

TARTU ÜLIKOOL  
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

**Marilin Letta**

**Virtuaalsel reaalsusel põhineva teraapia efektiivsus ajuinsuldi järgses  
taastusravis kõnnifunktsiooni näitel**

**The effects of virtual reality training in poststroke gait function rehabilitation**

**Bakalaureusetöö**

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:  
PhD, J. Sokk

Tartu, 2020

# SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID .....	3
SISSEJUHATUS .....	4
1. AJUINSULDI TEKE .....	5
1.1. AJUINSULT JA KÖNNIFUNKTSIOON .....	6
1.2. HAIGUSE LEVIMUS .....	8
1.3. TÛSISTUSED .....	9
2. KÖNNIFUNKTSIOONI HÄIRUMINE AJUINSULDI KORRAL .....	11
2.1. HEMIPAREES JA SPASTILISUS.....	12
2.2. AJUINSULDI DIAGNOOSIGA PATSIENDI KÖNNIMUSTER .....	13
2.3. FÛSIOTERAPEUTILINE HINDAMINE .....	15
3. FÛSIOTERAPEUTILISE SEKKUMISE PÕHIMÕTTED .....	18
3.1. FÛSIOTERAPEUTILISED SEKKUMISMEETODID KÖNNITREENINGUS .....	19
3.1.1. Vähendatud keharaskusega kõnnitreening .....	19
3.1.2. Eksoskelett.....	20
3.1.3. Alajäseme trenaažöör .....	20
4. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEV TERAAPIA .....	21
4.1. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEVA TERAAPIA EELISED .....	22
4.2. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEVA TERAAPIA VASTUNÄIDUSTUSED JA EFEKTIIVSUST PIIRAVAD FAKTORID .....	23
4.3. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEV TERAAPIA JA KÖNNITREENING .....	24
5. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEVA TERAAPIA TÕHUSUS LEVINUD SEKKUMISMEETODITEGA VÕRRELDES .....	27
KOKKUVÕTE .....	31
KASUTATUD KIRJANDUS .....	33
SUMMARY.....	37

## KASUTATUD LÜHENDID

**3D** - kolmemõõtmeline

**ADL** – igapäevategevused, ing k *activities of daily living*

**AHCPR** – tervishoiusüsteemi eeskirjade ja teadustöö agentuur, ing k *Agency for Health Care Policy and Research*

**ARI** – alajäsemete asümmeetria indeks, ing k *Asymmetry Ratio Index*

**EG** – eksperimentaalgrupp

**EMG** – elektromüogramm

**GBD** – haiguse ülemaailmse ühiskondliku mõju statistikat koguv organisatsioon, ing k *Global Burden of Disease*

**HMD** – pea külge kinnitatud virtuaalsel reaalsusel põhineva rakenduse kasutajaliidese tüüp, ing k *head mounted display*

**IC** – kõnnitsükli algkontakti faas, ing k *initial contact*

**IREX** – interaktiivne rehabilitatsiooni treeningsüsteem, ing k *Interactive Rehabilitation and Exercise System*

**ISw** – kõnnitsükli hoofaasi algfaas, ing k *initial swing*

**KG** – kontrollgrupp

**LR** – kõnnitsükli amortisatsioonifaas, ing k *loading response*

**MAS** – modifitseeritud Ashworthi Skaala, ing k *Modified Ashworth Scale*

**MMRI** – modifitseeritud Rivermeadi Liikumise Indeks, ing k *Modified Rivermead Mobility Index*

**MMSE** – kognitiivse seisundi hindamistest, ing k *Mini-Mental State Examination*

**MotAS** – mootorset võimekust hindav skaala, ing k *Motor Assessment Scale*

**MSt** – kõnnitsükli keskseis, ing k *midstance*

**MSw** – kõnnitsükli hoofaasi keskfaas, ing k *midswing*

**PSw** – kõnnitsükli hoofaasi eelfaas, ing k *preswing*

**TSt** – kõnnitsükli äratõukefaas, ing k *terminal stance*

**TSw** – kõnnitsükli hoofaasi lõppfaas, ing k *terminal swing*

**TUG** – toolilt püstumise test, ing k *Timed-Up and Go test*

**VR** – virtuaalreaalsus

**VRT** – virtuaalsel reaalsusel põhinev teraapia

## SISSEJUHATUS

Tänapäeva ühiskonnas on inimese tervisele suurimaks ohuks nn elustiilihaigused, mille esinemissagedus suureneb korreleeruvat inaktiivse eluviisi ja ebatervislike harjumuste prevaleerimisega. Selliste haiguste hulka kuulub ka ajuinsult, mis avaldub reeglina ootamatult ja võib oluliselt mõjutada indiviidi toimetulekut edasises elus. Eestis diagnoositakse aastas keskmiselt 4500 inimesel ajuinsult (Kõrv & Vibo, 2013; OECD, 2010 kaudu). Igal aastal sureb maailmas haiguse tagajärjel ligikaudu 5,5 miljonit inimest ja diagnoositakse 14 miljonit uut haigusjuhtu (WSO, 2018).

Ajuinsuldi järgne esmane sekkumine on ajakriitiline: vastavalt akuutse faasi sümptomite esmasele tekkele sekkutakse võimalusel kirurgiliselt. Taastusravile suunatud haiged on erineva kehalise võimekuse ja prognoosiga sõltuvalt aju kahjustuse ulatusest ja spontaanselt paranemisvõimest. Maailmas on ligikaudu 80 miljonit ajuinsuldist taastajat (WSO, 2018).

Käesolev bakalaureusetöö keskendub virtuaalsele reaalsusele põhineva teraapia (VRT) kasutusele ajuinsuldi järgses taastusravis kõnnifunktsiooni taastamiseks. Kõigist neuroloogilistest haigustest rakendatakse VRT-d kõige enam ajuinsuldi järgses taastusravis (Vinas-Diz & Sobrido-Prieto, 2016). Paljude ajuinsuldi diagnoosiga patsientide teraapia eesmärgiks on kõnnifunktsiooni taastamine, sest ligi 40% patsientidest ei suuda haiguse tagajärjel kõndida või see valmistab neile olulisi raskusi (Lord et al., 2004).

Antud bakalaureusetöö annab ülevaate ajuinsuldi diagnoosi olemusest ja haiguse tagajärjel häirunud kõnnifunktsiooni probleemistikast, kirjeldab nii patsiendi füsioterapeutilise käsitluse põhimõtteid kui ka levinud sekkumismeetodeid ning tutvustab VRT olemust ja senist kasutust kõnnitreeningus. Bakalaureusetöö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas VRT-d ajuinsuldi järgse rehabilitatsiooni kõnnitreeningus kasutatakse ning milline on selle meetodi efektiivsus võrreldes teiste sekkumismeetoditega. Bakalaureusetöö võiks huvi pakkuda neuroloogiliste haiguste taastusravi spetsialistidele või teistele ajuinsuldi diagnoosiga kokku puutunud inimestele.

Märksõnad: ajuinsult, virtuaalreaalsus, kõnnitreening, alajäse, füsioteraapia

*Keywords: stroke, cerebrovascular accident, virtual reality, gait training, lower extremity, physiotherapy*

## 1. AJUINSULDI TEKE

Ajuinsult on veresoone lõhkemise või ummistumise tagajärjel tekkinud aju verevarustuse häire, mille tõttu kujuneb kahjustuse piirkonnas hapnikuvaegusest ja ainevahetuse lakkamisest tingitud ajukoe kahjustus (WHO, 2019). Vastavalt kahjustunud aju piirkonnale väljenduvad kliinilised sümptomid, mis tekivad kiiresti ja püsivad või progresseeruvad vähemalt 24 tundi (Herman et al., 1982). Väga tõsised, suure ulatusega ajuinsuldid võivad põhjustada äkksurma (WHO, 2019).

Tegemist on osaliselt ennetatava haigusega, mille kõige olulisemad muudetavad riskitegurid on tubakatoodete ja alkoholi tarbimine, ebatervislik toitumine ja kehaline inaktiivsus. Need tegurid põhjustavad ka südamehaigusi, diabeeti, vähki ja hingamissüsteemi haigusi, mille tõttu võib ajuinsuldiga patsiendil kaasneda ka teisi tõsiseid haigusi (Feigin et al., 2017).

Kõige tüüpilisem ajuinsuldile viitav sümptom on järsult tekkinud lihasnõrkus või tundlikkuse vähenemine näos, üla- või alajäsemes. Sümptomid avalduvad tüüpiliselt vaid ühel kehapoolel. Teised kaasnevad häired hõlmavad sensoorseid, motoorseid ja kognitiivseid protsesse. Enamasti esinevad patsiendil raskused rääkimise, kõne mõistmise, nägemise, kõndimise, tasakaalu ja koordineerimisega. Lisaks võivad patsiendid tunda tugevat valu ja peapööritust (WHO, 2019).

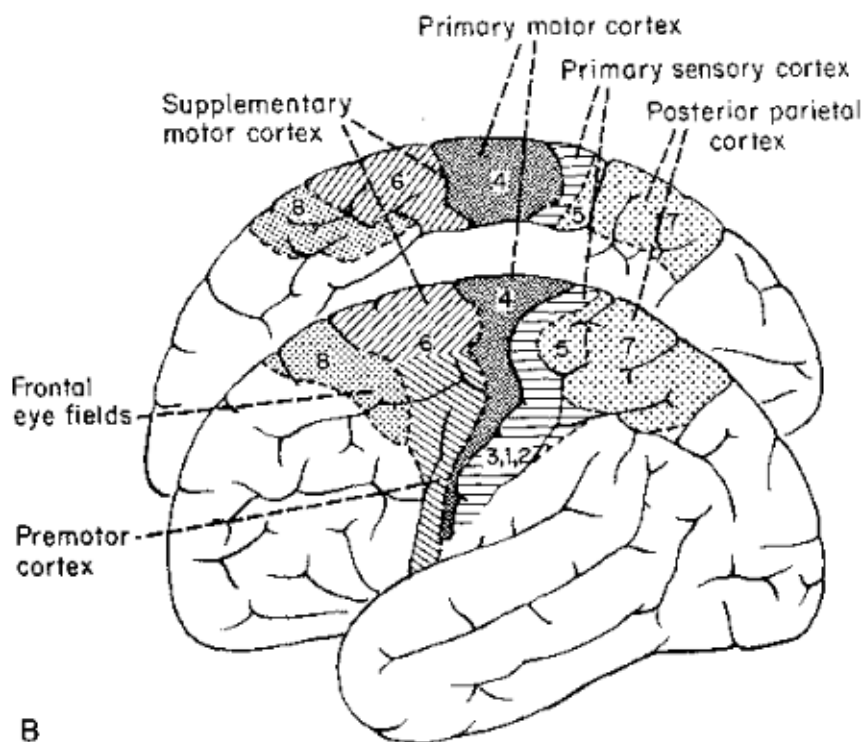
Ajuinsuldi järgselt esineb suuremal osal patsientidest raskusi igapäevategevuste (ADL) sooritamise, mille põhjuseks on võimalikud kombinatsioonid lihasjõu ja tundlikkuse kaost, häirunud tasakaalust, ebaadekvaatsetest tajuprotsessidest ja raskustest enese väljendamisega (Rafsten et al., 2019).

Herman et al. (1982) läbi viidud uuringus tuvastati ajuinsuldi esmasel avaldumisel motoorne ja/või kõne defitsiit 90% uuringus osalenud uuritavatest. Uuritavatel, kellel esines nii motoorseid kui ka kõnega seonduvaid sümptomeid ajuinsuldi akuutse faasi alguses, ilmnes hiljem tõsisem motoorsete funktsioonide langus või tugevamalt väljendunud hemipleegia võrreldes patsientidega, kelle esmased ajuinsuldi sümptomid olid seotud ainult kõne või motoorikaga eraldi.

## 1.1. Ajuinsult ja kõnnifunktsioon

Kõnnifunktsioon eeldab mitmete neuromuskulaarsete protsesside kombineeritud toimimist. Tajuprotsesside kohanemine keha ja ruumi vaheliste suhete muutumisel, kehatüve stabiilsus keharaskuskeskme liikumisel, alajäsemete retsiprookne liikumine, lihasjõu genereerimine jpt protsessid on erinevate neuromuskulaarsete struktuuride koostöö tulemus, mis tagavad edasisuunalise liikumise ja optimaalse kõnnimustri (Jones et al., 2016; Perennou & Hillier, 2014 kaudu). Ajuinsuldi ja kõnnifunktsiooni vaheliste seoste mõistmiseks on oluline teada, millised neuraalsed struktuurid kõnnifunktsiooni kujundamises osalevad.

Suuraju frontaalsagaras tsentraalkäärust anterioorsel asub motoorne korteks, mille funktsiooniks on juhtida inimese liigutustegevust. Motoorne korteks jaguneb primaarseks motokorteksiks (ing k *primary motor cortex*), premotoorseks korteksiks (ing k *premotor cortex*) ja suplementaarseks motoorseks alaks (ing k *supplementary motor cortex*) (Joonis 1) (Yip & Lui, 2019).



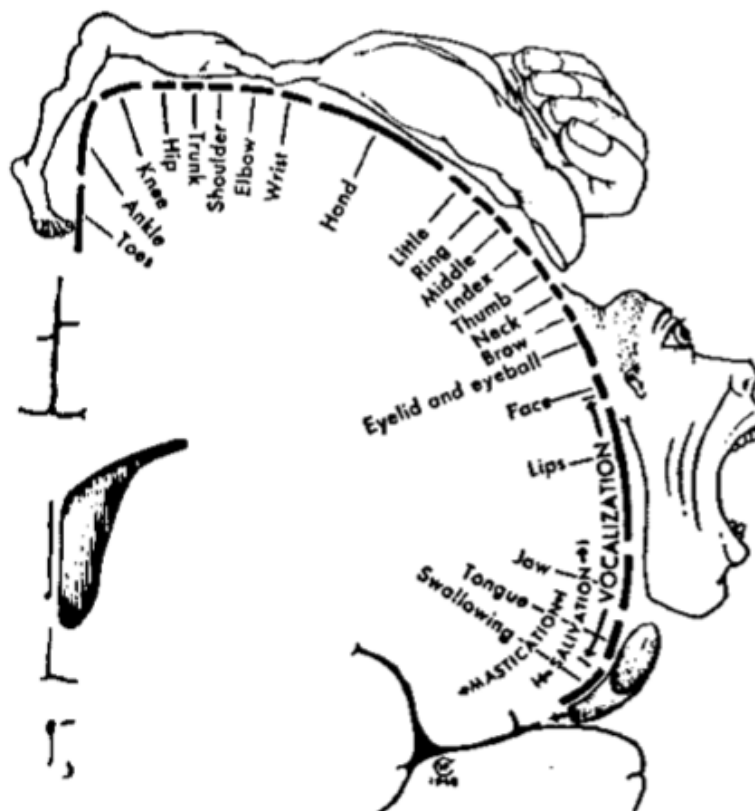
**Joonis 1.** Ajukoore motoorsed alad hemisfääride lateraalses vaates (Fetz, 1989).

Kõige rohkem elektrilisi impulsse keha liigutustegevuse juhtimiseks saadab primaarne motokorteks, kus paiknevad ülemiste motoneuronite kehad. Ülemiste motoneuronite kehadel liigub eferentne signaal alanevate juhteteede kaudu seljaaju eessarve. Alanevad juhteteed

ristuvad seljaajju sisenedes seega impulsi võtavad vastu kontralateraalised alumised motoneuronid – selle tõttu avalduvad ajukahjustuse motoorsed tunnused kahjustuskolde suhtes keha vastaspoolel. Alumistel motoneuronitel on sünapsid lihasrakkudega, mis viivad täide liigutustegevuse (Yip & Lui, 2019).

Premotoorse korteksi funktsiooniks on planeeritud liigutustegevuseks valmistumine proksimaalsete lihasstruktuuride aktiveerimise kaudu ning suplementaarsel motoorsel alal on roll liigutuste koordinaatsiooni tagamisel (Yip & Lui, 2019).

Primaarne motokorteks on somatotoopiliselt jagunenud väiksemateks aladeks (Joonis 2), mille stimuleerimisel avaldub alale vastava kehaosa liigutustegevus. Pretsentraalkäärus paiknevad motoorsed alad on eelkõige seotud jäsemete mootorikaga (Fetz, 1989).



**Joonis 2.** Hemisfääri primaarse motokorteksi somatotoopilised alad vastavalt erinevate lihasrakkude paiknemisele inimkehas (Fetz, 1989).

Lisaks kortikaalsetele struktuuridele on kõnniks vajalik ka subkortikaalsete struktuuride koordineeritud aktiivsus. Putaamen on sügaval hemisfääris asuv struktuur, mis osaleb liikumise algatamisel, automatiseeritud tegevuste motoorses õppimises ja nende ellu viimisel. Seega on putamenil oluline roll kõnnifunktsioonis ja selle taastamisel (Jones et al., 2016).

Yip & Lui (2019) järgi kujuneb ajuinsuldi tagajärjel motoorsete funktsioonide langus, kui mõni motoorse korteksi osadest jääb verevarustusest. Fetz (1989) on sätestanud, et sellisel juhul sõltub funktsioonide languse ulatus ja olemus teatud määral kolde asukohast: primaarse motokorteksi kahjustus põhjustab ulatuslikumat motoorset düsfunktsiooni ning premotoorse korteksi või suplementaarse motoorse ala kahjustusel avaldub kergemakujuline funktsioonihäire, mida nimetatakse motoorseks apraksiaks.

Primaarse motokorteksi kahjustusel avaldub esmalt kahjustuskoldele vastavate kehaosade lõtv parees. Paljudel juhtudel taandub lõtvus jäsemete proksimaalsetes struktuurides paari nädala möödudes, kuid samal ajal kujuneb distaalsetes struktuurides spastilisus. Kahjustuse tõttu on häirunud indiviidi võime sooritada liigestest isoleeritud liigutusi ehk liigutustegevus eeldab liigutussünergiate rakendamist. Alajäsemes esineb sünergia hüppeliigese ja põlveliigese vahel, kus hüppeliigese ekstensioon ja põlveliigese fleksioon liigutus on teineteisest sõltuvad (Fetz, 1989).

Ka ülemise motoneuroni juhteteede kahjustus põhjustab ulatuslikku motoorset düsfunktsiooni, mille tagajärjel avalduvad lihastoonuse tõus, spastiline parees, kõõlusreflekside elavnemine ja patoloogilised refleksid. Ülemise motoneuroni sündroom on selgesti eristatav alumise motoneuroni kahjustusest, sest viimase puhul avalduvad patsiendil lihastroofia, fastsikulatsioonid, kõõlusreflekside kadumine, lihastoonuse langus ja püsiv lõtv parees (Yip & Lui, 2019).

Jones et al. (2016) viisid läbi uuringu aju erinevate kahjustuskolletega indiviidide seas ning leidsid uuringu tulemustest, et aju kortikaalsete struktuuride kahjustuse ulatus on rohkem seotud ülajäseme peenmotoorse tegevuse või indiviidi üldise liikumisvõime taastumisega ning vähem kõnnifunktsiooniga. Autorite hinnangul on aju subkortikaalsed struktuurid üksikasjalikumalt seotud kõnni spetsiifika kujundamisega, sest uuringu tulemuste järgi oli lateraalse putaameni ja selle naaberstruktuuride kahjustusega uuritavatel märkimisväärselt raskem taastumine kõnnikiiruse seisukohast.

## **1.2. Haiguse levimus**

*Global Burden of Disease* (GBD) statistika kohaselt oli ajuinsult 2016. aastal ülemaailmselt teine suurima suremusega haigus südame isheemiatõve järel. Haigusjuhtude arv eri riikide populatsioonis 100 000 inimese kohta oli suurim Ida-Aasias (Hiinas 354/100 000) ja madalaim



Kesk-Ameerika riikides (El Salvadoris 97/100 000), kusjuures Venemaa ja Ida-Euroopa riigid, sh Eesti, kuuluvad samuti ajuinsuldi diagnoosi kõrgema esinemissagedusega piirkondade hulka (Johnson et al., 2019).

Johnson et al. (2019) töid oma uurimuses välja, et 2016. aastal diagnoositi ajuinsulti enam naistel kui meestel ning ajuinsuldi tüsistustesse surnud isikute seas oli samuti rohkem naissugupoole esindajaid. Ajuinsuldi riskigrupi vanus on varasemate aastatega võrreldes nooremaks muutunud: nimelt esineb kaks kolmandikku kõigist ajuinsultidest isikutel, kelle vanus ei ületa 70. eluaastat (Feigin et al., 2017). Ajuinsulti haigestumise sooline riskitegur on samuti seotud vanusega, sest vanuses 55–75 eluaastat diagnoositakse ajuinsult tõenäolisemalt meessugupoolel, kuid 55-aastastel ja nooremas vanusegrupis sellist soolist erinevust ei ole täheldatud (Johnson et al., 2019).

Feigin et al. (2017) leidsid, et ajuinsuldi ülemaailmse esinemissageduse vähendamiseks on esmatähtis rõhuda ajuinsulti ennetavate meetodite olulisusele, sest aastate lõikes on esmaste ajuinsultide arvukus kasvanud ja haigestumine nooremas eas toimub suures osas esmase preventsiiooni ebaõnnestumise tõttu. Ka Johnson et al. (2019) on oma uurimuses öelnud, et ajuinsuldi käsitluses tuleks suurendada preventsiiooni efektiivsust leides selleks uusi, seni kasutamata mehhanisme.

Antud bakalaureusetöö autor nõustub, et ajuinsuldi preventsiioonil on esmatähtis osa haiguse käsitluses, kuid lisab, et mõjusate mehhanismide leidmine võib olla keeruline, sest preventsiiooniga seonduvad tegurid on kaasaja inimestele raskesti vastuvõetavad istuva ja mugava eluviisi domineerimise tõttu. Ajuinsuldi esmaste haigusjuhtude esinemissageduse suurenemine võib olla lisaks preventsiiooni ebaõnnestumisele seotud ka rahvastiku vananemisega ning ajuinsuldi järgse taastusravi edukuse tõusu tõttu sureb vähem inimesi haigusjärgsetesse tüsistustesse. Ajuinsuldi diagnoosi tüsistustele keskendubki järgmine alapeatükk.

### **1.3. Tüsistused**

Langhorne et al. (2000) viisid läbi uuringu enam kui 300 ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi seas, et registreerida kõige sagemini esinevad haigusjärgsed tüsistused. Tulemustest selgus, et 85% uuringus osalenud uuritavatel esines vähemalt üks hospitaliseerimise ja haiguse tagajärjel tekkinud komplikatsioon, suuremal osal aga esines mitmeid. Komplikatsioonidena on levinud

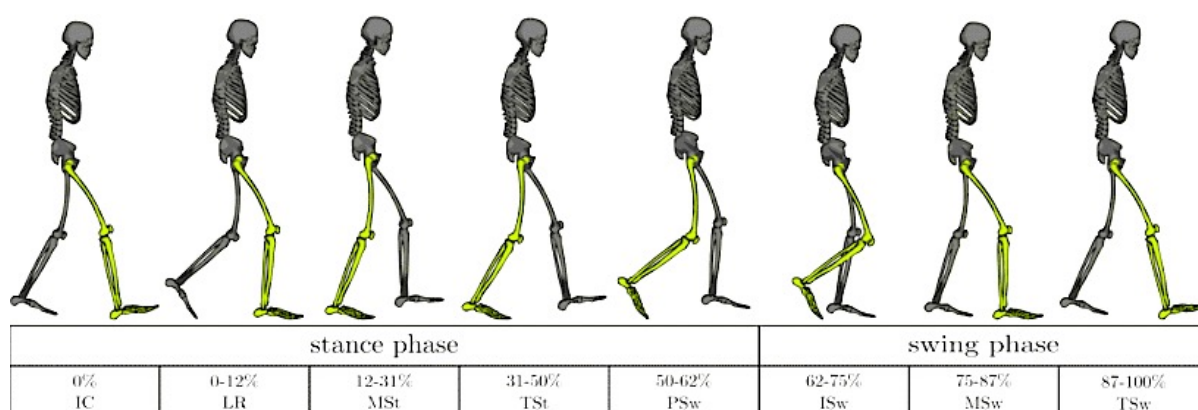
järgnevad: ajuinsuldi kordumine (9%), epileptiline hoog (3%), kuseteede infektsioon (24%), kopsuinfektsioon (22%), kukkumised (25%) ja tõsiseid vigastusi põhjustanud kukkumised (5%), lamatised (21%), süvaveenitromboos (2%), kopsuembool (1%), õlaliigese valu (9%) ja muu valu (34%), depressioon (16%), ärevus (14%), üliemotsionaalsus (12%) ning segadusseisund (56%). Kõige enam esineb ajuinsuldi järgselt infektsioone ja kukkumisi, kuid uurijad rõhutavad, et ka valu ja kognitiivseid düsfunktsioone ei saa haigusjärgsete tüsistustena alahinnata, sest nende esinemissagedus on suurenenud.

Esimeses peatükis käsitletust selgus, et ajuinsult on ennetatav, aga sellegipoolest tihti esinev ja ülemaailmselt suure suremusega haigus. Haiguse tagajärjeks on häirunud toimetulek ADL tegevustega erineva ulatuse ja olemusega ajukoe kahjustuse tõttu. Ajuinsuldi tekkemomendil avalduvad tüüpiliselt lihasnõrkus ja tundlikkushäired ühel kehapoolel, millega võib kaasneda ka peavalu ja muid vähem levinud sümptomeid. Ajuinsuldi diagnoosiga haiged kogevad motoorsete funktsioonide langust ja kõnnifunktsiooni häirumist, kui kahjustunud on nende aju motoorne korteks, alanevad juhteteed ja/või teatud subkortikaalsed struktuurid. Sageli kaasneb ajuinsuldi diagnoosiga ülemise motoneuroni sündroom, mille tagajärjel esinevad ajukahjustusega kaasvalt spastiline parees, häirunud lihasaktivatsioon, suurenenud lihastoonus, elavnenuvad kõõlusrefleksid ja patoloogilised refleksid. Haigusjärgsete tüsistuste seas on levinumad erinevat tüüpi infektsioonid ja kukkumised, aga ka valu ja kognitiivsete düsfunktsioonide esinemissagedus on suurenenud. Suuremal osal ajuinsuldi diagnoosiga inimestel esineb vähemalt üks hospitaliseerimise või haiguse tagajärjel tekkinud tüsistus.

Järgnevalt on bakalaureusetöö autor andnud ülevaate ajuinsuldi diagnoosiga inimeste kõnnifunktsioonis esinevatest probleemidest ja nende põhjustest tutvustades ka levinud meetodeid kõnnifunktsiooni hindamiseks.

## 2. KÖNNIFUNKTSIOONI HÄIRUMINE AJUINSULDI KORRAL

Inimese kõnnitsükkel koosneb kahest põhifaasist – toefaas (ing k *stance phase*) ja hoofaas (ing k *swing phase*) – mis jagunevad omakorda alafaasideks (Joonis 3). Toefaasis, mis moodustab kogu kõnnitsüklist tavaliselt ligikaudu 60%, eristatakse järgmisi alafaase: algkontakti faas (IC), amortisatsioonifaas (LR), keskseis (MSt), äratõukefaas (TSt) ja hoofaasi eelfaas (PSw). Hoofaas, mille osakaal on tavaliselt ligikaudu 40% kogu kõnnitsüklist, jaotub omakorda hoofaasi algfaasiks (ISw), keskfaasiks (MSw) ja lõppfaasiks (TSw). Toefaasi puhul eristatakse ka topelttoefaase (LR ja PSw), kus mõlemad alajäsemed on alusega kontaktis, ja üksiktoefaase (MSt ja TSt), kus vaid üks alajäse on tugijalaks (Ziegler *et al.*, 2018; Perry *et al.*, 1992 kaudu). Kõnnifunktsiooni stabiilsust määrab indiviidi võime püsida üksiktoefaasis (Chen *et al.*, 2003).



**Joonis 3.** Kõnnifaasid ja nende protsentuaalne kestus kogu kõnnitsükli (Ziegler *et al.*, 2018).

Normkõnnil toimub IC faasis algkontakt labajala lateraalse külje posterioorse osaga (Mayer & Esquenazi, 2003). Lisaks esineb normkõnnil kõnnitsükli jooksul kolm labajala rullumist: esimene rullumine, mis toimub labajala kannalöögist varvaste põrandakontaktini (IC ja LR faasid); teine rullumine, mis toimub varvaste põrandakontaktist kanna aluselt tõstmiseni (MSt faas); kolmas rullumine, mis toimub kanna aluselt tõstmise hetkest kuni varvaste tõstmise hetkeni (TSt faas) (Mileti *et al.*, 2016).

Mugaval kiirusel kõndimiseks on kõige olulisem puusaliigese fleksorlihaste tugevus. Kiirenduse loomiseks ja maksimaalse kõnnikiiruse saavutamiseks on lisaks puusaliigese fleksorlihastele oluline ka labajala plantaarfleksorite tugevus ja alajäseme intaktne sensoorne tundlikkus. Kõnni kinemaatilised parameetrid – nt kõnnikiirus, sammupikkus ja kõnnitsükli pikkus – on individuaalsed ning sõltuvad inimese keha pikkusest (Chen *et al.*, 2003).

## 2.1. Hemiparees ja spastilisus

Parees tähendab organismi vähenenud võimet tahtlikult rekruteerida skeletilihassüsteemi motoorseid ühikuid keha teatud piirkonnas, et tekitada lihaskontraktsiooni (Gracies, 2005). Hemipareesi puhul on tegemist kerge või mõõduka lihaskontraktsiooni nõrgenemisega, mis avaldub ühel kehapoolel (Patten et al., 2004). Hemipareesiga ajuinsuldi patsientidel on täheldatud seistes tavapärasest suurema ulatusega posturaalset kõikumist anterioposterioorsel suunal, mille põhjuseks on sääre eesmise ja tagumise rühma lihaste järjestikuse aktiveerumise aeglustumine proksimaalselt distaalsele või agonist- ja antagonistlihaste samaaegse kontraktsiooni häirumine (Kirker et al., 2000; Diener et al., 1993 kaudu).

Spastilisus tähendab kiirusest sõltuvat lihastoonuse tõusu, millega kaasnevad elavnenud kõõlusrefleksid ja suurenenud tundlikkus lihasvenitusele (Thibaut et al., 2013; Lance, 1980 kaudu). Ülemise motoneuroni sündroomi tõttu kaasneb spastilisusega parees, haaratud lihaste kiire väsimine ja häirunud lihasaktiivsus (Thibaut et al., 2013). Sageli kaasneb spastilisusega ka lihas- ja liigeskontraktsiooni teke ning lihastoonuse tõus rahuolekus (Gracies, 2005).

Alajäseme spastiline toonus soodustab alajäseme normivälise teljelisuse kujunemist (Thibaut et al., 2013). Esineda võib fleksioon- ja aduktsioonasend puusaliigeses või põlveliigese fleksioonasend (Mayer & Esquenazi, 2003). Kõige levinum on põlveliigese aduktsioon ja ekstensioon koos *varus* asendis labajalaga (Thibaut et al., 2013).

Labajala deformatsiooni püsimises osalevad *m. tibialis anterior*, *m. tibialis posterior*, *m. triceps surae*, pikad varbafleksorid ja suure varba ekstensorlihas. Ulatusliku *varus* deformatsiooniga võib kaasneda varvaste fleksioonasend või suure varba ekstensorlihase ületoonuse (ing k *striatal toe*). Suure varba ekstensorlihase ületoonust esineb sageli ka isoleeritult ehk ilma labajala *varus* asendita (Mayer & Esquenazi, 2003).

Bakalaureusetöö autor peab spastilisuse käsitlust ajuinsuldi järgses taastusravis väga oluliseks, sest alajäsemete spastilisusel võib olla patsiendi kõnnimustrile lisaks negatiivsele ka nn peidetud positiivne mõju, mis muudab kõndimise patsiendi jaoks võimalikuks. Ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi kõnnimustri variatsioone on bakalaureusetöö autor kirjeldanud järgmises alapeatükis.

## 2.2. Ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi kõnnimuster

Ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnimuster ja -võime erineb sõltuvalt nende alajäseme motoorse funktsiooni taastumisest: mida paremini on taastunud patsiendi alajäseme motoorne kontroll, seda sarnasem on tema kõnd normkõnnile (Chen et al., 2003). Lisaks motoorse funktsiooni taastumisele mõjutavad ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõndi ka neid ümbritsev keskkond, hirm kukkumise ees ja väsimus (Boudarham et al., 2013). Olenemata kõigist kõndi mõjutavatest teguritest kujuneb paljudel ajuinsuldi diagnoosiga patsientidel oma seisundiga adapteerumise käigus võrdlemisi sarnane kõnnimuster (Chen et al., 2003).

Sageli iseloomustab ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõndi kitsas toebaas, mille põhjuseks võib olla alajäseme aduktorlihaste spastilisus või abduktorlihaste nõrkus. Kitsal toebaasil kõndimine põhjustab ebakindlat tasakaalu, mille kompenseerimiseks võib olla vajalik ülajäseme toetus abivahendile (Mayer & Esquenazi, 2003). Chen et al. (2003) on märkinud, et ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnikiirus on keskmisest madalam, sest patsientidel kulub ühe sammu astumiseks keskmisest rohkem aega nii pareesist haaratud kui ka mittehaaratud alajäsemega.

Alajäsemele toetudes kurdavad patsiendid tihti valu labajala lateraalsel küljel viienda metatarsaalluu piirkonnas, kus võib esineda ka kallust või nahadefekte seoses passiivses asendis avaldunud hõõrdumisega. Valu teke labajala lateraalsel küljel võib põhjustada IC faasis algkontakti muutumist ja häirunud raskuskannet kõnnitsükli esimeses rullumises (Mayer & Esquenazi, 2003).

Toefaasi MSt faasis piirab labajala *varus* asend oluliselt hüppeliigese dorsaalfleksioon liikuvust ja kõnnitsükli teise rullumise toimumist. Selle tagajärjel võib patsient hakata demonstreerima puudulikku keharaskuse ülekannet ja lühenenud sammupikkust (Mayer & Esquenazi, 2003). Sammupikkuse lühenemine on tingitud ka hemipareesiga patsientide püüdlusest vähendada pareetilise alajäseme toetuskoormust toefaasi vältel, et suurendada posturaalset stabiilsust topelttoefaaside aja pikendamise arvelt (Chen et al., 2003). Seda kinnitavad ka Lamontagne et al. (2000), kes leidsid oma uuringus, et posturaalselt ebastabiilsematel hemipareesiga uuritavatel registreeriti elektromüograafia (EMG) meetodil kõnnianalüüsi käigus väiksem lihasaktiivsus hüppeliigese agonist- ja antagonistlihastes toefaasi alafaasides, kus tugijalaks oli paretiline alajäse, ning topelttoefaasides suurem lihasaktiivsus pareesist mittehaaratud alajäseme lihastes.

Põlveliigese ekstensioonasend on suurimaks probleemiks kõnnitsükli PSw, ISw ja MSw faasides, kus alajäse on kontralateraalsest alajäsemest möödumiseks ja propulsiooni saavutamiseks ekstensioonasendi tõttu näiliselt liiga pikk. EMG kajastab infot alajäsemelihaste dünaamilise tasakaalustatuse kohta nende aktiivsuse seisukohast: kui tuvastatakse reie nelipealihase liigne aktiivsus kõnnitsükli hoofaasis, püsib põlveliiges ekstensioonasendis; kui hoopis *hamstring* lihased on üliaktiivsed, võib patsient põlveliigest alateadlikult lukustada, et fleksioonasendisse läbi vajumist vältida nõrga reie nelipealihase tõttu (Mayer & Esquenazi, 2003).

Alajäsemete suhtelise pikkuse erinevus võib soodustada puusaliigese aduktorlihaste ületoonust või kontraktuuri teket, mis takistab omakorda labajala vabastamist aluselt ja selle möödumist toejalast kõnni hoofaasis. Probleemseteks lihasteks on sageli *m. adductor longus*, *m. adductor brevis*, *m. adductor magnus*, *m. gracilis*, *m. iliopsoas* ja *m. pectineus*. Aduktorlihaste puhul võib nende ületoonust olla kompensatoorne, juhul kui hoofaasis liikuva alajäseme puusaliigese fleksorlihased on nõrgad (Mayer & Esquenazi, 2003).

Põlveliigese ekstensioonasendit põhjustavate ekstensorlihaste düsfunktsiooni ja puusaliigese aduktorlihaste ületoonust tõttu võib hoofaasi alguses või juba PSw faasis esineda varvaste lohistamise fenomen, mille tagajärjeks võivad olla tihedad komistamised ja kukkumised. Patsient võib komistamise vältimise eesmärgil demonstreerida vaagnavöötme ipsilateraalset (pareetilise alajäseme suhtes) elevatsioon liigutust (Mayer & Esquenazi, 2003). Chen et al. (2003) panid tähele, et vaagnavöötme elevatsioon liigutuse kaudu suutsid varbaid lohistamata pareetilise alajäsemega sammu ette astuda vaid need patsiendid, kelle alajäseme motoorne kontroll oli heal tasemel, ning raskemas seisus patsiendid pidid pareetilise alajäseme labajala aluselt tõstmiseks kasutama pareesist mittehaaratud alajäseme ette asetamisel tekkivat kontralateraalselt vaagnavöötme depressioon liigutust.

Rafsten et al. (2019) märkasid, et ajuinsuldi diagnoosiga patsientide posturaalset stabiilsust kõnnil mõjutab lisaks alajäsemete funktsioonile ka hemipareesist haaratud ülajäseme motoorne piiratus. Uuringu tulemustest selgus, et ka motoorselt täiesti intaktse alajäseme korral leidis endiselt posturaalkontrolli häireid, kui ajuinsuldi diagnoosiga uuritaval esines ülajäseme motoorse funktsiooni piirang. Seega on kõnnifunktsiooni hindamisel ja taastamisel oluline täheldada ja arvesse võtta ka haaratud ülajäseme funktsionaalset seisundit. Ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi ja tema kõnnifunktsiooni hindamisest on käesoleva bakalaureusetöö autor andnud ülevaate järgmises alapeatükis.

### 2.3. Füsioterapeutiline hindamine

Füsioterapeutilisel hindamisel on oluline tähelepanu pöörata patsiendile kui tervikule ehk arvestada hindamise hetkel kõigi patsiendi tervist mõjutavate teguritega. Ajuinsuldi diagnoosiga patsientide puhul omab see eriti suurt tähtsust, sest hemipareesiga patsientide jõu genereerimise võime varieerub sõltuvalt nende kogu keha asendist, kehasegmentide paiknemisest üksteise suhtes ja mitmete lihasrühmade samaaegsest aktivatsioonist, mille tõttu isoleeritud liigutuste hindamine (näiteks manuaalne lihasjõu testimine) ei peegelda patsiendi võimekust objektiivselt (Brunnström, 1966).

Brunnström on oma uuringus (1966) kirjeldanud hemipareesiga patsientide motoorse funktsiooni hindamise põhimõtteid. Brunnström rõhutab, et valitud hindamismeetod peab vastama patsiendi seisundile ja olema nii kergesti mõistetav kui ka kiiresti läbi viidav, et vältida patsiendi väsimist ja hoida kokku väärtuslikku teraapiaks ette nähtud aega. Samuti on oluline, et hindajal oleks piisavalt töökogemust ja teadmisi, et hindamistulemusi analüüsida.

Ajuinsuldi diagnoosiga patsientide üldise liikumisvõime hindamiseks saab kasutada modifitseeritud *Rivermead Mobility Index* (MRMI) testi, kus hinnatakse patsiendi siirdumisi, tasakaalu istumisel ja seismisel, kõnnifunktsiooni ja treppidel liikumist vastavalt tema abivajaduse määrale. Et tegemist on testiga, mis hindab patsiendi sooritusi kvantitatiivselt, võib selle kasutamine sobida ajuinsuldi diagnoosiga patsientidele haiguse akuutses faasis. Hilisemates taastumisfaasides või paremas kehalises seisundis patsientide liikumisvõime hindamiseks võib kasutada *Motor Assessment Scale* (MotAS) skaalat, kus patsiendi liigutustegevust hinnatakse tema soorituskvaliteedi põhjal. Nii MRMI test kui ka MotAS skaala on kliinilises kasutuses levinud ja sobivaima hindamismeetodi valimine sõltub patsiendi kehalisest seisundist, testija isiklikust eelistusest ning kliinilisest keskkonnast (Johnson & Selfe, 2004).

Kõige rohkem informatsiooni kõnnifunktsiooni kohta saab teostades põhjalikku kõnnianalüüsi, mille läbi viimiseks palutakse indiviidil läbida oma tavalise kõnnikiirusega testiks määratud vahemaad teatud arv kordi ning analüüsi lõpptulemuseks on neil kordadel registreeritud info keskmised tulemused (Boudarham et al., 2013). Kõnnianalüüsil hinnatakse kõnni kinemaatilisi parameetreid, milleks on kõnnikiirus, kõnni rütm, kõnnitsükli pikkus, sammupikkus, kõnnitsükli kestus, sammupikkuse kestus, üksik- ja topeltoefaaside ning terve toefaasi protsentuaalne osakaal kogu kõnnitsüklist ja maksimaalsete liigesnurkade saavutamiseks

kulunud aeg (Chen et al., 2003). Lisaks kinemaatilistele parameetritele saab kõnnianalüüsi käigus hinnata ka liigutustegevuse käigus tekkivaid bioloogilisi signaale nagu näiteks bioelektrilist lihasaktiivsust, mille tuvastamiseks kasutatakse EMG meetodit, ja ajukoe eri piirkondade aktiivsust, mille määramiseks kasutatakse elektroentsefalograafia (EEG) meetodit (Ziegler et al., 2018). Kõnnianalüüsi teostamisel on rangelt soovituslik lõpptulemuse analüüsist välja arvestada uuritava esimeste distantsi läbimise kordade ajal registreeritud info, sest kõnnianalüüsi alustades kulub ajuinsuldi diagnoosiga patsiendil esmalt aega, et keskkonna ja ülesandega harjuda, mis võib moonutada kõnnianalüüsi lõpptulemust (Boudarham et al., 2013).

Brunnström (1966) on koostanud hindamiskaala, mille alusel saab kategoriseerida hemipareesiga patsientide üla- ja alajäsemete mootorset võimekust. Hindamiskaala koosneb faasidest 1-6, kus erinevad faasid kirjeldavad ülevaatlilikult patsientide pareetilise jäseme lihasaktiivsuse taset, liigutussünergiate rolli, spastilisuse ilmnemist jms. Faas 1 kirjeldab kõige algelisemat taastumisfaasi, mida iseloomustab pareetilise jäseme aktiivse liigutustegevuse puudumine ning vähene või puudulik lihasaktiivsus passiivsel liigutamisel. Faas 6 iseloomustab patsienti, kes suudab iseseisvalt ehk liigutussünergiatest sõltumatult teostada pareetilise jäsemega isoleeritud liigutusi ning spastilisus ilmneb vähesel määral vaid väga kiirete liigutuste korral. Vastavalt igale taastumisfaasile on Brunnström välja pakkunud selles faasis kasutamiseks sobivad mootorset funktsiooni hindavad testid, mis on patsiendile jõukohased. Seega on patsiendi hetkeseisundile vastava taastumisfaasi kindlaks tegemisel võimalik seada olulisemaid teraapia eesmärke vastavalt faaside kirjeldustele, mis muudab Brunnströmi skaala kasutamise efektiivseks ka teraapia planeerimise seisukohast (Brunnström, 1966). Brunnströmi skaala faase saab kasutada ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnianalüüsi kõnnimustri kirjeldamiseks ja patsientide üldvõimekuse eristamiseks uuringu tulemuste analüüsis (Chen et al., 2003).

Spastilisuse hindamiseks teostatakse manuaalne test, kus haaratud jäset liigutatakse passiivselt täieliku liigesliikuvuse piires, et esile kutsuda teatud lihasrühmade venitust, mille juures saab jälgida lihaste vastupanujõu teket. Selle meetodi alusel saab spastilisuse esinemise määra paigutada Ashworthi skaalale, mille modifitseeritud variant (MAS) pakub hindamiseks järgnevaid variatsioone: 0 – lihastoonuse tõusu ei esine; 1 – kerge lihastoonuse tõus koos *catch* fenomeni ehk järsu vastupanujõu esinemisega jäseme ekstensioon- või fleksioonliikuvuse lõpus; 2 - kerge lihastoonuse tõus koos *catch* fenomeniga, millele järgneb kerge lihasvastupanu liikuvusulatuse lõpuni; 3 – mõõdukas lihasvastupanu suurema osa liikuvusulatuse vältel, kuid liigutus on teostatav; 4 – suur lihasvastupanu suurema osa liikuvusulatuse vältel, liigutus on



raskesti teostatav; 5 – jäse on rigiidne fleksioon- või ekstensioonasendis (Bohannon & Smith, 1978).

Baude et al. (2019) pooldavad spastilisuse hindamisel MAS skaala asemel Tardieu skaala kasutamist. Uurijate sõnul on MAS skaala kasutamine spastilisuse hindamiseks ebakorrekne, sest meetodi abil ei ole võimalik eristada, kas liigutusel avalduva vastupanujõu põhjuseks on spastilisus, düstoonia või kontraktuur. Erinevalt MAS skaalast hindab Tardieu skaala manuaalsel testimisel haaratud jäseme passiivset liikumist nii aeglaselt kui ka kiirel režiimis ning lisaks avalduva vastupanujõu tugevuse hindamisele mõõdetakse Tardieu skaalal ka *catch* fenomeni tekkemomendile vastav liigesnurk. Ehkki Tardieu skaala on MAS skaalast tõendus põhise, on kahest meetodist viimase eelistamine siiski rohkem levinud.

Käesolev peatükk andis ülevaate ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi kõnnifunktsiooni mõjutavatest teguritest, nende tegurite toimet tekkivatest kõnnimustri tüüpilistest variatsioonidest ja patsientide füsioterapeutilisest hindamisest. Sageli iseloomustab patsientide kõndi kitsas toebaas, lühenenud sammupikkus ja madal kõnnikiirus, millega kaasvalt on liikumistasakaal ebakindel. Kõnnimuster on mõjutatud ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi hemipareesist, spastilisusest ja alajäseme deformatsioonidest. Hemipareesiga patsientidel on kõige enam raskusi paretilise alajäseme toefaasi ja kontralateraalse alajäsemega sammu astumisega lihasnõrkuse või põlveliigese ekstensioonasendi tõttu, mida põhjustab spastilisus. Spastilisuse hindamiseks sobib kõige paremini Tardieu skaala, kuid MAS skaala on rohkem levinud. Ajuinsuldi diagnoosiga patsientide füsioterapeutilisel hindamisel on levinud Brunnströmi taastumisfaaside kasutamine, sest see on kiire ja informatiivne meetod. Patsientide üldist liikumisvõimet hinnatakse sageli MRMI või MotAS skaaladel sõltuvalt nende kehalisest võimekusest. Kõige rohkem informatsiooni kõnnifunktsiooni kohta saab teostades põhjalikku kõnnianalüüsi kasutades selleks EMG ja EEG meetodeid ning hinnates kõnni kinemaatilisi parameetreid.

### 3. FÜSIOTERAPEUTILISE SEKKUMISE PÕHIMÕTTED

Ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi eduka ja efektiivse füsioterapeutilise sekkumise planeerimisel on antud bakalaureusetöö autori hinnangul oluline lähtuda tõenduspõhisust omavatest seisukohtadest. Et ajuinsuldiga kaasuvad probleemid on neuroloogilise olemusega, peab ajuinsuldi järgses taastusravis arvestama ajukoele omaste mehhanismide ja skeletilihassüsteemi vaheliste seostega.

Ajukude iseloomustab neuroplastilisus, mis tähendab neuronite võimet omavahelisi ühendusi pidevalt muuta ja vajadusel ka juurde tekitada, et säilitada ajutegevuse funktsionaalset terviklikkust ja organismi õpivõimet (Valentin, 2017; Cioni et al., 2011 kaudu). Neuronitevahelise ühenduse katkemisel loovad intaktsed, kahjustusest puutumata aksonid uusi jätkeid teiste neuronitega, et kaotatud ühendusi kompenseerida, mille kaudu on võimalik aju ja organismi kohanemine ajuinsuldi tagajärjel kahjustunud neuronite funktsiooni häirumisega, sest leiab aset kaotatud funktsiooni neuraalne taastumine (Valentin, 2017).

Valentin (2017) kinnitab, et neuroplastilisuse soodustamiseks on oluline neuroneid rakendada eesmärgipärasesse ja häirunud funktsiooni hõlmavasse tegevusse, sest vastasel juhul toimub düsfunktsiooni süvenemine. Suurele korduste arvule ja funktsionaalsete harjutuste sooritamisele üles ehitatud füsioterapeutiline sekkumine on ajuinsuldi järgses taastusravis kõige optimaalsemate tulemustega (French et al., 2008). Funktsionaalsed tegevused nõuavad sageli mitmete oskuste rakendamist üheaegselt ning seetõttu kaasatakse ka teraapiasse erinevaid kombinatsioone iseseisvaks eluks vajalikest komponentidest nagu näiteks tasakaal, posturaalne stabiilsus, motoorne võimekus, kognitsioon, propriotseptioon jpt (Jette et al., 2005).

*Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR)* liikmete 1995. aastal koostatud ravijuhendis on ajuinsuldi järgse taastusravi eesmärkideks seatud funktsionaalse piiratuse vähendamine, kaotatud oskuste neuromotoorne taasõppimine ja uute, funktsionaalsust toetavate liigutusmustrite leidmine vastavalt patsiendi kehalisele võimekusele. Lisaks patsiendi harimisele on olulisel kohal ka tema tugivõrgustiku kaasamine teraapia protsessi igasse etappi (Gresham et al., 1995). Rehabilitatsiooni protsessi üldine eesmärk on aidata patsientidel haiguse järgselt naasta oma sotsiaalsesse ja tööalasesse keskkonda (Corbetta et al., 2015).

AHCPR-i ravijuhend on füsioterapeutilise sekkumise sisu jaganud kolme kategooriasse:

1. Funktsionaalne ettevalmistus – funktsiooni probleemidele vastavate eesmärkideni pürgimine terapeutilise harjutuse kaudu (nt lihaskõuetõuge ja liigesliikuvuse suurendamine);
2. Kompenseerimine – uute liigutusmustrite õppimine ADL tegevuste sooritamiseks, juhul kui haaratud kehapoole kasutamine ei ole võimalik;
3. Motoorne õppimine – funktsionaalsete tegevuste sooritamine võimalikult tõetruudes keskkondlikes tingimustes (Gresham et al., 1995).

Jette et al. (2005) viisid aastail 2001–2003 läbi uurimuse Ameerika Ühendriikide 6 erinevas rehabilitatsiooniasutuses viibinud ligi 1000 ajuinsuldi diagnoosiga patsiendi seas. Uuringus osalenud patsiendid viibisid taastusravil keskmiselt 18 päeva ja osalesid füsioteraapias 13 päeval. Igale patsiendile oli keskmiselt määratud 1,5 teraapiat päevas ja ühe sessiooni kestuseks kujunes keskmiselt 38 minutit. 78% sessioonidest hõlmasid mitut tegevust nagu näiteks kõnnitreening, funktsionaalne ettevalmistus igapäevaelu toiminguteks ja siirdumine. AHCPR-i kategooriate järgi kulus keskmiselt 54% teraapiaks ette nähtud ajast mootorsete oskuste õppimisele (tegevused voodi piires, siirdumised ja kõnnitreening) ning 20% ajast funktsionaalseks ettevalmistuseks. Patsiendi ja tema lähedaste harimisele kulus sessioonide koguaegast vaid 7%.

Järgmises alapeatükis kirjeldab bakalaureusetöö autor sekkumismeetodeid, mis on rajatud eelnevalt tutvustatud füsioterapeutilise sekkumise põhimõtetele.

### **3.1. Füsioterapeutilised sekkumismeetodid kõnnitreeningus**

Kõnnifunktsiooni taastamisel on esmalt oluline, et patsient omandaks bilateraalselt sümmeetrilise raskuskande alajäsemetele. Seejärel õpivad patsiendid taas iseseisvalt kõndima vastavalt füsioterapeudi verbaalsele juhendamisele ja vajaduspõhisele fasiliteerimisele (Yano et al., 2003). Parema kõnnifunktsiooni saavutamiseks kasutatakse terapeutilist harjutust kombineerituna erinevate meetoditega, mille kasutust kõnnitreeningus on käesoleva bakalaureusetöö autor kirjeldanud järgnevalt mõne näite näol.

#### **3.1.1. Vähendatud keharaskusega kõnnitreening**

Levinud sekkumismeetod ajuinsuldi järgselt kõnnifunktsiooni taastamiseks on vähendatud keharaskusega kõnnitreening (ing k *body weight supported treadmill training*). Teraapiat

viiakse läbi jooksulindil kõndides ning keharaskuse vähendamiseks kasutatakse kehatüve külge kinnitatavaid rakmeid, mis keha kõndimise ajal aluspinna suhtes eleveeritud asendis hoiavad. Rakmete tõttu on meetod turvaline ja efektiivne tõstmaks indiviidi vastupidavust, kõnnikiirust ja sammude arvu. Meetodi efektiivsus varieerub sõltuvalt indiviidi võimest iseseisvalt tasapinnal kõndida ja teraapia ajal vähendatud keharaskusest. Vähendatud keharaskusega kõnnitreening on olnud väga tulemuslik oluliselt langenud kõnnifunktsiooni taastamisel, mille tõttu sobib meetod väga hästi ka ajuinsuldi akuutses faasis patsientidele, kelle üldine kehaline võimekus on madal. Tihti demonstreerivad patsiendid vahetult pärast treeningut sümmeetrilisemat kõnnimustrit ja stabiilsemat kehatüve liikumisel (Mori et al., 2020).

### **3.1.2. Eksoskelett**

Üks uuematest kõnnifunktsiooni edendamiseks arendatud tehnoloogiatest on robootiline eksoskelett (ing k *exoskeleton*). Robootiline seade kinnitub kasutaja kehatüve ja alajäsemete ümber, et juhtida või toetada puusa-, põlve- ja hüppeliigeste liikumist tasapinnal kõndimise automatiseerimiseks. Eksoskelett suudab kõnnifunktsiooni indutseerida ka ilma indiviidi omaalgatusliku lihasaktiivsusega alajäsemetes. Seadme tarkvara võimaldab terapeudil teraapia käigus reguleerida eksoskeleti toetust ja kõnni parameetreid. Meetod on iseseisev teistest kõnniteraapias tihti kasutatavatest seadmetest nagu nt jooksulint, mille tõttu on kõnnikeskkond vähem piiratud. Eksoskeletti kasutatakse mitmete alajäseme lihaskõrgekstensiivsete põhjustavate diagnooside puhul kõnniteraapias, sh ka ajuinsuldi järgselt. Meetodi puuduseks on asjaolu, et seade ei toeta kasutaja tasakaalufunktsiooni, mille tõttu peab eksoskeleti kandja omama stabiilset liikumistasakaalu, et meetodi kasutamine oleks turvaline (Louie et al., 2020).

### **3.1.3. Alajäseme trenaažöör**

Alajäseme vähenenud funktsiooni taastamiseks kasutatakse sageli alajäseme trenaažööri. Trenaažööri kasutamisega kaasneva bipedaalse väntamise muster on väga sarnane kõnnile, sest mõlemad tegevused toimuvad tsükliliselt ja vajalik on alajäseme retsiprookne fleksioon-ekstensiionsuunaline liigutustegevus puusa-, põlve- ja hüppeliigesest. Meetod sobib ka patsientidele, kes suudavad pikaajaliselt istuda, kuid ei suuda veel seista. Ehkki meetod on levinud ja potentsiaalselt efektiivne lihasjõu taastamiseks, on hemipareetiliste patsientide puhul oluline jälgida nii pareetilise kui ka mitteporeetilise alajäseme osalust liigutustegevuses, sest trenaažööri asümmeetriline kasutamine võib vähendada teraapiast saadavat kasu ja põhjustada hiljem enam väljendunud asümmeetrilist kõnnimustrit (Yin et al., 2016).

#### 4. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEV TERAAPIA

VRT on üks kõige uuemaid meetodeid ajuinsuldi järgses taastusravis ning kõige enam leiab see kasutust ülajäseme motoorse funktsiooni taastamisel. Termin “virtuaalreaalne” (VR) tähendab arvuti abil genereeritud kolmemõõtmelist (3D) simulatsiooni ümbritsevast keskkonnast, kus on võimalik erinevate arvuti poolt loodud elementidega füüsiliselt reaajas suhelda (Vinas-Diz & Sobrido-Prieto 2016; Weiss et al., 2006 kaudu).

Vinas-Diz & Sobrido-Prieto (2016) on kirjeldanud kahte tüüpi VR keskkondi. Esimest tüüpi VR keskkonnad on loodud kõige vahetuma VR kogemuse tagamiseks ning sellises keskkonnas viibides pole kasutajal võimalik reaalmaailma tajuda (ing k *immersive VR*). Sellist võimalust pakuvad *Glasstrom, Interactive Rehabilitation and Exercise System (IREX)* ja *PlayStation EyeMotion* süsteemid. Teist tüüpi keskkonnad ei blokeeri reaalmaailma tajumisega seonduvaid protsesse, mille tõttu on VR keskkonnas viibides võimalik osaliselt või täielikult tajuda ka ümbritsevat reaalist keskkonda (ing k *non-immersive VR*). *Virtual Teacher, Cyberglobe, Virtual Reality Motion, Pneumoglobe* ja *Nintendo Wii* on mõned näited sellistest süsteemidest.

Olenevalt konkreetsest VR keskkonna tüübist ja selle tarkvarast on keskkonnasiseste objektidega manipuleerimine võimalik kahel moel. Osades süsteemides kasutatakse selleks spetsiaalselt loodud interaktiivset seadet (nt mängupult). Teistes süsteemides on kasutajal võimalik objektidega suhelda oma kehaosade liigutamisel, sest vastavalt tuvastatud liikumisele loob süsteem VR keskkonda projektsiooni kasutaja liikuvatest kehaosadest. Viimastes süsteemides on liigutustegevus ja objektidega manipuleerimine vahetuma kontakti tõttu sujuvam (Sveistrup, 2004). Seega sõltub VRT kehalise aktiivsuse tase VR keskkonna tüübist ja interaktiivsetest võimalustest sellest keskkonnast osa saada (Laver et al., 2017).

Kasutajaliidese ülesandeks on edastada VR keskkonnas viibijale sensoorset infot, mis muudab kogemuse võimalikult tõeseks (Vinas-Diz & Sobrido-Prieto 2016; Weiss et al., 2006 kaudu). VR keskkonna visuaalse kuvandi loomiseks kasutatakse nii traditsioonilisi arvutiekraane kui ka keerulisemaid pea külge kinnitatud seadmeid (HMD; ing k *head mounted display* ja *head set*), mille nägemisvälja tekkivat projektsiooni reguleeritakse reaajas kasutaja ümber paigutatud liikumist registreerivate vahenditega – värvikaamerad, videokaamerad, magnetkaamerad ja infrapunakaamerad on levinumad neist (Sveistrup, 2004).

Järgmistes alapeatükkides kirjeldab käesoleva bakalaureusetöö autor VRT kasutamise positiivseid ja negatiivseid külgi kooskõlas teraapia vastunäidustustega.

#### **4.1. Virtuaalsel reaalsusel põhineva teraapia eelised**

Suurem osa sekkumismeetoditest, mida kasutatakse ajuinsuldi diagnoosiga patsientide taastusravis, keskendub nende kehaliste funktsioonide edendamisele. VRT meetodid võimaldavad lisaks patsientide kehalisele võimekusele mõjutada ka nende psühholoogilist seisundit. Mängulise VRT kaudu on võimalik patsiente abistada nende psühholoogilistes probleemides nagu näiteks depressioon, abitustunne ja raskused inimeste vahelistes suhetes (Song & Park, 2015).

Interaktiivsete seadmete ehituse tõttu on VRT kasutamisel positiivne mõju inimese rühile ja keskendumisvõimele, sest VR keskkonnas viibides puudub patsiendil võimalus end kognitiivselt tegevusest välja lülitada tajusüsteemide pideva stimuleerimise tõttu. Kõnnitreeningu kontekstis puudub VRT kasutajal soov või võimalus kõndimise ajal alla, oma labajalgade poole vaadata (Törnbum & Danielsson, 2018).

VRT kasutamisel saab taastusravi käigus luua tavaelule omaseid, kuid patsiendile motoorselt ja sensoorselt väljakutsuvaid situatsioone, mida ilma VR keskkonna abita haiglas läbi viidavasse teraapiasse lisada ei saaks. Seega on võimalik teraapiasse integreerida rohkem elulisi olukordi nagu nt sõidutee ületamine, mille teraapiasse kaasamine mõnel muul moel oleks liiga ohtlik (Laver et al., 2017).

Laver et al. (2017) on täheldanud, et VRT rakenduste lisafunktsioonid suurendavad motivatsiooni tõstmise kaudu patsiendi teraapias veedetud aega. Törnbum & Danielsson (2018) kirjeldavad samuti VRT kasutamise kaasnivat motivatsioonitõusu, mis on põhjustatud teraapiasisesest võistluselemendist, sest VR keskkonnaga suheldes saab kasutaja aru oma sessioonil toimuvast progressist ning oskab süsteemi poolt pakutava informatsiooni alusel mõtestada, kuidas veelgi paremat tulemust saavutada saaks. Lisaks on VR keskkonna meeldivuse tõttu tõenäoline, et patsient tolereerib suuremal hulgal valu või väsimustunnet, mis suurendab samuti teraapias veedetud aega (Sveistrup, 2004; Chuang et al., 2003 kaudu).

Ka terapeudi jaoks on VRT kasutamisel teatud eeliseid. Meetodi tehnoloogia lihtsustab nii patsiendi ühekordse soorituse kui ka tema progressi hindamist, sest süsteem tagasisidestab

terapeuti ühese, objektiivse ja kvantitatiivse informatsiooniga. Patsiendi koormuse reguleerimine ja harjutuste valimine on samuti lihtsustunud, sest kõik teraapias kasutatavad seadmed on programmeeritavad (Sveistrup, 2004). Lisaks leidub mitmeid programme, mis on loodud patsientidele iseseisvaks kasutamiseks, mille tõttu on VRT rakendamisel potentsiaali suurendada patsientide teraapias veedetud aega terapeutide töökoormust seejuures suurendamata (Laver et al., 2017).

#### **4.2. Virtuaalsel reaalsusel põhineva teraapia vastunäidustused ja efektiivsust piiravad faktorid**

Laver et al. (2017) on VRT meetodite suhtes optimistlikud ja sõnavad oma kogemusest lähtuvalt, et vastunäidustusi – nende seas peapööritus, -valu või iiveldus – esineb kliinilises praktikas harva ja need ei piira tavaliselt interaktiivse teraapia läbi viimist. Siiski tõdevad uurijad, et vastunäidustuste ilmumine on sügavalt indiviidipõhine ja sõltub lisaks füsioloogilistele iseärasustele ka VR tarkvara kvaliteedist, kasutatavatest interaktiivsetest seadmetest ja funktsionaalse treeningu tarbeks programmeeritud ülesande iseloomust.

VRT kasutamisel tuleb lähtuda patsiendi isiklikest eelistustest teraapia osas (Laver et al., 2017). Taanis läbi viidud uuringus (Törnbom & Danielsson, 2018; Celinder & Peoples 2012 kaudu) täheldati, et vanemaealised patsiendid eelistavad VRT asemel konservatiivsemaid sekkumismeetodeid. Rootsis tehtud uuringus (Törnbom & Danielsson, 2018) leiti, et võrreldes vanemaealiste patsientidega tunnevad nooremad patsiendid VRT vastu rohkem huvi ja on rohkem motiveeritud seda oma taastusravi protsessis proovima. Selle alusel järeldeb antud bakalaureusetöö autor, et eksisteerib seos inimese vanuse ja interaktiivses teraapias osalemise soovi vahel, kus kõrgem vanus pärsib ja noorem vanus soosib VRT rakendamist.

Patsiendi individuaalne kehaline võimekus määrab oluliselt VRT kasutamise võimalusi (Laver et al., 2017). Ajuinsuldi järgse taastusravi varases staadiumis võib VRT kasutamine olla riskantne ja ei pruugi anda soovitud tulemusi, sest VR keskkonnas viibimine on kognitiivselt väga nõudlik ning vaja läheb head dünaamilist tasakaalu, et osutatav teraapia oleks turvaline ja samaaegselt ka efektiivne (Törnbom & Danielsson, 2018).

VRT üldist efektiivsust piirab kindlasti meetodi vähene levik ja kättesaadavus. Spetsiaalselt funktsionaalseks taastusraviks välja töötatud VRT seadmeid leidub kliinilises keskkonnas väga vähe. Selle põhjuseks on VR tarkvara kõrge hind: võrreldes teistes sekkumismeetodites

kasutatud abivahenditega on interaktiivsete seadmete soetamine asutusele väga kulukas (Corbetta et al., 2015).

VRT meetoditest ja neile spetsiaalselt loodud tarkvara olemusest kõnnitreeningu kontekstis on käesoleva bakalaureusetöö autor andnud ülevaate järgmises alapeatükis.

### **4.3. Virtuaalsel reaalsusel põhinev teraapia ja kõnnitreening**

VRT meetodites kasutatud spetsiaalse tarkvara loomisel on rakendatud kõnnitreeningu meetodite ühildamist VR keskkonnaga. Levinud on jooksulindi või alajäseme trenaažööri sidumine 3D ekraanidega, kus kajastuvad reaalses maailmas indiviidi liikumiskiirus ja selle muutumine, tema positsioon ja võimalused keskkonnas olevate objektidega suhtlemiseks (Sveistrup, 2004).

Spetsiaalselt arendatud tarkvara sisaldab sageli ka mängulise sisuga rakendust. Yin et al. (2016) olid oma uuringus alajäseme trenaažööri ühildanud VR rakendusega, mille visuaalid olid kuvatud ekraanil trenaažööri ees. Ekraanil oli kujutatud sõiduteed, millel olevat autot oli võimalik trenaažööril genereeritud jõul edasi liigutada. Lisaks võimaldas rakendus autot liigutada ka paremale või vasakule sõltuvalt sellest, millise pedaali surveplaadile rohkem jõudu avaldati. Mänguline element seisnes sõiduteele asetatud rahatähtede püüdmises ja selle kaudu oma mänguskoori kogumises. Song & Park (2015) on veendunud, et mängulisust saab kõnnitreeningusse lisada ka erinevate mängukonsoolide kaudu, sest nii *Nintendo Wii Fit* kui ka *Xbox Kinect* konsoolid võimaldavad mänguliste rakenduste kasutamist, mis baseeruvad VR tarkvaral ja pakuvad erinevaid võimalusi kogu keha treenimiseks.

Lõuna-Koreas läbi viidud uuringus (2015) kasutati *Xbox Kinect* konsooli erinevaid mängu, et avaldada positiivset mõju uuritavate kõnnifunktsioonile nende tasakaalu parandamise kaudu. Uuringus osales 40 ajuinsuldi diagnoosiga inimest, kelle kognitiivset võimekust hindava *Mini-Mental Examination* (MMSE) testi lõppskoor oli vähemalt 24 punkti. Osalejad jagati võrdselt ja juhuslikul teel eksperimentaal- (EG) ja kontrollgrupi (KG) esindajateks. Nii EG kui ka KG uuritavad olid 50. eluaastates ja diagnoositud ajuinsuldiga keskmiselt 14 kuud enne uuringuperioodi algust. EG teraapiaplaan koosnes 30-minutilistest VRT sessioonidest 5 korda nädalas 8-nädalasel uuringuperioodil. Iga sessiooni jooksul mängisid EG uuritavad tasakaalu ja kehaasendi kontrolli arendavaid kaasahaaravaid mängu (*Kinect Adventure* ja *Kinect Gunstringer*) või panid ennast proovile erinevates sportlikes tegevustes VR keskkonnas (*bowling*, suusatamine, golf, takistustest üle astumine, treppidel kõnd). KG uuritavad osalesid



sama uuringuperioodi vältel 5 korda nädalas 30-minutilistel alajäseme trenaažööri treeningutel. Uuringu alguses ja lõpus hinnati kõigi uuritavate tasakaalu ja kõnnifunktsiooni vastavalt biotagasisüsteemi, 10 meetri kõnnitesti ning *Timed-Up and Go* (TUG) testi tulemuste kaudu. Uuringu tulemustest selgus, et mõlemad sekkumismeetodid olid väga efektiivsed parandamaks uuritavate tasakaalu ja kõnnifunktsiooni, kuid EG uuritavate tulemused olid KG uuritavatega võrreldes pisut märkimisväärsamad ( $p < 0,05$ ). VRT oli uurijate hinnangul efektiivsem kui alajäseme trenaažöör, sest mängude mängimine aitas EG uuritavatel keskenduda ja motiveeris neid teraapias osalema (Song & Park, 2015).

Intensiivsema VR kogemuse loomiseks kasutatakse kõnnitreeningus ka HMD kasutajaliidest. Park et al. (2013) on kirjeldanud HMD rakendamist oma VRT uuringus, mille eesmärgiks oli ajuinsuldi diagnoosiga uuritavate kõnni parameetreid mõjutada nende posturaalse stabiilsuse parandamise kaudu. Uuritavatel, keda oli kokku 16, esines ajuinsult vähemalt 6 kuud enne uuringuperioodi algust, nende MMSE testi lõppskoor oli vähemalt 24 punkti ning nende kehaline võimekus oli piisavalt hea, et läbida 10-meetrine distants ilma abivahenditeta. Uuringuperioodi alguses, lõpus ja sellest kuu aja möödudes hinnati uuritavate kõnnifunktsiooni kõnnianalüüsi ja 10 meetri kõnnitesti abil. Kõnnianalüüs teostati kasutades selleks spetsiaalset sensoritega varustatud kõnnimatti, mis registreeris uuritava kõnni jooksul kõnni parameetrid. Uuritavad jaotati juhuslikult EG ja KG gruppi nõnda, et mõlemas grupis oli 8 uuritavat. Gruppidevaheline erinevus uuritavate keskmise vanuse ja ajuinsuldist möödunud aja poolest oli minimaalne ( $p > 0,05$ ): uuritavate keskmine vanus EG ja KG gruppides olid vastavalt 46 ja 48 eluaastat ning ajuinsuldist möödunud aeg mõlemas grupis 11 kuud. Mõlema grupi uuritavad osalesid 4-nädalasel uuringuperioodil 5 korda nädalas 60-minutilises konservatiivsel sekkumisel põhinevas teraapias, kus teostati terapeutilisi harjutusi alajäsemete lihasjõule ja treeniti keharaskuse kandmise oskust pareetilisele alajäsemele. Põhitreeningule lisaks osalesid KG uuritavad 3 korda nädalas ka 30-minutilistel konservatiivse teraapia lisasessioonidel ning sama koormusega osalesid EG uuritavad VRT sessioonidel. Kõnealusel uuringus kasutatud VRT programmi mehhanism põhines reaallajalisel visuaalsel tagasisidel, mida EG uuritavad kogesid HMD vahendusel. Programm koosnes kolmest osast: vaagnavöötme stabiilsus ja mobiilsus selili asendis; kehatüve asendikontroll istudes; alajäseme lihasjõu treening keharaskuskande ja vaagnavöötme stabiilsuse säilitamise kaudu seistes. HMD tagas uuritavatele harjutuste vältel pideva visuaalse tagasiside nii programmi tarbeks filmitud visuaalse juhendi kui ka nende enda kehaasendi ja liikumise näol. Sel moel oli uuritavatel võimalik oma sooritust reaallajas korrigeerida vastavalt nähtule.

Park et al. uuringu (2013) tulemustest selgus, et HMD kasutajaliidest hõlmav VRT mõjus EG uuritavate kõnni parameetritele positiivselt: vahetult pärast uuringuperioodi lõppemist olid paranenud suurem osa kõnni parameetritest ning ka pärast 1 kuu möödumist olid kõnni parameetrid jätkuvalt paranenud. KG uuritavate kõnni parameetrite muutumine oli EG uuritavatega võrreldes vähem märkimisväärne vahetult pärast uuringuperioodi lõppemist ning 1 kuu möödudes ei täheldatud jätkuvat progressi ühegi kõnni parameetri osas. Mõlemas grupis teostatud sekkumine osutus grupisisesele siiski efektiivseks. Suurim gruppidevaheline erinevus seisnes viimase hindamise tulemustes, kus EG uuritavate kõnnitsükli pikkus oli KG uuritavatega võrreldes oluliselt ( $p < 0,05$ ) enam pikenenud. Uurijad usuvad, et VRT mõju EG uuritavatele oleks ulatuslikum, kui kasutada kaasaegsemat HMD kasutajaliidest. Uuringu positiivseks küljeks oli uuringuperioodijärgne kõnnifunktsiooni hindamine, mis andis informatsiooni teraapias saavutatud efekti püsivuse kohta. Uuringu negatiivseteks külgedeks olid väike valim ja uurijate poolt raporteeritud HMD kasutajaliidese madal kvaliteet, mis põhjustas uuritavate seas peapööritust. Kõnealune uuring kinnitab VRT ja HMD kasutamise positiivset mõju vaid hea või väga hea kõnnifunktsiooniga ajuinsuldi diagnoosiga patsientide seas, sest kõik uuritavad suutsid enne uuringut kõndida 10 meetrit ilma abivahenditeta.

Song & Park (2015) uuringu eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas mõjub mängukonsoolil põhinev VRT ajuinsuldi diagnoosiga uuritavate kõnnifunktsioonile võrreldes konservatiivse sekkumisega. Park et al. (2013) uuringus oli uurijate eesmärgiks edendada uuritavate kõnnifunktsiooni nende posturaalse stabiilsuse parandamise kaudu kasutades selleks HMD kasutajaliidesele põhinevat VRT-d. Mõlemad uuringud raporteerivad uuritavate tulemuste paranemist 10 meetri kõnnitestis, mis sooritati uuringuperioodi lõppedes. Park et al. (2013) uuringu uuritavad olid Song & Park (2015) uuringu uuritavatega võrreldes veidi nooremad, kuid ajuinsuldi diagnoosimise hetkest oli neil möödunud vähem aega. Park et al. (2013) uuringu uuritavad olid arvatavasti hea kehalise võimekusega, sest nad suutsid abivahenditeta läbida 10 meetrit; Song & Park (2015) uuringu uuritavate abivahendite vajaduse kohta informatsiooni ei kogutud. Lisaks erines uuringute meetodika oluliselt nendes rakendatud VRT meetodite poolest: HMD kasutajaliidesele on mängukonsooliga võrreldes kognitiivselt nõudlikum ja seega patsientidele väljakutsuvam. Eelneva põhjal võib järeldada, et Park et al. (2013) uuringu uuritavad olid kehaliselt võimekamad kui Song & Park (2015) uuringu uuritavad. Et mõlema uuringu uurijad raporteerisid oma uuringusse valitud sekkumismeetodi positiivseid tulemusi, võib järeldada, et HMD kasutajaliidesele põhinev VRT on sobiv sekkumine parandamiseks kehaliselt hea võimekusega ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõndi ning mängukonsoolide kasutamine sobib ajuinsuldi diagnoosiga patsientidele, kes vajavad rohkem motiveerimist.

## 5. VIRTUAALSEL REAALSUSEL PÕHINEVA TERAAPIA TÕHUSUS LEVINUD SEKKUMISMEETODITEGA VÕRRELDES

Yom et al. (2015) viisid läbi uuringu, et hinnata ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnifunktsiooni ja tasakaalu edendamise efektiivsust kombineerides selleks hüppeliigese strateegiale suunatud harjutuskava ja VRT meetodeid. 4-osaline harjutuskava koosnes taastusravis levinud harjutustest põrandal, seis ühel alajäsemel, tasakaalupadjal ja –laual. VR keskkonna loomiseks ühildati kavaga sünkroniseeritud VR programm, mis käivitati *notebook* tüüpi arvutis, ning laserprojektor, mille abil arvutis käivitatud programmi visuaalid patsiendi ees asetsevale ekraanile kuvati. Arvuti küljes paiknev kaamera registreeris reaajas patsiendi asendit ja liigutusi. Iga harjutuse jooksul ilmus ekraanile visuaalne tagasiside patsiendi sooritusest kolmes eri vaates: täispikkuses eestvaates, külgvaates ja ainult hüppeliigestest. Sedasi oli patsiendil võimalus oma rühti ja liigutuste soorituskvaliteeti ise jälgida ning jooksvalt parandada.

Uuringus osalemise kriteeriumid sätestasid, et kõigil osalejatel peab olema diagnoositud hemiparees vähemalt 6 kuu eest esinenud ajuinsuldi tagajärjel, kuid tal on säilinud võime täita verbaalseid korraldusi ja adekvaatselt suhelda. Potentsiaalsete osalejate kognitiivse seisundi hindamiseks kasutati MMSE testi, mille lõppskoor pidi ületama 24 punkti, et kriteeriumitele vastata. 26 kriteeriumitele vastanud patsienti kaasati uuringusse, kuid neli neist loobus enne uuringu algust. 22 uuringus osaleda soovinud uuritavat jagati võrdselt EG ja KG esindajateks. EG uuritavad osalesid 6-nädalase perioodi vältel 5 korda nädalas 30-minutilises kombineeritud teraapias, kus konservatiivne harjutuskava oli ühildatud VRT kasutamisega. KG uuritavad osalesid sarnases teraapias võrdse intensiivsuse ja ajalise kestusega, kuid VRT asemel oli nende harjutuskava kombineeritud teraapiaga mitteseonduva dokumentaalfilmi vaatamisega. Enne uuringus osalemist käisid patsiendid 6-nädalasel taastusravil 10 korda nädalas 30-minutilistel teraapiasessioonidel. EG osalejate keskmine vanus oli 64 eluaastat ja ajuinsuldi diagnoosimisest möödunud aeg keskmiselt 11,1 kuud; KG osalejad olid keskmiselt 78-aastased ja uuringu läbi viimise hetkel ajuinsuldist taastunud 11,6 kuud. Mõlemast grupist katkestas üks uuritav isiklikel põhjustel uuringus osalemise. Osalejate tasakaalu hinnati kasutades TUG testi ning muutuseid lihastoonuses hinnati MAS ja Tardieu skaalal. Lisaks registreeriti enne ja pärast uuringut osalejate kõnniga seotud parameetrid: sammude pikkus ja sagedus, liikumise kiirus ning toefaasi, topelttoefaasi ja hoofaasi protsentuaalne kestus kõnnitsükli (Yom et al., 2015).

Uuringuperioodi lõppedes selgus, et EG uuritavate tulemused olid KG uuritavatega võrreldes märkimisväärselt paranenud nii TUG testis kui ka MAS ja Tardieu skaaladel (TUG  $p < 0,05$ ; MAS ja Tardieu skaala  $p < 0,01$ ). Kuigi mõlema grupi siseselt paranesid kõnniga seotud parameetrite tulemused märgatavalt, olid EG uuritavad üldiselt edukamad KG grupist ( $p < 0,05$ ). Uuringu tulemused viitavad, et tavapärasele sekkumisele vastava harjutuskava kombineerimine VRT meetoditega on efektiivsem kui harjutuskava sooritamine eraldiseisvalt ning kõnealune kombinatsioon on efektiivne ajuinsuldi järgses taastusravis spastilisuse vähendamise ja kõnnifunktsiooni parandamise eesmärgil. Läbi viidud uuringu puudusteks olid väike osalejate arv ja teadmatuse saavutatud tulemuste pikaajalise püsivuse kohta. Samuti võis KG liikmete kõrgem keskmine vanus negatiivselt mõjutada gruppide vahelise võrdlemise valiidsust, sest kõrgem vanus on seotud aeglasema taastumisega (Yom et al., 2015).

Hemipareesiga patsientide alajäsemete sümmeetrilise kasutuse soodustamise eesmärgil viisid Yin et al. (2016) läbi uuringu, kus võrreldi konservatiivse sekkumise ja kombineeritud VRT mõju ajuinsuldi diagnoosiga patsientide alajäsemete lihasjõule. VRT teostamiseks kasutati antud uuringus sensoritega varustatud alajäseme trenaažööri, teraapia käigus kogutud andmete analüüsi teostavat rakendust ja VR programmi, mis lõi ekraanile kuvandi sõiduautost, mille liikumine oli kooskõlas trenaažööril tehtava tööga. Uuringus osales 10 ajuinsuldi diagnoosiga inimest, kellest 9 jagati kahte gruppi: KG uuritavaid oli kokku kolm ning nende pareetilise alajäseme motoorset võimekust peegeldasid uurijate hinnangul Brunnströmi 3. ja 4. faas; EG uuritavaid oli kokku kuus ning ka nende alajäseme motoorne võimekus vastas Brunnströmi faasidele 3 ja 4. Nii KG kui ka EG uuritavad käisid 5 korda nädalas 60-minutilises konservatiivses teraapias, kuid EG uuritavatele olid sellele lisaks määratud ka 15-minutilised VRT sessioonid, mis toimusid 3 korda nädalas. Uuring kestis, kuniks EG uuritavad olid läbinud 10 VRT sessiooni. Enne esimest VRT sessiooni tehti kindlaks EG uuritavate alajäsemete asümmeetria indeks (ARI) mõõtes selleks alajäsemete bipedaalset lihasjõudu ja uuritavate seismistasakaalu surveplaadil. Uuringuperioodi lõppedes mõõdeti näitajad uuesti ning tulemusi võrreldes selgus, et EG uuritavate ARI oli oluliselt paranenud, KG uuritavate ARI aga mitte. EG uuritavate ARI oli märgatavalt paranenud nii seismistasakaalu ( $p < 0,05$ ) kui ka pareetilise alajäseme lihasjõu ( $p < 0,05$ ) näitajate poolest. Uurijate hinnangul on tegemist efektiivse meetodiga, kui eesmärgiks on parandada ajuinsuldi diagnoosiga patsientide alajäsemete sümmeetrilist kasutust.

Sekkumiselt sarnase uuringu viis läbi ka Lee (2019), kus võrreldi tavalise alajäseme trenaažööri ja VRT meetoditega modifitseeritud alajäseme trenaažööri kasutamise mõju ajuinsuldi

diagnoosiga patsientide kõnnifunktsioonile. Uuringusse oodati osalema Lõuna-Korea rehabilitatsioonikeskuse patsiente, kellel esines vähemalt 6 kuud kestnud hemipleegia ja kelle liikumisvõime taastumine vastas Brunnströmi 4. või kõrgemale faasile. Uuringus osalemise kriteeriumiks oli ka MMSE testi vähemalt 24-punktiline lõppskoor, et veenduda osalejate valmiduses järgida uuringuga kaasnevaid verbaalseid juhiseid. Kõnealusel uuringus osales 42 ajuinsuldi diagnoosiga indiviidi, kes jagati võrdselt EG ja KG uuritavateks. Nii EG kui ka KG uuritavate istumistasakaalu ja kõnniga seonduvaid parameetreid hinnati enne 6-nädalase uuringuperioodi algust. Kõik uuritavad käisid 5 korda nädalas 60-minutilistes teraapiasessioonides, millest 40 minutit moodustas treening alajäseme trenadžööril ja 20 minutit muud konservatiivse sekkumise viisid (terapeutiline harjutus, tegevusteraapia, funktsionaalne lihaste elektrostimulatsioon). Mõlema grupi sekkumise ülesehitus oli seega sarnane, kuid EG uuritavate trenadžööril tehtav treening oli kombineeritud VRT-ga. VR keskkonna loomiseks kasutati suurt ekraani ja *Virtual Active* rakendust, mille kaudu saab kuvada kulgemist eelnevalt filmitud teeradadel erinevatel maastikel ja linnades. Ekraani kohale kinnitatud nutitelefonikaamera oli suunatud trenadžööri kasutavale patsiendile, kelle pea ja õlgade kontuuride liikumise kaudu registreeris *Virtual Active* rakendus liikumisele iseloomuliku mustri koos ligikaudse liikumiskiirusega. Vastavalt reaajas registreeritud informatsioonile hakkas ekraanile kuvatud vaade optiliselt edasi liikuma. Uuringu lõppedes teostati tulemuste analüüs, millest selgus, et EG uuritavate kõnnikiirus ja sammupikkus olid suurenenud ning topeltoefaasi kestus ja toebaasi laius vähenenud, millest võib järeldada, et EG uuritavate kõnd muutus uuringu vältel stabiilsemaks. Uuringu autori hinnangul on uuring tõestanud kasutatud VRT meetodi efektiivsust, sest EG ja KG gruppide vahelised erinevused alg- ja lõpptulemustes olid märkimisväärsed ( $p < 0,05$ ). Gruppide vahelist tulemuste diferentsi võis aga suurendada asjaolu, et gruppide esindajad kasutasid trenadžööri erineva intensiivsusega seoses sellealase vaba voliga. Uuringu autori arvates on alajäseme trenadžööri ja *Virtual Active* rakenduse kombineerimine ajuinsuldi järgses teraapias kõnnifunktsiooni parandamiseks efektiivne.

Yin et al. (2016) ja Lee (2019) uuringud on läbi viidud ajuinsuldi diagnoosi ja hemipareesiga inimeste seas eesmärgiga uurida VRT efektiivsust nende kõnnifunktsioonile ühildades selleks alajäseme trenadžööril treenimise VRT meetoditega. Uurijad kaasasid uuringutesse sarnase taustaga osalejaid, kuid Yin et al. (2016) uuringu valim oli väga väike ning EG ja KG uuritavate gruppidesse jagamine ei toimunud juhuslikult, mis vähendab uuringu reliaablust. Lee (2019) uuring on Yin et al. (2016) läbi viidud uuringuga võrreldes valiidsem, sest EG ja KG uuritavate teraapiaplaan oli võimalikult sarnase ülesehitusega muutes VRT rolli uuringu lõpptulemuste analüüsis ilmsemaks. Ka Yom et al. (2015) uuringus järgisid kõik uuritavad võrdlemisi sarnast

teraapiaplaani harjutuskava täitmisel. Kõik mainitud uuringud kinnitavad VRT positiivset mõju ajuinsuldi diagnoosiga uuritavate kõnnifunktsioonile kõnni parameetrite ja kõnnimustri parandamise või spastilisuse vähendamise kaudu.

Ajuinsuldi järgses taastusravis on kõnnitreeningu edendamiseks kasutatud VRT meetodeid nii konservatiivse sekkumisega kombineeritult kui ka isoleeritult. Park et al. (2013), Yin et al. (2016) ja Lee (2019) uuringutes oli kirjeldatud VRT meetodi efektiivsust kombineeritult konservatiivse sekkumisega, sest kõik VRT grupi uuritavad osalesid ka konservatiivsel sekkumisel põhinevas teraapias, kusjuures kahes uuringus (Park et al., 2013; Yin et al., 2016) moodustas konservatiivne teraapia kogu teraapiaajast suurema osa kui VRT ise. Uuringute tulemused peegeldavad seega, et VRT on ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnitreeningus kasulik, kui see on kombineeritud konservatiivse teraapiaga, mis on põhiliseks sekkumismeetodiks.

VRT isoleeritud efektiivsust uurisid Yom et al. (2015) ja Song & Park (2015), kelle uuringute EG uuritavad ei osalenud uuringuperioodil konservatiivses teraapias. Mõlemas uuringus leiti, et EG uuritavad olid tulemuste poolest edukamad või samaväärselt edukad kui ainult konservatiivse sekkumise läbinud KG uuritavad, millest võiks järeldada, et VRT on ka isoleeritult efektiivne meetod ajuinsuldi diagnoosiga inimeste kõnnifunktsiooni taastusravis.

Leidub ka uuringuid, kus VRT ei ole ajuinsuldi diagnoosiga patsientide kõnnifunktsiooni parandamiseks efektiivne olnud. *Nintendo Wii Fit* mängukonsoolil põhinenud teraapia järgselt märgati, et uuritavate TUG testi ja 10 meetri kõnnitesti tulemused olid alg tulemustega võrreldes halvemad (Song & Park, 2015; Choi, 2013 kaudu). Ka teine uuring (Song & Park, 2015; Lee, 2013 kaudu) kinnitas, et uuritavate TUG testi ja 10 meetri kõnnitesti tulemused olid VRT läbimise järgselt halvemad. Võrreldes VRT positiivset efekti kinnitavate uuringutega leidub negatiivsete tulemustega uuringuid väga vähe. Selle üheks põhjuseks võib käesoleva bakalaureusetöö autori arvates olla kõnnifunktsiooni ja VRT uuringute üldine vähesus võrreldes näiteks ülajäseme funktsiooni taastamisele suunatud VRT uuringute hulgaga. Teise põhjusena toob käesoleva bakalaureusetöö autor välja tehnoloogia pideva ja kiire arengu, mille tulemusel on ka VR tarkvara kvaliteet kindlasti paranenud, mis soosib meetodi positiivseid külgi ja suurendab selle kaudu VRT efektiivsuse avaldumist.

## KOKKUVÕTE

Ajuinsult on ootamatult puhkev neuroloogiline haigus, mis on põhjustatud aju ainevahetuse häirumise tagajärjel tekkinud ajukoe kahjustusest. Aju motoorse korteksi, teatud subkortikaalsete struktuuride või alanevate juhteteede talitluse häirumine ennustab kõnnifunktsiooni kahjustumist haigusjärgselt põhjustades hemipareesi, spastilisust ja lihastoonuse häireid. Ajuinsuldi mõjusfääri kuulub ülemaailmselt miljoneid inimesi, kelle jaoks on ebastabiilne liikumistasakaal, vähenenud kõnnikiirus ja muutunud kõnnimuster haigusjärgselt suurimaks probleemiks nende igapäevaelus. Kõnnifunktsiooni hinnatakse uuritavate võimekust peegeldavate kõnnitesti või detailsema kõnnianalüüsi kaudu, kus on oma osa nii kõnni kinemaatiliste parameetrite määramisel ja kõnnimustri vaatlusel kui ka erinevatel lihasaktiivsuse ja ajukoe aktiivsust registreerivatel uuringutel. Ajuinsuldi järgses kõnnitreeningus on levinud alajäsemele suunatud terapeutiliste harjutuskavade ja trenaažõõride kasutamine, aga ka robotiliste seadmete nagu nt eksoskeleti ja vähendatud keharaskusega treeningu rakendamine. VRT on ajuinsuldi järgses taastusravis üks kõige uuemaid sekkumismeetodeid, mille efektiivsus tugineb VR keskkonna ja kasutaja vahelisele füüsilisele suhtlusele. Olenevalt VR tarkvara tüübist toimub 3D objektidega manipuleerimine kas otseselt või vahendava interaktiivse seadme kaudu. Kõnnitreeninguks loodud spetsiaalsele tarkvarale on omane VR keskkond, mis on ühildatud konservatiivses sekkumises levinud seadmetega nagu nt jooksulint või alajäseme trenaažõõr. Sageli kaasneb VR rakendustega ka mänguline aspekt.

VRT mõjust ajuinsuldi diagnoosiga inimeste kõnnifunktsioonile on teostatud rohkelt uuringuid, millest väga suur osa tunnistab meetodi efektiivsust. Suurem osa uuringutest on leidnud, et VRT rakendamisel on positiivne efekt nii uuritavate kõnnikiirusele, alajäseme lihaste spastilisusele kui ka kõnnimustrile, kui meetodit kasutatakse kombineerituna konservatiivsete sekkumisega. Vähem on uuritud VRT isoleeritud efektiivsust samas kontekstis, kuid ka nende uuringute tulemused soosivad edaspidist VRT rakendamist ja rohkemate uuringute läbi viimist. Käesoleva bakalaureusetöö autor on arvamusel, et VRT kasutamine kõnnifunktsiooni taastusravis on kõige otstarbekam kombineerituna konservatiivsete sekkumismeetoditega, sest antud kombinatsioonil on suurem tõendus põhjus kui ainuüksi VRT rakendamisel. Negatiivsete tulemustega uuringute vähesus annab aimu, et VRT täpset mõju kõnnifunktsiooni taastamisele on käesolevaks hetkeks veel võrdlemisi vähe uuritud.

Antud bakalaureusetöö koostamisel selgus, et teaduskirjanduses puudub üksmeel VRT definitsiooni osas. VRT olemuse laialivalguvuse tõttu osutus keeruliseks uuringute leidmine, mis oleksid neis valitud sekkumismeetoditelt piisavalt sarnased, et nende tulemuste võrdlemisel objektiivseid järeldusi teha. Uuringud erinesid suuresti ka uuritavate võimekuse poolest, mis tekitas samuti raskuseid erinevate uuringu tulemuste võrdlemisel. Suurem osa seni läbi viidud uuringutest on väikse valimiga, mis võib olla tingitud VRT meetodite kulukusest ja vähesest kättesaadavusest.

Edaspidised uurimused võiksid keskenduda spetsiifiliste VR süsteemide uurimisele kõnnifunktsiooni kontekstis, sest erinevat VR tarkvara, mida kõnnitreeningus kasutatakse, leidub arvatust rohkem. Samuti võiks tulevased tööd võrrelda erinevatel VR keskkonna tüüpidel baseeruvate VRT meetodite efektiivsust kõnnifunktsiooni taastusravis ajuinsuldi diagnoosiga uuritavate näitel, sest käesoleva bakalaureusetöö autor on veendunud, et eritüübilistel VR keskkondadel on erinev mõju nii VR kogemusele kui ka kõnnifunktsiooni taastumisele.



## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Baude M, Nielsen JB, Gracies JM. The neurophysiology of deforming spastic paresis: A revised taxonomy. *Annals Phys Rehabil Med*. 2019; 62: 426–430.
2. Bohannon RW & Smith MB. Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. *Phys Ther*. 1978; 67: 206 – 207.
3. Boudarham J, Roche N, Pradon D, Bonnyaud C, Bensmail D et al. Variations in Kinematics during Clinical Gait Analysis in Stroke Patients. *PLoS ONE* 2013; 8: e66421.
4. Brunnström S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Phys Ther*. 1966; 46: 357–375.
5. Chen CL, Chen HC, Tang SFT, Wu CY, Cheng PT et al. Gait Performance with Compensatory Adaptations in Stroke Patients with Different Degrees of Motor Recovery. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003; 82: 925–935.
6. Corbetta D, Imeri F, Gatti R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *J Physiother*. 2015; 61: 117–124.
7. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global Burden of Stroke. *Circ Res*. 2017; 120: 439–448.
8. Fetz EE. Motor Functions of Cerebral Cortex. In: Patton, Fuchs, Hille, Scher, Steiner eds. *Textbook of Physiology Volume 2*. 21st ed. New York: WB Saunders Co Ltd; 1989, 608 – 631.
9. French B, Leathley M, Sutton C, McAdam J, Thomas L et al. A systematic review of repetitive functional task practice with modelling of resource use, costs and effectiveness. *Health Technol Assess*. 2008; 12: 51-59.
10. Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve* 2005; 31: 535–551.
11. Gresham GE, Duncan PW, Stason WB, Duncan PW. *Post-Stroke Rehabilitation. Clinical Practice Guideline No. 16*. Rockville, Maryland: AHCPR Publication. 1995.
12. Herman B, Leyten AC, van Luijk JH, Frenken CW, Op de Coul AA et al. Epidemiology of stroke in Tilburg, the Netherlands. The population-based stroke incidence register: 2. Incidence, initial clinical picture and medical care, and three-week case fatality. *Stroke* 1982; 13: 629–634.

13. Jette DU, Latham NK, Smout RJ, Gassaway J, Slavin MD et al. Physical Therapy Interventions for Patients With Stroke in Inpatient Rehabilitation Facilities. *Phys Ther.* 2005; 85: 238–248.
14. Johnson CO, Nguyen M, Roth GA, Nichols E, Alam T et al. Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019; 18: 439–458.
15. Johnson L & Selfe J. Measurement of mobility following stroke: a comparison of the Modified Rivermead Mobility Index and the Motor Assessment Scale. *Physiother.* 2004; 90: 132–138.
16. Jones PS, Pomeroy VM, Wang J, Schlaug G, Marrapu ST et al. Does stroke location predict walk speed response to gait rehabilitation? *Hum Brain Mapp.* 2016; 37: 689–703.
17. Kirker SGB, Jenner JR, Simpson DS, Wing AM. Changing patterns of postural hip muscle activity during recovery from stroke. *Clin Rehab.* 2000; 14: 618–626.
18. Kõrv J & Vibo R. Burden of Stroke in Estonia. *Int J Stroke* 2013; 8: 372–373.
19. Lamontagne A, Richards CL, Malouin F. Coactivation during gait as an adaptive behavior after stroke. *J Electromyog Kinesiol.* 2000; 10: 407–415.
20. Langhorne P, Stott DJ, Robertson L, MacDonald J, Jones L et al. Medical Complications After Stroke A Multicenter Study. *Stroke* 2000; 31: 1223–1229.
21. Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017; 11: 6-26.
22. Lee K. Speed-Interactive Pedaling Training Using Smartphone Virtual Reality Application for Stroke Patients: Single-Blinded, Randomized Clinical Trial. *Brain Sci.* 2019; 9: 295.
23. Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, Rochester L, Weatherall M. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive? *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85: 234–239.
24. Louie RD, Mortenson WB, Durocher M, Teasell R, Yao J et al. Exoskeleton for post-stroke recovery of ambulation (ExStRA): study protocol for a mixed-methods study investigating the efficacy and acceptance of an exoskeleton-based physical therapy program during stroke inpatient rehabilitation. *BMC Neurol.* 2020; 20: 2-8.
25. Mayer NH & Esquenazi A. Muscle overactivity and movement dysfunction in the upper motoneuron syndrome. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2003; 14: 855–883.
26. Mileti I, Taborri J, Rossi S, Petrarca M, Patané F et al. Evaluation of the effects on stride-to-stride variability and gait asymmetry in children with Cerebral Palsy wearing

- the WAKE-up ankle module. In: IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA) - Proceedings; 2016 15-18.05; Benevento, Italy; Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc; 2016.
27. Mori H, Tamari M, Maruyama H. Relationship between walking ability of patients with stroke and effect of body weight-supported treadmill training. *J Phys Ther Sci.* 2020; 32: 206 – 209.
  28. Park YH, Lee CH, Lee BL. Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke. *J Exerc Rehabil.* 2013; 9: 489–494.
  29. Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: Rationale, method, and efficacy. *J Rehabil Res Dev.* 2004; 41: 293–312.
  30. Rafsten L, Meirelles C, Danielsson A, Sunnerhagen KS. Impaired Motor Function in the Affected Arm Predicts Impaired Postural Balance After Stroke: A Cross Sectional Study. *Front Neurol.* 2019; 10: 2-5.
  31. Valentin, L. Can digital games be a way of improving the neuroplasticity in stroke damage? Can the adult brain grow new cells or rewire itself in response to a new experience? *Open J Med Psychol.* 2017; 6: 153–165.
  32. Song GB & Park EC. Effect of virtual reality games on stroke patients' balance, gait, depression, and interpersonal relationships. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27: 2057–2060.
  33. Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroeng Rehabil.* 2004; 10: 2-7.
  34. Ziegler J, Gattringer H, Müller A. Classification of Gait Phases Based on Bilateral EMG Data Using Support Vector Machines. In: 7th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob); 2018 26-29.08; Enschede, The Netherlands; 2018; 978 – 983.
  35. Thibaut A, Chatelle C, Ziegler E, Bruno MA, Laureys S et al. Spasticity after stroke: Physiology, assessment and treatment. *Brain Inj.* 2013; 27: 1093–1105.
  36. Törnbohm K & Danielsson A. Experiences of treadmill walking with non-immersive virtual reality after stroke or acquired brain injury – A qualitative study. *PLoS ONE* 2018; 13: 2-11.
  37. Vinas-Diz S & Sobrido-Prieto M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurologia* 2016; 31: 225–277.
  38. WHO (World Health Organization).  
[http://www9.who.int/topics/cerebrovascular\\_accident/en/](http://www9.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/), 1.12.2019.

39. WSO (World Stroke Organization). Annual Report 2018. [https://www.world-stroke.org/assets/downloads/Annual\\_Report\\_2018\\_online\\_final\\_COMPRESSED.pdf](https://www.world-stroke.org/assets/downloads/Annual_Report_2018_online_final_COMPRESSED.pdf), 22.03.2020.
40. Yano H, Kasai K, Saitou H, Iwata H. Development of a gait rehabilitation system using a locomotion interface. *J Visual Comput Animat.* 2003; 14: 243 – 252.
41. Yin C, Hsueh YH, Yeh CY, Lo HC, Lan YT. A Virtual Reality-Cycling Training System for Lower Limb Balance Improvement. *Biomed Res Int.* 2016; 1: 1 – 10.
42. Yip DW & Lui F. *Physiology, Motor Cortical.* California: StatPearls Publishing LLC; 2019.
43. Yom C, Cho HY, Lee BH. Effects of virtual reality-based ankle exercise on the dynamic balance, muscle tone, and gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27: 845–849.

## ***SUMMARY***

### ***The effects of virtual reality training in poststroke gait function rehabilitation***

Stroke is a neurological disease which is caused by the disruption of the supply of oxygen and nutrients to the brain, causing damage to the brain tissue. Damage to the motor cortex, various subcortical structures or the corticospinal tract predicts impairment of gait function and the occurrence of hemiparesis, spasticity and abnormal muscle tone. The diagnosis impacts millions of people worldwide causing difficulties in everyday activities due to struggles with dynamic balance, loss of gait speed and altered gait pattern. Gait function assessment may be carried out by using walk tests designed for clinical use, or by performing a detailed gait analysis which consists of collecting kinematic data through observing gait as well as gathering intel on muscle and brain activity through electrophysical monitoring. The common methods for poststroke gait training include therapeutic exercise and cycling devices for the lower extremities. Robotic advancements such as the exoskeleton and body weight supported treadmill training are also frequently used to enhance gait function poststroke. VRT is considered one of the most modern approaches in poststroke rehabilitation. The effect of this method is based on the physical interaction between the VR environment and the VR user. Depending on the exact VR software and user interface, the interaction with 3D objects is either provided by an interactive assistive device (non-immersive type of VRT) or accessed first-hand by the VR user (immersive type). In the gait training, multiple specially developed types of VR software are used, and the VR environment is usually conjunct with other appliances such as a treadmill or cycling devices. An entertaining aspect is often added to VRT through the use of gaming applications.

Multiple studies have been carried out in order to explore the effect of VRT in poststroke gait rehabilitation. The majority of these studies conclude that VRT has a positive impact on gait function. Enhanced results in gait speed, lower extremity spasticity and gait pattern have been reported in response to using VRT as additional therapy alongside with the more common methods. Fewer studies have considered the standalone effect of VRT in poststroke gait rehabilitation, although some promising outcomes have emerged, which declares a necessity for carrying out further research in said field. The author of this particular work is of the opinion that the use of VRT in poststroke gait rehabilitation is most effective when used in addition to the common methods because that is the most evidence-based approach. The lack of studies that report negative outcomes suggests that the exact effects of VRT in gait rehabilitation are still unknown and further research is needed.

It was found by the author of this particular work that there is a sufficient amount of dispute regarding the definition of VRT. This caused problems with finding research that had used similar methods in their studies in order to compare these results and make competent conclusions on this particular work. In addition, the studies largely differed by the number of subjects and their recovery stage, which should be taken into consideration. The small number of subjects per study may be caused by the high cost and low access to the VRT technology.

Future studies should focus on exploring the effect of a specific VR system in poststroke gait rehabilitation as there is a wide range of VR software used for such purposes. Furthermore, additional research on the different effect of VRT based on either non-immersive or immersive type of VR software would be beneficial for poststroke gait rehabilitation as the author of this particular work is convinced that the enhancement of gait function and overall experience of VRT differs highly depending on the type of software that is used.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Marilin Letta,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose “Virtuaalsel reaalsusel põhineva teraapia efektiivsus ajuinsuldi järgses taastusravis kõnnifunktsiooni näitel”, mille juhendaja on Jelena Sökk, 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.

*Marilin Letta*

**11.05.2020**