumaatiline seljaaju mittetäieliku läbilõike vigastus olenemata seljaaju piirkonnast (AIS B-E), krooniline vigastus ehk kahjustusest möödunud vähemalt 1 aasta (Kirshblum et al., 2021), näidustatud RAKTis osalemine ravimeeskonna poolt.

Välistamise kriteeriumiteks olid Lokomati treeninguga seonduvad vastunäidustused (Hocoma, 2023a): pikkus üle 200cm ja kaal üle 135kg, tõsised kognitiivsed häired (võimetus järgida juhiseid), lahtised haavad ja/või nahakahjustused piirkonnas, mis seadmega kokku puutuvad, luuline ebastabiilsus, ortostaatilisesest hüpotensioonist tingitud madal püstiasendi taluvus, süvaveenitromboos, fikseerunud kontraktuurid ning kui kõnnirobotit pole võimalik patsiendi alajäsemetele sobitada. Lisaks olid välistamise kriteeriumiteks seljaaju täieliku läbilõike vigastus (AIS A), ravimeeskonna poolt puuduv näidustus kõnniroboti treeninguks, akuutne vigastus ning lühem kui 10-päevane raviperiood.

Lisaks Lokomati treeningutele osalesid uuritavad vastavalt ravimeeskonna poolt määratud teenustel, mille hulka kuulusid füsioteraapia saalis, füsioteraapia vesikeskkonnas, füsioteraapia jõusaalis, massaaž, tegevusteraapia (sealhulgas tegevused ülajäsemetele robotilistel seadmetel), psühholoogi teenus ning füüsilise ravi protseduurid (sealhulgas impulssvool ning

vibroakustiline ravi). Uuritavate teenuste näidustatuse ja soovi üle otsustasid uuritav ning tema raviarst. Uuritavad osalesid olenemata grupist igapäevaselt keskmiselt kolmel kuni neljal teenusel. Mõlemas grupis oli 10-päevase raviperioodi keskmine füsioteraapia teenuste arv inimese kohta 9, jõusaali teraapiate arv 6-7 ning massaaži teenuste arv 6. Vesikeskkonna teraapiates osales kokku viis uuritavat, tegevusteraapias kuus uuritavat, psühholoogi teenusel üks uuritav, impulssvoolu sai kuus uuritavat ning vibroakustilist ravi kolm uuritavat. Kõikide teenuste osas oli jagunemine mõlema grupi osas võrdne ning ainus erinevus gruppide vaheliselt teenuste osas esines Lokomati treeningute arvus.

Uuritavaid iseloomustavad näitajad on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Uuritavaid iseloomustavad näitajad.

	Ekspérimentaalgrupp (n=7)	Kontrollgrupp (n=5)
Sugu M/N (%)	7/0 (100/0)	2/3 (40/60)
Vanus ± SD (a)	42,9 ± 11,2	37,6 ± 12,0
Vigastusest möödunud aeg ± SD (kuud)	57,6 ± 45,7	96,8 ± 104,6
Traumaatiline SAK (n %)	5 (71)	4 (80)
Vigastuse kõrgus		
tservikaal (n %)	3 (43)	3 (60)
torakaal (n %)	3 (43)	1 (20)
lumbaal (n %)	1 (14)	1 (20)
AIS (n %)		
B	0	1 (20)
C	3 (43)	2 (40)
D	4 (57)	2 (40)

3.2. Uuringu korraldus

Käesoleva magistritöö andmed on kogutud töö autori poolt ajavahemikus juuni-detsember 2022.aastal. Uuring viidi läbi HNRKs. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega (loa number 361/T-17, 9.05.2022). Uuringus osalemine oli vabatahtlik ning uuritavatele ei makstud uuringus osalemise eest rahalist tasu. Uuringus osalejad allkirjastasid enne

uuringu algust informeerimise ja teadliku nõusoleku lehe ning olid teadlikud, et neil on õigus uuringus osalemine katkestada.

Uuringu käigus viidi läbi kaks hindamist, mis sooritati kasutades kõnniroboti riistvara ja tarkvara. Lisaks viidi läbi hindamine funktsionaalse sõltumatuse väljaselgitamiseks kasutades FIMi. Antud hindamine viidi läbi raviperioodi esimese kolme päeva jooksul ning raviperioodi eelviimasel või viimasel päeval. Hindamist viis läbi töö autor koostöös vastava hindamismeetodi litsentsi omava füsioterapeudiga ning HNRK SAK osakonna ravimeeskonnaga.

Alghindamise ja lõpphindamise vahele jäi 10-päevase raviperioodi jooksul EGI 8 Lokomati treeningut ning KGI 4 Lokomati treeningut. Treeningu kestuseks oli 45 minutit, mille alla kuulus ka uuritava pealepanek Lokomatile ja Lokomatilt mahavõtmine, mis hinnanguliselt võtsid aega kuni 15 minutit. Uuringu läbiviija jälgis, et uuritava treeningu pikkus ehk kõnnitud aeg oleks igal treeningul 30 minutit.

Lokomati kõnniparameetrid, mida kõnnitreeningu läbiviija saab kõndimise eelselt ja ajal muuta on kõnni kiirus, BWS ning GF. BWSi puhul on tegemist osalise keharaskuse vähendamisega, see tähendab, et uuritava vest on kinnitatud nõõri külge, mis on ühendatud Lokomatiga ning see annab võimaluse kontrollida Lokomati tarkvaras protsendiliselt ja kilogrammiliselt kui palju uuritavat alla poole lastakse ehk kui palju keharaskust uuritava kogu keharaskusest kantakse alajäsemetele ja kõnnilindile. GF määrab kui palju Lokomati ortoosid juhivad uuritava alajäsemete liikumist kõnni ajal. Mida väiksem on GF seda rohkem lubavad ortoosid kõnnimustrisse varieeruvust (Hocoma, 2023b).

BWSi puhul lähtuti antud uuringus Lokomati poolt ettenähtud dünaamilisest vahemikust ehk uuritavat langetati vestiga nii palju allapoole, et oli näha, et uuritava alajäsemed puudutavad kõnnilinti ning Lokomati peal asetsev skaala on jõudnud dünaamilisse vahemikku, enamasti on BWS siis vahemikus 45-50%. GF määrati 100% peale ning see näitaja püsis kõnni ajal muutumatuna.

Kõnnilindi kiirus valiti vastavalt uuritava hinnangule, mis tema jaoks tundus mugav ja tavapärasele kõnnile omane. Terapeut reguleeris kõnni kiirust kui oli märgata, et kiiruse muutmine muudab kõnnimustrit korrektsemaks. Kiiruse vahemik Lokomati kõnnirobotil on 0,5-3,2 km/h (Hocoma, 2023b).

Antud seadistused on sarnased Fundaro et al (2018) poolt läbiviidud uuringule, kus BWS ja GF olid kõigil uuritavatel samad (vastavalt 50% ja 100%) ning kõnnilindi ja ortooside kiirus seadistati iga uuritava jaoks individuaalselt vastavalt iga uuritava individuaalsele eelistusele.

Käesoleva magistritöö läbiviimiseks kasutatud meetodikat kirjeldatakse täpsemalt alapeatükis 3.3. Töö autori roll seisnes hindamiste ja kõnniroboti teraapiate läbiviimises, andmete analüüsimises ning nende põhjal magistritöö koostamises. Patsientide valiku üle otsustas HNRK SAK osakonna meeskond.

3.3. Uurimistöö hindamismeetodid

3.3.1. Funktsionaalsete näitajate hindamine

Funktsionaalseid näitajaid hinnati esimese treeningu alguses enne kõnnitreeningu alustamist ning viimase treeningu alguses enne kõnnitreeningu alustamist. Hindamiseks kasutati kõnniroboti Lokomat riistvara ja tarkvara ning selle abil registreeriti *L-Force* ja *L-Stiff* tulemused ehk alajäsemete lihasjõud ja spastilisus.

Antud hindamine võttis hinnanguliselt aega kuni viis minutit ning hindamise ajal olid uuritava alajäsemed kinnitatud kõnniroboti ortooside külge, uuritav oli tõstetud vesti ja rihmade abil üles, et vältida keharaskuse kandmist alajäsemetele ning uuritava labajalad olid fikseerimata ehk asetsevad vabalt plantaarfleksioonis. Hindamist alustati spastilisuse hindamisest, mille jaoks toovad ortoosid uuritava puusaliigese 20° fleksiooni ning seejärel proovib uuritav maksimaalselt lõdvestuda ning Lokomati ortoosid hakkavad passiivselt kolme erineva kiirusega sooritama fleksiooni põlve- ja puusaliigeses. Iga liigutust sooritatakse kaks korda ning kahe tulemuse keskmine registreeritakse numbriliselt uuritava protokollis Lokomati tarkvaras. Vasakut ja paremat alajäset hinnatakse eraldi. Hindamise ühikuks on Nm/°. Liigutust sooritatakse puusaliigese puhul kuni 90° fleksioonini ja põlveliigese puhul kuni 120° fleksioonini. Esimese kiirusastmega liigub alajäse puusaliigese hindamisel 22,5°/s ja põlveliigese puhul 30°/s, teisel kiirusastmel vastavalt 45°/s ja 60°/s ning kolmandal kiirusastmel vastavalt 90°/s ja 120°/s. Liigutuste ajal registreerib Lokomati tarkvara uuritava alajäsemete poolt tekkivat vastupanu kõnniroboti ortooside liikumisele. Antud juhul mõõdab tarkvara liigeste jäikust, mis võib olla seotud patsiendi spastilisuse tasemega. Lihased, mille vastupanu ja seeläbi spastilisust mõõdetakse on puusa- ja põlveliigese painutaja- ja sirutajalihased. On leitud, et antud meetod on objektiivsem kui manuaalne spastilisuse testimine terapeudi poolt (Riener et al., 2004).

Pärast spastilisuse hindamist liiguti edasi lihasjõu hindamise juurde. Liigutuste sooritamine toimub alajäsemetes neutraalasendis, kuid uuritaval on võimalus jalaortooside liikuvuse piires alajäsemeid liigutada, vältimaks jõu genereerimise alustamist neutraalasendist, kus jõu genereerimine on raskendatud. Lihasjõu hindamine toimub Lokomati läbi jõumuundurite, mis asetsevad Lokomati robootilistes ortoosides ning registreerivad vastupanu, mida uuritav ortoosile avaldab (Lunenburger et al., 2005). Uuritav sooritab nelja erinevat liigutust: puusaliigese fleksiooni ja ekstensiooni ning põlveliigese fleksiooni ja ekstensiooni. Iga liigutust sooritatakse ühe korra ning vigade vältimiseks sooritas uuritav enne testimist ühe korra etteantud liigutuse rakendamata maksimaalset jõudu. Antud hindamise ajal ilmub uuritava ette ekraanile graafik, kus algus- ja lõpuosa on hallid ning keskmine osa valge. Terapeut selgitab uuritavale, millist liigutust peab sooritama ning seejärel selgitatakse, et graafik hakkab liikuma hallis alas ning kui jõuab valgesse alasse, siis peab uuritav maksimaalse jõuga sooritama ettenäidatud liigutust ning hoidma pingutust nii kaua kuni graafik jõuab uuesti halli alani. Pingutuse ajal näeb uuritav graafiku pealt visuaalselt pingutuse ulatust. Maksimaalne isomeetriline pingutus kestab 3 sekundit, millele eelneb 2-sekundiline ettevalmistus ja järgneb 2-sekundiline lõdvestus. Hindamist alustatakse parema alajäseme puusaliigese fleksioonist ja ekstensioonist, seejärel hinnatakse vasaku alajäseme puusaliigese fleksioon ja ekstensioon ning seejärel parema alajäseme põlveliigese fleksioon ja ekstensioon ning vasaku alajäseme põlveliigese fleksioon ja ekstensioon. Kõigi liigutuste vahele jäi 10-15 sekundiline paus, mille ajal terapeut näitas ette uue liigutuse ning veendus, et uuritav on liigutusest aru saanud. Hindamise ühikuks on Nm.

3.3.2. FIM hindamine

Patsiendi toimetulekut hinnates keskendutakse enesehügieenile, sfinkteri tööle, siirdumisele, lokomotoorsetele funktsioonidele, kommunikatsioonile, sotsiaalsele interaktsioonile ja kognitiivsele võimekusele. Toimetuleku hindamine sisaldab 18 hinnatavat valdkonda, milleks on: söömine, välimuse eest hoolitsemine, pesemine, ülakeha riietamine, alakeha riietamine, tualeti kasutamine, põiekontroll, soolekontroll, siirdumised voodilt toolile, siirdumine tualetis, siirdumine duši alla, liikumine (kõnd või ratastool), treppidel kõnd, arusaamisvõime, eneseväljendus, sotsiaalne interaktsioon, probleemide lahendamise oskus, mälu.

Hindamine toimub 7-punkti skaalal, kus 7=täielik sõltumatus, 6=osaline sõltumatus, 5=järelvalve/korralduslik abi, 4=minimaalne kontaktabi (vähem kui 25%), 3=mõõdukas abi (25-

50%), 2=maksimaalne abi (51-75%), 1=täielik abi. FIM hindamine toimub teraapiaperioodi alguses ja lõpus. Hindamist viivad läbi ravimeeskonna liikmed (füsioterapeut, tegevusterapeut, psühholoog, arst, õde, hooldaja), kellel on vastav litsents hindamise meetodi kasutamiseks.

3.4. Andmete statistiline analüüs

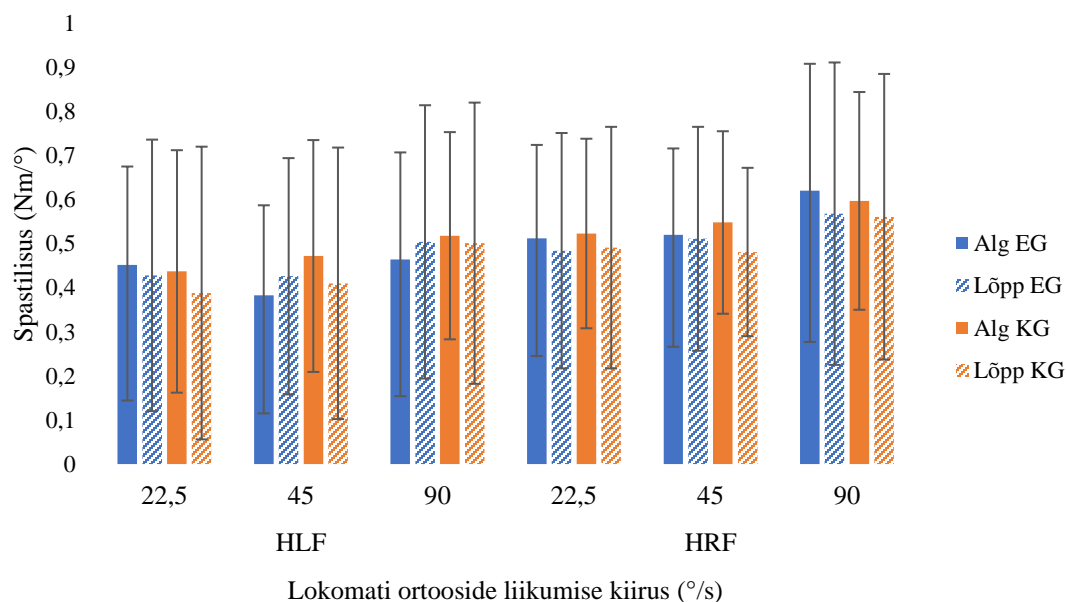
Uurimistöös andmete statistiliseks analüüsiks kasutati Microsoft Excel 2011 tabelarvutusprogrammi ning IBM SPSS Statistics programmi. Saadud parameetrite osas arvutati grupiseselt alg- ja lõppväärtuste aritmeetiline keskmine ning aritmeetilise keskmise standardhälve. Lisaks leiti alg- ja lõppväärtuste erinevus nii arvuliselt kui protsentuaalselt. Seejärel hinnati gruppide alg- ja lõppväärtuste vaheliste erinevuste statistilist olulisust. Andmete normaaljaotust hinnati Shapiro-Wilk testiga. Andmete normaaljaotuse korral kasutati gruppide siseselt alg- ja lõppväärtuste erinevuse olulisuse hindamiseks *Paired-Samples* t-testi ning gruppide vahelise alg- ja lõppväärtuste erinevuse olulisuse hindamiseks *Independent Samples* t-testi. Minimaalseks statistilise olulisuse nivooks seati $p < 0,05$.

4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

EG keskmine kõnnikiirus oli 1,9 km/h, GF oli 100% ning BWS oli keskmiselt 46,7%. KG keskmine kõnnikiirus oli samuti 1,9 km/h, GF väärtus oli 100% ning BWS oli keskmiselt 45,8%. Kõikides läbiviidud kõnnitreeningutes oli kõndimise aeg 30 minutit.

4.1. Spastilisus

Puusaliigese sirutajalihaste spastilisust mõõdetakse läbi puusaliigese fleksiooni. EG ja KG puusaliigese sirutajalihaste spastilisuse hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 2 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 2. EGs esines puusaliigese fleksioonil grupisiselt vasakul alajäsemel spastilisuse suurenemine 45°/s ja 90°/s juures. Vasakul alajäsemel 22,5°/s ning paremal alajäsemel kõigil kiirustel toimus grupi keskmist arvestades spastilisuse vähenemine. KGs esines nii vasakus kui paremas alajäsemes lõpphindamisel kõigi kiiruste puhul puusaliigese fleksioonil spastilisuse vähenemine võrreldes alghindamisega. EG ja KG alg- ja lõppväärtuste muutus grupisiselt ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$).

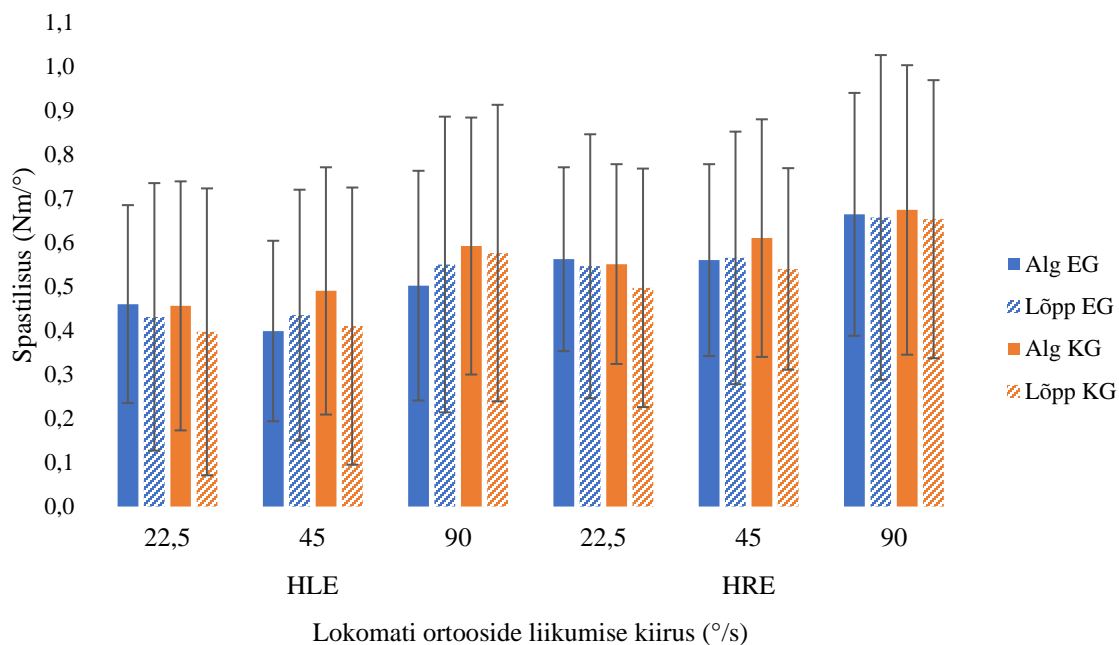


Joonis 2. Puusaliigese sirutajalihaste spastilisuse alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). HLF – *hip left flexion* (vasaku puusaliigese fleksioon), HRF – *hip right flexion* (parema puusaliigese fleksioon).

Tabel 2. Puusaliigese sirutajalihaste spastilisus.

		HLF			HRF		
Ortooside liikumise kiirus (°/s)		22,5	45	90	22,5	45	90
Grupi keskmine muutus (keskmine ± SD)	EG	-0,024 ± 0,232	0,043 ± 0,119	0,039 ± 0,124	-0,029 ± 0,122	-0,009 ± 0,137	-0,052 ± 0,125
	KG	-0,049 ± 0,107	-0,063 ± 0,145	-0,017 ± 0,105	-0,032 ± 0,149	-0,067 ± 0,120	-0,036 ± 0,117
keskmine % muutus	EG	-5,26	11,27	8,45	-5,62	-1,78	-8,31
	KG	-11,30	-13,30	-3,24	-6,05	-12,26	-5,96

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, HLF – *hip left flexion* (vasaku puusaliigese fleksioon), HRF – *hip right flexion* (parema puusaliigese fleksioon).



Joonis 3. Puusaliigese painutajalihaste spastilisuse alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). HLE – *hip left extension* (vasaku puusaliigese ekstensioon), HRE – *hip right extension* (parema puusaliigese ekstensioon).

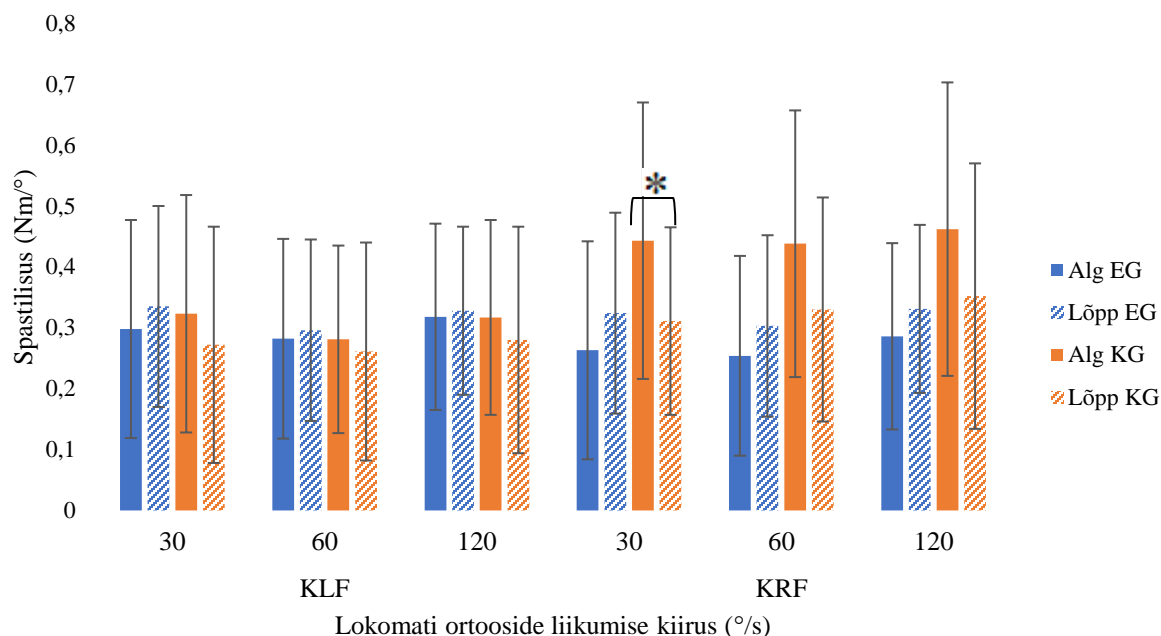
Tabel 3. Puusaliigese painutajalihaste spastilisus.

		HLE			HRE		
Ortooside liikumise kiirus (°/s)		22,5	45	90	22,5	45	90
Grupi keskmine muutus (keskmine ± SD)	EG	-0,028 ± 0,217	0,036 ± 0,133	0,048 ± 0,144	-0,015 ± 0,135	0,005 ± 0,135	-0,007 ± 0,149
	KG	-0,060 ± 0,114	-0,080 ± 0,155	-0,015 ± 0,108	-0,055 ± 0,148	-0,070 ± 0,120	-0,021 ± 0,110
keskmine % muutus	EG	-6,17	8,94	9,46	-2,69	0,85	-1,03
	KG	-13,06	-16,24	-2,60	-9,94	-11,51	-3,15

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, HLE - *hip left extension* (vasaku puusaliigese ekstensioon), HRE - *hip right extension* (parema puusaliigese ekstensioon)

Puusaliigese painutajalihaste spastilisust mõõdetakse läbi puusaliigese ekstensiooni. EG ja KG puusaliigese painutajalihaste spastilisuse hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 3 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 3. EGs suurenes puusaliigese ekstensioonil spastilisus vasaku alajäseme ekstensioonil nii 45°/s kui 90°/s juures ning parema alajäseme ekstensioonil 45°/s juures. Vasaku alajäseme puusaliigese ekstensioonil 22,5°/s juures ning parema alajäseme puusaliigese ekstensioonil 22,5°/s ja 90°/s juures esines spastilisuse vähenemine. KGs esines mõlemas alajäsemes kõigi kiiruste juures spastilisuse vähenemine. EG ja KG alg- ja lõppväärtuste muutus gruppisiseselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

Põlveliigese sirutajalihaste spastilisust mõõdetakse läbi põlveliigese fleksiooni. EG ja KG põlveliigese sirutajalihaste spastilisuse hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 4 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 4. EGs esines mõlemas alajäsemes kõigi kiiruste puhul spastilisuse suurenemine ning KGs esines mõlemas alajäsemes kõigi kiiruste puhul spastilisuse vähenemine. KGs esines alg- ja lõppväärtuste vahel statistiliselt oluline erinevus parema põlveliigese fleksioonil kiirusega 30°/s ($p=0,038$). EGs alg- ja lõppväärtuste vahel statistilist olulisust ei esinenud ($p>0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

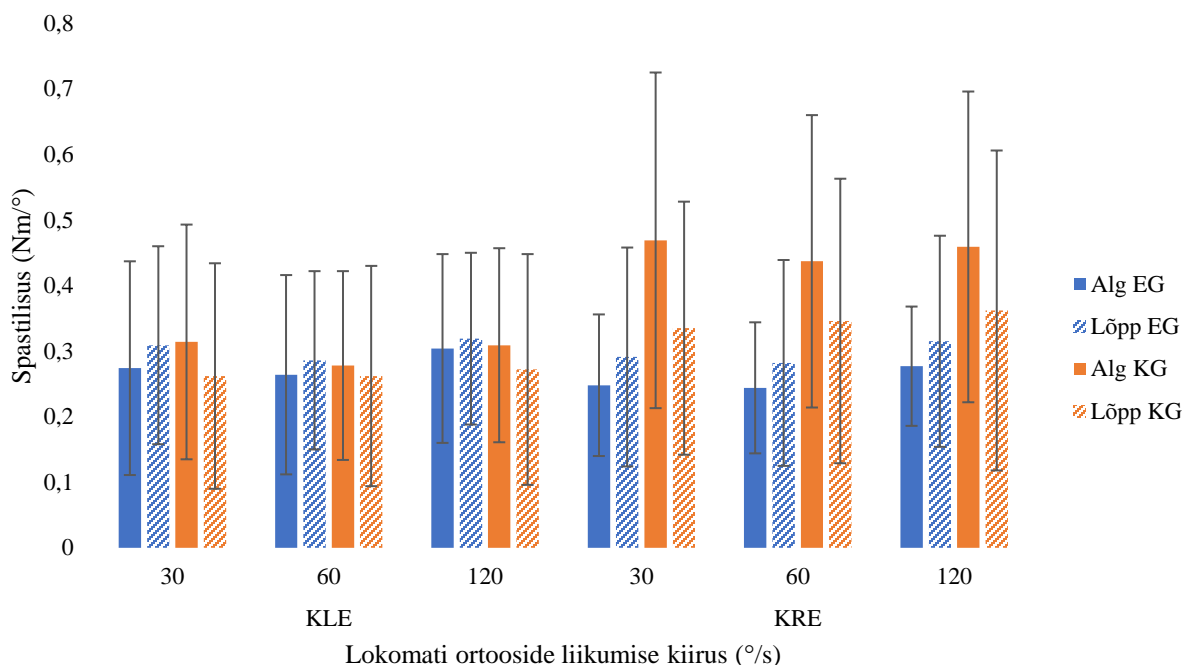


Joonis 4. Põlveliigese sirutajalihaste spastilisuse alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). KLF – *knee left flexion* (vasaku põlveliigese fleksioon), KRF – *knee right flexion* (parema põlveliigese fleksioon). * - $p < 0,05$.

Tabel 4. Põlveliigese sirutajalihaste spastilisus.

		KLF			KRF		
Ortooside liikumise kiirus (°/s)		30	60	120	30	60	120
Grupi keskmine muutus (keskmine ± SD)	EG	0,038 ± 0,121	0,015 ± 0,111	0,011 ± 0,103	0,060 ± 0,136	0,049 ± 0,128	0,045 ± 0,119
	KG	-0,051 ± 0,143	-0,020 ± 0,109	-0,038 ± 0,111	-0,132 ± 0,097	-0,108 ± 0,103	-0,111 ± 0,115
keskmine % muutus	EG	12,60	5,15	3,31	22,95	19,33	15,75
	KG	-15,91	-7,06	-11,85	-29,71	-24,68	-23,92

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, KLF - *knee left flexion* (vasaku põlveliigese fleksioon), KRF - *knee right flexion* (parema põlveliigese fleksioon)



Joonis 5. Põlveliigese painutajalihaste spastilisuse alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). KLE – *knee left extension* (vasaku põlveliigese ekstensioon), KRE – *knee right extension* (parema põlveliigese ekstensioon).

Tabel 5. Põlveliigese painutajalihaste spastilisus.

		KLE			KRE			
Ortooside liikumise kiirus (°/s)		30	60	120	30	60	120	
Grupi keskmine muutus (keskmine ± SD)	EG	0,035 ± 0,111	0,022 ± 0,108	0,015 ± 0,104	0,043 ± 0,119	0,038 ± 0,114	0,039 ± 0,110	
	KG	-0,051 ± 0,124	-0,016 ± 0,110	-0,037 ± 0,113	-0,134 ± 0,148	-0,090 ± 0,114	-0,097 ± 0,130	
keskmine % muutus		EG	12,87	8,32	5,03	17,48	15,41	13,96
		KG	-16,38	-5,76	-12,09	-28,49	-20,71	-21,05

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, KLE - *knee left extension* (vasaku põlveliigese ekstensioon), KRE - *knee right extension* (parema põlveliigese ekstensioon)

Põlveliigese painutajalihaste spastilisust mõõdetakse läbi põlveliigese ekstensiooni. EG ja KG põlveliigese painutajalihaste spastilisuse hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 5 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 5. EGs esines mõlemas alajäsemes kõigi kiiruste puhul ekstensiooni ajal spastilisuse suurenemine ning KGs esines mõlemas alajäsemes kõigi kiiruste puhul ekstensiooni ajal spastilisuse vähenemine. EG ja KG alg- ja lõppväärtuste muutus grupisiseselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

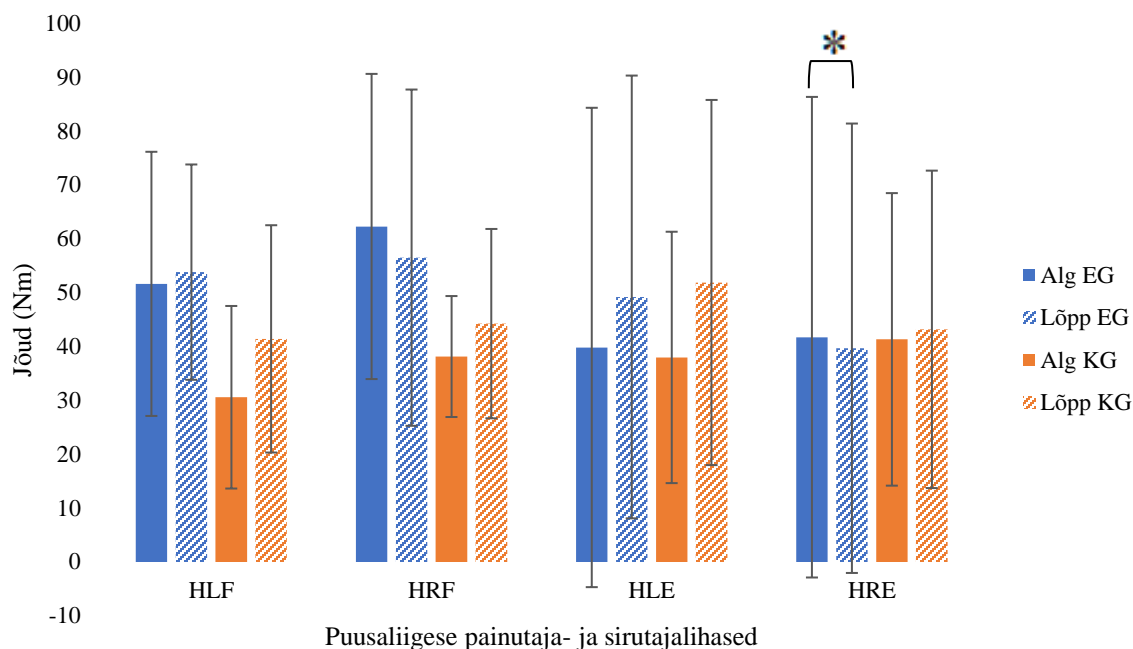
Grupisiseselt esines uuritavatel mõlemas grupis nii spastilisuse suurenemist kui vähenemist ning oli uuritavaid, kellel spastilisus vähenes või suurenes kõigi kiiruste juures ning nii puusaliigese ja/või põlveliigese fleksiooni kui ka ekstensiooni juures ning uuritavaid, kellel esines spastilisuse suurenemist või vähenemist vaid üksikutes hindamise osades.

4.2. Lihasjõud

EG ja KG puusaliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 6 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 6. EGs esines vasaku alajäseme puhul nii puusaliigese painutaja- kui sirutajalihaste puhul jõu suurenemine ning paremal alajäsemel jõu vähenemine. EG parema puusaliigese sirutajalihaste jõu vähenemine oli statistiliselt oluline ($p=0,041$). KGs esines mõlemas alajäsemes nii painutaja- kui sirutajalihastes jõu suurenemine. KGs alg- ja lõppväärtuste muutuse osas statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ($p>0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

EG ja KG põlveliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu hindamise alg- ja lõppväärtused on toodud joonisel 7 ning gruppide keskmine muutus on toodud tabelis 7. Nii EGs kui KGs esines põlveliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu suurenemine. KGs esines põlveliigese sirutajalihaste jõu alg- ja lõppväärtuste muutuse osas statistiliselt oluline erinevus ($p=0,046$). EGs alg- ja lõppväärtuste muutuse osas statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ($p>0,05$). EG ja KG alg- ja lõppväärtuste erinevus gruppide vaheliselt ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

Sarnaselt spastilisusele oli grupisene varieeruvus suur ning nii EGs kui KGs oli uuritavaid, kelle lihasjõud suurenes lõpphindamisel ning uuritavaid, kelle lihasjõud vähenes ning seda nii üksikutes lihasgruppides kui kõikides hinnatavates lihasgruppides.

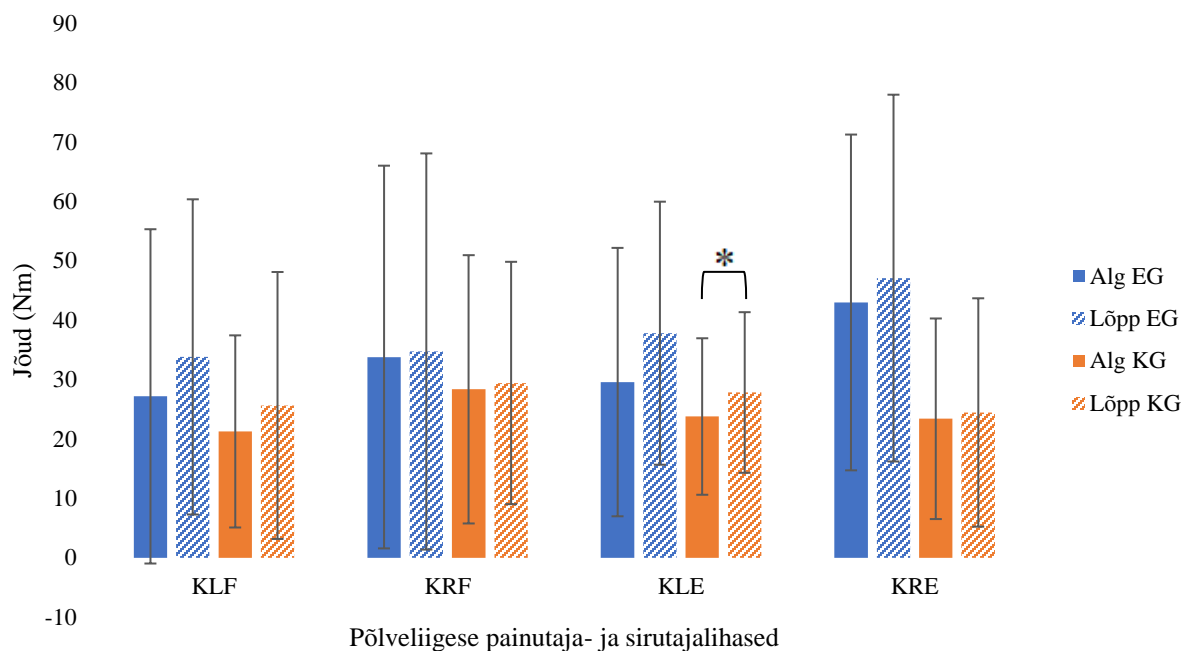


Joonis 6. Puusaliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). HLF – *hip left flexion* (vasaku puusaliigese fleksioon), HRF – *hip right flexion* (parema puusaliigese fleksioon), HLE – *hip left extension* (vasaku puusaliigese ekstensioon), HRE – *hip right extension* (parema puusaliigese ekstensioon). * - $p < 0,05$.

Tabel 6. Puusaliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõud.

		HLF	HRF	HLE	HRE
Grupi keskmine muutus (keskmine \pm SD)	EG	2,179 \pm	-5,788 \pm	9,377 \pm	-2,053 \pm
		13,653	20,627	14,466	7,203
	KG	10,84 \pm	6,11 \pm	13,909 \pm	1,864 \pm
		13,338	8,468	18,237	3,996
keskmine % muutus	EG	4,22	-9,29	23,55	-4,92
	KG	35,46	16,02	36,64	4,51

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, HLF – *hip left flexion* (vasaku puusaliigese fleksioon), HRF – *hip right flexion* (parema puusaliigese fleksioon), HLE - *hip left extension* (vasaku puusaliigese ekstensioon), HRE - *hip right extension* (parema puusaliigese ekstensioon)



Joonis 7. Põlveliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu alg- ja lõppväärtused eksperimentaalgrupis (EG) ja kontrollgrupis (KG). KLF – *knee left flexion* (vasaku põlveliigese fleksioon), KRF – *knee right flexion* (parema põlveliigese fleksioon), KLE – *knee left extension* (vasaku põlveliigese ekstensioon), KRE – *knee right extension* (parema põlveliigese ekstensioon). * - $p < 0,05$.

Tabel 7. Põlveliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõud.

		KLF	KRF	KLE	KRE
Grupi keskmine muutus (keskmine \pm SD)	EG	6,646 \pm	0,936 \pm	8,231 \pm	4,104 \pm
		3,167	3,964	8,819	8,108
	KG	4,369 \pm	1,067 \pm	4,044 \pm	1,056 \pm
		10,017	4,308	3,166	3,019
keskmine % muutus	EG	24,45	2,77	27,82	9,54
	KG	20,53	3,76	16,996	4,51

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp, KLF – *knee left flexion* (vasaku põlveliigese fleksioon), KRF – *knee right flexion* (parema põlveliigese fleksioon), KLE - *knee left extension* (vasaku põlveliigese ekstensioon), KRE - *knee right extension* (parema põlveliigese ekstensioon)

4.3. FIM skoor

EG ja KG FIMi tulemused on toodud tabelis 8. Alg- ja lõpphindamisel esines FIM skoori erinevus ainult ühel EG uuritaval, kelle tulemus paranes võrreldes alghindamisega 14 punkti võrra. Paranenud valdkondadeks olid pesemine, mis paranes 5 punkti võrra, vanni või duši alla siirdumine, mis paranes 5 punkti võrra ning treppidel kõnd, mis paranes 4 punkti võrra. Alghindamisel olid antud valdkonnad hinnatud hindega “1”, sest esimese kolme päeva jooksul ei olnud uuritav antud oskusi demonstreerinud ning seega määratakse madalaim sooritustase.

EG keskmine FIM skoor oli alghindamisel 118 punkti ja lõpphindamisel 120 punkti ning KG keskmine FIM skoor oli nii alg- kui lõpphindamisel 115 punkti. FIM skoori põhjal on mõlema grupi keskmine iseseisva toimetuleku tase sarnane. Gruppide alg- ja lõppväärtuste muutus ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

Tabel 8. Funktsionaalse Sõltumatuse Skaala.

EG			muutus	KG			muutus
1	enne	116	0	1	enne	116	0
	pärast	116			pärast	116	
2	enne	112	0	2	enne	118	0
	pärast	112			pärast	118	
3	enne	121	0	3	enne	110	0
	pärast	121			pärast	110	
4	enne	124	0	4	enne	121	0
	pärast	124			pärast	121	
5	enne	101	14	5	enne	110	0
	pärast	115			pärast	110	
6	enne	125	0	keskmine	enne	115	0
	pärast	125			pärast	115	
7	enne	125	0	X	enne	x	X
	pärast	125			pärast	x	
keskmine	enne	118	2	X	enne	x	X
	pärast	120			pärast	x	

EG – eksperimentaalgrupp, KG – kontrollgrupp

5. ARUTELU

Iga-aastaselt lisandub maailmas kuni 500 000 uut SAK juhtumit (Khorasanizadeh et al., 2019). SAK tagajärgedeks võivad kõnniga seotud häirete, sensoorse düsfunktsiooni ning autonoomsete häirete kõrval olla vähenenud lihasjõud, spastilisus ja vähenenud iseseisev toimetulek (Fang et al., 2020).

Kõndimine on kompleksne oskus, mille jaoks on vajalik staatiline ja dünaamiline tasakaal, jäsemete koordinatsioon ning lihasjõud ja vastupidavus. Funktsionaalse, turvalise ja efektiivse kõnnifunktsiooni saavutamiseks on olulise tähtsusega mittetäieliku SAKi järgselt (Sinovas-Alonso et al., 2021). Kõnnifunktsiooni arendamiseks kasutatakse kõnnitreeningut, mis võib kutsuda esile haaratud lokomotoorsete keskuste plastilisust seljaajus (Yildirim et al., 2019).

Selleks, et läbi viia intensiivset ja kõrge korduste arvuga kõnnitreeningut, mis ühtlasi vähendaks terapeutide füüsilist koormust töötati välja RAKT (Yang et al., 2022). RAKT seadmetest on enim uuritud Lokomat kõnnirobotit, mida kasutati ka käesoleva uuringu läbiviimiseks. Viimaste aastate jooksul on RAKTi mõju SAK patsientidele uuritud aina enam, kuid optimaalne treeningute sagedus on välja selgitamata (Bae et al., 2021). Lisaks on vähem uuritud kroonilise faasi SAK patsiente. Käesolev magistr töö täiendab antud valdkonda.

5.1. RAKTi mõju spastilisusele

Tulemustest selgus, et suurema treeningute sagedusega grupil ehk EG1, kes läbisid 10-päevase raviperioodi jooksul kaheksa 30-minutilist kõnnitreeningut Lokomatil, esines grupisiselt muutuse osas suur varieeruvus. Osadel uuritavatel spastilisus mõnes hinnatavas valdkonnas suurenes ning teistel vähenes. EG grupisisene keskmine spastilisus suurenes puusaliigese painutaja- ja sirutajalihastes vasakul alajäsemel 45°/s ja 90°/s kiiruse juures, ent vähenes 22,5°/s kiiruse juures. Paremal alajäsemel esines puusaliigese painutajalihastes spastilisuse suurenemine 45°/s kiiruse juures, kuid parema alajäseme painutajalihastes teiste kiiruste juures ning sirutajalihastes kõigi kiiruste puhul esines spastilisuse vähenemine.

Spastilisuse esinemine võib olla sõltuv liigutuse kiirusest (Burrige et al., 2005). Spastilisuse vähenemine madalama kiiruse ning suurenemine kiirema kiiruse puhul võib viidata, et osaliselt on toimunud siiski spastilisuse vähenemine, mis väljendub madalama kiiruse puhul, kuid vähenemine pole piisav, et väljenduda kiiremate kiiruste puhul.

KGs esines mõlemas alajäsemes nii puusaliigese painutaja- kui sirutajalihastes spastilisuse vähenemine. Tulemused gruppide alg- ja lõppväärtuste vahelises muutumises ei olnud statistiliselt olulised. Tulenevalt väiksest valimist võib EGs alajäsemete vahelise spastilisuse erinevuse põhjuseks olla ka asjaolu, et kahjustuse esinemine ning keha võimekus kahjustust kompenseerida on inimestel erinevad ning tihti esineb SAK patsientidel erinevus spastilisuses, lihasjõus ning ka tundlikkuses kehapoolte vahel. Antud uuringu puhul võib esineda olukord, kus ühte gruppi on sattunud mitu inimest, kellel üks kehapool erineb teisest ning seetõttu mõjutab see ka grupi keskmist tulemust.

Põlveliigese osas olid tulemused ühtsemad ning EGs suurenes spastilisus nii põlveliigese painutaja- kui sirutajalihastes mõlemas alajäsemes ning KGs esines antud lihasgruppide spastilisuse vähenemine. KG alg- ja lõppväärtuste vahel esines statistiliselt oluline erinevus parema põlveliigese fleksioonil kiirusega 30°/s, mis näitab parema põlveliigese sirutajalihaste spastilisuse vähenemist.

EG treeningute protokoll on varasemalt läbiviidud uuringutelt sarnane Alcobendas-Maestro et al (2012) poolt läbiviidud uuringule, kus uuritavateks olid AIS C-D mittetäieliku läbilõike SAK patsiendid, kes osalesid 6 nädala jooksul 5 korda nädalas 30-minutilisel kõnnitreeningul. Spastilisust hinnati antud uuringus Ashworthi skaala abil. RAKTi järgselt spastilisuses muutusi ei esinenud. Antud uuringut on aga siiski keeruline võrrelda käesoleva magistritöö uuringuga, sest Alcobendas-Maestro et al (2012) kaasasid oma uuringusse uuritavad, kellel oli vigastusest möödunud 3-6 kuud, mis ei ole võrreldav kroonilise faasiga (möödunud vähemalt 1 aasta), sest akuutses faasis võib paranemist mõjutada neuraalne taastumine (Gao et al., 2015).

KG treeningute protokoll on sarnane Dufell et al (2014) poolt läbiviidud uuringule, kus uuritavateks olid AIS C-D kroonilise mittetäieliku läbilõike SAK patsiendid, kes osalesid 4 nädala vältel 3 korda nädalas 30-45 minutilisel kõnnitreeningul. Dufell et al (2014) RAKTi järgselt spastilisuses statistiliselt olulisi muutusi ei täheldanud. Antud uuringus hinnati spastilisuse muutust läbi erinevate funktsionaalsete kõnnitesti ning eraldi spastilisuse väärtusi ei tuvastatud. Tulenevalt kõnni kompleksusest on keeruline eristada ainult spastilisuse osakaalu läbi kõnnitesti ning seetõttu on mainitud uuringut keeruline võrrelda käesoleva magistritöö uuringuga, kus spastilisust mõõdeti kõnnist eraldiseisvalt.

Nam et al (2017) poolt läbi viidud süstemaatilises ülevaate uuringus vaadeldi 10 erinevat uuringut, kuid nende seas ei olnud ühtegi uuringut, mis oleks käsitletud spastilisuse muutust SAKi

kroonilises faasis. Fang et al (2020) poolt läbiviidud metaanalüüsis vaadeldi samuti 10 erinevat uuringut, kus spastilisuse hindamise kriteeriumitele vastas 6 uuringut, millest 4 uuringut ei leidnud RAKTi järgselt spastilisuses statistiliselt olulist erinevust ning 2 uuringut leidsid statistiliselt olulise erinevuse. Uuringutes kasutati Ashworth'i või kohandatud Ashworth'i skaalat, kuid hindamine 6 uuringu vahel ei olnud ühtne, sest hinnati erinevaid kehapiirkondi. Uuringu kestus varieerus 4 nädalast kuni 12 nädalani ning sagedus 3 korrast kuni 5 korrani nädalas. Käesoleva magistr töö autori hinnangul on spastilisuse hindamine Ashworth'i skaala abil subjektiivne ning tulenevalt asjaolust, et erinevates uuringutes on hinnatud erinevaid kehapiirkondi ja lihasgruppe ning kasutatud sama skaala erinevaid mudeleid, siis ei ole tulemused võrreldavad ei omavahel ega ka antud magistr töö uuringuga.

Magistr töö autoril ei õnnestunud leida ühtegi uuringut, mis oleks SAK patsientidel spastilisuse mõõtmiseks kasutanud Lokomati tarkvara ja riistvara. Võrreldes antud magistr töö tulemusi eelnevate uuringutega võib väita, et RAKT võib vähendada spastilisust, kuid siiani ei ole suurem osa uuringuid spastilisuse muutuses statistiliselt olulist muutust täheldanud. Spastilisuse vähenemise põhjuseks võib olla rütmilise passiivse liikumise mõju. Lisaks võib spastilisust mõjutada korduva liigutuse mõju elastsuse suurenemisele (Fang et al., 2020). Antud magistr töö tulemusi arvestades on spastilisuse vähenemise osas eelistatud RAKTi sagedus 3 korda nädalas, kuigi grupisiselt esines mõlemas grupis individuaalsete tulemuste osas varieeruvust.

Siiski on antud magistr töös keeruline spastilisuse kohta teha järeldusi, sest spastilisus võib sõltuda paljudest erinevatest faktoritest. Näiteks viidi alghindamist enamasti läbi päeva teises pooles ning arvestada tuleb, et enamasti oli tegemist uuritavate esimese ravipäevaga, mistõttu enamik uuritavatest olid päeva esimeses pooles sõitnud mitu tundi autos, mis mitme uuritava sõnul nende hinnangul spastilisust suurendas. Lisaks olid uuritavad osaliselt ka spastilisust vähendavate ravimite peal. Lisaks puudus magistr töö autoril piisav kontroll uuritavate teiste saadavate teenuste osas ning hindamise eelselt olid osad uuritavad osalenud massaažiteraapias ja vesiteraapias, mis võivad spastilisust vähendada ning vastupidiselt olid osad uuritavad osalenud vahetult enne hindamist jõusaali treeningutes või füsioterapias, mis võisid spastilisust lühiajaliselt tõsta.

5.2. RAKTi mõju lihasjõule

Tulemustest selgus, et EGs esines vasakul alajäsemel nii puusaliigese painutaja- kui ka sirutajalihastes RAKTi järgselt jõu suurenemine ning paremal alajäsemel jõu vähenemine, mis

sirutajalihaste osas oli statistiliselt oluline. Põlveliigese osas esines EGs nii vasakul kui paremal alajäsemel painutaja- ja sirutajalihaste jõu suurenemine. KGs esines mõlemal alajäsemel nii põlveliigese kui puusaliigese painutaja- ja sirutajalihaste jõu suurenemine, mis oli statistiliselt oluline vasaku põlveliigese sirutajalihaste alg- ja lõppväärtuste vahel.

Midik et al (2020) viisid läbi uuringu mittetäieliku läbilõikega traumaatilise SAK patsientidega, kelle AIS jäi vahemikku C-D, vigastusest möödunud aeg oli vähemalt 3 kuud ning kes said 5 nädala jooksul RAKTi 3 korda nädalas. Sarnaste parameetritega uuringu viisid läbi ka Shin et al (2014), kus kaasati AIS D, vigastusest möödunud aeg oli alla 6 kuu ning uuritavad osalesid 4 nädala jooksul RAKTis 3 korda nädalas. Uuringutes osalenud kontrollgrupi uuritavad osalesid mõlemas uuringus RAKTi asemel tavapärasel füsioteraapias. Uuringu lõppedes oli suurenenud mõlemas grupis alajäsemete lihasjõud, kuid RAKT grupi ja tavapärase füsioteraapia grupi vaheline erinevus ei olnud statistiliselt oluline. Mõlemad uuringud kaasasid akuutsed SAK patsiendid. Tuginedes antud uuringutele on käesolevas magistritöös lihasjõu suurenemist ilmselt mõjutanud ka tavapärasel füsioteraapias osalemine.

Alcobendas-Maestro et al (2012) leidsid 6 nädalase 5 korda nädalas RAKT treeningute järgselt alajäsemete lihasjõu statistiliselt olulise muutuse võrreldes tavapärase füsioteraapiaga, kuid jällegi oli kaasatud vaid akuutseid SAK patsiente. Alajäsemete lihasjõu suurenemise põhjuseks võib olla keharaskuse kandmine alajäsemetele ning lihasaktiivsuse suurenemine treeningu ajal (Fang et al., 2020). Antud uuringute võrdlemine käesoleva magistritööga on raskendatud akuutsete patsientide kaasamise tõttu, kuid nendest uuringutest selgub, et akuutses faasis võib RAKTi suurem sagedus tuua kaasa lihasjõu ulatuslikuma suurenemise.

Kroonilise SAK patsientide alajäsemete lihasjõudu RAKTi järgselt on uurinud Field-Fote & Roach (2011), Labruyere & van Hedel (2014) ning Piira et al (2019). Kõik uuringud käsitlesid AIS C-D patsiente ning nende kestus oli vastavalt 60 minutit 5 korda nädalas 12 nädala jooksul, 45 minutit 4 korda nädalas 4 nädala jooksul ning 30 minutit 3 korda nädalas 6 kuu jooksul. Antud uuringutes ei olnud alajäsemete lihasjõus statistiliselt olulist erinevust. Antud uuringutest järeldub, et krooniliste SAK patsientide puhul ei ole lihasjõu suurenemine ainult RAKTi järgselt piisava statistilise olulisusega. Põhjuseks võib olla saavutatud motoorne platoo, mistõttu ei mõjuta lihasjõu suurenemist ei sagedus ega ka uuringu kestus. Antud magistritöö uuringus esines küll lihasjõu suurenemist, kuid seda võis mõjutada ka teiste saadud teraapiate arv ja sagedus ning statistiliselt oluline muutus esines ainult KG vasaku alajäseme põlveliigese sirutajalihastes.

Hwang et al (2017) toovad oma uuringus välja, et vanus, vigastusest möödunud aeg ning AIS tulemus mõjutavad oluliselt kõnni paranemise võimekust ning alajäsemete lihasjõudu. Tulemused on enamasti ulatuslikumad uuritavatel, kes on nooremad ning kelle vigastusest möödunud aeg on lühem. Lisaks on leitud, et AIS tulemus võib tulemusi mõjutada ning AIS D grupp saavutab paremaid tulemusi kui AIS C grupp, mille põhjenduseks võib olla AIS C grupi vähenenud kehatüve kontroll.

Antud magistritöös oli uuringusse kaasatud 5 uuritavat AIS C-ga, 1 uuritav oli klassifitseeritud AIS B-na ning 6 uuritavat olid AIS D kategoorias. Gruppide siseselt oli AIS C ja AIS D protsentuaalne osakaal KGs võrdne ning EGs oli üks uuritav AIS D grupis rohkem kui AIS C grupis ning ainus AIS B uuritav oli KGs. AIS tulemus võis mõjutada alajäsemete lihasjõu tulemusi, kuid erinevalt Hwang et al (2017) uuringule esines käesolevas uuringus alajäsemete lihasjõu suurenemist enam KGs, kus oli uuringu ainus AIS B uuritav ning kus oli protsentuaalselt vähem AIS D uuritavaid.

Sarnaselt spastilisusele ei leidnud magistritöö autor teisi uuringuid, kus alajäsemete lihasjõu hindamiseks oleks SAK patsientidel kasutatud Lokomati tarkvara ja riistvara. Valdav enamus uuringuid kasutab alajäsemete lihasjõu hindamiseks alajäsemete mootorset skoori (ingl *Lower Extremity Motor Score*).

Ganguly et al (2021) on arutlenud spastilisuse ja lihasjõu suhte osas. Nad toovad välja, et hiljutistes uuringutes on leitud, et antagonist lihaste ko-kontraktsioon ning jäik rüht ja kõnd võivad olla kohandused selleks, et stabiliseerida liigest ning säilitada püstist asendit olukorras, kus lihasjõud on vähenenud. Spastilised liigutusmustrid võivad tekkida sensoorse süsteemi ebatäpsest liigutuste tõlgendamisest, mis muudab patsiendi jaoks liigutuse sooritamise keeruliseks. Ko-kontraktsioon liigese ümbruses võib olla strateegia, et vähendada mittesooitud liigutusi ning stabiliseerida liigutust nii palju kui võimalik. Seega võib spastilisus olla lihasjõu vähenemise kompensatoorne mehhanism.

Käesolevas magistritöös esines EGs puusa- ja põlveliigese osas spastilisuse suurenemine samades lihasgruppides, kus esines ka lihasjõu näitajates suurenemine, mis võib viidata sellele, et kuna spastilisus muudab liigutuse sooritamise keerukamaks ning seetõttu esineb suurem ko-kontraktsioon lihastes, siis on lihasjõu suurenenud näitajad tingitud pigem ko-kontraktsioonist ning spastilisusega koostöös tekkivast jõust ning tegelik lihasjõu suurenemine antud lihasgruppides võib olla väiksem kui hindamisega saadud näitajad. KGs esines nii puusa- kui

põlveliigese sirutaja- ja painutajalihastes spastilisuse vähenemine ning samade lihasgruppide lihasjõu suurenemine. Tuginedes eelnevale väitele võib siinkohal olla tegemist tõelise lihasjõu suurenemisega, sest liigutus on sooritatud isoleeritumalt spastilisusest. Kuid kuna tegemist on vaid 10-päevase treeningperioodiga, siis ei tulene lihasjõu suurenenud numbrid mitte kontraktilse aparraadi muutustest ja sealhulgas lihase struktuursetest muutustest, vaid suurenenud näitaja tuleneb neuraalsest adaptatsioonist (Del Vecchio et al., 2019).

Del Vecchio et al (2019) poolt läbiviidud uuringus analüüsiti treeningu mõju lihasjõu suurenemisele. Antud uuringus osalesid uuritavad 4 nädala jooksul 3 korda nädalas 30 minutilisel treeningul. Juba pärast esimesi treeninguid oli näha väheseid numbrilisi muutusi lihasjõu kasvus, kuid muutused kontraktilses aparraadis olid minimaalsed. Pärast 4 nädala pikkust treeningperioodi oli lihasjõud suurenenud ning ühtlasi oli vähenenud mootorsete ühikute kaasamise lävi ning suurenenud kaasatavate mootorsete ühikute arv. Seega on lühiajalise treeningu puhul lihasjõu suurenemine seotud neuraalse adaptatsiooniga. Käesoleva magistr töö autor nõustub antud uuringuga ning arvatavasti on suurenenud lihasjõu näitajad mõlemas grupis seotud neuraalse adaptatsiooni tagajärjel mootorsete ühikute suurenenud kaasamisega.

Selget seost spastilisuse ja lihasjõu vahel käesolevas magistr töö ei esinenud. Spastilisust ja lihasjõudu võisid mõjutada lisaks RAKTile ka teised teenused nagu füsioteraapia, jõusaali treening, massaaž ja vesiteraapia.

Van Kammen et al (2016) uurisid terveid inimesi, et selgitada välja, kas esineb seos Lokomati kõnniparameetrite ja lihasaktiivsiooni vahel. Autorid leidsid, et suurendades GFi ja BWSi väheneb treeningu ajal järgmiste lihaste aktiivsus - *m. erector spinae*, *m. gluteus medius*, *m. biceps femoris* ning *m. medial gastrocnemius*. Sellised tulemused näitavad, et GF ja BWS suurendamisega väheneb eelkõige stabiliseerivate lihaste aktiivsus, kuid *m. tibialis anteriori* ning *m. vastus lateralis* aktiivsuse taseme püsimine GF ja BWS muutmisel näitab, et keharaskuse ülekandefaas ning alajäseme eemaldamine aluspinnalt nõuavad endiselt lihasaktiivsust. Varasemalt on arvatud, et labajalgade fikseerimine rihmade abil RAKTi ajal vähendab dorsaalfleksorite (sealhulgas *m. tibialis anteriori*) aktiivsust. Autorid leidsid, et lihasaktiivsust on võimalik suurendada kui patsienti motiveerida robotiga liigutust kaasa tegema ning ühtlasi suureneb lihasaktiivsus biotagasisidemängude ajal.

Van Kammen et al (2016) uurisid ka RAKTi ajal esinevaid nii-öelda atüüpilisi lihasaktiivsusi ehk aktivatsiooni lihastes kõnnifaaside ajal, kus maapinnal kõndides

lihasaktiivsust ei esine. Antud fenomen võib tuleneda sellest, et RAKTi ajal on patsiendi liikuvus osaliselt rihmade tõttu piiratud. Autorid leidsid, et atüüpiline lihasaktivatsioon väheneb kui GFi suurendada. Kõige enam esines atüüpilist lihasaktivatsiooni kui kombineeritud olid madal GF ning aeglane kõnni kiirus. Atüüpilisus vähenes kui kõnni kiirus suurenes. Autorite sõnul on kõrge GF korral mõistlik vähendada BWSi.

Seega võib antud magistrیتöös kasutatud GF 100% ning BWS 45-50% mõjutada kõnnitreeningu aegset lihasaktivatsiooni. Maksimaalse GFi ning keskmise BWSi kasutamine võis tuginedes Van Kammen et al (2016) läbiviidud uuringule, vähendada eelkõige põlveliigese painutajalihaste ning puusaliigese sirutajalihaste aktiivsust kõnni ajal. Kuid kui analüüsida antud magistrیتöö gruppide tulemusi lihasjõu osas, siis ei esine gruppide keskmist arvestades selget seost ning nii puusa- kui põlveliigese painutajalihaste muutus on sarnane sirutajalihaste muutustele. Kõnni kiirus valiti kiireim, mille puhul ei esinenud kõrvalekaldeid kõnnimustris ning tulenevalt ka maksimaalsest GFist võib arvata, et atüüpiline lihasaktivatsioon oli viidud antud uuringus miinimumini.

Käesoleva magistrیتöö tulemuste ning varasemate uuringute tulemuste põhjal võib väita, et RAKT võib aidata kaasa alajäsemete lihasjõu suurenemisele, kuid erinevused tavapärasest kõnnitreeningust on vähesed ning järjepidevat statistiliselt olulist lihasjõu muutust RAKTi järgselt ei ole uuringud suutnud näidata.

5.3. RAKTi mõju FIM tulemustele

Tulemustest selgus, et kroonilise SAKi patsientidel ei esine 10-päevasel raviperioodil RAKTi järgselt FIM skoori muutust. Tulemused on sarnased Fang et al (2020) poolt läbiviidud metaanalüüsile, kus samuti ei leitud 8 nädalase RAKTi järgselt FIM skoorides olulist muutust. Selle põhjuseks võib autorite sõnul olla asjaolu, et FIM ei hinda kvaliteeti, mis tähendab, et isegi kui kõnnimuster paranes, siis skoor jäi samaks. Lisaks alandab FIMi skoori kõrvalseisja olemasolu, kuid paljud uuritavad ei tundnud end kõndides kindlalt ning palusid järelvalvet ning seetõttu ei avaldunud parenenud kõnd punktiskooris. Sarnaselt käesolevale magistrیتööle kaasati Fang et al (2020) metaanalüüsi ka uuringuid, kus käsitleti kroonilise faasi SAK patsiente.

Nam et al (2017) poolt läbiviidud süstemaatilises ülevaates leiti, et FIM tulemus suureneb enam akuutse faasi patsientidel võrreldes kroonilise faasi patsientidega. Käesoleva magistrیتöö autori hinnangul võib akuutse patsiendi FIM tulemuse suurenemine lisaks sekkumistele tuleneda

ka spontaansest paranemisest, mis on seotud neuroplastilisusega ning seetõttu esineb funktsionaalset paranemist eelkõige esimese aasta jooksul pärast SAKi kui patsient on veel akuutses faasis. Hiljem saavutab patsiendi taastumine platoo ning muutuste esinemine on pikaajalisem ja harvem, mis on ilmselt põhjuseks, miks antud magistritöös 10 päeva jooksul kroonilistel SAK patsientidel FIM skoori muutusi ei esinenud.

Anderson et al (2008) toovad välja, et FIMi tulemusi võib mõjutada ka asjaolu, et hindamiseks vajalik oskuste vaatlus viiakse läbi esimese 72 tunni jooksul, mil eriti akuutses faasis patsiendid ei pruugi olla võimelised halva enesetunde või väsimuse tõttu antud ülesandeid täitma. FIMil puudub piisav sensitiivsus, et tuvastada muutusi, mis on seotud funktsionaalsuse suurenemisega pärast SAKi ning seda eriti lokomotoorsete oskuste osas ning kui muutused on väiksed. Siiski on leitud, et FIM tulemus kajastab ning on ennustavaks faktoriks elukvaliteedile. Kokkuvõttes on FIMi valiidsus ja reliaablus sõltumatuse tuvastamiseks kõrge, kuid FIM ei ole spetsiaalselt loodud SAK patsientidele.

FIM on hetkel kõige laiemalt kasutatud kliinilise hindamise vahend funktsionaalse võimekuse hindamiseks SAK patsientidele, kuid FIMi rakendamise SAK patsientidel muudab keerukaks FIMi vähene sensitiivsus muutustele. Kliinilistes uuringutes SAK patsientidega ei ole FIM sobilik hindamismeetod tulemuste tuvastamiseks (Anderson et al., 2008). HNRK SAK osakond kasutab FIM hindamist patsientidel, kes on ravil enam kui 12 päeva ning FIM hindamist teostatakse enamasti akuutsetel patsientidel.

Antud magistritöös oli tegemist kroonilise faasi SAK patsientidega, mis on ilmselt põhjuseks, miks ei esinenud olulisi muutusi FIM skoorides. Lisaks on antud uuringus tegemist võrdlemisi lühikese raviperioodiga, mille jooksul ei esine enamasti funktsionaalseid muutusi. Vaadates FIM hindamise tulemusi, siis oli KG keskmine FIM tulemus raviperioodi alguses 115 punkti ning EGs 118 punkti. FIM hindamise maksimaalne võimalik punktisumma on 126, mis näitab, et uuritavate skoor oli juba enne uuringut võrdlemisi kõrge. Punkte võtavad SAK patsientidel enamasti vähemaks siirdumisega seotud valdkonnad, riietumine, liikumine abivahendiga ning treppidel kõnd. Kõrgema spastilisusega patsientidel võtavad siirdumised ning riietumine enamasti kauem aega ning treppidel kõnd on raskendatud. Kuna RAKTiga spastilisust täielikult ära võtta ei ole võimalik ning lihasjõu suurenemine 10 päeva jooksul on vähene ning FIM hindamisel puudub piisav sensitiivsus, et väiksemaid muutusi tuvastada, siis ei esinenud antud uuringus uuritavatel FIM tulemuse muutusi sekkumise järgselt.

5.4. Uuringu limiteerivad tegurid ja tugevused

Peamise limiteeriva tegurina võib välja tuua väikse valimi suuruse, mis mõjutab andmete statistilist võimsust. Lisaks oli valim heterogeenne vanuse, soo, vigastuse kõrguse ning vigastusest möödunud aja osas, mis võis tulemusi mõjutada. Valimi heterogeensus tuleneb asjaolust, et Eestis on antud uuringu kriteeriumile vastavate patsientide arv võrdlemisi väike ning nende hulgast leida uuritavaid, kes sarnaneksid vanuselt, soolt, vigastuse kõrguselt ning vigastusest möödunud aja osas, on keeruline. HNRK prioriteediks on akuutsete patsientide taastusravile keskendumine ning kroonilised patsiendid käivad ravil harvemini ning neid on arvuliselt vähem, sest osaliselt käivad antud patsiendid füsioteraapias kodukoha järgselt ning ei tule ravile HNRKsse. Lisaks esines planeeritud uuritavate hulgas haigestumisi enne raviperioodi, mistõttu raviperiood lükati edasi aega, mis ületas magistritöö uuringuks planeeritud aja. Limiteerivaks teguriks on ka lühike sekkumise aeg, mis sai valitud vastavalt uuritavate raviperioodile, mis kroonilise SAKi puhul on 10 päeva.

Lisaks on limiteerivaks teguriks lisaks RAKTile läbiviidavate teraapiate osakaal. Kuigi grupisiselt ja gruppide vaheliselt oli teraapiate hulk ja liik sarnane, siis teeb see võimatuks eristamise, kas tulemusi mõjutas RAKT või mõne teise teraapia vähesus või rohkus.

Antud töö tugevuseks on aktuaalsus. Antud teemal on viimastel aastatel tehtud järjest rohkem uuringuid, kuid katmata valdkondi on veel palju. Töö tugevuseks on ka ainult krooniliste SAK patsientide kaasamine. Varasemalt läbiviidud uuringutes on enamasti kaasatud ainult akuutseid patsiente ning paar uuringut kaasas samasse valimisse nii kroonilised kui akuutsed patsiendid. Akuutses faasis võib neuroplastilisus mõjutada tulemusi rohkem kui sekkumine ning ainult sekkumise mõju on keeruline tuvastada.

Lisaks on töö tugevuseks Lokomati tarkvara ja riistvara kasutamine hindamiseks. Antud hindamine on objektiivne ning on näidanud häid tulemusi tervetel inimestel ning arvatavasti on tulemused ülekantavad SAK patsientidele, kuid varasemalt ei ole selliseid hindamismeetodeid kasutatud. Spastilisuse hindamiseks on kasutatud enamasti Ashworth'i skaalat ja alajäsemete lihasjõu hindamiseks alajäsemete mootorset skoori (ingl *Lower Extremity Motor Score*), mõlemad hindamismeetodid on terapeudist sõltuvad. Samas on Lokomat seadmete kättesaadavus piiratud, mis võib uuringu reprodutseerimist raskendada.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et RAKTil on erinevaid võimalikke positiivseid efekte, mis seostuvad püstise asendi ning passiivse ja aktiivse mobiliseerimisega, kuid RAKT peaks olema

üks osa erinevatest pakutavatest teraapiatest, mitte asendama teisi teraapiaid (Hayes et al., 2018). Antud magistr töö tulemusi arvestades ei esinenud uuritavate igapäevases toimetulekus muutusi olenemata Lokomati treeningute sagedusest. Alajäsemete funktsionaalsete näitajate osas on käesoleva uuringu põhjal eelistatud väiksema sagedusega grupp, sest selles grupis esines spastilisuse vähenemine ning lihasjõu suurenemine, mis on sekkumise eelistatud tulemused. Vastupidiselt esines suurema sagedusega grupis enamasti spastilisuse suurenemist ning puusaliigese osas paremas alajäsemes ka lihasjõu vähenemist.

6. JÄRELDUSED

1. Kroonilise SAKiga täiskasvanute alajäsemete funktsionaalsed näitajad muutuvad 4-8 RAKTi treeningu järgselt.
2. Kroonilise SAKiga täiskasvanute 10-päevase raviperioodi puhul ei avalda RAKT mõju funktsionaalset sõltumatust hindava FIMi tulemustele.
3. Suurema sagedusega treeningute järgselt esines mõlema alajäsemete puusaliigese sirutaja- ja painutajalihastes madalama kiiruse juures spastilisuse langus ning kiirema kiiruse puhul vasaku alajäseme painutaja- ja sirutajalihastes spastilisuse suurenemine ning parema alajäseme painutaja- ja sirutajalihastes spastilisuse vähenemine.
4. Suurema sagedusega treeningute järgselt esines mõlema alajäsemete põlveliigese sirutaja- ja painutajalihastes spastilisuse suurenemine.
5. Väiksema sagedusega treeningute järgselt esines spastilisuse langus mõlema alajäseme nii puusa- kui põlveliigese painutaja- ja sirutajalihastes.
6. Suurema sagedusega treeningute järgselt esines lihasjõu suurenemine vasaku alajäseme puusaliigese painutaja- ja sirutajalihastes ning lihasjõu vähenemine parema alajäseme puusaliigese painutaja- ja sirutajalihastes.
7. Suurema sagedusega treeningute järgselt esines lihasjõu suurenemine mõlema alajäseme põlveliigese painutaja- ja sirutajalihastes.
8. Väiksema sagedusega treeningute järgselt esines lihasjõu suurenemine mõlema alajäseme puusa- ja põlveliigeste painutaja- ja sirutajalihastes.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aguirre-Güemez AV, Pérez-Sanpablo AI, Quinzaños-Fresnedo J, Pérez-Zavala R, Barrera-Ortiz A. Walking speed is not the best outcome to evaluate the effect of robotic assisted gait training in people with motor incomplete Spinal Cord Injury: A Systematic Review with meta-analysis. *J Spinal Cord Med* 2019; 42:142-154.
2. Alashram AR, Annino G, Padua E. Robot-assisted gait training in individuals with spinal cord injury: A systematic review for the clinical effectiveness of Lokomat. *J Clinical Neuroscience* 2021; 91: 260-269.
3. Alcobendas-Maestro M, Esclarín-Ruz A, Casado-López RM, Muñoz-González A, Pérez-Mateos G, et al. Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion. *Neurorehabil Neural Repair* 2012; 26: 1058–63.
4. Anderson K, Aito S, Atkins M, Biering-Sørensen F, Charlifue S, et al. Functional Recovery Outcome Measures Work Group. Functional recovery measures for spinal cord injury: an evidence-based review for clinical practice and research. *J Spinal Cord Med* 2008; 31: 133-44.
5. Anjum A, Yazid MD, Fauzi Daud M, Idris J, Ng AMH, et al. Spinal Cord Injury: Pathophysiology, Multimolecular Interactions, and Underlying Recovery Mechanisms. *International journal of molecular sciences* 2020; 21.
6. Bae YH, Chang WH, Fong SSM. Different Effects of Robot-Assisted Gait and Independent Over-Ground Gait on Foot Plantar Pressure in Incomplete Spinal Cord Injury: A Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18:12072.
7. Bergmann M, Tõnutare A, Pakkanen M, Mõim R, Pikkar H, et al. Seljaajukahjustus. Kuidas edasi? Tallinn: CoPrint OÜ; 2018.
8. Burridge J, Wood D, Hermens HJ, Voerman G, Johnson G, et al. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil* 2005; 27: 69–80.
9. Chen Y, Tang Y, Vogel LC, Devivo MJ. Causes of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2013; 19: 1-8.

10. Del Vecchio A, Casolo A, Negro F, Scorcelletti M, Bazzucchi I, et al. The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *J Physiol* 2019; 597: 1873-1887.
11. Dressler D, Bhidayasiri R, Bohlega S, Chana P, Chien HF, et al. Defining spasticity: A new approach considering current movement disorders terminology and botulinum toxin therapy. *J Neurol* 2018; 265: 856–862.
12. Duffell L, Brown G, Mirbagheri M. Interventions to reduce spasticity and improve function in people with chronic incomplete spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair* 2014; 29: 566–76.
13. Fang CY, Tsai JL, Li GS, Lien ASY, Chang YJ. Effects of Robot-Assisted Gait Training in Individuals with Spinal Cord Injury: A Meta-analysis. *BioMed Research International* 2020; 1-13.
14. Field-Fote E, Roach K. Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2011; 91: 48–60.
15. Fundaro C, Giardini A, Maestri R, Traversoni S, Bartolo M, et al. Motor and psychosocial impact of robot-assisted gait training in a real-world rehabilitation setting: A pilot study. *PLoS One* 2018; 13: 0191894.
16. Ganguly J, Kulshreshtha D, Almotiri M, Jog M. Muscle Tone Physiology and Abnormalities. *Toxins (Basel)* 2021; 13 :282.
17. Gao KL, Chan KM, Purves S, Tsang WWN. Reliability of dynamic sitting balance tests and their correlations with functional mobility for wheelchair users with chronic spinal cord injury. *J Orthop Transl* 2015; 3: 44-49.
18. Ge L, Arul K, Ikpeze T, Baldwin A, Nickels JL, et al. Traumatic and Nontraumatic Spinal Cord Injuries. *World Neurosurgery* 2018; 111: 142-148.
19. Gedde MH, Lilleberg HS, Aßmus J, Gilhus NE, Rekan T. Traumatic vs non-traumatic spinal cord injury: A comparison of primary rehabilitation outcomes and complications during hospitalization. *J Spinal Cord Med* 2019; 42: 695-701.
20. aHocoma. Legal notes: Lokomat contraindications. 2023. https://www.hocoma.com/legal-notes/#lokomatpro_lokomatnanos, 27.02.2023.

21. bHocoma. Lokomat User Script. 2023. https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/Lokomat_User_Script_EN_20180322.pdf, 29.04.2023.
22. Holanda LJ, Silva PMM, Amorim TC, Lacerda MO, Simão CR, et al. Robotic assisted gait as a tool for rehabilitation of individuals with spinal cord injury: A systematic review. *J Neuroeng Rehabil* 2017; 21: 126–132.
23. Hwang S, Kim HR, Han ZA, Lee BS, Kim S, et al. Improved Gait Speed After Robot-Assisted Gait Training in Patients With Motor Incomplete Spinal Cord Injury: A Preliminary Study. *Ann Rehabil Med* 2017; 41: 34-41.
24. Ilha J, Meireles A, de Freitas GR, do Espírito Santo C, Machado-Pereira NAMM, et al. Overground gait training promotes functional recovery and cortical neuroplasticity in an incomplete spinal cord injury model. *Life Sciences* 2019; 232: 116627.
25. Khorasanizadeh M, Yousefifard M, Eskian M, Lu Y, Chalangari M, et al. Neurological recovery following traumatic spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg* 2019; 30: 683–699.
26. Kirshblum S, Snider B, Eren F. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. *Journal of neurotrauma* 2021; 38: 1267-1284.
27. Labruyere R, van Hedel HJ. Strength training versus robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: a randomized pilot study in patients depending on walking assistance. *J Neuro Eng Rehabil* 2014; 11: 4.
28. Lunenburger L, Colombo G, Riener R, Dietz V. Clinical Assessments Performed During Robotic Rehabilitation by the Gait Training Robot Lokomat. 9th International Conference on Rehabilitation Robotics; 2005 June; Chicago, USA.
29. McKinley W, Sinha A, Ketchum J, Deng X. Comparison of rehabilitation outcomes following vascular-related and traumatic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2011; 34: 410–415.
30. Midik M, Paker N, Buğdaycı D, Midik AC. Effects of robot-assisted gait training on lower extremity strength, functional independence, and walking function in men with incomplete traumatic spinal cord injury. *Turk J Phys Med Rehabil* 2020; 66: 54-59.
31. Müller-Jensen L, Ploner CJ, Kroneberg D, Schmidt WU. Clinical Presentation and Causes of Non-traumatic Spinal Cord Injury: An Observational Study in Emergency Patients. *Front Neurol* 2021; 12: 701927.

32. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, et al. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering & Rehabilitation (JNER)* 2017; 14: 1-13.
33. Piira A, Lannem AM, Sørensen M, Glott T, Knutsen R, et al. Robot-assisted locomotor training did not improve walking function in patients with chronic incomplete spinal cord injury: A randomized clinical trial. *J Rehabil Med* 2019; 51: 385-389.
34. Puderbaugh M, Emmady PD. *Neuroplasticity*. 2022.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557811/>, 29.04.2023.
35. Riener R, Brunschweiler A, Lünenburger L, Colombo G. Robot-Supported Spasticity Evaluation. 9th Annual Conference of the International FES Society; 2004 Sept; Bournemouth, UK.
36. Sabre L, Asser T, K Janika, Harro J, V Mariliis, et al. A New Risk Factor for Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma* 2016; 33: 1946-1949.
37. Shin J, Kim J, Park H, Kim N. Effect of robotic-assisted gait training in patients with incomplete spinal cord injury. *Ann Rehabil Med* 2014; 38: 719.
38. Shin JC, Jeon HR, Kim D, Cho SI, Min WK, et al. Effects on the Motor Function, Proprioception, Balance, and Gait Ability of the End-Effector Robot-Assisted Gait Training for Spinal Cord Injury Patients. *Brain Sci* 2021; 11: 1281.
39. Sinovas-Alonso I, Gil-Agudo Á, Cano-de-la-Cuerda R, Del-Ama AJ. Walking Ability Outcome Measures in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18: 9517.
40. Zhang Y, Al Mamun A, Yuan Y, Lu Q, Xiong J, et al. Acute spinal cord injury: Pathophysiology and pharmacological intervention (Review). *Mol Med Rep* 2021; 23: 417.
41. Tartu Ülikooli Kliinikum. Spordimeditsiini ja taastusravikliinikusse seati sisse Lõuna-Eesti esimene kõnnirobot. 2019. <https://www.kliinikum.ee/spordimeditsiini-ja-taastusravikliinikusse-seati-sisse-louna-eesti-esimene-konnirobot/>, 8.02.2023.
42. Van Kammen K, Boonstra AM, van der Woude LHV, Reinders-Messelink HA, den Otter R. The combined effects of guidance force, bodyweight support and gait speed on muscle activity during able-bodied walking in the Lokomat. *Clinical Biomechanics* 2016; 36: 65–73.

43. Yang FA, Chen SC, Chiu JF, Shih YC, Liou TH, et al. Body weight-supported gait training for patients with spinal cord injury: a network meta-analysis of randomised controlled trials. *Sci Rep* 2022; 12:19262.
44. Yildirim MA, Öneş K, Gökşenoğlu G. Early term effects of robotic assisted gait training on ambulation and functional capacity in patients with spinal cord injury. *Turkish Journal of Medical Sciences* 2019; 49: 838-843.

TÄNUAVALDUS

Soovin öelda suured tänusõnad enda juhendajale Margot Bergmannile väärtuslike nõuannete, põhjalikkuse, toetuse ja kannatliku meele eest magistritöö valmimisel.

Soovin tänada kaasjuhendajat Mari-Liis Ööpik-Loksi ning kogu Haapsalu Neuroloogilise Rehabilitatsioonikeskuse seljaajukahjustuse osakonna meeskonda koostöö eest uuringu läbiviimisel.

Samuti tänan uuringus osalejaid, kes aitasid oma panusega kaasa magistritöö valmimisele.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Aigi Mänd,

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Robot-assisteeritud kõnnitreeningu sageduse mõju kroonilise seljaajukahjustusega täiskasvanute toimetulekule ja alajäsemete funktsionaalsetele näitajatele“, mille juhendaja on Margot Bergmann (MSc) ja kaasjuhendaja Mari-Liis Ööpik-Loks (MSc),

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Aigi Mänd

19.05.2022