

Milja Forss

VESIPIIPUN KÄYTÖN VAIKUTUS ÄÄNNÖN KYNNYSPAINEESEEN JA KOETTUUN ÄÄNENTUOTON TYÖLÄYTEEN

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta
Pro gradu -tutkielma
Helmikuu 2021

TIIVISTELMÄ

Milja Forss: Vesipiipun käytön vaikutus äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Logopedian tutkinto-ohjelma
Helmikuu 2021

Tämän tutkielman tarkoituksena oli tarkastella vesipiippu-inhalaattorin vaikutusta äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen. Tutkimuksessa vertailtiin, vaikuttaako vesipiipun käyttö äänentuottoon eri tavoin silloin, kun sitä käytetään kuumassa vesihauteessa tai ilman vesihaudetta. Lisäksi selvitettiin, ovatko mahdolliset muutokset erilaisia välittömästi vesipiipun käytön lopettamisen jälkeen ja 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta. Lopuksi tarkasteltiin, korreloivatko äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden muutokset keskenään.

Äänihuulten kosteus on tärkeää niiden optimaalisten värähtelyominaisuuksien varmistamiseksi. Kun äänihuulikuldukseksessa on riittävästi nestettä, on värähtelyä vastustavan viskositeetin määrä pieni ja äänihuulet alkavat värähdellä herkästi. Tällöin äännön aloittamiseen vaadittavan paineen eli äännön kynnyspaineen määrä pienenee ja äänentuottoon tarvitaan vähemmän työtä. Silloin äänentuoton voidaan olettaa tuntuvan myös äänenkäyttäjistä kevyemmältä. Äänihuulten kosteutuksen onnistumista voidaankin mitata tarkastelemalla muutoksia äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä.

Tämä tutkimus oli kvantitatiivinen tutkimus, jossa käytettiin klassista kokeellista tutkimusasetelmaa. Tutkimushenkilöistä (N = 36) muodostettiin kaksi koeryhmää, joista toisessa vesipiippua käytettiin kuumassa vesihauteessa ja toisessa ilman vesihaudetta. Lisäksi muodostettiin kontrolliryhmä, jossa vesipiipun käytön sijaan interventiona oli hiljaisuustauko. Kaikilta tutkimushenkilöiltä mitattiin äännön kynnyspaine sekä koettu äänentuoton työläys ennen interventiota, välittömästi intervention jälkeen sekä 15 minuutin kuluttua intervention lopettamisesta. Aineistoa analysoitiin tilastollisin menetelmin.

Tutkimuksessa havaittiin, ettei vesipiipun käytöllä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta äännön kynnyspaineeseen. Molemmissa koeryhmissä äännön kynnyspaine nousi heti vesipiipun käytön jälkeen, mutta 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta se kuitenkin laski alkumittausta pienemmäksi. Koettu äänentuoton työläys väheni tilastollisesti merkitsevästi 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta. Koetussa äänentuoton työläydessä ja äännön kynnyspaineessa tapahtuneet muutokset eivät korreloineet tilastollisesti merkitsevästi.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida todeta olevan eroa siinä, käytetäänkö vesipiippua kuumassa vesihauteessa vai ilman vesihaudetta. Vesipiipun ei myöskään varmuudella voida sanoa laskevan äännön kynnyspainetta. Jollakin tavalla vesipiipun voidaan kuitenkin nähdä vaikuttavan äänentuottoon, sillä koeryhmissä äännön kynnyspaineen havaittiin nousevan heti vesipiipun käytön jälkeen, mutta kontrolliryhmässä vastaavaa nousua ei tapahtunut. Koettuun äänentuoton työläyteen vesipiipun käytöllä sen sijaan voidaan todeta olevan positiivinen, laskeva vaikutus.

Avainsanat: ääni, äänihuulet, pinnallinen kosteus, äänihygieniä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	2
2.1 Äänentuoton anatomia ja fysiologia.....	2
2.2 Äänihuulten kosteutus	3
2.3 Äänihuulten kosteutuksen vaikutus äänentuottoon	5
2.3.1 Äännön kynnyspaine	6
2.3.2 Koettu äänentuoton työläys	8
2.3.3 Äänihuulten kosteutuksen vaikutus äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen	9
3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS	13
4 MENETELMÄT	14
4.1 Tutkimusmenetelmät	14
4.2 Tutkimushenkilöt.....	14
4.3 Aineiston keruu	14
4.3.1 Esitiedot.....	14
4.3.2 Vesipiipun käyttö	15
4.3.3 Tutkimustilanteen kulku.....	15
4.3.4 Äännön kynnyspaineen mittaaminen	16
4.3.5 Koetun äänentuoton työläyden mittaaminen	18
4.4 Aineiston analyysi	18
4.4.1 Ääninäytteiden ja VAS-janojen analysointi	18
4.4.2 Tilastollinen analyysi	20
4.5 Tutkimuksen eettisyys.....	20
5 TULOKSET	22
5.1 Muutokset äännön kynnyspaineessa	22
5.1.1 Äännön kynnyspaine tavalliselta puhekorkeudelta tarkasteltuna.....	22

5.1.2 Äännön kynnyspaine korkealta äänenkorkeudelta tarkasteltuna.....	24
5.2 Muutokset koetussa äänentuoton työläydessä.....	26
5.3 Äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden välinen yhteys.....	28
5.4 Tulosten yhteenveto	30
6 POHDINTA	32
6.1 Tulosten tarkastelu	32
6.1.1 Muutokset äännön kynnyspaineessa	33
6.1.2 Muutokset koetussa äänentuoton työläydessä ja niiden yhteys kynnyspaineen muutoksiin	37
6.2 Menetelmän pohdinta	39
6.3 Jatkotutkimusaiheita.....	41
LÄHDELUETTELO.....	43
LIITTEET	
Liite 1. Oman äänentuoton arviointi.	
Liite 2. Esitietolomake.	
Liite 3. Tutkimuslupalomake.	

1 JOHDANTO

Äänihuulten riittävä kosteus on äänen hyvinvoinnin kannalta tärkeää. Kun äänihuulikudos on riittävän kostea, on myös värähtelyä vastustavan viskositeetin määrä pieni ja äänihuulet saavat värähdellä vapaasti (Finkelhor, Titze, & Durham, 1988). Kun riittävän kosteuden ansiosta äänihuulten värähtelyominaisuudet ovat optimaaliset, myös äänihuulivärähtelyn aikaansaamiseksi vaadittavan työn määrä on pienempi (Titze, 1988). Tätä työmäärää voidaan kuvata joko fysiologisesti äännön kynnyspaineen avulla (*phonation threshold pressure, PTP*) tai subjektiivisesti koetun äänentuoton työläyden (*perceived phonatory effort, PPE*) avulla. Äännön kynnyspaineella tarkoitetaan pienintä mahdollista subglottaalista painetta, jolla ääni syttyy ja pysyy yllä (Plexico, Sandage, & Faver, 2011) ja koetulla äänentuoton työläydellä puolestaan äänenkäyttäjän omaa kokemusta äänentuoton työläydestä tai helppoudesta (Verdolini, Titze, & Fennell, 1994). Koska äänihuulikudoksen kosteuden on todettu pienentävän äännön kynnyspainetta (ks. esim. Titze, 1988; Verdolini, ym., 1994) ja arveltu vähentävän myös koettua työläyttä, voidaan sekä PTP:tä että PPE:tä käyttää äänihuulten riittävän kosteuden onnistumisen mittareina.

Optimaalisten äänihuulten värähtelyominaisuuksien ja kevyen äänentuoton varmistamiseksi äänihuulten kosteuteen on suositeltu monia erilaisia kosteusmenetelmiä (Huttunen & Rantala, painossa). Tyypillisimpiä esimerkkejä ovat muun muassa veden juominen, jolla lisätään kehon systeemistä kosteutta, sekä höyryhengitys, jonka tarkoituksena on lisätä äänihuulikudoksen pinnallista kosteutusta. Myös apteekista saatava muovinen inhalaattori, vesipiippu, on äänihuulia pinnallisesti kosteuttava äänenhuollon apuväline (Yliopiston apteekki, 2017), jonka vaikutusta äänentuottoon ei kuitenkaan ole vielä tieteellisesti tutkittu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää, kuinka vesipiippu-inhalaattori vaikuttaa äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen terveäänisillä puhujilla. Tutkimuksessa vertaillaan, vaikuttaako vesipiipun käyttö äänentuottoon eri tavoin silloin, kun sitä käytetään kuumassa vesihauteessa tai ilman vesihaudetta. Tavoitteena on selvittää myös se, ovatko mahdolliset muutokset erilaisia välittömästi vesipiipun käytön lopettamisen jälkeen ja 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta. Lisäksi tarkastellaan, ovatko äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuneet muutokset yhteydessä toisiinsa. Vesipiipun vaikutusta äännön kynnyspaineeseen tai koettuun äänentuoton työläyteen ei ole aikaisemmin tutkittu, joten tämä tutkimus antaa tämän äänenhuollon apuvälineen toiminnasta ainutkertaista tietoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi äänihäiriöiden hoidossa. Lisäksi tämän tutkimuksen tulokset täydentävät äänihuulten pinnallista kosteutusta koskevaa tutkimustietoa.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Äänentuoton anatomia ja fysiologia

Ihmisiäni on aaltoliikettä, joka syntyy keuhkoista lähtevän ilmavirtauksen, äänihuulivärähtelyn ja ääntöväylässä tapahtuvan resonoinnin yhteisvaikutuksesta (Stemple, Roy, & Klaben, 2020, s.15). Keuhkoihin sisään ja sieltä ulos kulkevaa ilmavirtaa säätelee pallealihas, joka supistuessaan mahdollistaa sisäänhengitysilman virtauksen keuhkoihin (Stemple, ym., 2020, s. 19–21). Tämän jälkeen pallea rentoutuu ja hengitysilma virtaa ulos keuhkoista kohti kurkunpäässä sijaitsevia äänihuulia. Tässä vaiheessa äänentuottoprosessia äänihuulet muodostavat kurkunpään sulun, jonka alapuolelle keuhkoista virtaava uloshengitysilma muodostaa positiivisen subglottaalisen eli kurkunpään alapuolisen paineen (van den Berg, Zantema, & Doornenbal, 1957). Van den Bergin (1957) aerodynaamis-myoelastisen teorian mukaan riittävän suuri subglottaalinen paine avaa äänihuulisulun ja ilma pääsee virtaamaan niiden välistä. Kapeikossa nopeutuva virtaus aiheuttaa paineen pienenemisen, jolloin äänihuulet palautuvat takaisin lähelle toisiaan (Stemple, ym., 2020, s. 53). Tämä paineen ja virtauksen aiheuttama ääniraon vuorottainen avautuminen ja sulkeutuminen muodostaa värähtelysyklin (van den Berg, ym., 1957), joka ääntöväylän resonointivaikutusten jälkeen kuullaan ihmisäänenä.

Paine-virtaus-vaihtelun lisäksi myös äänihuulten rakenne vaikuttaa äänihuulivärähtelyn syntyyn. Äänihuulet koostuvat viidestä eri kudoksetuksesta (Hirano, Kurita, & Nakashima, 1981, s. 33–41) sekä niiden alla sijaitsevasta vocalis-lihaksesta (Stemple, ym., 2020, s. 45–46). Uloin kerros äänihuulten pinnalla on ohutta ja joustavaa epiteelisolukkoa, johon sisältyy äänihuulten kosteutuksesta ja suojauksesta vastaavia värekarva- ja limakalvorakenteita. Tästä uloimmasta kerroksesta voidaan erottaa kaksi eri osaa: ylempi geelimäinen osa sekä alempi nestemäisempi osa. Epiteelisolukon pintaa peittää siis geelimäinen limakalvo (ylempi osa), joka muodostaa alapuolisten kudosten kuivumista ehkäisevän sitkoisen rakenteen. Geelipinnan alapuolella on nestemäisempi osa (alempi osa), jonka tehtävinä on 1) huolehtia äänihuulten nestetasapainosta kuljettamalla vettä joko pois äänihuulista tai takaisin niiden rakenteisiin sekä 2) varmistaa äänihuulten limakalvon elastinen liike säilyttämällä kerroksessa jatkuvasti riittävä nestemäärä (Tanner, Roy, Merrill, & Elstad, 2007). Tässä nestemäisessä osassa sijaitsevat myös keuhkoista kohti nielua limaa liikuttelevat värekarvat. Nämä kaksi osaa, geelimäinen ja nestemäinen osa, muodostavat siis äänihuulten uloimman kerroksen, jonka paksuus on noin 15 mikrometriä (Widdicombe, 1997).

Toiseksi uloin äänihuulikerros koostuu proteiinisäikeistä ja yhdistää epiteelisolukon ja äänihuulten syvimät kerrokset toisiinsa (*engl. basement membrane zone, BMZ*) (Stemple ym., 2020, s. 42). Kolme alinta äänihuulikerrosta muodostavat lamina propria, joka koostuu äänihuulten värähtelyominaisuuksiin vaikuttavista elastiini- ja kollageenisäikeistä (Stemple ym., 2020, s. 42–44). Lamina propria uloin kerros muodostuu ohuista ja joustavista elastiinisäikeistä, jotka mahdollistavat kimmoisan äänihuulten liikkeen. Tätä ulointa kerrosta kutsutaan myös Reincken tilaksi. Jäykemmät kollageenisäikeet sijaitsevat sen sijaan alimmassa kerroksessa, ja keskikerros koostuu sekä elastiini- että kollageenisäikeistä. Kolme ulointa äänihuulikerrosta (epiteelikerros, BMZ ja lamina propria ylin kerros) muodostavat yhdessä noin 1,1–2,5 millimetriä paksun (Huttunen & Rantala, painossa) kalvomaisen rakenteen, jonka biomekaanisilla ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus äänihuulivärähtelyyn (Sataloff, Heman-Ackah, & Hawkshaw, 2007). Näitä biomekaanisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi tämän rakenteen paksuus ja viskositeetti, joiden vaihtelua määrittää pääasiassa äänihuulikudoksen kosteus tai kuivuus (Fisher, Telser, Phillips, & Yeates, 2001).

2.2 Äänihuulten kosteutus

Jotta äänihuulet voisivat värähdellä vapaasti, täytyy äänihuulikudoksen solujen sisältää riittävästi nestettä ja äänihuulten pinnan limakalvon olla riittävän kostea (Tanner, ym., 2007). Äänihuulikudoksen kosteuteen vaikuttavat siis sekä kehon systeeminen kosteus että äänihuulten limakalvojen pinnallinen kosteus (Sivasankar & Leydon, 2010). Systeemisellä eli sisäisellä kosteudella viitataan kehon ja äänihuulikudoksen soluissa sijaitsevaan ruoan ja juoman mukana saatavaan nesteeseen, kun taas pinnallinen kosteus tarkoittaa esimerkiksi hengitysilmosta siirtyvää limakalvoja verhoilevaa nestettä. Sekä systeeminen että pinnallinen kosteutus perustuvat osmoosiin (Leydon, Sivasankar, Falciglia, Atkins, & Fisher, 2008; Leppäluoto, Kettunen, Rintamäki, Vakkuri, Vierimaa, & Lätti, 2016), jolla tarkoitetaan veden siirtymistä nestetilasta toiseen siten, että pitoisuuserot tasoittuvat (Leppäluoto, ym., 2016, s. 284).

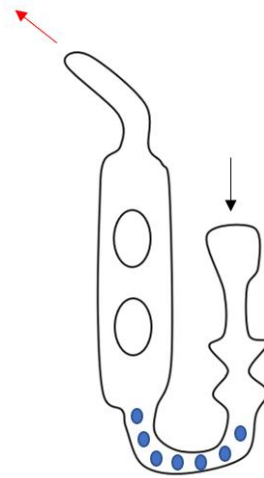
Kehon systeeminen kosteutus tapahtuu verenkierron mukana kulkevien nesteiden avulla, joiden liikettä säätelee elimistön homeostaasi eli nestetasapaino (Franca & Simpson, 2012). Limakalvon nestetasapainoa eli äänihuulten pinnallista kostutusta ylläpitävät sen sijaan limakalvorakenteiden natrium- ja kalium-ionikanavat, joissa sijaitsevat kuljetusproteiinit aktivoituvat limakalvon kuivuessa ja mahdollistavat vesimolekyylien virtauksen limakalvon läpi (Leydon, ym., 2008; Fisher, ym., 2001). Vesimolekyylit voivat osmoottisen paineen vaikutuksesta virrata sekä äänihuulten pinnalta

syvempiin kudokset kerroksiin että syvemmistä kerroksista kohti äänihuulten pintaa (Fisher, ym., 2001; Widdicombe, 1997). Tämän virtausjärjestelmän avulla varmistetaan, että äänihuulten pinnalla sijaitsevassa nestemäisessä värekarvakerroksessa on riittävästi nestettä ja että kerros pysyy jatkuvasti riittävän paksuna (Tanner, ym., 2007). Myös limaa keuhkoista kohti nielua kuljettavat värekarvat osallistuvat tämän kerroksen riittävän nestetilavuuden ylläpitoon, mutta tarkkaa nesteystymekanismia ei vielä kokonaan tunneta. Riittävän paksuuden säilyttäminen on kuitenkin äänihuulten toiminnan kannalta tärkeää, sillä tämän nestekerroksen kuivumisen ja ohenemisen seurauksena myös äänihuulten värähtelyominaisuudet muuttuvat epäsuotuisammiksi.

Sekä kehon nestevaje (systeminen kuivuus) että limakalvojen kuivuus (pinnallinen kuivuus) voivat haitata normaalia äänentuottoa (Tanner, ym., 2007). Suotuisten värähtelyominaisuuksien varmistamiseksi äänihuulten kosteutukseen onkin suositeltu monia niin pinnallisia kuin systeemisiäkin kosteutusmenetelmiä. Kehon systeminen kosteutus varmistetaan tyypillisesti juomalla riittävästi vettä (Huttunen & Rantala, painossa). Limakalvon pinnallista kosteutta voidaan puolestaan pyrkiä lisäämään esimerkiksi höyryhengityksellä (Huttunen & Rantala, painossa) tai oleskelemalla sellaisessa tilassa, jossa on korkea huoneilmankosteus (Verdolini, ym., 1994). Äänihuulten pinnalliseen kosteutukseen voidaan käyttää myös erilaisia apuvälineitä, kuten lääkesumuttimia (*nebulisator*) (ks. esim. Tanner, ym., 2007; Roy, Tanner, Gray, Blomgren, & Fisher, 2003), höyryhengityslaitteita (esim. Wello2, ks. esim. Huttunen & Rantala, painossa; Huttunen, Rantala, Järvinen, Kankare, & Laukkanen, 2017) tai inhalaattoreita (Yliopiston apteekki, 2017). Korkean huoneilmankosteuden, höyryhengityksen ja inhalaattoreiden tarkoituksena on kuljettaa limakalvon pinnalle nestettä joko höyrystyneessä (ks. esim. Verdolini, ym., 1994) tai pisaroituneessa (Oy Nordic Health Systems Ab, 2020) muodossa. Lääkesumuttimista voidaan sen sijaan suihkuttaa kurkunpään nesteenpoistajia, joiden arvellaan osmoosin vaikutuksesta houkuttelevan äänihuulikudoksen syvemmistä kerroksista nestettä limakalvon pinnalle ja siten kosteuttavan sitä (Roy, ym., 2003).

Eräs äänihuulten pinnalliseen kosteutukseen käytettävistä apuvälineistä on apteekista saatava muovinen inhalaattori, vesipiippu (ks. kuva 1). Tuoteselosteen mukaan vesipiippu kosteuttaa suuta, nielua sekä äänihuulia ja sitä voidaan käyttää äänihuulten huollon apuvälineenä (Oy Nordic Health Systems Ab, 2020). Vesipiipun kosteuttavan vaikutuksen oletetaan perustuvan siihen, että piipussa oleva suolaliuos pisaroituu piipun laajennusosassa, minkä jälkeen pisarat kulkeutuvat vesipiipun kautta tehtävän sisäänhengityksen myötä suuhun, nieluun ja kurkunpään (ks. tarkempi kuvaus vesipiipun käytöstä luvusta 4.3.2). Vesipiippu voidaan myös asettaa lämpimään vesihauteeseen,

jolloin piipussa oleva neste höyrystyy ja piipun kosteuttava vaikutus tehostuu (Yliopiston apteekki, 2017).



Kuva 1. Karkea piirroskuva vesipiipusta. Nuolet kuvaavat ilmvirran sisään- ja ulostulosuuntaa ja siniset pallot suolaliuosta. Suuhun laitettava osa on punaisen nuolen kohdalla. (Ks. kuva myös <https://www.yliopistonapteekki.fi/vesipiippu-muovinen-inhalaattori-1-kpl-26267.html>).

2.3 Äänihuulten kosteutuksen vaikutus äänentuottoon

Äänihuulten kosteuden on todettu olevan yhteydessä äänihuulikudoksen viskositeettiin, eli äänihuulivärähtelyä vastustavaan sitkoisuuteen (Chan & Tayama, 2002). Äänihuulikudoksen kuivumisen on havaittu kasvattavan viskositeettia ja kudoksen jäykkyyttä (Hemler, Wieneke, Lebacqz, & Dejonckere, 2001) ja äänihuulten kosteutuksen puolestaan vähentävän viskositeettia ja lisäävän kudoksen elastisuutta (Finkelhor, ym., 1988). Toisin sanoen äänihuulivärähtelyn aikaansaamiseksi vaaditaan sitä enemmän työtä, mitä suurempi on värähtelyä vastustavan viskositeetin määrä (Finkelhor, ym., 1988). Tämän yhteyden myötä äänihuulten kuivuminen siis muuttaa äänihuulten värähtelyominaisuudet epäsuotuisemmiksi ja kosteutus sen sijaan optimaalisemmiksi.

Äänihuulten pinnalla olevan nestemäisen kerroksen on havaittu reagoivan herkästi hengitysilman kuivuuteen (Yeates, 1991; Sivasankar & Fisher, 2002). Tällöin kerros kutistuu, äänihuulikudoksen viskositeetti kasvaa ja äänentuotto muuttuu työläämmäksi. Äänihuulia saattavat kuivattaa myös esimerkiksi suun kautta hengittäminen (Sivasankar & Fisher, 2002), pitkään jatkuva äänen rasitus (Chang & Karnell, 2004) tai oleilu sellaisessa tilassa, jossa ilmakeuhkeus on hyvin matala (Verdolini, ym., 1994). Erityisesti Suomen ja muiden pohjoismaiden verrattain kylmissä ilmasto-olosuhteissa

äänihuulten altistus kuivalle ilmalle on melko runsasta (Huttunen & Rantala, painossa), sillä kylmässä ilmassa ilman vesipitoisuus on yleensä matala (Sisäilmayhdistys, 2008).

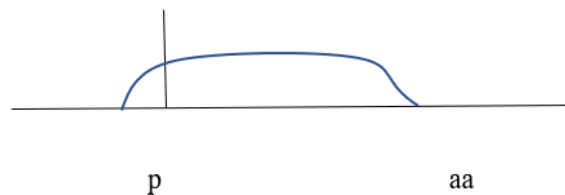
Jos äänihuulten kosteus on sen sijaan riittävää, äänihuulet saavat värähdellä vapaasti ja äänentuotosta tulee tehokkaampaa ja taloudellisempaa (Leydon, Wroblewski, Eichorn ja Sivasankar, 2010). Viskositeetin vähentyessä myös voimakkaampaa ääntä saadaan tuotettua pienemmällä paineella. Lisäksi äänen laatupiirteiden on todettu paranevan ja epämukavien kurkkutuntumusten vähenevän kosteutuksen vaikutuksesta. Äänihuulten riittävästä kosteudesta huolehtiminen on siis tärkeä osa äänen hyvinvoinnista huolehtimista (Leydon, ym., 2010) sekä äänihäiriöiden ehkäisyä ja hoitoa (Sivasankar & Leydon, 2010).

Aikaisemmissa tutkimuksissa kosteutuksen vaikutusta äänihuulten toimintaan ja äänentuottoon on tyypillisesti pyritty selvittämään kolmen eri mittarin avulla. Ensimmäinen näistä on äänen laatu, jota tässä tutkimuksessa ei käsitellä tarkemmin. Lyhyesti voidaan kuitenkin todeta, että sekä pinnallisella että systeemisellä äänihuulten kosteutuksella on todettu olevan positiivinen vaikutus äänen laatuun (Alves, Krüger, Pillay, van Lierde, & van der Linde, 2019). Kaksi muuta tutkimuksissa käytettyä mittaria ovat äännön kynnyspaine (*phonation threshold pressure, PTP*) sekä koettu äänentuoton työläys (*perceived phonatory effort, PPE*), joiden erityispiirteitä kuvataan seuraavissa luvuissa.

2.3.1 Äännön kynnyspaine

Äännön kynnyspaine (*phonation threshold pressure, PTP*) tarkoittaa pienintä mahdollista subglottaalista painetta, jolla äänihuulivärähtely voidaan saada aikaan (Titze, 1988; Plexico, ym., 2011). Äännön kynnyspainetta käytetään siis äänentuotossa silloin, kun yritetään tehdä ääntä mahdollisimman hiljaa niin, että ääni juuri ja juuri syttyy ja pysyy yllä. Kynnyspaineen yksikkönä käytetään useimmiten vesisenttimetrejä (cmH₂O). Äänihuulten kosteutuksen on havaittu olevan yhteydessä äännön kynnyspaineeseen kudoksen viskositeetissä tapahtuvien muutosten kautta (Titze, 1988). Kun äänihuulikudos on riittävän kostea, viskositeetti vähenee ja äänihuulet alkavat värähdellä herkemmin (Plexico, ym., 2011). Tällöin myös äänentuottoon tarvittavan paineen määrä pienenee, eli äännön kynnyspaine pienenee. Käytännössä kynnyspaine kuvaa siis äänentuoton fysiologista tehokkuutta ja taloudellisuutta (Leydon, ym., 2010), ja sitä voidaankin käyttää äänihuulten kosteutuksen onnistumisen mittarina.

Äännön kynnyspainetta voidaan mitata invasiivisesti henkitorvesta (ks. esim. Plant, Freed, & Plant, 2004), mutta myös non-invasiivisesti estimoimalla subglottaalista painetta suunsisäisestä paineesta. Smitheranin ja Hixonin (1981) ja Verdolinin ja kumppaneiden (1990) tutkimusten mukaan subglottaalisen paineen estimointi tapahtuu painemittarin avulla siten, että [paa] -tavuja (*engl. /pi/*) toistetaan viisi tai seitsemän kertaa peräkkäin ohut silikoniletku suussa. [p]-äänteen tuoton aikana suunsisäisen paineen huippukohdan on todettu vastaavan sen hetkistä subglottaalista painetta; soinnittoman klusiilin aikana äänirako on auki ja huulet muodostavat suuonteloon sulun, jolloin suun sisäinen ilmanpaine on sama kuin äänihuulten alapuolinen ilmanpaine (Shipp, 1973; Löfqvist, 1975; Löfqvist, Carlborg, & Kitzing, 1982). Tällöin, kun [paa]-tavua äännetään niin hiljaisella äänenvoimakkuudella kuin mahdollista, voidaan suunsisäistä painetta mittaamalla arvioida myös äännön kynnyspainetta. Painemittauslaitteiston avulla suunsisäisestä paineesta saadaan piirrettyä painekäyrä, josta subglottaalista painetta vastaava suupainelukema saadaan tarkimmin luettua siitä kohdasta, jossa [p]-äänne on juuri alkanut (Hertegård, Gauffin, & Lindestad, 1995) (ks. kuva 2).



Kuva 2. Karkea piirroskuva Hertegårdin ja kumppaneiden (1995) suosittelemasta subglottaalisen paineen estimointikohdasta (musta pystyviiva). Sininen käyrä kuvaa suunsisäisestä paineesta [paa]-tavutoiston aikana piirtynyttä painekäyrää ja musta vaakaviiva paineen nollatasoa.

Jotta äännön kynnyspainetta estimoitaessa saataisiin esiin nimenomaan kosteutuksen vaikutus kynnyspaineeseen, täytyy muut kynnyspaineeseen vaikuttavat tekijät vakioida. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi ääniraon leveys ennen äännön alkua ja äännön F0-taajuus. Titzen, Schmidtin ja Titzen (1995) mukaan äännön kynnyspaine on alhaisin, kun äänirako on ennen äännön alkua leveydeltään n. 0–0,1 mm. Tämän havainnon perusteella äännön kynnyspainetta voivat kasvattaa esimerkiksi kovin kireä äänentuottotapa, jossa äänihuulia puristetaan yhteen, tai anatominen poikkeavuus äänihuulissa, joka estää ääniraon sulun (Plexico, ym., 2011). Titzen (1988) mukaan myös F0-taajuuden kasvattaminen eli äänen tuottaminen korkeammalta kasvattaa äännön kynnyspainetta. Kun ääntä tuotetaan korkealta, äänihuulet venyvät, ohenevat ja niistä tulee jäykemmät. Tällöin ne myös vastustavat värähtelyliikettä enemmän, jolloin äänen aikaansaamiseksi vaaditaan suurempi paine.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu myös se, että äännön kynnyspaineessa kosteuden seurauksena tapahtuvat muutokset näkyvät selvemmin korkeilla kuin matalammilla taajuuksilla (Verdolini-Marston, Titze, & Druker, 1990; Verdolini, ym., 1994).

Edellä esitettyjen tekijöiden lisäksi myös [paa]-tavujen tavutoistonopeudella on todettu olevan vaikutusta subglottaalisen paineen estimoinnin tarkkuuteen (Verdolini-Marston, ym., 1990). [p]-äänteen aikana nenänportin tulisi muodostaa tiivis sulkku, mutta tavutoistonopeuden ollessa liian hidas tällaista riittävää sulkua ei välttämättä pääse syntymään. Tällöin luotettavaa tulosta suupaineesta ei saada mitattua. Sopivasta tavutoistotemposta ei kuitenkaan ole vielä saavutettu täyttä yksimielisyyttä. Holmberg ja kumppanit (1984) suosittavat tavutoistonopeudeksi 1,4/s, kun taas tunnetun painemittauslaitteiston, Glottal Enterprises Aeroview System (versio 1.6.0) (2012) -manuaalin mukaan optimaalinen tempo olisi 2,5–4 tavua sekunnissa. Hertegård kumppaneineen (1995) ei sen sijaan ole havainnut eroa paineen estimoinnin tarkkuudessa, kun tavutoistonopeuksiksi on valittu joko 1,3/s tai 2,3/s. Edellä kuvatuista tekijöistä johtuvien virhetulkintojen välttämiseksi tehtäviä vakiointitoimenpiteitä on kuvattu tarkemmin luvussa 4.3.4.

2.3.2 Koettu äänentuoton työläys

Äänihuulten kosteuden vaikutusta äänentuottoon voidaan tutkia myös äänenkäyttäjän oman kokemuksen ja äänentuoton aikana syntyneiden tuntemusten perusteella. Koettu äänentuoton työläys (*perceived phonatory effort, PPE*) kuvaa nimensä mukaisesti äänenkäyttäjän subjektiivista kokemusta äänentuoton työläydestä tai vaivattomuudesta (Verdolini, ym., 1994). Sitä, millaisia nämä tuntemukset tarkalleen ovat tai mitkä asiat niihin vaikuttavat, ei ole määritelty tarkasti. On kuitenkin arveltu, että yksi työläyden tai helppouden tuntemusten syntyyn vaikuttava tekijä olisi äänentuoton aikaansaamiseksi vaadittavan subglottaalisen paineen määrä (Verdolini, ym., 1994). Koska äänihuulten kosteuden tiedetään pienentävän tätä äänen aikaansaamiseksi tarvittavaa subglottaalista painetta, voidaan kosteuden olettaa vähentävän myös koettua äänentuoton työläyttä. Näiden oletusten perusteella siis myös koettua äänentuoton työläyttä voidaan käyttää äänihuulten kosteuden onnistumisen mittarina. Lisäksi tässä yhteydessä ollaan usein kiinnostuneita selvittämään myös sitä, korreloivatko PTP ja PPE keskenään, eli ovatko kosteuden aiheuttamat muutokset näissä molemmissa muuttujissa yhteneväiset.

Äänihuulten kosteuden ja koetun äänentuoton työläyden yhteyttä ei ole tutkittu yhtä paljon eikä yhtä yhteneväisillä menetelmillä kuin äännön kynnyspaineen ja kosteuden välistä yhteyttä, mutta

joitakin tutkimusesimerkkejä aiheesta kuitenkin löytyy. Verdolini kumppaneineen (1994) tutki koettua äänentuoton työläyttä pyytämällä tutkittavia arvioimaan annettujen numeroarvojen perusteella sanallisesti, tunsivatko he äänentuotonsa tutkimushetkellä tavanomaisen työlääksi (100), tavallisesta puolet vaivattomammaksi (50) vai tavallisesta puolet työläemmäksi (200). Tanner kumppaneineen (2007; 2010) käytti koetun työläyden arvioinnissa sen sijaan apuna VAS-janaa (*Visual Analogue Scale*, ks. lisää luvusta 4.3.5), jossa olevalle ”ei lainkaan työläs”–”erittäin työläs” - jatkumolle tutkittavat merkitsivät, kuinka työlääksi he kokivat äänentuotonsa sillä hetkellä. Yhtä yleisesti käytössä olevaa standardoitua menetelmää koetun äänentuoton työläyden mittaamiseen ei kuitenkaan ole vielä kehitetty.

2.3.3 Äänihuulten kosteutuksen vaikutus äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen

Sekä systeemisen että pinnallisen äänihuulten kosteutuksen vaikutuksia äännön kynnyspaineeseen on pyritty selvittämään monissa aikaisemmissa *in vivo* ja *in vitro* -tutkimuksissa. Myös koetun äänentuoton työläyden ja äänihuulten kosteutuksen välisestä yhteydestä on tehty joitakin tutkimuksia, joskin huomattavasti vähemmän kuin äännön kynnyspaineesta. Taulukkoon 1 on koottu PTP:n, PPE:n ja äänihuulten pinnallisen kosteutuksen yhteyttä tarkastelevia *in vivo* -tutkimuksia. Mukaan on valittu myös systeemistä ja pinnallista kosteutusta yhdistäviä kosteutusmenetelmiä. Koska tässä tutkielmassa tarkastellaan äänihuulia pinnallisesti kosteuttavan vesipiipun vaikutusta äänentuottoon, ei systeemistä kosteutusta käsitellä tässä yhteydessä enää tarkemmin.

Vaikka edellä on esitetty melko suoraviivainen korrelaatio PTP:n, PPE:n sekä äänihuulten kosteutuksen välille, ei tutkimuksin todistettua varmuutta näiden muuttujien välisistä yhteyksistä ole kuitenkaan vielä saavutettu. Kuten taulukosta voidaan havaita, aihetta käsittelevät tutkimukset ovat olleet moninaisia niin asetelmiltaan, menetelmiltään kuin tuloksiltaan. Esimerkiksi isossa osassa aihetta koskevista tutkimuksista käsitellään sekä äänihuulia *kosteuttavien* että *kuivattavien* tekijöiden vaikutusta äänentuottoon. Useimmiten näissä tutkimuksissa nousee selkeästi esiin kuivattavan intervention vaikutus PTP:hen ja PPE:hen, mutta kosteutuksen vaikutus jää vähäiseksi tai epäselväksi. Muun muassa Tannerin ja kumppaneiden (2007; 2010) tutkimusten perusteella voidaan äänihuulten pinnallisen *kuivattamisen* todeta tilastollisesti merkitsevästi kasvattavan äännön kynnyspainetta, mutta samojen tutkimusten perusteella pinnallisella *kosteuttamisella* ei kuitenkaan voida havaita olevan merkitsevää vaikutusta äännön kynnyspaineeseen.

Taulukko 1. Äänihuulten kosteutuksen vaikutus äännön kynnyspaineeseen (PTP) ja koettuun äänentuoton työläyteen (PPE).

Tutkijat	Tutkimuksen tarkoitus	Tutkittavat	Menetelmä	Tulokset
Verdolini-Marston, Titze, & Druker, 1990	Äänihuulten kosteutuksen ja kuivuuden vaikutus PTP:hen	n= 6 Naisia ja miehiä, 25–46 v., terveäänisiä	4 h äänihuulia kuivattava tilanne (ilmankosteus, lääkkeet), 4 h äänihuulia kosteuttava tilanne (ilmankosteus, lääkkeet, juominen), kontrollitilanne	PTP laskee kosteuden lisääntyessä erityisesti korkeilla taajuuksilla (+)
Verdolini, Titze, & Fennell, 1994	Äänihuulten kosteutuksen vaikutus PTP:hen ja PPE:hen	n= 12 Naisia ja miehiä, 20–30 v., terveäänisiä	4 h äänihuulia kuivattava tilanne (ilmankosteus, lääkkeet), 4 h äänihuulia kosteuttava tilanne (ilmankosteus, lääkkeet, juominen), kontrollitilanne	PTP laskee kosteuden lisääntyessä erityisesti korkeilla taajuuksilla (+) PPE laskee kosteuden lisääntyessä (-)
Roy, Tanner, Gray, Blomgren, & Fisher, 2003	Kolmen erilaisen kurkunpään kosteuttajan vaikutus PTP:hen ja vaikutuksen kesto	n= 18 Naisia, 20–35 v., terveäänisiä	Äänihuulten kosteutus: lääkesumuttimesta vettä, mannitolia*, kurkunpäästä kosteuttavaa suihketta Mittaukset ennen ja jälkeen kosteutuksen	PTP laskee korkeilla taajuuksilla mannitolin vaikutuksesta, vaikutuksen kesto alle 20 min (+) Vedellä ja kosteuttavalla suihkeella ei vaikutusta PTP:hen
Tanner, Roy, Merrill, & Elstad, 2007	Äänihuulten kosteutuksen vaikutus PTP:hen ja PPE:hen kuivan ilman hengittämisen jälkeen	n= 60 Naisia, 18–50 v., terveäänisiä	Kuivan ilman hengittämisen jälkeen joko äänihuulten kosteutus (lääkesumuttimesta suolaliuosta (0,9 % tai 7 %) tai tislattua vettä) tai ei kosteuttavia toimenpiteitä	PTP laskee hieman kosteuden lisääntyessä (-) PPE nousee kosteuden lisääntyessä (-) PTP:n ja PPE:n välillä hyvin heikkoa negatiivista korrelaatiota
Tanner, ym., 2010	Äänihuulten kosteutuksen vaikutus PTP:hen ja PPE:hen kuivan ilman hengittämisen jälkeen laulajilla	n= 34 Naisia, 18–56 v., laulajia	Kuivan ilman hengittämisen jälkeen joko äänihuulten kosteutus (lääkesumuttimesta suolaliuosta (0,9 %) tai tislattua vettä) tai ei kosteuttavia toimenpiteitä	PTP:ssä ei merkitseviä muutoksia (-) PPE nousee kuivuuden lisääntyessä ja palautuu vain suolaliuoksen avulla takaisin lähtötilanteeseen (+) PTP:n ja PPE:n välillä hyvin heikkoa negatiivista korrelaatiota

PTP = phonation threshold pressure, PPE = perceived phonatory effort
(+) = tilastollisesti merkitsevä muutos, (-) = ei tilastollisesti merkitsevää muutosta

*mannitoli = nesteenpoistaja

Verdolinin ja kumppaneiden (1990; 1994) tutkimuksissa äänihuulten kosteuttamisen ja äännön kynnyspaineen pienenemisen yhteys on saatu tilastollisesti merkitsevästi esiin. Niissä ongelmaksi on kuitenkin osoittautunut *pinnallisen ja systeemisen kosteutuksen* sekoittuminen toisiinsa. Tällöin ei pystytä erottamaan, onko esimerkiksi jommallakummalla kosteutustavoista ollut toista suurempi vaikutus kynnyspaineen laskuun. Tätä haastetta on sittemmin pyrkinyt ratkomaan Roy tutkimusryhmineen (2003) käyttämällä äänihuulten kosteudessa pelkästään pinnallisia kosteutusmenetelmiä. He ovat pystyneet osoittamaan, että pinnallinen kosteutus todella laskee äännön kynnyspainetta, mutta vaikutus on saatu esiin vain nesteenpoistajan avulla. Nesteenpoistaja aiheuttaa äänihuulissa päinvastaisen nestevirtauksen kuin esimerkiksi vesi tai suolaliuos; osmoottisen paineen vaikutuksesta se houkuttelee nestettä syvemmistä kudoksista kohti äänihuulten pintaa ja vähentää siten äänihuulten pintakerroksen viskositeettiä (Tanner, ym., 2007). Samalla myös nestemäisen värekarvakerroksen nestetilavuus vähenee, mikä aiheuttaa entistä tehostetumman nesteen kuljetuksen kohti tätä äänihuulikerrosta. Isotonisen suolaliuoksen ja veden on sen sijaan ajateltu imeytyvän äänihuulten pintakerrokseen ilman osmoottisen paineen muutoksia, jolloin myöskään nesteen virtausta syvemmistä kudoksista kohti pintaa ei pääse syntymään. Siispä saatavilla olevan tutkimustiedon valossa voidaan todeta pinnallisen kosteutuksen pienentävän äännön kynnyspainetta ainakin silloin, kun kosteutusmenetelmä houkuttelee vettä syvemmistä kerroksista kohti äänihuulten pintaa.

Kirjavien tutkimusasetelmien ja kosteutusmenetelmien lisäksi tutkimuksissa havaitut äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden muutokset ovat olleet keskenään melko ristiriitaisia. Osassa tutkimuksista molemmat ovat kosteutuksen seurauksena laskeneet (ks. esim. Verdolini, ym., 1994), mutta muutamassa tutkimuksessa niiden välillä on sen sijaan havaittu heikkoa negatiivista korrelaatiota (Tanner, ym., 2007; Tanner, ym., 2010). Lisäksi äännön kynnyspaine vaikuttaa laskevan pinnallisen kosteutuksen seurauksena silloin, kun kosteuttajana käytetään nesteenpoistajaa, joka houkuttelee syvemmistä äänihuulikerroksista nestettä äänihuulten pinnalle (Roy, ym., 2003). Koettu äänentuoton työläys näyttää sen sijaan laskevan silloin, kun kosteutekseen käytetään suolaliuosta, joka ei houkuttele nestettä syvemmistä kerroksista kohti pintaa vaan imeytyy itsessään äänihuulten pintakerrokseen (Tanner, ym., 2010). Koska näiden kosteutustapojen vaikutusmekanismien oletetaan olevan hieman erilaiset, voidaan myös PTP:hen ja PPE:hen vaikuttavien tekijöiden arvella poikkeavan toisistaan. Syy tulosten ristiriitaisuuteen saattaa toki liittyä myös PPE:n mittausmenetelmien moninaisuuteen sekä siihen, ettei subglottaalisella paineella välttämättä olekaan vaikutusta äänentuotosta syntyviin tuntemuksiin.

Tutkimustulosten kirjavuudesta huolimatta erityisesti PTP:n ja äänihuulten pinnallisen kosteituksen välisestä yhteydestä voidaan havaita selkeitä viitteitä (Leydon, ym., 2010). Esimerkiksi neljässä viidestä taulukon 1 tutkimuksesta äännön kynnyksipaineen on havaittu laskevan pinnallisen kosteituksen tai systeemisen ja pinnallisen kosteituksen yhdistelmän seurauksena. PPE:ssä tapahtuvista muutoksista ei sen sijaan voida tehdä yhtä yhtenäisiä johtopäätöksiä. Lisää tutkimustietoa tarvitaankin muun muassa siitä, miten erilaisten kosteutusmenetelmien vaikutukset eroavat toisistaan (Verdolini, ym., 1994), eli vähentääkö jokin tietty kosteutustapa kaikista tehokkaimmin äänihuulikudoksen viskositeettiä PTP:n avulla mitattuna, ja kuinka kauan mahdolliset vaikutukset säilyvät. Lisäksi tarvitaan lisää PPE:n ja kosteituksen yhteyttä koskevia tutkimuksia, jotta voidaan systemaattisesti selvittää, miten PPE lopulta kosteituksen vaikutuksesta muuttuu ja mitkä tekijät tämän muutoksen aiheuttavat. Tämän jälkeen myös PTP:n ja PPE:n välistä korrelaatiota voidaan tarkastella luotettavammin.

3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten vesipiipun käyttö vaikuttaa äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen terveäänisillä puhujilla. Tutkimuksessa tarkastellaan, ovatko vesipiipun vaikutukset erilaisia silloin, kun sitä käytetään kuumassa vesihauteessa kuin silloin, kun sitä käytetään ilman vesihaudetta. Tavoitteena on selvittää myös se, miten kynnyspaine ja koettu työläys muuttuvat eri mittauspisteiden välillä (alkumittaus, vesipiipun käytön jälkeinen mittaus ja tauon jälkeinen mittaus). Lisäksi tarkastellaan, ovatko äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuvat muutokset yhteydessä toisiinsa. Tämä tutkimus on ensimmäinen vesipiipun kosteuttavaa vaikutusta selvittävä tutkimus, ja se antaa ainutkertaista tietoa tämän äänenhuollon apuvälineen toiminnasta kaikille äänestä ja sen hyvinvoinnista kiinnostuneille. Lisäksi tutkimus täydentää äänihuulten pinnallista kosteutusta koskevaa tutkimustietoa äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden osalta.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Miten vesipiipun käyttö vaikuttaa äännön kynnyspaineeseen
 - a. heti vesipiipun käytön jälkeen?
 - b. 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta?
2. Miten vesipiipun käyttö vaikuttaa koettuun äänentuoton työläyteen
 - a. heti vesipiipun käytön jälkeen?
 - b. 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta?
3. Vaikuttaako vesipiippu äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen eri tavoin silloin, kun sitä käytetään kuumassa vesihauteessa, kuin silloin, kun sitä käytetään ilman vesihaudetta?
4. Korreloivatko äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuvat muutokset keskenään?

4 MENETELMÄT

4.1 Tutkimusmenetelmät

Tämä tutkimus oli kvantitatiivinen tutkimus, jossa käytettiin klassista kokeellista tutkimusasetelmaa. Tutkimuksessa vertailtiin koe- ja kontrolliryhmiä toisiinsa sekä tutkittiin selittävän muuttujan (vesipiipun käyttö) vaikutusta selitettäviin muuttujiin (PTP ja PPE), mihin klassinen koeasetelma soveltui hyvin (KvantiMOTV, 2009).

4.2 Tutkimushenkilöt

Tutkimuksen otos koostui 36 vapaaehtoisesta Tampereen yliopiston opiskelijasta, joista kaikki olivat naisia ja valtaosa ensimmäisen vuoden logopedian opiskelijoita. Tutkittavat olivat 19–45-vuotiaita ($KA=24,6$). Heistä 19,4 prosentilla oli jokin ääneen liittyvä harrastus ja 22,6 prosenttia oli saanut äänenkäyttöön liittyvää koulutusta. Kukaan ei ilmoittanut tupakoivansa. Ääneen liittyviä ongelmia, kuten äänen väsymistä, oli kokenut 22,6 prosenttia tutkittavista ja Voice Handicap Indexin pistemäärä ylitti lievän haitan rajan (>30 p.) 9,7 prosentilla. VHI-pisteiden keskiarvo oli 15,23 pistettä ($VV=1-38$).

Tutkittavat rekrytoitiin tutkimukseen ensimmäisen vuoden logopedian opiskelijoille järjestetyltä kurssilta sekä Tampereen yliopiston logopedian ainejärjestön Whatsapp-ryhmästä. Kyseessä oli siis mukavuusotanta. Kuusi tutkittavaa jouduttiin myöhemmin hylkäämään pois tarkastelusta tutkimusaineistossa ilmenneiden puutteiden vuoksi, joten lopulliseksi otoskooksi muodostui 30 henkilöä. Tutkittavat jaettiin satunnaisesti kolmeen eri ryhmään; kahteen koeryhmään (V+ ja V-) ja yhteen kontrolliryhmään (K, $n=10$). V+ -ryhmään kuuluneet henkilöt ($n=10$) käyttivät vesipiippua kuumassa vesihautessa ja V- -ryhmään kuuluneet henkilöt ($n=10$) ilman vesihaudetta.

4.3 Aineiston keruu

4.3.1 Esitiedot

Tutkimus toteutettiin Tampereen yliopiston tiloissa Puheen- ja äänentutkimuksen laboratoriossa lokakuussa 2020. Tutkimustilanteessa tutkittavat täyttivät aluksi tutkimuslupalomakkeen (liite 3), esitietolomakkeen (liite 2) ja Voice Handicap Index (VHI) -kyselylomakkeen (Jacobson, Jacobson,

Grywalski, Silbergleit, Jacobson, & Benninger, 1997). Ääninäytteiden tallennusta varten tutkittavien kanssa etsittiin heille optimaalinen puheäänienkorkeus lukusarjaa 1–5 toistamalla. Bilkon: Real Piano -kosketinsoitinapplikaatiota (versio 1.17) apuna käyttäen optimaaliseksi puheäänienkorkeudeksi valittiin numeron 3 kohdalla tuotettu sävelkorkeus, joka kaikilla tutkittavilla osui pienen as -sävelen ja c1-sävelen välille. Tutkittaville määritettiin lisäksi optimaalista puhekorkeutta viisi kokosävelaskelta korkeampi äänenkorkeus, jonka tuottoa myös harjoiteltiin yhdessä. V+- ja V- -ryhmäläisille ohjeistettiin vielä vesipiipun käyttö huolellisesti ja varmistettiin, että tutkittava osasi käyttää piippua oikein. Ennen varsinaisen äänitystilanteen alkamista äänityshuoneesta mitattiin huoneilman kosteus ja lämpötila lämpö- ja kosteusmittarilla (Suomen Lämpömittari Oy, Helsinki). Huoneilmanlämpötila vaihteli 21,1°C–23,9°C välillä ($KA=22,77^{\circ}C$) ja huoneilmankosteus 36 %–52 % välillä ($KA=42,45\%$).

4.3.2 Vesipiipun käyttö

Tässä tutkimuksessa vesipiippua käytettiin siten, että piippu täytettiin ensimmäisen laajentuman ylärajaan saakka 0,9 prosenttisella suolaliuksella. Piippu täytettiin laajentumaan ylärajaan asti, jotta voitiin varmistaa, ettei suolaliuos pääse loppumaan kesken vesipiipun käytön. Keittosuolaliuksen lämpötila mitattiin juuri ennen vesipiipun käytön aloittamista. Jos tutkittava kuului V+ -ryhmään, jossa vesipiippua käytettiin kuumassa vesihautessa, asetettiin vesipiippu mukiin, jossa oli kuumaa, noin 90°C vettä. Veden lämpötila mitattiin ensin ElectroluxEEWA7700-vedenkeittimellä ja varmistettiin vielä Suomen Lämpömittari 4011 -ruokalämpömittarilla. Veden lämpötilaa ei kontrolloitu vesipiipun käytön aloittamisen jälkeen.

Vesipiippu asetettiin suuhun siten, että huulet ympäröivät piipun ohuen yläosan tiiviisti. Tutkittava alkoi hengitellä luonnollisessa hengitystahdissaan piipun kautta sisään ja nenän kautta ulos. Hengitystiheyttä ei kontrolloitu tässä tutkimuksessa. Vesipiipun kautta hengittelyä jatkettiin viisi minuuttia. Vesipiipun käytön aikana vesihautteen lämpötilaa ei muutettu eikä suolaliuksen määrää lisätty. Tutkittavia ohjeistettiin istumaan ryhdikkäässä asennossa vesipiipun käytön ajan.

4.3.3 Tutkimustilanteen kulku

Kaaviossa 1 esitetään varsinaisen mittaustilanteen eteneminen. V+ -ryhmä käytti vesipiippua ensimmäisen mittauksen jälkeen kuumassa vesihauteessa, V- -ryhmä ilman vesihaudetta ja kontrolliryhmä oli hiljaa. Muutoin tutkimus eteni jokaisen ryhmän kohdalla samalla tavalla. Välittömästi vesipiipun käytön tai hiljaisuusajan loputtua aloitettiin 15 minuutin vaikutusajan mittaaminen. Tämän vaikutusajan aikana suoritettiin myös toisen mittauspisteen äänitykset. Kun äänitykset oli tehty, tutkittava odotti hiljaa, että 15 minuuttia oli kokonaan kulunut. Koska tutkimuksessa haluttiin tutkia, säilyvätkö vesipiipun mahdolliset vaikutukset 15 minuutin ajan, täytyi ajan ottaminen aloittaa välittömästi piipun käytön jälkeen, eikä toisen mittauspisteen jälkeen, sillä tutkittavilla saattoi kulua vaihteleva määrä aikaa toisen mittauspisteen äänityksiin. Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteeksi valittiin 15 minuutin vaikutusten säilymisaika, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa on jo todettu, ettei äänihuulten pinnallisen kosteutuksen vaikutus säily 20 minuuttia kauempaa (Roy, ym., 2003).

V+	→	1. mittaus	vesipiippu kuumassa vesihauteessa	2. mittaus	vaikutusaika 15 min	3. mittaus
V-	→	1. mittaus	vesipiippu ilman vesihaudetta	2. mittaus	vaikutusaika 15 min	3. mittaus
K	→	1. mittaus	hiljaisuus	2. mittaus	vaikutusaika 15 min	3. mittaus

Kaavio 1. Tutkimustilanteen kulku.

4.3.4 Äännön kynnyspaineen mittaaminen

Jokaisessa kolmessa mittauspisteessä tutkittavilta mitattiin äännön kynnyspaine Glottal Enterprises MS100-A2-laitteistolla ja mittaustulokset tallennettiin Key Pentaxin: Computer Speech Lab -ohjelmalla (CSL, Model 4500, Kay Elemetrics Corp., Lincoln Park, N.J). Suun sisäistä painetta mitattiin Glottal Enterprises PT-25 paineanturilla (kytkentä MS-110), ääntä AKG C 544 L -pääpantamikrofonilla (AKG Acoustics, Austria, Vienna) ja äänenpainetasoa B&K 2238 Mediator -mittauslaitteistolla (Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Tanska). Näytteenottotaajuudeksi asetettiin 44,1 kHz ja bittisyys oli 16. Pääpantamikrofoni asetettiin neljän senttimetrin päähän huulikulmasta suupielen tasolle ja tutkittava asettui seisomaan 30 senttimetrin etäisyydelle äänenpainetasoa mittaavasta mittamikrofonista. Lattiaan asetettiin merkki siihen

kohtaan, jossa tutkittavan tuli seistä aina nauhoitusten aikana ja oikea etäisyys tarkastettiin ennen jokaista kolmea mittauspistettä. Äänenpainetasoa mittaava laitteisto kalibroitiin kerran päivässä ennen tutkimusten alkua B&K 2238 Mediator -kalibraattorilla ja painetta mittaava laitteisto ennen jokaista tutkittavaa Glottal Enterprises PC-1 kalibraattorilla.

Tutkittava asetti suuhunsa 4 senttimetrin pituisen, halkaisijaltaan 4 millimetriä leveän silikoniletkun ja toisti hänelle aluksi valitulla optimaalisella puheäänenerkeudella kolme viiden [paa]-tavun sarjaa ensin mahdollisimman hiljaisella äänenerkeudella. Tämän jälkeen tutkittava toisti [paa]-sarjat uudestaan edelleen mahdollisimman hiljaa, mutta korkealta äänenerkeudelta. Tavalliselta puheenerkeudelta mitattuja kynnyspainearvoja merkitään jatkossa merkinnällä PTPn, jossa /n/ merkitsee normaalia puheäänenerkeutta ja korkealta äänenerkeudelta mitattuja kynnyspainearvoja merkitään merkinnällä PTPk, jossa /k/ merkitsee korkeaa äänenerkeutta. Kahdelta eri äänenerkeudelta tuotettuja [paa]-tavutoistoja ja niistä mitattuja kynnyspainearvoja haluttiin tarkastella tässä tutkimuksessa erikseen, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa kynnyspaineen muutokset ovat olleet selvemmin havaittavissa korkeilla kuin matalilla taajuuksilla (ks. esim. Verdolini-Marston, ym., 1990; Verdolini, ym., 1994; Roy, ym., 2003). Tutkija varmisti kosketinsoitinapplikaation avulla, että äänenerkeus pysyy jatkuvasti vaaditulla tasolla ja auttoi tarvittaessa tutkittavaa löytämään oikean korkeuden uudestaan. Tämän jälkeen äänitettiin vielä [paa]-tavutoistot normaalilla äänenerkeudelta ensin normaalilla äänenerkeudella ja sitten korkealla äänenerkeudella. Jos tutkija havaitsi tavutoistoja tehtävän esimerkiksi liian voimakkaasti, nopeasti tai poikkeavalta äänenerkeudelta, pyydettiin tutkittavaa toistamaan uudelleen kyseiset kolme viiden [paa]-tavun sarjaa, kunnes haluttu lopputulos oli saavutettu. Normaalilla äänenerkeudella tuotettuja [paa]-tavutoistoja ei tarkastella tässä pro gradu -tutkielmassa, mutta näytteet kerättiin tässä yhteydessä mahdollisia tulevia tutkimuksia varten.

Tutkittavia ohjeistettiin tuottamaan [paa]-tavuja legatomaaisesti siten, ettei tavujen välille tule katkoksia. Hertegårdin, Gauffinin ja Lindestadin (1995) tutkimuksen mukaan katkokset saattavat pienentää suusta mitattua painetta, joka ei silloin anna täsmällistä kuvaa todellisesta subglottaalisesta paineesta. Tavutoistoja pyrittiin tekemään myös painotusten ja artikulaation suhteen tasaisesti, jotta painekäyrästä saataisiin subglottaalisen paineen arvioinnin kannalta mahdollisimman optimaalinen. Tavutoistonopeudeksi valittiin 180 bpm eli noin kolme [paa]-tavua sekunnissa Glottal Enterprises Aeroview System (versio 1.6.0) -manuaalin (2012) suosituksen perusteella. Manuaalissa tavutoistonopeudeksi suositellaan 2,5–4 tavua sekunnissa, jotta [paa]-tavun aikainen [a]-vokaali olisi riittävän pitkä ja tasainen subglottaalinen paine pysyisi koko ajan yllä. Nämä ovat painekäyrän analysoinnin onnistumisen kannalta merkittäviä tekijöitä. [paa]-tavutoistoja tehtiin jokaisessa

kolmessa sarjassa viisi kertaa, jotta tutkittavalla oli riittävästi aikaa löytää mahdollisimman hiljainen tapa tuottaa tavuja. Tämän jälkeen tutkittava äänsi kolme viiden sekunnin mittaista [a]-fonaatiota optimaalisella puheäänenerkeudella ja luki Pohjantuuli ja aurinko -tekstin normaalilla puheäänenerkeudella- ja voimakkuudella. [a]-fonaatioita ja luentänäytteitä hyödynnetään toisessa samasta tutkimusaineistosta tehtävässä pro gradu -tutkielmassa.

4.3.5 Koetun äänentuoton työläyden mittaaminen

Jokaisen mittaustilanteen lopuksi tutkittava täytti VAS-janalomakkeen (liite 1), jossa hän arvioi kokemiaan muutoksia äänentuotossa ja kurkunpään tuntemuksissa (0 = ei lainkaan työläs – 10 = todella työläs). Tutkittava ei nähnyt aikaisemmilla mittauskerroilla VAS-janoille merkitsemiään vastauksia. Ensimmäisellä mittauskerralla ei myöskään vastattu neljänteen kysymykseen (ks. liite 1), sillä kysymyksessä vertailtiin senhetkistä tuntemusta aikaisempiin mittauskertoihin. Tässä tutkimuksessa käsitellään vain liitteen kysymystä nro 2, jossa kartoitetaan nimenomaan koettua äänentuoton työläyttä.

Visual analogue scale (VAS) -janoja on aikaisemmin käytetty terveydenhuollossa subjektiivisten tuntemusten, kuten oireiden tai kivun, arvioinnissa, mihin niiden on havaittu soveltuvan hyvin sekä helpon toteutuksen että ymmärrettävyyden vuoksi (Cline, Herman, Shaw, & Morton, 1992). VAS-janat ovat 10 cm pituisia janoja, joiden kummassakin päässä esitetään tarkastellun tuntemuksen kaksi ääripäätä (ks. esim. liite 1, kysymys 2). Tutkittavaa pyydetään merkitsemään janalta se kohta, joka kuvaa hänen omaa senhetkistä kokemustaan parhaiten. Tulokseksi saadaan se millimetrimäärä, joka jää janan lähtöpisteen ja tutkittavan merkitsemän kohdan välille. Tutkimuksissa on melko yksimielisesti todettu VAS-janojen olevan sekä reliabiliteetiltaan että validiteetiltaan subjektiivisten kokemusten tutkimukseen hyvin soveltuva menetelmä, joskin joissakin tutkimuksissa on saatu viitteitä myös siitä, että se toimisi tarkemmin yksilön sisäisten erojen (*within-subject*) kuin yksilöiden välisten erojen (*between-subject*) vertailussa (Wewers & Lowe, 1990).

4.4 Aineiston analyysi

4.4.1 Ääninäytteiden ja VAS-janojen analysointi

Ääninäytteistä tarkasteltiin äännön kynnyspainetta sekä äänenpainetasoja hiljaisimman mahdollisen kynnyspaineen löytämiseksi. Näytteet analysoitiin äännön kynnyspaineiden osalta Key Pentaxin: Computer Speech Lab (model 4500) -ohjelmalla ja äänenpainetasojen analysoinnissa käytettiin Praat-ohjelmaa (versio 6.1.06). Painelaitteiston ja äänenpainetasoa mittaavan laitteiston kalibraatiosignaaleista saatujen mittaustulosten perusteella laitteiden antamat tulokset muutettiin todellisia mittalukuja vastaaviksi.

Ensimmäiseksi Excel-taulukkoon kirjattiin jokaisesta tuotetusta viiden [paa]-tavun sarjasta kolmen keskimmäisen tavun äänenpainetaso, minkä jälkeen näistä jokaisesta kolmesta arvosta laskettiin tämän sarjan keskiarvoinen äänenpainetaso. Kun kaikista tutkittavan tuottamista tavusarjoista oli laskettu keskiarvoiset äänenpainetasot, valittiin sekä optimaalisella äänenkorkeudella tuotetuista sarjoista että korkealla äänenkorkeudella tuotetuista sarjoista kaikista hiljaisimmat sarjat, yksi sarja kummastakin. Keskiarvoltaan hiljaisimman tavusarjan lisäksi tarkasteluun valittiin myös kaikista hiljaisin yksittäinen [paa]-tavu. Lopuksi taulukkoon kirjattiin se, millä ajan hetkellä kaikista hiljaisin tavusarja sekä yksittäinen tavu oli tuotettu. Näiden tietojen perusteella valittiin siis kaikista hiljaisimmat tavusarjat ja tavut äännön kynnyspaineiden analysointia varten.

Seuraavaksi tarkasteltiin näiden kaikista hiljaisimpien tavusarjojen sekä yksittäisen hiljaisimman tavun aikana piirryneitä painekäyriä, eli alettiin analysoida äännön kynnyspaineita. Painekäyristä kirjattiin Excel-taulukkoon tavusarjan kolmen keskimmäisen tavun painelukemat, minkä jälkeen näistä kolmesta painelukemasta laskettiin keskiarvo. Myös yksittäisen hiljaisimman tavun painelukema kirjattiin ylös. Painelukemat luettiin painekäyrän alkupäästä siitä kohdasta, jossa [p]-äänne oli juuri alkanut, sillä Hertegårdin ja kumppaneiden (1995) tutkimusten mukaan tästä tavun kohdasta mitattuna suussa oleva paine vastaa tarkimmin subglottaalista painetta. He painottavat myös painekäyrän muodon tärkeyttä; vain tasaisesta tai lievästi nousevasta käyrästä voidaan luotettavasti arvioida subglottaalista painetta. Tässä vaiheessa otoksesta jouduttiinkin poistamaan kuuden tutkittavan näytteet, sillä heidän kohdallaan painekäyrän muoto oli terävä ja [paa]-tavujen tuottotapa hieman katkonainen, mikä olisi estänyt subglottaalisen paineen luotettavan estimoinnin.

Yksittäisten äänenpainetaso- tai painearvojen lisäksi tässä tutkimuksessa tarkasteltiin myös kolmen tavun keskiarvoja, sillä aikaisemmissa vastaavissa tutkimuksissa on tarkasteluun valittu keskiarvoisia painearvoja (ks. esim. Verdolini, ym., 1994; Tanner, ym., 2007). Aikaisempien tutkimusten kanssa yhdenmukaisella tarkastelutavalla haluttiin varmistaa tulosten helppo vertailtavuus. Keskiarvoa laskettaessa tavusarjan ensimmäinen ja viimeinen tavu jätettiin pois laskuista, sillä niiden ajateltiin poikkeavan keskimmäisistä tavuista niin tasaisuuden, painotuksen kuin voimakkuudenkin suhteen.

Koetun äänentuoton työläyden muutosten analysointi VAS-janoista aloitettiin mittaamalla janan alkupisteen ja tutkittavan merkitsemän kohdan väliin jäävä millimetrimäärä. Janan nro 2 alkupisteessä oli vaihtoehto ”todella työläs” ja loppupisteessä ”todella kevyt” (ks. liite 1), jolloin alhainen millimetrimäärä kuvasi työlääksi koettua äänentuottoa ja suuri millimetrimäärä kevyttä äänentuottoa. Koska tutkimuksessa oli tavoitteena tarkastella PTP:n ja PPE:n välistä korrelaatiota, täytyi VAS-janoista mitattu millimetrimäärä vielä vähentää koko VAS-janan pituudesta (100 mm). Tällöin PTP:n ja PPE:n muutokset saatiin samansuuntaisiksi – suuri PPE arvo siis kuvasi työlääksi koettua äänentuottoa ja suuri PTP arvo äännön aikaansaamiseksi vaadittua korkeaa painemäärää.

4.4.2 Tilastollinen analyysi

Saatuja tuloksia analysoitiin tilastollisesti IBM SPSS Statistics (Windows 26-versio) -ohjelmalla. Aluksi tutkimusryhmien yhtenäisyys taustamuuttujien suhteen tarkistettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tämän jälkeen tutkimusryhmien välisiä eroja tarkasteltiin kaksisuuntaisella Mixed ANOVA -analyysillä. Tätä analyysitapaa voitiin käyttää, sillä Shapiro-Wilkin testin mukaan muuttujat olivat normaalisti jakautuneet kaikissa tutkimusryhmissä ($p > .05$), eikä studentisoitujen residuaalien perusteella aineistosta löytynyt poikkeavia arvoja ($-3 < x < 3$). Levenen testin ja Boxin testin perusteella oletukset varianssien ja kovarianssien yhtäsuuruudesta toteutuivat lähes kaikkien muuttujien kohdalla ($p > .05$). Sfäärisyyden oletus ei toteutunut Mauchlyn testillä tarkasteltuna PTPn-muuttujan kohdalla, mikä huomioitiin p-arvojen tulkinnessa. Muiden muuttujien kohdalla sfäärisyyden oletus toteutui. Kaksisuuntaisen Mixed ANOVA -analyysin tulokset tarkistettiin Bonferronin parivertailun avulla. Jos kaksisuuntaisia yhteyksiä ei Mixed ANOVA -analyysissä havaittu, tarkasteltiin muuttujien päävaikutuksia vielä erikseen Tukeyn HSD-vertailun ja RM-ANOVA:n avulla. Aineiston kuvailussa hyödynnettiin keskiarvoja sekä keskihajontalukuja.

4.5 Tutkimuksen eettisyys

Tämän tutkimuksen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Jokainen tutkittava osallistui tutkimukseen vapaaehtoisesti tietoisena siitä, että tutkimuksen saa keskeyttää syytä ilmoittamatta milloin tahansa. Tutkittavien henkilötietoja käsiteltiin siten, että yksityisyydensuoja ja anonymiteetti säilyivät, ja henkilötietojen keräämistä varten laadittiin tietosuojailmoitus. Tutkimustilanteen alussa jokainen tutkimushenkilö täytti tutkimuslupalomakkeen,

jossa kerrottiin yksityiskohtaiset tiedot tutkimuksen tarkoituksesta, käytännöistä ja henkilötietojen käsittelystä (ks. liite 3). Kerättyä tutkimusaineistoa säilytetään logopedian arkistossa, johon pääsevät vain arkiston valvoja ja nimetyt tutkijat. Tutkimusluvan tälle tutkimukselle on myöntänyt Tampereen yliopiston yhteiskuntatieteiden tiedekunnan dekaani Juho Saari.

5 TULOKSET

Tutkimusryhmät todettiin taustamuuttujien suhteen yhteneviksi yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla ($p > .05$). Taustamuuttujia olivat ikä, sukupuoli, allergiat ja astma, ääneen liittyvät harrastukset, ääneen liittyvä koulutus, päivittäinen äänenkäyttömäärä, ennen tutkimustilannetta juodun nesteen määrä, ääniongelmat ja tutkimushetkellä mitatut ilmankosteus sekä ilman lämpötila (ks. liite 2). Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella todettiin myös se, etteivät tutkimusryhmät poikenneet ensimmäisessä mittauspisteessä toisistaan tutkimuksen kohteena olevien muuttujien suhteen (PTPn, PTPk ja PPE).

Vaikka analyysivaiheessa tarkasteltiin sekä yksittäisten hiljaisten [paa]-tavujen että keskiarvoltaan hiljaisimpien tavusarjojen kynnyspaine-arvoja, tarkastellaan seuraavaksi vain keskiarvoltaan hiljaisimmissa tavusarjoissa tapahtuneita muutoksia. Yksittäisistä tavuista tehdyissä tilastollisissa analyyseissä ei havaittu lainkaan tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien sisällä tai ryhmien välillä. Lisäksi tarkastelussa havaittiin, että yksittäisistä tavuista analysoidut kynnyspaine-arvot vaihtelivat samojen trendien mukaisesti kuin keskiarvoista analysoidut kynnyspaine-arvot. Tämän tutkimuksen varsinaiset tulokset on siis muodostettu hiljaisimpien tavusarjojen keskiarvoisista kynnyspaineista, ja yksittäisten tavujen tarkastelun avulla on tarkistettu se, kuinka paljon kahdella eri analyysitavalla muodostetut tulokset toisistaan poikkeavat.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena myöskään ei ole tarkastella sitä, missä määrin äännön kynnyspaineen muutokset eroavat toisistaan silloin, kun kynnyspainetta tarkastellaan joko tavalliselta tai korkealta puheäänekorkeudelta. Tutkimuksen tulokset on kuitenkin esitetty erikseen PTPn ja PTPk -muuttujien osalta, sillä kynnyspaineen muutostrendit näyttäytyvät hieman eri tavoin eri taajuuksilta tarkasteltuina. Tavoitteena on siis ensisijaisesti tuoda esiin *vesipiipun käytön vaikutuksia* näihin kahteen muuttujaan välittämättä siitä, ovatko näissä muuttujissa tapahtuvat muutokset samanlaisia vai erilaisia. Tässä tutkimuksessa ei siis myöskään keskitytä selittämään sitä, *miksi* PTP:n muutokset näyttäytyvät hieman eri tavoin kahdella eri taajuudella.

5.1 Muutokset äännön kynnyspaineessa

5.1.1 Äännön kynnyspaine tavalliselta puhekorkeudelta tarkasteltuna

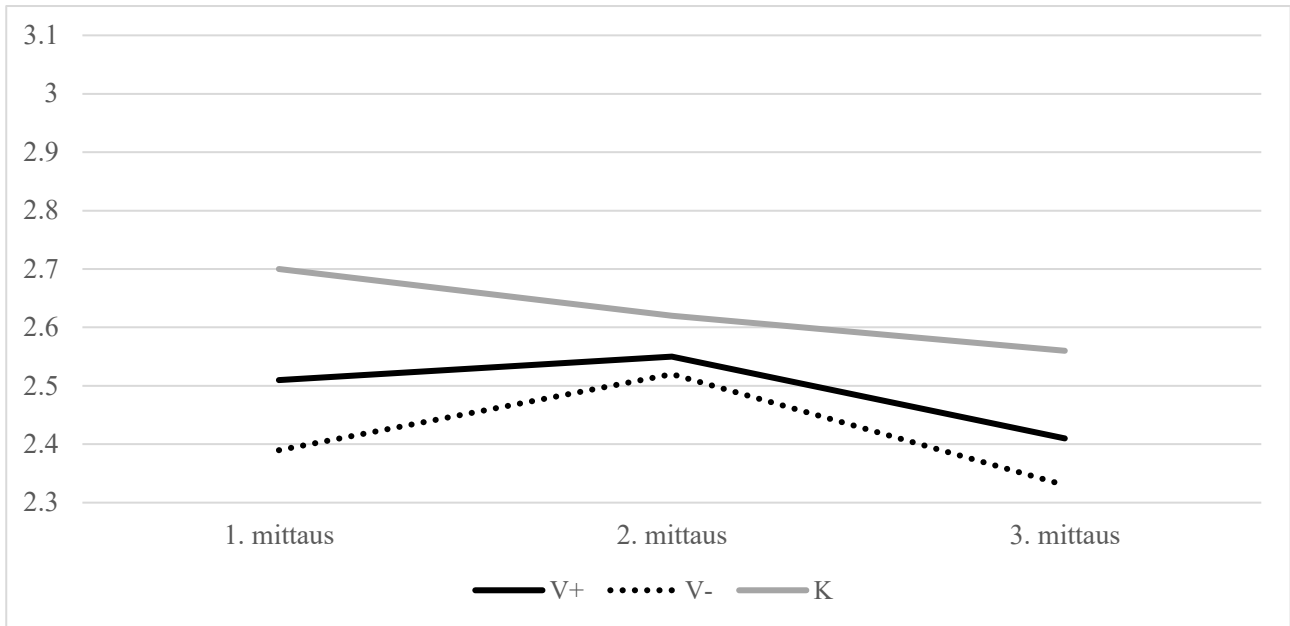
Kaksisuuntaisen Mixed ANOVA -analyysin perusteella havaittiin, ettei vesipiipun käytöllä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta PTPn:n keskiarvoon eri mittauspisteissä ($p > .05$). Tutkimusryhmät eivät siis eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, eikä ryhmien sisällä tapahtunut merkitsevää muutosta eri mittauspisteiden välillä. Myöskään mittauspisteen tai ryhmän päävaikutuksia tarkasteltaessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Eri tutkimusryhmien keskiarvojen vertailussa havaittiin, että V+ ja V- -ryhmissä PTPn:n keskiarvo nousi ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä, kun taas kontrolliryhmässä keskiarvo laski. Välittömästi vesipiipun käytön jälkeen siis äännön aikaansaamiseksi vaadittiin enemmän painetta kuin ennen vesipiipun käyttöä. Sen sijaan ensimmäisen ja kolmannen mittauksen välillä PTPn:n keskiarvo laski molemmissa tutkimusryhmissä ja kontrolliryhmässä. Mittauspisteiden 1–2 välillä muutos oli suurin V- -ryhmässä (+0,13 cmH₂O) ja mittauspisteiden 1–3 välillä kontrolliryhmässä (-0,14 cmH₂O).

Tavalliselta äänenkorkeudelta tarkasteltuna vesipiipun käytön todettiin siis nostavan äännön kynnyspainetta heti vesipiipun käytön jälkeen, mutta 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta kynnyspaineen havaittiin laskevan alkumittausta pienemmäksi. V+ -ryhmässä kynnyspaineen nousu ei mittausten 1–2 välillä ollut yhtä suurta kuin V- -ryhmässä, ja V+ -ryhmässä kynnyspaine laski mittausten 1–3 välillä enemmän kuin V- -ryhmässä. Kynnyspaine laski eniten kontrolliryhmässä. Taulukossa 2 ja kaaviossa 2 on esitetty PTPn:n keskiarvoiset muutokset mittauspisteiden välillä tutkimusryhmittäin ja taulukossa 3 lisäksi keskeiset tunnusluvut.

Taulukko 2. PTPn:n keskiarvoiset muutokset mittauspisteiden välillä tutkimusryhmittäin (cmH₂O).

	mittauspisteet 1–2	mittauspisteet 1–3
V+	+0,04	-0,10
V-	+0,13	-0,06
K	-0,08	-0,14



Kaavio 2. PTPn:n muutokset tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (cmH₂O).

Taulukko 3. PTPn:n keskiarvot (m) ja keskihajonnat (sd) tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (cmH₂O).

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	m	sd	m	sd	m	sd
V+	2,51	0,84	2,55	0,44	2,41	0,53
V-	2,39	0,46	2,52	0,47	2,33	0,66
K	2,70	0,79	2,62	0,69	2,56	0,57

5.1.2 Äännön kynnyspaine korkealta äänenkorkeudelta tarkasteltuna

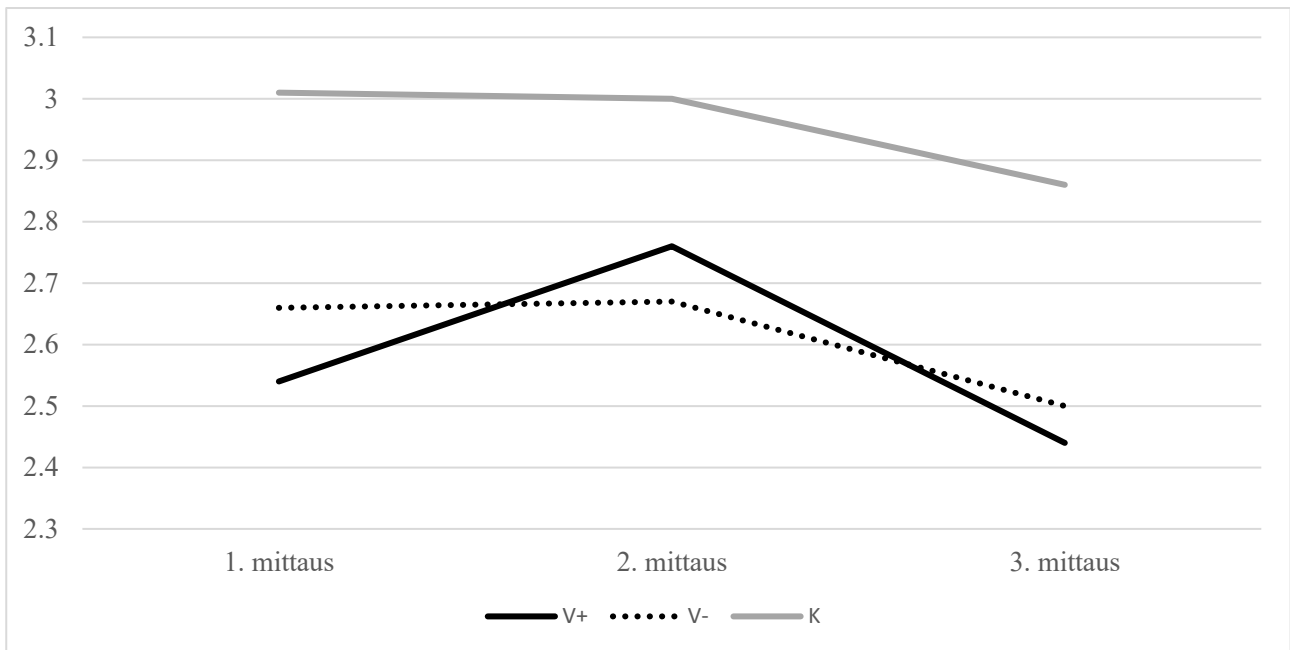
Kaksisuuntaisen Mixed ANOVA -analyysin perusteella havaittiin, ettei vesipiipun käytöllä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta PTPk:n keskiarvoon eri mittauspisteissä ($p > .05$). Tutkimusryhmät eivät siis eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, eikä ryhmien sisällä tapahtunut merkitsevää muutosta eri mittauspisteiden välillä. Myöskään mittauspisteen tai ryhmän päävaikutuksia tarkasteltaessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Eri tutkimusryhmien keskiarvojen vertailussa havaittiin, että V+ ja V- -ryhmissä PTPk:n keskiarvo nousi ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä, kun taas kontrolliryhmässä keskiarvo laski. Välittömästi vesipiipun käytön jälkeen äännön aikaansaamiseksi vaadittiin siis myös korkeilla taajuuksilla enemmän painetta kuin ennen vesipiipun käyttöä. Sen sijaan ensimmäisen ja kolmannen mittauksen välillä PTPk:n keskiarvo laski molemmissa tutkimusryhmissä ja kontrolliryhmässä. Mittauspisteiden 1–2 välillä muutos oli suurin V+ -ryhmässä (+0,22 cmH₂O) ja mittauspisteiden 1–3 välillä V- -ryhmässä (-0,16 cmH₂O).

Korkealta äänenkorkeudelta tarkasteltuna vesipiipun käytön todettiin siis nostavan äännön kynnyspainetta heti vesipiipun käytön jälkeen, mutta 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta kynnyspaineen havaittiin laskevan alkumittausta pienemmäksi. V+ -ryhmässä kynnyspaineen nousu mittausten 1–2 välillä oli suurempaa kuin V- -ryhmässä, ja V+ -ryhmässä kynnyspaine laski mittausten 1–3 välillä vähemmän kuin V- -ryhmässä. Kontrolliryhmässä kynnyspaine laski lähes saman verran kuin V- -ryhmässä. Taulukossa 4 ja kaaviossa 3 on esitetty PTPk:n keskiarvoiset muutokset mittauspisteiden välillä tutkimusryhmittäin ja taulukossa 5 vielä keskeiset tunnusluvut.

Taulukko 4. PTPk:n keskiarvoiset muutokset mittauspisteiden välillä tutkimusryhmittäin (cmH₂O).

	mittauspisteet 1–2	mittauspisteet 1–3
V+	+0,22	-0,10
V-	+0,01	-0,16
K	-0,01	-0,15



Kaavio 3. PTPk:n muutokset tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (cmH₂O).

Taulukko 5. PTPk:n keskiarvot (m) ja keskihajonnat (sd) tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (cmH₂O).

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	m	sd	m	sd	m	sd
V+	2,54	0,83	2,76	0,63	2,44	0,71
V-	2,66	0,47	2,67	0,47	2,50	0,49
K	3,01	0,64	3,00	0,73	2,86	0,82

5.2 Muutokset koetussa äänentuoton työläydessä

Kaksisuuntaisen Mixed ANOVA -analyysin perusteella havaittiin, ettei vesipiipun käytöllä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta PPE:n keskiarvoon eri mittauspisteissä ($p > .05$). Mittauspisteen päävaikutusta tarkasteltaessa PPE:n keskiarvoissa havaittiin kuitenkin tilastollisesti merkitsevä ero eri mittauspisteiden välillä, $F(2, 54) = 6,774$, $p = .002$. Bonferronin parivertailun perusteella

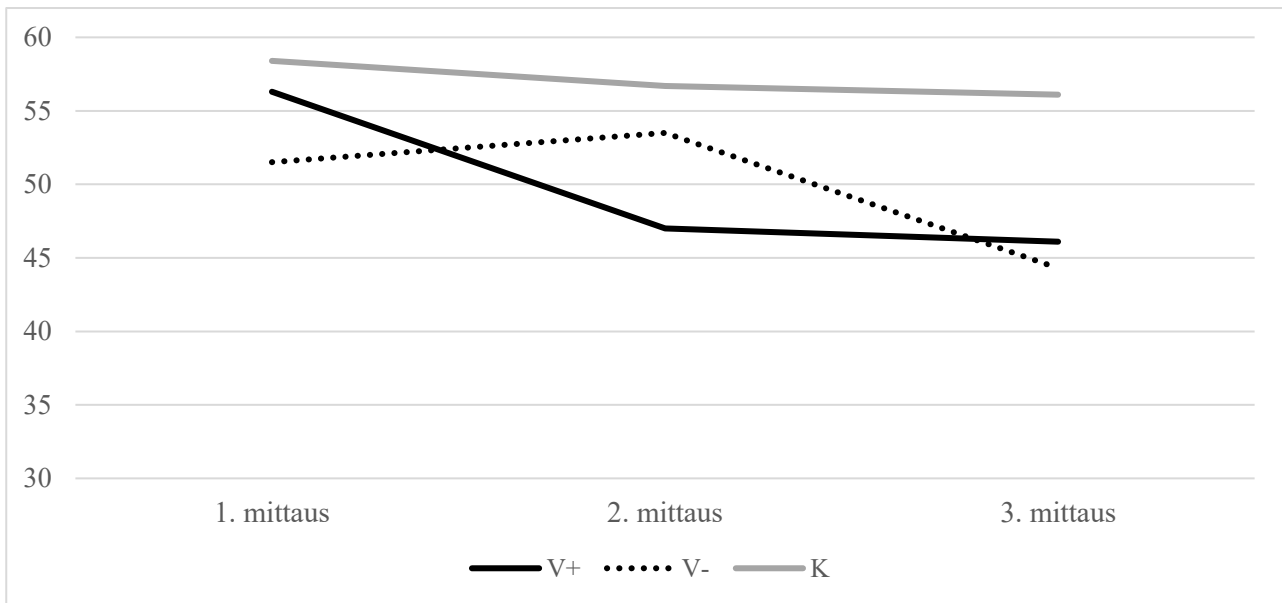
tilastollisesti merkitsevä ero oli mittauspisteiden 1–3 välillä, ja RM-ANOVA:n mukaan mittauspisteellä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus PPE:n keskiarvoihin sekä V+ -ryhmässä $F(2,18) = 6,170, p = .009$ että V- -ryhmässä $F(2,18) = 4,220, p = .031$. Kontrolliryhmässä merkitsevää vaikutusta ei havaittu ($p > .05$).

Myös ryhmän päävaikutusta tarkasteltaessa PPE:n keskiarvoissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero eri tutkimusryhmien välillä, $F(1, 27) = 3,65, p = .04$. Bonferronin parivertailussa tilastollisesti merkitseviä eroja ei kuitenkaan enää ollut, mutta Tukey HSD -vertailun perusteella merkitsevä ero havaittiin V- -ryhmän ja kontrolliryhmän välillä ($p = .049$) kolmannessa mittauspisteessä.

Eri tutkimusryhmien keskiarvojen vertailussa havaittiin, että V- -ryhmässä PPE:n keskiarvo nousi ensimmäisen ja toisen mittauksen välillä, kun taas V+ -ryhmässä ja kontrolliryhmässä keskiarvo laski. Sen sijaan ensimmäisen ja kolmannen mittauksen välillä PPE:n keskiarvo laski kaikissa tutkimusryhmissä. Suurimmat muutokset tapahtuivat V+ -ryhmässä sekä mittauspisteiden 1–2 (-9,3 mm) että mittauspisteiden 1–3 (-10,2 mm) välillä. Taulukossa 6 ja kaaviossa 4 on esitetty PPE:n keskiarvoiset muutokset mittauspisteiden välillä tutkimusryhmittäin ja taulukossa 7 vielä keskeiset tunnusluvut.

Taulukko 6. PPE:n keskiarvotulosten muutokset eri mittauspisteiden välillä (mm).

	muutos 1–2	muutos 1–3
V+	-9,3	-10,2
V-	+2,0	-7,2
K	-1,7	-2,3



Kaavio 4. PPE:n muutokset tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (mm).

Taulukko 7. PPE:n keskiarvon muutokset tutkimusryhmittäin eri mittauspisteiden välillä (mm). Mitä korkeampi lukema on, sitä työläemmäksi äänentuotto on koettu.

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	m	sd	m	sd	m	sd
V+	56,3	3,90	47,0	11,0	46,1	7,24
V-	51,5	6,44	53,5	7,48	44,3	12,06
K	58,4	9,34	56,7	8,29	56,1	11,64

5.3 Äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden välinen yhteys

PTP:n ja PPE:n välistä yhteyttä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla ensin niin, että kaikkia tutkimushenkilöitä käsiteltiin yhtenä joukkona ja sen jälkeen vielä erikseen tutkimusryhmittäin. Lisäksi korrelaatiot analysoitiin erikseen PTPn:n ja PPE:n sekä PTPk:n ja PPE:n väliltä. Kun tarkastelussa ei eroteltu tutkimusryhmiä toisistaan, löytyi äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden väliltä yksi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Tämä havaittiin

ensimmäisessä mittauspisteessä PPE:n ja PTPn:n välillä ($r = .529, p = .003$). Muutoin PTP:n ja PPE:n välillä havaittiin heikkoa positiivista korrelaatiota, mutta yhteydet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Taulukossa 8 on esitetty PTPn:n, PTPk:n ja PPE:n väliset korrelaatiokertoimet sekä p-arvot.

Taulukko 8. PTP:n ja PPE:n välinen korrelaatio mittauspisteittäin (kaikki tutkimusryhmät yhdessä).

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	r	p	r	p	r	p
PTPn	.529	.003*	.132	.487	.109	.568
PTPk	.336	.069	.342	.064	.233	.215
r = Pearsonin korrelaatiokertoimen arvo p = p-arvo * = tilastollisesti merkitsevä korrelaatio						

Kun korrelaatioita tarkasteltiin tutkimusryhmittäin, löytyi äännön kynnyspaineen ja koetun äänentuoton työläyden väliltä kaksi tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota. Toinen havaittiin PTPn:n ja PPE:n välillä ensimmäisessä mittauspisteessä kontrolliryhmässä ($r = .791, p = .006$) ja toinen PTPk:n ja PPE:n välillä kolmannessa mittauspisteessä V+ -ryhmässä ($r = .685, p = .029$). Tutkimusryhmästä, mittauspisteestä tai äänenkorkeudesta riippumatta PPE:n ja PTP:n välillä havaittiin eniten lievää positiivista korrelaatiota, mutta myös heikkoa negatiivista korrelaatiota esiintyi V- -ryhmässä ja kontrolliryhmässä. PTP:n ja PPE:n ei siis havaittu korreloivan keskenään tilastollisesti merkitsevästi muutamia satunnaisia korrelaatioita lukuun ottamatta. Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty PTP:n ja PPE:n väliset korrelaatiokertoimet sekä niiden p-arvot.

Taulukko 9. PTPn:n ja PPE:n välinen korrelaatio mittauspisteittäin eri tutkimusryhmissä

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	r	p	r	p	r	p
V+	.010	.977	.501	.140	.685	.029*
V-	.520	.123	.465	.175	.170	.638
K	.442	.201	.066	.856	-.175	.628
r = Pearsonin korrelaatiokertoimen arvo p = p-arvo * tilastollisesti merkitsevä korrelaatio						

Taulukko 10. PTPk:n ja PPE:n välinen korrelaatio mittauspisteittäin eri tutkimusryhmissä.

	1. mittaus		2. mittaus		3. mittaus	
	r	p	r	p	r	p
V+	.200	.580	.126	.728	.244	.496
V-	.379	.281	-.207	.567	.149	.682
K	.791	.006*	.351	.320	-.207	.567
r = Pearsonin korrelaatiokertoimen arvo p = p-arvo * = tilastollisesti merkitsevä korrelaatio						

5.4 Tulosten yhteenveto

Taulukossa 10 on esitetty yhteenveto tämän tutkimuksen päätuloksista. Ainoat tilastollisesti merkitsevät erot havaittiin koetussa äänentuoton työläydessä niissä ryhmissä, joissa vesipiippua oli käytetty. Muutostrendejä tarkasteltaessa havaittiin, että heti vesipiipun käytön jälkeen äännön kynnyispaine nousi, mutta 15 minuutin kuluttua se laski alkupistettä pienemmäksi. Vesipiipun käyttötavan ei juurikaan havaittu vaikuttavan tuloksiin. PTP:n ja PPE:n ei havaittu korreloivan keskenään tilastollisesti merkitsevästi.

6 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten vesipiipun käyttö vaikuttaa äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen, kun vesipiippua käytetään joko kuumassa vesihauteessa tai ilman vesihaudetta. Tavoitteena oli selvittää myös se, ovatko mahdolliset muutokset erilaisia välittömästi vesipiipun käytön lopettamisen jälkeen ja 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta. Lisäksi tarkasteltiin, ovatko äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuneet muutokset yhteydessä toisiinsa. Tutkimuksessa käytettiin klassista kokeellista tutkimusasetelmaa ja vertailtiin kahta koeryhmää ja yhtä kontrolliryhmää toisiinsa (N = 36). Tutkimuksessa havaittiin, että koettu äänentuoton työläys laski vesipiipun käytön jälkeen tilastollisesti merkitsevästi sekä V+ -ryhmässä että V- -ryhmässä. Äännön kynnyspaineessa tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei tapahtunut, mutta muutostrendien perusteella havaittiin, että heti vesipiipun käytön jälkeen äännön kynnyspaine nousi molemmissa koeryhmissä, mutta laski kuitenkin tauon jälkeen alkumittausta pienemmäksi. Äännön kynnyspaineessa ja koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuneet muutokset eivät korreloineet keskenään tilastollisesti merkitsevästi.

6.1 Tulosten tarkastelu

Aikaisemmissa PTP:n, PPE:n ja äänihuulten kosteutuksen välistä yhteyttä tarkastelleissa tutkimuksissa suurimmat ja tilastollisesti merkitsevät muutokset on havaittu äännön kynnyspaineessa (Verdolini-Marston, ym., 1990; Verdolini, ym., 1994; Roy, ym., 2003). Näissä tutkimuksissa PTP:n on havaittu laskevan heti äänihuulten pinnallisen ja/tai systeemisen kosteutuksen jälkeen. Koetussa äänentuoton työläydessä tapahtuneet muutokset ovat sen sijaan olleet vähäisempiä, eikä tilastollisesti merkitseviä eroja ole juurikaan havaittu (Verdolini, ym., 1994; Roy, ym., 2003; Tanner, ym., 2007; Tanner, ym., 2010). Aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna tässä tutkimuksessa havaitut PTP:n ja PPE:n muutokset ovat siis lähes päinvastaisia, sillä PTP:n todettiin kasvavan heti äänihuulten kosteutuksen jälkeen ja ainoat tilastollisesti merkitsevät erot havaittiin koetussa äänentuoton työläydessä. Aikaisempien tutkimusten ja tämän tutkimuksen tulosten välillä oli kuitenkin myös joitakin yhteneväisyyksiä. Esimerkiksi PTP laski alkupistettä alhaisemmalle tasolle 15 minuutin vaikutusajan kuluttua, mikä vastaa aikaisemmissa tutkimuksissa raportoitua PTP:n muutostrendiä. Tilastollisesti merkitsevien erojen puutteesta huolimatta aikaisemmissa tutkimuksissa myös PPE:n on

alustavasti havaittu laskevan kosteutuksen seurauksena, mikä on linjassa tämän tutkimuksen tulosten kanssa.

6.1.1 Muutokset äännön kynnyksipaineessa

Äännön kynnyksipaineen muutoksia tarkasteltiin tässä tutkimuksessa sekä tavalliselta puhekorkeudelta että korkealta puhekorkeudelta. Korkean puhekorkeuden tarkastelulla haluttiin varmistaa, että mahdolliset kynnyksipaineen muutokset saataisiin varmasti esiin, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa niiden on todettu näkyvän selkeämmin korkeammilla taajuuksilla (Verdolini-Marston, ym., 1990; Verdolini, ym., 1994). Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei kuitenkaan ollut pohtia syitä eri taajuuksien mahdollisille eroille. Lisäksi PTPn:n ja PTPk:n muutostrendien havaittiin olevan melko hyvin toisiaan vastaavat, joten seuraavaksi PTPn:n ja PTPk:n muutoksia tarkastellaan yhdessä äännön kynnyksipaineessa tapahtuneina muutoksina.

Tässä tutkimuksessa äännön kynnyksipaineen havaittiin nousevan heti vesipiipun käytön jälkeen, mikä oli aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna yllättävä tulos. Aikaisemmissa tutkimuksissa äännön kynnyksipaineen ei kosteutuksen seurauksena ole juurikaan havaittu kasvavan; se on joko laskenut tai pysynyt samana (ks. esim. Verdolini, ym., 1994; Tanner, ym., 2010). WellO2-laitteen toimintaa selvittäneessä tutkimuksessa (Huttunen, ym., 2017) äännön kynnyksipaineen todettiin kasvavan pinnallisen kosteutuksen seurauksena, mutta tässä tutkimuksessa kynnyksipaineen nousuun on saattanut vaikuttaa kosteutuksen lisäksi myös WellO2-laitteen hengitysilman virtausta vastustava vaikutus. Lisäksi WellO2-tutkimuksessa kynnyksipaineen nousu havaittiin vielä 30 minuutin kuluttua kosteutuksen loppumisesta, kun taas tässä tutkimuksessa kynnyksipaine palautui jo 15 minuutin kuluttua alkumittausta alhaisemmalle tasolle.

Niissä aikaisemmissa tutkimuksissa, jossa äännön kynnyksipaineen on kosteutuksen seurauksena havaittu joko laskevan tai pysyvän samana, ei äännön kynnyksipainetta ole kuitenkaan mitattu *välittömästi* (noin yhden minuutin kuluttua) kosteuttavan intervention jälkeen, kuten tässä tutkimuksessa sekä WellO2-tutkimuksessa tehtiin. Esimerkiksi Tanner kumppaneineen (2007) sekä Roy tutkimusryhmineen (2003) ovat mitanneet kynnyksipainetta ensimmäisen kerran viiden minuutin kuluttua kosteuttavasta interventiosta ja Verdolini tutkimusryhmineen (1994) vasta noin 15 minuutin kuluttua kosteuttavasta interventiosta. Tämä menetelmällinen tekijä saattaa ainakin osittain selittää sitä, miksi tämän tutkimuksen tulokset eroavat PTP:n osalta muista tutkimuksista. Jos siis verrataan

tässä tutkimuksessa välittömästi vesipiipun käytön jälkeen havaittuja PTP:n muutoksia muissa tutkimuksissa havaittuihin muutoksiin, näyttävät muutokset tapahtuvan toisistaan täysin päinvastaisiin suuntiin. Jos kuitenkin vertaillaan 15 minuuttia vesipiipun käytön jälkeen havaittuja PTP:n muutoksia muiden tutkimusten havaintoihin, ovat tulokset hyvin yhteneväisiä ja muutostrendit samansuuntaisia.

Tämän sekä aikaisempien tutkimusten tulosten perusteella voidaan siis alustavasti todeta, että PTP vaikuttaa laskevan äänihuulten pinnallisen kosteutuksen seurauksena, kunhan aikaa kosteuttavasta interventiosta on kulunut enemmän kuin yksi minuutti, mutta vähemmän kuin 20 minuuttia (Roy, ym., 2003; Tanner, ym., 2007). Tämä johtopäätös perustuu kuitenkin vain hyvin vähäiseen tutkimustietoon; Roy kumppaneineen (2003) havaitsi tutkimuksessaan, ettei kosteutuksen jälkeen tapahtunut PTP:n lasku kestänyt 20 minuuttia kauempaa, ja tässä tutkimuksessa laskevaa vaikutusta ei havaittu vielä noin yhden minuutin kohdalla. Lisäksi tämän tutkimuksen tuloksia sekä Royn ja kumppaneiden (2003) tuloksia yhdistämällä voidaan PTP:n laskemisen arvella alkavan 1–5 minuutin kuluttua kosteuttavan intervention päättymisestä, sillä Royn ja kumppaneiden tutkimuksessa PTP:n lasku havaittiin ensimmäisen kerran viiden minuutin kohdalla. Tarkkaa ajankohtaa ei kuitenkaan olemassa olevan tutkimustiedon valossa voida määritellä.

Tässä tutkimuksessa saatiin siis selville, että kosteutusinterventiosta kuluneella ajalla vaikuttaisi olevan merkitystä PTP:n ja PPE:n muutoksiin. Mielenkiintoista onkin pohtia sitä, miksi PTP ei alkanut tässä tutkimuksessa laskea välittömästi kosteuttavan intervention jälkeen, vaan sitä vastoin nousi heti kosteutuksen loputtua. Koska vesipiipun käyttö kesti yhteensä viisi minuuttia, voidaan olettaa, että ainakin osa kosteuttavasta nesteestä oli ehtinyt vesipiipun käytön loppuessa jo kulkeutua äänihuulitasolle. Kyse ei siis oletettavasti ole siitä, etteikö kosteuttava neste olisi ehtinyt kulkeutua äänihuulten limakalvolle saakka. On kuitenkin mahdollista, ettei neste ollut ehtinyt imeytyä äänihuulten pintakerroksen läpi syvemmälle nestemäiseen värekarvakerrokseen. Koska tämä kerros vastaa äänihuulikudoksen riittävästä kosteutuksesta kuljettamalla nestettä eri kudokset kerroksiin (Tanner, ym., 2007), ei äänihuulikudoksen viskositeetti ollut välttämättä ehtinyt pienentyä, jos neste oli ehtinyt saavuttaa vasta äänihuulten ylimmän kerroksen.

Tästä tutkimuksesta poiketen monissa aikaisemmissä tutkimuksissa kosteuttavaa interventiota myös on edeltänyt äänihuulia kuivattava tilanne (ks. esim. Tanner, ym., 2007; Tanner, ym., 2010), jolloin nestemäinen värekarvakerros on kuivumisen seurauksena kutistunut (Sivasankar & Fisher, 2002). Tällöin kosteuttavan tilanteen alkaessa tämän nestekerroksen tilavuuden palauttamisen takaisin normaaliksi voitaisiin ajatella olevan tehokkaampaa kuin silloin, kun kerros ei ole kuivumisen

seurauksena kutistunut. Saman ilmiön voidaan olettaa olevan kosteutuksen taustalla silloin, kun tutkitaan henkilöitä, joilla on äänihäiriö. Hyvin usein äänihäiriön taustalla on nimenomaan äänihuulten kuivuus tai jokin tekijä, joka aiheuttaa äänihuulten kuivumista (Stemple, ym., 2020, s. 63–77), jolloin myös ennen kosteuttavaa interventiota nestemäisen värekarvakerroksen voidaan arvella olevan kutistunut. Jos kuitenkin tutkitaan terveäänisiä puhujia, joilla äänihuulten oletetaan olevan riittävän kosteat, ei jo valmiiksi nestettä täynnä olevaa värekarvakerrosta ole niin suurta tarvetta täyttää lisää. Tällöin myöskään nesteen imeytyminen äänihuulten pinnalta osmoottisen paineen vaikutuksesta ei välttämättä ole niin tehokasta tai nopeaa.

Jos siis äänihuulten kosteus on kosteuttavan intervention alkaessa riittävää ja värähtelyominaisuudet viskositeetin vähäisyyden vuoksi jo valmiiksi optimaaliset, voidaan pohtia, jääkö ylimääräinen neste ennen imeytymistään äänihuulten pinnalle häiritsemään äänihuulivärähtelyä. Tämä voisi selittää sen, miksi PTP nousee heti vesipiipun käytön jälkeen. Jos äänihuulten pinnalla on ylimääräisiä nestemolekyylejä estämässä kevyttä äänihuulivärähtelyä, voisi äännön aikaansaamiseksi olettaa vaadittavan myös enemmän painetta. Tämä mahdollinen ylimääräisen nesteen poistumisen äänihuulitasolta vaikuttaa kestävästi kuitenkin enintään 15 minuuttia, sillä tässä tutkimuksessa kynnyspaine laski molemmissa tutkimusryhmissä 15 minuutin jälkeen vesipiipun käytön lopettamisesta alkupistettä alhaisemmalle tasolle. Jos ylimääräisen nesteen kertyminen äänihuulitasolle selittää tässä tutkimuksessa havaittuja tuloksia, täytyisi jatkossa saada lisää tutkimustietoa muun muassa siitä, kuinka paljon jo valmiiksi riittävän kosteita äänihuulia voi kosteuttaa ennen kuin kosteutuksesta on enemmän haittaa kuin hyötyä. Toisaalta, jos PTP:n kasvamisessa ei olekaan kyse ylimääräisen nesteen kertymisestä äänihuulitasolle, voidaan PTP:n kasvamisen kuitenkin päätellä johtuvan *jollakin tavalla* vesipiipun käytöstä, sillä kontrolliryhmässä vastaavaa nousua ei tapahtunut, ja vesipiipun käyttöä lukuun ottamatta koeryhmät sekä kontrolliryhmä tekivät tutkimustilanteessa kaiken täysin samalla tavalla.

Mittauspisteiden 1–2 välillä koeryhmien ja kontrolliryhmän PTP:n muutostrendeissä havaittiin siis selvä ero. Samanlaista eroavaisuutta ei kuitenkaan ollut havaittavissa enää kolmannessa mittauspisteessä, sillä lähtötilanteeseen verrattuna kaikissa ryhmissä kynnyspaine oli laskenut suunnilleen saman verran. Vaikka koeryhmissä äännön kynnyspaine laskikin mittausten 2–3 välillä melko paljon, ei tämän laskun voida varmuudella sanoa johtuvan vesipiipun käytöstä, sillä kontrolliryhmässä muutokset olivat yhtä suuria tai jopa suurempia. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan siis vain sanoa, että vesipiipun käyttö näyttää nostavan äännön kynnyspainetta heti vesipiipun käytön loputtua ja mahdollisesti laskevan kynnyspainetta 15 minuutin kuluttua piipun käytön lopettamisesta. Siitä ei kuitenkaan voida olla varmoja, onko kolmannessa mittauspisteessä havaittu

lasku seurausta vesipiipun käytöstä vai esimerkiksi harjoitusvaikutuksesta. Siispä tämän tutkimuksen perusteella ei myöskään voida todeta, että äännön kynnyspaine pienenesi enemmän vesipiippua käytettäessä kuin silloin, kun sitä ei käytetä. Tutkimustulosten mukaan sillä ei siis kynnyspaineen kannalta ole merkitystä, onko äänenkäyttäjä 15 minuuttia hiljaa vai käyttääkö hän vesipiippua.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida myöskään todeta olevan eroa siinä, käytetäänkö vesipiippua kuumassa vesihauteessa vai ilman vesihaudetta. Vesipiipun käyttöohjeessa kerrotaan, että vesipiipun kosteuttavaa vaikutusta voidaan tehostaa asettamalla piippu kuumaan vesihauteeseen käytön ajaksi (Yliopiston apteekki, 2017). Tässä tutkimuksessa, jossa PTP:tä käytettiin kosteutuksen onnistumisen mittarina, ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa V+ ja V- ryhmien välillä. Tavalliselta puhekorkeudelta tarkasteltuna vesipiipun käyttö kuumassa vesihauteessa näytti mittauspisteiden 1–3 välillä laskevan äännön kynnyspainetta enemmän, mutta korkealta puhekorkeudelta tarkasteltuna kynnyspaine laski mittauspisteiden 1–3 välillä enemmän silloin, kun vesipiippua käytettiin ilman vesihaudetta. Lisäksi korkeilla taajuuksilla kynnyspaine nousi heti vesipiipun käytön jälkeen huomattavasti enemmän silloin, kun vesipiippua käytettiin kuumassa vesihauteessa. Tätä nousua voitaisiin ajatella selittävän esimerkiksi se, että kurkunpäästä saattoi tällöin kosteuttaa vesipiipun suolaliuoksen lisäksi myös vesihauteesta nouseva vesihöyry. Tällöin äänihuulitasolle kulkeutuvan nesteen määrä saattoi olla suurempi kuin silloin, kun vesihaudetta ei käytetty, jolloin myös äänihuulten pinnalle mahdollisesti jäävän ylimääräisen nesteen määrä olisi voinut olla suurempi. Tämä kynnyspaineen nousu heti vesipiipun käytön jälkeen havaittiin V+ -ryhmässä kuitenkin vain korkeilla taajuuksilla, ja tavallisella puhekorkeudella kynnyspaine nousi heti vesipiipun käytön jälkeen huomattavasti enemmän V- ryhmässä.

Toisaalta se, ettei tässä tutkimuksessa vesipiipun käyttötavalla havaittu juurikaan olevan merkitystä, saattaa selittyä yksinkertaisesti silläkin, ettei käyttötapojen välinen ero ole niin suuri, että se näkyisi PTP:n tai PPE:n tilastollisesti merkitsevinä muutoksina. Koska PTP:hen ja PPE:hen saattaa äänihuulten kosteutuksen lisäksi vaikuttaa moni muukin tekijä, voi käyttötavan vaikutus myös peittyä näiden väliin tulevien tekijöiden alle. Jatkossa, jos vesihauteen merkitystä haluttaisiin tutkia lisää, voisikin olla aiheellista käyttää tutkimushenkilöitä itsensä verrokkeina. Tällöin tutkittavat siis satunnaisessa järjestyksessä voisivat käyttää vesipiippua kuumassa vesihauteessa ja ilman vesihaudetta, minkä jälkeen voitaisiin vertailla, muuttuivatko PTP ja PPE eri tavoin näiden käyttötapojen vaihtuessa.

6.1.2 Muutokset koetussa äänentuoton työläydessä ja niiden yhteys kynnyspaineen muutoksiin

Tässä tutkimuksessa vesipiipun käytöllä havaittiin olevan positiivinen, laskeva vaikutus koettuun äänentuoton työläyteen. V+ -ja V- -ryhmissä mittauspisteiden 1–3 välillä havaittiin siis tilastollisesti merkitsevä ero koetussa äänentuoton työläydessä, mutta kontrolliryhmässä vastaavaa muutosta ei ilmennyt. Välittömästi vesipiipun käytön jälkeen äännön kynnyspaine ei kuitenkaan muuttunut tilastollisesti merkitsevästi, vaan vaikutus ilmeni vasta 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytön lopettamisesta. Myöskään ryhmien välillä ei havaittu kovin selkeitä eroja. Kontrolliryhmä ja V- -ryhmä erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi kolmannessa mittauspisteessä, mutta muiden ryhmien välillä eroja ei ollut. Tulosten perusteella voidaan silti todeta, että vesipiipun käyttäminen ilman vesihaudetta vähentää äänentuoton työläyttä enemmän kuin se, ettei vesipiippua käytä ollenkaan. Kuitenkaan sillä, käytetäänkö vesipiippua kuumassa vesihauteessa vai ilman vesihaudetta, ei voida todeta olevan koetun äänentuoton työläyden kannalta merkitystä. Vesipiipun käyttämisen kuumassa vesihauteessa ei myöskään voida sanoa vähentävän koettua työläyttä enemmän kuin sen, ettei vesipiippua käytä ollenkaan.

Aikaisempaan tutkimustietoon verrattuna tämän tutkimuksen tulokset ovat yllättäviä. Äänihuulten kosteutuksen ja PPE:n yhteyttä selvittäneissä tutkimuksissa ei aikaisemmin juurikaan ole havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Tanner tutkimusryhmineen (2010) havaitsi PPE:n kasvavan tilastollisesti merkitsevästi äänihuulten kuivumisen seurauksena ja laskevan suolaliuoksen avulla takaisin lähtöpisteeseen, mutta missään tutkimuksissa PPE:n ei kuitenkaan ole havaittu laskevan *vain* kosteutuksen seurauksena tilastollisesti merkitsevästi. Lisäksi aikaisempien tutkimusten tulokset ovat olleet hyvin ristiriitaisia; Verdolinin ja kumppaneiden (1994) tutkimuksessa PPE:n todettiin laskevan kosteutuksen seurauksena, kun taas Tannerin ja tutkimusryhmän (2007) tutkimuksessa sen havaittiin nousevan kosteutuksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa todettu selkeä tilastollisesti merkitsevä ero oli siis näihin aikaisempiin kirjaviini tutkimustuloksiin verrattuna odottamaton.

Tuloksista on hyvä huomata myös se, että V- -ryhmässä PPE kasvoi heti vesipiipun käytön jälkeen ja laski vasta 15 minuutin kuluttua vesipiipun käytöstä, kun taas V+ -ryhmässä PPE laski sekä toisessa että kolmannessa mittauspisteessä. Äännön kynnyspaineen osalta keskiarvot muuttuivat molemmissa tutkimusryhmissä kuitenkin samansuuntaisesti. Onkin kiinnostavaa pohtia, mistä V- -ryhmässä tapahtunut koetun työläyden kasvaminen johtui, sillä mikään muu tämän tutkimuksen tuloksissa ei viittaa siihen, että vesipiipun käyttötavalla olisi lopputuloksen kannalta merkitystä. Yhtenä mahdollisena selityksenä voitaisiin pitää sitä, että V+ -ryhmässä vesihauteesta noussut vesihöyry olisi lisännyt kevyen äänentuoton tuntemuksia. Toisaalta kuumen vesihöyryn vaikutus on saattanut olla

myös psykologinen; jos vesihöyry on aiheuttanut kostean tunteen nenäonteloon, suuonteloon, nieluun ja kurkunpäähän, ovat V+ -ryhmäläiset saattaneet kokea koko ääntöelimistön olevan kosteutettu ja siksi arvioida myös äänentuoton kevyemmäksi. V- -ryhmässä sen sijaan äänentuottoa on oletettavasti keventäneet vain vesipiipusta kurkunpäähän siirtynyt neste, jonka vaikutusta ei välttämättä ole havaittu yhtä nopeasti kuin vesihöyryn vaikutusta. Kuitenkaan esimerkiksi Huttunen ja Rantala (painossa) eivät WellO2-laitetta koskevassa tutkimuksessaan havainneet höyryhengityksen tilastollisesti merkitsevästi laskevan koettua äänentuoton työläyttä, vaikka laskeva trendi koetussa työläydessä ilmi tulikin. Saatavilla olevan tutkimustiedon valossa ei siis voida sanoa, että höyryhengitys vaikuttaisi äänentuotosta syntyneisiin tuntemuksiin erityisen paljon, mutta sitä voidaan pitää yhtenä selityksenä V+ ja V- ryhmien välillä ilmenneelle eroavaisuudelle.

Koska kuuman vesihauteen ajatellaan tehostavan vesipiipun kosteuttavaa vaikutusta (Yliopiston apteekki, 2017), täytyy huomioon ottaa myös se mahdollisuus, että V+ -ryhmässä suolaliuos on imeytynyt nopeammin äänihuulikudokseen ja äänentuotto on koettu nopeammin kevyemmäksi. Mielenkiintoista on kuitenkin se, ettei samanlaista nopeampaa vaikutusta ole havaittavissa kynnyspaineen muutoksissa. Toisaalta esimerkiksi Tannerin ja kumppaneiden (2010) tutkimuksessa PPE:n havaittiin laskevan tilastollisesti merkitsevästi suolaliuoksen vaikutuksesta, mutta PTP:ssä samanlaista muutosta ei havaittu. Niissä tutkimuksissa, joissa PTP:n taas todettiin laskevan tilastollisesti merkitsevästi (ks. esim. Verdolini, ym., 1994), ei kosteutukseen käytetty suolaliuosta, vaan PTP:n lasku havaittiin esimerkiksi ilmankosteuden lisääntymisen seurauksena. Voi siis olla mahdollista, että PPE reagoi herkemmin juuri suolaliuoksen kosteuttavaan vaikutukseen, kun taas PTP saattaa muuttua herkemmin vaikkapa pelkän veden vaikutuksesta. Tämä siis saattaisi selittää sen, miksi tässä tutkimuksessa, jossa kosteutukseen käytettiin nimenomaan suolaliuosta, havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja vain koetussa äänentuoton työläydessä.

Näiden edellä esitettyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että vesipiipun käytön vaikutus näkyi voimakkaammin subjektiivisesti kuin fysiologisesti mitattuna. PTP:n ja PPE:n ei myöskään todettu korreloivan keskenään tilastollisesti merkitsevästi. Vaikka aikaisemmissa tutkimuksissakaan PTP:n ja PPE:n ei ole systemaattisesti havaittu olevan yhteydessä toisiinsa (ks. esim. Tanner, ym., 2007; 2010), on niiden taustalla ajateltu kuitenkin olevan yhdistäviä tekijöitä (Verdolini, ym., 1994). Tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan puolla tätä näkemystä, sillä PTP:n ja PPE:n välillä havaittiin välillä jopa negatiivista korrelaatiota. Mielenkiintoista onkin pohtia sitä, miksi PTP ja PPE eivät vaikuta olevan toisiinsa juurikaan yhteydessä.

Yksinkertaisimmillaan ero voi johtua siitä, että kosteuteksen vaikutukset todellakin ilmenevät selkeämmin koetussa äänentuoton työläydessä kuin äännön kynnyispaineessa. Tämä vaikuttaa kuitenkin jokseenkin epätodennäköiseltä, sillä missään aikaisemmissa tutkimuksissa selkeitä muutoksia tutkittavien kokemuksissa ei olla pystytty tavoittamaan. Toiseksi voidaan pohtia, voisiko ero johtua siitä, että subjektiivisia kokemuksia on helpompi mitata kuin fysiologisia muutoksia. Äännön kynnyispaineen mittaamisen haasteita käsitellään tarkemmin luvussa 6.2, mutta lyhyesti voidaan todeta, että kynnyispaineen mittaamisprosessiin liittyy melko monia mahdollisia virhelähteitä. Toisaalta myös subjektiivisten kokemusten mittausten luotettavuutta voidaan tarkastella kriittisesti, sillä vaikka VAS-janat onkin todettu toimivaksi subjektiivisten kokemusten mittariksi (Cline, ym., 1992), ei juuri tässä tutkimuksessa käytettyjä kysymysten reliabiliteettia tai validiteettia ole testattu. Lisäksi on mahdollista, että tutkittavat ovat VAS-janoille merkitsemissään vastauksissa halunneet miellyttää tutkijoita. Koska tutkittavat ovat tienneet, että tutkimuksessa tutkitaan vesipiipun toimintaa, ovat he kenties voineet vastata kysymyksiin liioitellen vesipiipun positiivisia vaikutuksia.

Lisäksi voidaan tarkastella sitä, muuttuvatko PTP ja PPE saman mekanismin välityksellä, vai onko niiden taustalla kuitenkin lopulta eri tekijät. Aikaisemman tutkimustiedon perusteella tiedetään selkeästi se, että äännön kynnyispaine pienenee kosteuteksen ja viskositeetin vähenemisen vaikutuksesta (Titze, 1988; Finkelhor, ym., 1988; Plexico, ym., 2011). Koettuun äänentuoton työläyteen vaikuttavista taustatekijöistä ei kuitenkaan ole yhtä selkeää käsitystä, eikä koetun äänentuoton työläyden mittaamiseen ole myöskään olemassa yhtä selkeää mittaustapaa. Subglottaalisen paineen voidaan arvella liittyvän äänentuoton aikana syntyviin tuntemuksiin (Verdolini, ym., 1994), mutta selkeää tutkimusnäyttöä tästä ei kuitenkaan ole. Siispä on mahdollista, että tässä tutkimuksessa havaittu koetun äänentuoton työläyden vähentyminen johtuuakin esimerkiksi erilaisista yksilötekijöistä. On esimerkiksi mahdollista, että V+ ja V- -ryhmiin kuuluville omassa äänentuotossa tapahtuvien muutosten tarkkailu oli tuttua, mutta kontrolliryhmään kuuluville vierasta. Vaikka tutkimusryhmät eivät eronneetkaan toisistaan minkään taustamuuttujan suhteen tilastollisesti merkitsevästi, ei esitietojen perusteella kukaan kontrolliryhmässä ollut saanut ääneen liittyvää koulutusta, kun taas V+-ryhmässä koulutusta oli saanut kolme henkilöä ja V- -ryhmässä neljä henkilöä. Voidaan siis arvella, että koeryhmiin kuuluneiden henkilöiden olisi koulutuksen vuoksi voinut olla helpompaa huomata äänessä tapahtuneet muutokset, mikä olisi näkynyt myös selkeämpinä PPE:n muutoksina.

6.2 Menetelmän pohdinta

Tässä tutkimuksessa käytettiin klassista kokeellista tutkimusasetelmaa, jossa kahta koeryhmää vertailtiin yhteen kontrolliryhmään. Tällä järjestelyllä pyrittiin varmistamaan se, että esimerkiksi harjoitusvaikutuksen tai tutkimustilanteeseen liittyvän jännityksen vähenemisen vaikutukset voitiin erottaa vesipiipun käytön todellisista vaikutuksista. Koko aineisto kerättiin kahden viikon sisällä, jotta voitiin minimoida vuodenajan ja ilmasto-olosuhteiden vaikutus tutkimustuloksiin. Huttusen ja Rantalán (painossa) mukaan talvisen ilman kuivuus voi kuivattaa äänihuulten limakalvoa, joten kaikkien tutkittavien kohdalla mittaukset haluttiin tehdä suunnilleen samoissa ilmasto-olosuhteissa loppusyksystä. Muiden mahdollisten väliin tulevien muuttujien vaikutus tutkimustuloksiin pyrittiin minimoimaan etenemällä jokaisen tutkittavan kanssa tutkimustilanteessa täysin saman protokollan mukaan ja arpomalla tutkittavat tutkimusryhmiin.

Tässä tutkimuksessa suurimmat menetelmälliset haasteet ilmenivät äännön kynnyspaineen mittaamisessa ja analysoinnissa. Vaikka aineistoa kerätessä jokaiselle tutkittavalle varattiin reilusti aikaa harjoitella äännön tuottamista mahdollisimman hiljaa ja ohjeet ääninäytteiden tuottamiseen käytiin heidän kanssaan huolellisesti läpi, osoittautui hiljaisimman mahdollisen äänen tuottaminen melko vaikeaksi tehtäväksi. Lisähaastetta [paa]-tavujen tuottoon toi vielä se, että niiden tuoton ajan tutkittavan tuli pitää ohutta silikoniletkaa suussa ja varmistaa, ettei letkun pää osunut esimerkiksi kieleen tai hampaisiin. Jos paineen mittaamiseen tarkoitettun letkun pää olisi osunut suuontelon rakenteisiin, olisi painesignaali katkeillut, eikä mittaustulos olisi ollut luotettava. Näihin asioihin keskittymisen lisäksi tutkittavan piti vielä pyrkiä tuottamaan [paa]-tavuja tietyllä nopeudella ja tietyltä äänenkorkeudelta. Sopivan tavutoistonopeuden säilyttäminen ja oikean äänenkorkeuden etsiminen vei joidenkin tutkittavien kohdalla melko paljon aikaa, mikä saattoi myös vaikuttaa tuloksiin.

Kynnyspainearvojen analysointivaiheessa haasteeksi osoittautui se, ettei kaikkien tutkittavien kohdalla mikään mittaustilanteessa piirtyneistä painekäyristä muistuttanut Hertegårdin ja kumppaneiden (1995) suosittamaa painekäyrämuotoa, josta kynnyspaineen olisi luotettavasti pystynyt estimoimaan (ks. kuva 2). Joidenkin tutkittavien kohdalla lisäksi painekäyrän nollakohta oli siirtynyt kalibroinnista huolimatta ylöspäin, jolloin analyysiohjelman osoittamat [paa]-tavujen aikaiset painearvot eivät olleet todenmukaisia. Nollakohdan siirtymistä saattaa selittää esimerkiksi se, että ohuen silikoniletkun sisälle on saattanut päästä sylkeä, joka voi vääristää mittaustuloksia. Tällaisten haasteiden minimoimiseksi painekäyrän nollakohta ja silikoniletkun kunto tarkistettiin aina ennen jokaisen mittauksen alkua, mutta näistä toimenpiteistä huolimatta kuuden tutkittavan kohdalla painekäyrän muoto oli sellainen, jota ei voitu luotettavasti tulkita.

Koetun äänentuoton työläyden mittaaminen ei ollut teknisesti yhtä haastavaa kuin äännön kynnyspaineen mittaaminen, eikä VAS-janojen analysointikaan ollut yhtä tulkinnanvaraista kuin painekäyrien analysointi. Sitä voidaan kuitenkin pohtia, oliko käytetty kokemusten mittaamenetelmä luotettava, sillä käytetty VAS-janalomake kehitettiin vain tätä tutkimusta varten, eikä sen ymmärrettävyyttä, validiteettia tai reliabiliteettia varmistettu tieteellisesti. Toisaalta myöskään aikaisemmissa PPE:n muutoksia selvittäneissä tutkimuksissa käytössä ei ole ollut validoituja testejä (ks. esim. Tanner, 2007;2010).

6.3 Jatkotutkimusaiheita

Jatkossa vesipiipun vaikutusta äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen voitaisiin selvittää pitkittäistutkimuksessa, jotta mahdolliset pidemmän aikavälin muutokset saataisiin esille. Pitkittäistutkimuksessa tutkittavat ehtisivät harjoitella vesipiipun käyttöä, jolloin vesipiipun käytön vieraus tai siihen liittyvä jännitys eivät vaikuttaisi tuloksiin. Lisäksi tutkimus kannattaisi tehdä suuremmalla otannalla, jotta mahdollisten yksilötekijöiden, kuten aikaisemman äänikoulutuksen, vaikutukset tuloksiin saataisiin minimoitua. Mielenkiintoista olisi tehdä tämä tutkimus myös uudelleen siten, että kontrolliryhmä käyttäisi vesipiippua niin, ettei sitä täytettäisi millään nesteellä. Tällöin voitaisiin tutkia siis vesipiipun placebo-vaikutusta.

Tulevaisuudessa äännön kynnyspaineen mittaamiseen liittyviä haasteita voitaisiin pyrkiä vähentämään käyttämällä tutkimuksessa esimerkiksi Titzen (2009) kehittämää semiokklusiometodia. Tässä mittaamenetelmässä ei tarvitse tehdä suuria artikulaatioliikkeitä, kuten tässä tutkimuksessa käytetyssä menetelmässä täytyi, mikä voi vähentää mitatun paineen ailahtelevuutta ja siten lisätä tulosten luotettavuutta. Myös koetun äänentuoton työläyden mittaamisen luotettavuutta voitaisiin pyrkiä lisäämään kehittämällä yksilöllisiä kokemuksia mittaava standardoitu testi. Tällöin jokaisessa tutkimuksessa käytetyt kysymykset olisivat samat, jolloin testaustavan ja kysymystenasettelun moninaisuudesta johtuva tulosten kirjavuus saataisiin minimoitua.

Vesipiipun vaikutusta äännön kynnyspaineeseen ja koettuun äänentuoton työläyteen olisi mielenkiintoista tutkia myös sellaisilla tutkimushenkilöillä, joilla on äänihäiriö. Tällöin tutkittavien äänihuulikudoksen voitaisiin olettaa olevan lähtökohtaisesti kuivempaa, jolloin myös kosteuteuksen vaikutukset saattaisivat tulla selkeämmin esille. Terveäänisillä koehenkilöillä vesipiipun käyttö vaikuttaa häiritsevän äänentuottoa heti piipun käytön lopettamisen jälkeen, joten mielenkiintoista

olisi selvittää, onko vaikutus sama myös silloin, kun äänihuulikudoksen kosteutustarve on suurempi. Lisäksi voitaisiin selvittää, onko vesipiippuun laitettavalla nesteellä vaikutusta äänentuottoon – eroavatko siis esimerkiksi veden ja suolaliuoksen vaikutukset toisistaan. Aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että kosteudessa käytetyllä nesteellä olisi vaikutusta PTP:n ja PPE:n muutokseen (ks. esim. Roy, ym., 2003; Tanner, ym., 2010), joten samaa olisi kiinnostavaa tutkia myös vesipiipun osalta.

LÄHDELUETTELO

- Alves, M., Krüger, E., Pillay, B., van Lierde, K., & van der Linde, J. (2019). The effect of hydration on voice quality in adults: a systematic review. *Journal of Voice*, *33*(1), 125.e13–125.e28. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.10.001>
- Chan, R. & Tayama, N. (2002). Biomechanical effects of hydration in vocal fold tissues. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, *126*(5), 528–537.
- Chang, A., & Karnell, M. (2004). Perceived phonatory effort and phonation threshold pressure across a prolonged voice loading task: a study of vocal fatigue. *Journal of Voice*, *18*(4), 454–466. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.01.004>
- Cline, M., Herman, J., Shaw, E., & Morton, R. (1992). Standardization of the visual analogue scale. *Nursing Research (New York)*, *41*(6), 378–379. <https://doi.org/10.1097/00006199-199211000-00013>
- Finkelhor, B., Titze, I., & Durham, P. (1988). The effect of viscosity changes in the vocal folds on the range of oscillation. *Journal of Voice*, *1*(4), 320–325. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(88\)80005-5](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(88)80005-5)
- Fisher, K., Telser, A., Phillips, J., & Yeates, D. (2001). Regulation of vocal fold transepithelial water fluxes. *Journal of Applied Physiology*, *91*(3), 1401–1411. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.3.1401>
- Franca, M. & Simpson, K. (2012). Effects of systemic hydration on vocal acoustics of 18- to 35-year-old females. *Communication Disorders Quarterly*, *34*(1), 29–37. <https://doi.org/10.1177/1525740111408886>
- Glottal Enterprises. (2012). *User manual. Aeroview System Version 1.6.0.*
- Hemler, R., Wieneke, G., Lebacqz, J., & Dejonckere, P. (2001). Laryngeal mucosa elasticity and viscosity in high and low relative air humidity. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *258*(3), 125–129. <https://doi.org/10.1007/s004050100321>

- Hertegård, S., Gauffin, J., & Lindestad, P-Å. (1995). A comparison of subglottal and intraoral pressure measurements during phonation. *Journal of Voice*, 9(2), 149–155. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80248-6](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80248-6)
- Hirano, M., Kurita, S., & Nakashima, T. (1981). The structure of the vocal folds. Teoksessa K. Stevens & M. Hirano (toim.), *Vocal fold physiology* (s. 33-41). Tokio: University of Tokyo Press.
- Holmberg, P. (1984). Methods for using a noninvasive technique for estimating glottal functions from oral measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 75, 47–58. <https://doi.org/10.1121/1.202162047-58>
- Huttunen, K., Rantala, L., Järvinen, K., Kankare, E., & Laukkanen, A-M. (elokuu–syyskuu, 2017). Effects of respiratory training and humidification of the vocal tract with WellO2 device on normal voiced female subjects. Preliminary findings. Kongressikontribuutio PeVoC 12 – Pan European Voice -kongressissa. Ghent, Belgia.
- Huttunen, K. & Rantala, L. (painossa). Effects of humidification of the vocal tract and respiratory muscle training in women with voice symptoms—a pilot study. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.07.019>
- Jacobson, B., Jacobson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., & Benninger, M. (1997). The Voice Handicap Index (VHI): development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66 – 70. <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0603.66>
- KvantiMOTV. (2009). Tutkimusasetelma: Klassinen koeasetelma. Menetelmäopetuksen tietovaranto. Viitattu 8.1.2021, saatavilla: <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/tutkimus/asetelma.html#klassinen>
- Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H., & Lätti, S. (2016). *Anatomia ja fysiologia: rakenteesta toimintaan*. Helsinki: Sanoma Pro.
- Leydon, C., Sivasankar, M., Falciglia, D., Atkins, C., & Fisher, K. (2008). Vocal fold surface hydration: a review. *Journal of Voice*, 23(6), 658–665. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.03.010>
- Leydon, C., Wroblewski, M., Eichorn, N., & Sivasankar, M. (2010). A meta-analysis of outcomes of hydration intervention on phonation threshold pressure. *Journal of Voice*, 24(6), 637–643. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2009.06.001>

- Löfqvist, A. (1975). A study of subglottal pressure during the production of swedish stops. *Journal of Phonetics*, 3(3), 175–189. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31366-X](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31366-X)
- Löfqvist, A., Carlborg, B., & Kitzing, P. (1982). Initial validation of an indirect measure of subglottal pressure during vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(2), 633–635. <https://doi.org/10.1121/1.388046>
- Oy Nordic Health Systems Ab. (2020). *Hengitysteitä kosteuttava vesipiippu-inhalaattori*. Tuoteseloste.
- Plant, R., Freed, G., & Plant, R. (2004). Direct measurement of onset and offset phonation threshold pressure in normal subjects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6), 3640–3646. <https://doi.org/10.1121/1.1812309>
- Plexico, L., Sandage, M., & Faver, K. (2011). Assessment of phonation threshold pressure: a critical review and clinical implications. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 20(4), 348–366. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2011/10-0066\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2011/10-0066))
- Roy, N., Tanner, K., Gray, S., Blomgren, M., & Fisher, K. (2003). An evaluation of the effects of three laryngeal lubricants on phonation threshold pressure (PTP). *Journal of Voice*, 17(3), 331–342. [https://doi.org/10.1067/S0892-1997\(03\)00078-X](https://doi.org/10.1067/S0892-1997(03)00078-X)
- Sataloff, R., Heman-Ackah, Y., & Hawkshaw, M. (2007). Clinical anatomy and physiology of the voice. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 40(5), 909–929. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2007.05.002>
- Shipp, T. (1973). Intraoral air pressure and lip occlusion in midvocalic stop consonant production. *Journal of Phonetics*, 1(2), 167–179. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31420-2](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31420-2)
- Sisäilmäyhdistys ry. (2008). *Sisäilmasto: fyysiset tekijät*. Viitattu 18.1., saatavilla: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fyysiset-tekijät>
- Sivasankar, M., & Fisher, K. V. (2002). Oral breathing increases P_{th} and vocal effort by superficial drying of vocal fold mucosa. *Journal of Voice*, 16(2), 172–181. [https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1016/S0892-1997\(02\)00087-5](https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1016/S0892-1997(02)00087-5)

- Sivasankar, M. & Leydon, C. (2010). The role of hydration in vocal fold physiology. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 18(3), 171–175. <https://dx.doi.org/10.1097%2FMOO.0b013e3283393784>
- Smitheran, J. & Hixon, T. (1981). A clinical method airway resistance for estimating laryngeal during vowel production. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46, 138–146. <https://doi.org/10.1044/jshd.4602.138>
- Stemple, J., Roy, N., & Klaben, B. (2020). *Clinical voice pathology: theory and management*. San Diego: Plural Publishing.
- Tanner, K., Roy, N., Merrill, R., & Elstad, M. (2007). The effects of three nebulized osmotic agents in the dry larynx. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(3), 635–646. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/045\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/045))
- Tanner, K., Roy, N., Merrill, R., Muntz, F., Houtz, D., Sauder, C., Elstad, M., & Wright-Costa, J. (2010). Nebulized isotonic saline versus water following a laryngeal desiccation challenge in classically trained sopranos. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(6), 1555–1566. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2010/09-0249\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2010/09-0249))
- Titze, I. (1988). The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(4), 1536–1552.
- Titze, I. (2009). Phonation threshold pressure measurement with a semi-occluded vocal tract. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(4), 1062–1072. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0110\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0110))
- Titze, I., Schmidt, S., & Titze, M. (1995). Phonation threshold pressure in a physical model of the vocal fold mucosa. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(5), 3080–3084. <https://doi.org/10.1121/1.411870>
- van den Berg, J., Zantema, J., & Doornenbal, P. (1957). On the air resistance and the Bernoulli effect of the human larynx. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 29(5), 626–631. <https://doi.org/10.1121/1.1908987>
- Verdolini-Marston, K., Titze, I., & Druker, D. (1990). Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *Journal of Voice*, 4(2), 142–151. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80139-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80139-0)

- Verdolini, K., Titze, I., & Fennell, A. (1994). Dependence of phonatory effort on hydration level. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(5), 1001–1007.
<https://doi.org/10.1044/jshr.3705.1001>
- Wewers, M. & Lowe, N. (1990). A critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena. *Research in Nursing & Health*, 13(4), 227–236.
<https://doi.org/10.1002/nur.4770130405>
- Widdicombe, J. (1997). Airway surface liquid: concepts and measurements. Teoksessa D. Rogers & M. Lethem (toim.), *Airway mucus: Basic mechanisms and clinical perspectives* (s. 1–17). Basel: Birkhauser, Verlag.
- Yeates, D. (1991). Mucus rheology. Teoksessa J. West (toim.), *The lung: Scientific foundations* (s. 197–203). New York: Raven.
- Yliopiston apteekki. (2017). *Vesipiippu muovinen inhalaattori*. Viitattu 7.1.2021, saatavilla:
<https://www.yliopistonapteekki.fi/vesipiippu-muovinen-inhalaattori-1-kpl-26267.html>

Liite 2. Esitietolomake.

ESITIELOMAKE TUTKIMUKSEEN OSALLISTUVALLE

Tämän esitietolomakkeen tietoja käytetään ainoastaan tutkimustarkoituksiin. Kun analyysit on tehty, saat halutessasi omat tulokset itsellesi. Ilmoita esitietolomakkeen lopussa, mikäli haluat tutkimuksen tulokset omasta äänestäsi. Tulokset lähetetään pyyntöä vastaan, kun analysointi on tehty.

Vastaathan kaikkiin alla oleviin kysymyksiin. Pyydämme myös, että ruksit laitetaan vain tarjottuihin vaihtoehtoihin, eikä esimerkiksi niiden ulkopuolelle tai väleille. Tämä helpottaa tulosten analysointia.

Perustiedot

Ryhmä: 1 2 3

Nro:

Nimi: _____

Syntymävuosi: _____

Sukupuoli: nainen mies muu

Korkein aikaisempi koulutukseni:

muu ammattikoulu lukio korkeakoulu

Terveys

1. Onko sinulla todettuja hengitysteihin liittyviä allergioita?

(esim. siitepöly, sisäilmaongelmat)

kyllä ei

2. Käytätkö allergia/astmalääkkeitä?

kyllä en

3. Käytätkö jotakin lääkettä, joka poistaa nestettä?

kyllä en

4. Tupakoitko?

kyllä en

a. Jos kyllä, kuinka monta päivässä?

1-5 6-10 11 tai yli

5. Onko sinulla todettu astma?

kyllä ei

6. a) Vettä tulisi juoda noin 1-1,5 litraa päivässä. Kuinka paljon juot vettä yleensä päivän aikana tähän suositukseen nähden?

alle suosituksen suosituksen verran yli suosituksen

b) Oletko juonut nestettä viimeisen 2 tunnin aikana? kyllä en

jos kyllä, kuinka paljon?: _____

Ääni

1. Onko sinulla ääneen liittyviä harrastuksia? kyllä ei

2. Oletko saanut äänenkäyttöön liittyvää koulutusta? kyllä ei

3. Onko sinulla ollut äänesi kanssa ongelmia? kyllä ei

4. Kuinka paljon käytät ääntä päivässä?

harvakseltaan päivän mittaan, en pitkiä aikoja kerrallaan

harvakseltaan päivän mittaan, pitkän aikaa kerrallaan

useita kertoja päivässä, en kuitenkaan pitkään kerrallaan

useita kertoja päivässä, pitkiä aikoja kerrallaan

5. Arvioi ääntäsi tällä hetkellä verrattuna omaan normaaliin (itselle normaali keskellä):

huonompi

parempi

Mikäli koet, että äänesi on tavallista huonompi, miksi?

Tahdotko, että äänestäsi tehtyjen analyysien (AVQI) tulokset lähetetään sinulle?

kyllä en

Liite 3. Tutkimuslupalomake.

Suostumus tutkimushenkilöksi logopedian kandidaatin- ja pro gradu -tutkielmiin

NRO:

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, kuinka vesipiipun käyttö eri tavoin vaikuttaa äänenlaatuun akustisesti mitattuna. Tutkittavilta kerätään esitiedot, pyydetään oma arvio äänestään tutkimushetkellä sekä tallennetaan ääninäytteet. Vesipiipun tehoa selvitetään määrällisesti analysoimalla akustisesti äänen laatuun liittyviä parametrejä Acoustic Voice Quality Indexin (AVQI) avulla, mittaamalla fonaation aloittamiseen tarvittavaa kynnyispainetta sekä tarkastelemalla ääntä kuulonvaraisesti. Lisäksi laadullista aineistoa kerätään mahdollisia jatkotutkimuksia varten pyytämällä koehenkilöitä kuvaamaan piipun käytön kokemusta ja tuntemuksia omaan ääneen liittyen. Tutkimuksen toteutusta ohjaavat laillistettu puheterapeutti sekä vokologian professori. Kerätyt tiedot säilytetään salasanojen takana tutkimuksen ajan, jonka jälkeen tiedot siirtyvät logopedian suojattuun tutkimusarkistoon.

Allekirjoittamalla suostumuksen hyväksyt seuraavat ehdot:

1. Annan luvan logopedian opiskelijoille, Niko Tattarille ja Milja Forssille, tallentaa ääninäytteitä ja kerätä itsearviointia sekä esitietoja, sekä käyttää kerättyä tietoa pro gradu -tutkielmien tekemiseen
2. Tutkimusaineistoa säilytetään Tampereen yliopiston logopedian arkistossa vuoteen 2031 asti. Tämän jälkeen aineisto tuhoetaan.
3. Aineistoon pääsee käsiksi tässä dokumentissa nimetyt tutkijat sekä ohjaaja
4. Tallenteita ja itsearviointilomakkeita käytetään tutkimuksessa niin, että tutkimushenkilöä ei ole mahdollista tunnistaa tutkimusraportista.

Aineiston jatkokäyttöä koskeva lupa:

1. Annan suostumukseni käyttää kerättyä aineistoa myös muihin logopedian tutkimuksiin ja opinnäytetöihin, joiden aihepiiri liittyy ääneen. Tutkittavaa ei voida tunnistaa raportoinnissa.
 - a. kyllä en

Tämä tutkimus noudattaa ihmistieteisiin luettavien tutkimusalojen eettisiä periaatteita. Tutkimushenkilöitä kohdellaan anonymisti eli niin, ettei heitä ole mahdollista tunnistaa tutkimusraportista. Yksityisyyden suoja kuuluu Suomen perustuslailla suojattuihin oikeuksiin.

Yksityisyyden suojaa noudatetaan kaikissa tutkimusvaiheissa: aineiston keruussa, käsittelyssä ja tulosten julkaisemisessa. Tutkimustehtävät eivät kuormita tutkittavaa fyysisesti tai psyykkisesti. Tutkimushenkilöitä kohdellaan kunnioittavasti myös tutkimusjulkaisuissa. Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista, ja tutkittavalla on oikeus keskeyttää tutkimukseen osallistuminen missä vaiheessa tahansa. Tutkimuksesta saadut tulokset julkaistaan pro gradu -tutkielmina, jotka valmistuvat välillä 2021–2022. Tutkielmia ohjaavat dosentti, yliopiston lehtori ja laillistettu puheterapeutti Leena Rantala sekä vokologian professori Anne-Maria Laukkanen.

Paikka ja aika:

Allekirjoitus:

Nimenselvennys:
