

Saara Törmä

**NIELEMISLIIKKEIDEN TUNNISTAMINEN  
TEKSTIILIPOHJAISEN MITTAUSLAITTEEN  
AVULLA SARJALLISEN VEDENNIELEMISEN  
AIKANA**

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta  
Pro gradu -tutkielma  
Elokuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Saara Törmä: Nielemisliikkeiden tunnistaminen tekstiilipohjaisen mittauslaitteen avulla sarjallisen vedennielemisen aikana  
Pro gradu -tutkielma  
Tampereen yliopisto  
Logopedian tutkinto-ohjelma  
Elokuu 2022

---

Nielemisen aikana tapahtuvien kurkunpään, kieliluun ja kaulan alueen liikkeiden tunnistamiseen perustuvia kaulalle asetettavia mittauslaitteita on yritetty kehittää 2000-luvulla. Kurkunpää ja kieliluu nousevat ylöspäin ja kallistuvat eteenpäin nielemisen faryngeaalisen vaiheen aikana, ja tätä liikettä on havainnoidu erilaisten teknisten ratkaisujen avulla. Tekstiilipohjaisen mittauslaitteen käyttöä nielemisliikkeiden tunnistamisessa ei ole tietävästi ennen tutkittu. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka tarkasti tekstiilipohjaisen kiihtyvyyssanturien ja kulmanopeusgyroskooppien käyttöön perustuvan mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuja sarjallisen vedennielemisen aikana. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin syitä, miksi tapahtuneita nielaisuja ei voitu tunnistaa mittauslaitteen datasta.

Tutkimukseen osallistui terveitä aikuisia, joilla ei ollut subjektiivisesti koettua tai diagnosoitua nielemisvaikeutta (n = 17). Kaulurimallinen tekstiilipohjainen mittauslaite, jossa oli kuusi nielemisliikkeiden mittaamisen tarkoitettua sensoria sekä yksi kontrollisensori, asetettiin tutkittavien kaulalle tutkimustilanteen ajaksi. Tutkittaville tarjottiin 100 millilitraa vettä kertakäyttömukista, ja heitä ohjeistettiin juomaan koko muki tyhjäksi nielaisien niin monta kertaa kuin on tarpeellista. Tutkimustilanteen aikana tutkija tunnistasi nielaisut servikaalisen auskultaation avulla, ja tutkimustilanteesta kuvatun videon avulla varmistettiin servikaalisen auskultaation avulla todetut tapahtuneet nielaisut. Mittauslaitteen sensoreiden data muutettiin kuvaajamuotoon, ja nielaisut tunnistettiin erikseen jokaisen sensorin datasta. Nielaisut, joita ei voitu tunnistaa, luokiteltiin tunnistamisen epäonnistumisen syyn perusteella.

Servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella tutkimushenkilöt nielaisivat yhteensä 93 kertaa juodessaan sarjallisesti 100 millilitraa vettä. Mittauslaitteen datasta tunnistettiin 98 prosenttia näistä nielaisuksista, kun tarkasteltiin kaikkia mittauslaitteen sensoreita yhdessä. Yksittäisten sensoreiden tasolla tarkasteltuna kurkunpään tason sensorin datasta tunnistettiin eniten nielaisuja (89 %). Yleisin syy sille, ettei nielaisua voitu tunnistaa sensorin datasta, oli se, ettei kuvaajassa ollut näkyvää liikettä nielaisun aikana (52 %). Nielaisujen tunnistaminen epäonnistui kuvaajasta puuttuvan näkyvän liikkeen takia erityisesti kurkunpään tason alapuolella olevien sensoreiden datasta. Lisäksi nielaisujen tunnistamisen epäonnistumiseen vaikutti sarjalliselle nielemiselle tyypillinen pään kallistamisen taaksepäin nielemisen aikana (32 %).

Tulosten perusteella kaulan alueen liikkeitä mittaavan tekstiilipohjaisen mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa tapahtuneita nielaisuja. Tutkimus tarjoaa uutta tietoa tekstiilipohjaisen mittauslaitteen käytöstä nielemisliikkeiden tunnistamisessa. Tutkimuksen tuloksia siitä, miksi nielaisuja ei voitu tunnistaa mittauslaitteen datasta, voidaan hyödyntää nielemisliikkeiden tunnistamiseen ja mittaamiseen perustuvien mittauslaitteiden kehittämisessä.

Avainsanat: sarjallinen nieleminen, nielemisliikkeet, puettava elektroniikka

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

## ALKUSANAT

Ensimmäiseksi haluan kiittää koko tutkimusryhmää, joka on ollut mukana tässä hankkeessa ja tekstiilipohjaisen mittauslaitteen kehittämisessä. Suuret kiitokset Tiina Ihalainen, Tiina Vuohijoki, Karri Palovuori, Erja Sipilä sekä Johanna Virkki! Erityisesti haluan kiittää Johanna Virkkiä mahdollisuudesta työskennellä tämän tutkimushankkeen parissa sekä tehdä pro gradu -tutkielmani tästä aiheesta sekä työni ohjaajaa Tiina Ihalaista arvokkaasta tuesta tutkielman työstämisessä.

Haluaisin myös kiittää Charlotta Eloa hänen avustaan aineiston keräämisessä sekä Markus Parviaista korvaamattomasta avusta erityisesti MATLABin kanssa. Lisäksi haluan kiittää kaikkia ystäviäni ja läheisiäni niin logopedian tutkinto-ohjelmasta kuin sen ulkopuoleltakin kiinnostuksestanne tätä tutkielmaa ja sen aihetta kohtaan.

Tampereella 1.8.2022

Saara Törmä

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	3
2.1 Normaali nieleminen	3
2.2 Nielemisvaikeuksien seulonta ja arviointi	5
2.3 Tekniset ratkaisut nielemisliikkeiden tunnistamisessa	7
3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	10
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	11
4.1 Tutkittavien valinta	11
4.2 Aineiston keruu ja aineiston muodostuminen	11
4.3 Aineiston analyysi	14
4.4 Tutkimuksen eettisyys	17
5 TULOKSET	18
5.1 Mittauslaitteen datasta tunnistetut nielaisut	18
5.2 Mittauslaitteen datasta tunnistamatta jääneet nielaisut	19
6 POHDINTA	24
6.1 Tulosten tarkastelu	24
6.2 Menetelmän pohdinta	28
6.3 Työn kliininen merkitys ja jatkotutkimusaiheita	29
7 LÄHDELUETTELO	33

Liitteet:

Liite 1. Tutkimuksen tiedote

Liite 2. Tutkimuksen tietosuojailmoitus

Liite 3. Tutkimuksen suostumuslomake

# 1 JOHDANTO

Nieleminen koostuu neljästä eri vaiheesta: preoraalisesta, oraalisesta, faryngealisesta ja esofagealisesta vaiheesta (Dodds ym., 1990). Nielaisun aikana kaulan alueella voidaan havaita liikettä erityisesti nielemisen faryngeaalisen vaiheen aikana: kurkunpää ja kieliluu nousevat ja kallistuvat eteenpäin suunpohjan lihasten nostamana ja kielen kanta vetäytyy taaksepäin (Logemann, 1998, s. 32). Sarjallisen nielemisen eli useamman välittömästi toisiaan seuraavan nielaisun aikana kieliluun ja kurkunpään liike on yksittäisiä nielaisuja pienempää (Chi-Fishman & Sonies, 2002) ja kielen liikkeiden nopeus ja laajuus vähenee (Steele & Van Lieshout, 2009). Sarjallisten nielaisujen aikana kurkunpään ja kieliluun nouseva liike on samankaltainen kuin yksittäisissä nielaisuissa, mutta kurkunpää ja kieliluu eivät palaa lähtöasentoonsa vaan laskeutuvat vain osittain nielaisujen välissä (Chi-Fishman & Sonies, 2000). Kurkunpään ja kieliluun nouseva liike tukee kurkunkannen laskeutumista henkitorven päälle ja siten auttaa suojaamaan hengitysteitä nielemisen aikana (Logemann, 1998, s. 33). Liikelaajuudeltaan pienentynyt kurkunpään ja kieliluun nouseva liike voi viitata nielemisvaikeuteen, ja puheterapeutti usein arvioi kurkunpään liikettä tehdessään nielemisen kliinistä arviointia (Logemann, 1998, s. 137). Kurkunpään ja kieliluun liikkeitä ei kuitenkaan voida arvioida täysin luotettavasti vain käsin palpoimalla (Brates ym., 2019; McCullough ym., 2000). Kurkunpään ja kieliluun liikkeiden arviointi palpointia tarkemmin ja luotettavammin voisi parantaa puheterapeutin tekemän kliinisen arvioinnin luotettavuutta.

Nykyiset käytössä olevat nielemisen arviointimenetelmät, kuten videofluorografia ja nielemistoiminnon tähystystutkimus, eivät sovellu nielemisen pitkäaikaiseen tarkkailuun tai seurantaan, sillä ne voidaan toteuttaa vain tietyissä sairaaloissa ja terveyskeskuksissa, joissa on saatavilla tarvittava välineistö ja henkilökunta (Wu ym., 1997). Uusia nielemisen arviointiin soveltuvia teknisiä ratkaisuja, joita voitaisiin käyttää myös asuinympäristössä, on kehitetty 2000-luvulla. Useat mittauslaitteet ovat perustuneet nielemisliikkeiden mittaamiseen kaulalta esimerkiksi kiihtyvyyssantureiden tai erilaisten sensorityynyjen avulla (Lee ym., 2010; Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009). Tutkimustulokset vaikuttavat lupaavilta, mutta aiemmissa tutkimuksissa käytetyt sensorit on kiinnitetty suoraan käyttäjän ihoon esimerkiksi ihoteipillä (Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009; Yagi ym., 2017). Tekstiilipohjainen ratkaisu olisi todennäköisesti ihoteippiä tai -liimaa miellyttävämpi ja helppokäyttöisempi ratkaisu, mutta tekstiilipohjaisten mittauslaitteiden käyttöä nielemisliikkeiden mittaamisessa ei tiettävästi ole tutkittu.

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää, voidaanko kaulurimallisen tekstiilipohjaisen mittauslaitteen, joka perustuu kiihtyvyyssanturien ja kulmanopeusgyroskooppien käyttöön, datasta tunnistaa nielaisuja nielemisliikkeiden perusteella sarjallisen nielemisen aikana. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda lisää tietoa siitä, miten nielemisen aikana tapahtuvien liikkeiden mittaamiseen tarkoitettu mittauslaite soveltuu sarjallisten nielaisujen tunnistamiseen ja millaiset tekijät vaikuttavat siihen, voidaanko tapahtuneet nielaisut tunnistaa mittauslaitteen datasta. Tutkimus auttaa kehittämään tekstiilipohjaista nielemisliikkeiden tunnistamiseen perustuvaa mittauslaitetta.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Normaali nieleminen

Nieleminen on osittain tahdonalainen toiminto, joka voidaan jakaa neljään vaiheeseen: preoraaliseen, oraaliseen, faryngeaaliseen ja esofageaaliseen vaiheeseen (Dodds ym., 1990; Daniels ym., 2019, s. 36–45; Murry ym., 2017, s. 20–22; Provencio-Arambula ym., 2006, s. 16–18). Preoraalisen vaiheen aikana syljen erityis lisääntyy ja bolus eli nieltävä aines valmistellaan nieltävään muotoon ja oraalisen vaiheen aikana se siirretään kielen liikkeiden avulla kohti nielua (Seikel ym., 2021, s. 461–466). Nielemisen faryngeaalinen vaihe alkaa, kun nielemisrefleksi käynnistyy boluksen koskettaessa kitakaaria (Logemann, 1998, s. 23–24). Faryngeaalisen vaiheen aikana pehmeä suulaki luo suuonteloon painetta sulkemalla nenänielun, ja muodostunut paine auttaa ohjaamaan bolusta eteenpäin kohti nielua (Logemann, 1998, s. 32–35). Kurkunkansi laskeutuu peittämään henkitorven ja äänihuulet ja taskuhuulet sulkeutuvat, jotta boluksen eteneminen hengitysteihin voidaan estää (Logemann, 2007). Nielun peristalttisten liikkeiden avulla bolus siirtyy nielusta ruokatorveen cricofaryngeuslihaksen rentoutuessa, ja nielemisen esofageaalinen vaihe alkaa (Groher, 2015, s. 24). Esofageaalisen vaiheen aikana bolus siirtyy ruokatorvesta kohti vatsalaukkua ruokatorven peristalttisten liikkeiden avulla (Daniels ym., 2019, s. 44).

Erityisesti nielemisen faryngeaalisen vaiheen aikana useat kaulan rakenteet liikkuvat niin, että liikettä voidaan havainnoida kaulan alueelta (Chi-Fishman & Sonies, 2000; Steele & Van Lieshout, 2009). Erityisesti suunpohja, kieli, kieliluu ja kurkunpää vaikuttavat vahvasti toisiinsa: kun jokin näistä rakenteista liikkuu, muut rakenteet liikkuvat sen mukana rakenteiden anatomisen lähekkäisyyden vuoksi (Logemann, 1998, s. 23). Nielaisun aikana kieliluun yläpuolella olevat suunpohjan lihakset nostavat kielilua ja kurkunpää ylöspäin ja kallistavat niitä eteenpäin (Barikroo ym., 2015; Logemann ym., 1992). Kieliluun ja kurkunpään nouseva liike vahvistaa kurkunkannen kantaa, joka auttaa kurkunkantta peittämään henkitorven (Logemann, 1998, s. 33). Kieliluun ja kurkunpään nousevan liikkeen ajatellaankin olevan merkityksellinen hengitysteiden suojaamisessa ja turvallisen nielaisun takaamisessa (Smaoui ym., 2021). Normaalisti sylkinielaisun aikana kurkunpää ja kieliluu nousevat ylöspäin noin 2–4 senttimetriä (Groher, 2015, s. 148; Logemann, 1998, s. 32). Monet eri tekijät kuitenkin vaikuttavat nielemiseen ja sen myötä kurkunpään ja kieliluun liikkeen laajuuteen ja nopeuteen, kuten boluskoko (Dantas ym., 2011; Dodds ym., 1988; Endo ym., 2020; Higashijima,

2010; Ismail ym., 2019) ja ikä (Butler ym., 2009; Butler ym., 2018; Dodderi ym., 2020; Inamoto & Kaneoka, 2022; Ismail ym., 2019; Logemann ym., 2007).

Aiemmin mainittujen boluskoon ja iän lisäksi myös sukupuolella on havaittu olevan vaikutusta nielemiseen. Miesten nielemiskapasiteetin (ml/s) sekä keskimääräisen nielaisun boluskoon on havaittu olevan suurempi kuin naisilla vedennielemisen aikana (Alves ym., 2007; Hughes & Wiles, 1996; Ismail ym., 2019). Miehet siis pystyvät nielemään isomman nestemäärän sekunnissa ja nielaisevat keskimäärin suurempia nestesuullisia kuin naiset. Nielemisen aikaisen kieliluun ja kurkunpään ylöspäin suuntautuvan liikkeen on havaittu olevan laajempaa ja nopeampaa miehillä kuin naisilla (Endo ym., 2020). Miehillä nielemisen aikainen hengityskatkos on kestoaltaan pidempi kuin naisilla (Hiss ym., 2001). Miesten ja naisten rakenteelliset erot, esimerkiksi naisten pään ja kaulan alueen pienempi koko miehiin verrattuna, voivat selittää eroja nielemistoiminnossa naisten ja miesten välillä (Robbins ym., 1992).

Nielemistoimintoon vaikuttavat ihmiseen liittyviin tekijöihin, kuten iän ja sukupuolen, lisäksi nieltävään bolukseen liittyvät tekijät (Daniels ym., 2019, s. 45–48). Yksi nielemistoimintoon vaikuttava tekijä on nielemisen sarjallisuus. Sarjallinen nieleminen on tapahtumasarja, jonka aikana tapahtuu useampi välittömästi toisiaan seuraava nielaisu, kuten henkilön juodessa lasillisen vettä (Hoit & Weismer, 2018, s. 313–314). Sarjallisen nielemisen aikana suun ja kurkunpään alueella tapahtuvat liikkeet eroavat yksittäisten nielaisujen aikana tapahtuvista liikkeistä. Yksittäisen nielaisun aikana boluksen liikkuessa taaksepäin kohti nielua kieliluu nousee, ja maksimiliikelaajuuden saavutettuaan palaa takaisin nielaisun päätyttyä (Chi-Fishman & Sonies, 2002). Sarjallisen nielemisen aikana kieliluu maksimiliikelaajuus on pienempi ja kieliluu liike on lyhyempi kuin yksittäisten nielaisujen aikana (Chi-Fishman & Sonies, 2002). Chi-Fishman ja Sonies (2002) toteavat kieliluu liikelaajuuden pientymisen sarjallisen vedennielemisen aikana olevan keino, jonka avulla henkilö pystyy nielaisemaan monta kertaa mahdollisimman nopeasti. Terveillä aikuisilla nieleminen on turvallista myös nopean sarjallisen nielemisen aikana, vaikka kieliluu liike jää pienemmäksi verrattuna sen liikerataan yksittäisten vedennielaisujen aikana (Chi-Fishman & Sonies, 2002). Kieliluu ylöspäin suuntautuva liike on kuitenkin keino suojata hengitysteitä ja ohjata nieltävä aines kohti ruokatorvea, ja kieliluu liikkeen pienentyessä sarjallisen nielemisen aikana myös aspiraatoriski kasvaa erityisesti niillä ihmisillä, joilla on nielemisvaikeus (Murguia ym., 2009; Smaoui ym., 2021).



## 2.2 Nielemisvaikeuksien seulonta ja arviointi

Nielemisvaikeus eli dysfagia tarkoittaa vaikeutta niellä: nieltävän aineksen eli ruoan tai juoman käsittely tai kuljetus ruokatorveen on häiriintynyt (Logemann, 1998, s. 1). Se voi ilmetä esimerkiksi vaikeutena käsitellä nieltävää ainesta suussa, yskimisenä nielemisen aikana tai sen jälkeen tai äänenlaadun muuttumisena nielemisen jälkeen (Logemann, 1998, s. 3–4). Nielemisvaikeus voi johtaa penetraatioon eli nieltävän aineksen päätymiseen äänihuulitasolle tai aspiraatioon eli nieltävän aineksen päätymiseen henkitorveen ja hengitysteihin (Logemann, 1998, s. 7). Pahimmillaan nielemisvaikeus voi johtaa nestehukkaan, aliravitsemukseen tai aspiraatiopneumoniaan eli keuhkokuumeeseen, joilla voi olla vakava vahingollinen vaikutus potilaan terveydentilaan (Logemann, 1998, s. 5). Potilaan nielemisvaikeus on tärkeää tunnistaa mahdollisimman pian esimerkiksi sairastumisen jälkeen, jotta nielemisvaikeuteen liittyvien terveystarkkailujen vaikutus voidaan minimoida.

Nielemisen arviointia edeltää nielemisvaikeuden seulonta, jonka tarkoituksena on tunnistaa ne potilaat, joilla on kohonnut aspiraation tai nielemisvaikeuden riski (Daniels ym., 2019, s. 49). Toimiva seulontamenetelmä on helppo, nopea ja kustannustehokas, ja sen pitäisi olla puheterapeutin lisäksi myös muiden hoitoalan ammattilaisten, kuten sairaanhoitajien, toteutettavissa (Murry ym., 2018, s. 82–83). Hyvälle seulontamenetelmälle on myös tärkeää sen sensitiivisyys ja spesifisyys eli kyky tunnistaa ne potilaat, joilla on nielemisvaikeus sekä rajata ulos ne potilaat, joilla ei ole nielemisvaikeutta (Murry ym., 2018, s. 82–83).

Yksi nielemisvaikeuden seulontamenetelmänä käytetty tehtävä on sarjallinen vedennieleminen, jonka on havaittu olevan luotettava seulontamenetelmä eri potilasryhmillä (Brodsky ym., 2016; Chen ym., 2016; Osawa ym., 2013; Patterson ym., 2011). Sarjallisissa vedennielemistesteissä annettavan veden määrä vaihtelee, mutta tutkimusten perusteella annettavan veden määräksi on suositeltu noin 90–100 millilitraa (Chen ym., 2016). Vedennielemistestien aikana potilasta pyydetään juomaan vettä mukista ilman taukoja (DePippo ym., 1992; Suiter & Leder, 2007). Yskeminen tai äänenlaadun muuttuminen juomisen aikana tai minuutin sisällä juomisen päättymisestä ovat merkkejä siitä, että potilas on lähetettävä jatkotutkimuksiin aspiraatoriskin selvittämiseksi (DePippo ym., 1992).

Nielemisvaikeuden seulonnan jälkeen potilas voidaan ohjata edelleen nielemisen arviointiin, jos potilas ei läpäise seulontaa. Puheterapeutti toteuttaa nielemisen arvioinnin ja se koostuu pääasiallisesti kahdesta arviointitavasta: kliinisestä arvioinnista sekä instrumentaalisesta arvioinnista (Logemann, 1995; Speyer ym., 2022). Kliininen arviointi koostuu useimmiten kolmesta osuudesta:

potilastietoihin ja potilaan aiempaan terveystietoonsa perehtymisestä, suun ja kaulan alueen motoriikan tutkimisesta sekä mahdollisista nielemiskokeiluista (Groher, 2015, s. 132). Kliiniseen arviointiin sisältyy myös nielemisliikkeiden arviointi. Nielemisliikkeitä voidaan arvioida palpoimalla kurkunpäästä eli tunnustelemalla sormin kurkunpään liikettä nielaisun aikana (Groher, 2015, s. 148). Logemann (1998, s. 165–167) on kehittänyt kurkunpään palpoinnin suositellun menetelmän (*four-finger method*), jossa yksi sormi asetetaan leuankärjen alle, yksi kieliluun päälle sekä yksi sormi kilpiruston yläpuolelle sekä alapuolelle, jonka jälkeen potilasta pyydetään nielaisemaan. Palpoinnin perusteella voidaan arvioida kielen voimaa sekä kieliluun ja kurkunpään liikkeitä nielemisen aikana. Logemannin (1998, s. 166) mukaan normaalia pienempi kurkunpään ja kieliluun liike ovat merkkejä nielemisvaikeudesta. Pelkästään kurkunpään palpoinnilla ei kuitenkaan saada tarpeeksi selkeää käsitystä kurkunpään ja kieliluun liikkeistä, sillä kaikkia liikkeitä ei voida arvioida luotettavasti palpoimalla (Brates ym., 2019; McCullough ym., 2000).

Kliinisen arvioinnin yhteydessä nielemistä voidaan arvioida myös servikaalisen auskultaation avulla eli kuuntelemalla nielemistoimintoon liittyviä ääniä stetoskoopilla tutkittavan kaulalta (Groher, 2015, s. 148–149). Stetoskooppi asetetaan tutkittavan kaulan sivulle henkitorven läheisyyteen, sormusruston alapuolelle (Bergström ym., 2014). Nielaisu voidaan Bergströmin ja kollegoiden (2014) mukaan tunnistaa servikaalisen auskultaation aikana kolmen eri äänen perusteella: nielemisen aikaisen hengityskatkoksen aikana voidaan kuulla nieltävän aineksen siirtyminen nieluun sekä ruokatorven yläsulkiavan avautuminen, joiden lisäksi voidaan kuulla nielaisun jälkeinen hengityksen vapautuminen. Servikaalinen auskultaatio on kustannustehokas ja helposti saavutettavissa oleva lisä nielemisen kliiniseen arviointiin, jota voidaan hyödyntää myös sairaalolosuhteiden ulkopuolella (Lagarde ym., 2016).

Kliinisen arvioinnin lisäksi potilaan nielemistä arvioidaan instrumentaalisin keinoin. Kaksi yleisimmin käytössä olevaa nielemisen instrumentaalista arviointimenetelmää ovat videofluorografia (VFG) (Newman, 2012, s. 6) sekä nielemistoiminnon tähystystutkimus (*Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing*, FEES) (Langmore ym., 1988). Videofluorografia on läpivalaisututkimus, jonka aikana potilaalle annetaan nieltäviä aineksia, joihin on sekoitettu varjoainetta (Palmer ym., 1993). Videofluorografiassa potilas altistuu säteilylle, joten potilaan aiempi sekä tuleva säteilyaltistus on otettava huomioon erityisesti niissä tilanteissa, joissa potilaalle tehdään useita läpivalaisututkimuksia (Earl & Badawy, 2019; Zarzour ym., 2018). Videofluorografiatutkimusta ei myöskään voida toteuttaa, jos potilaan terveydentila on liian heikko kuvantamishuoneeseen kuljettamista tai istumista varten (Newman, 2012, s. 7).

Nielemistoiminnon tähystystutkimuksessa (FEES) ohut fiberoskooppi viedään nenän kautta nieluun, jonka avulla voidaan tarkastella nielun rakenteita sekä nielua ennen nielaisua ja nielaisun jälkeen (Langmore ym., 1988). FEES:n aikana annettu bolus usein värjätään pienellä määrällä vihreää elintarvikeväriä (Langmore, 2017), sillä boluksen värjääminen helpottaa penetraatio-aspiraation havaitsemista (Marvin ym., 2016). FEES on invasiivinen tutkimus, ja potilaat kokevat sen usein epämukavaksi ilman paikallispuudutusta ja mahdollisesti jopa paikallispuudutuksen kanssa (Langmore, 2017). Langmoren (2017) mukaan paikallispuudutus voi myös vaikuttaa nielemistoimintoon, joka voi vaikeuttaa nielemisen luotettavaa arviointia.

Videofluorografia ja FEES voidaan toteuttaa vain sairaala- ja terveyskeskusympäristössä, jossa on käytössä tarvittavan välineistön lisäksi myös menetelmät hallitsevaa henkilökuntaa (Wu ym., 1997). Videofluorografian ja FEES:n rajoitteiden vuoksi kyseisiä menetelmiä ei voida käyttää asuinympäristössä eivätkä ne sovellu nielemistoiminnon pitkäaikaiseen tarkkailuun.

### **2.3 Tekniset ratkaisut nielemisliikkeiden tunnistamisessa**

Uusia nielemisen arviointiin soveltuvia teknisiä menetelmiä on kehitelty 2000-luvulla (taulukko 1). Kehitetyt tekniset ratkaisut ovat pääasiallisesti keskittyneet nielemisen aikana kaulalla tapahtuvien liikkeiden mittaamiseen, nielemisääniä kuunteleviin ja tallentaviin mikrofoneihin sekä nenän ilmavirtaa ja sitä kautta hengitysrytmiä tarkkaileviin nenäkanyyleihin. Erilaisten teknisten ratkaisujen käytöstä kliinisessä työssä ei ole tiettävästi tehty tutkimusta, ja vaikuttaakin siltä, että erilaiset mittauslaitteet ovat toistaiseksi olleet vain tutkimuskäytössä.

Nielemisliikkeitä mittaavat erilaiset tekniset ratkaisut kiinnitetään kaulan alueelle, ja mittauslaitteiden kiinnityspaikka vaihtelee eri tutkimusten välillä. Yleisimmin mittauslaitteiden sensorit on kiinnitetty kurkunpään alueelle, usein kilpiruston päälle (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019; Shieh ym., 2015; Shieh ym., 2019; Yagi ym., 2017) tai heti kilpiruston alapuolelle (Lee ym., 2010; Lee ym., 2011; Sejdić ym., 2009; Steele ym., 2013). Näiden mittauslaitteiden tavoitteena on ollut nielemisen aikana tapahtuvan kurkunpään ja kurkunpään läheisyydessä tapahtuvan liikkeen mittaaminen. Joissain ratkaisuissa on ollut kurkunpään tasolla olevan sensorin lisäksi myös leuankärjen alapuolelle asetettuja sensoreita (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019), jotka ovat keskittyneet lihastoiminnan mittaamiseen.

Aiemmissä teknisissä ratkaisuissa mittauslaitteen kiinnitykseen on käytetty usein ihoteippiä (Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009; Yagi ym., 2017). Joissain tutkimuksissa ihoteippi on korvattu kaulan ympärille asetettavalla joustavalla vyöllä, johon käytettävät sensorit kiinnitetään (Shieh ym., 2015;

Shieh ym., 2019). Myös suoraan ihoon kiinnittyviä silikonisia sensorityynyjä on kehitetty, mutta niiden kiinnittämiseen on toistaiseksi käytetty myös iholiimaa, jotta mittauslaitteen paikallaan pysyminen on voitu varmistaa (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019). Ihoteippi ja iholiima eivät välttämättä sovellu pitkäaikaiseen käyttöön, sillä ne voivat ärsyttää ihoa, ja aiempien teknisten ratkaisujen tutkimuksissa onkin tunnistettu tarve sellaisille teknisille ratkaisuille, jotka voidaan kiinnittää ja irrottaa tutkittavan kaulalle useita kertoja aiheuttamatta ihoärsytystä (Kim ym., 2019). Yksi vaihtoehto, jota ei ole toistaiseksi hyödynnetty mittauslaitteiden suunnittelussa, on tekstiilipohjainen ratkaisu. Jos sensorit integroitaisiin tekstiilipohjaiseen mittauslaitteeseen, sensoreita ei tarvitsisi kiinnittää suoraan laitteen käyttäjän ihoon, joka voisi vähentää ihoärsytystä.

**Taulukko 1.** Aiemmissä tutkimuksissa käytetyt nielemisen aikana tapahtuvien kaulan alueen liikkeiden tunnistamiseen perustuvat tekniset ratkaisut.

Tutkijat (julkaisuvuosi)	Tekninen ratkaisu
Sejdić ym. (2009)	
Lee ym. (2010)	Kaksiakselinen kiihtyvyyssanturi
Steele ym. (2013)	
Mamun ym. (2015)	
Lee ym. (2011)	Kaksiakselinen kiihtyvyyssanturi Nenän ilmavirtaa mittaava kanyyli
Shieh ym. (2015)	Voimantunnistusvastus
Shieh ym., (2019)	sEMG-elektrodyyny Nenän ilmavirtaa mittaava kanyyli
Yagi ym. (2017)	Nenän ilmavirtaa mittaava kanyyli Pietsoelektrinen anturi
Kim ym. (2019)	Sensorityyny (sEMG ja jännitysanturi) Nenän ilmavirtaa mittaava kanyyli
Kantarcigil ym., (2020)	Sensorityyny (sEMG ja jännitysanturi) Kaulanympäryksen vaihteluja mittaava vyö Nenän ilmavirtaa mittaava kanyyli

sEMG = *surface electromyography*, lihassähkötutkimus

Monissa aiemmissa tutkimuksissa, joissa erilaisia teknisiä ratkaisuja on tutkittu, kaikki tutkimushenkilöt ovat olleet terveitä eikä heillä ole ollut diagnosoitua nielemisvaikeutta (Kantarcigil ym., 2020; Lee ym., 2010; Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009; Shieh ym., 2015; Shieh ym., 2019). Näissä tutkimuksissa on keskitytty ensisijaisesti selvittämään, voidaanko valitun teknisen ratkaisun avulla tunnistaa nielaisuja nielemisliikkeiden perusteella erilaisten tutkimustehtävien, kuten yksittäisten ja sarjallisten vedennielaisujen, aikana. Erityisesti kiihtyvyyssanturien käytöstä nielemisliikkeiden tunnistamisessa on saatu lupaavia tuloksia isoillakin tutkimushenkilöjoukoilla, ja vaikuttaa siltä, että kiihtyvyyssanturien käyttöön pohjautuvien mittaustaitteiden datasta voidaan tunnistaa tapahtuneita nielaisuja luotettavasti (Lee ym., 2010; Sejdić ym., 2009). Mamun ja kollegat (2015) myös havaitsivat tutkimuksessaan, että kiihtyvyyssanturin mittaustulos ei häiriintynyt, vaikka sensori asetettaisiin hieman sivuun tutkittavan kurkunpään kohdalta.

Muutamissa aiemmissa tutkimuksissa joko osalla tutkimushenkilöistä (Steele ym., 2013; Yagi ym., 2017) tai kaikilla tutkimushenkilöillä (Kim ym., 2019; Lee ym., 2011) oli joko ennen tutkimusta todettu nielemisvaikeus tai epäily mahdollisesta nielemisvaikeudesta, joka todettiin tutkimuksen aikana instrumentaalisten arviointimenetelmien välillä. Näissä tutkimuksissa teknisillä ratkaisulla on myös tavoiteltu normaalien ja epänormaalien nielaisujen erottelua. Steelen ja kollegoiden (2013) tutkimuksessa, jossa nielemisliikkeitä mitattiin kaksiakselisella kiihtyvyyssanturilla, havaittiin, että kaulan alueella tapahtuvaa värinää mittaavan kiihtyvyyssanturin avulla voitiin erotella normaaleja ja epänormaaleja vesinielaisuja toisistaan. Kiihtyvyyssanturien käytöstä nielemisliikkeiden tunnistamisessa on siis lupaavaa tutkimustietoa, mutta toistaiseksi tutkimuskäytössä on esitelty vain ihoteipillä kiinnitettäviä ratkaisuja, jotka voivat pitkäaikaisessa käytössä aiheuttaa ihoärsytystä.

### 3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Nykyiset laajalti käytössä olevat instrumentaaliset nielemisen arviointimenetelmät videofluorografia ja FEES eivät sovellu nielemistoiminnon pitkäaikaiseen tarkkailemiseen, jonka takia uusia nielemisen arviointiin soveltuvia menetelmiä on yritetty kehittää 2000-luvulla. Monet tekniset ratkaisut ovat perustuneet nielemisen aikana tapahtuvien kaulan alueen, erityisesti kurkunpään ja kieliluun, liikkeiden mittaamiseen. Aiempien mittauslaitteiden sensorit on kiinnitetty laitteen käyttäjään usein ihoteipillä tai -liimalla, eikä tekstiilipohjaisia ratkaisuja ole tiettävästi tutkittu. Koska ihoteippi tai -liima voivat pitkässä käytössä aiheuttaa ihoärsytystä, tekstiilipohjainen ratkaisu soveltuisi paremmin pitkäaikaiseen käyttöön.

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on selvittää, voidaanko kiihtyvyyssantureita ja kulmanopeusgyroskooppeja sisältävän kaulurimallisen tekstiilipohjaisen mittauslaitteen datasta tunnistaa nielemisliikkeitä kaulalta mitattuna sarjallisen vedennielemisen aikana. Tutkimus on tärkeä, sillä helppokäyttöinen tekstiilipohjainen mittauslaite soveltuisi nielemistoiminnon pitkäaikaiseen seurantaan ja sitä voisi käyttää myös asuinympäristössä. Tämä tutkimus tarjoaa tietoa siitä, voiko nielemisen aikana kaulan alueella tapahtuvien liikkeiden perusteella voidaan tunnistaa nielaisuja sekä mitkä tekijät vaikuttavat nielaisujen tunnistamiseen. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan tulevaisuudessa auttaa kehittämään nielemisliikkeiden tunnistamiseen perustuvaa mittauslaitetta.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mikä on mittauslaitteen datasta tunnistettujen nielaisujen osuus kaikista servikaalisen auskultoinnin ja videotallenteen avulla tunnistetuista nielaisuista sarjallisen vedennielemisen aikana?
2. Millaisten syiden takia nielaisut eivät ole tunnistettavissa mittauslaitteen datasta?

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä pro gradu -tutkielma on osa tutkimushanketta, jonka tavoitteena on tutkia kiihtyvyyssantureiden ja kulmanopeusgyroskooppien käyttöön perustuvan tekstiilipohjaisen mittauslaitteen käyttöä nielemisliikkeiden tunnistamisessa erilaisten tehtävien aikana. Tämän tutkielman aineistoksi rajattiin 100 millilitran sarjallisen vedennielemisen tehtävä. Muut tutkimustehtävät on esitelty tutkimustiedotteessa (liite 1).

### 4.1 Tutkittavien valinta

Tutkimukseen osallistuneet tutkimushenkilöt (N = 17) olivat Tampereen yliopiston opiskelijoita ja henkilökunnan jäseniä. Tutkimuskutsu, joka sisälsi tutkimustiedotteen sekä tietosuojailmoituksen, jaettiin sähköpostin sekä sähköisen oppimisalustan kautta, ja tutkimushenkilöt ilmoittautuivat tutkimukseen itse. Sisäänottokriteerinä tutkimukseen osallistumiselle oli, ettei tutkittavilla ole subjektiivisesti koettua tai diagnosoitua nielemisvaikeutta. Tutkittavien taustatiedot on esitelty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Tutkimushenkilöiden ikä ja sukupuoli.

<b>Tutkittavat</b>	<b>Miehet (n = 8)</b>	<b>Naiset (n = 9)</b>	<b>Koko ryhmä (n = 17)</b>
<b>Ikä (vuosina)</b>			
Keskiarvo (keskihajonta)	27,1 (11,3)	21 (1,9)	23,88 (8,2)
Mediaani (vaihteluväli)	22,5 (20–54)	20 (20–26)	21 (20–54)

### 4.2 Aineiston keruu ja aineiston muodostuminen

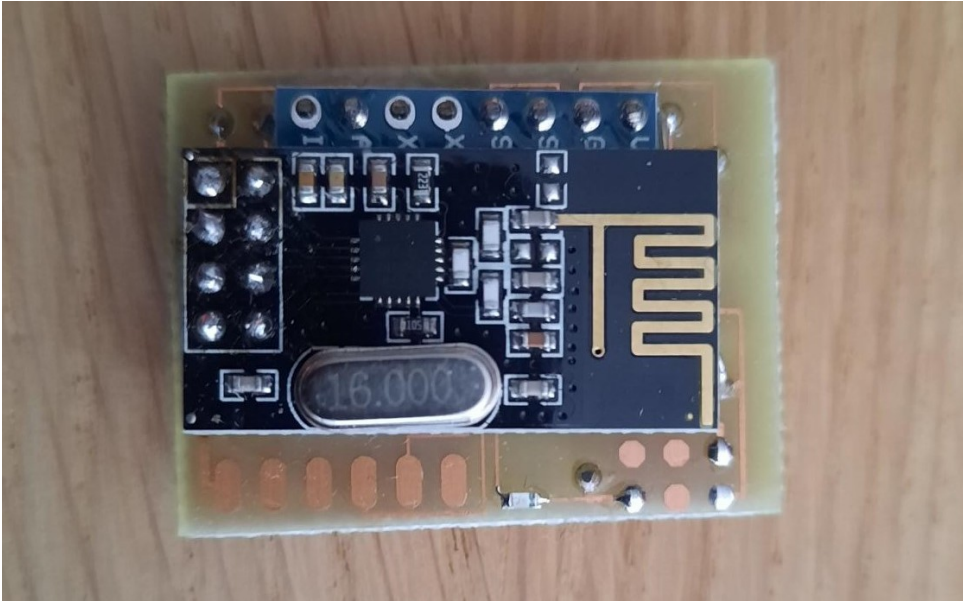
Tutkimusmittaukset suoritettiin yliopiston tiloissa tammikuussa 2022. Ennen varsinaisia tutkimustehtäviä tutkittavia pyydettiin täyttämään Microsoft Office 365 Forms -ohjelmalla tehty sähköinen taustatietolomake. Taustatietolomakkeella tutkittavia pyydettiin ilmoittamaan oma ikänsä sekä sukupuolensa.

Tutkimustilanteen alussa tutkittavan kaulalle asetettiin väitöskirjatutkija Tiina Vuohijoen ompelema kaulurimallinen tekstiilipohjainen mittauslaite (kuva 1), jonka sisälle voitiin asettaa seitsemän sensoria (kuva 2). Sensoreiden asettelu mittauslaitteen sisälle oli seuraavanlainen: yksi sensori asetettiin leuankärjen alle, kaksi sensoria kieliluun tasolle, yksi sensori kurkunpään tasolle, kaksi sensoria kurkunpään tason alapuolelle sekä yksi kontrollisensori niskan takaosaan (kuva 3). Kaulurimallisessa mittauslaitteessa oli edessä kolme pystysuuntaista kujaa, joissa sensoreita oli mahdollista liikuttaa ylöspäin tai alaspäin. Sensoreita ei ollut mahdollista liikuttaa sivusuunnassa, joten keskimmäisessä kujassa olevat leuan alla ja kurkunpään tasolla olevat sensorit asetettiin ensin jokaiselle tutkittavalle heidän rakenteidensa mukaan oikeille paikoille. Tämän jälkeen vasemmanpuoleisen ja oikeanpuoleisen kujan sensorit asetettiin korkeussuunnassa oikeille paikoilleen kieliluun tasolle sekä kurkunpään tason alapuolelle. Mittauslaitteen takaosassa oli niskaan asetettavalle kontrollisensorille tehty erillinen tasku. Mittauslaite oli kaksiosainen, ja osat kiinnitettiin toisiinsa kaulan molemmilta sivuilta tarranauhalla. Kaksiosaisuus mahdollisti mittauslaitteen yksilöllisen säätämisen tutkimushenkilön kaulan ympärysmittaan mukaan. Mittauslaitteen kankaaseen leikattiin avoin kohta stetoskooppia varten kaulan vasemmalle puolelle.

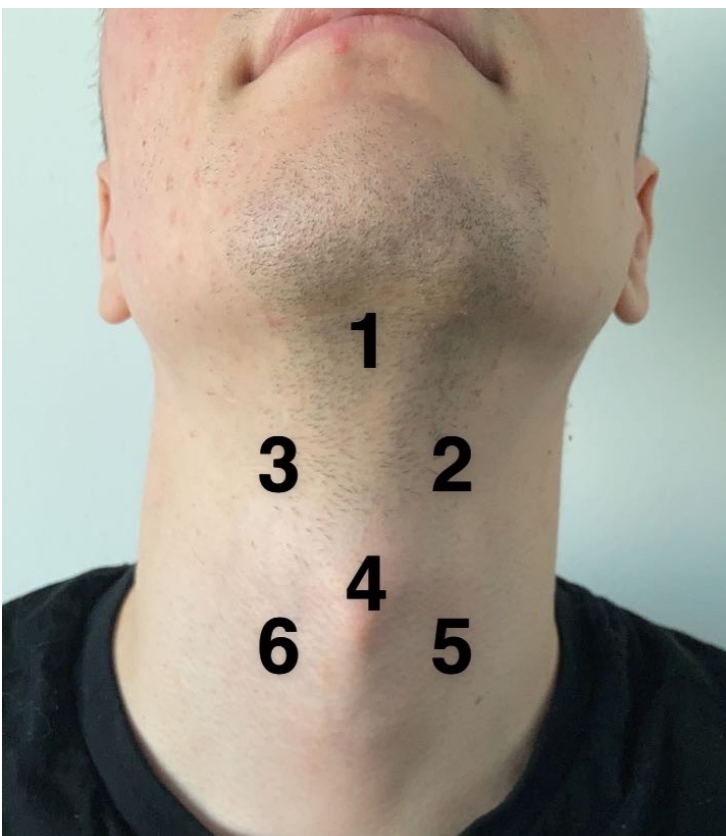


**Kuva 1.** Kaulurimallinen tekstiilipohjainen mittauslaite. Mittauslaitteen etuosassa on kolme kujaa, joista jokaisessa on kaksi sensoria. Mittauslaitteen takaosassa on tasku yhdelle sensorille. Kuvaan merkityt numerot 1-7 osoittavat sensoreiden paikat kaulurissa.





**Kuva 2.** Mittauslaitteessa käytetty sensori. Yksittäinen sensori sisälsi kolme ortogonaalista kiihtyvyyssanturia ja kolme ortogonaalista kulmanopeusgyroskooppia.



**Kuva 3.** Sensoreiden asettelu kuvattuna ilman mittauslaitetta. Sensori 1 asetettiin leuankärjen alle. Sensorit 2 ja 3 asetettiin kaulan keskilinjan vasemmalle ja oikealle puolelle kieliluu tasolle. Sensori 4 asetettiin kaulan keskilinjalle kurkunpään tasolle. Sensorit 5 ja 6 asetettiin kaulan keskilinjan vasemmalle ja oikealle puolelle kurkunpään tason alapuolelle. Sensori 7 asetettiin niskan taakse.

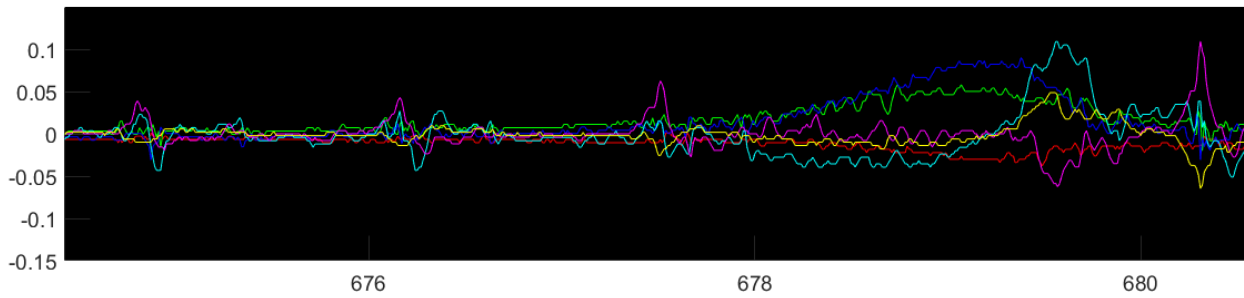
Elektroniikan professori Karri Palovuori rakensi mittauslaitteessa käytetyt sensorit. Yksittäinen sensori sisälsi MPU-6050-MEMS-inertiaalimittausanturin, jossa oli kolme ortogonaalista kiihtyvyyssanturia ja kolme ortogonaalista kulmanopeusgyroskooppia. Kiihtyvyyssantureilla ja kulmanopeusgyroskoopeilla pystyttiin mittaamaan moniakselista kiihtyvyyttä ja kulmanopeutta x-, y- ja z-akseleilla, joka mahdollisti kaulan alueen liikesuuntien ja -suuruuksien mittaamisen. Sensoreille yhteinen LPC1769-mikrokontrolleri oli kytkettynä kaikkiin sensoreihin I2C-väylän välityksellä. Mikrokontrolleri luki reaaliaikaisesti jokaisen sensorin arvon 100 kertaa sekunnissa ja raportoi arvot USB-väylän kautta tietokoneelle. Sensoreiden mitaama data tallennettiin MathWorks MATLAB R2021b -ohjelmistolla.

Tutkimustilanteessa tutkittavat istuivat tuolilla pöydän ääressä. Tutkittaville annettiin pahvinen kertakäyttömuki, johon oli mitattu 100 millilitraa huoneenlämpöistä vettä. Tutkittavia ohjeistettiin juomaan koko muki tyhjäksi nielaisten niin monta kertaa kuin on tarpeellista. Tutkittaville annettiin lupa aloittaa juominen, minkä jälkeen tutkittavat saivat juoda mukin tyhjäksi omaan tahtiinsa.

Nielaisujen tunnistamiseen käytettiin ensisijaisesti servikaalista auskultaatiota sekä sen lisäksi videotallennetta tuloksen varmistamiseksi. Servikaalinen auskultaatio on menetelmä, jossa nielemistoimintoon liittyviä ääniä kuunnellaan stetoskoopin avulla kaulalta äänihuulien tasolta (Bergström ym., 2014; Groher, 2015, s. 148–149). Tutkimustilanteessa tutkittavien nielaisuja kuuntelevana tutkijana toimi logopedian maisterivaiheen opiskelija, joka oli saanut perehdytyksen nielemisääniä kuunteluun kokeneelta puheterapeutilta. Tutkija istui tutkimushenkilöiden vasemmalla puolella ja kuunteli stetoskoopilla nielemistoimintoon liittyviä ääniä koko tutkimustilanteen ajan. Tutkijalla oli käytössään painonappi, jota tutkija painoi aina nielaisun kuullessaan. Painonapin data tallentui mittauslaitteen kanssa yhteisen kanavan kautta samaan tiedostoon. Tutkimustilanne videoitiin tietokoneen (Lenovo ThinkPad T490) kameralla. Tutkimustilanteiden kuvaaminen mahdollisti tutkimustilanteiden uudelleenkatseen, jolloin sarjallisen vedennielemisen aikana tapahtuneita nielaisuja ja muita liikkeitä voitiin havainnoida myös videolta. Tapahtuneet nielaisut tunnistettiin videotallenteesta kurkunpään ja kieliluun nousevan liikkeen perusteella, joka oli havaittavissa videolta kaulurimallisesta mittauslaitteesta huolimatta.

### **4.3 Aineiston analyysi**

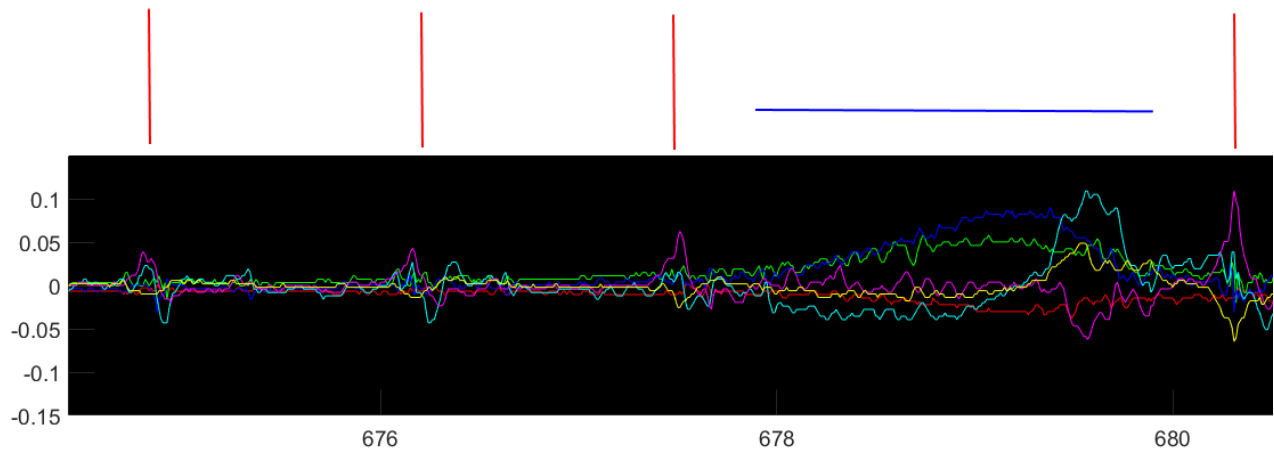
Mittauslaitteesta kerätty aineisto analysoitiin MathWorks MATLAB R2021b -ohjelmistolla. Jokaisesta sensorista kerätty data visualisoitiin kuvaajamuotoon (kuvio 1).



**Kuvio 1.** Mittauslaitteen kurkunpään tasolla olevan sensorin tallentama data muutettuna kuvaajamuotoon sarjallisen vedennielemisen aikana. Kuviossa kiihtyvyyssanturin X-akselin suuntainen mittaustulos punaisella, Y-akselin vihreällä ja Z-akselin sinisellä sekä kulmanopeusgyroskoopin X-akselin suuntainen mittaustulos sinivihreällä, Y-akselin purppuralla ja Z-akselin keltaisella. Kuviossa X-akselilla kuvattuna kulunut aika sekunneissa, Y-akselilla sensoreiden mittaustulos.

Kun mittauslaitteesta saatu data oli muutettu kuvaajamuotoon, datasta paikannettiin sarjallisten nielaisujen alku- ja loppupiste. Tämän jälkeen tarkastettiin painonapin datasta, kuinka monta nielaisua sarjallisen nielemisen aikana oli tapahtunut, ja varmistettiin videolta, että painonapilla tallennetut servikaalisen auskultaation havainnot täsmäsivät videotallenteeseen.

Nielaisut tunnistettiin kuvaajamuotoisesta datasta aineistolähtöisesti. Mittauslaitteen datassa nielaisut oli mahdollista tunnistaa luotettavasti niille tyypillisen kuvaajassa näkyvän liikkeen perusteella (kuvio 2). Nielaisujen aikana sensorien mittaustulos nousi ensin nopeasti ja heti sen jälkeen laski nopeasti, joka kuvaajamuodossa näkyy nopeana piikkinä ylöspäin Y-akselilla. Nielaisulle tyypillistä piikkiä seurasi nopea laskeutuminen Y-akselilla. Tätä kuviota noudattavat liikkeet luokiteltiin nielaisuiksi. Muiksi liikkeiksi luokiteltiin sellaiset kuvaajassa näkyvät liikkeet, jotka eivät noudattaneet nielaisuille tyypillistä liikettä. Mittauslaitteen jokaisen sensorin data käsiteltiin yksitellen. Lopuksi tunnistettuja nielaisuja verrattiin servikaalisen auskultaation havaintoihin vertaamalla painonapilla merkittyjä nielaisuja kuvaajista tunnistettuihin nielaisuihin.



**Kuvio 2.** Mittauslaitteen kurkunpään tasolla olevan sensorin tallentama data muutettuna kuvaajamuotoon sarjallisen vedennielemisen aikana. Kuvaajaan on merkattu punaisella tapahtuneet nielaisut ja sinisellä muuksi liikkeeksi luokiteltava tutkittavan tekemä pään kääntöliike taaksepäin. Kuviossa kiihtyvyyssanturin X-akselin suuntainen mittaustulos punaisella, Y-akselin vihreällä ja Z-akselin sinisellä sekä kulmanopeusgyroskoopin X-akselin suuntainen mittaustulos sinivihreällä, Y-akselin purppuralla ja Z-akselin keltaisella. Kuviossa X-akselilla kuvattuna kulunut aika sekunneissa, Y-akselilla sensoreiden mittaustulos.

Mittauslaitteen kuvaajamuotoisesta datasta tunnistamatta jääneet nielaisut luokiteltiin kolmeen ryhmään: 1) kuvaajassa ei näy liikettä, vaikka servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella henkilö nielaisee, 2) henkilö liikuttaa päätään ja nielaisee samaan aikaan, jolloin kuvaajassa näkyy pelkästään suuri ja laaja liike sekä 3) servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella henkilö nielaisee, mutta kuvaajassa näkyvä liike on epäselvä eikä ole tunnistettavissa nielaisuksi.

Kun tapahtuneet nielaisut sekä muut liikkeet oli tunnistettu mittauslaitteen datasta, videotallenteet analysoitiin niissä tapahtuvien liikkeiden osalta. Havainnot tutkimushenkilöiden liikkeistä, kuten sarjalliselle nielemiselle tyypillisestä pään kääntämisestä taaksepäin ennen viimeistä nielaisua, kirjattiin ylös tarkan tapahtumahetken ohella. Pään liikkeitä havainnoitiin videotallenteen sekä niskaan asetetun kontrollisensorin avulla. Videotallenteesta voitiin havainnoida tutkittavien pään liikkeitä ja tunnistaa, minkä nielaisujen aikana tutkittavat liikuttivat päätään. Niskaan asetetun sensorin datasta voitiin havaita, milloin tutkittavat olivat liikuttaneet päätään, sillä niskasensori mittasi vain pään liikkeitä, eivätkä nielaisut vaikuttaneet niskasensorin mittaustulokseen. Videotallenteen ja niskasensorin datan perusteella tunnistettiin ne nielaisut, joiden aikana tutkimushenkilöt olivat liikuttaneet päätään.

#### 4.4 Tutkimuksen eettisyys

Tämä pro gradu -tutkimus oli osa monialaista tutkimushanketta. Tutkimukselle haettiin tutkimuslupa Tampereen yliopistolta. Tutkimuslupahakemukseen sisällytettiin tutkimustiedote, tutkimuksen tietosuojailmoitus sekä riskien arviointi, jossa arvioitiin mahdollisia aineiston hallintaan ja käsittelyyn liittyviä riskejä tutkittavan näkökulmasta. Riskiarvion perusteella tutkimuksen riskitaso oli matala, ja tutkimuslupa myönnettiin molemmista tiedekunnista.

Tutkimukseen osallistuminen oli tutkimushenkilöille vapaaehtoista. Ennen tutkimukseen ilmoittautumista tutkimushenkilöillä oli mahdollisuus tutustua tutkimuksen tiedotteeseen (liite 1) sekä tutkimuksen tietosuojailmoitukseen (liite 2), jotka oli lähetetty tutkittaville sähköpostin ja sähköisen oppimisalustan kautta. Tutkimustiedotteessa oli nähtävillä tutkimuksen kulku ja tutkimustehtävät sekä saatavilla tutkimusryhmän jäsenten yhteystiedot mahdollisia lisäkysymyksiä varten. Tietosuojailmoituksessa ja tiedotteessa todettiin, että kerättyä aineistoa voidaan käyttää tieteellisissä julkaisuissa sekä opinnäytetöissä. Ennen tutkimustilannetta ja kirjallisen suostumuksen antamista tutkimusryhmän jäsen esitteli kaikille tutkimukseen osallistuneille tutkimuksen kulun sekä tutkittavan oikeudet. Tutkittavat allekirjoittivat kirjallisen suostumuslomakkeen (liite 3) ennen tutkimukseen osallistumista.

Kaikkea tutkimuksessa kerättyä aineistoa säilytettiin vain tutkimusryhmän käytössä olevassa suojatussa ryhmähakemistossa kaksivaiheisen tunnistautumisen takana, joka on avattavissa vain laitteen ollessa yhdistettynä yliopiston verkkoon. Paperiset suostumuslomakkeet digitalisoitiin ja tuhottiin välittömästi tutkimustilanteen jälkeen. Tutkittavat eivät ole tunnistettavissa tässä tutkielmassa tarkastellusta aineistosta.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Mittauslaitteen datasta tunnistetut nielaisut

Servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella tutkimushenkilöt ( $n = 17$ ) nielaisivat yhteensä 93 kertaa juodessaan sarjallisesti 100 millilitraa vettä. Nielaisujen määrä 100 millilitran juomisen aikana vaihteli tutkimushenkilöiden välillä kahdesta yhdeksään. Servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella tunnistettuja nielaisuja verrattiin mittauslaitteen sensoreiden dataan (taulukko 3). Koko tutkimushenkilöryhmää tarkastellessa eniten nielaisuja tunnistettiin kurkunpään tasolla olevan sensorin datasta (84 %). Leuan alla ja kieliluun tasolla kaulan keskilinjan oikealla ja vasemmalla puolella olevien sensoreiden datasta tunnistettiin nielaisut noin 70 prosentin tarkkuudella ja kurkunpään alapuolella vasemmalla puolella olevan sensorin datasta 49 prosentin tarkkuudella. Kurkunpään alapuolella oikealla puolella olevan sensorin datasta nielaisut tunnistettiin 17 prosentin tarkkuudella. Kun kaikkien sensorien dataa tarkasteltiin samanaikaisesti, tunnistettiin koko mittauslaitteen datasta yhteensä 91 nielaisua (98 %).

Sensoreiden toimivuudessa oli havaittavissa eroja miesten ja naisten välillä. Miehillä kieliluun tasolla oikealla puolella olevan sensorin sekä kurkunpään tason alla olevien sensorien datasta tunnistettiin nielaisuja tarkemmin kuin naisilla. Naisilla leuan alla, kieliluun tasolla vasemmalla puolella sekä kurkunpään tasolla olevien sensorien datasta tunnistettiin enemmän nielaisuja kuin miehillä. Koko mittauslaitteen dataa tarkastellessa datasta tunnistettiin kaikki miespuolisten tutkimushenkilöiden nielaisut ja 96 prosenttia kaikista naispuolisten tutkimushenkilöiden nielaisuista.

**Taulukko 3.** Mittauslaitteen datasta tunnistetut nielaisut sensorikohtaisesti sekä koko mittauslaitteen osalta suhteessa servikaalisen auskultaation ja videon avulla tunnistettuihin nielaisuihin.

Sensorin sijainti ja numero	Miehet (n = 8)	Naiset (n = 9)	Koko ryhmä (n = 17)
leuan alla (1)	54 %	83 %	71 %
kieliluun tasolla vasemmalla (2)	59 %	81 %	72 %
kieliluun tasolla oikealla (3)	77 %	74 %	75 %
kurkunpään kohdalla (4)	85 %	93 %	89 %
kurkunpään tason alapuolella vasemmalla (5)	90 %	20 %	49 %
kurkunpään tason alapuolella oikealla (6)	41 %	0 %	17 %
kaikkien sensorien data (1–6)	100 %	96 %	98 %

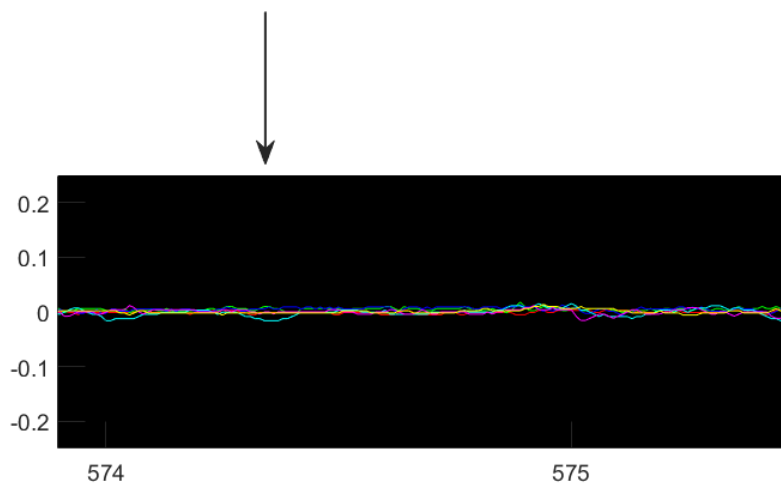
## 5.2 Mittauslaitteen datasta tunnistamatta jääneet nielaisut

Kaikilta tutkimushenkilöiltä servikaalisen auskultaation ja videon avulla tunnistettuja nielaisuja sarjallisen vedennielemisen aikana oli yhteensä 93. Koska mittauslaitteessa oli kuusi nielaisujen tunnistamiseen tarkoitettua sensoria, jokainen servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella tunnistettu nielaisu tunnistettiin mittauslaitteen datasta kuusi kertaa. Nielaisun sensorikohtaisia tunnistamisia tehtiin siis yhteensä kuusi kertaa  $93 = 558$ . Näistä sensorikohtaisista nielaisun tunnistamisista yhteensä 348 oli onnistuneita, eli nielaisu pystyttiin tunnistamaan yksittäisen sensorin datasta. Nämä sensorikohtaiset tunnistustarkkuudet on esitelty edellä taulukossa 3.

Sensorikohtaisista nielaisun tunnistamisista yhteensä 210 oli epäonnistuneita. Syitä sille, että nielaisun tunnistaminen epäonnistui, eroteltiin kolme: 1) kuvaajassa ei näy liikettä, vaikka servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella henkilö nielaisee, 2) henkilö liikuttaa päätään ja nielaisee samaan aikaan, jolloin kuvaajassa näkyy pelkästään suuri ja laaja liike sekä 3) servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella henkilö nielaisee, mutta kuvaajassa näkyvä liike on epäselvä eikä ole tunnistettavissa nielaisuksi. Koko tutkimusryhmän tasolla tarkasteltuna yleisin nielaisun tunnistamisen epäonnistumisen syy oli kuvaajasta puuttuva liike (52 %). Kuvaajan epäselvä liike selitti 16 prosenttia ja nielaisun kanssa samanaikainen pään liike 32 prosenttia nielaisujen epäonnistuneista tunnistamisista. Naisilla yleisin nielaisun tunnistamisen

epäonnistumisen syy oli niin ikään kuvaajasta puuttuva liike (68 %), miehillä puolestaan nielaisun kanssa samanaikainen pään liike (50 %). Naisilla kuvaajan epäselvä liike selitti 10 prosenttia ja nielaisun kanssa samanaikainen pään liike 22 prosenttia epäonnistuneista nielaisujen tunnistamisista. Miehillä kuvaajan epäselvä liike sekä kuvaajasta puuttuva liike selittivät kummatkin 25 prosenttia epäonnistuneista nielaisujen tunnistamisista.

Eri syyt sille, ettei nielaisuja voitu tunnistaa mittauslaitteen datasta, korostuivat vaihtelevasti eri sensoreiden välillä sekä miesten ja naisten välillä. Kuvaajasta puuttuva liike (kuvio 3) oli syynä nielaisun tunnistamisen epäonnistumiselle erityisesti kurkunpään tason alapuolella olevien sensorien osalta (taulukko 4). Kuvaajasta puuttuvan liikkeen takia epäonnistuneista nielaisujen tunnistamisista 54 prosenttia oli kurkunpään tason alapuolella oikealla olevan sensorin datasta ja 37 prosenttia vasemmalla olevan sensorin datasta.



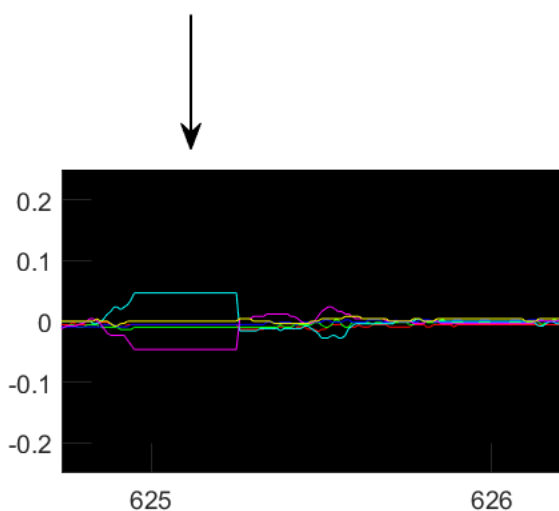
**Kuvio 3.** Kuvaajasta puuttuvan liikkeen takia tunnistamatta jäänyt nielaisu. Nielaisun tapahtumahetki on merkattu kuvioon nuolella. Kuviossa kiihtyvyyssanturin X-akselin suuntainen mittaustulos punaisella, Y-akselin vihreällä ja Z-akselin sinisellä sekä kulmanopeusgyroskoopin X-akselin suuntainen mittaustulos sinivihreällä, Y-akselin purppuralla ja Z-akselin keltaisella. Kuviossa X-akselilla kuvattuna kulunut aika sekunneissa, Y-akselilla sensoreiden mittaustulos.



**Taulukko 4.** Nielaisujen epäonnistuneiden tunnistamisten jakautuminen sensorikohtaisesti, kun nielaisun epäonnistuneen tunnistamisen syynä oli kuvaajasta puuttuva näkyvä liike nielaisun aikana.

Sensorin sijainti ja numero	Miehet (n = 8)	Naiset (n = 9)	Koko ryhmä (n = 17)
leuan alla (1)	0 %	2 %	2 %
kieliluun tasolla vasemmalla (2)	6 %	2 %	3 %
kieliluun tasolla oikealla (3)	0 %	2 %	2 %
kurkunpään kohdalla (4)	0 %	2 %	2 %
kurkunpään tason alapuolella vasemmalla (5)	13 %	42 %	37 %
kurkunpään tason alapuolella oikealla (6)	81 %	49 %	54 %

Kuvaajan epäselvän liikkeen takia (kuvio 4) nielaisujen epäonnistuneita tunnistamisia oli koko ryhmän tasolla tarkasteltuna lähes yhtä paljon leuan alla olevan sensorin, kieliluun tasolla molemmilla puolilla olevien sensoreiden sekä kurkunpään tason alapuolella oikealla puolella olevan sensorin datassa (taulukko 5). Naisilla epäselvän liikkeen takia nielaisun epäonnistuneita tunnistamisia oli eniten kieliluun tasolla oikealla puolella olevan sensorin datassa (64 %), kun taas miehillä epäonnistuneet tunnistamiset olivat yleisimpiä kurkunpään tason alapuolella oikealla puolella olevan sensorin datassa (32 %).

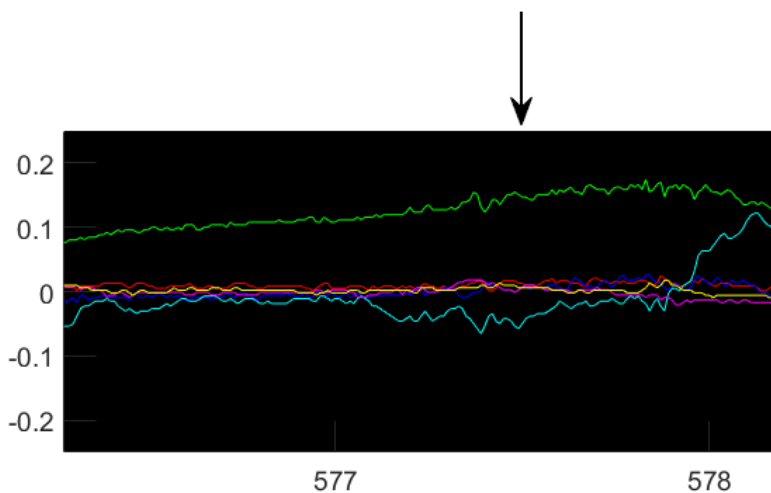


**Kuvio 4.** Kuvaajassa näkyvä liike nielaisun aikana, josta ei voida luotettavasti tunnistaa nielaisua. Nielaisun tapahtumamhetki on merkattu kuvioon nuolella. Kuviossa kiihtyvyyssanturin X-akselin suuntainen mittaustulos punaisella, Y-akselin vihreällä ja Z-akselin sinisellä sekä kulmanopeusgyroskoopin X-akselin suuntainen mittaustulos sinivihreällä, Y-akselin purppuralla ja Z-akselin keltaisella. Kuviossa X-akselilla kuvattuna kulunut aika sekunneissa, Y-akselilla sensoreiden mittaustulos.

**Taulukko 5.** Nielaisujen epäonnistuneiden tunnistamisten jakautuminen sensorikohtaisesti, kun nielaisun epäonnistuneen tunnistamisen syynä oli kuvaajassa näkyvä epäselvä liike nielaisun aikana.

Sensorin sijainti ja numero	Miehet (n = 8)	Naiset (n = 9)	Koko ryhmä (n = 17)
leuan alla (1)	29 %	7 %	22 %
kieliluun tasolla vasemmalla (2)	29 %	14 %	24 %
kieliluun tasolla oikealla (3)	10 %	64 %	27 %
kurkunpään kohdalla (4)	0 %	7 %	2 %
kurkunpään tason alapuolella vasemmalla (5)	0 %	0 %	0 %
kurkunpään tason alapuolella oikealla (6)	32 %	7 %	24 %

Nielaisun peittävän pään liikkeen takia (kuvio 5) nielaisun epäonnistuneita tunnistamisia oli koko ryhmän tasolla tarkasteltuna eniten leuan alla olevan sensorin datassa (taulukko 6). Miehillä nielaisun peittävän pään liikkeen takia nielaisun epäonnistuneita tunnistamisia oli myös eniten leuan alla olevan sensorin datassa (31 %) ja naisilla eniten kurkunpään tason alapuolella oikealla olevan sensorin datassa (24 %).



**Kuvio 5.** Nielaisun kanssa samanaikaisen pään liikkeen takia tunnistamatta jäänyt nielaisu. Nielaisun tapahtumahetki on merkattu kuvioon nuolella. Kuviossa kiihtyvyyssanturin X-akselin suuntainen mittaustulos punaisella, Y-akselin vihreällä ja Z-akselin sinisellä sekä kulmanopeusgyroskoopin X-akselin suuntainen mittaustulos sinivihreällä, Y-akselin purppuralla ja Z-akselin keltaisella. Kuviossa X-akselilla kuvattuna kulunut aika sekunneissa, Y-akselilla sensoreiden mittaustulos.

**Taulukko 6.** Nielaisujen epäonnistuneiden tunnistamisten jakautuminen sensorikohtaisesti, kun nielaisun epäonnistuneen tunnistamisen syynä oli nielaisun peittävä pään liike nielaisun aikana.

<b>Sensorin sijainti ja numero</b>	<b>Miehet (n = 8)</b>	<b>Naiset (n = 9)</b>	<b>Koko ryhmä (n = 17)</b>
leuan alla (1)	31 %	21 %	26 %
kieliluun tasolla vasemmalla (2)	21 %	21 %	21 %
kieliluun tasolla oikealla (3)	24 %	10 %	17 %
kurkunpään kohdalla (4)	14 %	7 %	10 %
kurkunpään tason alapuolella vasemmalla (5)	3 %	17 %	10 %
kurkunpään tason alapuolella oikealla (6)	7 %	24 %	16 %

## 6 POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena oli selvittää, voiko kiihtyvyysantureiden ja kulmanopeusgyroskooppien käyttöön perustuvalla tekstiilipohjaisella mittauslaitteella tunnistaa nielaisuja 100 millilitran sarjallisen vedennielemisen aikana. Tutkimuksessa tarkasteltiin sitä, kuinka tarkasti mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuus sekä sitä, millaisten syiden takia nielaisuja ei ole mahdollista tunnistaa mittauslaitteen datasta. Tutkimushenkilöt (n = 17) olivat yliopiston opiskelijoita ja henkilökuntaa, joilla ei ollut subjektiivisesti koettua tai puheterapeutin tai lääkärin toteamaa nielemisvaikeutta.

Servikaalisen auskultaation ja videotallenteen perusteella tutkimushenkilöt nielaisivat yhteensä 93 kertaa juodessaan sarjallisesti 100 millilitraa vettä. Mittauslaitteen datasta pystyttiin tunnistamaan 98 prosenttia kaikista tapahtuneista nielaisuuksista, kun kaikkia mittauslaitteen sensoreita tarkasteltiin yhdessä. Miespuolisilta tutkimushenkilöiltä (n = 8) mittauslaite tunnistoi kaikki tapahtuneet nielaisuudet, ja naispuolisilta tutkimushenkilöiltä (n = 9) 96 prosenttia tapahtuneista nielaisuuksista. Sensorikohtaisesti tarkasteltuna nielaisuus voitiin tunnistaa parhaiten kurkunpään tasolla oleva sensorin datasta. Yleisin syy sille, että tapahtunutta nielaisuutta ei voitu tunnistaa mittauslaitteen datasta, oli se, ettei mittauslaitteen datassa ollut havaittavissa liikettä tapahtuneen nielaisuuden aikana.

### 6.1 Tulosten tarkastelu

Koko tutkimusryhmän tasolla tarkasteltuna mittauslaitteen datasta tunnistettiin 98 prosenttia kaikista servikaalisen auskultaation ja videotallenteen avulla varmistetuista tapahtuneista nielaisuuksista. Täysin samankaltaista tutkimusasetelmaa kuin tässä pro gradu -tutkielmassa ei ole toteutettu aikaisemmin, mutta tuloksia voidaan verrata tutkimuksiin, joissa on käytetty samankaltaista teknistä ratkaisua. Samankaltaista kiihtyvyysanturien käyttöön perustuvaa laitetta käsittelevässä tutkimuksessa nielaisuus tunnistettiin käytetyn mittauslaitteen datasta mittauslaitetta varten luodun algoritmin avulla (Sejdić ym., 2009). Tutkimuksessa käytetty algoritmi oli opetettu tunnistamaan tietynlaiset mittaustulokset nielaisuuksiksi. Sejdićin ja kollegoiden (2009) tutkimuksessa algoritmin avulla pystyttiin tunnistamaan käytetyn mittauslaitteen datasta 97,7 prosenttia puheterapeuttien varmistamista tunnistetuista nielaisuuksista. Sejdićin ja kollegoiden (2009) tutkimuksessa sensori oli asetettu kurkunpään tasolle kilpiruston alapuolelle. Vaikka tässä tutkimuksessa ei käytetty algoritmia nielaisuuden tunnistamiseen, voidaan silti nähdä tuloksen olevan linjassa Sejdićin ja kollegoiden (2009) aiemman tutkimuksen kanssa.

Miespuolisilta tutkimushenkilöiltä mittauslaitteen datasta voitiin tunnistaa kaikki nielaisut ja naispuolisilta 96 prosenttia tapahtuneista nielaisuista. Koska tämän tutkimuksen tutkimushenkilöjoukko sekä havaittu ero miesten ja naisten välillä on pieni, ei tämän tuloksen pohjalta voida todeta, että kaulalta nielemisliikkeitä mittaava laite toimii luotettavimmin miespuolisilla henkilöillä. Miesten ja naisten välillä voi kuitenkin olla mittauslaitteen toimintaan vaikuttavia eroja. Nuoret miehet juovat keskimäärin isomman määrän nestettä sekunnissa naisiin verrattuna 100 millilitran sarjallisen vedennielemisen aikana (Ismail ym., 2019). Myös nuorten miesten keskimääräinen boluskoko on suurempi kuin nuorilla naisilla sarjallisen vedennielemisen aikana niin 50 millilitran (Dantas ym., 2011) kuin 100 millilitran (Ismail ym., 2019) sarjallisen vedennielemisen aikana. Suurempi boluskoko voi osaltaan vaikuttaa nielemisliikkeen laajuuteen ja sen myötä myös kaulalla olevan mittauslaitteen tuottamaan dataan. On siis mahdollista, että tutkittavien sukupuolella on voinut olla jonkinlainen vaikutus siihen, millaista dataa mittauslaite tuottaa.

Sensorikohtaisesti tarkasteltuna kurkunpään kohdalle asetettu sensori oli tarkoin yksittäinen sensori nielaisujen tunnistamisessa. Kurkunpään kohdalle asetettu sensori tunnsti 84 prosenttia kaikista servikaalisen auskultaation ja videotallenteen avulla tunnistetuista nielaisuista. Tulos ei ole yllättävä, sillä kurkunpää nousee nielemisen aikana voimakkaasti ylöspäin niin, että liike on luotettavasti tunnistettavissa ja arvioitavissa myös käsin (Brates ym., 2019). Normaalin sylkinielaisun aikana kurkunpää nousee ylöspäin noin 2–4 senttimetriä (Groher, 2015, s. 148; Logemann, 1998, s. 32), ja isomman vesinielaisun aikana liike on laajempi (Barikroo ym., 2015). Kurkunpään nouseva liike nielaisun aikana on helposti tunnistettavissa, ja tämän tutkielman tulosten perusteella kurkunpään tasolla olleen sensorin datasta voitiin tunnistaa nielaisuja, kun sensori oli integroitu tekstiilipohjaiseen mittauslaitteeseen.

Kieliluun tasolla molemmilla puolilla olevien sensoreiden datasta tunnistettiin yli kaksi kolmasosaa servikaalisen auskultaation ja videotallenteen avulla tunnistetuista nielaisuista: keskilinjan oikealla puolella olevan sensorin datasta tunnistettiin 75 prosenttia ja vasemmalla puolella olevan sensorin datasta 72 prosenttia nielaisuista. Aiemmissä teknisissä ratkaisuissa sensoreita ei ole asetettu kieliluun tasolle, vaan sensorit on keskitetty joko kurkunpään välittömään läheisyyteen tai leuankärjen alapuolelle. Kieliluun liikelaajuus on sarjallisen nielemisen aikana pienempää verrattuna yksittäisiin nielaisuihin (Chi-Fishman & Sonies, 2002), mutta tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että kieliluun tasolla olevien sensoreiden datasta voidaan tunnistaa nielaisuja. Tämä siis tarkoittaa sitä, että kieliluun liikettä voidaan myös hyödyntää, kun nielaisuja halutaan tunnistaa

kaualta mitattuna. Kieliluun liikkeitä arvioidaan myös kurkunpäästä palpoidessa (Logemann, 1998, s. 165), joka tukee myös kieliluun liikkeiden mittaamista teknisen ratkaisun avulla.

Mittauslaitteen ylimmän, leuan alla olevan sensorin datasta tunnistettiin koko tutkimusryhmän tasolla 71 prosenttia tapahtuneista nielaisuista. Naisilla ylimmän sensorin datasta tunnistettiin jopa 83 prosenttia tapahtuneista nielaisuista, miehillä puolestaan 54 prosenttia. Myös joissain aiemmissa teknisissä ratkaisuissa sensoreita on asetettu leuan kärjen alle (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019), vaikkakin käytetty tekninen ratkaisu on ollut erilainen eivätkä aiempien tutkimusten tulokset siksi ole verrattavissa tämän tutkielman tuloksiin. Leuan kärjen alla oleva sensori tunnistaa osittain kieliluun ja kurkunpään nousevaa liikettä, mutta siihen vaikuttaa myös suun pohjan lihasten sekä kielen kannan liikkeet (Logemann, 1998, s. 32–33). Tämän tuloksen perusteella leuan kärjen alapuolelle asetettava sensori voi olla hyödyllinen nielaisujen tunnistamisessa nielemisliikkeiden perusteella, mutta sen kohdalla tapahtuvat useiden eri rakenteiden liikkeet voivat myös tehdä nielaisujen tunnistamisen haastavaksi sensorin datasta.

Tässä tutkimuksessa oli suurta vaihtelua siinä, kuinka monella nielaisulla tutkittavat joivat 100 millilitraa vettä. Vähimmillään tutkittavat ottivat kaksi nielaisua ja enimmillään yhdeksän nielaisua. Keskimääräinen boluskoko siis vaihteli tutkittavien välillä 50 millilitrasta 11 millilitraan. Boluskokoa ei käsitelty muuttujana tässä pro gradu -tutkielmassa, joten niiden vaikutusta mittauslaitteen toimivuuteen ei voida tietää. Aiemmassa tutkimuksessa boluskoolla on havaittu olevan vaikutus nielemistoimintoon (Dantas ym., 2011; Endo ym., 2020; Higashijima, 2010; Ismail ym., 2019), joten on mahdollista, että boluskoolla oli jonkinasteinen vaikutus myös tämän pro gradu -tutkielman tuloksiin.

Yleisin syy sille, että nielaisua ei voitu tunnistaa mittauslaitteen datasta, oli se, ettei mittauslaitteen datassa näkynyt liikettä. Se, ettei datassa näkynyt ollenkaan liikettä tai liike oli todella pientä, selitti 52 prosenttia tunnistamatta jääneistä nielaisuista. Käytännössä tämä siis tarkoitti sitä, että syystä tai toisesta mittauslaitteen sensorit eivät tunnistaneet mitään liikettä nielaisun aikana. Se, ettei mittauslaitteen datassa näkynyt liikettä tapahtuneen nielaisun aikana, korostui syynä erityisesti naispuolisilla tutkittavilla: naisilla liikkeen puuttuminen selitti yli puolet (68 %) tunnistamatta jääneistä nielaisuista, siinä missä miehillä se selitti vain neljäsosan (25 %) tunnistamatta jääneistä nielaisuista ja oli tunnistetuista syistä vähiten yleinen.

Liikkeen puuttumisen takia epäonnistuneita nielaisujen tunnistamisia oli erityisesti kahden alimman sensorin datassa. Mahdollisia syitä tälle on useita. Alimpien sensorien heikko kyky tunnistaa

nielaisuja voi johtua siitä, että nielemisen aikana tapahtuva liike ole vaikuttanut alimpien sensoreiden kohdalla. Kurkunpää ja kieliluu nousevat ylös ja kallistuvat eteenpäin nielaisun aikana (Logemann, 1998, s. 32), joten nielemisliike vaikuttaa huomattavasti enemmän mittauslaitteen neljään ylimpään sensoriin verrattuna kurkunpään tason alapuolella oleviin sensoreihin. Aiemmissä tutkimuksissa käytetyt sensorit on asetettu kilpiruston päälle (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019; Shieh ym., 2015; Shieh ym., 2019; Yagi ym., 2017), heti kilpiruston alapuolelle (Lee ym., 2010; Lee ym., 2011; Sejdić ym., 2009; Steele ym., 2013) tai leuankärjen alapuolelle (Kantarcigil ym., 2020; Kim ym., 2019). On mahdollista, että alimpien sensorien datasta voitaisiin tunnistaa nielaisuja tarkemmin, jos ne asemoitaisiin lähemmäs kurkunpään tasoa.

32 prosenttia nielaisun epäonnistuneista tunnistamisista johtui siitä, että mittauslaitteen datassa oli nielaisun aikana havaittavissa vain laajaa liikettä nielaisulle tyypillisen liikkeen sijaan. Näissä tilanteissa videolta tarkasteltuna voitiin havaita tutkimushenkilön liikuttaneen päätään voimakkaasti taaksepäin sarjallisen vedennielemisen aikana. Tyypillisesti voimakas pään liike taaksepäin sarjallisen nielemisen aikana tapahtuu kahden viimeisen nielaisun välillä, kun tutkittava juo mokin tyhjäksi ja kääntää päänsä takaisin normaaliin asentoon. Pään liikkeiden takia epäonnistuneet nielaisun tunnistamiset jakautuivatkin tasaisemmin mittauslaitteen eri sensoreiden välille kuvaajasta puuttuvan liikkeen takia epäonnistuneisiin tunnistamisiin verrattuna. Koska mittauslaite perustuu liikkeiden mittaamiseen, ei ole yllättävä tulos, että muut nielemisen aikana tapahtuvat liikkeet vaikuttavat haittaavan nielaisujen tunnistamista datasta.

Nielaisun kanssa samanaikaisten pään liikkeiden takia tunnistamatta jääneissä nielaisuisissa korostuivat hieman mittauslaitteen ylemmät sensorit eli leuan alla sekä kieliluun tasolla olevat sensorit. Videolta tarkasteltuna voitiin havaita, että nielemisjakson loppupuolella tapahtuvan pään kallistamisen aikana juuri ylemmät sensorit liikkuvat voimakkaimmin pään liikkeiden takia. Vaikka tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että kaksi alinta sensoria eivät tunnista nielaisuja yhtä tarkasti kuin neljä ylintä sensoria, voi alimmista sensoreista olla silti hyötyä nielaisujen tunnistamisessa silloin, kun nielemisen aikana tapahtuu suuria pään liikkeitä.

16 prosenttia tunnistamatta jääneistä nielaisuisista jäi tunnistamatta siksi, että nielaisun aikana kuvaajassa näkyvä liike ei muistuttanut tyypillistä nielaisun muodostamaa kuviota. Näissä tilanteissa ei ollut kyse siitä, että jokin toinen liike, kuten pään voimakas kääntö, olisi peittänyt nielaisun alle. Epäselvä liike mittauslaitteen kuvaajamuotoisessa datassa selitti 25 prosenttia miesten tunnistamatta jääneistä nielaisuisista ja 10 prosenttia naisten tunnistamatta jääneistä nielaisuisista.

Epäselvä liike kuvaajassa on voinut selittyä useilla eri tekijöillä. Ensimmäisenä on otettava huomioon jonkinlainen tekninen häiriö. On mahdollista, että mittauksen aikana sensorit ovat häiriintyneet esimerkiksi toisen laitteen takia, joka on vaikuttanut sensoreiden toimintaan. Tämä selitys kuitenkin selittää korkeintaan yksittäisiä epäonnistuneita nielaisujen tunnistamisia, sillä datasta ei voida tunnistaa selkeästi häiriintyneitä kohtia. Sensoreiden epäselvään dataan ei ole vielä selkeää selitystä, ja syitä epäselvän datan taustalla tulisi tutkia lisää.

## 6.2 Menetelmän pohdinta

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten tarkasti tekstiilipohjaisen mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuja tutkittavan kaulalta mitattuna sarjallisen vedennielemisen aikana. Laajan tutkimushankkeen aineistosta 100 millilitran sarjallista vedennielemistä käsittelevä osuus rajattiin tutkimusryhmän toimesta tämän pro gradu -tutkielman aiheeksi.

Aiemmissa nielemisliikkeiden mittaamista käsittelevissä tutkimuksissa mittauslaitteet on kiinnitetty tutkittavien kaulalle esimerkiksi ihoteipin avulla (Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko tekstiilipohjaista mittauslaitetta käyttää nielemisliikkeiden tunnistamiseen. Ihoteipin tai iholiiman pitkäaikainen käyttö saattaa aiheuttaa ihoärsytystä, jonka takia pitkäaikaisessa käytössä tekstiilipohjainen ratkaisu olisi ihoon kiinnitettäviä ratkaisuja toimivampi. Tässä tutkimuksessa ei arvioitu sitä, vaikuttaako tekstiili mittauslaitteen sensoreiden toimivuuteen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko tekstiilipohjaista ratkaisua käyttää nielaisujen tunnistamiseen tutkittavilla, joilla ei ole nielemisvaikeutta, eikä tavoitteena ollut vertailla sitä toisenlaiseen kiinnitysratkaisuun, kuten ihoteippiin.

Tässä tutkimuksessa tapahtuneet nielaisut tunnistettiin servikaalisen auskultaation ja videotallenteen yhdistelmän avulla. Servikaalisen auskultaation luotettavuudesta normaalin ja epänormaalin nielaisun erottelun välineenä on ristiriitaista tutkimustietoa (Lagarde ym., 2016), mutta sen luotettavuutta tapahtuneen nielaisun tunnistamisessa ei kritisoida samalla tavalla. Joissain teknisiä ratkaisuja käsittelevissä tutkimuksissa tapahtuneet nielaisut on varmistettu tutkittavalle jo ennen tutkimukseen osallistumista suositellun nielemisen instrumentaalisen arvioinnin yhteydessä (Lee ym., 2011; Steele ym., 2013). Näissä tutkimuksissa nielemisliikkeitä on siis mitattu kehitetyn mittauslaitteen avulla nielemisen instrumentaalisen arvioinnin aikana, ja tutkimushenkilöt on rekrytoitu tutkimukseen sairaalan tai terveyskeskuksen potilaista. Tässä tutkimuksessa instrumentaalisia arviointimenetelmiä ei ollut mielekästä käyttää, sillä tutkimushenkilöt olivat



terveitä aikuisia, joilla ei ollut nielemisvaikeuksia ja joiden nielemistä ei ollut tarkoitus arvioida mittauslaitteen avulla. Koska tavoitteena oli vain tunnistaa tapahtuneet nielaisut, servikaalinen auskultaatio oli soveltuva menetelmä nielaisujen tunnistamiseksi.

Servikaalinen auskultaatio saattoi kuitenkin aiheuttaa ongelmia mittauslaitteen toimivuuden osalta: tekstiilipohjaisen mittauslaitteen läpi kaulan vasemmalle puolelle asetettu stetoskooppi saattoi liikuttaa stetoskooppia lähimpiä sensoreita pois paikoiltaan. Kurkunpään tason alapuolella vasemmalla puolella oleva sensori kuitenkin tunnisti nielaisuja jopa tarkemmin (49 %) kuin oikealla puolella oleva sensori (17 %), joten on epätodennäköistä, että stetoskooppi olisi vaikuttanut suuresti sensoreiden mittaustulokseen tässä tutkimuksessa.

Tapahtuneet nielaisut tunnistettiin mittauslaitteen datasta kuvaajien ulkomuodon perusteella eli aiheeseen huolellisesti perehtyneen tutkijan silmämääräisen arvion perusteella. Aiemmassa tutkimuksessa tapahtuneiden nielaisujen tunnistamiseen on käytetty myös algoritmeja, jotka on opetettu tunnistamaan tietyntyyliset liikkeet nielaisuuksi (Lee ym., 2010; Mamun ym., 2015; Sejdić ym., 2009). Edellä mainituissa tutkimuksissa algoritmin lisäksi puheterapeutit ovat manuaalisesti tunnistaneet tapahtuneet nielaisut datasta ja tarvittaessa korjanneet algoritmin tekemiä tunnistuksia. Tutkijat ovat myös määritelleet algoritmille sen, millainen nielaisuus tulkittava liike on. Algoritmin hyödyntäminen nielaisujen tunnistamisessa ihmisen tekemän arvioinnin lisäksi parantaisi tutkimuksen toistettavuutta, sillä tällöin nielaisun tunnistaminen ei olisi täysin ihmisen arviointikyvyn varassa. Tämä pro gradu -tutkielma on osa isompaa vasta alkanutta tutkimushanketta, eikä tällä mittauslaitteella ole kerätty dataa ennen tämän pro gradu -tutkielman tekemistä. Tästä syystä minkäänlaista nielaisuja tunnistavaa algoritmia ole voitu kehittää, ja tapahtuneet nielaisut oli tunnistettava datasta ihmisen arvion perusteella.

### **6.3 Työn kliininen merkitys ja jatkotutkimusaiheita**

Tässä tutkimuksessa käytetyn mittauslaitteen kehittäminen alkoi kliinisessä työssä olevien puheterapeuttien ideasta, joka nousi esille älykankaan käyttömahdollisuuksia käsittelevässä työpajassa (Nissinen ym., 2021). Nielemistoiminnon pitkäaikaiseen tarkkailuun soveltuvalla tekstiilipohjaisella mittauslaitteella voidaankin nähdä olevan tarve kliinistä työtä tekevien puheterapeuttien osalta. Tästä tutkimuksesta saadut alustavat tulokset ovat lupaavia, ja niiden perusteella voidaan jatkaa kliiniseen työhön soveltuvan mittauslaitteen kehittämistä.

Tekstiilipohjainen mittauslaite on osaltaan voinut vaikuttaa sensoreiden liikkumiseen ja siten myös mittaustulokseen. Koska tässä tutkimuksessa ei tehty vertailumittauksia, joissa sensorit olisi

kiinnitetty tutkittavien ihoon esimerkiksi teipillä tai iholiimalla, ei voida tarkasti arvioida mittauslaitteen kankaisen pohjan vaikutusta mittauslaitteen tuottamaan dataan. Tällaisen vertailututkimuksen tekemisestä olisi hyötyä erityisesti mittauslaitteen tekstiilipohjan kehittämisessä, sillä se toisi esiin tekstiilipohjaisen ratkaisun mahdollisia heikkouksia iholiimaan tai -teippiin verrattuna.

Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että tekstiilipohjaisen kiihtyvyyssanturien ja kulmanopeusgyroskooppien käyttöön perustuvan mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuja sarjallisen vedennielemisen aikana. Vaikka mittauslaitteen kehitys on vasta alkuvaiheessa, voidaan jo nyt pohtia sen mahdollisia hyötyjä puheterapeuttien kliinisessä työssä tulevaisuudessa. Kaulalle asetettavasta mittauslaitteesta, jonka data kuvastaa nielemisen aikana tapahtunutta liikettä kaulalla, voi olla hyötyä niin nielemisvaikeuden seulonnassa kuin arvioinnissakin. Sarjallista vedennielemistä, jota käytettiin tutkimustehtävänä tässä tutkielmassa, käytetään itsenäisesti tai osana tehtäväsarjaa nielemisvaikeuksien seulonnassa sekä kliinisen arvioinnin yhteydessä (DePippo ym., 1992; Leder & Suiter, 2014, s. 51–61; Suiter & Leder, 2007). Mittauslaitteen käyttäminen sarjallisen nielemisen aikana seulonta- ja arviointitilanteissa voisi tuoda arvokasta lisätietoa nielemisliikkeistä ja niiden mahdollisesta poikkeavuudesta, jota voitaisiin tarvittaessa hyödyntää nielemisen arvioinnissa. Mittauslaitteen datasta voitaisiin myös havainnoida, joutuuko potilas nielaisemaan useamman kerran yhtä bolusta kohden, joka voi viitata nielemisvaikeuteen (Logemann, 1998, s. 137). Nielemisliikkeiden arvioiminen kurkunpään palpoinnin avulla ei ole luotettava keino kaikkien liikkeiden arvioinnissa (Brates ym., 2019), joten mittauslaitteen käyttäminen nielemisen aikaisten liikkeiden arvioinnissa voisi parantaa kliinisen arvioinnin luotettavuutta. Jotta mittauslaitetta voitaisiin hyödyntää kliinisessä työssä, tulisi ensin selvittää, pystyykö mittauslaitteen datasta erottelemaan luotettavasti epänormaalit nielemisliikkeet sekä mitkä tekijät erottavat normaalit ja epänormaalit nielaisut toisistaan. Tämän selvittämiseksi tulisi verrata terveiltä tutkittavilta mittauslaitteella kerättyä dataa sellaisilta tutkittavilta kerättyyn dataan, joilla on todettu nielemisvaikeus.

Tämä pro gradu -tutkimus on osa tutkimushanketta, jonka tavoitteena on selvittää, voiko tekstiilipohjaisen mittauslaitteen datasta tunnistaa nielaisuja nielemisliikkeiden perusteella erilaisissa tilanteissa. Tätä tutkielmaa tehdessä mittauslaitteen toimivuutta ei ole vielä arvioitu muiden tutkimustehtävien, kuten yksittäisten vedennielaisujen, keksin syömisen sekä syömisen ja puhumisen, aikana. Tuleva tutkimus mittauslaitteen toimivuudesta muiden tutkimustehtävien aikana selkeyttää entisestään sitä, miten mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuja sekä sitä, soveltuuko mittauslaite nielaisujen tunnistamiseen myös esimerkiksi syömisen aikana.

Kaikkea mittauslaitteen toimintaa käsittelevää tutkimusta ajatellen olisi kannattavaa kehittää algoritmi, jonka avulla mittauslaitteen datasta voitaisiin erotella nielaisut sekä muut liikkeet niin, ettei erottelun tarvitsisi pohjautua ihmisen tekemään aikaa vievään silmämääräiseen arvioon. Algoritmi mahdollistaisi nielaisujen tunnistamisen tehokkaasti ja systemaattisesti. Algoritmin muodostamista varten tarvittaisiin pohja-aineisto, jonka perusteella määriteltäisiin nielaisulle tyypilliset ominaisuudet sekä muille liikkeille tyypilliset ominaisuudet. Tätä tutkimusta varten kerättyä aineistoa voidaan tulevaisuudessa myös hyödyntää algoritmin kehittämisessä. Tällaisen algoritmin kehittäminen, opettaminen ja tarkentaminen ei ole logopedistä tutkimusta, vaikka aihe liittyykin nielemistoimintoihin, joten monitieteellisen tutkimusryhmän sekä puheterapeuttien osaamisen hyödyntäminen algoritmin kehittämisessä olisi tärkeää.

Tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain sarjallista vedennielemistä. Nestemäisen boluksen koostumus vaikuttaa sarjalliseen nielemiseen: korkeamman viskositeetin bolukset lisäävät kieliluun ja kurkunpään liikelaajuutta, jonka voi myös havaita tässä pro gradu -tutkielmassa käytetyn mittauslaitteen kaltaisella kiihtyvyyssantureiden käyttöön perustuvalla laitteella (Lee ym., 2010). Lee ja kollegat (2010) havaitsivat myös, että sarjallisen vedennielemisen aikana kiihtyvyyssantureilla mitattu data ei muodosta yhtä selkeää ja tunnistettavaa nielaisukuvioita kuin korkeamman viskositeetin boluksilla. On siis mahdollista, että myös tässä pro gradu -tutkielmassa korkeamman viskositeetin boluksen, kuten mehukeiton, käyttäminen olisi voinut helpottaa nielaisujen tunnistamista datasta. Toisaalta 100 millilitran sarjallinen vedennielemisen on kliinisessä työssä käytetty menetelmä, jonka takia tähän tutkimukseen valittiin tutkimustehtäväksi sarjallinen vedennielemisen, vaikka korkeamman viskositeetin boluksella olisi mahdollisesti voitu saada datassa aikaisempi selkeämpi nielaisukuvio. Tulevassa tutkimuksessa myös korkeamman viskositeetin boluksien tarjoamista tutkittaville tulisi harkita, jotta saataisiin lisää tietoa boluksen viskositeetin vaikutuksesta mittauslaitteen dataan, sillä puheterapeutit hyödyntävät boluksen koostumuksen muuntelua kliinisessä työssä.

Tulevaisuudessa olisi syytä tehdä tutkimuksia suuremmalla tutkimushenkilöjoukolla ja analysoida saatua dataa myös tilastollisin menetelmin. Myös tutkimushenkilöiden taustatietojen perusteella olisi mielekästä tehdä jakoa erillisiin tutkimusryhmiin nielemisliikkeeseen vaikuttavien tekijöiden perusteella. Yksi esimerkki tällaisesta tekijästä on ikä. Tähän tutkimukseen osallistuneista tutkimushenkilöistä suurin osa oli 20–30-vuotiaita. Ikääntymisellä on kuitenkin havaittu olevan yhteys useiden nielemiseen liittyvien toimintojen heikentymiseen, mukaan lukien kurkunpään ja kieliluun liikelaajuuden pientymiseen, jotka voivat lisätä aspiraatoriskiä (Butler ym., 2009; Butler ym., 2018; Dodderi ym., 2020; Inamoto & Kaneoka, 2022; Ismail ym., 2019). Tästä syystä

ikäntyvien ihmisten voidaan myös nähdä hyötyvän eniten nielemisen pitkäaikaiseen tarkkailuun ja arviointiin soveltuvasta menetelmästä. Tulevaisuudessa olisikin tärkeää tutkia mittauslaitetta myös vanhemmilla tutkimushenkilöillä kuin tässä pro gradu -tutkielmassa.

Boluskoko on myös voinut vaikuttaa tämän tutkimuksen tuloksiin, ja tulevaisuudessa boluskoon vaikutus tulisi ottaa huomioon tutkimusasetelman suunnittelussa. Boluskoko vaikuttaa nielemisliikkeen suuruuteen: nieltävän aineksen määrän kasvaessa myös kieliluun liikelaajuus kasvaa (Dodds ym., 1988). Liikkeen suurempi laajuus todennäköisesti vaikuttaa huomattavasti nielemisliikkeiden tunnistamiseen kaulalta, jonka takia boluskoon vaikutus tulisi ottaa huomioon tuloksia arvioidessa. Tutkimustilanteessa juodessaan tutkittavat ottavat pienempiä nestesuullisia kuin luonnollisessa tilanteessa (Bennett ym., 2009), joten tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon myös tutkimustilanteen vaikutus tuloksiin. Tarkkaa boluskokoa voitaisiin tulevaisuudessa arvioida esimerkiksi pyytämällä tutkittavia laskemaan muki vaa'alle jokaisen nielaisun jälkeen tai tarjoilemalla kaikille tutkittaville samankokoisia yksittäisiä boluksia. Boluskoon kontrollointi näillä keinoilla ei ole kuitenkaan mahdollista sarjallisen nielemisen aikana, joten sarjallisen vedennielemisen osalta esimerkiksi keskimääräisen boluskoon laskeminen nielaisujen määrän perusteella voi tuoda lisätietoa boluskoon vaikutuksesta.

Tämän tutkimuksen sisäänottokriteerinä tutkimushenkilöille oli, ettei tutkimushenkilöillä ole subjektiivisesti koettua nielemisvaikeutta tai puheterapeutin tai lääkärin toteamaa nielemisvaikeutta. Tämän pro gradu -tutkielman alustavien tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että olisi mielekästä tutkia, miten mittauslaitteen datasta voidaan tunnistaa nielaisuja, kun tutkittavalla on nielemisvaikeus. Nielemisliikkeiden mittaamiseen perustuvan mittauslaitteen käytöstä normaalien ja epänormaalien nielaisujen erottelussa on saatu lupaavia alustavia tutkimustuloksia (Steele ym., 2013). Samankaltaisen tutkimuksen avulla voitaisiin selvittää, voidaanko tässä tutkimuksessa käytetyn mittauslaitteen datasta erotella normaaleja ja epänormaaleja nielaisuja sekä mitä mahdollisia eroja mittauslaitteen datassa on havaittavissa normaalien ja epänormaalien nielaisujen välillä. Tällaisessa tutkimusasetelmassa tulisi kuitenkin pohtia mahdollista tarvetta instrumentaalisen nielemisen arviointimenetelmän käytölle nielaisujen arvioinnissa, jotta tapahtuneet nielaisut voitaisiin mahdollisimman luotettavasti luokitella normaaleihin ja epänormaaleihin nielaisuihin.

## 7 LÄHDELUETTELO

- Alves, L. M. T., Cassiani, R. D. A., Santos, C. M. D. & Dantas, R. O. (2007). Gender effect on the clinical measurement of swallowing. *Arquivos de Gastroenterologia*, 44(3), 227–229. <https://doi.org/10.1590/S0004-28032007000300009>
- Barikroo, A., Carnaby, G. & Crary, M. (2015). Effects of age and bolus volume on velocity of hyolaryngeal excursion in healthy adults. *Dysphagia*, 30(5), 558–564. <https://doi.org/10.1007/s00455-015-9637-y>
- Bennett, J. W., Van Lieshout, P. H. H. M., Pelletier, C. A. & Steele, C. M. (2008). Sip-Sizing behaviors in natural drinking conditions compared to instructed experimental conditions. *Dysphagia*, 24(2), 152–158. <https://doi.org/10.1007/s00455-008-9183-y>
- Bergström, L., Svensson, P. & Hartelius, L. (2014). Cervical auscultation as an adjunct to the clinical swallow examination: A comparison with fibre-optic endoscopic evaluation of swallowing. *International Journal of Speech Language Pathology*, 16(5), 517–528. <https://doi.org/10.3109/17549507.2013.855259>
- Brates, D., Molfenter, S. M. & Thibeault, S. L. (2019). Assessing hyolaryngeal excursion: comparing quantitative methods to palpation at the bedside and visualization during videofluoroscopy. *Dysphagia*, 34(3), 298–307. <https://doi.org/10.1007/s00455-018-9927-2>
- Brodsky, M. B., Suiter, D. M., González-Fernández, M., Michtalik, H. J., Frymark, T. B., Venediktov, R. & Schooling, T. (2016). Screening accuracy for aspiration using bedside water swallow tests: A systematic review and meta-analysis. *Chest*, 150(1), 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.03.059>
- Butler, S. G., Stuart, A. & Kemp, S. (2009). Flexible endoscopic evaluation of swallowing in healthy young and older adults. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 118(2), 99–106. <https://doi.org/10.1177/000348940911800204>
- Butler, S. G., Stuart, A., Markley, L., Feng, X. & Kritchevsky, S. B. (2018). Aspiration as a function of age, sex, liquid type, bolus volume, and bolus delivery across the healthy adult life span. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 127(1), 21–32. <https://doi.org/10.1177/0003489417742161>

- Chen, P.-C., Chuang, C.-H., Leong, C.-P., Guo, S.-E. & Hsin, Y.-J. (2016). Systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of the water swallow test for screening aspiration in stroke patients. *Journal of Advanced Nursing*, 72(11), 2575–2586.  
<https://doi.org/10.1111/jan.13013>
- Chi-Fishman, G. & Sonies, B. C. (2000). Motor strategy in rapid sequential swallowing: New insights. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(6), 1481–1492.  
<https://doi.org/10.1044/jslhr.4306.1481>
- Chi-Fishman, G. & Sonies, B. C. (2002). Kinematic strategies for hyoid movement in rapid sequential swallowing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(3), 457–468. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002/036\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002/036))
- Crary, M. A. (2015). Imaging swallowing examinations: Videofluoroscopy and endoscopy. Teoksessa M. E. Groher & M. A. Crary (toim.), *Dysphagia: Clinical Management in Adults and Children* (2. painos). (s. 161-185). Elsevier Inc.
- Daniels, S. K., Huckabee, M. L. & Gozdzikowska, K. (2019). *Dysphagia Following Stroke* (3. painos). Plural Publishing, Inc.
- Dantas, R. O., Alves, L. M. T., Santos, C. M. dos & Cassiani, R. de A. (2011). Possible interaction of gender and age on human swallowing behavior. *Arquivos de Gastroenterologia*, 48(3), 195–198. <https://doi.org/10.1590/S0004-28032011000300008>
- DePippo, K. L., Holas, M. A. & Reding, M. J. (1992). Validation of the 3-oz Water Swallow Test for aspiration following stroke. *Archives of Neurology*, 49(12), 1259–1261.  
doi:10.1001/archneur.1992.00530360057018
- Dodderi, T., Puthiry, M. & Thomas, S. (2020). How much is too much? Effect of volume on water-swallowing test. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 11(2), 169–175.  
[https://doi.org/10.4103/jnsbm.JNSBM\\_63\\_20](https://doi.org/10.4103/jnsbm.JNSBM_63_20)
- Dodds, W. J., Man, K. M., Cook, I. J., Kahrilas, P. J., Stewart, E.T. & Kern, M. K. (1988). Influence of bolus volume on swallow-induced hyoid movement in normal subjects. *American Journal of Roentgenology* (1976), 150(6), 1307–1309. <https://doi.org/10.2214/ajr.150.6.1307>

- Dodds, W. J., Stewart, E. T. & Logemann, J. A. (1990). Physiology and radiology of the normal oral and pharyngeal phases of swallowing. *American Journal of Roentgenology (1976)*, 154(5), 953–963. <https://doi.org/10.2214/ajr.154.5.2108569>
- Earl, V. J. & Badawy, M. K. (2018). Radiation exposure to staff and patient during videofluoroscopic swallowing studies and recommended protection strategies. *Dysphagia*, 34(3), 290–297. <https://doi.org/10.1007/s00455-018-9945-0>
- Endo, H., Ohmori, N., Chikai, M., Miwa, H. & Ino, S. (2020). Effects of age and gender on swallowing activity assessed by electromyography and laryngeal elevation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 47(11), 1358–1367. <https://doi.org/10.1111/joor.13089>
- Groher, M. E. (2015). Clinical Evaluation of Adults. Teoksessa M. E. Groher & M. A. Grary (toim.), *Dysphagia: Clinical Management in Adults and Children* (2. painos). (s. 131–160). Elsevier Inc.
- Higashijima, M. (2010). Influence of age and bolus size on swallowing function: Basic data and assessment method for care and preventive rehabilitation. *The American Journal of Occupational Therapy*, 64(1), 88–94. <https://doi.org/10.5014/ajot.64.1.88>
- Hiss, S. G., Treole, K. & Stuart, A. (2001). Effects of age, gender, bolus volume, and trial on swallowing apnea duration and swallow/respiratory phase relationships of normal adults. *Dysphagia*, 16(2), 128–135. <https://doi.org/10.1007/s004550011001>
- Hoit, J. D. & Weismer, G. (2018). *Foundations of Speech and Hearing: Anatomy and Physiology*. Plural Publishing, Inc.
- Hughes, T. A. T. & Wiles, C. M. (1996). Clinical measurement of swallowing in health and in neurogenic dysphagia. *QJM: Monthly Journal of the Association of Physicians*, 89(2), 109–116. <https://doi.org/10.1093/qjmed/89.2.109>
- Inamoto, Y. & Kaneoka, A. (2022). Swallowing disorders in the elderly. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 10(1), 38–44. <https://doi.org/10.1007/s40141-021-00339-y>
- Ismail, Z., Thirumanjari, K., Ranjani, V., Fathima, S., Babu, M. & Premalatha, B. (2019). Comparative analysis of swallowing efficacy in young adults and geriatric population by 100

ml water swallow test. *Journal of Indian Speech Language & Hearing Association*, 33(1), 47–51. [https://doi.org/10.4103/jisha.JISHA\\_7\\_18](https://doi.org/10.4103/jisha.JISHA_7_18)

Jayatilake, D., Ueno, T., Teramoto, Y., Nakai, K., Hidaka, K., Ayuzawa, S., Eguchi, K., Matsumura, A. & Suzuki, K. (2015). Smartphone-based real-time assessment of swallowing ability from the swallowing sound. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 3, 1–10. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2015.2500562>

Kantarcigil, C., Kim, M. K., Chang, T., Craig, B. A., Smith, A., Lee, C. H. & Malandraki, G. A. (2020). Validation of a novel wearable electromyography patch for monitoring submental muscle activity during swallowing: A randomized crossover trial. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(10), 3293–3310. [https://doi.org/10.1044/2020\\_JSLHR-20-00171](https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00171)

Kim, M. K., Kantarcigil, C., Kim, B., Baruah, R. K., Maity, S., Park, Y., Kim, K., Lee, S., Malandraki, J. B., Avlani, S., Smith, A., Sen, S., Alam, M. A., Malandraki, G. & Lee, C. H. (2019). Flexible submental sensor patch with remote monitoring controls for management of oropharyngeal swallowing disorders. *Science Advances*, 5(12), eaay3210. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay3210>

Lagarde, M. L., Kamalski, D. M. & van den Engel-Hoek, L. (2016). The reliability and validity of cervical auscultation in the diagnosis of dysphagia: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 30(2), 199–207. <https://doi.org/10.1177/02692155155576779>

Langmore, S. E. (2017). History of fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing for evaluation and management of pharyngeal dysphagia: Changes over the years. *Dysphagia*, 32(1), 27–38. <https://doi.org/10.1007/s00455-016-9775-x>

Langmore, S. E., Kenneth, S. M. A. & Olsen, N. (1988). Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety: A new procedure. *Dysphagia*, 2(4), 216–219. <https://doi.org/10.1007/BF02414429>

Leder, S. B. & Suiter, D. M. (2014). *The Yale Swallow Protocol: An Evidence-Based Approach to Decision Making*. Springer International Publishing AG.



- Lee, J., Sejdić, E., Steele, C. M. & Chau, T. (2010). Effects of liquid stimuli on dual-axis swallowing accelerometry signals in a healthy population. *Biomedical Engineering Online*, 9(1), 7–7. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-9-7>
- Lee, J., Steele, C. M. & Chau, T. (2011). Classification of healthy and abnormal swallows based on accelerometry and nasal airflow signals. *Artificial Intelligence in Medicine*, 52(1), 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2011.03.002>
- Leslie, P., Drinnan, M. J., Finn, P., Ford, G. A. & Wilson, J. A. (2004). Reliability and validity of cervical auscultation: A controlled comparison using videofluoroscopy. *Dysphagia*, 19(4), 231–240. <https://doi.org/10.1007/BF02638588>
- Logemann, J. A. (1995). Dysphagia: Evaluation and treatment. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 47(3), 140–164. <https://doi.org/10.1159/000266348>
- Logemann, J. A. (1998). *Evaluation and treatment of swallowing disorders* (2. painos). Pro-ed.
- Logemann, J. A. (2007). Swallowing disorders. *Baillière's Best Practice & Research. Clinical Gastroenterology*, 21(4), 563–573. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2007.03.006>
- Logemann, J. A., Kahrilas, P. J., Cheng, J., Pauloski, B. R., Gibbons, P. J., Rademaker, A. W. & Lin, S. (1992). Closure mechanisms of laryngeal vestibule during swallow. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*, 262(2), 338–344. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.1992.262.2.g338>
- Mamun, K. A., Steele, C. M. & Chau, T. (2015). Swallowing accelerometry signal feature variations with sensor displacement. *Medical Engineering & Physics*, 37(7), 665–673. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.04.007>
- Marvin, S., Gustafson, S. & Thibeault, S. (2016). Detecting aspiration and penetration using FEES with and without food dye. *Dysphagia*, 31(4), 498–504. <https://doi.org/10.1007/s00455-016-9703-0>
- McCullough, G. H., Wertz, R. T., Rosenbek, J. C., Mills, R. H., Ross, K. B. & Ashford, J. R. (2000). Inter- and intrajudge reliability of a clinical examination of swallowing in adults. *Dysphagia*, 15(2), 58–67. <https://doi.org/10.1007/s004550010002>

- Murry, T., Carrau, R. L. & Chan, K. (2017). *Clinical Management of Swallowing Disorders* (4. painos). Plural Publishing, Inc.
- Nissinen, J., Konttinen, S., Rauhala, E.-L., Elo, C., Virkki, J. & Ihalainen, T. (2021). The possibilities of smart clothing in adult speech therapy: speech therapists' visions for the future. *2021 IEEE 9th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/SEGAH52098.2021.9551851>
- Newman, R. D. (2012). Introduction to the Videofluoroscopic Swallowing Study. Teoksessa R. D. Newman & J. M. Nightingale (toim.), *Videofluoroscopy: A Multidisciplinary Team Approach* (s. 3-18). Plural Publishing, Inc.
- Osawa, A., Maeshima, S. & Tanahashi, N. (2013). Water-Swallowing Test: Screening for aspiration in stroke patients. *Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)*, 35(3), 276–281. <https://doi.org/10.1159/000348683>
- Palmer, J. B., Kuhlemeier, K. V., Tippett, D. C. & Lynch, C. (1993). A protocol for the videofluorographic swallowing study. *Dysphagia*, 8(3), 209–214. <https://doi.org/10.1007/BF01354540>
- Patterson, J., Hildreth, A., Mccoll, E., Carding, P., Hamilton, D. & Wilson, J. (2011). The clinical application of the 100 mL water swallow test in head and neck cancer. *Oral Oncology*, 47(3), 180–184. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2010.11.020>
- Provencio-Arambula, M., Provencio, D. & Hegde, M. N. (2006). *Assessment of dysphagia in adults: resources and protocols in English and Spanish*. Plural Publishing, Inc.
- Ramsey, D. J. C., Smithard, D. G. & Kalra, L. (2003). Early assessments of dysphagia and aspiration risk in acute stroke patients. *Stroke (1970)*, 34(5), 1252–1257. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000066309.06490.B8>
- Robbins, J., Hamilton, J. W., Lof, G. L. & Kempster, G. B. (1992). Oropharyngeal swallowing in normal adults of different ages. *Gastroenterology (New York, N.Y. 1943)*, 103(3), 823–829. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(92\)90013-O](https://doi.org/10.1016/0016-5085(92)90013-O)
- Seikel, J., Drumright, D. & Hudock, D. (2021). *Anatomy & Physiology for Speech, Language, and Hearing* (6. painos). Plural Publishing, Inc.

- Sejdić, E., Steele, C. M. & Chau, T. (2009). Segmentation of dual-axis swallowing accelerometry signals in healthy subjects with analysis of anthropometric effects on duration of swallowing activities. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(4), 1090–1097.  
<https://doi.org/10.1109/TBME.2008.2010504>
- Shieh, W.-Y., Wang, C.-M. & Chang, C.-S. (2015). Development of a portable non-invasive swallowing and respiration assessment device. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 15(6), 12428–12453. <https://doi.org/10.3390/s150612428>
- Shieh, W.-Y., Wang, C.-M. Cheng, H.-Y. K., & Wang, C.-H. (2019). Using wearable and non-invasive sensors to measure swallowing function: Detection, verification, and clinical application. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19(11), 2624–. <https://doi.org/10.3390/s19112624>
- Smaoui, S., Peladeau-Pigeon, M. & Steele, C. M. (2021). Variations in hyoid kinematics across liquid consistencies in healthy swallowing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(1), 51–58. [https://doi.org/10.1044/2020\\_JSLHR-20-00508](https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00508)
- Speyer, R., Cordier, R., Farneti, D., Nascimento, W., Pilz, W., Verin, E., Walshe, M. & Woisard, V. (2022). White paper by the European Society for Swallowing Disorders: Screening and non-instrumental assessment for dysphagia in adults. *Dysphagia*, 37(2), 333–349.  
<https://doi.org/10.1007/s00455-021-10283-7>
- Steele, C. M., Sejdić, E. & Chau, T. (2013). Noninvasive detection of thin-liquid aspiration using dual-axis swallowing accelerometry. *Dysphagia*, 28(1), 105–112.  
<https://doi.org/10.1007/s00455-012-9418-9>
- Steele, C. M. & Van Lieshout, P. (2009). Tongue movements during water swallowing in healthy young and older adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(5), 1255–1267. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0131\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0131))
- Suiter, D. M. & Leder, S. B. (2007). Clinical utility of the 3-ounce water swallow test. *Dysphagia*, 23(3), 244–250. <https://doi.org/10.1007/s00455-007-9127-y>
- Wu, C.-H., Hsiao, T.-Y., Chen, J.-C., Chang, Y.-C. & Lee, S.-Y. (1997). Evaluation of swallowing safety with fiberoptic endoscope: Comparison with videofluoroscopic technique. *The Laryngoscope*, 107(3), 396–401. <https://doi.org/10.1097/00005537-199703000-00023>

Yagi, N., Nagami, S., Lin, M., Yabe, T., Itoda, M., Imai, T. & Oku, Y. (2017). A noninvasive swallowing measurement system using a combination of respiratory flow, swallowing sound, and laryngeal motion. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 55(6), 1001–1017. <https://doi.org/10.1007/s11517-016-1561-2>

Zarzour, J. G., Johnson, L. M. & Canon, C. L. (2018). Videofluoroscopic swallowing study examination: An overview of fluoroscopic imaging and a perspective on radiation exposure. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 3(13), 5–12. <https://doi.org/10.1044/persp3.SIG13.5>

## **LIITTEET**

Liite 1. Tutkimuksen tiedote

### **TIEDOTE TUTKIMUKSESTA**

#### **Tutkimus - Nielemisliikkeiden tunnistaminen kaulalta mitattuna kiihtyvyyssanturien ja gyroskooppien avulla**

Pyydämme Teitä osallistumaan yllä mainittuun tutkimukseen, jossa tutkitaan, voiko tekstiiliin asennettujen kiihtyvyyssanturien ja gyroskooppisensorien avulla tunnistaa nielemisen aikana tapahtuvia liikkeitä kaulalta. Voitte osallistua tutkimukseen, jos teillä ei ole subjektiivisesti koettua nielemisvaikeutta tai puheterapeutin tai lääkärin toteamaa nielemisvaikeutta.

#### **Tutkimuksen tarkoitus**

Tampereen yliopiston tutkimusryhmä on kehittänyt kaulan ympärille laitettavan kaulurimaisen tekstiilin, johon on kiinnitetty kiihtyvyyssantureita ja gyroskooppisensoreita. Sensorit mittaavat kaulan alueen lihasten liikettä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida mittauslaitteen käyttäjämukavuutta ja teknistä toimivuutta.

#### **Tutkimuksen kulku**

Tutkimushenkilöt osallistuvat tutkimukseen Tampereen yliopiston tiloissa heille ennalleen sovittuna aikana. Tutkimuksen alussa osallistujilta kerätään taustatiedot (sukupuoli, ikä vuoden tarkkuudella) ja mitataan kaulan ympärystä kurkunpään tasolta. Osallistujien kaulalle asetetaan edellä esitelty mittauslaite. Tämän lisäksi mittauksen aikana tutkija kuuntelee nielemisääniä kaulalle asetettavan stetoskoopin avulla. Koko mittaus tapahtuma videoidaan jälkikäteen tehtävää analyysiä varten. Mittaustilanteen aikana osallistujat suorittavat seuraavat tehtävät:

- 2 minuuttia hiljaa paikallaan istuen
- 2 minuuttia tekstin lukemista ääneen
- 2 minuuttia spontaania puhetta
- veden juominen yksittäisin suullisin yhteensä 5 kertaa
- veden juominen sarjallisesti omaan tahtiin, vettä tarjotaan 100 ml
- keksin syöminen hiljaa
- keksin syöminen spontaanin keskustelun aikana
- veden juominen yksittäisin suullisin yhteensä 5 kertaa leuka rinnassa
- veden juominen yksittäisin suullisin yhteensä 5 kertaa pää kierrettynä oikealle
- veden juominen yksittäisin suullisin yhteensä 5 kertaa pää kierrettynä vasemmalle

Mittauslaite pidetään päällä koko tutkimuksen ajan. Tutkimustehtävien jälkeen tutkittavaa pyydetään arvioimaan mittauslaitteen käytettävyyttä. Tutkimuksen kokonaiskesto on noin 45 minuuttia, ja mittaukseen osallistutaan yhden kerran.

### **Tutkimukseen liittyvät hyödyt sekä mahdolliset riskit ja haitat**

On mahdollista, että tähän tutkimukseen osallistumisesta ei ole teille hyötyä. Tutkimukseen osallistumisesta ei aiheudu teille haittaa tai riskejä.

Tämän tutkimuksen tulokset julkaistaan tieteellisissä artikkeleissa, konferensseissa sekä opinnäytetöissä, joista yksittäinen henkilö ei ole tunnistettavissa. Tutkimuksen tietosuojailmoitus on erillisenä liitteenä.

### **Tutkimuksen kustannukset ja taloudelliset selvitykset**

Tutkimukseen osallistuminen on maksutonta.

### **Tutkimustuloksista tiedottaminen**

Tutkimuksen tuloksista ei tiedoteta erikseen osallistujille.

### **Lisätiedot ja tutkijoiden yhteystiedot**

Mahdollisia kysymyksiä tutkimuksesta pyydämme teitä esittämään Johanna Virkille.

Akatemiatutkija, dosentti Johanna Virkki  
040 8490618  
[johanna.virkki@tuni.fi](mailto:johanna.virkki@tuni.fi)

## Liite 2. Tutkimuksen tietosuojailmoitus

### Tutkimukseen liittyvä tietosuojailmoitus

#### Tutkimuksen nimi, luonne ja kesto

- Tutkimuksen nimi: Nielemisliikkeiden tunnistaminen kaulalta mitattuna kiihtyvyyssanturien ja gyroskooppien avulla
- Tutkimuksen tyyppi: Kertatutkimus
- Tutkimuksen kestoaika: 12/2021–12/2023
- Henkilötietojen käsittelyaika: Kunnes hankkeen julkaisut on julkaistu ja yksi vuosi julkaisujen jälkeen.

#### Rekisterinpitäjä

Tutkimus tehdään työsuhteessa Tampereen yliopistona toimivaan Tampereen korkeakoulusäätiöön, jolloin rekisterinpitäjä on Tampereen korkeakoulusäätiö.

Tampereen korkeakoulusäätiö sr  
33014 Tampereen yliopisto  
Kalevantie 4, 33100 Tampere  
Y-tunnus 2844561-8

#### Yhteyshenkilö tutkimusrekisteriä koskevissa asioissa

- Nimi: Johanna Virkki
- Osoite: Tampereen yliopisto, Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta, Hervannan kampus, SM318
- Puhelinnumero: 0408490618
- Sähköpostiosoite: johanna.virkki@tuni.fi

#### Tietosuojavastaavan yhteystiedot

[dpo@tuni.fi](mailto:dpo@tuni.fi)

#### Tutkimuksen vastuullinen johtaja tai siitä vastaava ryhmä

- Nimi: Johanna Virkki
- Osoite: Tampereen yliopisto, Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta, Hervannan kampus, SM318
- Puhelinnumero: 0408490618
- Sähköpostiosoite: johanna.virkki@tuni.fi

#### Tutkimuksen suorittajat

Tutkimuksessa työskentelevät Tampereen yliopistossa Johanna Virkki, Tiina Ihalainen, Karri Palovuori, Erja Sipilä, Tiina Vuohijoki ja Saara Törmä (tilanne 1.12.2021). Jatkotutkimukseen ja tietojen käsittelyyn saattaa edellä mainittujen henkilöiden lisäksi osallistua myöhemmin tutkimusryhmään nimettäviä tutkijoita, avustajia tai opiskelijoita.

#### Tutkimusrekisterin tietosisältö ja henkilötietojen tietolähteet

- tutkittavilta kysytyt esitiedot (sukupuoli, ikä)

- tutkittavien kaulan ympärysmitta kurkunpään tasolta mitattuna
- kaulalle asetetun mittauslaitteen tuottama data
- stetoskoopilla kuuntelemalla varmistettujen nielaisujen lukumäärä ja ajoitus suhteessa mittauslaitteen tuottamaan dataan
- tutkittavilta kysytty arvio mittauslaitteen miellyttävyydestä
- mittaustilanteessa tehty videotallenne
- tutkittavilta kysytty kirjallinen suostumus osallistua tutkimukseen (nimi)

### **Henkilötietojen käsittelyn tarkoitus**

Henkilötietojen käsittelyn tarkoitus on tieteellinen tutkimus. Mittaustilanteessa kerättyä dataa käytetään tutkimuksen tuloksista julkaistavissa tieteellisissä artikkeleissa, konferensseissa sekä opinnäytetöissä. Mittaustilanteessa tallennettua videomateriaalia käytetään mittausdatan tarkistamiseen ja arvioimiseen. Videomateriaali on vain tutkimuksessa työskentelevien henkilöiden käytettävissä. Paperiset suostumuslomakkeet digitalisoidaan välittömästi tutkimustilanteen jälkeen, ja paperiset lomakkeet tuhotaan niin ikään välittömästi digitalisoinnin jälkeen.

### **Henkilötietojen käsittelyn oikeusperuste**

Henkilötietojen käsittelyn oikeusperuste: *EU:n yleinen tietosuoja-asetus, artikla 6 kohta 1 sekä tietosuojalaki 4 §:*

yleisen edun mukainen tieteellinen tai historiallinen tutkimus tai tilastointi

### **Arkaluonteiset henkilötiedot (erityisiin henkilötietoryhmiin kuuluvat tiedot ja rikostiedot)**

- Tutkimuksessa ei käsitellä arkaluontoisia henkilötietoja.
- Tutkimuksessa ei käsitellä rikostuomiota tai rikkomuksia koskevia tietoja.

### **Henkilötietojen siirto tai luovuttaminen tutkimusryhmän ulkopuolelle**

- Henkilötietoja ei siirretä tai luovuteta tutkimusryhmän ulkopuolelle.
- Rekisterin tietoja ei siirretä kolmanteen maahan tai kansainväliselle järjestölle EU:n tai ETA-alueen ulkopuolelle.

### **Automatisoitu päätöksenteko**

Automaattisia päätöksiä ei tehdä.

### **Rekisterin suojauksen periaatteet**

- Digitaalinen aineisto suojataan käyttäjätunnuksen ja salasanan sekä kaksivaiheisen tunnistautumisen taakse.
- Suoria tunnistetietoja kerätään videokuvan muodossa. Videokuvaa käytetään pelkästään mittausdatan tarkistamiseen ja arvioimiseen, eikä se ole muiden kuin tutkimuksen suorittajien nähtävillä. Yksittäinen henkilö ei ole tunnistettavissa tutkimuksen tuloksista tehdyistä opinnäytetöistä tai tieteellisistä artikkeleista.
- Tiedonsiirto tutkimukseen osallistuvien tutkijoiden välillä tapahtuu suojatun ryhmähakemiston välityksellä.

### **Henkilötietojen käsittely tutkimuksen päättymisen jälkeen**

Tutkimuksen aineisto tuhotaan yksi vuosi sen jälkeen, kun hankkeen julkaisut on julkaistu.



## Rekisteröidyn oikeudet ja niiden mahdollinen rajoittaminen

Rekisteröidyllä on, ellei tietosuojalainsäädännöstä muuta johdu:

- Tietojen tarkastusoikeus (oikeus saada pääsy henkilötietoihin)
  - Rekisteröidyllä on oikeus tietää, käsitelläänkö hänen henkilötietojaan vai ei, ja mitä henkilötietoja hänestä on tallennettu.
- Oikeus tietojen oikaisemiseen
  - Rekisteröidyllä on oikeus vaatia, että häntä koskevat virheelliset, epätarkat tai puutteelliset henkilötiedot oikaistaan tai täydennetään ilman aiheetonta viivytystä. Lisäksi henkilöllä on oikeus vaatia, että tarpeettomat henkilötiedot poistetaan.
- Oikeus tietojen poistamiseen
  - Rekisteröidyllä on poikkeustapauksissa oikeus saada henkilötietonsa kokonaan poistettua rekisterinpitäjän rekistereistä (oikeus tulla unohdetuksi).
- Oikeus käsittelyn rajoittamiseen
  - Rekisteröidyllä on tietyissä tilanteissa oikeus pyytää henkilötietojensa käsittelyn rajoittamista siksi aikaa, kunnes hänen tietonsa on asianmukaisesti tarkistettu ja korjattu tai täydennetty.
- Vastustamisoikeus
  - Henkilöllä on tietyissä tilanteissa oikeus henkilökohtaiseen, erityiseen tilanteeseensa perustuen milloin tahansa vastustaa henkilötietojensa käsittelyä.
- Oikeus siirtää tiedot järjestelmästä toiseen
  - Rekisteröidyllä on tietyissä tilanteissa oikeus saada häntä koskevat henkilötiedot, jotka hän on toimittanut rekisterinpitäjälle, jäsennellyssä, yleisesti käytetyssä ja koneellisesti luettavassa muodossa, ja oikeus siirtää tiedot toiselle rekisterinpitäjälle.
- Oikeus tehdä valitus valvontaviranomaiselle
  - Rekisteröidyllä on oikeus tehdä valitus erityisesti vakinaisen asuin- tai työpaikkansa sijainnin mukaiselle valvontaviranomaiselle, jos hän katsoo, että henkilötietojen käsittelyssä rikotaan EU:n yleistä tietosuojaa-asetusta (EU) 2016/679. Rekisteröidyllä on lisäksi oikeus käyttää hallinnollisia muutoksenhakukeinoja sekä muita oikeussuojakeinoja.

Yhteystiedot:

### **Tietosuojavaltuutetun toimisto**

Käyntiosoite: Ratapihantie 9, 6. krs, 00520 Helsinki

Postiosoite: PL 800, 00521 Helsinki

Vaihde: 029 56 66700

Faksi: 029 56 66735

Sähköposti: [tietosuoja@om.fi](mailto:tietosuoja@om.fi)

Rekisteröidyn oikeuksien käyttämisestä koskevissa pyynnöissä noudatetaan rekisterinpitäjän tietopyyntöprosessia.

Liite 3. Tutkimuksen suostumuslomake

## TUTKITTAVAN SUOSTUMUS

### Nielemisliikkeiden tunnistaminen kaulalta mitattuna kiihtyvyyssanturien ja gyroskooppien avulla

#### TIETOA TUTKIMUKSESTA

Tampereen yliopiston tutkimusryhmä on kehittänyt kaulan ympärille laitettavan kaulurimaisen tekstiilin, johon on kiinnitetty kiihtyvyyssantureita ja gyroskooppisensoreita. Sensorit mittaavat kaulan alueen lihasten liikettä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida mittauslaitteen käyttäjämukavuutta ja teknistä toimivuutta.

Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista. Voit keskeyttää tutkimukseen osallistumisen missä tahansa tutkimuksen vaiheessa ennen sen päättymistä ilman, että siitä koituu sinulle mitään haittaa. Tutkimuksen tuloksia julkaistaan tieteellisissä julkaisuissa ja konferensseissa.

Lisätietoa tutkimuksesta antaa Johanna Virkki (040 8490618, [johanna.virkki@tuni.fi](mailto:johanna.virkki@tuni.fi))

#### VIDEOKUVAUS-, ÄÄNITYS- JA TAUSTAKYSELYSUOSTUMUS

Olen lukenut ja ymmärtänyt saamani tutkimustiedotteen. Lisäksi minulle on tutkimustilanteen alussa annettu suullisesti tietoa tutkimuksesta ja olen saanut riittävän vastauksen kaikkiin tutkimusta koskeviin kysymyksiini. Olen saanut riittävän selvityksen tutkimuksesta ja sen yhteydessä suoritettavasta henkilötietojeni keräämisestä, käsittelystä ja luovuttamisesta.

Annan suostumukseni siihen, että mittausilanne voidaan tallentaa (sisältää äänen ja kuvan) tutkimuskäyttöä varten. Tutkimustilanteessa antamiani tietoja ja tutkimuksessa kerättyjä mittaus tuloksia saa käyttää tutkimuksesta julkaistavissa tieteellisissä julkaisuissa, joista yksittäinen henkilö ei ole tunnistettavissa. Olen saanut tutkimukseen liittyvän tietosuojailmoituksen.

Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni tähän tutkimukseen ja suostun vapaaehtoisesti tutkittavaksi sekä ymmärrän, että antamiani henkilötietoja käsitellään osana tätä tutkimusta.

Aika ja paikka:

Allekirjoitus:

Nimen selvennys:

---

---