

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Madli Jürisson

**Käsitsi kirjutamise parameetrite erinevused Parkinsoni tõvega ja
tõveta isikutel ning seosed vanuse, käepigistusjõu, haiguse
väljendatuse ja kõnnil tardumisega.**

**Differences in handwriting parameters in people with and without
Parkinson's disease and associations between age, grip strength, disease
severity and freezing of gait**

Magistritöö

füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

Füsioteraapia assistent, K. Medijainen (MSc)

Vanemteadur, S. Nõmm (PhD)

Tartu, 2021

SISUKORD

SISUKORD.....	2
KASUTATUD LÜHENDID.....	4
Töö lühiülevaade.....	5
Abstract.....	6
1.KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Parkinsoni tõve üldiseloomustus.....	7
1.2 Käeline funktsioon ja käsitsi kirjutamine Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel.....	9
2. MAGISTRITÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	12
3. UURIMISTÖÖ METOODIKA.....	13
3.1. Uuritavate kirjeldus.....	13
3.2. Uuringu korraldus.....	14
3.3. Uurimistöö meetodid.....	15
3.3.1. Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel.....	15
3.3.2. Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel.....	16
3.3.3. Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel.....	17
3.3.4. Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel.....	17
3.4. Andmete statistiline analüüs.....	18
4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED.....	19
4.1. Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel.....	19
4.2. Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel.....	19

4.3. Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel.....	21
4.4. Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel.....	21
5. ARUTELU.....	23
5.1. Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel.....	23
5.2. Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel.....	24
5.3. Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel.....	26
5.4. Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel.....	27
5.5. Uuringu tugevused, limiteerivad tegurid ja edasiste uuringute soovitusel.....	29
6. JÄRELDUSED.....	31
KASUTATUD KIRJANDUS.....	32
LISA 1. Modifitseeritud Hoehn & Yahr skaala: Parkinsoni tõve staadiumid.....	37
LISA 2. Esmane Kõnnil Esineva Tardumise Küsimustik.....	38
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	40

KASUTATUD LÜHENDID

FOG	kõnnil tardumine, (ingl <i>freezing of gait</i>)
H&Y	Hoehn & Yahr skaala haiguse raskusastme selgitamiseks
keskm	keskmine
KT	kontrollgrupp
max	maksimaalne
MMSE	vaimse seisundi miniuuring, (ingl <i>Mini Mental State Examination</i>)
PD	Parkinsoni tõbi, (ingl <i>Parkinson's disease</i>)
MDS-UPDRS	Liigutushäirete Seltsi Ühtlustatud Parkinsoni tõve hindamise skaala, (ingl <i>Movement Disorder Society Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>)
UPDRS	Ühtlustatud Parkinsoni tõve hindamise skaala (ingl <i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>)
1U	antud töös tähepõhiseks kirjutamise parameetrite analüüsiks kasutatavas lauses teisel kohal paiknev „u“ täht
2U	antud töös tähepõhiseks kirjutamise parameetrite analüüsiks kasutatavas lauses eelviimasel kohal paiknev „u“ täht

Töö lühiülevaade

Eesmärk: Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada erinevused käsitsi kirjutamises Parkinsoni tõvega (PD) ja tõveta isikutel ning kas kirjutamise parameetrid seostuvad käepigistusjõu ja vanusega ning PD-ga isikutel kõnnil tardumise ja haiguse väljendatusega.

Metoodika: Uuringus osales 23 uuritavat vanuses 54-84 eluaastat. PD-ga isikud moodustasid PD grupi (n=12) ning PD-ta eakaaslased kontrollgrupi (KT grupp, n=11). Hinnati erinevaid parameetreid tahvelarvuti ekraanile puuetundliku pliiatsiga lause, sh eraldi lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamisel, käepigistusjõudu mõõdeti käe dünamomeetriga, kognitsiooni hinnati MMSE testiga. PD-ga uuritavate haiguse väljendatust hinnati MDS-UPDRS ja H&Y skaaladega ning kõnnil tardumist FOG skaala abil.

Tulemused: Lause kirjutamisel olid PD uuritavate maksimaalne kirjutamise kiirus ja kiirendus väiksemad KT uuritavate omast ($p<0,05$). PD uuritavad kirjutasid lause alguses oleva „u“ tähe suurema kiirendusega kui KT grupp ($p<0,05$). Võrreldes grupisisiselt lause alguses ja lõpus asuvat „u“ tähte, kirjutasid PD uuritavad lause alguses asuva „u“ tähe suurema kõrgusega ja pikema kestusega kui lause lõpus asuva „u“ tähe ($p<0,05$). KT uuritavad kirjutasid lause alguses asuva „u“ tähe aeglasema keskmise kiiruse ja kiirendusega ($p<0,05$) ning madalama kõrgusega ($p<0,01$) kui lause lõpus asuva „u“ tähe. PD grupil seostus tugevam käepigistusjõud lause kirjutamisel suurema maksimaalse kiirendusega ($p<0,05$) ning kõrgem vanus lause aeglasema maksimaalse kirjutamise kiirusega ($p<0,01$). Haiguse pikem kestus seostus pikema lause kirjutamise kestusega, H&Y kõrgem skoor aeglasema maksimaalse kiirendusega lause kirjutamisel, lause lõpus asuva „u“ tähe madalama ja kitsama kirjutamisega. Kõnnil tardumine seostus lause madalama kõrgusega. KT uuritavatel seostus tugevam käepigistusjõud suurema keskmise kiiruse ja kiirendusega lause kirjutamisel ning lause alguses asuva „u“ tähe suurema keskmise kirjutamise kiiruse ja lühema kestusega (kõik $p<0,05$).

Kokkuvõte: PD ja KT uuritavatel erinevad maksimaalne kirjutamise kiirus ja kiirendus olulisel määral. PD uuritavatel seostub käsitsi kirjutamine nii vanuse, käepigistusjõu, haiguse kestuse, H&Y skaala kui kõnnil tardumisega. KT uuritavatel seostub käsitsi kirjutamine käepigistusjõuga.

Märksõnad: Parkinsoni tõbi, käekiri, lause kirjutamine

Abstract

Aim: The aim of the study was to analyse selected handwriting parameters in individuals with Parkinson's disease (PD) in comparison to healthy counterparts. The thesis aimed to clarify the associations between handwriting parameters and hand grip strength, age, freezing of gait (FOG), duration and severity of PD.

Methods: 23 subjects aged 54-84 years participated. PD group consisted of people with Parkinson's disease (n=12). Control group (CTG) consisted of aged-matched counterparts (n=11). While writing a sentence on the tablet screen, numerous writing parameters were registered and analysed in context of the whole sentence and regarding letter „u” (as it was the 2nd (1U) and last but one (2U) letter). Hand dynamometer was used to measure hand grip strength. MDS-UPDRS, H&Y scales were used for disease severity assessment and FOG questionnaire was administered.

Results: Maximal writing velocity and acceleration of PD subjects were lower than in CTG ($p<0,05$). The acceleration of 1U was greater in PDG ($p<0,05$). Within-group analysis revealed that the height and duration of 2U were reduced in PDG ($p<0,05$). In CTG, the average velocity, acceleration ($p<0,05$) and height ($p<0,01$) of 1U were lower compared to 2U. In PDG, hand grip strength was associated with higher maximal acceleration ($p<0,05$), age with lower maximal velocity ($p<0,01$). Longer disease duration was related to longer duration of sentence writing. The height and width of 2U and sentence maximal acceleration were associated with H&Y. FOG was negatively associated with average sentence height. In CTG, hand grip strength was positively associated with average velocity, acceleration and with average velocity and shorter duration of the 1U ($p<0,05$).

Conclusions: Maximal writing speed and acceleration differ in individuals with and without PD. Associations between handwriting parameters and disease severity, age, FOG and handgrip strength are evident in PD, whereas only latter is related to writing parameters in CTG.

Keywords: Parkinson's disease, handwriting, sentence writing

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Parkinsoni tõve üldiseloostus

Parkinsoni tõbi (edaspidi PD) on neurodegeneratiivsetest haigustest levimusest maailmas Alzheimeri tõve järel teisel kohal (Poewe et al., 2017). Haiguse esinemine suureneb nii meeste kui naiste hulgas vanuse kasvades ning 2013. aastal läbi viidud uuringus oli PD kõige laialdasemalt levinud 80-84 aastaste eagrupid (Kadastik-Eerme et al., 2018).

Meeste seas esineb haigus sagedamini ning sealjuures tuvastasid Pringsheim ja kaasautorid oma uuringus (2014) suurima soolise erinevuse 50-59-aastaste eagrupid, kus meeste haigestumus oli 134, naiste seas aga 41 juhtu 100 000 inimese kohta (Pringsheim et al., 2014). Lisaks kõrge eale ja meessoole on riskifaktoriteks haiguse esinemine lähisugulaste hulgas, pestitsiidide mõju, varasem peaaegu kahjustus ning maapiirkonnas elamine (Noyce et al., 2012), kuid samas pole haiguse tekkepõhjust seniste uuringutega veel lõplikult välja selgitatud.

PD käigus tekivad nii motoorsed kui mittemotoorsed sümptomid. Peamisteks motorseteks sümptomiteks on treemor, bradükineesia, rigiidsus ja posturaalne ebastabiilsus (Poewe et al., 2017), mis väljenduvad nii kõnnis, käte liigutustes, käekirjas kui ka kõnes. Motoorsed sümptomid on peamiselt põhjustatud dopamiini-tootvate rakkude hävimise tõttu, mis asuvad keskajus mustaine piirkonnas (Xia & Mao, 2012).

Bradükineesia all mõistetakse liigutuste kiiruse või amplituudi kahanemist. PD puhul esineb kõige sagedamini jäsemete bradükineesia, kuid see võib ilmneda ka hääle muutustena (nt hääle tugevuse langus), kehatüve liigutuste või näomiimika alanemises. Rigiidsus on kiirusest sõltumatu vastupanu passiivsele liigutusele, PD patsientidel esineb see tihti hammasratta fenomeni kujul. PD-le iseloomulik treemor esineb puhkeolekus, on sagedusega 4-6 Hz ja väheneb tahtelise liigutustegevuse ajal (Postuma et al., 2015). Treemor saab alguse ühel kehapoolel (Reich & Savitt, 2019).

PD patsientidel esinevad muutused kõnnis, kus iseloomulike tunnustena on välja toodud lühikesed, lohisevad sammud (Hoehn & Yahr, 1967), aeglane kõnnitempo ja käte kaasliigutuste puudumine (Jankovic, 2008). Ilmneda võib kõnni asümmeetria, rütmilisuse ja koordinaatsiooni häirumine (Plotnik et al., 2012).

Lisaks võib esineda tardumist kõnnil, mis tekib enamasti kõndi alustades, pöördeid sooritades, kitsastes kohtades liikudes või mingile objektile, näiteks toolile lähenedes (Snijders et al., 2008). Tavaliselt väljendub kõnnil tardumine väikestes, tippivates sammudes või justkui jalgade värisemises, kuid täielik võimetus edasi liikuda esineb harvem (Giladi & Nieuwboer, 2008). Oluline on mainida, et kõnnil tardumine on kukkumist soodustavaks faktoriks (Latt et al., 2009).

Haiguse progresseerudes häirub PD patsientide tasakaal ning tasakaalu ja kõnnimustri probleemidest tulenevalt kukuvad PD patsiendid palju sagedamini kui terved eakaaslased. Umbes 70% PD patsientidest kukuvad korduvalt (Allen et al., 2013). 73% korduvatest kukujatest kukuvad rohkem kui korra aastas (Morris et al., 2015). Lisaks on PD patsiendid vähem liikuvad ja nende päevane sammude arv on võrreldes tervete eakaaslastega märgatavalt väiksem juba haiguse algstaadiumis (Lord et al., 2013).

Mittemotoorsed sümptomid PD korral võivad hõlmata näiteks visuaalseid probleeme, lõhnatundlikkuse häirumist ja valu. Lisaks võivad esineda neuropsühhiaatrilised probleemid nagu depressioon, dementsus, ärevus, apaatus, väsimus, uneprobleemid ja psühhoosid. PD-ga patsientidel võib tekkida autonoomne düsfunktsioon, mis enamasti haiguse käigus progresseerub ning väljendub põie- ja gastrointestinaalsetes vaevustes ning kardiovaskulaarsetes komplikatsioonides nagu hüpotensioon (Schapira et al., 2017). Mittemotoorsed sümptomid nagu näiteks lõhnatundlikkuse vähenemine või kõhukinnisus võivad tekkida juba aastaid enne PD diagnoosi saamist ja klassikaliste mootorsete sümptomite esinemist (Pont-Sunyer et al., 2015).

PD diagnoosimine põhineb mootorsete sümptomite kliinilisel väljendusel (Kadastik-Eerme et al., 2018). Kasutusel on mitmeid erinevaid teste haiguse diagnoosimiseks ja progresseerumise jälgimiseks. Antud magistritöös on välja toodud kaks peamiselt kasutatavat testi, mida järgnevalt lühidalt tutvustatakse.

Hoehn & Yahr (H&Y) skaala (vt Lisa 1) abil saab eristada viit erinevat PD raskusastet tähistavat staadiumit. Sealjuures kergeim on esimene staadium, mida iseloomustab haiguse ühepoolne haaratus. Viiendas haiguse staadiumis olev patsient on abita voodi- või ratastoolikeskne (Hoehn & Yahr, 1967).

Teiseks sagedaselt PD patsientide seisundi hindamiseks ja haiguse mootorsete sümptomite progresseerumise jälgimiseks kasutatav skaala on Ühtlustatud Parkinsoni tõve hindamise skaala (ingl *Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)*) (Venuto et al., 2016). Käesoleval ajal kasutatakse enim selle 2008. aastal avaldatud modifitseeritud versiooni ehk Liigutushäirete Seltsi Ühtlustatud Parkinsoni tõve hindamise skaalat (MDS-UPDRS). MDS-UPDRS koosneb neljast osast: I – mittemotoorsed igapäevaelu aspektid, II – motoorsed igapäevaelu tegevused, III – mootorika uurimine, IV – motoorsed komplikatsioonid. Patsiendi seisundit hindab liikumishäirete spetsialist igas küsimuses 4-palli skaalal (Goetz et al., 2008).

PD ravi siiani puudub, kuid sümptomite leevendamiseks on kasutusel ravimid, mis aitavad kesknärvisüsteemis dopamiini taset reguleerida. Üheks laialdasemalt kasutatud ravimiks on levodopa. Lisaks medikamentoossele ravile on olulisel kohal füsioteraapia (Reich & Savitt, 2019), et leevendada sekundaarseid komplikatsioone ning maksimeerida

toimetulekut. Euroopa Parkinsoni tõve ravijuhendis (2014) välja toodud viis põhivaldkonda, millele soovitatakse PD-ga patsientide füsioteraapias keskenduda, on füüsiline võimekus, siirdumised, tasakaal, kõnd ja ka käelised tegevused (Keus et al., 2014).

1.2 Käeline funktsioon ja käsitsi kirjutamine Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel

PD patsientidel esineb probleeme käelises funktsioonis, mis võib vähendada iseseisvust igapäevaelu tegevuste sooritamisel. PD-ga patsientide endi sõnul on neil raskendatud keerulisemad käteosavust nõudvad igapäevaelu tegevused. Nt Proud & Morris (2010) uuringus osalenutest tõi 73% PD-ga uuritavatest välja, et nende jaoks on keeruline nõopide kinni panemine, 59% jaoks rahakotist raha võtmine. Tervetest eakaslastest seevastu vaid 18% raporteerisid, et käelist täpsust nõudvad tegevused on keerulised (Proud & Morris, 2010).

2020. aastal Tartu Ülikoolis kaitstud magistritööst selgus, et PD-ga uuritavatel kulus peenmotoorikat hõlmavate tegevuste sooritamiseks oluliselt rohkem aega kui kontrollgrupi uuritavatel. Hinnatud tegevusteks olid teelusikaga aedubade kaussi tõstmine, müntide rahakotti panemine, tabaluku võtmega avamine ning nii vasaku kui parema käe rusikasse panemine. Lisaks hindasid PD-ga isikud oma toimetulekut käeliste tegevustega madalamalt kui terved eakaaslased, kusjuures peamise probleemina toodi välja jõu vähesust ja liigutuste aeglust (Kalmann, 2020).

PD patsientidel esinevad muutused haarde tugevuse adekvaatses reguleerimises nii täpsus- kui jõulise haarde puhul (Pradhan et al., 2010) ning raskused mitme (käelise) tegevuse samaaegsel sooritamisel (Proud & Morris, 2010). Eelnimetatud faktorid võivad samuti mõjutada igapäevaelu tegevuste iseseisvat sooritamist, näiteks kõndides topsti käes hoidmist.

PD patsientidel on märgatud lisaks kõnnil esinevale tardumisele ka tardumist ülajäsemetega seotud tegevustel. Seda iseloomustab märgatav liikuvusamplituudi vähenemine, mille tagajärjel on liigutuste sooritamine ebaefektiivne ja mittetäielik. Ülajäseme tardumist võib esile kutsuda nt väikeste, bimanuaalsete liigutuste sooritamine sõrmedega ning selle tagajärjel võib ka käekiri halveneda. Ülajäseme tardumise raskusaste korreleerub kõnni tardumise raskusastmega (Nieuwboer et al., 2009).

On teada, et ka tervetel vanemaealistel esineb vanuse kasvades käelise funktsiooni langus. Marmon et al. (2011) uurisid käepigistusjõudu ja käteosavust noorte, kesk- ja vanemaealiste seas. Tulemustest selgus, et vanemaealiste käe ja sõrmede pigistusjõud ning stabiilsus oli võrreldes noorte täiskasvanutega statistiliselt olulisel määral väiksem. *Grooved Pegboard* testi käigus asetasid vanemaealised statistiliselt olulisel määral vähem pulki avadesse kui noored ja keskealised uuritavad (Marmon et al., 2011). Ka Martin ja kaasautorite (2015) uuringu tulemused näitasid, et kesk- ja vanemaealistel on võrreldes nooremaealistega madalam

käte pigistusjõud ja stabiilsus ning käte pigistusjõud on seotud käteosavusega (Martin et al., 2015).

Käteosavuse ja peenmotoorsete oskuste hindamiseks PD patsientidel on kasutatud nt *Purdue Peg-board Test*'i sooritamist (uuritav pidi väikseid pulki sobivasse avasse asetama ristkülikukujulisel tahvlil 30 sekundi jooksul). Proud & Morris (2010) uuringu tulemustest selgus, et PD-ga uuritavad asetasiid nii domineeriva kui mittedomineeriva käega etteantud aja jooksul vähem pulki avadesse kui terved eakaaslased (Proud & Morris, 2010).

Ka kirjutamise hindamine on tüüpiline käeliste tegevuste hindamise viis PD korral. PD patsientidel esinevad sageli muutused käekirjas, millest üks märgatavamaid on mikrograafia ehk käekirja väiksus (Smits et al., 2014). Mikrograafia tagajärjel muutub käekiri üleüldiselt väiksemaks, tähekõrgus on madalam ja tähed on tihedamalt üksteise kõrval (Wagle Shukla et al., 2012).

Samuti on leitud, et PD patsiendid kirjutavad aeglasemalt (Wagle Shukla et al., 2012; Broeder et al., 2014), avaldavad paberile vähem survet ning esinevad häired pliiaatsitõmbe suurusel ja kestuses (Rosenblum et al., 2013).

Järgnevalt antakse lühike ülevaade, kuidas ja milliste parameetrite kaudu käsitsi kirjutamist seni publitseeritud teaduskirjanduses on uuritud ja analüüsitud. Viimastel aastatel on käekirja hindamiseks eelistatud kirjutamist tahvelarvutile puutetundliku pliiaatsiga. Kirjutamise digitaliseerimine annab võimaluse uurida mitmeid käekirja kinemaatilisi komponente nagu näiteks sujuvus, surve ja kiirus, mida pliiaatsiga paberile kirjutades uurida ei saa (Thomas et al., 2017). Antud meetod on lihtne ja mitteinvasiivne (Letanneux et al., 2014).

Kirjandust analüüsid selgub, et käekirja hindamiseks kasutatakse uuringutes erinevaid teste nagu spiraali joonistamine (Smits et al., 2014), üksikute tähtede, silpide, sõnade (Drotár et al., 2016) või lause kirjutamine (Mucha et al., 2018a; Drotár et al., 2016).

Eri allikate kohaselt on PD patsientide käekirja uurimisel kõige asjakohasemad erinevad parameetrid. Nt Danna et al. (2013) järgi on kõige olulisemad kinemaatilised aspektid nagu kirjutamise suurus, kestus ja kiirus (Danna et al., 2013). Drotár et al. (2016) järgi aga kirjutamise kiiruse kõrval hoopis kiirendus ja kirjutamise ajal avaldatav surve (Drotár et al., 2016). Käesolevas magistris kasutatakse kõiki eelmainitud parameetreid. Näiteks kirjutamise kiirus võib anda infot bradükineesia, kiirendus aga treemori esinemise kohta (Impedovo & Pirlo, 2019).

Uuringutulemuste järgi on võimalik PD patsiente ja terveid eakaaslasti surve ja kinemaatiliste parameetrite alusel eristada – nt Drotár et al. uuringus (2016) 82% täpsusega ning eelnimetatud parameetrite analüüsimine võib toetada PD diagnoosimist (Drotár et al., 2016). 2019. aastal Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistrisõu tulemustest selgus, et PD

diagnoosiga ja terveid isikuid on võimalik eristada lause kirjutamise alusel 88,5% täpsusega (Netsunajev, 2019).

Antud magistritöö käigus soovitakse võrdlevalt uurida PD-ga ja tervete eakaaslaste käsitsi kirjutamise parameetreid tahvelarvuti ekraanile lause kirjutamisel ja ka ühe tähe kontekstis (mida varasemalt tehtud pole). Käesoleva magistritöö autorile teadaolevalt pole senini ka uuritud, kuidas seostub käsitsi kirjutamine käepigistusjõu ja vanusega ning kas need seosed on erinevad PD-ga uuritavatel ja haiguseta eakaaslastel.

Lisaks, nagu eelnevalt öeldud, on kõnnil tardumine kukkumist soodustavaks faktoriks (Latt et al., 2009) ning võimalikud seosed kirjutamise ja tardumiste vahel võivad anda olulist informatsiooni patsiendiga tegutsevale füsioterapeudile. Seetõttu hinnatakse magistritöös ka haiguse väljendatuse, kestuse ja kõnnil tardumise seoseid PD-ga isikute käsitsi kirjutamise parameetritega, andes nii lisateadmisi olemasolevatele. Erinevused kirjutamise parameetrites ning nende seostes annavad lisainformatsiooni füsio- ja tegevusterapeutidele nii käeliste tegevuste hindamise kui teraapia planeerimise osas.

2. MAGISTRITÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Töö eesmärgiks on välja selgitada, millised erinevused ilmnevad käsitsi kirjutamises Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel ning kas kirjutamise parameetrid seostuvad käepigistusjõu ja vanusega ning Parkinsoni haigetel kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestusega.

Töö eesmärgist lähtuvalt püstitati järgmised ülesanded:

1. Analüüsida Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel tahvelarvuti ekraanile lause kirjutamisel ilmnevaid erinevusi valitud kirjutamise parameetrites: kirjutamise kestus, tähe kõrgus, tähe laius, keskmine ja maksimaalne kiirendus, keskmine ja maksimaalne kiirus ning keskmine ja maksimaalne pliatsiga avaldatav surve.
2. Selgitada välja, kas lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile muutuvad Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel eelmainitud kirjutamise parameetrid, kasutades selleks kirjutatud lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe analüüsi.
3. Selgitada välja, kas kirjutamise parameetrid seostuvad käepigistusjõu ja uuritavate vanusega Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel.
4. Analüüsida, kuidas seostuvad kirjutamise parameetrid kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestusega Parkinsoni tõvega isikutel.

3. UURIMISTÖÖ METOODIKA

3.1 Uuritavate kirjeldus

Uurimistöös osalesid mehed ja naised vanuses 54-84 eluaastat, kokku 23 uuritavat. Uuringus osales kaks gruppi: PD diagnoosiga uuritavad moodustasid PD grupi (n=12). PD-ta eakaaslased moodustasid kontrollgrupi (edaspidi KT, n=11). Sobivad PD grupi uuritavad kaasati vabatahtlikkuse alusel Tartu Ülikooli Kliinikumi Närvikliiniku ambulatoorse vastuvõtu ja Parkinsoni tõve seltside kaudu. KT grupi liikmed värvati Parkinsoni tõve seltside toetajaliikmete hulgast ning erinevate vanemaealiste päevakeskuste kaudu.

Uuringusse kaasamise kriteeriumiks oli vanus 50-85 eluaastat ja PD diagnoos PD grupis osalemiseks. Uuringus osalemise kriteeriumiks oli veel uuritava elukoht Tartus või selle lähedal (hindamine toimus Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi ruumides või uuritava soovi ja nõusoleku korral tema kodus) ja tõsise kognitiivse häire puudumine (hinnatuna vaimse seisundi miniuuringu (MMSE) järgi). Uuringus osalemist välistavateks kriteeriumiteks olid teised neuroloogilised haigused, traumad ülajäsemetel viimase kahe aasta jooksul ja reumatoloogilised haigused (nt reumatoidartriit) anamneesis.

Kõik uuritavad täitsid küsimustiku, millega hinnati nende toimetulekut käelist tegevust nõudvate tegevustega ja koguti asjasse puutuvat taustainformatsiooni. PD-ga uuritavate küsimustikus esines täpsustavaid küsimusi PD kulu ja avaldumise kohta. Kognitsiooni taseme kohta koguti infot läbi MMSE testi sooritamise.

MMSE küsimustik hindab uuritavate kognitiivset funktsiooni ning seda kasutatakse laialdaselt vanemaealistel. MMSE annab infot tähelepanu, mälu, keele ja orienteerumisvõime kohta. Küsimustik koosneb 11-st küsimusest, maksimaalne skoor on 30 punkti. Küsimustikku kasutatakse kognitiivsete häirete nagu mälu ja intellekt hindamiseks. Koguskoor alla 24 punkti viitab tõsisele kognitiivse funktsiooni langusele (Folstein et al., 1975).

Uuritavate vanus, sooline koosseis, käelisus ja MMSE uuringu skoor on välja toodud tabelis 1. PD uuritavate keskmine haiguse kestus oli uuritavate sõnul $10,4 \pm 8,0$ aastat ja nad osalesid uuringus *on*-faasis, mis tähendab, et nad olid hiljuti ravimit manustanud ja see tagas optimaalse sooritusvõime. PD-ga uuritavatel oli haigusest enam haaratud kehapooleks seitsme uuritava sõnul 12-st (58,3%) vasak kehapool. Seega viiel uuritaval 12-st (41,7%) oli rohkem haaratud parem kehapool.

Kõik uuritavad nii KT kui PD grupis olid paremakäelised ning nende emakeeleks oli eesti keel. PD grupi uuritavad ei erinenud üksteisest statistiliselt olulisel määral vanuse ega MMSE hindamiskaala tulemuste osas ($p > 0,05$).

Tabel 1. Uuritavate vanus, sooline koosseis ja MMSE skoor (keskmine \pm standardhälve)

Tunnus	PD (n=12)	KT (n=10)
Vanus (a)	72,3 \pm 8,9	71,8 \pm 9,1
Naine (%)	6 (50%)	6 (60%)
Mees (%)	6 (50%)	4 (40%)
MMSE	27,6 \pm 2,7	27,8 \pm 1,5

n – valimi suurus, PD – Parkinsoni tõvega uuritavate grupp, KT – kontrollgrupp, % – protsent, MMSE – vaimse seisundi miniuuring

3.2 Uuringu korraldus

Käesoleva magistritöö andmed on kogutud osana suuremast uuringust, mis käsitleb PD-ga uuritavate käelist võimekust ja käekirja võrdluses PD-ta uuritavatega. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega (protokoll nr 275T-9, 20.11.2017) ja läbi viidud 2017. aasta novembrikuust 2019. aasta maikuuni. Testimine toimus uuritavate jaoks ühel korral.

Uuringu käigus viidi läbi neuroloogiline hindamine, täideti erinevaid küsimustikke ja teste. Sealhulgas teostati antropomeetriline mõõtmine, ülajäsemete aktiivse liigesliikuvuse ja käepigistusjõu mõõtmine, erinevate käeliste tegevuste soorituse ajalise kestuse ja teatud funktsionaalsete testide (nt *Times up and go*, *Four square step test* jt) hindamine. Uuringus osalejad vastasid uuritava küsimustikule, andes nii subjektiivse hinnangu oma elukvaliteedile, toimetulekule käeliste tegevustega ja üldisele tervislikule seisundile.

Uuritavad sooritasid nn tahvelarvuti katse, mis hõlmas lause kirjutamist ja erinevaid lühikesi teste (nt numbrite kirjutamine 0st 9-ni, spiraali joonistamine, mustri kopeerimine). Uuritavad said vajadusel teha testide vahel puhkepause, täiendavat infot ning tagasisidet. Käesoleva magistritöö põhiandestik pärineb tahvelarvuti katse ühel osal, täpsemalt lause kirjutamise andmete analüüsil ning töö aluseks olev metoodika on täpsemalt välja toodud järgmises alapeatükis. Käesoleva töö autori panuseks oli tahvelarvutile lause kirjutamisel kogutud andmete korrastamine, andmeanalüüsi teostamine, tulemuste tõlgendamine ja analüüs antud magistritööle seatud eesmärgi kontekstis.

Uuringus osalejad allkirjastasid uuringus osalemise nõusolekulehe, milles neid informeeriti uuringu olemusest ja andmete kasutusest. Uuringu käigus kogutud andmed olid konfidentsiaalsed. Saadud andmeid kasutati vaid teadustöö huvides ja avaldati selliselt, et uuringus osalejate anonüümsus on tagatud. Uuringus osalemine oli vabatahtlik, selle eest ei makstud tasu ja vaatlusalustel oli võimalik uuringus osalemine katkestada mistahes ajahetkel.

3.3 Uurimistöö meetodid

3.3.1 Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel

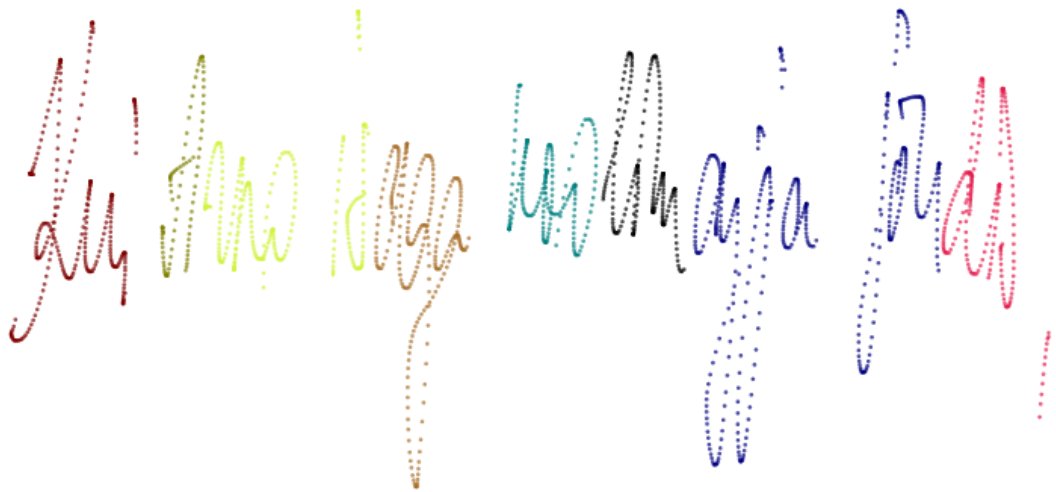
Kirjutamise uurimist teostati tahvelarvuti abil, testimine võttis aega umbes 15 minutit ning teostati ühel korral. Antud uuringus kasutati tahvelarvutit iPad Pro (2016) ekraanisuurusega 9.7“, milles uuritav sooritas ülesandeid puutetundliku *Apple pen`i* abil. Tahvelarvutis kasutati operatsioonisüsteemi iOS ja tarkvaraprogrammi MeDiag. Uuritav istus katse ajal laua taga seljatoega toolil, jalad põrandale toetatud, kehatüve anteriorne osa vastu laua serva (või mõni cm eemal) ning käed ja küünarvarred toetatud lauale. Esmalt sisestas uurija testitava isikut tuvastada mitte võimaldava koodi tahvelarvutisse, et läbi viia andmete kogumist ja töötlemist isikustamata kujul ning asetas tahvelarvuti uuritava ette lauale.

Nagu eelnevalt öeldud, hõlmas tahvelarvuti katse erinevate igapäevaelus ette tulla võivate tegevuste matkimist tahvelarvuti ekraanil elektroonse pliiatsi abil. Antud magistritöös analüüsiti liitlause „Kui Arno isaga koolimajja jõudis, olid tunnid juba alanud“ andmeid.

Andmed kirjutamise kohta saadeti seadme poolt koheselt „pilve“, et hiljem oleks võimalik neid täpsemalt analüüsida. Kirjutamise ajal registreeris tahvelarvuti kuni 200 korda sekundis puutetundliku pliiatsi tipu koordinaadid ja ekraanile avaldatava surve. Iga punkti kohta saab fikseerida ülitäpselt sellele vastava ajahetke parameetrid. Joonisel 1 on näidatud, kuidas uuritavate poolt kirjutatud lause iga täht on tarkvaraprogrammis punktideks jaotatud.

Antud magistritöö andmete analüüs põhineb Tallinna Tehnikaülikoolis 2019. aastal kaitstud magistritöös välja töötatud meetodikal, mis võimaldab saada detailset infot iga eeltoodud lauses esineva tähe kohta eraldi ning kogu lause kohta tervikuna (lauses 48 tähte) (Netšunajev A, 2019). Et käesoleva magistritöö maht on piiratud, sai tuginedes teaduskirjandusele välja valitud eeldatavalt informatiivsemad parameetrid: kestus (ingl *duration*), kõrgus (ingl *height*), laius (ingl *width*), keskmine ja maksimaalne kiirendus (ingl *acceleration mean* ja *extrema*), keskmine ja maksimaalne kiirus (ingl *velocity mean* ja *extrema*) ning keskmine ja maksimaalne surve (ingl *pressure mean* ja *extrema*). Maksimaalse all peetakse silmas kõige maksimaalsemat väärtust, mida uuritav lause kirjutamise jooksul kiiruses, kiirenduses ja tahvelarvutile avaldatavas surves demonstreeris.

Kestus tähendab ajalisi intervalli tähe esimese ja viimase punkti vahel (Netšunajev et al., 2021). Lause kontekstis kasutati antud magistritöös kõigi lauses esinevate tähtede kestuste summat. Kiirus näitab, kui palju muutub pliiatsi asukoht ajaühikus. Kiirenduse parameeter näitab kiiruse muutumist ajaühikus (Drotár et al., 2016).



Joonis 1. Illustreeriv näide, kuidas tarkvaraprogramm jaotas uuritava poolt kirjutatud lause iga tähe punktideks.

Kogu lauset iseloomustavad näitajad on iga tähe vastava parameetri tulemuste summa jagatis tähtede arvuga (48 tähte, s.o lause keskmine antud parameetrite osas), v.a lause kirjutamise kestus, mille puhul jagamistehet ei toimunud. Kuue parameetri (keskmine ja maksimaalne kiirendus, kiirus ja surve) puhul on arvutiprogrammi poolt genereeritud tulemused antud magistritöös jagatud läbi vastavalt arvudega 10^7 , 10^3 ja 10^{-3} et väärtused oleksid kergemini hoomatavad.

3.3.2 Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel

Magistritöö andmeanalüüsiks kasutati lisaks kogu lause kirjutamist iseloomustavatele parameetritele samu parameetreid eraldi (välja arvatud maksimaalne kiirus, kiirendus ja surve) ka ühe tähe kontekstis. Nimetatud parameetrid on välja toodud metoodika eelmises alapunktis.

Tähepõhine analüüs otsustati ette võtta põhjusel, et kirja väiksemaks muutumine (mikrograafia) on teadaolevalt üheks PD-le iseloomulikuks tunnuseks, kuid tähe suuruse kõrval pole autorile teadaolevalt kirjutamise teisi parameetreid nii detailselt tähe kirjutamise kontekstis senistes töodes analüüsitud. Uuritavate poolt kirjutatud lause andis analüüsiks suurepärase võimaluse seepärast, et nii lause algusest kui ka lõpust sama kaugel paiknes sama täht, täpsemalt „u“. See on uudne aspekt, sest annab võimaluse analüüsida, kas ja millised muutused esinevad sama tähe puhul lause kirjutamise jooksul.

Uurimistöö tulemuste osas on lause teiseks täheks olev „u“ täht tähistatud kui 1U, lause eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe jaoks kasutatakse tähistust 2U. Nagu eelnevalt välja toodud,

jagati ka „u“ tähe puhul parameetrite keskmine kiirendus, kiirus ja surve tulemused läbi vastavalt arvudega 10^7 , 10^3 ja 10^{-3} .

3.3.3 Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel

Alapeatüki pealkirjas nimetatud seoste analüüsimiseks hinnati esmalt uuritava käepigistusjõudu, mida määrati isomeetrilise käedünamomeetriga CAMRY. Käepigistusjõudu hinnati sarnaselt Martin et al. (2015) uuringule. Dünamomeetri käepideme asend reguleeriti sobivaks vastavalt uuritavale. Käepigistusjõu mõõtmiseks istus uuritav toolil, käsi küünarliigesest painutatud 90° nurga all. Uuritaval paluti dünamomeetrit pigistada maksimaalse jõuga. Kummagi käega sooritati kolm katset üheminutiliste puhkepausidega. Hiljem arvutati välja kolme katse keskmised tulemused edasise andmeanalüüsi jaoks. Antud magistritöös kasutati andmeanalüüsis parema (s.o uuritava domineeriva) käe pigistusjõu tulemusi. Oma vanuse ütles uuritav ise.

3.3.4 Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel

Kõiki antud alapeatüki pealkirjas nimetatud seoseid analüüsiti vaid PD-ga uuritavatel, sest kõnnil tardumist ja haigust iseloomustavaid aspekte pole KT grupi liikmetel võimalik fikseerida. Kõnnil tardumist hinnati FOG (*Freezing of Gait*) küsimustiku abil. Kõnnil esineva tardumisküsimustiku eestikeelne versioon on välja toodud Lisas 2. Küsimustik hindab kõnnil tardumist, selle esinemissagedust ning kõnnil esinevaid muutusi. Antud küsimustik on enesehinnanguline ja koosneb kuuest küsimusest, kus vastuseid on võimalik anda viiepunktsel skaalal, varieerudes nullist neljani. Null tähistab normaalset seisundit, neli viitab tõsisemale tardumisele. Maksimaalne skoor on 24 punkti (Giladi et al., 2009). Andmeanalüüsiks kasutati antud küsimustiku koguskoori.

Haiguse väljendatuse all mõeldakse antud töö kontekstis PD uuritavate haiguse tõsidust hinnatuna MDS-UPDRS-i koguskoori ja H&Y skaala abil fikseeritud PD staadiumi järgi. Lisaks selgitati vestluse käigus välja PD kestus. Kuna PD näol on tegu progresseeruva haigusega (Poewe et al., 2017), siis haiguse kestus võib mõjutada haiguse väljendatust.

MDS-UPDRS on PD-ga isikute seisundi hindamiseks kasutatav küsimustik, mis koosneb neljast osast (täpsem osade kirjeldus kirjanduse ülevaate peatükis). Kõikidel küsimustel on vastusevariandid nullist neljani, kust null tähistab normaalset seisundit, neli rasket häiret (Goetz et al., 2008). Andmeanalüüsiks kasutati antud töös skaala koguskoori.

H&Y skaala on välja töötatud PD-ga patsientide seisundi hindamiseks ja haiguse progresseerumise jälgimiseks (Hoehn & Yahr, 1967). Skaala üldiseloomustus on välja toodud kirjanduse ülevaate peatükis. Käesolevas uuringus kasutati modifitseeritud skaalat, kus lisaks viiele staadiumile on välja toodud vahestaadiumid 1,5 ja 2,5. Andmeanalüüsiks kasutati haiguse staadiumit, mis fikseeriti uuritava neuroloogilisel hindamisel.

3.4 Andmete statistiline analüüs

Uurimistöös andmete statistiliseks analüüsiks kasutati Microsoft Excel 2019 tabelarvutusprogrammi ja statistikaprogrammi IBM SPSS Statistics 27.0. Parameetrite osas arvutati aritmeetiline keskmine ja selle standardhälve. Andmete normaaljaotust kontrolliti *Shapiro-Wilk* testiga. Normaaljaotusega andmete statistiliselt olulist erinevust hinnati *Independent Student t*-testi abil ja normaaljaotuse puudumise korral kasutati *Mann-Whitney U* testi. Korrelatsioonanalüüs sooritati andmete normaaljaotuse korral *Pearson*'i korrelatsioonitestiga, andmete normaaljaotuse puudumisel kasutati *Spearman's rho* testi. Minimaalseks statistilise olulisuse nivooks loeti $p < 0,05$.

4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

4.1 Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel

Tabelis 2 on välja toodud kirjutamise parameetrid kogu lause keskmise näitaja osas. PD grupi uuritavate maksimaalne kiirus ja kiirendus kogu lause kirjutamisel oli statistiliselt olulisel määral aeglasem KT grupi uuritavate omast ($p < 0,05$).

Tabel 2. Kogu lause kirjutamise keskmised näitajad PD ja KT grupil (keskmine \pm standardhälve)

Parameeter	PD (n=12)	KT (n=11)
Kestus	36,9 \pm 6,6	40,2 \pm 8,6
Kõrgus	31,5 \pm 8,9	35,3 \pm 8,8
Laius	44,9 \pm 21,2	55,7 \pm 18,3
Keskm kiirendus	27 \pm 9,2	31 \pm 15
Keskm kiirus	16,5 \pm 6,3	19,5 \pm 9,0
Keskm surve	1,7 \pm 0,74	1,8 \pm 1,0
Max kiirendus	16,4 \pm 7,1*	31,5 \pm 17,7
Max kiirus	13,8 \pm 8,1*	18,0 \pm 8,2
Max surve	11,4 \pm 14,4	6,7 \pm 14,1

PD – Parkinsoni tõvega uuritavate grupp, KT – kontrollgrupp, n – valimi suurus, keskm – keskmine, max – maksimaalne, * – statistiliselt oluline erinevus kogu lause kirjutamises PD ja KT uuritavatel nivool $p < 0,05$.

4.2. Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel

Analüüsid lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise parameetreid PD ja KT uuritavatel, selgus, et PD grupi kiirendus 1U kirjutamisel oli statistiliselt olulisel määral suurem võrreldes KT grupiga ($p < 0,05$). 2U kirjutamisel PD ja KT grupi vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud ($p > 0,05$).

Tabelis 3 on esitatud lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise võrdlus PD uuritavatel. Vaadeldes lause teiseks ja eelviimaseks täheks olevat „u“ tähte grupisiselt, selgus, et PD-ga uuritavad kirjutasid 1U statistiliselt oluliselt aeglasemalt ja suurema kõrgusega kui 2U ($p < 0,05$).

Tabel 3. Lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise võrdlus PD uuritavatel (keskmine ± standardhälve)

Parameeter	PD 1U	PD 2U
Kestus	0,7±0,4*	0,5±0,4
Kõrgus	37,3±24,9*	22,7±13,3
Laius	43,3±26,3	34,4±15,5
Keskm kiirendus	26±18	31±20
Keskm kiirus	15,7±10,3	19,0±11,9
Keskm surve	3,4±3,6	7,8±8,3

Keskm – keskmine, PD – Parkinsoni tõvega uuritavate grupp, 1U – lause teiseks täheks olev „u“ täht, 2U – lause eelviimaseks täheks olev „u“ täht, * – statistiliselt oluline erinevus PD uuritavatel lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamises nivool $p < 0,05$.

Tabelis 4 on välja toodud lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise võrdlus KT uuritavatel. Tulemustest selgus, et 1U kirjutati suurema kõrgusega kui 2U ($p < 0,01$). Lisaks olid KT grupi uuritavate kirjutamise keskmine kiirus ja kiirendus 1U kirjutamisel väiksemad kui 2U kirjutamisel ($p < 0,05$).

Tabel 4. Lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise võrdlus KT uuritavatel (keskmine ± standardhälve)

Parameeter	KT 1U	KT 2U
Kestus	1,3±1,3	0,5±0,3
Kõrgus	42,6±17,7**	24,1±9,1
Laius	63,5±50,4	46,5±36,8
Keskm kiirendus	14±11*	33±20
Keskm kiirus	12,2±8,3*	20,6±11,6
Keskm surve	13±21	11±7,4

Keskm – keskmine, KT – kontrollgrupp, 1U – lause teiseks täheks olev „u“ täht, 2U – lause eelviimaseks täheks olev „u“ täht, * – statistiliselt oluline erinevus KT uuritavatel lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamises nivool $p < 0,05$. ** – statistiliselt oluline erinevus KT uuritavatel lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamises nivool $p < 0,01$.

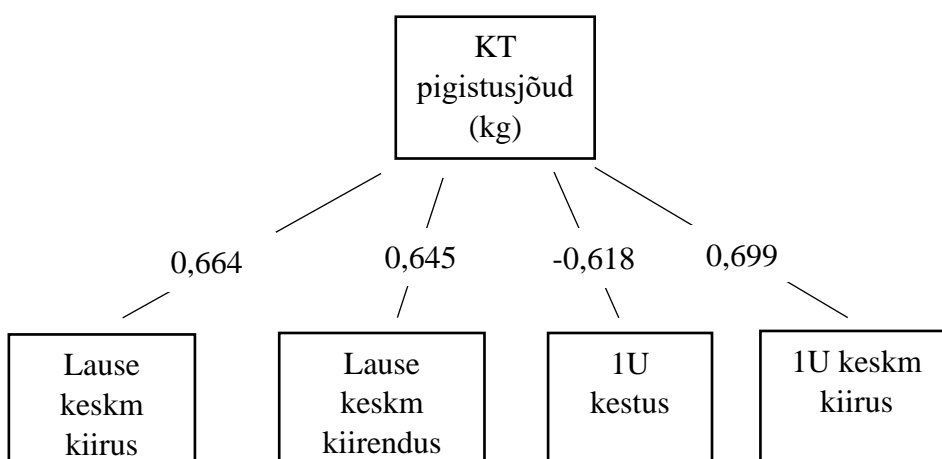
4.3. Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel

PD grupis oli keskmine parema käepigistusjõud $28,2 \pm 12,9$ kg, KT grupis $31,5 \pm 14,7$ kg. PD ja KT grupi vahel parema käe pigistusjõus statistiliselt olulist erinevust ei esinenud ($p > 0,05$).

Joonisel 2 on plokk skeemina välja toodud KT grupi statistiliselt olulised seosed. Seostest KT grupi uuritavate parema käe pigistusjõu ja kogu lause kirjutamise parameetrite vahel selgus, et mida suurem oli parema käe pigistusjõud, seda suurem oli keskmine kiirus ja kiirendus kogu lause kirjutamisel ($p < 0,05$).

Mida suurem oli parema käe pigistusjõud, seda lühem oli 1U kirjutamise kestus ja suurem 1U keskmine kirjutamise kiirus KT grupis ($p < 0,05$). KT grupi uuritavatel puudusid statistiliselt olulised seosed domineeriva käe pigistusjõu ja vanuse vahel ($p > 0,05$).

PD uuritavate olulised seosed kirjutamise parameetrite ning käepigistusjõu ja vanuse vahel on välja toodud joonisel 3. Tulemustest järeldub, et mida suurem oli domineeriva käe pigistusjõud, seda suurem oli kogu lause maksimaalne kiirendus ($p < 0,05$). Mida kõrgem oli uuritava vanus, seda aeglasem oli kogu lause maksimaalne kirjutamise kiirus ($p < 0,01$).



Joonis 2. Statistiliselt oluliste ($p < 0,05$) korrelatiivsete seoste plokk skeem kontrollgrupi uuritavatel. Korrelatiivsed seosed kirjutamise parameetrite ning käepigistusjõu vahel. $|r| \geq 0,618$. Kg – kilogramm, keskm – keskmine, 1U – lause teiseks täheks olev „u“ täht.

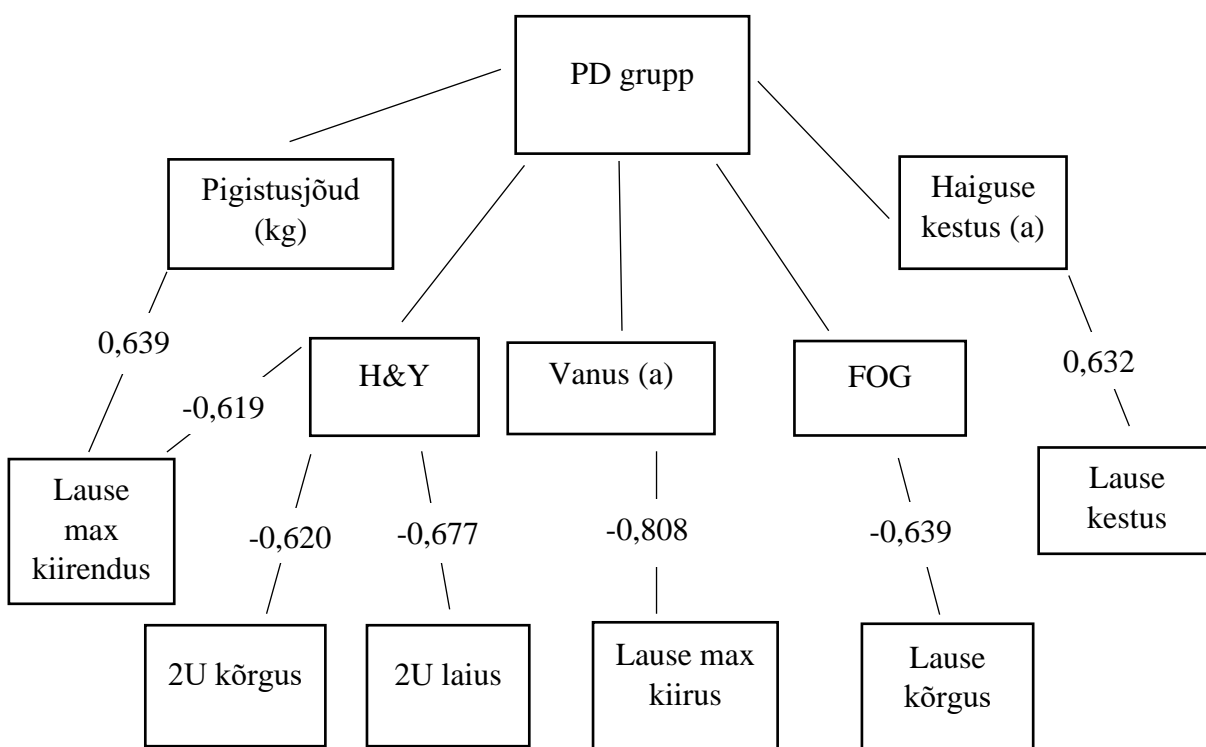
4.4. Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel

PD uuritavate keskmine tardumisküsimustiku koguskoor oli $7 \pm 4,4$. PD uuritavate keskmine MDS-UPDRS koguskoor oli $65,8 \pm 16,7$. H&Y skaala keskmine tulemus PD-ga uuritavatel oli $2,3 \pm 0,4$. Uuritavate tulemused kuulusid H&Y skaalal vahemikku kaks kuni

kolm, mis tähistab haiguse keskmist raskusastet, kus esineb kahepoolne haaratus, kuid patsiendid on füüsiliselt iseseisvad.

PD uuritavate olulised seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse (MDS-UPDRS, H&Y skoorid) ja vanuse vahel on lisatud joonisele 3. Tulemustest selgus, et lause keskmine kõrgus oli negatiivselt korreleeritud tardumisküsimustiku koguskooriga, viidates, et mida väiksem oli kirjutamisel tähekõrgus, seda kõrgem oli tardumisküsimustiku skoor ($p < 0,05$). Haiguse kestuse ja kogu lause kirjutamise kestuse vahel esines statistiliselt oluline korrelatsioon ($p < 0,05$), mille järgi mida pikem oli haiguse kestus, seda pikem oli kogu lause kirjutamisele kuluv aeg. Lisaks tuli välja oluline seos H&Y skoori ja lause maksimaalse kiirenduse vahel, mille järgi mida kõrgem oli H&Y skoor, seda väiksem oli lause maksimaalne kiirendus ($p < 0,05$).

„U“ tähe kirjutamise osas saab välja tuua järgmist: mida kõrgem oli H&Y skoor, seda madalam ja kitsam oli 2U ($p < 0,05$). MDS-UPDRS koguskoori ja kirjutamise parameetrite vahel statistiliselt olulisi seoseid ei esinenud ($p > 0,05$).



Joonis 3. Statistiliselt oluliste ($p < 0,05$) korrelatiivsete seoste plokkskeem Parkinsoni tõvega uuritavatel. Korrelatiivsed seosed kirjutamise parameetrite ning käepigistusjõu, vanuse, haiguse väljendatuse ja kõnnil tardumise vahel. $|r| \geq 0,619$. Kg – kilogramm, FOG – kõnnil tardumine, a – aasta, H&Y – Hoehn & Yahr, max – maksimaalne, 2U – lause eelviimaseks täheks olev „u“ täht.

5. ARUTELU

5.1 Erinevused valitud kirjutamise parameetrites lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile PD ja KT uuritavatel

Kirjutamine on kompleksne tegevus, mis hõlmab tegevuste planeerimist, programmeerimist, järjekorda seadmist, algatamist ja täide viimist (Contreras-Vidal & Stelmach, 1995).

Teaduskirjanduse põhjal on soovitatud, et kirjutatav tekst peaks olema lihtne ja uuritavatele tuttav, ilma keeruliste ja tundmatute sõnadeta, et keskenduda puhtalt kirjutamise protsessile. Lisaks ei tohiks olla kirjutamisülesanne väga mahukas, mis eeldab teksti kopeerimist või ette dikteerimist, sest see nõuab kognitiivsete protsesside rakendamist. Kirjutamine peaks toimuma võimalikult lähedastes tingimustes nagu pliiatsiga paberile kirjutamine (Letanneux et al., 2014).

Ka antud magistritöös kasutati samasugust lähenemist, kus paluti uuritavatel kirjutada üks lause, mis on enamasti tuttav juba koolieast (Netšunajev et al., 2021). Lisaks annab lause kirjutamine võimaluse käekirjas esinevatel muutustel selgemini väljenduda, sest analüüsitava materjali on rohkem (Drotár et al., 2016; Mucha et al., 2018a).

Käesoleva uuringu tulemustest selgus, et PD grupi uuritavate maksimaalne kiirus ja kiirendus kogu lause kirjutamisel oli statistiliselt olulisel määral aeglasem KT grupi uuritavatest. Ka Van Gemmert et al. (2003) uuringust selgus, et PD-ga uuritavate maksimaalne kiirendus silpide „lllll“ ja „lilili“ kirjutamisel oli oluliselt madalam kui tervetel eakaaslastel (Van Gemmert et al., 2003).

Sarnased tulemused selgusid Caligiuri ja kaasautorite (2006) uuringust, mille kohaselt 4 cm kirjasuurusega sõna *hello* mitu korda järjest tahvelarvuti ekraanile kirjutades oli PD-ga ja skisofreeniaga uuritavate (kellel esinesid ravimite manustamise tõttu parkinsonistlikud sümptomid) maksimaalne kirjutamise kiirus aeglasem tervete eakaaslaste omast. Uuringu autorid seletasid madalamat kiirust PD-le iseloomuliku bradükineesia esinemisega (Caligiuri et al., 2006).

Ponsen et al. (2008) uurisid värskelt PD diagnoosi saanud patsientide ja tervete eakaaslaste käekirja. Uuritavad pidid kirjutama etteantud lauset kuus korda järjest endale sobiva tempo ja suurusega tahvelarvuti ekraanile. Tulemustest selgus, et kirjutamise kiirus oli PD-ga uuritavatel statistiliselt olulisel määral aeglasem kui tervetel eakaaslastel (Ponsen et al., 2008). Käesolevas magistritöös aga keskmises kirjutamise kiiruses gruppide vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud. Eelmainitud uuringu autorid tõid välja, et nende uuringus osalenud patsiendid ei olnud varasemalt kunagi tarvitanud PD ravimeid, kuid uurides isikute käekirja,

kes on ravimi *on-* või *off-*faasis, võib see käekirjas esinevaid muutusi maskeerida ja need ei väljendu nii selgelt (Ponsen et al., 2008), mis võib osaliselt seletada antud magistritöö tulemusi.

Rosenblum ja kaasautorite (2013) uuringu tulemustest selgus, et *on-*faasis PD diagnoosiga uuritavad avaldasid nii oma nime kui aadressi kirjutades tahvelarvutile vähem survet, kirjutamise kiirus oli aeglasem ning pliatsitõmbe laius ja kõrgus olid aadressi kirjutamisel vastavalt lühem ja madalam (Rosenblum et al., 2013). Oluline on mainida, et eelnimetatud uuringus kirjutatud nimi ja aadress on eeldatavasti lühemad, kui käesolevas töös kirjutatud lause. Magistritöö autori arvates võib pikema lause kirjutamisel olla uuritavatel võimalus oma käekirja jooksvalt visuaalse tagasiside alusel korrigeerida.

Rosenblum et al. (2013) uuringus oli valim mõnevõrra suurem kui käesolevas töös – kummaski uuritavate grupis 20 uuritavat (Rosenblum et al., 2013). On võimalik, et käesoleva uuringu suurema valimi korral oleks erinevused lause kirjutamises kahe grupi vahel statistiliselt oluliseks osutunud, sest tulemused on samasuunalised nagu teaduskirjanduski. Nagu eelnevalt mainitud, siis antud töös leiti erinevus tervete ja PD-ga uuritavate vahel maksimaalses kirjutamise kiiruses ning kiirenduses – võimalik, et maksimaalne kiirus ja kiirendus on informatiivseamad keskmistest näitajatest.

5.2. Lause kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile esinevad muutused ühe tähe kontekstis valitud kirjutamise parameetrites PD ja KT uuritavatel

Käesolevas magistritöös kasutati uudset meetodikat, kus võrreldi muuhulgas lause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamist. Kirjandust analüüsid selgub, et läbi on viidud erineva meetodikaga uurimistöid. Enamasti võrreldakse PD diagnoosiga ja KT uuritavate kirjutatud lauset, silpi või tähte, kus on välja arvatud valitud parameetrite keskmine tulemus ning ühe uuritavate grupi siseselt võrdlusi ei tehta. Näiteks Rosenblum et al. (2013) uuringus vaadeldi valitud parameetri keskmist tulemust PD-ga uuritavate grupis nii nime kui aadressi kirjutamisel ja võrreldi seda kontrollgrupi keskmise tulemusega (Rosenblum et al., 2013). Eri meetodikate kasutamine teeb aga keerulisemaks tulemuste võrdlemise.

Antud magistritöö tulemustest selgus, et võrreldes PD grupi kirjutatud lause teiseks ja eelviimaseks täheks olevat „u“ tähte, selgus, et 1U oli kirjutatud statistiliselt olulisel määral pikema kestusega kui 2U ($p < 0,05$). Bidet-Ildei ja kaasautorite (2011) järgi suudavad terved isikud käekirjas jooksvaid korrekture teha väga kiiresti, seevastu PD-ga isikutel läheb selleks rohkem aega. PD-ga isikud aeglustavad või peatavad liigutuse, et saada visuaalset või propriotseptiivset tagasisidet tegevuse jätkamiseks ning neil on keerulisem keskenduda samaaegselt tegevuse jätkamisele ja planeerida edasise liigutusi (Bidet-Ildei et al., 2011). Antud

töö autor usub, et see võis olla üks põhjustest, miks antud töö kontekstis oli PD-ga uuritavatel lause alguses kirjutamise kestus pikem kui lause lõpus.

Samal ajal oli PD grupi uuritavate kiirendus 1U kirjutamisel suurem võrreldes KT grupiga ($p < 0,05$). Selle põhjuseks võib olla tõsiasi, et treemori ja/või bradükineesia esinemine muudab PD-ga isikute käekirja vähem sujuvaks, mis väljendub enamates muutustes kiiruses ja suuremas kiirenduses (Mucha et al., 2018b). Ka Yu et al. (2017) järgi on PD-ga isikute käekirjas rohkem ebaregulaarsust kui tervetel isikutel. Kõnealuse uuringu tulemustest selgus, et PD-ga uuritavad sooritasid kiiremaid liigutusi ühe pliatsitõmbe jooksul kui KT grupi ja essentsiaalse treemoriga uuritavad (Yu et al., 2017).

Sarnaseid tulemusi leidsid ka Van Gemmert et al. (2003), kelle uuringutulemuste kohaselt kirjutasid PD-ga uuritavad silpe „lllll“ ja „lilili“ väiksema keskmise kiirendusega kui KT uuritavad. Samas selgus, et kontrollgrupi uuritavate kiirendused ja aeglustused olid sümmeetrilisemad ühe pliatsitõmbe jooksul kui PD uuritavatel. PD uuritavatel esines mitu kiirendust ja aeglustust ühe tõmbe jooksul, KT uuritavatel aga üks. Uuringu autorid seletasid seda sellega, et PD-ga uuritavate võimekus adekvaatselt lihaseid aktiveerida ja nende jõudu moduleerida võib olla häirunud, mis mõjutab ka kirjutamise kiirendust (Van Gemmert et al., 2003).

Lisaks selgus käesoleva töö tulemustest, et PD uuritavatel oli 1U kirjutatud suurema kõrgusega kui lause lõpus ($p < 0,05$). Samasugune muutus esines ka KT grupi uuritavatel ($p < 0,01$), mistõttu ei saa antud muutust käesoleva töö kontekstis lugeda ainult PD-ga uuritavatele omaseks. Näiteks Smits ja kaasautorite (2014) uuringus ei märganud „e“ tähe, silbi „elelelel“ ja lause kirjutamisel PD-ga uuritavatel tähekõrguse progresseeruvat kahanemist, mis oleks statistiliselt oluline (Smits et al., 2014). Kuigi mikrograafia on sageli iseloomulik PD-le, siis käesoleva töö tulemused näitavad, et ainult kirjasuurusele keskendumine tervete ja PD-ga isikute võrdluses ei pruugi olla asjakohane.

Seevastu Yu et al. (2017) uuringust selgus, et silmuste kursiivis joonistamisel kahanes olulisel määral PD-ga uuritavate silmuste suurus ja essentsiaalse treemoriga uuritavate silmuste laius, kontrollgrupi uuritavatel muutusi ei esinenud. Uuringu autorite järgi võis kahaneva kirjasuuruse mõjutajaks olla häirunud koordinaatsioon PD-ga uuritavatel (Yu et al., 2017).

Antud magistritöö tulemused näitasid, et KT uuritavate kirjutamise kiirus ja kiirendus 1U kirjutamisel olid väiksemad kui 2U puhul ($p < 0,05$). Seega võib öelda, et KT grupi uuritavate kirjutamise kiirus ja kiirendus suurenesid kirjutades. Sarnased tulemused KT uuritavate kirjutamise kiiruse kohta tulid välja Ponsen ja kaasautorite (2008) läbi viidud uuringust. Võrreldes esimese ja viimase lause kirjutamise kiirust, kirjutasid PD uuritavad progresseeruvalt aeglasemalt, KT uuritavad aga kiiremini. (Ponsen et al., 2008).

Nagu ka käesoleva magistritöö tulemustest selgus, hõlmavad muutused PD-ga patsientide käekirjas rohkemaid aspekte kui mikrograafia ning häireid kirjutamises eri parameetrites kutsutakse kokkuvõtvalt düsgraafiaks. Häired motoorses funktsioonis nagu näiteks treemor, rigiidsus, bradükineesia ja ülajäseme tardumine võivad mõjutada käekirja kinemaatilisi aspekte nii, et käekirja suurus tingimata ei muutu. Seega võib öelda, et käekirja dünaamiliste ja kinemaatiliste aspektide hindamine on efektiivsem meetod kui ainult kirjasuuruse hindamine, et eristada PD-ga isikuid tervetest eakaaslastest ja jälgida haiguse kulgu (Letanneux et al., 2014).

5.3. Kirjutamise parameetrite seosed käepigistusjõu ja vanusega PD ja KT uuritavatel

Antud töö tulemustest selgus, et KT grupi uuritavatel esines oluline seos tugevama käepigistusjõu ning suurema kirjutamise kiiruse ja kiirenduse vahel kogu lause kirjutamisel. Kirjutamise ja käepigistusjõu seoseid on varasemalt eakatel hinnanud nt Camicioli ja kaasautorid (2015), kes leidsid, et eakad uuritavad, kelle käepigistusjõud oli madalam, avaldasid kirjutades vähem survet (Camicioli et al., 2015).

Ka Martin et al. (2015) uuringutulemustest selgus, et tugevam käepigistusjõud oli seotud edukama sooritusega käteosavust nõudvate testide sooritamisel keskealiste ja vanemate uuritavate hulgas. Uuringu autorite kohaselt oli kiirete, koordineeritud ja eesmärgipäraste tegevuste sooritamise efektiivsus rohkem mõjutatud käepigistusjõust kui vanusest. Lisaks spekuleerisid uuringu autorid, et tugevam käepigistusjõud resulteerub stabiilsemas lihastöös, mis tagab sujuvamad ja kiiremad liigutused (Martin et al., 2015). Käesoleva töö autori arvates võib eelnimetatu aidata selgitada magistritöö tulemusi, kus KT grupi uuritavatel esinesid olulised seosed tugevama käepigistusjõu ning lause teiseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise lühema kestuse ja suurema kirjutamise kiiruse vahel ning PD uuritavatel tugevama käepigistusjõu ning suurema maksimaalse kiirenduse vahel lause kirjutamisel.

Antud töö tulemustest selgus, et PD grupi uuritavate kõrgem vanus seostus aeglasema maksimaalse kirjutamise kiirusega kogu lause kirjutamisel. Caligiuri et al. (2006) uuringutulemustest selgus samuti, et vanemaealistel PD-ga uuritavatel oli käekiri tugevamalt häirunud kui noortel PD-ga ja kontrollgrupi uuritavatel. Autorid tõid välja, et vanus ja haigus kokku võivad tugevamalt motoorset funktsiooni mõjutada kui ainult üks eelnimetatutest (Caligiuri et al., 2006).

Rosenblum & Werner (2006) uuringus hinnati tervete vanemaealiste isikute käekirja. Selgus, et kõrgem vanus oli seotud aeglasema kirjutamise kiiruse ja pikema sooritusajaga ning eakamad uuritavad avaldasid tahvelarvutile vähem survet (Rosenblum & Werner, 2006). Antud töös KT uuritavatel olulisi seoseid kirjutamise parameetrite ja vanusel vahel ei esinenud.

Uuringu autorid spekulatsioonid, et kirjutamise kiirust mõjutab, kas kirjutatav tekst on uuritavatele tuttav või mitte. Kui eelmainitud uuringus kirjutasiid uuritavad näiteks etteantud poenimekirja ja telefoninumbri, siis käesolevas töös kirjutasiid uuritavad lause, mida olid varasemalt korduvalt kuulnud ja võib-olla ka ise kirjutanud.

5.4. Seosed kirjutamise parameetrite ning kõnnil tardumise, haiguse väljendatuse ja kestuse vahel PD-ga uuritavatel

Antud magistriritööst selgus, et mida kõrgem oli uuritava tardumisküsimustiku skoor, seda madalam oli käekirja kõrgus kogu lause kirjutamise osas. Ka teaduskirjanduse kohaselt on kõnnil tardujate käekiri tugevamalt häirunud. Bartels ja kaasautorid (2003) uuringutulemustest selgus, et *on*-faasis PD-ga uuritavatel esines oluline seos kõnnil tardumise sageduse ja UPDRS käekirja hindava alapunkti vahel (Bartels et al., 2003). Antud uuringus ei hinnatud käekirja detailsemalt ja seetõttu ei toodud välja, millised seosed kõnnil tardumise ja käsitsi kirjutamise parameetrite vahel esinesid.

Heremans et al. (2016) ja Heremans et al. (2015) viisid läbi kaks sarnase ülesehitusega uuringut, kus uuritavad jaotati kolme gruppi: terved eakaaslased, PD-ga uuritavad, kellel esineb kõnnil tardumine ja PD-ga uuritavad, kellel kõnnil tardumist ei esine (Heremans et al., 2016; Heremans et al., 2015).

Mõlema eelmainitud uuringu tulemustest selgus, et kõnnil tardujate käekiri on tugevamalt häirunud kui PD-ga uuritavatel, kellel kõnnil tardumist ei esine. Kõnnil tardujad kirjutasiid statistiliselt oluliselt väiksema kirjasuurusega kõikide ülesannete puhul. Heremans ja kaasautorite (2016) järgi võivad kõnnil tardujatel esinevad motoorsed probleemid viidata laiemale motoorse kontrolli defitsiidile järjestikuse tegevuse sooritamisel (nt käsitsi kirjutamine ühtlase kirjasuurusega), mis võib peegelduda ka teistes igapäevaelu tegevustes (Heremans et al., 2016). Käesoleva magistriritöö autor on seisukohal, et eelnimetatu tõttu on ka füsioterapeutid oluline PD-ga patsientide kõnnil tardumist hinnata ja vajadusel tardumisega teraapiaprotsessi vältel tegeleda, et seeläbi parandada patsientide iseseisvust ja hakkama saamist igapäevaelu tegevustega.

Antud magistriritöö tulemustes esines statistiliselt oluline positiivne seos haiguse kestuse ja lause kirjutamisele kuluva aja vahel. Mucha et al. (2018b) uuringutulemustest selgus aga, et statistiliselt olulised seosed esinesid PD pikema kestuse ja spiraali joonistamise suurema kiiruse ja kiirenduse vahel. Uuringu autorid seletasiid seda sellega, et haiguse progresseerudes muutub käekiri rigiidsuse, treemori ja/või bradükineesia tõttu hüplikumaks ja ebaregulaarsemaks, mis väljendub hoopis suuremates kiirenduse väärtustes. Mucha ja kaasautorid (2018b) spekulatsioonid, et kindla liigutuse perioodilise kordamise ülesanne nagu nt spiraali joonistamine,

võib olla informatiivsem kui tavapärase kirjutusülesande hindamine (Mucha et al., 2018b). Et ka antud uuringus osalejad teostasid spiraali joonistamist, saab nendega edaspidi vastavasisulise võrdleva analüüsi teostada.

Ootuspäraselt esines käesolevas töös statistiliselt oluline seos H&Y skaala kõrgema tulemuse ning lause lõpus asuva „u“ tähe kitsama ja madalama kirjutamise vahel. Ka Zham ja kaasautorite (2017) uuringu tulemustest selgus, et statistiliselt oluline seos esines kõrgema H&Y skaala tulemuse ja aeglasema etteantud punktide ühendamisel tekkiva spiraali joonistamise kiiruse vahel (Zham et al., 2017). Sarnased seosed ilmnesisid ka Mucha et al. (2018b) uuringust, mille tulemuste kohaselt esines oluline negatiivne seos korduva tähe „l“ ja silbi „le“ kirjutamise kiiruse ning H&Y skaala vahel (Mucha et al., 2018b).

Käesolevas töös esines oluline negatiivne seos H&Y skoori ja lause maksimaalse kiirenduse vahel. Mucha et al., (2018b) uuringus seostus aga kõrgem H&Y skoor suurema keskmise kiirendusega silmuste joonistamisel. Küll aga ei olnud uuringus välja toodud maksimaalse kiirenduse väärtust (Mucha et al., 2018b). Kuid nagu eelnevalt mainitud, siis teaduskirjanduse põhjal on PD-ga uuritavate maksimaalne kiirendus madalam tervetest eakaaslastest ning käesoleva töö autori arvates võib see aidata seletada ka seost H&Y skaala kõrgema tulemuse ja lause madalama maksimaalse kiirenduse vahel.

Antud magistritöös olulisi seoseid kirjutamise parameetrite ja MDS-UPDRS koguskoori vahel ei esinenud. Eelmainitud Caligiuri ja kaasautorite (2006) uuringus esines aga negatiivne seos PD-ga uuritavatel UPDRS III osa ehk mootorika hindamise ja 4 cm kirjasuurusega kirjutamise maksimaalse kiiruse vahel. Uuringu autorid tõid välja, et kirjutamise kiiruse aeglustumine PD-ga uuritavatel ilmnes eriti 4 cm kirjutades ja spekulatsioonid, et suurema kirjasuurusega kirjutamine eeldab ülajäseme proksimaalse osa enam kaasamist. See omakorda võib uuringu autorite järgi viidata, et PD korral esineb suurem defitsiit just ülajäseme proksimaalses osas (Caligiuri et al., 2006). Viimati mainitu on võimalik, sest ka rigiidsus väljendub PD korral tüüpiliselt enam aksiaalselt/proksimaalselt, kuid vajalikud on täiendavad uuringud.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et teaduskirjanduse põhjal on haiguse raskusaste seotud käsitsi kirjutamisega, kus haigusest enam haaratud patsientidel esinevad käekirjas selgemad muutused. Samasugused tulemused selgusid ka käesolevast magistritööst. Erinevatest uuringutest selguvad aga mitmesugused tulemused selle kohta, milline aspekt käsitsi kirjutamises on enim häirunud.

5.5. Uuringu tugevused, limiteerivad tegurid ja edasiste uuringute soovitus

Uuringu peamiseks limiteerivaks faktoriks võib lugeda vaatlusaluste väikest arvu. Lisaks analüüsi antud magistritöös vaid teatud kirjutamise parameetreid, näiteks ei käsitletud käekirja sujuvust ning *jerk* parameetriga seotud andmeid. Antud uuringus osalesid PD-ga uuritavad, kelle haigus oli H&Y skaala järgi vähesel või mõõdukal määral väljendunud. Seega võiksid edasised uuringud hõlmata suuremat uuritavate arvu, rohkemaid kirjutamise parameetreid ja erineva haigusväljendatusega PD-ga vaatlusaluseid.

Mikrograafiat võib kirjanduse järgi jaotada kahte kategooriasse: pidev mikrograafia, mida iseloomustab üldine tähtede väiksus võrreldes patsiendi käekirjaga enne PD algust. Teiseks on progresseeruv mikrograafia, mida iseloomustab käekirja järk-järguline kahanemine kirjutamise ajal (Wu et al., 2016). Käesolevas töös ei analüüsitud, kas ja kumb mikrograafia uuritavatel esines, kuid edasiste uuringute korral oleks huvitav analüüsida nii pideva kui progresseeruva mikrograafiaga patsiente eraldi gruppina.

Uuringu tulemusi võis mõjutada ka see, et PD-ga uuritavatest seitsme uuritava sõnul 12-st oli haigusest enam haaratud (58,3%) vasak kehapool. Seega viiel uuritaval 12-st (41,7%) oli rohkem haaratud parem kehapool. Kõik uuritavad olid aga paremakäelised. Tulevikus oleks huvitav uurida eraldi kahte gruppi, kus ühes oleksid uuritavad, kelle haigusest enam haaratud kehapool on ka domineerivaks kehapooliks. Teises grupis aga uuritavad, kelle haigusest vähem haaratud kehapool on domineeriv pool. Samas, arvestades, et kõigil uuritavatel oli PD väljendunud mõlemat kehapoolt haaravana, oli kirjutamiseks kasutatav domineeriv kehapool kindlasti ka haigusest haaratud ning võrdlus KT grupiga on asjakohane.

Kirjanduse andmetel peetakse mikrograafia raskusastet mõjutavaks faktoriks PD raskusastet ja kognitsiooni taset (Wagle Shukla et al., 2012). Kirjutamise kiirust võib mõjutada ka haridustase, kus kõrgemalt haritud isikud on harjunud rohkem kirjutama ning seeläbi on ka nende kirjutamise kiirus suurem (Camicioli et al., 2015). Käesolevas töös ei võetud arvesse uuritavate kognitsiooni ja hariduse taset, kuid tulevikus oleks põnev analüüsida, kas ja millisel moel mõjutab see käsitsi kirjutamist.

Uuringu tugevuseks võib pidada teema uudsust ja meetodika kasutamist, mis analüüsib, millised muutused toimuvad käsitsi kirjutamise ülesande kestel PD-ga isikutel ja tervetel eakaaslastel ning võrreldes lause teiseks ja eelviimaseks täheks olevat „u“ tähte.

Tulemustest selgusid seosed kõnnil tardumise ja käsitsi kirjutades lause kõrguse vahel, mis viitab sellele, et Parkinsoni tõvega isikutel, kellel esineb kõnnil tardumine, võib käekiri olla tugevamalt häirunud. See võib olla väärtuslikuks teadmiseks PD-ga patsientidega töötavatele spetsialistidele nii kõnnil tardumise kui käsitsi kirjutamise hindamise osas. Ka kirjanduses on

rõhutatud, et füsioterapeut võiks hinnata PD-ga patsientide käsitsi kirjutamist, et selgitada efektiivsemalt välja ja tegeleda teraapias probleemidega, mis ülajäsemega seoses esinevad (Heremans et al., 2016). Lisaks selgus, et esinevad seosed käepigistusjõu ja kirjutamise parameetrite vahel tervetel isikutel, mis võib anda lisateadmisi eakate patsientidega töötavatele spetsialistidele.

6. JÄRELDUSED

1. Tahvelarvuti ekraanile liitlause kirjutamisel erinevad Parkinsoni tõvega isikud haiguseta eakaaslastest maksimaalse kirjutamise kiiruse ja kiirenduse poolest.
2. Liitlause teiseks ja eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamisel tahvelarvuti ekraanile demonstreerivad Parkinsoni tõvega isikud tervetest eakaaslastest suuremat kiirendust lause teiseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamisel. Samas on Parkinsoni tõvega isikutel lause teiseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise kestus ja tähe kõrgus suuremad kui lause eelviimaseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamisel, viidates kirjutamise progresseeruvale väiksemaks ja aeglasemaks muutumisele.
3. Tervetel vanemaealistel muutub tahvelarvuti ekraanile liitlause kirjutamisel tähekõrgus väiksemaks nagu ka Parkinsoni tõvega isikutel, kuid tervetel suurenevad lause kirjutamisel kiirendus ja kiirendus.
4. Suurem domineeriva käe pigistusjõud seostub tervetel vanemaealistel suurema keskmise kiiruse ja kiirendusega tahvelarvuti ekraanile liitlause kirjutamisel ning seda lühem on ka lause teiseks täheks oleva „u“ tähe kirjutamise kestus ning keskmine kiirus. Vanus tervetel vanemaealistel kirjutamise parameetritega ei seostu.
5. Tahvelarvuti ekraanile liitlause kirjutamisel on Parkinsoni tõvega isikutel maksimaalne kiirendus lause kirjutamisel seda suurem, mida suurem on domineeriva käe pigistusjõud ning maksimaalne kiirus seda suurem, mida noorem on isik.
6. Parkinsoni tõve pikema kestuse korral on pikem ka liitlause kirjutamise kestus tahvelarvuti ekraanile. Kõrgem skoor tardumisküsimustikus seostub väiksema keskmise tähekõrgusega lause kirjutamisel ning Parkinsoni tõve hilisemas staadiumis olevad isikud kirjutavad lause lõpus paikneva „u“ tähe väiksema kõrguse ja laiusega ning maksimaalne kiirendus lause kirjutamisel on aeglasem.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Allen NE, Schwarzel AK, Canning CG. Recurrent falls in Parkinson's disease: a systematic review. *Parkinson's Disease* 2013; 2013:906274.
2. Bartels AL, Balash Y, Gurevich T, Schaafsma JD, Hausdorff JM, et al. Relationship between freezing of gait (FOG) and other features of Parkinson's: FOG is not correlated with bradykinesia. *Journal of Clinical Neuroscience* 2003; 10:584–588.
3. Bidet-Ildei C, Pollak P, Kandel S, Fraix V, Orliaguet J-P. Handwriting in patients with Parkinson disease: effect of l-dopa and stimulation of the sub-thalamic nucleus on motor anticipation. *Human Movement Science* 2011; 30:783–791.
4. Broeder S, Nackaerts E, Nieuwboer A, Smits-Engelsman BCM, Swinnen SP, et al. The effects of dual tasking on handwriting in patients with Parkinson's disease. *Neuroscience* 2014; 263:193–202.
5. Caligiuri MP, Teulings H-L, Filoteo JV, Song D, Lohr JB. Quantitative measurement of handwriting in the assessment of drug-induced parkinsonism. *Human Movement Science* 2006; 25:510–522.
6. Camicioli R, Mizrahi S, Spagnoli J, Büla C, Demonet J-F, et al. Handwriting and pre-frailty in the lausanne cohort 65+ (lc65+) study. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 2015; 61:8–13.
7. Contreras-Vidal JoséL, Stelmach GE. Effects of parkinsonism on motor control. *Life Sciences* 1995; 58:165–76.
8. Danna J, Paz-Villagrán V, Velay J-L. Signal-to-noise velocity peaks difference: a new method for evaluating the handwriting movement fluency in children with dysgraphia. *Research in Developmental Disabilities* 2013; 34:4375–4384.
9. Drotár P, Mekyska J, Rektorová I, Masarová L, Smékal Z, et al. Evaluation of handwriting kinematics and pressure for differential diagnosis of Parkinson's disease. *Artificial Intelligence in Medicine* 2016; 67:39–46.
10. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". *Journal of Psychiatric Research* 1975; 12:189–198.
11. Giladi N, Nieuwboer A. Understanding and treating freezing of gait in parkinsonism, proposed working definition, and setting the stage. *Movement Disorders* 2008; 23:423–425.
12. Giladi N, Tal J, Azulay T, Rascol O, Brooks DJ, et al. Validation of the freezing of gait questionnaire in patients with Parkinson's disease. *Movement Disorders* 2009; 24:655–661.

13. Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, et al. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's disease rating scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Movement Disorders* 2008; 23:2129–2170.
14. Heremans E, Nackaerts E, Broeder S, Vervoort G, Swinnen SP, et al. Handwriting impairments in people with Parkinson's disease and freezing of gait. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2016; 30:911–919.
15. Heremans E, Nackaerts E, Vervoort G, Vercruyssen S, Broeder S, et al. Amplitude manipulation evokes upper limb freezing during handwriting in patients with Parkinson's disease with freezing of gait. *PLOS One* 2015; 10:e0142874.
16. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology* 1967; 17:427–442.
17. Impedovo D, Pirlo G. Dynamic handwriting analysis for the assessment of neurodegenerative diseases: a pattern recognition perspective. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* 2019; 12:209–220.
18. Jankovic J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2008; 79:368–76.
19. Kadastik-Eerme L, Taba N, Asser T, Taba P. The increasing prevalence of parkinson's disease in Estonia. *Acta Neurologica Scandinavica* 2018; 138:251–258.
20. Kalmann, M. Igapäevaste käeliste tegevuste sooritamine ja toimetuleku hinnang parkinsoni tõvega meestel ja naistel võrrelduna haiguseta eakaaslastega. 2020. Magistritöö. Tartu Ülikool, Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut.
21. Keus S, Munneke M, Graziano M, Paltamaa J, Pelosin E, J, et al. KNGF, European physiotherapy guideline for Parkinson's disease. 2014. http://fizioterapeitiem.lv/attachments/article/307/4_eu_guideline_parkinson_201412-development.pdf, 04.05.2021.
22. Latt MD, Lord SR, Morris JGL, Fung VSC. Clinical and physiological assessments for elucidating falls risk in Parkinson's disease. *Movement Disorders* 2009; 24:1280–1289.
23. Letanneux A, Danna J, Velay J-L, Viallet F, Pinto S. From micrographia to Parkinson's disease dysgraphia. *Movement Disorders* 2014; 29:1467–1475.
24. Lord S, Godfrey A, Galna B, Mhiripiri D, Burn D, et al. Ambulatory activity in incident Parkinson's: more than meets the eye? *Journal of Neurology* 2013; 260:2964–2972.
25. Ludvig Puusepa nimeline Eesti Neuroloogide ja Neurokirurgide Selts. Parkinsoni tõve eesti ravijuhend. 2008.

- <http://www.estmodis.ee/failid/Parkinsoni%20tove%20Eesti%20ravijuhend%202008.pdf>, 04.05.2021.
26. Marmon AR, Pascoe MA, Schwartz RS, Enoka RM. Associations among strength, steadiness, and hand function across the adult life span. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011; 43:560–567.
 27. Martin J, Ramsay J, Hughes C, Peters D, Edwards M. Age and grip strength predict hand dexterity in adults. *PLOS One* 2015; 10:e0117598.
 28. Morris ME, Menz HB, McGinley JL, Watts JJ, Huxham FE, et al. A randomized controlled trial to reduce falls in people with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2015; 29:777–785.
 29. Mucha J, Mekyska J, Faundez-Zanuy M, Lopez-De-Ipina K, Zvoncak V, et al. Advanced Parkinson's disease dysgraphia analysis based on fractional derivatives of online handwriting. In: 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT); 2018a, 1–6.
 30. Mucha J, Mekyska J, Galáž Z, Faundez-Zanuy M, Lopez-de-Ipiña K, et al. Identification and monitoring of Parkinson's disease dysgraphia based on fractional-order derivatives of online handwriting. *Applied Sciences* 2018b; 8:1–18.
 31. Netšunajev A. Sentence writing test for Parkinson's disease modeling: comparing predictive ability of classifiers. 2019. Master's Thesis. Tallinn University of Technology, Department of Software Sciences.
 32. Netšunajev A, Nõmm S, Toomela A, Medijainen K, Taba P. Parkinson's disease diagnostics based on the analysis of digital sentence writing test. *Vietname Journal of Computer Science* 2021; 8:1–20.
 33. Nieuwboer A, Vercruyssen S, Feys P, Levin O, Spildooren J, et al. Upper limb movement interruptions are correlated to freezing of gait in Parkinson's disease. *European Journal of Neuroscience* 2009; 29:1422–1430.
 34. Nigulas E. Kahe Parkinsoni tõve tardumisküsimustiku eesti keelde kohandamine: esmase piloteerimise tulemused ja seosed kõnnikiiruse ning kognitiivse funktsiooniga tardumisega ja tardumiseta patsientidel. 2017. Magistritöö. Tartu Ülikool, Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut.
 35. Noyce AJ, Bestwick JP, Silveira-Moriyama L, Hawkes CH, Giovannoni G, et al. Meta-analysis of early nonmotor features and risk factors for Parkinson disease. *Annals of Neurology* 2012; 72:893–901.

36. Plotnik M, Giladi N, Hausdorff JM. Is freezing of gait in Parkinson's disease a result of multiple gait impairments? Implications for treatment. *Parkinson's Disease* 2012; 2012:459321.
37. Poewe W, Seppi K, Tanner CM, Halliday GM, Brundin P, et al. Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers* 2017; 3:17013.
38. Ponsen MM, Daffertshofer A, Wolters ECh, Beek PJ, Berendse HW. Impairment of complex upper limb motor function in de novo Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders* 2008; 14:199–204.
39. Pont-Sunyer C, Hotter A, Gaig C, Seppi K, Compta Y, et al. The onset of nonmotor symptoms in Parkinson's disease (the ONSET PD Study). *Movement Disorders* 2015; 30:229–237.
40. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Movement Disorders* 2015; 30:1591–1601.
41. Pradhan SD, Brewer BR, Carvell GE, Sparto PJ, Delitto A, et al. Assessment of fine motor control in individuals with Parkinson's disease using force tracking with a secondary cognitive task. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 2010; 34:32–40.
42. Pringsheim T, Jette N, Frolkis A, Steeves TDL. The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders* 2014; 29:1583–1590.
43. Proud EL, Morris ME. Skilled hand dexterity in Parkinson's disease: effects of adding a concurrent task. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2010; 91:794–799.
44. Reich SG, Savitt JM. Parkinson's disease. *Medical Clinics of North America* 2019; 103:337–350.
45. Rosenblum S, Samuel M, Zlotnik S, Erikh I, Schlesinger I. Handwriting as an objective tool for Parkinson's disease diagnosis. *Journal of Neurology* 2013; 260:2357–2361.
46. Rosenblum S & Werner P. Assessing the handwriting process in healthy elderly persons using a computerized system. *Aging Clinical and Experimental Research* 2006; 18:433–439.
47. Schapira AHV, Chaudhuri KR, Jenner P. Non-motor features of Parkinson disease. *Nature Reviews Neuroscience* 2017; 18:435–450.
48. Smits EJ, Tolonen AJ, Cluitmans L, Gils M van, Conway BA, et al. Standardized handwriting to assess bradykinesia, micrographia and tremor in Parkinson's disease. *PLOS One* 2014; 9:e97614.
49. Snijders AH, Nijkrake MJ, Bakker M, Munneke M, Wind C, et al. Clinimetrics of freezing of gait. *Movement Disorders* 2008; 23:468–474.

50. Thomas M, Lenka A, Pal PK. Handwriting analysis in Parkinson's disease: current status and future directions. *Movement Disorders Clinical Practice* 2017; 4:806–818.
51. Van Gemmert AWA. Parkinson's disease patients undershoot target size in handwriting and similar tasks. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2003; 74:1502–1508.
52. Venuto CS, Potter NB, Dorsey ER, Kieburtz K. A review of disease progression models of Parkinson's disease and applications in clinical trials. *Movement Disorders* 2016; 31:947–956.
53. Wagle Shukla A, Ounpraseuth S, Okun MS, Gray V, Schwankhaus J, et al. Micrographia and related deficits in Parkinson's disease: a cross-sectional study. *BMJ Open* 2012; 2:e000628.
54. Wu T, Zhang J, Hallett M, Feng T, Hou Y, et al. Neural correlates underlying micrographia in Parkinson's disease. *Brain* 2016; 139:144–160.
55. Xia R, Mao Z-H. Progression of motor symptoms in Parkinson's disease. *Neuroscience Bulletin* 2012; 28:39–48.
56. Yu N-Y, Van Gemmert AWA, Chang S-H. Characterization of graphomotor functions in individuals with Parkinson's disease and essential tremor. *Behavior Research Methods* 2017; 49:913–922.
57. Zham P, Kumar DK, Dabnichki P, Poosapadi Arjunan S, Raghav S. Distinguishing different stages of Parkinson's disease using composite index of speed and pen-pressure of sketching a spiral. *Frontiers in Neurology* 2017; 8:435-442.

LISA 1. Modifitseeritud Hoehn & Yahr skaala: Parkinsoni tõve staadiumid (Ludvig Puusepa nimeline Eesti Neuroloogide ja Neurokirurgide Selts, 2008).

Stadium	Kliiniline kirjeldus
1.0	Ühepoolne haaratus
1.5	Ühepoolne ja aksiaalne (kehatüve) haaratus
2.0	Kahepoolne haaratus ilma tasakaaluhäireteta
2.5	Kerge kahepoolne haigus; suudab taastada tasakaalu retropulsiooni (tõmbamise) testil
3.0	Kerge kuni mõõdukas kahepoolne haigus; mõningane posturaalne ebastabiilsus; füüsiliselt sõltumatu
4.0	Raske puue; siiski suuteline käima ja seisma abita
5.0	Ratastoolis või voodis; vajab abi

LISA 2. Esmane Kõnnil Esineva Tardumise Küsimustik (Nigulas, 2017).

1. Olles oma kõige halvemas seisundis, kas Te kõnnite:

- 0 Normaalselt
- 1 Peaaegu normaalselt - mõnevõrra aeglaselt
- 2 Aeglaselt, kuid täiesti iseseisvalt
- 3 Vajan abi või abivahendit
- 4 Pole võimeline kõndima

2. Kas raskused kõndimisel mõjutavad Teie igapäevategevusi ja iseseisvust?

- 0 Üldse mitte
- 1 Kergelt
- 2 Mõõdukalt
- 3 Väga tugevalt
- 4 Pole võimeline kõndima

3. Kas Te tunnete, et Teie jalad oleks justkui lühiajaliselt liimitud põrandale külge, kui Te kõnnite, pöörate või püüate alustada kõndimist (tardumine)?

- 0 Mitte kunagi
- 1 Väga harva – umbes üks kord kuus
- 2 Harva – umbes üks kord nädalas
- 3 Sageli – umbes üks kord päevas
- 4 Alati- millal iganes kõndides

4. Kui pikalt on kestnud Teie kõige pikem tardumise episood?

- 0 Pole kunagi esinenud
- 1 1-2 sekundit
- 2 3-10 sekundit
- 3 11-30 sekundit
- 4 Pole võimeline kõndima enam kui 30 sekundi jooksul

5. Kui kaua kestab Teie tüüpiline stardiraskuse episood (s.o. tardumine kõnni alustamisel, esimese sammu tegemisel)?

0 Ei esine

1 Võtab aega 1-3 sekundit, et alustada kõndi

2 Võtab aega 3-10 sekundit, et alustada kõndi

3 Võtab aega 10-30 sekundit, et alustada kõndi

4 Võtab aega üle 30 sekundi, et alustada kõndi

6. Kui kaua kestab Teie tüüpiline pööramisraskus (tardumine pööramisel)?

0 Üldse ei esine

1 Jätkan pööramist 1-2 sekundi jooksul

2 Jätkan pööramist 3-10 sekundi jooksul

3 Jätkan pööramist 11-30 sekundi jooksul

4 Pole võimeline pööret jätkama enam kui 30 sekundi jooksul

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Madli Jürisson

(Sünnikuupäev: 14.01.1996)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Käsitsi kirjutamise parameetrite erinevused Parkinsoni tõvega ja tõveta isikutel ning seosed vanuse, käepigistusjõu, haiguse väljendatuse ja kõnnil tardumisega“,

mille juhendajad on Kadri Medijainen (MSc) ja Sven Nõmm (PhD),

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.

Madli Jürisson

Tallinnas, 18.05.2021