

TAMPEREEN YLIOPISTO

Hyvä huutoääni

Eliittiäänenkäyttäjien huutostrategiat ja niiden perkeptuaalinen arviointi

Kasvatustieteiden yksikkö

Puhetekniikan ja vokologian pro gradu -tutkielma

BIANCA HÖSLI

Kesäkuu 2016

Tampereen yliopisto

Kasvatustieteiden yksikkö

BIANCA HÖSLI: Hyvä huutoääni – Eliittiäänenkäyttäjien huutostrategiat ja niiden perkeptuaalinen arviointi Puhetekniikan ja vokologian pro gradu -tutkielma, 83 sivua, 4 liitesivua

Kesäkuu 2016

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hyvän huutoäänen piirteet tutkimalla eliittiäänenkäyttäjien huutoäänen akustisia piirteitä sekä äänihuulivärähtelyn laatua. Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten instrumentaaliset mittaustulokset korreloivat perkeptuaalisesti hyväksi arvioitun huutoäänen kanssa.

Koehenkilöinä oli viisi miestä ja viisi naista, jotka olivat kaikki eliittiäänenkäyttäjiä eli koulutukseltaan joko näyttelijöitä tai laulajia. Koehenkilöiltä mitattiin matalin mahdollinen ääni sekä puheäänenuvaajaa varten hiljainen, normaali, voimistettu ja huutoääni [pa:]-äännettä käyttäen. Perkeptuaalista arviointia varten äänitettiin erillinen huudon luentanäyte, joka oli katkelma Shakespearen Kuningas Lear -näytelmästä. Näytteistä mitattiin EGG-signaali ja tehtiin akustiset analyysit (F_0 , SPL, alfa-ratio) sekä LTAS-spektrit. Hyvän huutoäänen perkeptuaalisten piirteiden selvittämiseksi järjestettiin kuuntelukoe 11 hengen asiantuntijaraadille. Kuuntelijat arvioivat äänestä 12 piirrettä, joissa arvioitiin yleistä äänivaikutelmaa, äänihuulitason toimintaa sekä tarkoituksenmukaista äänenkäyttöä. Arvioista laskettiin keskiarvot ja näytteet laitettiin paremmuusjärjestykseen kokonaislaatupisteiden perusteella. Pisteiden perusteella tutkittiin instrumentaalisten tutkimustulosten korrelointia kuuntelija-arvioiden kanssa.

Miesäänten spektrimuodoilla oli yhtä näytettä lukuun ottamatta havaittavissa yhtenäinen trendi, jossa esiintyi formanttien yhteensulautumista 2–3,5 kHz:n alueella ja tämän jälkeen voimakas pudotus. Kyseinen ilmiö näkyi erityisen selvästi parhaimmista miesääninäytteissä. Naisten parhaimpien näytteiden spektreissä esiintyi formanttien voimistumista noin 2,8 kHz:ssä ja 4 kHz:ssä (laulajan- ja puhujanformantit). F_0 -keskiarvo korreloi molemmilla sukupuolilla alfa-ration kanssa ($p < 0,01$) eli äänenkorkeuden noustessa spektrin kaltevuus väheni. Alfa-ratio vaikutti pelkästään naisäänten perkeptuaalisiin arvioihin. Korkeammat kuin -2,5 dB olevat alfa-ratiot luokiteltiin liian kirkkaiksi ja korkeiksi, ja niiden tiiviys-, metallisuus- sekä työläysvaikutelmat lisääntyivät, mikä heikensi kokonaislaatupisteitä.

CQ:lla oli yhteys molemmilla sukupuolilla hyvän huutoäänen muodostumiseen. Raja-arvona oli 60 %, jonka ylittyessä mm. äänenkorkeus-, tiiviys- ja työläysvaikutelmat lisääntyivät, mikä heikensi kokonaislaatupisteitä. Naisäänten perustaajuus oli myös yhteydessä pidentyneeseen äänihuulien kontaktiaikaan: huudossa F_0 korreloi naisilla positiivisesti CQ:n kanssa ($p < 0,05$), mikä vahvisti aiempia tutkimustuloksia.

SPL ei korreloinut minkään toisen akustisen piirteen kanssa, mikä voi viitata siihen, että äänen voimistamisessa on käytetty muita strategioita kuin äänenpainetason nostamista: mahdollisesti äänenkorkeuden nostoa tai formanttituunausta. Perkeptuaalisista arvioista SPL oli yhteydessä molemmilla sukupuolilla perturbaatioihin ja lisäksi miehillä hälypitoisuuteen. Kuuntelija-arvioissa hälypitoisuutta ja perturbaatioita ei aina koettu äänenlaatua huonontavina seikkoina, vaan myös draamallisina tehokeinoina. Naisilla SPL ja F_0 -keskiarvo korreloivat positiivisesti perkeptuaalisen kuuluvuuden kanssa, miehillä SPL ei korreloinut lainkaan kuuluvuuden kanssa. Kuuluvuuden merkitys hyvän huutoäänen muodostumiseen jäi tässä tutkimuksessa kyseenalaiseksi heikon inter-rater-reliabiliteetin takia.

Molemmilla sukupuolilla hyvän huutoäänen tärkeimpiä perkeptuaalisia piirteitä olivat riittävän tumma äänenväri, äänen sijoitus, joka ei ole liian etinen sekä riittävän matala äänenkorkeus. Nämä vaikuttivat useisiin muihin äänenpiirteisiin. Akustisten ja perkeptuaalisten korrelaatioiden perusteella voidaan päätellä, että erityisesti CQ on yhteydessä hyvän huutoäänen muodostumiseen. Myös LTAS-spektrien perusteella on havaittavissa tietynlaista suuntausta, mutta tämän tutkimuksen perusteella ei voida vielä tehdä lopullisia päätelmiä.

Koska huutoääntä tarvitaan useissa ammateissa, eikä aihetta ole tutkittu paljon huutoäänen estetiikan kannalta, aiheesta olisi hyvä tehdä lisää tutkimuksia huutoäänen koulutuksen kehittämiseksi. Potentiaalisia jatkotutkimusaiheita ovat virtauksen ja subglottaalisen paineen vaikutus hyvään huutoääneen, äänenkorkeuden nostaminen voimistusstrategiana sekä ääniväylän erilaiset asetukset huudossa ja niiden viestinnälliset merkitykset.

Avainsanat: huuto, äänen voimistaminen, elektroglossografia, CQ, LTAS, alfa-ratio, metallisuus, formantti

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	ÄÄNENVOIMISTUS ILMAISUKEINONA	7
2.1	ÄÄNIAMMATTIRYHMÄT	8
2.2	ÄÄNENKÄYTTÖ- JA VOIMISTUSTARVE ERI ÄÄNIAMMATTIRYHMISSÄ	8
3	ÄÄNENTUOTON PERUSTEET	10
3.1	ÄÄNIAALTO	10
3.2	ÄÄNENVOIMAKKUUDEN MITTAYKSIKÖT	10
3.3	IHMISÄÄNEN SYNTY JA RESONANSSI	11
3.4	ÄÄNIHUULTEN RAKENNE JA ÄÄNIHUULIMASSAN TOIMINTA.....	12
3.5	ÄÄNEN PERUSTAAJUUS JA KORKEUDENSÄÄTELY	14
3.6	ÄÄNIHUULIMASSAN VÄRÄHTELYTAVAT	15
3.6.1	<i>Rekisterit</i>	16
3.6.2	<i>Ääntöbalanssi</i>	17
3.7	ÄÄNENVOIMAKKUUDEN SÄÄTÄMINEN.....	17
3.8	ÄÄNENLAATU	18
3.9	PERTURBAATIOT ÄÄNESSÄ.....	20
3.10	TALOUDELLINEN ÄÄNENKÄYTTÖ JA ÄÄNEN VOIMISTAMINEN	21
3.10.1	<i>Äänen voimistamisen vaarat</i>	23
3.10.2	<i>Äänen väsyminen</i>	24
3.10.3	<i>Äänen voimistamisen opettaminen</i>	25
4	ÄÄNEN TUTKIMINEN	30
4.1	PUHEÄÄNEN KUVAAJA & MATALIN MAHDOLLINEN ÄÄNI.....	30
4.2	AKUSTINEN ANALYYSI.....	31
4.2.1	<i>Laulajanformantti</i>	32
4.2.2	<i>Puhujan- ja näyttelijänformantti</i>	32
4.3	ÄÄNIHUULIKONTAKTIN LAADUN MITTAAMINEN EGG:LLÄ.....	33
4.4	ÄÄNENLAADUN ARVIOINTI	34
4.5	KUUNTELJA-ARVIoidEN LUOTETTAVUUDEN MITTAAMINEN	36
5	TUTKIMUSMATERIAALI JA -METODIT	37
5.1	KOEHENKILÖT JA AINEISTO	37
5.2	KUUNTELUKOE JA SEN ARVIOINTI	38
5.3	LABORATORIO-OLosuHTEET JA ANALYYSIT	39
5.4	HYVÄN HUUTOÄÄNEN MÄÄRITTELY KOKONAISLAATUPISTEILLÄ	40

6	TUTKIMUSTULOKSET	42
6.1	AKUSTISET MITTAUSTULOKSET	42
6.2	KUUNTELIJA-ARVIoidEN RELIABILITEETTI JA TUNNUSLUVUT	48
6.3	AKUSTISTEN MITTAUSTULOsten JA KUUNTELIJA-ARVIoidEN KORRELAATIOT	50
7	POHDINTA	56
7.1	PERKEPTUAALISESTI HYVÄN HUUTOÄÄNEN KRITERIT	56
7.2	KUUNTELIJoidEN RELIABILITEETTI	59
7.3	KUUNTELIJoidEN SANALLISET PALAUTTEET	62
7.4	AKUSTISTEN JA PERKEPTUAALISTEN PIIRTEIDEN KORRELOINTI	63
7.5	OPTIMAALINEN HUUTOKORKEUS	64
7.6	OPTIMAALINEN CQ HUUDOSSA	66
7.7	ÄÄNENPAINETASO JA KUULUVUUS	67
7.8	HUUTOÄÄNEN SPEKTRIPIIRTEET	68
8	PÄÄTELMÄT	71
8.1	HYVÄN HUUTOÄÄNEN PIIRTEET	73
8.2	JATKOTUTKIMUSMAHDOLLISUUKSIA	75
	LÄHTEET	77

LIITE 1: Huuto-ohjeistus ja -teksti

LIITE 2: Kuuntelukokeen kyselylomake

KIITOKSET

1 JOHDANTO

Useissa ammateissa äänenkäyttö on olennaisessa asemassa, jotta työn saa suoritettua. Sellaisia ammatteja, joissa ääntä ei tarvita, ovat lähinnä itsenäisesti suoritettavat tehtävät, joissa ei juuri olla muiden ihmisten kanssa tekemisissä. Ääniammateissa kuten opettajan, asiakaspalvelijan, urheiluvalmentajan tai papin töissä käytetään ääntä runsaasti ja vaihtelevalla voimakkuudella. Näyttelijät ja laulajat ovat puolestaan eliittiäänenkäyttäjiä, joiden ammatti asettaa äänelle erityisiä laatuvaatimuksia. Ammatit, joissa puhutaan voimakkaalla äänellä akustisesti haastavissa tiloissa tai huudetaan pitkiä aikoja taustametelin yli, voivat väsyttää ääntä. Tämä altistaa myös äänihäiriöille.

Huutoääntä käytetään erilaisissa tilanteissa esimerkiksi kaukana olevien ihmisten ohjaamiseen tai komentamiseen. Raskaassa teollisuudessa saatetaan tarvita voimistettua ääntä tai huutoa, kun työntekijöiden pitää viestiä toisilleen tuotantolaitosten koneiden tuottaman metelin yli. Toisaalta näyttelijä voi tarvita monipuolisia huutotapoja ilmaisemaan erilaisia tunnetiloja kuten hätää, kauhua, vihaa tai uhmakkuutta. Näyttelijöille lisähaastetta saattavat aiheuttaa esimerkiksi fyysiset taistelutilanteet, joissa äänentuoton kontrollointi saattaa pettää. Oopperalaulajalle saattaa tulla äänenkäytöllisiä haasteita näyttämötilanteissa, joissa pitää tuottaa voimakasta puheääntä ja siirtyä siitä sujuvasti lauluun – kummankaan laadusta tinkimättä. Tietyissä ääniammattien toimenkuvissa pitäisi suuresta äänenvoimakkuudesta huolimatta säilyttää uskottavuus eikä esimerkiksi kuulostaa vihaiselta tai hätäntyneeltä, jos tarkoituksena on esimerkiksi ohjata ihmisiä harrasteen parissa.

Huutoäänen tutkimukset keskittyvät enimmäkseen ääniammattiryhmien äänenkäyttöhaasteisiin sekä äänihäiriöihin. Tutkimuksissa on tehty mittauksia yleisistä äänenvoimakkuuksista sekä akustiikan ja taustametelin tuottamasta äänenvoimistustarpeesta, tehty kuormitustestejä voimakkaalla äänellä sekä tutkittu äänihuulitason säätelyä äänenvoimistuksessa. Äänenvoimistusta on tutkittu myös psykososiaalisesta näkökulmasta, jolloin on tutkittu ihmisten tapaa voimistaa ääntään sosiaalisissa tilanteissa.

Tutkimuksissa näyttäisi puuttuvan näkökulma hyvästä huutoäänestä ja siitä, miten sellaista koulutetaan. Muutamat äänikoulutusmenetelmät ovat tehneet omia tutkimuksiaan ja kehittäneet

huutoäänen koulutustapoja. Useimmiten metodeihin perustuvat äänikoulutukset tarjoavat ratkaisua pelkästään teknisestä näkökulmasta, eivät esteettisestä. Toisaalta yksittäisillä äänenkouluttajilla tuntuu silti olevan vahva käsitys siitä, miltä huudon pitäisi kuulostaa. Jossain määrin kouluttajilla on myös toisistaan poikkeavia näkemyksiä hyvän huutoäänen saavuttamiseksi.

Tampereen yliopistolla on tehty aiemmin pro gradu -tutkielma, jossa on tutkittu hyvän huutoäänen akustisia ja perseptuaalisia piirteitä vertaamalla näyttelijäopiskelijoiden näytteitä tavallisten opiskelijoiden näytteisiin. Tutkimuksessa ei huomioitu äänihuulitason funktioita eikä mukana ollut naisääniä, mistä syntyi tarve jatkotutkimukselle. Tässä tutkimuksessa on tarkoitus kartoittaa naisten ja miesten hyvän huutoäänen kriteerit sekä koulutettujen äänenkäyttäjien huutoäänen tuottamisstrategioita, jotta saataisiin enemmän tietoa huutoäänen kouluttamiseen. Tutkimuksessa pyritään myös selvittämään, miten huutoäänen akustiset piirteet sekä äänihuulivärähtelyn laatu korreloivat perseptuaalisesti hyvän huutoäänen kanssa.

2 ÄÄNENVOIMISTUS ILMAISUKEINONA

Äänentuotto on fysiologisia ja akustisia ilmiöitä, mutta se on myös ilmaisua. Äänenvoimakkuuden vaihtelulla painotetaan sanoja ja tärkeitä asioita niin puheessa kuin laulussa – tuodaan sanomaa esille. Äänenvoimakkuuden vaihtelu voi olla tietoista tai tiedostamatonta. Voimakasta ääntä käytetään myös eri ammateissa tai harrasteissa huomion saamiseen, komentamiseen, ilmaisemaan vahvuutta tai auktoriteettia. (Titze 2000, 272–273.)

Äänenvoimakkuus on myös sidoksissa sosiaaliseen kontekstiin. Natale (1975) tutki äänenvoimakkuuden hallintaa ja sosiaalisen miellyttämisen yhteyttä. Tutkimuksen perusteella äänenvoimakkuutta säädellään tiedostamatta keskustelukumppanin äänenkäytön mukaan. Kun keskustelukumppanin äänenvoimakkuus nousi, koehenkilöt voimistivat ääntään. Mitä lähempänä äänenvoimakkuustasot olivat toisiaan, sen miellyttävämmäksi vastapuoli koettiin. Tutkimuksessa ei ollut kuitenkaan eritelty sukupuolten välisiä eroja äänenvoimakkuuden hallinnassa. (Natale 1975.)

Markel, Prebor & Brandt (1972) tutkivat naisten ja miesten puhevoimakkuutta koeasetelmassa, jossa koehenkilöt keskustelivat saman ja eri sukupuolen edustajan kanssa. Tutkimuksessa havaittiin, että vaikka miehet puhuvat yleisellä tasolla voimakkaammalla äänellä kuin naiset, tilanne muuttui aina vastapuolen sukupuolen mukaan. Miestutkijan kanssa puhuessaan mieskoehenkilö hiljensi ääntään, kun taas naiskoehenkilö voimisti ääntään pienentääkseen voimakkuuseroja. Naistutkijan kanssa mieskoehenkilöt puhuivat voimakkaammin ja naiskoehenkilöt hiljensivät ääntään. Äänen voimistaminen tai hiljentäminen sosiaalisessa tilanteessa voi ilmaista yhteenkuuluvuuden tunnetta tai sen puutetta. (Markel ym. 1972.)

Äänenvoimakkuutta säädellään myös ympäristön mukaan. Pitkät välimatkat vaativat äänen voimistamista. Toisaalta ympäristön tuottama taustahäly voi pakottaa meidät korottamaan ääntämme. Tätä kutsutaan Lombardin efektiksi, jossa äänenvoimakkuutta säädellään kuulohavaintojen perusteella. (Titze 2000, 272–273.) Lombardin efekti aiheuttaa myös muun

muassa puhekorkeuden nousemista, puheen hidastumista sekä artikuloinnin paranemista (Van Summers, Pisoni, Bernacki, Pedlow & Stokes 1988). Lombardin efekti vaikuttaa eniten silloin, kun kuuloaistimme on rajoitettu esimerkiksi korvakuulokkeilla, sillä tällöin emme saa riittävää kuulohavaintoa omasta äänestämme (Laukkanen, Mickelson, Laitala, Syrjä, Salo, Sihvo 2004a; Garnier, Henrich, Dubois 2010). Lombardin efekti altistaa äänenkäyttäjän äänihäiriöille erityisesti tilanteissa, jossa ääntä käytetään ammatillisista syistä jatkuvasti suuressa taustahällyssä sekä tilanteissa, joissa taustameteli on niin suurta, että äänenkäyttäjä menettää äänensä kontrollin (Titze 2000, 352; Vilkmán 2000).

2.1 Ääniammattiryhmät

Timmermans, De Bodt, Wuyts, Boudewijns, Clement, Peeters, ja Van de Heyning (2002) käyttivät tutkimuksessaan Koufman & Isaacsonin [1999] määrittelemiä ääniammattiryhmiä. Näistä ensimmäinen ammattiryhmä on eliittiäänenkäyttäjät kuten laulajat ja näyttelijät. Eliittiäänenkäyttäjille on tunnusomaista, että pieninkin häiriö äänentuotossa haittaa huomattavasti ammatissa toimimista. Toinen ryhmä eli ammattiäänenkäyttäjät ovat esimerkiksi radio- tai tv-toimittajia, puhujia tai puhelinkeskuksen hoitajia. He tarvitsevat ääntään jokapäiväisessä työssään ja äänentuoton häiriintyessä myös työnteko kärsii. Pienimmät häiriötilanteet eivät kuitenkaan estä tehtävästä suoriutumista. Kolmas ryhmä ovat sellaiset ammatit, joissa tarvitaan jonkin verran ääntä, mutta joissa äänentuottovaikeudet eivät juuri estä työn suorittamista, ellei kyse ole vakavista häiriöistä. Tällaisia ammattiryhmiä ovat esimerkiksi teatteriohjaajat. Neljänteen ammattiryhmään kuuluvat ne ammatit, joissa ei käytetä ääntä lainkaan, ja joista pystyy suoriutumaan vakavankin äänihäiriön kohdatessa. (Timmermans ym. 2002.)

2.2 Äänenkäyttö- ja voimistustarve eri ääniammattiryhmissä

Ammattiäänenkäyttäjistä opettajien äänet kuormittuvat työssä muita ammattiryhmiä yleisemmin (Titze, Lemke & Montequin 1997; Verdolini & Ramig 2001; Villanueva-Reyes 2009). Äänen rasittumisen kannalta muita riskiammatteja ovat muun muassa papit, laulajat, sosiaalityöntekijät ja asianajajat (Verdolini & Ramig 2001). Opettajien ääntä kuormittavia tekijöitä ovat runsaan ja pitkäaikaisen äänenkäytön lisäksi muun muassa akustiset olosuhteet ja taustahäly, jotka vaikuttavat äänenvoimakkuuteen ja -korkeuteen. Työpaikan kuiva, pölyinen tai homeinen ilmanlaatu voi puolestaan vaikuttaa äänihuulivärähtelyyn tehden näin äänentuotosta työlästä. (Vilkmán 2004.) Pappien työnkuvaan kuuluu puhumisen lisäksi usein myös laulamista, mikä voi lisätä päivittäistä

äänien kuormittumista. Hagelberg & Simbergin (2014) kyselytutkimuksessa 18,9 % papeista koki äänentuottovaikeuksiensa lisääntyneen laulussa. Vaihteleva työympäristö on pappien äänille haasteellinen: ääntä käytetään ulkona, taustahälyssä ja äänen täytyy kuulua pitkän matkan päähän. (Hagelberg & Simberg 2014.) Äänenvoimistamisen tarve on erityisen suuri sotilailta, urheiluvalmentajilla ja fitness-ohjaajilla, joiden työympäristö on hälyinen ja joiden täytyy huutaa suurien etäisyyksien päähän. Nämä ammattiryhmät ovat myös alttiita äänihäiriöille sekä ympäristötekijöiden että heikon äänikoulutuksen takia. (Long, Williford, Scharff Olson & Wolfe 1998; Dion, Miller, Ramos, O'Connor, Howard 2012; Fellman & Simberg 2016.)

Näyttelijöiltä vaaditaan tavallista monipuolisempaa äänenkäyttöä: näyttelijän täytyy pystyä ilmaisemaan rajujakin tunteita ja väkivaltaa äänellään huudosta kirkumiseen (Ufema & Montequin 2001; Cazden 2016). Laulajilta puolestaan vaaditaan huomattavasti tarkempaa äänenkäytön hienosäätöä kuin puhujilta. Heidän täytyy pystyä säätelemään sävelkorkeutta ja äänenvoimakkuuttaan musiikin mukaisesti, mikä vaatii erityistä kehon hallintaa (Sundberg 1990). Laulajat ja näyttelijät vaativat äänelimistöltään paljon, mikä altistaa heidät äänihäiriöille. Esiintymistä ei peruuteta helpolla: ääntä halutaan käyttää silloinkin, kun lepo olisi tärkein hoitokeino. Toisaalta, vaikka laulaja tai näyttelijä hallitsisi äänentuottotekniikkansa erinomaisesti omassa työssään, hänellä saattaa olla puutteita muilla äänenkäytön osa-alueilla, mikä myös altistaa häiriöille. Stemple, Glaze & Klaben (2010, 302–303) ovat verranneet eliittiäänenkäyttäjiä huippu-urheilijoihin: siinä missä huippu-urheilijat joutuvat lepäämään vammauduttuaan, laulajat ja näyttelijät jatkavat toimintaansa. Sama ilmiö toistuu myös ammattiäänenkäyttäjillä, kuten opettajilla, myyntihenkilöillä, asiakaspalvelijoilla tai papeilla. Äänentuoton ammatilliset ja sosiaaliset tarpeet tulisikin ottaa huomioon äänen hoidossa, huoltamisessa ja harjoittamisessa. (Stemple ym. 2010, 302–303.)

3 ÄÄNENTUOTON PERUSTEET

Ääni syntyy äänilähteessä, kun siihen kohdistuu riittävästi ulkopuolista energiaa, joka saa sen värähtelemään. Tämän seurauksena ilmamolekyylit alkavat liikkua edestakaisin toisiaan lähestyen ja toisistaan erkaantuen. Kun ilmanpaineen vaihtelu on riittävän suurta ja nopeata, se saavuttaa taajuuden, jonka voimme kuulla äänenä. (Suomi 1990, 13–26; Laukkanen & Leino 2001, 67.)

3.1 Ääniaalto

Ilmamolekyylien toistuva liike on ilmanpaineen vaihtelua ajassa, jota voidaan kuvata aaltoliikkeellä, jota kutsutaan ääniaalloksi. Ääniaallosta voidaan mitata sen amplitudi, eli ääniaallon laajuus, jonka perusteella saamme kuulohavainnon äänenvoimakkuudesta. Ääniaaltojen paineenvaihtelun jaksojen määrä sekunnissa kertoo ääniaallon frekvenssin eli taajuuden, mikä tarkoittaa kuulijan näkökulmasta äänenkorkeutta. Äänen fysikaalinen taajuus ilmaistaan hertseinä (Hz). (Suomi 1990, 13–26.)

Ääni voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: yksinkertaisiin, jaksollisiin siniääniin tai komplekseihin ääniin. Kompleksit äänet voivat olla joko jaksollisia eli periodisia, joissa ääniaalto muodostuu monimutkaisista toistuvista liikkeistä tai jaksottomia eli epäperiodisia ääniä, joiden ääniaallossa ei ole havaittavissa säännöllisesti toistuvaa liikettä. Epäperiodiset äänet havaitaan yleensä hälynä, jonka sävelkorkeudesta ei saa selvää. (Suomi 1990, 26–46; Laukkanen & Leino 2001, 68–74.)

3.2 Äänenvoimakkuuden mittayksiköt

Äänenvoimakkuutta voidaan ilmaista useilla eri mittayksiköillä. Ääniaallon laajuus eli amplitudi kertoo ilmanpaineen vaihtelusta ja suuresta vaihtelusta seuraa voimakas ääni. Paineamplitudi, eli voiman määrä pinta-alaa kohden ilmaistaan dyne-yksiköllä per senttimetri (dyne/cm^2). Intensiteetti liittyy äänen tehoon, eli työn määrään tiettyssä ajassa. Tehon yksikkö on watti (w), ja kun se kohdistuu tiettyyn pinta-alaan, sitä kutsutaan intensiteetiksi. Intensiteetti voidaan siis ilmaista wattien määränä per neliösenttimetri (w/cm^2). Intensiteetti voidaan laskea potenssilaskulla

amplitudista: amplitudin kaksinkertaistuessa intensiteetti nelinkertaistuu. Vastaavasti amplitudi voidaan laskea intensiteetistä neliöjuurella. Intensiteetti ja amplitudi ovat numeerisesti ilmaistuna kuitenkin hankalia käsittää, sillä esimerkiksi lähellä korvan kipukynnystä olevan äänen intensiteetti on noin $0,0001 \text{ w/cm}^2$, joka lukuna ei havainnollista äänenvoimakkuutta. (Suomi 1990, 55–58.)

Desibeli (dB) on yleisesti käytetty äänenvoimakkuuden mittayksikkö, joka on belin kymmenesosa. Se voidaan laskea myös intensiteetistä tai amplitudista logaritmikaavan avulla. Desibeli on suhdeluku, joka ilmaisee, kuinka monta desibeliä tietty ääni on heikompi tai voimakkaampi kuin toinen. Silloin kun vertailukohdetta ei mainita, vertailuäänenä on käytetty sopimukseen perustuvaa nollakohtaa ($0,0002 \text{ dyneä/cm}^2$), joka on tuskin kuultavissa oleva ääni. Kun vertailukohtana on edellä mainittu nollakohta, äänenvoimakkuutta ilmaistaan termillä SPL, joka tulee sanoista *sound pressure level* eli äänenpainetaso. SPL ilmaistaan siis desibeleinä. (Suomi 1990, 58–61.)

Arjen äänistä esimerkiksi keskustelu noin metrin etäisyydeltä on äänenpainetasoltaan 60 desibeliä. Lentokoneen suihkumoottorin ääni kiitoradalla on 120 desibeliä, joka on juuri korvan kipukynnyksellä (Suomi 1990, 63). Normaali puhevoimakkuus on 40 cm:n etäisyydeltä mitattaessa noin 60–70 desibeliä, voimakas puhe on noin 80–90 desibeliä. Huutaessaan ihmiset yltävät 110–120 desibeliin. (Laukkanen & Leino 2001, 41.)

Amplitudi, intensiteetti ja desibeli ovat kaikki voimakkuuden mittayksiköitä, mutta eivät tosiasiaassa kerro sitä, miten kuulemme eri voimakkuudet. Kuuloherkkyytemme on yhteydessä kuultavaan taajuuteen, eli sävelkorkeuteen. Kokonaisuudessaan kuulemme ääniä 20–16 000 hertsin alueella, mutta havaitsemme parhaiten 2000–5000 hertsin alueella olevat äänet. Tämä vaikuttaa siihen, ettemme aina pysty vertailemaan, onko joku ääni voimakkaampi kuin toinen, sillä kuuloalueemme määrittelee subjektiivista kokemustamme äänen kuuluvuudesta. Subjektiivista äänenvoimakkuuden havaitsemista ilmaistaan soneina. Desibelien lailla soni on suhdeluku, jota verrataan sovittuun vertailuääneen, jonka mitta on yksi soni. Tällöin esimerkiksi vertailuääntä kaksi kertaa voimakkaammalta kuulostava ääni on kaksi sonia. (Suomi 1990, 176–178.)

3.3 Ihmisäänen synty ja resonanssi

Yksinkertaistetusti selitettynä ihmisääni syntyy, kun sisään hengitetty ilma virtaa keuhkoista äänihuulten kautta ulos ja alkaa resonoida ääniväylässä. Ääniväyläksi kutsutaan putkimaista väylää joka alkaa äänihuulista ja päättyy huuliin (Laukkanen & Leino 2001, 61). Aikoessamme tuottaa

ääntä äänihuulet lähentyvät toisiaan kohden. Keuhkoista ulos virtaava ilma kohtaa äänihuulten kohdalla kapeikon, jota kutsutaan ääniraoksi ja Bernoullin efektin seurauksena äänihuulet imeytyvät yhteen paineen laskiessa ääniraossa. Äänihuulten ollessa yhdessä supraglottaalinen eli äänihuulten yläpuolinen paine laskee, samalla kun äänihuulten alainen eli subglottaalinen ilmanpaine nousee. Äänihuulten alaisen paineen noustessa tarpeeksi suureksi äänihuulten on jälleen pakko etääntyä toisistaan, jolloin ilmaa pääsee virtaamaan äänihuulten yläpuolelle ja äänihuulten yläpuolinen paine nousee. Ilman virratessa jälleen ääniraon kautta paine laskee, ja äänihuulet vetäytyvät takaisin yhteen. Edellä mainittu ilman virtauksen sekä paineenvaihtelun seurauksena syntynyt tapahtumaketju on äänihuulivärähtelyä. (Suomi 1990, 68–69; Laukkanen & Leino 2001, 35–36; Sundberg 2001, 24–25.)

Ihmisiäni on kompleksista periodista ääntä, josta voidaan analysoida erilaisin menetelmin useita yhtäaikaista siniääniä eli sinikomponentteja. Näitä kutsutaan äänen osasäveliksi, joista taajuudeltaan pienin on perustaajuus eli F_0 , joka havaitaan äänenkorkeutena. Perusäänen yläpuolella olevia osasäveliä kutsutaan myös yläsäveliksi. (Suomi 1990, 26–46; Laukkanen & Leino 2001, 68–74.)

Resonanssi on myötävärähtelyä, joka syntyy siitä, kun äänilähde alkaa värähdellä ja saa värähtelyllään myös toisen kappaleen liikkeeseen, jolloin perkeptuaalisesti havaittu ääni voimistuu (Suomi 1990, 51; Laukkanen & Leino 2001, 75). Ihmisäänessä ääniväylä toimii resonaattorina, joka voimistaa äänilähteessä eli äänihuulissa syntyvää ääntä (Titze 2000, 255; Laukkanen & Leino 2001, 75; Sundberg 2001, 22–32). Ääniväylä vahvistaa tiettyjä taajuuksia paremmin kuin toisia. Näitä taajuuksia kutsutaan formanteiksi. Äänilähteessä syntyvä kompleksinen ääni vahvistuu, kun äänen taajuus osuu samaan formanttitaajuuteen. Mikäli syntyvä ääni ei osu lähelle formanttia, se vaimenee. Formantit numeroidaan matalimmasta korkeimpaan numerojärjestyksessä. Ihmisäänessä viidellä ensimmäisellä formantilla on eniten merkitystä: kaksi alinta formanttia eli F_1 ja F_2 vaikuttavat kuulohavaintoomme vokaalista, kun taas formantit F_3 – F_5 muodostavat äänenvärimme. (Laukkanen & Leino 2001, 75–76; Sundberg 2001, 22–37.)

3.4 Äänihuulten rakenne ja äänihuulimassan toiminta

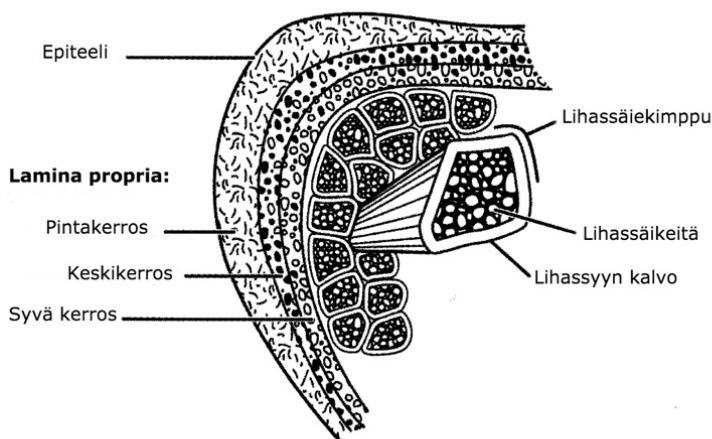
Äänihuuli koostuu viidestä eri kerroksesta, joista ylimpänä on epiteelikerros. Tämän alla kolmiosainen tukikerros eli *lamina propria*, jonka alapuolella on varsinainen äänihuulilihas (Hirano 1977, 14–15; Titze 2000, 16–17; Laukkanen & Leino 2001, 33–34; Titze & Verdolini

Abbott 2012, 42–46). Äänihuulten kerrosten jaottelu auttaa ymmärtämään niiden eri tehtäviä ja tätä kautta äänihuulten ominaisuuksia.

Epiteeli on ohutta, kerrostunutta ja suomumaista ihoa, joka toimii äänihuulen ”kuorena”. Epiteelin alapuolella on limakalvoa, jota kutsutaan lamina propriaksi. Se rakentuu kolmesta kerroksesta, joista pintakerros koostuu elastisesta proteiinirakenteisesta kuidusta. Tämä joustava kudus mahdollistaa äänihuulten kuminauhamaisen venymisen. Lamina proprian keskikerros koostuu elastisista kuiduista ja kollageenista. Syvä kerros poikkeaa edeltävistä joustavista kerroksista ja koostuu pääosin kollageenikuiduista, jotka tekevät kerroksesta joustamattomamman kuin edeltävistä kerroksista. Kaikista alimpana on äänihuulilihas, joka myös joustaa, mutta on elastisuudeltaan jäykempi kuin ylemmät kerrokset. (Hirano 1977, 14–16; Titze 2000, 16–17; Titze & Verdolini Abbot 2012, 42–46.)

Koska äänihuulten kerroksilla on erilaisia ominaisuuksia, joissakin konteksteissa kerroksia on mielekästä käsitellä suurempina kokonaisuuksina kuin mitä edellä kerrottiin. Mekaanisilta ominaisuuksiltaan äänihuulten kerrokset jaetaan limakalvoon, äänijänteeseen ja äänihuulilihakseen. Tällöin äänihuulten limakalvo-osuuden muodostavat epiteeli ja lamina proprian pintakerros, eli elastisimmat kerrokset. Lamina proprian hieman jäykemmät keski- ja syvä kerrokset muodostavat äänijänteen. Kolmas kerros on äänihuulilihas. (Hirano 1977, 21; Titze 2000, 16–17; Titze & Verdolini Abbot 2012, 45–46.)

Funktionaalisesta näkökulmasta äänihuulten kerroksia voidaan myös katsoa kahden kerroksen näkökulmasta, ja tällöin puhutaan ydin–kuori -rakenteesta (*body-cover*). Kuori muodostuu epiteelistä sekä lamina proprian pinta- ja keskikerroksesta, ja ydin muodostuu syvästä kerroksesta ja äänihuulilihaksesta. (Titze 2000, 16–17; Titze & Verdolini Abbott 2012, 45–46.)



KUVIO 1. Oikeanpuoleisen äänihuulen rakenne, poikkileikkaus edestäpäin. Epiteeli ja pintakerros muodostavat äänihuulen limakalvo-osuuden ja äänijänne muodostuu keski- ja syvästä kerroksesta. Ydin-kuori -näkökulmassa kuori muodostuu epiteelistä ja pinta- ja keskikerroksesta, ja ydin syvästä kerroksesta ja äänihuulilihaksesta. (Titze & Verdolini Abbott 2012, 42–46; suomennokset Bianca Hösli).

3.5 Äänen perustaajuus ja korkeudensäätely

Äänen perustaajuus (F_0) kertoo äänihuulivärähtelyjen määrän sekunnissa, ja se ilmaistaan hertseinä (Hz). Kun ääntä tuotetaan 200 hertsissä, se tarkoittaa sitä, että äänihuulet värähtelevät toisiaan vasten 200 kertaa sekunnissa. Äänen perustaajuus määrittelee havaitsemamme äänenkorkeuden eli sävelkorkeuden. Perustaajuuden kasvaessa perkeptuaalinen äänenkorkeus nousee. (Laukkanen & Leino 2001, 41–42.)

Äänenkorkeutta säädellään ensisijaisesti venyttämällä kurkunpäässä sijaitsevia äänihuulia (Titze 2000, 217). Mitä korkeampaa ääntä tuotetaan, sen jäykemmiksi äänihuulet muuttuvat venyessään. Matalia ääniä tuotetaan lyhyillä ja paksuilla äänihuulilla. (Sundberg 2001, 72.) Äänihuulten etuosa kiinnittyy kurkunpäässä kilpirustoon ja takaosa kannurustoihin. Kurkunpään rustot kiinnittyvät toisiinsa lihaksilla, jotka supistuessaan vaikuttavat myös rustojen asentoon. Äänihuulten venymisen kannalta erityisen tärkeässä roolissa on rengasrusto-kilpirustolihas, jota kutsutaan myös CT-lihakseksi (lyhennys sanasta *cricothyroid*). CT-lihas saa kilpiruston kallistumaan eteenpäin ja näin äänihuulet venyvät. Kilpirusto-kannurustolihas, jota kutsutaan TA-lihakseksi (lyhennys sanasta *thyroarytenoid*), lyhentää äänihuulia supistuessaan. (Titze 2000, 12, 218–219.) Äänihuulia voidaan pidentää myös kääntämällä kannurustoja taaksepäin, jolloin myös äänihuulet venyvät

taaksepäin. Korkeudensäätelyssä käytetään usein molempia toimintoja: sekä CT-lihaksen aiheuttamaa kilpiruston kallistusta eteenpäin, että kannurustojen kääntymistä taaksepäin. Rustojen liikkeet ja äänihuulia venyttävien lihasten aktiivisuus vaikuttavat muun muassa käytettävään äänihuulimassaan, äänihuulten venymiseen ja sen myötä äänenkorkeuteen sekä äänenlaatuun. (Sundberg 2001, 26–30, 72, 83–86.)

Yksi tapa säädellä äänenkorkeutta on subglottaalisen paineen lisääminen. Tästä seuraa sekä äänenkorkeuden nousemista että äänen voimistumista. (Sundberg 2001, 28–29.) Titze (1989) tutki subglottaalisen paineen, äänenkorkeuden ja äänihuulten pituuden yhteyttä modaalirekisterissä. Ääntä voimistettaessa perustaajuus kasvoi noin 2–6 hertsiä subglottaalisen paineen noustessa yhden vesisenttimetrin (cm H₂O) verran. Ilmiöllä on kuitenkin omat rajoitteensa: modaalirekisterin yläosassa paineen lisäämisellä ei ole merkittävää vaikutusta taajuuteen. (Titze 1989.) Sundberg (2001, 58) toteaaakin, että puhekorkeuden säätely subglottaalista painetta lisäämällä on varsin tehoton tapa, joka käytännössä johtaa ainoastaan voimakkuuden kasvamiseen. Mikäli äänenkorkeutta halutaan säätää lisäämättä äänenvoimakkuutta, se tulee tehdä kurkunpääntason lihastyöllä ilmanpaineen lisäämisen asemesta (Sundberg 2001, 29).

Subglottaalisella paineella hallitaan kuitenkin sävelkorkeuksia klassisessa laulussa. Korkeille taajuuksille pääseminen edellyttää äänihuulten jäykistymistä ja venymistä. Jäykistyessään äänihuulet tarvitsevat suurehkon kynnyspaineen aloittaakseen värähtelyn. Korkeita ääniä tavoiteltaessa tarvitaan suurempaa painetta kuin matalissa äänissä. Tarkka paineenhallinta on myös edellytyksenä sävelpuhtauden kontrolloimisessa. (Sundberg 1990.)

3.6 Äänihuulimassan värähtelytavat

Äänihuulimassa kuvaa sitä, millä syvyydellä äänihuulten kerrokset osallistuvat äänihuulivärähtelyyn (Titze 2000, 213). Äänihuulivärähtely on rullaavaa liikettä, joka alkaa alhaaltapäin. Bernoullin efektin seurauksena äänihuulimassan alin osa imeytyy ensin yhteen, tämän jälkeen äänihuulten yläosat sulkeutuvat vuorostaan samalla kun alaosa vähitellen avautuu. Kuitenkin kuulemamme äänenlaatu saattaa vaihdella, mikä johtuu kurkunpään lihasten monipuolisesta muuntautumiskyvystä. Äänihuulivärähtelyä on monenlaista, eivätkä äänihuulet aina värähtele koko syvyydeltään tai pituudeltaan. (Sundberg 2001, 83–86.)

3.6.1 Rekisterit

Äänen rekisterit viittaavat äänenlaatueroihin, jotka ovat perkeptuaalisesti havaittavissa. Rekisterit havaitaan yleensä niiden vaihdoksista: äänenkorkeuden tai voimakkuuden muuttuessa myös äänenlaatu saattaa muuttua äkillisesti joko tarkoituksella tai tahtomatta. (Titze 2000, 282–283, Sundberg 2001, 70.) Sekä puhe- että lauluäänen tutkimuksissa on tunnistettu rekistereiden olemassaolo, mutta niille on annettu erilaisia käsitteitä, mikä voi aiheuttaa hämmennystä (Sundberg 2001, 70). Tässä tutkimuksessani käytän puheäänen osalta vakiintuneita rekisterikäsitteitä: narina-, modaali- ja falsettirekisteri (Titze 2000, 281).

Fysiologisesta näkökulmasta rekistereihin vaikuttaa eri korkeuksilla käytettävän äänihuulimassan värähtelyvyvyys. Matalissa taajuuksissa, kuten puhealueella, äänihuulet ovat lyhyemmät ja äänihuulimassa värähtelee rennosti koko syvyydeltään. Tästä värähtelystä seuraavaa vahvaa ja täyteläistä äänenlaatua kutsutaan modaalirekisteriksi. Äänenkorkeuden noustessa äänihuulten värähtelyvyvyys vähenee, kunnes korkeimmissa taajuuksissa ainoastaan äänihuulten pintaosa (kuori) värähtelee jäykässä ja venyneessä tilassa. Tämä tuottaa ohuen ja kevyen äänen, jota kutsutaan falsettirekisteriksi. (Titze 2000, 224–226, 281–291.)

Tuotettaessa ääntä tarpeeksi matalalta, noin 70 hertsin alapuolelta, äänihuulitoiminto muuttuu jälleen. Äänihuulet eivät värähtele enää yhtäjaksoisesti, vaan ääni kuulostaa katkeilevalta. Tätä kutsutaan narinarekisteriksi. (Titze 2000, 283–284.) Narinarekisterin käyttö on tyypillistä silloin, kun puhuja puhuu oman soivan puhealueensa ulkopuolelta, toisin sanoen liian matalalta. Tällöin subglottaalinen paine jää hyvin alhaiseksi, ja äänihuulivärähtely muuttuu niin hitaaksi, että kuulemme sen narinana. (Sundberg 2001, 105.)

Rekisterinvaihdokset kuuluvat, kun siirryttäessä matalilta korkeille taajuuksille äänihuulitason säätely ei tapahdukaan asteittain ja hallitusti, vaan siirtymä tapahtuu äkillisesti. Laulussa, kuten jodlauksessa tai kantrimusiikissa rekisterinvaihdokset ovat tarkoituksellisesti tehtyjä ja taitavat laulajat pystyvät hallitsemaan tämän ilmiön. Kuitenkin tahattomasti esiintyessään rekisterinvaihdokset saattavat rajoittaa ilmaisua. (Titze 2000, 224–226, 281–291.)

3.6.2 Ääntöbalanssi

Ääntöbalanssi kuvaa äänihuulten värähtelytapaa ilman virratessa ääniraon läpi. Äänentuotto voi olla joko balanssissa tai hypo- tai hyperfunktionaalista. Ääntöbalanssi toteutuu, kun adduktio eli äänihuulikontakti on sopivassa suhteessa subglottaalisen paineen kanssa. Äänihuulivärähtelyn laatu vaikuttaa olennaisesti perkeptuaalisesti havaittavaan äänenlaatuun ja -voimakkuuteen. (Laukkanen & Leino 2001, 187–188.)

Hypofunktionaalisuus tarkoittaa huokoista äänenlaatua, jossa äänihuulten lähentäjät eli adduktorit eivät toimi kunnolla. Lopputuloksena on tyypillisesti hento ja pehmeä sointi. (Laukkanen & Leino 2001, 107–108.) Äänihuulet voivat jäädä takaosastaan auki, jolloin kyseinen osa äänihuulista ei värähtele äänentuotossa ollenkaan ja ilmaa pääsee virtaamaan vapaasti avoimesta takaosasta. Tämä funktio aiheuttaa ylimääräistä hälyä tai kohinaa ääneen. Toinen hypofunktion muoto on se, että äänihuulet eivät kokonaisuudessaan värähtele kunnolla toisiaan vasten. Kummassakin edeltävässä tapauksessa on kuitenkin kuultavissa myös soivaa ääntä, sillä äänihuulet värähtelevät osittain toisiaan vasten. (Sundberg 2001, 84–86.) Hyperfunktionaalisessa äänentuotossa adduktorit ovat liian aktiiviset ja ne puristavat äänihuulia kireästi yhteen. Hyperfunktionaalinen ääni voi kuulostaa voimakkaalta mutta samalla myös kireältä. (Laukkanen & Leino 2001, 107–108.)

3.7 Äänenvoimakkuuden säätäminen

Titzen (2000, 243) mukaan äänenvoimakkuuteen voidaan vaikuttaa kolmella tavalla: subglottaalisen paineen lisäämisellä, äänihuulitason lihastoiminnan säätämällä ja ääniväylän asetusten muuttamisella eli formanttituunauksella. Äänenvoimakkuutta säädetään ensisijaisesti subglottaalisella paineella, joka vaikuttaa äänihuulten värähdysliikkeen laajuuteen eli amplitudiin (Sundberg 2001, 69). Subglottaalisen paineen kasvaessa äänihuulivärähtelyn amplitudi kasvaa, mikä aiheuttaa äänen perustaajuuden passiivisen nousemisen (Titze 2000, 232–233). Myös äänihuulitoimintaa säätelevät lihakset mukautuvat voimistustarpeeseen: tuottaessa voimakasta ääntä modaalirekisterissä pääosa aktiviteetista on äänihuulilihaksella, kun taas korkeissa äänissä falsettialueella voimistamista säädellään pääosin ilmapirtauksella (Hirano, Vennard & Ohala 1970, 17). Modaalirekisterissä äänihuulten koko syvyydeltä tapahtuva värähtely mahdollistaa suuren amplitudin ja tekee näin äänestä perkeptuaalisesti täyteläisen kuuloisin (Titze 2000, 200, 227–229).

Resonanssin hyödyntäminen ääntä voimistettaessa toimii megafonin lailla: ääniväylämme vahvistaa sellaisia yläsäveliä, jotka osuvat lähelle formantteja, ja kuulemamme ääni voimistuu. Klassisessa laulussa ja teatteripuheessa käytetään niin sanottua formanttituunausta, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa perustaajuus F_0 on korkea ja yläsävelet osuvat täsmälleen formanttiin. (Titze 2000, 255–257.) Tähän voidaan vaikuttaa muuttamalla muun muassa kurkunpään korkeutta, kielen ja huulten asentoa sekä avaamalla leukaa. (Sundberg 1977; Acker 1987). Titzen (2000, 258) mukaan formanttituunauksella ei ole kuitenkaan merkitystä puheessa tai matalassa laulussa, sillä puhealueellamme äänilähteen tuottamat yläsävelsarjat ovat luonnostaan lähellä formantteja. Tästä huolimatta ääniväylällämme on merkitystä voimakkaan äänen tuottamisessa: suurehko subglottaalinen paine parantaa äänihuulten sulkeutumistapaa siten, että äänilähteessä syntyvällä äänellä on jo lähtökohtaisesti rikkaammat yläsävelsarjat. Ääniväylä vahvistaa näitä yläsäveliä, jolloin saadaan voimakasta ääntä aikaiseksi. (Titze 2000, 258.)

Puhujilla on taipumus käyttää perustaajuuden nostoa voimistuskeinonaan (Titze 2000, 237; Sundberg 2001, 76; Alku, Vintturi & Vilkmán 2002). Alkun ym. (2002) tutkimuksen mukaan äänenkorkeuden nousu huudossa ei aina olisikaan passiivista seurausta subglottaalisen paineen nousemisesta. Niin ikään huutovoimakkuutta ei heidän mukaansa aina säädeltäisi aktiivisesti glottaalisella tasolla tai formanttituunauksella. Heidän kehittämänsä metodin avulla he saivat eriteltyä äänenvoimakkuuteen vaikuttaneet tekijät toisistaan ja tutkittua näin perustaajuuden nostamisen vaikutusta äänenvoimakkuuteen. Kun muut äänenvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät suljettiin pois, tutkimustulokset osoittivat, että joissakin tilanteissa huutovoimakkuutta säädeltiin tarkoituksellisesti ainoastaan äänenkorkeutta nostamalla. Tämä lisää akustista energiaa, joka nostaa intensiteettiä. (Alku ym. 2002.) Samaan ilmiöön perustuu myös se, että miksi lasten äänet kuuluvat niin voimakkaina, vaikka heillä on vähemmän keuhkokapasiteettia ja pienempi kurkunpää kuin aikuisilla. Aikuisia noin oktaavia korkeammalta puhuvat lapset saavat noin 8–9 desibelin voimistusedun äänenkorkeuden takia. (Titze 2000, 198.)

3.8 Äänenlaatu

Äänenlaatua voidaan määritellä suppeimmillaan äänihuulitason lihastoiminnan perusteella. Tällöin ääntä määritellään äänihuulikontaktin tiiviiden perusteella esimerkiksi vuotoiseksi, tiiviiksi, metalliseksi tai puristeiseksi. Vuotoinen ääni on hypofunktionaalisesti tuotettua ääntä, jossa äänihuulet eivät värähtele täydellisesti toisiaan vasten. Tällainen ääni voi kuulostaa pehmeältä. Tiivis ääni toteutuu ääntöbalanssin toteutuessa: kun äänihuulten lihastyö suhteessa subglottaaliseen

paineeseen on sopiva, äänirako sulkeutuu täydellisesti ja syntyy vuolas ääni. Äänenlaatu muuttuu metalliseksi puristettaessa äänihuulia tiukemmin yhteen. Liian tiukka äänihuulikontakti voi kuitenkin johtaa puristeiseen eli hyperfunktionaaliseen ääneen. (Laukkanen & Leino 2001, 56, 187–188.)

Laajimmillaan äänenlaatu voidaan käsittää kuulohavaintona, joka on seurausta kaikista kurkunpään ja ääniväylän fysiologisista tapahtumista. (Laver 1980; Titze 2000; Laukkanen & Leino 2001; Sundberg 2001.) Äänestä voidaan havaita korkeus, voimakkuus, äänne ja äänenlaatu. Titze (2000, 281) pitää käytettävää rekisteriä huomattavimpana tekijänä, joka vaikuttaa kuulohavaintoomme äänenlaadusta. Modaali-, falsetti- ja narinarekisterit ovat tunnistettavissa selkeinä äänenlaatueroina, jotka syntyvät joko tarkoituksella tai tahattomasti. (Titze 2000, 281.) Akustisesta näkökulmasta äänenlaatuun vaikuttavat formantit F_3 – F_5 eli äänen resonoiminen. Siihen voidaan vaikuttaa muokkaamalla ääniväylän asetuksia esimerkiksi nostamalla tai laskemalla kurkunpäättä, vaihtamalla huulien ja kielen asentoa tai säätämällä äänihuulitason lihastoimintaa. (Laver 1980; Titze 2000; Laukkanen & Leino 2001; Sundberg 2001.)

Kurkunpäättä voidaan laskea esimerkiksi haukotuksen tunnetta hakemalla (Laukkanen & Leino 2001, 124; Sundberg 2001, 168–169; Sadolin 2009, 163; Titze & Verdolini Abbott 2012, 344). Tämän seurauksena ääniväylä pitenee, mikä vahvistaa väylän matalia taajuuksia, ja ääni tummenee. Vastaava akustinen muutos saadaan myös pyöristämällä huulia tai työntämällä niitä eteenpäin. (Fant 1960, 63–64.) Korkea kurkunpään asema puolestaan lyhentää ääniväylää kirkastaen äänenlaatua (Fisher 1975, 90–94; Laver 1980, 29–31, Laukkanen & Leino 2001, 123–124; Sundberg 2001, 33–35). Kurkunpää nousee esimerkiksi nieltäessä (Laukkanen & Leino 2001, 124) tai lapsen ääntä matkittaessa (Sadolin 2009, 163). Myös hymyileminen kirkastaa sointia (Laukkanen & Leino 2001, 124, Titze & Verdolini Abbot 2012, 342). Kun kieli toimii artikuloitessa pääosin suun takaosissa, äänen sointi voi muuttua takaiseksi. Takaisuus tummentaa ääntä, kun taas liiallinen etisyys eli artikulointi aivan suuontelon etuosassa saattaa aiheuttaa lapsekkaan soinnin. (Fisher 1975, 124–125; Laukkanen & Leino 2001, 123–124, 205.)

Metallisuus on äänenlaatu, jota on kuvattu muun muassa läpituokevaksi (Berry 1973, 12) ja kimeäksi (Boone 1983, 225). Berryn (1973, 12) mukaan metallinen ääni kantaa hyvin esimerkiksi näyttämöllä, mutta se voi samaan aikaan antaa kuulijalle äänestä rajoittuneen vaikutelman, sillä siitä puuttuu lämpöä. Boonen (1983, 225) mukaan metallista ääntä voidaan käyttää tarkoituksella tilanteissa, joissa tarvitaan huomiota, mutta metallisuus voi olla myös voimakkaan jännitystilän

seurausta. Laukkasen & Leinon (2001, 56) mukaan metallinen ääni on terävä ääni, joka tuotetaan erittäin tiiviillä äänihuulikontaktilla, mutta sitä ei tulisi kuitenkaan sekoittaa puristeiseen ääneen. Myös ääniväylän muoto voi antaa metallisen äänivaikutelman. Hanayaman, Camargon, Tsujin & Pinhon (2009) mukaan metallista ääntä tuotetaan nostamalla kurkunpäättä, laskemalla pehmeätä kitalakea ja kaventamalla kurkunpään eteistä sekä nielun seinämää. Tällöin formantit F_2 , F_3 ja F_4 korostuvat ja äänen intensiteetti kasvaa. (Hanayama ym. 2009.)

Twang on kirkas ja läpitunkeva äänenlaatu, jota on käytetty muun muassa populaarimusiikissa (Kayes 2004, 121; Estill 2005b, 41; Sundberg & Thalén 2010). Kayesin (2004, 121) mukaan twangiä käytetään myös oopperalaulussa. Estill-metodissa twang erotetaan oopperalaulusta tai muista äänentuottotavoista omaksi äänenlaadukseen, joka on tehokas tapa saada ääni kuuluviin (Estill 2005b, 41–52). Titze (2001) yhdisti twangin hyvin resonoivaan ääneen, joka syntyy kurkunpään eteistä kaventamalla. Sittemmin Titze (2003) tarkensi, että twangille on ominaista myös kapea nielutila, korkea kurkunpään asema sekä äänihuulten pitkä kontaktiaika. Sadolin (2009, 51) määrittelee twangin funktionaalisesti kurkunpään eteisen kaventamiseksi. Hänen mukaansa äänentuotossa olisi aina kavennettava jonkin verran kurkunpään eteistä, jotta ääni toimisi optimaalisesti (Sadolin 2009, 51).

Twang-termiä käytetään siis erilaisissa yhteyksissä kuvailemaan joko sointia tai funktiota, mikä voi aiheuttaa hämmennystä (Sundberg & Thalén 2010). Yhtäläistä termin käyttäjille on kuitenkin twangin yhdistäminen voimakkaaseen ja läpitunkevaan ääneen sekä kurkunpään eteisen kaventamiseen (Titze 2001; Titze 2003; Kayes 2004, 121; Estill 2005b, 41; Sadolin 2009, 51; Sundberg & Thalén 2010). Kurkunpään eteisen kaventaminen on liitetty myös muihin voimakkaisiin äänenlaatuihin kuten belttaukseen ja oopperalauluun (Yanagisawa, Estill, Kmucha & Leder 1989). Titzen (2001) mukaan kurkunpään eteistä kaventamalla saadaan aikaiseksi eräänlainen trumpettiefekti, joka korostaa F_1 -formanttia, mikä parantaa äänen kuuluvuutta.

3.9 *Perturbaatiot äänessä*

Äänihuulivärähtelyn taajuudessa ja amplitudissa on aina jonkin verran vaihtelua, sillä kehon sisäiset äänet näkyvät myös mitatussa ääniaallossa. Äänihuulivärähtelyssä esiintyvää häiriötä kutsutaan perturbaatioksi. Tämä on kuitenkin vähäistä, eikä vaikuta häiritsevästi äänenlaatuun. Kun häiriö muuttuu patologiseksi, sitä kutsutaan poikkeamaksi. Tällöin äänentuotto ei ole enää

kontrolloitua. Äänihuulivärähtelyn periodikohtaista taajuusvaihtelua kutsutaan jitteriksi. Amplitudin vaihtelun yhteydessä puhutaan shimmeristä. (Titze 2000, 311–313.)

Perturbaatioiden syyt voivat olla neurologisia, biomekaanisia, aerodynaamisia tai akustisia. Kurkunpään lihasten toiminnassa saattaa esiintyä pieniä neurologisia häiriöitä, jotka aiheuttavat epätasaista sävelkorkeutta, äänenvoimakkuutta tai äänenlaatua. Tietty määrä epätasaisuutta kuuluu normaaliin äänentuottoon, mutta esimerkiksi joissain neurologisissa sairauksissa kuten Parkinsonin taudissa häiriö aiheuttaa äänen vapisemista. Äänihuulten epäsymmetrisyys tai toispuoleinen erilainen lihasjännitys ovat perturbaatioiden biomekaanisia syitä. Äänihuulet eivät värähtele tasaisesti, jos epäsymmetria on suurta tai jos toinen äänihuulista toimii mekaanisesti eri tavalla. Myös verenkierto voi vaikuttaa äänihuulten jäykkyyteen ja muotoon sekä sen myötä värähtelyn tasaisuuteen. Hengityselimistön toiminta voi aiheuttaa perturbaatioita pitkässä äännössä, kun ilmanpainetta ei pystytä enää pitämään tasaisena. Lisäksi artikulaattoreilla kuten kielellä, nenänportilla ja leualla on lihasten kautta yhteys kurkunpään toimintaan, ja näiden toiminta voi heijastua äänihuulivärähtelyyn. (Titze 2000, 316–320.)

Aerodynaamista perturbaatiota syntyy ilman liikkeestä ääniraon läpi. Jos ilmavirtaus on suurta eikä kurkunpään lihastyöskentely ole balanssissa suhteessa ilmamäärään, virtaus saattaa muuttua epävakaaksi ja aiheuttaa ylimääräistä hälyä ääneen, joka kuullaan vuotoisena äänenä. Kurkunpäässä on myös onteloita, joihin saattaa päätyä ruokaa. Ontelot toimivat resonaattoreina, ja ilman virratessa niihin päätynyt materiaali saattaa aiheuttaa korisevaa hälyääntä. Baken & Orflikoffin [1986] mukaan akustista perturbaatiota syntyy, kun ääniväylän muoto muuttuu nopeasti ja ääniraon akustinen paine vaihtuu sen myötä. Tämä aiheuttaa muutoksia äänihuulivärähtelyssä, mikä voi kuulua jitterinä tai shimmerinä äänessä. (Titze 2000, 320–321.)

3.10 Taloudellinen äänenkäyttö ja äänen voimistaminen

Taloudellinen äänentuotto voidaan kiteyttää sanontaan ”minimillä maksimia”. Tämä saavutetaan, kun mahdollisimman pienellä subglottaalisella paineella saadaan aikaiseksi mahdollisimman laajaa äänihuulivärähtelyä, toisin sanoen: pienellä paineella kuuluvaa ääntä. Äänen voimistamiseen tarvitaan normaalipuhetta suurempaa subglottaalista painetta, joka kasvattaa äänihuulivärähtelyn amplitudia. Tämän seurauksena myös äänenkorkeus nousee. (Titze 2000, 232–237.)

Äännön aikana ilman ulosvirtausta säädetään subglottaalisen paineen ja kurkunpään lihasten yhteistyöllä. Subglottaalisen paineen nouseminen lisää virtausta, mikäli muut ääniväylän olosuhteet kuten äänihuuliadduktio pysyvät muuttumattomina. Äänihuulten kontaktin laatu vaikuttaa virtaukseen: jos äänirako ei sulkeudu kokonaan äännössä, on odotettavissa, että ilmaa kuluu enemmän. Tällöin virtaus on suurta. Jos virtaus on erityisen pientä, äänentuotto voi olla hyperfunktionaalista. Virtaukseen vaikuttaa myös äänihuulten pituus, sillä pitkien äänihuulten kautta kulkee enemmän ilmaa kuin lyhyiden kautta. Voimakas äänenkäyttö tai sävelkorkeuden nostaminen voivat lisätä virtausta. On kuitenkin muistettava, että tällöin virtaus muuttuu vain, jos kurkunpään lihastoiminta ei muutu. On todennäköistä, että kurkunpään lihaksiston toiminta muuttuu tarpeen mukaan, ja näin virtaukseen ei välttämättä tule muutoksia sävelkorkeuden tai –voimakkuuden muuttuessa. (Sundberg 2001, 55–59.)

Äänihuulten värähtelytapa vaikuttaa sekä kuultavaan äänenlaatuun että -voimakkuuteen. Äänen voimistamisen kannalta hypofunktionaalinen äänentuotto ei ole optimaalista, sillä kiinteästä adduktiosta saadaan voimakkaampaa ääntä kuin huokoisesta. Taloudellisuuden kannalta hyperfunktionaalinen eli liian kireä äänihuulikontakti voi olla ääntä kuormittavaa ja aiheuttaa äänihäiriöitä. Ihanteellisimmassa tilanteessa voimistetun äänen saisi tuotettua pienellä, mutta tiiviillä äänihuuliadduktiolla. (Laukkanen & Leino 2001, 107–108.)

Taloudelliseen äänenkäyttöön liittyy olennaisesti optimaalinen puhekorkeus: ääntä on turha rasittaa puheäänialan ääri rajoilla, kun sitä pystyttäisiin tuottamaan pienellä lihastyöllä äänialan keskivaiheilla (Titze 2000, 236–237). Sopiva puhekorkeus löytyy mittaamalla matalin mahdollinen ääni ja laskemalla siitä 4–5 puolissävelaskelta ylöspäin (Titze 2000, 206). Laukkanen & Leino (2001, 151) mukaan keskimääräinen puhekorkeus normaalissa luennassa on 4–7 puolissävelaskelta matalimman äänen yläpuolella. Äänen perustaaajuus vaihtelee päivän mittaan esimerkiksi äänihuulten turvotuksen tai hormonitasapainon vaihdellessa. Aamuisin äänihuulet saattavat olla turvoksissa yön aikana kertyneestä nesteestä. Tästä syystä optimaalisen puhekorkeuden mittaustulos voi olla erilainen eri aikaan päivästä. (Laukkanen & Leino 2001, 150–151.)

Keskimääräisessä puhekorkeudessa on paljon kulttuurisia eroja, ja sillä saatetaan viestiä myös esimerkiksi statusta tai esimerkiksi pätevyyttä. Myös äänen kouluttaminen voi vaikuttaa käytettävään puhekorkeuteen: esimerkiksi yhdysvaltalaisilla laulajilla on hieman korkeampi puheääni kuin kouluttamattomilla äänenkäyttäjillä. (Laukkanen & Leino 2001, 101–102.) Titzen (2000, 237) mukaan miesten keskimääräinen puhekorkeus on noin 125 Hz ja naisten noin 200 Hz.

Suomalaisten naisopiskelijoiden keskimääräinen puhekorkeus on noin 194 Hz ja miesopiskelijoiden 110 Hz (Laukkanen & Leino 2001, 149).

Laaja dynaaminen vaihtelu on toivottavaa puheäänessä, mutta ääntä voimistettaessa sävelkorkeuden ei tulisi nousta yli oktaavia, jottei ääni kuormittuisi. Huutaessa ääni voi nousta jopa kaksi oktaavia normaaliäänien yläpuolelle, vaikka tätä pidetään epätoivottuna ilmiönä. (Laukkanen & Leino 2001, 146–149.) Liian korkea huutaminen voi myös antaa ristiriitaisen viestin: vakuuttavuuden asemesta korkeus saattaa ilmaista kontrollin menettämistä (Leino, Laukkanen, Ilomäki & Mäki, 2008). Toisaalta Titzen (2000, 237) mukaan subglottaalisen paineen seurauksena miesäänten perustajuus kasvaa vähintään 150 hertsiin. Sävelkorkeuden säädössä on myös huomioitava, että äänialan ääriarjoilla ei pystytä voimistamaan ääntä samalla tavoin kuin keskialalla, jolloin huutaminen vaikeutuu. Esimerkiksi matalia ääniä tuotettaessa liian korkea subglottaalinen paine häiritsee äänihuulivärähtelyä. Korkeilla taajuuksilla puolestaan äänihuulten jäykistyminen estää suuren värähtelyamplitudin. (Titze 2000, 263–264.) Tampereen yliopistossa on mitattu suomalaisten opiskelijoiden huutokorkeuksia ja -voimakkuuksia. Naisten perustajuus huudossa oli keskimäärin 504 hertsiä keskimääräisen SPL:n ollessa 108,8 desibeliä, kun taas miesten oli 338,5 hertsiä keskimääräisen SPL:n ollessa 110,4 desibeliä. (Leino ym. 2008.)

3.10.1 Äänen voimistamisen vaarat

Äänen voimistamisessa on omat vaaransa. Yksi yleinen tapa voimistaa ääntä puheessa ja laulussa on äänihuuliadduktion lisääminen aina puristeisuuteen asti. Koska äänentuotto vaatii nopeaa reagointia lihaksilta, tottumaton äänenkäyttäjät saattaa käyttää lihaksiaan tarpeettoman voimakkaasti, mikä johtaa hyperfunktionaalisuuteen. (Titze 2000, 275.) Puristeinen äänentuotto voi johtaa äänihäiriöihin, ja tästä syystä ääntä voimistaessa tulisi tavoitella ääntöbalanssia, jossa äänihuulikontakti on sopivassa suhteessa käytettävään ilmanpaineeseen (Titze 2000, 275; Stemple ym. 2010, 58).

Voimakas äänenkäyttö on liitetty erityisesti tiettyjen patologisten äänihäiriöiden, kuten äänihuulikyhmien, äänihuulipolyypin ja verenpurkauman syntymiseen (Titze 2000, 51; Herranz, Bouzas, Barro & Méndez 2010, 484; Stemple ym. 2010, 78–83). Äänihäiriöiden tarkkaa syntymistapaa ei tiedetä, mutta löydösten ja potilasprofiileiden perusteella on pystytty tekemään johtopäätöksiä syntymekanismeista. Esimerkiksi äänikyhmä esiintyy eniten naisilla, lapsilla ja tenoreilla, ja tämän perusteella on arveltu, että äänenkorkeudella eli äänihuulten

värähtelytiheydellä on osuutta asiaan. (Van Riper & Irwin 1958, 185–188; Mathieson, 2001.) Myös toistuva voimakas ja kontrolloimaton äänenkäyttötapa kuten huutaminen on liitetty kyhmyjen syntymiseen (Boone 1983, 46–50).

Äänihuulivärähtelyssä on kolme vaihetta: kontaktivaihe, avautumisvaihe ja avoin vaihe. Törmäyspaine on paine, jolla äänihuulet värähtelevät toisiaan vasten kontaktivaiheessa, ja se on suurimmillaan äänihuulten keskivaiheilla. Jiangin & Titzen (1994) tutkimuksessa koirien äänihuulilla törmäyspaine korreloi positiivisesti subglottaalisen paineen, äänihuulten venymisen ja äänihuulten adduktiomäärän kanssa. Näin ollen törmäyspaine kasvaa, kun voimakkaassa äänessä lisätään subglottaalista painetta, nostetaan sävelkorkeutta ja puristetaan äänihuulia yhteen. Tutkimustulos näyttäisi olevan yhteydessä äänihäiriöpotilaiden profiileihin, joissa on havaittu voimakasta äänenkäyttöä, hyperfunktionaalisuutta ja korkeata puhekorkeutta. (Jiang & Titze 1994.) Äänikyhmyt ilmestyvät yleensä sille äänihuulen osalle, jossa äänihuuliin kohdistuu suurin mekaaninen rasitus (Hirano, Matsuo, Kakita, Kawasaki, Kurita 1983, 26–40). Jiang & Titze (1994) löysivätkin tutkimuksessaan mekaanisen rasituksen taustalta törmäyspaineen. Äänen kuormittumista voidaan mitata myös laskemalla äänihuulten yhteentörmäysten määrä per aikayksikkö, joka kumuloituu runsaassa ja pitkäkestoisessa äänenkäytössä. Äänenkorkeuden noustessa yhteentörmäysten määrä kasvaa, minkä katsotaan rasittavan kudoksia ja sen myötä ääntä. (Titze 2000, 51–53).

Äänihuulipolyyyppi on liitetty äkilliseen traumaan, joka kohdistuu äänihuuleen ja josta muodostuu polyyyppi. Äänihuulipolyypin syntymisen taustalla on usein ääntä rasittava puhetekniikka, voimakas äänenkäyttö meluisassa ympäristössä tai äänihuuliin kohdistuva voimakas paine kuten lasinpuhallus tai painonnosto. (Herranz ym. 2010, 484.) Äänihuuliin voi tulla myös verenpurkauma rajun kirkumisen seurauksena esimerkiksi hätätilanteessa, peleissä tai rock-konserteissa (Titze 2000, 352; Stemple ym. 2010, 83). Hädän hetkellä oman äänen kontrolli saattaa hävitä, minkä takia ääntä käytetään huomattavasti voimakkaammin, kuin mitä normaalitilanteessa käytettäisiin. Konserttitilanteessa puolestaan Lombardin efekti saattaa saada meidät tiedostamattamme voimistamaan ääntämme yli sen kapasiteetin. (Titze 2000, 352, 272–273.)

3.10.2 Äänen väsyminen

Äänen väsyminen on ilmiö, joka on havaittavissa äänenlaadun muutoksina, äänialan sekä äänenvoimakkuudenvaihtelun supistumisena. Äänenkäyttäjä voi kokea äänentuoton työlääksi ja

tehottomaksi. Muita oireita voivat olla suun ja kurkun kuivuus sekä suoranaisten kipujen kurkunpään alueen ja niskan lihaksissa tai ”pala kurkussa” -tunne. (Stemple ym. 2010, 104–105.) Laulajilla äänen väsyminen saattaa ilmetä kykenemättömyytenä ylläpitää pitkiä fraaseja, vibratomuutoksina sekä äänenlaadun vaihteluina. Äänen väsymisen merkit voivat näkyä toistuvana huulien kostuttamisena, yrityksinä rentouttaa kasvojen lihaksia, niskaa ja hartioita, hikoiluna, ryhtimuutoksina, ilman loppumisena, rykimisenä ja nieleskelemisenä. (Titze 2000, 362–363.)

Väsymyksen syynä oletetaan olevan kurkunpään lihasten väsyminen, minkä seurauksena lihastyön vastuu siirtyy kudoksille ja nivelsiteille, jotka alkavat kiristyä. Nestevajauksen tai muiden kemiallisten muutosten takia äänihuulikudos saattaa muuttua sitkeämmäksi, jonka seurauksena äänihuulivärähtely vaikeutuu. Verenkierron vaikeutuminen verisuonten kuroutumisen takia saattaa estää kehoa poistamasta liiallista lämpöä äänihuulista. Kun keho on tarpeeksi väsynyt, eivät myöskään hengityslihakset toimi, mikä vähentää subglottaalista painetta, jota tarvitaan äänihuulivärähtelyn ylläpitämiseksi. (Titze 2000, 362–363.)

Pitkäaikaisen puhumisen vaikutuksia ääneen on tutkittu muun muassa rasiustesteillä, joissa koehenkilöt lukevat tekstiä laboratorio-olosuhteissa normaalilla tai voimistetulla äänellä 45 minuutista useisiin tunteihin. Tutkimuksissa on pystytty osoittamaan muutoksia muun äänen perustaajuudessa ja SPL:ssä, jotka nousevat lisääntyneen ponnistelun seurauksena. (Vilkman, Lauri, Alku, Sala & Sihvo 1999; Laukkanen, Järvinen, Artkoski, Waaramaa-Mäki-Kulmala, Kankare, Sippola, Syrjä & Salo 2004b.)

Södersten, Ternström ja Bohman (2005) tutkivat naisten ja miesten äänenkäyttöä eriaikaisen (< 30–87 dB) taustahälyn yli. Äänen voimistaminen metelissä lisää perkeptuaalisesti havaittavaa äänen puristeisuutta, karheutta ja epävakaisuutta. Äänen voimistamisstrategiat olivat yksilöllisiä, mutta tutkimuksessa havaittiin, että naiset kokivat äänen voimistamisen työläemmäksi kuin miehet, eivätkä pystyneet enää nostamaan äänenvoimakkuuttaan suurimman metelin yli. Tutkimuksen perusteella naisääniä pidettiin erityisen alttiina rasitukselle äänenvoimistuksen yhteydessä. (Södersten ym. 2005.)

3.10.3 Äänen voimistamisen opettaminen

Äänenkäytön opetuksessa tähdätään hyvin resonoivaan ääneen, jonka tuottaminen on taloudellista ja tehokasta. Äänentuoton yhteydessä resonanssi käsitetään usein kinesteettisenä tai auditiivis-

perkeptuaalisena ilmiönä. (Titze & Verdolini Abbott 2012, 286.) Resonoiva ääni on yhdistetty helposti tuotettuun ja kuuluvaan ääneen, jonka puhuja tai laulaja havaitsee värähtelytuntemuksina muun muassa kasvoillaan. Myös kuulija voi havaita helposti tuotetun, resonoivan äänen. Kasvojen kudokset eivät kuitenkaan varsinaisesti resonoi, vaan värähtelykokemus on eräänlainen heijastuma akustisesta energiasta, joka syntyy tehokkaasta äänihuulivärähtelystä. (Titze 2001; Titze & Verdolini Abbot 2012, 286–288.) Verdolinin, Drukerin, Palmerin & Samawin (1998a) mukaan resonoivan äänen äänihuulivärähtely ei ole hypo- eikä hyperfunktionaalista.

Klassinen laulu ja belttaus ovat laulajien äänenlaaduista voimakkaimpia. Klassisen laulun tulee kuulua orkesterin yli ilman äänentoistoa, mikä vaatii laulajalta kehon ja kurkunpään lihastyön tarkkaa hallintaa sekä toisaalta altistaa myös äänen väsymiselle ja vaurioille. (Estill 2005b, 54.) Klassisessa laulussa subglottaalinen paine vaikuttaa sekä äänenkorkeuteen että -voimakkuuteen. Jotta äänen voimistaminen ei saisi aikaiseksi samalla tahatonta sävelkorkeuden nousemista, laulajalta vaaditaan erinomaista hengityskontrollia ja kurkunpään lihastyön säätelyä. Toisaalta klassisessa laulussa pyritään tavoittamaan laulajanformanttia, akustista energiapiikkiä, joka saa äänen kantamaan orkesterin yli. Tämä vaatii muun muassa nielun lihaksiston hallitsemista sekä kurkunpään pitämistä riittävän matalalla. (Sundberg 1990.)

Belttaus on voimakasta, huudonkaltaista lauluäänentuottoa, jota käytetään muun muassa useissa rytmimusiikin genreissä kuten popissa, rockissa, r'n'b-musiikissa, jazzissa, countryssä ja maailmanmusiikissa (Sundberg, Thalén & Popeil 2012). Lisäksi belttausta käytetään musikaalilaulussa (Estill 2005b, 65; Green, Freeman, Edwards & Meyer 2014). Belttausta terminä käytetään laajalti kuvaamaan äänenlaatua, joka on vahva ja huutava, mutta kontekstista riippuen se voi tarkoittaa hieman erilaista tapaa käyttää ääntöelimistöä (Sundberg 2001, 260). Lovetri (2002) ja Popeil (2007) tuovat esille belttaus-käsitteen erilaiset määrittelytavat sekä äänen asiantuntijoiden yhteisymmärryksen puutteen näiltä osin. Myös Sadolin (2011, 116) on luopunut kyseisen termin käyttämisestä omassa pedagogiikassaan sen monien tulkintatapojen vuoksi. Yksi käsitys belttauksesta on, että se tarkoittaa modaalirekisterillä korkealle laulamista, kuitenkin vain noin c^2 -säveleen asti (Sundberg 2001, 260). Estill-äänikoulutuksessa belttaus erotetaan kurkunpään toiminnoiltaan normaalista modaalirekisterin äänentuotosta, eikä sille ole asetettu varsinaisia korkeusrajoitteita. Estill-metodissa opetetaan belttausta niin lauluäänentuottona kuin yhtenä tapana huutaa. Belttaukselle ominaista on muun muassa korkea kurkunpään asema ja kurkunpään eteisen kaventaminen. (Estill 2005b, 17–76.)

Sekä oopperalaulussa että belttauksessa Estill korostaa päännöykkääjä-, rinta- ja selkälihasten aktivoimisesta aiheutuvaa voimakkuuden lisääntymistä. Päännöykkääjälihaksia aktivoidaan siten, että niska suoristuu. Tätä kutsutaan niska-ankkuroimiseksi, joka siirtää osan lihastyöstä kurkunpään ulkopuolisille lihaksille. Näin äänihuulet voivat toimia vapaasti. Torsoankkuroiminen aktivoi isoja rintalihaksia, leveitä selkälihaksia sekä nelikulmaisia lannelihaksia. Sen seurauksena rintakehä laajenee ja nousee hieman. Estill-metodin mukaan molemmat ankkuroimistavat lisäävät äänenvoimakkuutta stabiloimalla äänenkäyttöä ja antamalla äänelle riittävän lihastuen. (Estill 2005a, 105–118.) Myös Pettersenin, Bjørkøyn, Torpin, & Westgaardin (2005) tutkimuksessa havaittiin, että vaativissa laulutehtävissä päännöykkääjälihaksen ja kylkiluun kannattajalihakset aktivoituivat enemmän kuin helpoissa ääntötehtävissä.

Complete Vocal Technique (CVT) eli kokonaisvaltaisen äänenkäytön tekniikka opettaa voimakasta ääntä oman moodiluokittelunsa avulla. Siinä äänenlaadut on jaoteltu neljään eri kategoriaan sen mukaan, miltä äänenlaadut kuulostavat. Näistä kaksi äänenlaatua, Overdrive- ja Edge-moodit edustavat voimakasta äänentuottoa. Overdrive on sävyltään huutava ja Edge kirkuva. Molemmissa äänenlaaduissa korostetaan kiinteätä äänihuulisulkua. Moodien onnistuminen edellyttää vokaalien muodostamista määrättyllä tavalla, eli kielen asennolla on merkitystä oikean soinnin löytämiseksi. Leukaa aukaistaan ”purenan” avulla: suu on auki ikään kuin omenaa haukattaessa. Leuka ei saisi olla täysin rentona, jottei kurkunpää laskisi. Lisäksi Edgessä kavennetaan kurkunpään eteistä, jolla ääneen saadaan lisää terävyyttä. Kavennusta harjoitellaan esimerkiksi vaakkuvaa ankkua matkimalla. Äänen tukeminen hengityskontrollilla on myös tärkeässä osassa CVT:n moodien hallinnassa erityisesti voimakkaissa äänissä. (Sadolin 2009, 28–52, 77, 106–129.)

Estill-äänikoulutuksen ja CVT:n yhtäläisyyksinä voidaan pitää, että kummassakin metodissa pyritään löytämään tietynlaiset ääniväylän asetukset, jotta tietty äänenlaatu löytyisi. Kehollisuutta korostetaan: voimakas ääni tarvitsee kehon lihastyötä kannattelemaan ääntä. Samoja mekanismeja ja äänenlaatuja käytetään niin puheessa kuin laulussa. Molemmat metodit käyttävät erilaisia tutkimusmenetelmiä saadakseen lisää tietoa äänentuotosta ja kehittääkseen pedagogiikkaansa. Lisäksi molemmat korostavat omissa materiaaleissaan äänen hyvinvoinnin merkitystä ja sitä, ettei voimakkaissa äänissä vahingoitettaisi ääntä. (Estill 2005a; Estill 2005b; Sadolin 2009.)

Lessac (1967, 77–128) kehitti erityiset Y-buzz- ja Call-ääniharjoituksensa puheäänien voimistamiseksi. Lessacin ääniharjoitusten peruseriaatteita, kuten äänen etistä sointia,

käytetäänkin muun muassa kirkumisen opettamisessa (Johnson 2001, 336). Y-buzz-harjoitus perustuu siihen, että äänen värähtelytuntemuksia havaitaan konkreettisesti ääniväylän etuosassa, erityisesti kovassa kitalaessa, hampaissa sekä nenä- ja otsaonteloissa. Y-buzz haastaa traditionaaliset resonanssiharjoitukset sillä, että harjoituksessa ei käytetä nasaalikonsonanteja lainkaan. Vaiheittain etenevä harjoitus perustuu äänen resonoinnin havaitsemiseen /i/- ja /j/-äänteillä ja huulten pyöristämisellä. (Lessac 1967, 77–94.) Kyseisissä äänteissä on mahdollista tuntea voimakasta värähtelyä suun etuosassa, koska niiden akustinen paine on suuri juuri sillä alueella (Titze 2000, 181–182, 274). Y-buzzista on tehty useita tutkimuksia, joiden perusteella kyseinen ääniharjoitus muuttaa ääniväylän akustisia ominaisuuksia siten, että äänestä tulee erittäin kuuluva. (Munro, Leino & Wissing 1996; Barrichelo & Behlau 2007; Barrichelo-Lindström & Behlau 2009).

Siinä missä Y-buzzin tarkoitus oli lisätä puheäänien luontaista resonointia ja sen myötä äänen voimistumista, Lessacin Call-ääniharjoitus on varsinainen voimistus- ja huutoharjoitus. Lessacin mukaan huutoäänien tulisi olla hyvin resonoiva ääni, joka yhdistää normaalin puheäänien ja lauluäänien. Hän vertaa sitä myös oopperalaulajan resitointiin eli puhelauluun. Callissa on samankaltainen ajatus kuin Y-buzzissa: harjoituksen tarkoitus on projisoida ääntä eteen ja näin tuntea värähtelyä kovassa kitalaessa ja nenäluussa. Huulten asento ja suun aukiolo määritelty tarkkaan: huulia työnnetään eteenpäin ja ylä- ja alahampaiden välissä olisi oltava riittävästi tilaa. Leuan aukioloastetta muutetaan kuitenkin äänenkorkeuden mukaan: korkealla leuka aukeaa ja matalalle mentäessä aukiolo pienenee. Ilman käyttöä tarkistetaan pitämällä kättä suun edessä: ilmavirtausta ei tulisi tuntua. Harjoituksessa pyritään tummaan sointiin ja vähäiseen voimankäyttöön hyödyntämällä kinesteettisiä värähtelytuntemuksia, jotka tuntuvat suun etuosassa. (Lessac 1967, 110–128.) Raphael & Schererin (1987) mukaan Call-harjoituksessa äänen voimistuminen perustuu formanttituunaukseen, jossa F_1 korostuu leuan aukiolon ja huulten asennon tai mahdollisesti kurkunpään laskemisen myötä.

Rodenburg (2015, 253–260) ottaa esille voimakkaiden tunteiden aiheuttamat ongelmat äänenkäytössä. Koska olemme tottuneet hillitsemään tunteitamme, voimakkaimmat emotionaaliset äänelliset ilmaisut saattavat aiheuttaa kurkun kuroutumista ja vahinkoa äänelle, kun yritämme estellä niitä. Tällaisia ilmaisuja ovat muun muassa itkeminen, huutaminen tai vaikkapa kiroaminen. Näyttelijöillä on tarve ilmaista myös voimakkaita emootioita äänellään, ja se saattaa aiheuttaa ongelmia: toiset keskittyvät äänentuoton tekniikkaan, jolloin näyttelemisen kärsii, ja toiset keskittyvät tunteeseen, jolloin äänenkäyttö saattaa olla liian kontrolloimatonta. Rodenburgin

fysiologisena yleisohjeena voimakkailla tunneilmaisuille on huolellinen äänen lämmittely, riittävä hengityskontrolli eli äänen tukeminen, avoimen kurkun tavoittelu haukotuksen tunteella, hyvä ja kannateltu ryhti ilman ylimääräisiä jännityksiä, äänen painamisen estäminen ja glottaalialukkeen välttäminen. Ääntä fokusoidaan kovaan kitalakeen pitämällä poskipäillä hymyasetusta yllä, kuitenkin leuka avoinna. Syntyvää ääntä ei tulisi hävetä eikä ylipäänsäkään estellä tulemasta. (Rodenburg 2015, 253–260.)

Myös DuVal (2016, 111–123) huomioi näyttelijäntyön haasteet äänenkäytössä. Erityisesti näyttämön väkivaltakohtaukset kuten taistelut vaativat ääneltä monipuolista ilmaisua, muun muassa huutamista, kirkumista, valittamista, ärinää ja tuskan ilmaisua. Taistelukohtauksien vaatimat fyysiset ja emotionaaliset vaatimukset saattavat aiheuttaa äänellisiä ongelmia. Poikkeuksena edeltäviin esimerkkeihin huutoäänen kouluttamisesta DuVal ottaa näyttämökohtauksien fyysiset vaatimukset huomioon eikä tyydy pelkästään ääniväylän asetusten muokkaamiseen tai resonanssituntemuksien etsimiseen. DuVal lähtee pedagogiikassaan siitä, että hyvä syvähengitys, leuan kireyksien poistaminen ja avoimen kurkun tavoittelu jo ennen harjoituksia auttavat ääntä mukautumaan varsinaisessa kohtauksessa. Näyttelijän tulee myös osata huoltaa ääntänsä ja hänen on löydettävä sopiva lihastyö, jolla kannatella ääntänsä. DuVal on tehnyt näyttelijöille 70 minuuttia kestävästä kunto-ohjelman, jossa huomioidaan sekä taistelukohtauksien fyysiset vaatimukset että äänen toiminnalliset edellytykset tilanteissa, joissa esimerkiksi voi hengästyä. Ohjelmassa käytetään 30 minuuttia koko kehon harjoituksiin, joissa yhdistetään hengitystä mm. hyppimiseen. Tämän jälkeen on 10 minuutin venyttelyosuus, 20 minuuttia leuan ja kielen vapautusharjoituksia ja 10 minuuttia resonanssiharjoituksia enimmäkseen nasaalikonsonanteilla, jotka tähtäävät resonoinnin tunteeseen suuontelon etuosassa. (DuVal 2016, 111–123.)

4 ÄÄNEN TUTKIMINEN

Ääntä voidaan tutkia instrumentaalisesti mittaamalla äänestä muun muassa eri voimakkuustasoja, taajuuksia ja äänihuulikontaktin laatua. Näiden lisäksi ääntä arvioidaan myös perkeptuaalisesti.

4.1 Puheäänien kuvaaja & matalin mahdollinen ääni

Äänentuoton laatua voidaan tutkia tekemällä äänestä puheäänienkuvaajamittaus. Tällöin koehenkilö luettelee esimerkiksi viikoppäiviä eri voimakkuustasoilla: ensin hiljaa, sitten normaalilla voimakkuudella, luentosalivoimakkuudella ja lopulta huutaen. Äänitteistä mitataan puhevoimakkuus ja -korkeus. Tiedoista piirretyn kuvaajan perusteella voidaan nähdä, kuinka laajaa voimakkuudenvaihtelu on sekä tutkia sävelkorkeuden suhdetta voimakkuuteen. (Laukkanen & Leino 2001, 146–149.)

Suhteellinen F_0 on matalimman mahdollisen äänen ja keskimääräisen luentakorkeuden välinen erotus puolissävelaskeleina (psa) mitattuna (Leino ym. 2008). Siitä voidaan määrittellä sopiva puhekorkeus, joka on keskimäärin kuusi puolissävelaskelta matalimman äänen yläpuolella (Laukkanen & Leino 2001, 151). Suomalaisilla yliopisto-opiskelijoilla tehdyssä tutkimuksessa voimistettu ääni oli naisilla keskimäärin 13,6 psa ja miehillä 17,7 psa matalimman mahdollisen äänen yläpuolella. Huudossa naisten äänenkorkeus nousi keskimäärin 22 psa ja miehillä 24,5 psa. (Leino ym. 2008.) Matalimmassa mahdollisessa äänessä äänihuulet eivät ole venyneessä tilassa, ja se saavutetaan rennolla kurkulla ja huokoisella äänellä (Laukkanen & Leino 2001, 149–151). Narinaa ei hyväksytä matalimmaksi mahdolliseksi ääneksi, sillä se ei synny samalla tavalla kuin modaalirekisterissä tuotettu ääni. Naiset ja miehet pystyvät tuottamaan narinaa samoilla taajuuksilla, joten narina ei antaisi yksilöllistä tietoa optimaalisesta äänenkorkeudesta. (Leino 1998.)

4.2 Akustinen analyysi

Äänen perustaajuus ja yläsävelet muodostavat harmonisen spektrin, jota voidaan mitata ja analysoida (Sundberg 2001, 32–33). Spektrografia tehdään matemaattisella Fourier-analyysillä, jossa ääniaalto pilkotaan niihin siniaaltoihin, joista se muodostuu tietyssä ajassa (Suomi 1990, 27; Baken & Orlikoff 2000, 226–227; Titze 2000, 170). Nämä siniaallot muodostavat erilaisia amplitudeja eri taajuuksilla, ja niistä voidaan piirtää spektri. Spektrissä voidaan nähdä huippuja: äänienergiakeskittymiä tietyillä taajuusalueilla. Huiput ovat formantteja, joissa äänen osasävelet ovat vahvistuneet. (Baken & Orlikoff 2000, 227–233.)

Spektrografia on ainoa väline, jolla voidaan analysoida osasävelten voimakkuutta ja näin ollen siitä voidaan tehdä päätelmiä äänenlaadusta (Sundberg 2001, 86). Äänenlaadun arviointiin tarvitaan yleensä vähintään minuutin mittainen näyte, josta tehdään keskiarvospektri. Siitä pystytään näkemään äänienergian jakautuminen eri taajuuksille. (Laukkanen & Leino 2001, 162–171.) Spektrin kaltevuus on yhteydessä hypo- ja hyperfunktionaaliseen ääntötapaan sekä äänenvoimakkuuteen. Jyrkkä spektri, jossa huiput ovat pieniä tai niitä ei ole ollenkaan, viittaa huokoiseen äänenkäyttöön. Hyvin resonoivan äänen kaltevuus on loiva, koska spektrin korkeat osasävelet ovat vahvistuneet. (Kitzing 1986; Laukkanen & Leino 2001, 162–166.) Spektrin kaltevuus on havaittavissa myös perkeptuaalisesti: kuuluvalla äänellä on loiva spektri (Duvvuru & Erickson, 2013). Eri äänenvoimakkuustasot vaikuttavat eri tavoin spektrin kaltevuuteen, joten tästä syystä ne eivät ole vertailukelpoisia keskenään (Nordenberg & Sundberg, 2003).

Kaltevuuden numeeriseksi ilmaisutavaksi on yleistynyt Frøkjær-Jensenin & Prytzin (1976) kehittämä alfa-ratio -suhdeluku. Alfa-ratio lasketaan jakamalla yli 1000 hertsiä korkeiden taajuuksien intensiteetti alle 1000 hertsin intensiteetillä (Frøkjær-Jensen & Prytz 1976). Toinen alfa-ration laskentatapa on vähentää yli 1000 hertsiä korkeiden taajuuksien äänenpainetaso alle 1000 hertsin äänenpainetasosta. Tällöin tulos on usein negatiivinen, sillä korkean taajuusalueen äänenpainetaso on yleensä heikompi kuin matalan taajuusalueen äänenpainetaso. (Leppänen 2012, 38.) Tulos ilmoitetaan yleensä desibeleinä. Voimakkaalla äänellä on loiva spektri ja sen seurauksena suurempi alfa-ratio kuin hiljaisella äänellä. (Sundberg & Nordenberg, 2006; Leppänen 2012, 38.) Tässä tutkimuksessa alfa-ration laskentakaavana on käytetty vähennyslaskua.

4.2.1 Laulajanformantti

Hyvän lauluäänen määritelmä on puhuttanut laulopedagogeja jo pitkään. Bartholomew (1934) tutki asiaa ensimmäisen kerran akustisesta näkökulmasta ja huomasi klassisilla mieslaulajilla akustisen energiakeskittymän, laulajanformantin, keskimäärin 2800–2900 hertsissä. Myöhemmin tätä on tutkinut muun muassa Sundberg (1974), joka havaitsi nielun tilan ja kurkunpään aseman olevan yhteydessä laulajanformantin muodostumiseen. Kurkunpään laskeminen aiheuttaa nielun laajenemisen, mikä edesauttaa F_3 -, F_4 - ja F_5 -formanttien yhteensulautumista (Sundberg 2001, 151–152). Laulajanformantti on edellytyksenä sille, että oopperalaulajan ääni kuuluu orkesterin yli (Sundberg 1977; Titze 2000, 265).

Laulajanformantin muodostumisen periaatteet eivät päde kuitenkaan kaikkiin ääniin. Miesääniltä ja altoilta löytyy laulajanformantti; sopraanoiden spektrissä huippua ei näy samalla tavoin. Tämän on arveltu johtuvan siitä, että sopraanot laulavat lähtökohtaisesti erittäin korkeilla taajuuksilla, jolloin tavoiteltava sävel (F_0) saattaa olla korkeammalla kuin ensimmäinen formantti F_1 . Tällöin laulaja pyrkii muokkaamaan ääniväylää niin, että F_1 osuisi mahdollisimman lähelle perustaajuutta, mikä kasvattaa äänenvoimakkuutta merkittävästi. Tähän vaikutetaan enimmäkseen kielen korkeutta säätämällä, ja joissain tapauksissa myös leukaa aukaisemalla. (Sundberg 2003.)

4.2.2 Puhujan- ja näyttelijänformantti

Leino (1994) tutki miesnäyttelijöiden puheäänempiirteitä ja osoitti, että hyvälaatuisessa puheessa on selkeä huippukohta noin 3500 hertsin alueella keskiarvospektrissä. Tätä kutsutaan puhujanformantiksi, joka on noin 1000 hertsia laulajanformantin yläpuolella (Leino 1994). Naisäänten puhujanformantti on yleensä noin 4000–5000 hertsin taajuudella, eikä se ole laulajanformantin tapaan yhtä selvästi nähtävissä kuin miesäänillä (Laukkanen & Leino 2001, 171).

Laukkanen & Leino (2001, 171–174) jaottelevat puhujanformantin erilliseen näyttelijänformanttiin, joka eroaa vielä selkeämmin spektristä kuin kouluttamattomilla puhujilla. Kouluttamattomilla äänillä voi olla luonnostaan puhujanformantti 3000–5000 hertsin alueella, kun taas näyttelijänformantti tekee selvän piikin 3500 hertsissä. Näyttelijänformantti parantaa äänen kuuluvuutta, eikä kuitenkaan kuulosta samalta kuin esimerkiksi ”oopperamainen” puhe. (Laukkanen & Leino 2001, 171.) Leinon, Laukkasen & Radolfin (2011) mukaan

näyttelijänformanttia voidaan vahvistaa tekemällä nasaaliääniharjoituksia. Tietokonemallinnuksen mukaan kurkunpään lievä laskeminen, etinen kielen asema, kurkunpään eteisen kaventaminen, nielun laajentaminen ja suuontelon etuosan kaventaminen vaikuttavat olevan tärkeimmät ääniväyläasetukset näyttelijäformantin muodostumiselle. (Leino ym. 2011.)

Huutaminen voimistaa spektrin osasäveliä kauttaaltaan, mutta se ei suoraan vaikuta puhujanformanttiin (Nawka, Anders, Cebulla & Zurakowski 1997). Sen sijaan on raportoitu, että huudossa puhujanformantin ympärillä olevat taajuudet voimistuvat, jonka seurauksena spektrin muoto voi muuttua neliskulmaiseksi (Nawka ym. 1997; Bele 2006; Lehtinen 2010). Voimakkaan äänen on havaittu nostavan erityisesti F_3 -formanttia (Nordenberg & Sundberg, 2003). Toisaalta myös äänen metallisuus on yhdistetty formanttien F_2 , F_3 ja F_4 korostumiseen, jonka seurauksena ääni voimistuu (Hanayama ym. 2009).

4.3 Äänihuulikontaktin laadun mittaaminen EGG:llä

Äänihuulikontaktin laatua voidaan mitata elektroglossografilla eli EGG:llä. Siinä kaulalle asetetaan EGG-elektrodit äänihuulten korkeudelle kilpiruston molemmille puolille ja niiden välillä johdetaan heikkoa sähkövirtaa. Saatavasta signaalista saadaan piirrettyä EGG-aalto, joka kertoo kurkunpään impedanssista eli vastuksesta. Kurkunpään kudokset johtavat sähköä hyvin: kun äänihuulten välillä oleva äänirako on kiinni, impedanssi on pieni. Ääniraon ollessa auki sen välissä oleva ilma johtaa sähköä huonosti, eli impedanssi on tällöin suuri. EGG-signaalin avulla saatavan aaltokuvion avulla voidaan tulkita äänihuulikontaktin sulk- ja avautumisvaiheet sekä vaiheiden kesto. (Baken & Orlikoff 2000, 414–421; Titze 2000, 292.) EGG:n avulla saadaan tällä tavoin mitattua mahdollinen hypo- tai hyperfunktionaalisuus ja tulkittua käytettävää rekisteriä. Toisaalta mittaustulokset voivat kertoa myös mahdollisista äänihäiriöistä. (Baken & Orlikoff 2000, 414–427.)

Contact quotient (CQ) on EGG-mittauksista saatava arvo, joka ilmaisee prosentteina sen, minkä ajan äänihuulet ovat sulkeutuneena äänihuuliperiodin ajasta, mistä voidaan päätellä esimerkiksi hypo- tai hyperfunktionaalisuus (Baken & Orlikoff 2000, 426). Tutkimuksissa on raportoitu, että normaalipuheessa CQ-arvo on 0,40–0,60 sukupuolesta riippumatta, eli äänihuulet ovat sulkeutuneena 40–60 % äänihuuliperiodin ajasta (Robb & Simmons 1990; Orlikoff 1991; Orlikoff, Baken & Kraus 1997). Suuri CQ-arvo voi kertoa puristeisuudesta eli hyperfunktionaalisuudesta, mutta voi toisaalta viitata myös voimakkaaseen äänentuottoon (Baken & Orlikoff 2000, 426–427). Suuren CQ-arvon onkin havaittu olevan yhteydessä äänenvoimakkuuden kasvuun (Orlikoff 1991;

Dromey, Stathopoulos & Sapienza 1992). Estill-metodin mukaisessa belttauksessa CQ:n on ilmoitettu olevan 70 % (Estill 2005b, 66). Master, Guzman, de Miranda & Lloyd (2013) vertasivat tutkimuksessaan koulutettujen naisnäyttelijöiden ja tavallisten naisten voimistuskon mekanismeja. Vaikka koulutetut äänenkäyttäjät tuottivat huomattavasti voimakkaampaa ääntä kuin kouluttamattomat, EGG-mittausten mukaan ryhmien välillä ei ollut eroja äänihuulikontaktin laadussa. Tämä viittaisi siihen, että koulutetut äänenkäyttäjät voimistavat ääntänsä muilla keinoilla kuormittamatta ääntään. Tutkimuksessa käytettyjen naisnäyttelijöiden CQ:n mediaaniarvo oli 46,91 % tuotettaessa ääntä 86,42 desibelin voimakkuudella. (Master ym. 2013.) Howard, Lindsey & Allen (1990) ja Howard (1995) ovat tutkineet klassisten laulajien ja kouluttamattomien äänenkäyttäjien CQ-arvoja. Heidän tuloksensa perusteella sukupuolesta riippumatta laulukoulutusta saaneilla oli suuremmat CQ-arvot kuin kouluttamattomilla äänenkäyttäjillä niin puheessa kuin laulussa. (Howard ym. 1990; Howard 1995.) Tiivis äänihuulisulku tehostaa äänenkäyttöä lisäämällä akustista energiaa, joka resonoi väylässä (Howard ym. 1990).

Naisäänten CQ-arvon nouseminen saattaa liittyä perustaajuuden nousuun: jos perustaajuus kasvaa, myös CQ-arvo nousee. Vastaavaa ilmiötä ei ole havaittu miesäänillä. (Howard, Lindsey & Allen 1990; Howard 1995.) Koirien äänihuulia tutkittaessa CQ-arvon on havaittu olevan yhteydessä myös äänihuulten törmäyspaineeseen. Törmäyspaineen suurentuessa äänihuulten kontaktiaika pitenee, mikä nostaa CQ-arvoa. (Verdolini, Chan, Titze, Hess & Bierhals, 1998b.) Suuri törmäyspaine on liitetty äänihäiriöiden syntymiseen (Jiang & Titze, 1994).

4.4 Äänenlaadun arviointi

Instrumentaalisten tutkimusmenetelmien lisäksi ääntä voidaan tutkia kuuntelukokeella, joka on yksi yleisimmin käytetyistä äänen arviointimenetelmistä (Behrman 2005). Kuuntelijat voivat arvioida äänenlaatua äänen eri piirteiden perusteella. Laver (1980, 157–165) kehitti äänenpiirteistä yksityiskohtaisen luokittelun, joka vaatii ääniväylän erilaisten asetusten tunnistamista. Äänen soinnista voidaan tunnistaa muun muassa kurkunpään korkeus, nenänportin asento, kielen asento, leuan aukiolo ja huulien asento. Lisäksi luokitellaan äänihuulitason toiminta kuten narina, kuiskaus, vuotoisuus tai karheus sekä tunnistetaan modaali- tai falsettirekisterin käyttö. (Laver 1980, 157–165.) Äänenlaadun kliiniseen arviointiin äänihäiriötapauksissa on kehitetty useita eri luokittelu- ja mittausjärjestelmiä, joissa kiinnitetään erityisesti huomiota vuotoisuuteen, karheuteen ja puristeisuuteen (Oates 2009).

Belen (2007) mukaan terveiden äänten arvioimiseen ei ole ollut kokonaisvaltaista äänenlaadun arviointimenetelmää. Hän huomasi tutkimuksessaan, että terveiden äänten piirteissä on samankaltaisuuksia, jotka muodostavat neljä kategoriaa. Normaalisissa puhevoimakkuudessa piirteet olivat jaoteltavissa puheen voimakkuudenvaihteluun ja soinnikkuuteen, epäsäännöllisiin äänenpiirteisiin, hälyn määrään ja äännön työläyteen. Voimakkaan äänentuoton piirteet olivat voimakkuudenvaihtelu ja soinnikkuus, hälyn määrä, äänen resonointi sekä äänentuoton työläisyys. (Bele, 2007.)

Kuuntelu-arvioita on kritisoitu subjektiivisuutensa vuoksi. Asiantuntijaraadissakin jokaisella on omaan kokemukseensa perustuva sisäinen standardinsa, joka saattaa poiketa kollegan normeista ja näin ollen johtaa virheelliseen tulokseen. (Oates 2009.) Jotta tulos olisi luotettava, yksittäisen kuuntelijan tulisi arvioida näytteet johdonmukaisesti samalla tavalla ja toisaalta kuuntelijoiden tulisi myös keskenään olla samaa mieltä (Kreiman, Gerratt, Kempster, Erman & Berke 1993). Kreimanin ym. (1993) tekemän kirjallisuuskatsauksen mukaan kuuntelu-arviot eivät kuitenkaan ole koskaan täysin luotettavia.

Belen (2005) mukaan työkokemus voi vaikuttaa kuuntelu-arviointiin. Hänen tutkimuksensa mukaan kokeneet ääniasiantuntijat olivat arvioinneissaan yhdenmukaisempia kuin opiskelijat (Bele 2005). Eadie & Baylor (2006) järjestivät kokemattomille kuuntelijoille erillisen arviointikoulutuksen, joka paransi tulosten luotettavuutta. Oates (2009) korostaa, että myös ääniasiantuntijoiden tulisi kouluttaa itseään näytteiden arvioinnissa. Kuuntelukokeissa voi olla vaikeata arvioida äänenlaatuja asteikolla, jos kuulijalla ei ole käsitystä ääripään näytteistä. Ankkurinäytteiden kuunteluttaminen ennen varsinaista kuuntelua voi parantaa kuuntelukokeiden luotettavuutta erityisesti ääriäänten osalta. Riittävän kaukana toisistaan olevat näytteet antavat kuuntelijalle kuvan asteikon laajuudesta, jolloin näytteiden arvioiminen helpottuu. Ankkurinäytteitäkin käytettäessä luotettavuus voi olla heikko sellaisissa näytteissä, jotka jäävät asteikon puoliväliin. (Gerratt, Kreiman, Antonanzas-Barroso & Berke 1993.)

Tiettyjen äänenlaatuja arvioiminen saattaa olla helpompaa kuin toisten. Useassa tutkimuksessa on havaittu, että äänen huokoisuus ja karheus arvioidaan yhdenmukaisemmin kuin hyperfunktionaalinen äänentuottotapa. (De Bodt, Wuyts, Van de Heyning & Croux 1997; Revis, Giovanni, Wuyts, Triglia 1999; Webb, Carding, Deary, MacKenzie, Steen & Wilson 2004.) Belen (2005) tutkimuksessa kuuntelijat pystyivät arvioimaan terveestä äänestä karheuden, vuotoisuuden ja puristeisuuden melko yhdenmukaisesti. Tutkimuksessa kuitenkin ilmeni, että samat

äänenpiirteet eri äänenvoimakkuuksilla aiheuttivat eroavaisuuksia arvioissa: voimakkaan äänentuoton hyperfunktionaalisuus arvioitiin vain kohtuullisen luotettavasti. (Bele 2005.) Fonaatio eli ääntö saattaa vaihdella pitkien näytteiden aikana huokoisesta puristeiseen, mikä voi myös vaikeuttaa arviointia (Bele 2007).

Ääninäytteiden arvioinnissa käytetään useita asteikko- ja luokittelujärjestelmiä. Kategorisessa arvioinnissa äänenpiirteitä luokitellaan eri kategorioihin esimerkiksi vuotoisuuden tai karheuden perusteella. EAI-asteikossa (*equal-appearing interval*) äänenlaatua arvioidaan tasavälisellä numeroasteikolla. VAS-jana (*visual analog scale*) on yleensä 10 senttimetrin pituinen jana, jolle kuuntelijat merkitsevät viivan haluamaansa kohtaan sen mukaan, kuinka paljon äänessä esiintyy kyseistä piirrettä. DME-asteikolla (*direct magnitude estimation*) kuuntelijat antavat itse valitsemansa numeroarvon tietylle äänenlaadulle. Ankkuroidussa DME-asteikossa kuuntelijoille annetaan näyte, jolle on määritelty valmiiksi tietty viitearvo, jonka perusteella kuuntelijat voivat määrittellä muut näytteet. Vertailutehtävässä verrataan kahta eri ääninäytettä esimerkiksi karheuden perusteella. (Kreiman ym. 1993.) Tämän tutkimuksen kuuntelu-arvioissa on käytetty bipolaarista ja unipolaarista EAI-asteikkoa.

4.5 Kuuntelija-arvioiden luotettavuuden mittaaminen

Kuuntelija-arvioiden luotettavuutta voidaan testata Cronbachin alfa -reliabiliteettikertoimella, jolla mitataan kokeen tai asteikon konsistenssia ja arvioidaan mahdollista virhevarianssia (Tavakol & Dennick, 2011). Reliabiliteetti kertoo mittarin validiteetista. Alfa-arvo voi olla 0–1 ja korkea arvo kertoo testin yhdenmukaisuudesta. Virhevarianssi saadaan laskentakaavalla: jos reliabiliteetin alfa-arvo on esimerkiksi 0,70, virhevarianssi on $1 - (0,7 \times 0,7) = 0,51$.

Suosittelavaa alfa-arvoa on määritelty useissa lähteissä eri tavoin, vaihdellen 0,70–0,95. Liian korkea alfa-arvo voi kertoa liian pitkästä testistä, sillä testin pituus vaikuttaa alfaan nostavasti. Vastaavasti liian lyhyt testi voi huonontaa tulosta. Tavakol & Dennickin (2011) mukaan tästä syystä on myös suositeltu, että korkeimman hyväksyttävän alfa-arvon tulisi olla 0,90 tai muussa tapauksessa testistä pitäisi poistaa päällekkäisyydet tai testiä tulisi lyhentää. Jos alfa-arvo on alhainen, on suositeltavaa tarkistaa muuttujien korrelaatiot erikseen ja jättää pois sellaisten kuulijoiden arvot, jotka eivät korreloi muiden kanssa. Toisaalta muuttujien keskinäinen korrelointi voi kertoa siitä, että testi on luotettava, vaikka sen reliabiliteettikerroin olisikin heikko – huono alfa-arvo saattaa johtua liian lyhyestä testistä. (Tavakol & Dennick, 2011.)

5 TUTKIMUSMATERIAALI JA -METODIT

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää hyvän huutoäänien piirteet vertaamalla kuuliija-arvioita ja instrumentaalisten menetelmien tuloksia. Tällä tavoin pyritään selvittämään, miten huutoäänien akustiset piirteet sekä äänihuulivärähtelyn laatu korreloivat perkeptuaalisesti hyvän huutoäänien kanssa.

5.1 Koehenkilöt ja aineisto

Tutkimuksen koehenkilöiksi valittiin yhteensä kymmenen eliittiäänenkäyttäjää, joista viisi oli naisia ja viisi miehiä. Koehenkilöistä neljä oli 25–40-vuotiasta näyttelijää (kaksi miestä ja kaksi naista, ka. 31 vuotta) ja kuusi 32–48-vuotiasta laulajaa (kolme miestä ja kolme naista ka. 37 vuotta). Kaikkien koehenkilöiden iän keskiarvo oli 34,6 vuotta. Laulajilla oli usean vuoden laulaja- tai laulunopettajakoulutus taustalla sekä 3–15 vuoden työkokemus musiikkialalta. Laulajissa oli sekä klassisen että rytmimusiikin edustajia. Laulajilla oli ollut puheäänien koulutusta lähinnä lyhytkursseina. Näyttelijöistä kaksi oli Teatterikorkeakoulusta valmistuvia ja kaksi oli työskennellyt ammatissa 4–16 vuotta. Kolme näyttelijää neljästä olivat ottaneet laulutunteja, yksi näyttelijöistä oli harrastanut laulua itsekseen. Kenelläkään ei ollut äänihäiriötaustaa.

Koehenkilöiltä mitattiin matalin mahdollinen ääni ilman narinaa sekä puheäänien kuvaajaa varten hiljainen, normaali, voimistettu ja huutoääni toistaen kussakin voimakkuudessa [pa:]-äännettä viisi kertaa perätysten. Samalla mitattiin äänihuulikontaktin laatu EGG-elektrodit kaulassa. Koehenkilöille annettiin tehtäväksi puhua EGG-elektrodit kaulassa tekstiä normaalilla ja voimistetulla äänellä, jotta he tottuisivat laboratorio-olosuhteisiin ja löytäisivät oman äänensä voimakkuuserot. Kyseisellä tehtävällä oli myös tarkoitus lämmitellä ääntä, sillä koehenkilöitä oli ohjeistettu niin, ettei äänitykseen tarvitse harjoitella tai lämmitellä. Tämän jälkeen äänitettiin varsinainen huutonäyte, josta mitattiin myös EGG-signaali. Huutonäytteenä oli noin minuutin pituinen ote William Shakespearen näytelmästä Kuningas Lear (Liite 1). Huutonäytteen ohjeistuksena oli ilmaista teksti voimakkaalla äänellä lannistumattomasti, voimansa tunnossa, kuvitellen olevansa myrskyssä, mutta ei kuitenkaan aggressiivisesti, apua huutaen eikä komentaen.

5.2 Kuuntelukoe ja sen arviointi

Kuuntelukoe järjestettiin 11 hengen asiantuntijaraadille, jonka jäsenet olivat vokologian, puheterapian, laulopedagogiikan ja teatteri- tai oopperaohjauksen edustajia. Raadissa oli 2 miestä ja 9 naista. Neljä raadin jäsenistä oli kokeneita vokologeja tai puheterapeutteja ja viisi vokologian opiskelijaa. Vokologian opiskelijoista kolmella oli taustalla myös laulajan ja laulopedagogin koulutukset sekä työkokemusta usean vuoden ajalta. Loput kaksi vokologian opiskelijaa olivat opintojensa loppuvaiheessa. Raadin ohjaajista toisella oli myös laulutaustaa. Kaikki kuuntelijat olivat normaalikuuloisia.

Kuuntelunäytteet oli leikattu ja niiden äänenvoimakkuus tasattu samalle voimakkuudelle (70 dB) Praat-puheanalyysiohjelmalla. Näytteet kuunneltiin vakiojärjestyksessä Praatilla. Kuuntelijoista seitsemän teki kuuntelukokeen itsenäisesti Tampereen yliopiston puhelaboratoriossa Dell OptiPlex 7010 -tietokoneella (käyttöjärjestelmä Windows 7, ulkoinen äänikortti Roland Quad-Capture). Viidelle kuuntelijalle järjestettiin erillinen kuuntelukoe Asus N76V -tietokoneella (käyttöjärjestelmä Windows 7). Kaikissa kuunteluissa käytettiin Sony Stereo Headphones MDR-CD480 -kuulokkeita.

Arviointilomake (Liite 2) oli internetissä Google Forms -palvelussa, joka kerää vastaukset yhteen laskentataulukkaan. Arvioinnissa käytettiin bipolaarista ja unipolaarista tasavälistä numeroasteikkoa eli EAI-asteikkoa (*equal-appearing interval*). Bipolaarisen EAI-asteikon laajuus oli 0–10, jossa keskellä oleva numero 5 edusti normaalia tai optimaalista äänenkäyttöä. Unipolaarisen EAI-asteikon laajuus oli 0–5, jossa tiettyä äänenpiirrettä joko ei ollut ollenkaan (0) tai sitä oli paljon (5).

Kuuntelijoita, jotka eivät olleet tehneet vastaavia kuuntelukokeita aikaisemmin, opastettiin jokaisen arvioitavan äänenpiirteen osalta ennen kuuntelun aloittamista. Kaikki kuuntelijat kuuntelivat ”korvien kalibroimiseksi” neljä ankkurinäytettä, kaksi nais- ja kaksi miesääntä. Kyseisiä näytteitä ei arvioitu, vaan ne olivat osa tehtävään valmistautumista ja totuttautumista tulevaan äänimaailmaan. Kuuntelijoita kehoitettiin asettamaan kalibroitinäytteiden aikana kuulokkeiden äänenvoimakkuustaso sellaiseksi, ettei sitä tarvitse vaihtaa kesken kuuntelun. Äänenvoimakkuuden vaihtaminen kesken kuuntelemisen voisi vaikuttaa muun muassa kuuluvuuden arviointiin. Kuuntelijoita suositeltiin valitsemaan sellainen äänenvoimakkuustaso, että ääninäytteet kuulostivat huudolta, sillä liian hiljainen äänenvoimakkuustaso voisi vääristää

näytteiden kuulohavaintoja. Ankkurinäytteet valittiin mahdollisimman erilaisista huutonäytteistä, ja niissä käytettiin huutotekstin alkuosaa.

Varsinaisena arviointitehtävänä oli kuunnella huutotekstin loppuosasta 18 viimeistä sanaa alkaen kohdasta ”*Ja sinä, maanjäristäjä ukkonen*”. Näytteitä oli yhteensä 14, joista neljä näytettä oli kahteen kertaan kuuntelijoiden intra-rater-yhdenmukaisuuden varmistamiseksi. Jokaisen näytteen lopussa oli mahdollisuus antaa omia kommentteja. Kuuntelijat saivat kuunnella näytteet niin monta kertaa kuin halusivat sekä palata näytteissä taaksepäin ja muuttaa vastauksiaan. Kuuntelijat saivat halutessaan pitää tauon kuuntelun puolivälissä, ja heiltä kysyttiin erikseen, pitivätkö he sen. Kuuntelijoiden antamien vastauksien mukaan kahdeksan kuuntelijaa hyödynsi tätä mahdollisuutta. Kuunteluihin käytettiin aikaa noin 60–90 minuuttia.

Arvioitavat huutoäänen piirteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: yleiseen äänivaikutelmaan, äänihuulitason toimintaan sekä tarkoituksenmukaiseen äänenkäyttöön. Äänivaikutelmiin kuuluvat: äänenväri, äänen sijoitus eli etisyys tai takaisuus, metallisuus ja yleinen äänenlaatu. Äänihuulitason toimintaa arvioitiin kuuntelemalla äänenkorkeutta, äänihuulisulun tiiviyyttä, hälyääniä ja perturbaatioita. Äänenkäytön tarkoituksenmukaisuutta arvioitiin kuuntelemalla äänenkäytön työläyttä, kuuluvuutta, vakuuttavuutta ja soveltuvuutta näyttämölle. Kuunteluissa arvioitiin pelkästään äänen laatutekijöitä, joten esimerkiksi fraseeraus, artikulaatio ja mahdolliset äännevirheet pyydettiin jättämään huomioimatta.

5.3 Laboratorio-olosuhteet ja analyysit

Ääninäytteet nauhoitettiin Tampereen yliopiston puheentutkimuksen laboratorion hyvin vaimennetussa nauhoitushuoneessa. Äänitykset tehtiin Brüel & Kjaer Mediator 2238 -mikrofonilla 40 cm:n päässä koehenkilön suusta, paitsi matalimman äänen tuotossa, jossa koehenkilö sai olla lähellä mikrofonia hyvän näytteen saamiseksi. Äänitykset tallennettiin Dell OptiPlex 7010 -tietokoneella, PC Windows 7:llä, Sound Forge 7.0 -ohjelmalla (16 bittiä, näytteenottotaajuus 44,1 kHz), ja ulkoisena äänikorttina toimi Roland Quad-Capture. EGG-signaali tallennettiin Glottal Enterprisesin kaksikaistaisella EGG-laitteella 20 Hz:n ylipäästösuodatuksella.

Ääninäytteiden akustiset analyysit (F_0 , SPL, alfa-ratio) tehtiin Praat-puheanalyysiohjelmalla (versio 6.0.14). Kaikista huudon luentanäytteistä tehtiin LTAS-spektrit, joista jätettiin soinnittomat osuudet pois Praatin pitch-corrected-toiminnolla. Vertailun helpottamiseksi spektrit normalisoitiin,

eli spektrien korkein huippu tasattiin kohtaan 0. Puheäänenuvaajat tehtiin Microsoft Excelillä. Äänihuulten kontaktin laadusta kertova CQ eli Contact Quotient analysoitiin VoceVista 3 -ohjelmalla, jossa CQ-kriteerasteena käytettiin 35 prosenttia. Huutotekstin CQ laskettiin koko tekstin aikana esiintyneiden CQ-arvojen keskiarvona.

Tilastolliset analyysit tehtiin IBM® SPSS® Statistics Version 22:lla. Kuuntelijoiden antamista äänenpiirrekohtaisista arvioista laskettiin keskiarvot. Äänenpiirteiden keskinäisiä yhteyksiä sekä korrelaatioita akustisten piirteiden kanssa laskettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa käyttäen. Kaksi kertaa esiintyneistä samoista kuuntelunäytteistä huomioitiin tilastollisissa menetelmissä vain jälkimmäiset näytteet. Kuuntelijoiden arvioiden yhdenmukaisuutta tarkasteltiin Cronbachin alfa -reliabiliteetikertoimella. Reliabiliteetti laskettiin kuuntelijoiden keskinäisestä yhdenmukaisuudesta (inter-rater reliability) ja yksittäisen kuuntelijan johdonmukaisuutta tarkasteltiin laskemalla intra-rater-reliabiliteetti kaksi kertaa esiintyneistä samoista näytteistä. Intra-rater-reliabiliteetti laskettiin myös Pearsonin korrelaatiota käyttäen.

5.4 Hyvän huutoäänien määrittely kokonaislaatuasteilla

Hyvän huutoäänien löytämiseksi näytteet pisteytettiin siten, että piirteen saama keskiarvo verrattiin optimaaliseen arvoon, joka vaihteli äänenpiirteen ja asteikon mukaan. Näin ollen optimaalinen arvo saattoi olla 0, 5 tai 10. Lähimpänä optimaalista arvoa oleva näyte sai 10 pistettä, toiseksi lähin 9 ja niin edelleen. Mikäli jotkin näytteistä olivat yhtä kaukana optimaalisesta, ne saivat saman pistearvon. Kaikkien äänenpiirteiden saamat pisteet laskettiin yhteen ja näytteet luokiteltiin paremmuusjärjestykseen kokonaislaatuasteiden perusteella.

Äänenpiirteiden optimaaliset arvot määriteltiin arvioitavan piirteen perusteella. Kuuntelijoita oli ohjeistettu lomakkeessa, mikä numero edusti optimaalista arvoa. Bipolaarisessa asteikossa numero 0 tai 10 edustivat ääripäitä, joissa tiettyä äänenpiirrettä oli erittäin paljon tai erittäin vähän. Tällöin optimaalinen arvo oli 5, jossa äänenpiirrettä oli sopivasti. Poikkeuksena tästä oli äänenlaadun asteikko 0–10, jossa 10 edusti erinomaista äänenlaatua ja 5 tavallista ääntä. Tällöin optimaalinen arvo oli 10. Unipolaarisissa asteikoissa 0–5 määriteltiin, kuinka paljon tiettyä äänenpiirrettä oli (0 = ei lainkaan, 5 = erittäin paljon). Tällöin optimaalinen arvo määriteltiin äänenpiirteen perusteella: optimaalisessa tilanteessa esimerkiksi perturbaatioita ei ole lainkaan, eli tällöin optimaalinen arvo oli 0. Vakuuttavuutta määriteltäessä numero 5 edusti erittäin vakuuttavaa ääntä, joten se oli tällöin optimaalinen arvo.

Äänenpiirteet	Ohjeistus	Asteikko	Optimaalinen arvo
Äänenväri	Arvioi puhujan äänenväriä asteikolla 0–10 (liian tumma - liian kirkas). Numero 5 on tällöin optimaalinen.	0–10	5
Äänen sijoitus	Arvioi puhujan äänen takaisuutta/etisyyttä asteikolla 0–10 (liian takainen - liian etinen). Numero 5 on tällöin optimaalinen.	0–10	5
Metallisuus	Arvioi, kuinka paljon puhujan äänessä on metallia asteikolla 0–10 (liian vähän - liian paljon). Tällöin numero 5 on optimaalinen. Metallisuus voidaan mieltää äänenlaatuna, eräänlaisena "teränä", joka saa äänen kantamaan. Optimaalinen tilanne on, kun metallia on sopivasti: ei niin, että ääni on huokoinen eikä niin, että metallisuus vääristää äänenvärin liian pistäväksi.	0–10	5
Äänenkorkeus	Arvioi puhujan äänenkorkeuden sopivuutta asteikolla 0–10. Numero 5 on tällöin optimaalinen.	0–10	5
Tiiviys	Arvioi puhujan äänihuulikontaktin tiiviyttä asteikolla 0–10 (vuotoinen/hypofunktio-naalinen – kireä/hyperfunktionaalinen). Tällöin numero 5 on optimaalinen.	0–10	5
Hälypitoisuus	Arvioi puhujan äänen hälypitoisuutta asteikolla 0–5 (ei ollenkaan - hyvin paljon)	0–5	0
Perturbaatiot (rahina/särinä/särkyminen)	Arvioi puhujan äänessä esiintyvien perturbaatioiden määrää asteikolla 0–5 (ei ollenkaan - erittäin paljon)	0–5	0
Työläys	Arvioi, kuulostaako puhujan äänentuotto helpolta vai työläältä asteikolla 0–5 (Helppo – Työläs)	0–5	0
Kuuluvuus	Arvioi puhujan äänen kuuluvuutta/kantavuutta asteikolla 0–5 (liian hiljainen - erittäin kantava)	0–5	5
Yleinen äänenlaatu	Arvioi puhujan äänenlaatua kokonaisuutena asteikolla 0–10 (huono-erinomainen). Numero 5 on tällöin tavallinen.	0–10	10
Vakuuttavuus	Arvioi, onnistuiko puhuja vakuuttamaan huutoäänellään kuulijansa, asteikolla 0–5 (Ei lainkaan vakuuttava - Erittäin vakuuttava). Huomaathan, että kokeessa arvioidaan ÄÄNEN vakuuttavuutta, ei esimerkiksi fraseerausta tai mahdollisia äännevirheitä. Koehenkilöitä on ohjeistettu seuraavasti: "Huuda tämä teksti siten, että kuvittelet olevasi myrskyssä, mutta olet voimasi tunnossa, olet lannistumaton. Et huuda apua, et ole aggressiivinen etkä komenna."	0–5	5
Soveltuvuus näyttämölle	Arvioi asteikolla 0–5 (ei ollenkaan – erinomaisesti), kuinka hyvin mielestäsi tämä ääni soveltuisi näyttämölle äänen laadun perusteella? Tässä ei ole tarkoitus huomioida fraseerausta, artikulaatiota tai mahdollisia äännevirheitä.	0–5	5

KUVIO 2. Kuuntelukokeessa arvioidut äänenpiirteet, kuulijoiden ohjeistus, arviointiasteikot sekä optimaaliset arvot.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Akustiset mittaustulokset

Mies- ja naisäänten näytteiden tunnusluvut käsiteltiin erillään toisistaan sukupuolten välisten erojen takia. Taulukoihin on koottu kaikkien näytteiden ja äänenvoimakkuustasojen minimi, maksimi, keskiarvot ja keskihajonnat perustaajuudessa, suhteellisessa perustaajuudessa, äänenpainetasossa, CQ:ssa ja alfa-ratioissa.

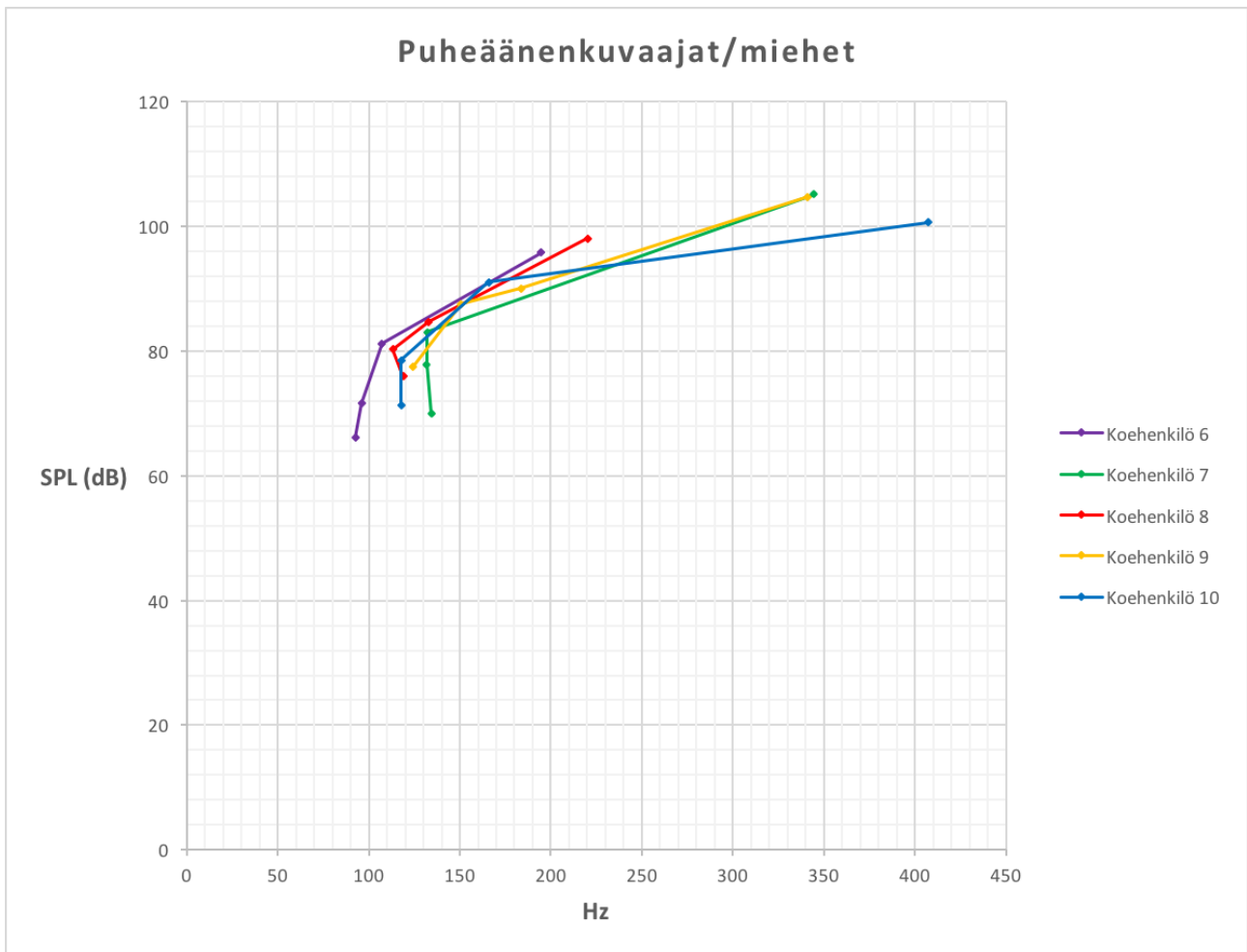
MIEHET	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Matalin mahdollinen Hz	52,63	76,51	66,81	9,10
F ₀ -ka. Hz hiljainen [pa:]	92,58	134,53	117,70	15,50
F ₀ -ka. Hz normaali [pa:]	96,01	150,56	121,92	20,52
F ₀ -ka. Hz voimistettu [pa:]	107,24	183,47	144,34	30,22
F ₀ -ka. Hz huuto [pa:]	194,70	407,18	301,54	90,26
F ₀ -ka. Hz huuto luenta	196,99	330,51	267,77	57,07
Suht. F ₀ psa hiljainen [pa:]	3,00	16,00	9,40	4,62
Suht. F ₀ psa normaali [pa:]	4,00	16,00	10,00	4,42
Suht. F ₀ psa voimistettu [pa:]	6,00	16,00	13,00	4,24
Suht. F ₀ psa huuto [pa:]	16,00	33,00	25,60	7,06
Suht. F ₀ psa normaali-huuto [pa:]	12,00	22,00	15,60	4,16
Suht. F ₀ psa huuto luenta	18,00	32,00	23,60	5,59
SPL (dB) hiljainen [pa:]	66,09	77,54	72,19	4,63
SPL (dB) normaali [pa:]	71,58	87,51	79,16	5,71
SPL (dB) voimistettu [pa:]	81,16	91,08	86,00	4,35
SPL (dB) huuto [pa:]	95,83	105,11	100,88	4,06
SPL-ka. (dB) huuto luenta	84,01	98,27	89,38	6,07
SPL (dB) huuto luenta minimi	48,71	51,79	50,21	1,13
SPL (dB) huuto luenta maksimi	104,40	116,37	110,38	4,67
CQ hiljainen [pa:]	0,40	0,44	0,41	0,02
CQ normaali [pa:]	0,43	0,52	0,49	0,03
CQ voimistettu [pa:]	0,49	0,62	0,55	0,06
CQ huuto [pa:]	0,49	0,71	0,61	0,08
CQ huuto luenta	0,47	0,61	0,57	0,06
Alfa-ratio (dB) huuto luenta	-10,95	-5,40	-8,59	2,18

KUVIO 3. Miesäänten akustisten mittausten tunnusluvut. Suhteellinen F₀ on laskettu matalimman mahdollisen ja muiden äänenvoimakkuustasojen välillä puolisävelaskelina (psa), pois lukien suhteellinen F₀ normaali-huuto, joka on laskettu normaaliäänen ja huudon etäisyydestä puolisävelaskelina. CQ:n kriteeriasteena käytettiin 35 % ja alfa-ration laskennassa raja-arvona oli 1000 Hz.

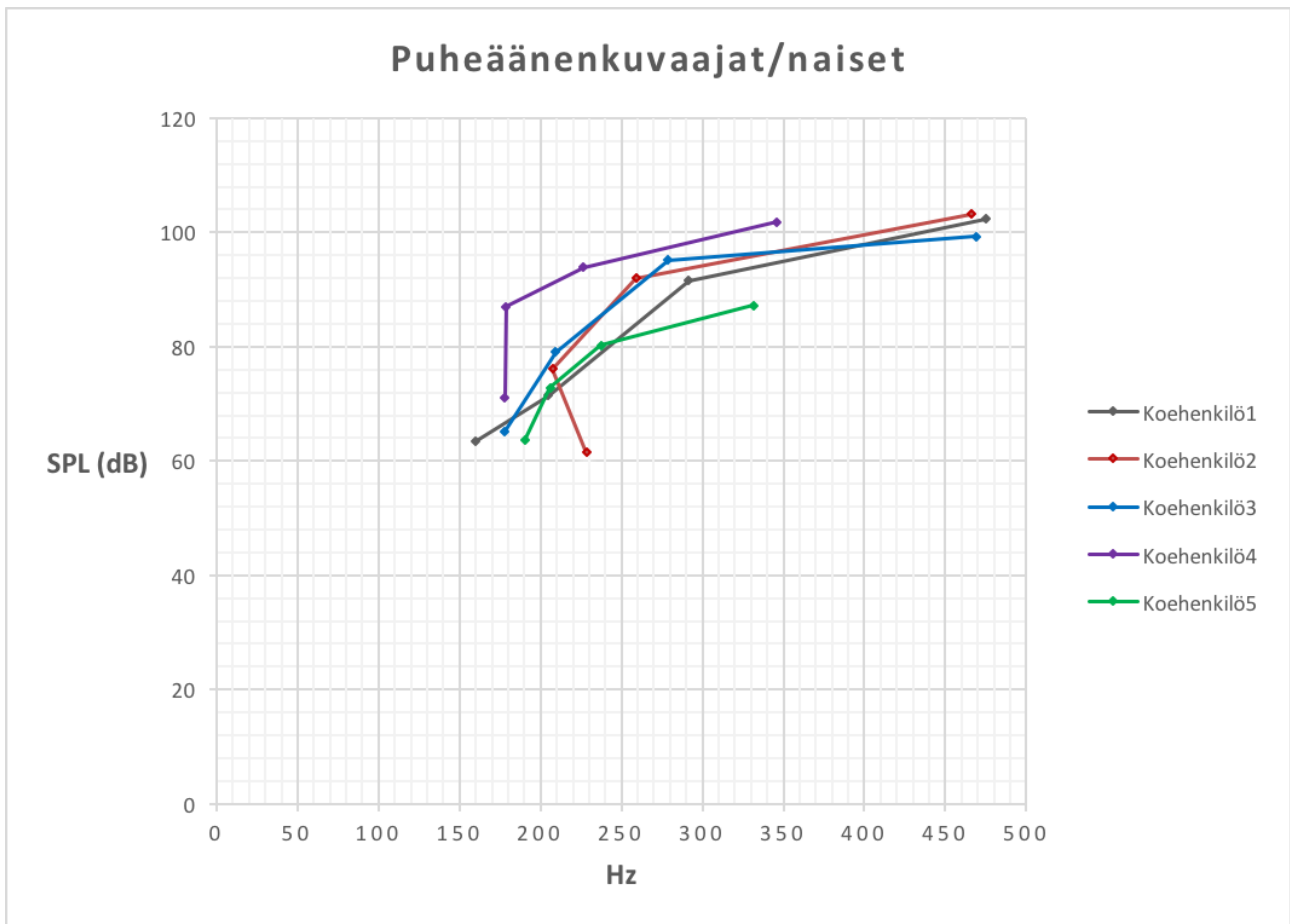
NAISET	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Matalin mahdollinen Hz	98,03	117,84	106,55	8,32
F ₀ -ka. Hz hiljainen [pa:]	159,51	228,31	186,81	25,66
F ₀ -ka. Hz normaali [pa:]	178,71	209,28	201,31	12,73
F ₀ -ka. Hz voimistettu [pa:]	226,47	291,58	258,73	27,29
F ₀ -ka. Hz huuto [pa:]	331,57	474,98	417,53	72,04
F ₀ -ka. Hz huuto luenta	323,70	457,87	378,02	54,28
Suht. F ₀ psa hiljainen [pa:]	7	13	9,60	2,30
Suht. F ₀ psa normaali [pa:]	10	13	11,20	1,30
Suht. F ₀ psa voimistettu [pa:]	12	18	15,40	2,61
Suht. F ₀ psa huuto [pa:]	18	27	23,60	3,65
Suht. F ₀ psa normaali-huuto [pa:]	8	14	12,40	2,61
Suht. F ₀ psa huuto luenta	18	25	22,40	2,97
SPL (dB) hiljainen [pa:]	61,54	71,04	64,97	3,64
SPL (dB) normaali [pa:]	71,45	87,00	77,28	6,18
SPL (dB) voimistettu [pa:]	80,21	95,00	90,50	5,93
SPL (dB) huuto [pa:]	87,20	103,21	98,75	6,62
SPL-ka. (dB) huuto luenta	79,13	89,78	84,64	4,16
SPL (dB) huuto luenta minimi	40,21	48,61	43,67	3,41
SPL (dB) huuto luenta maksimi	101,66	118,00	110,24	5,90
CQ hiljainen [pa:]	0,14	0,54	0,40	0,16
CQ normaali [pa:]	0,36	0,49	0,43	0,05
CQ voimistettu [pa:]	0,38	0,56	0,46	0,08
CQ huuto [pa:]	0,50	0,68	0,62	0,07
CQ huuto luenta	0,52	0,64	0,59	0,05
Alfa-ratio (dB) huuto luenta	-6,37	1,71	-2,80	3,41

KUVIO 4. Naisäänten akustisten mittausten tunnusluvut. Suhteellinen F₀ on laskettu matalimman mahdollisen ja muiden äänenvoimakkuustasojen välillä puolisävelaskelina (psa), pois lukien suhteellinen F₀ normaali-huuto, joka on laskettu normaaliäänen ja huudon etäisyydestä puolisävelaskelina. CQ:n kriteeriasteena käytettiin 35 % ja alfa-ration laskennassa raja-arvona oli 1000 Hz.

Mies- ja naisäänistä tehtiin puheäänenuvaajat, joista näkee eri äänenvoimakkuustasojen suhteen perustaajuuteen. Äänenvoimakkuustasot olivat hiljainen, normaali, voimistettu ja huuto, jotka äänitettiin tässä järjestyksessä [pa:]-äänteellä. Koehenkilöiden annettiin valita itselleen luontaisimmat puhekorkeudet mahdollisimman realistisen tuloksen saamiseksi. Puheäänenuvaajista näkee, kuinka hiljainen, normaali ja voimistettu ääni ovat perustaajuudeltaan usein lähekkäin, mutta huudossa perustaajuus kasvaa monilla hyvin paljon.



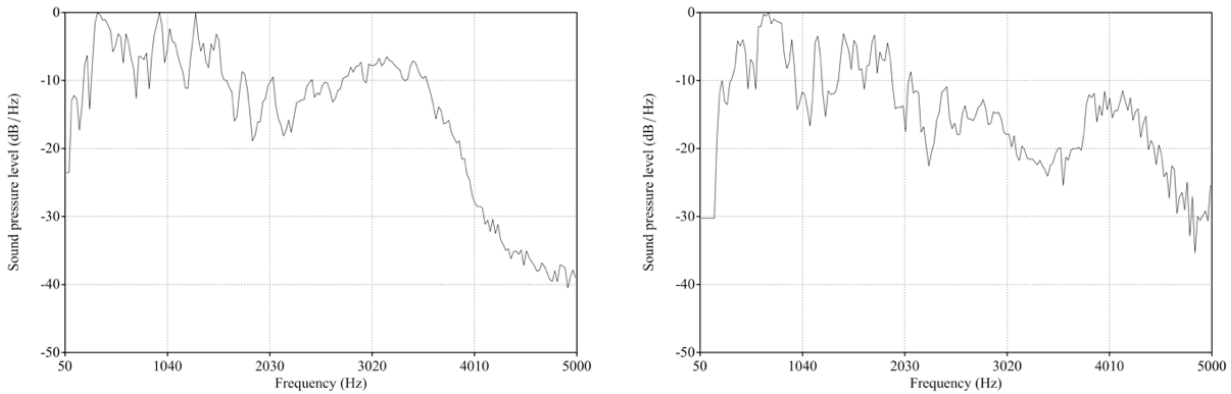
KUVIO 5. Miesten puheäänenuvaajat, jotka äänitettiin toistaen [pa:]-äännettä eri voimakkuustasoilla. Kuvion ensimmäinen piste on hiljaista äänentuottoa, toinen normaaliääntä, kolmas voimistettua ääntä ja viimeinen piste huutoa. Kuvion on havaittavissa selvästi äänenvoimistuksen yhteys äänenkorkeuden nousemiseen. Erityisesti koehenkilöt 7, 9 ja 10 nostivat perustaajuuttaan yli 330 hertsin, joka vastaa e^1 -säveltä. Korkein taajuus oli koehenkilöllä 10, joka nosti äänenkorkeuttaan $g\#^1$ -säveleen huutaessaan. Koehenkilöt 6 ja 8 huusivat 190–220 hertsin taajuuksissa, mikä vastaa sävelkorkeutena pienen oktaavialan g- ja a-säveliä.



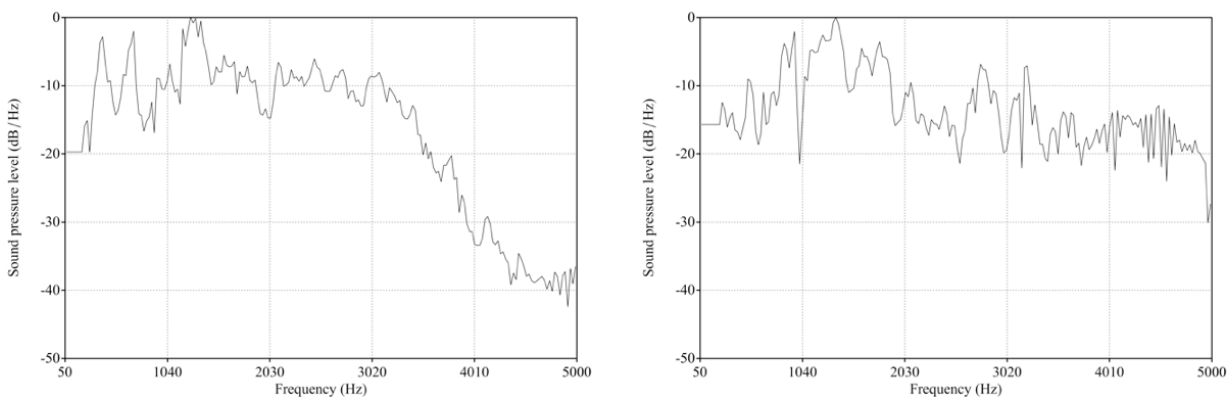
KUVIO 6. Naisten puheäänenuvaajat, jotka äänitettiin toistaen [pa:]-äännettä eri voimakkuustasoilla. Kuvion ensimmäinen piste on hiljaista äänentuottoa, toinen normaaliääntä, kolmas voimistettua ääntä ja viimeinen piste huutoa. Naisäänet noudattavat samaa yleissuuntausta kuin miehet äänenkorkeuden ja äänenvoimakkuuden osalta: äänen voimistuessa korkeus nousee. Korkeimmillaan koehenkilöt 1, 2 ja 3 huusivat 460–475 hertsin taajuuksissa, jotka vastaavat a^{#1}-säveltä. Matalimmillaan koehenkilöt 4 ja 5 huusivat noin 330–350 hertsin taajuuksissa, jotka vastaavat e¹ ja f¹-säveliä.

Kaikista huudon luentanäytteistä tehtiin LTAS-spektrit, joista jätettiin soinnittomat osuudet pois. Vertailun helpottamiseksi spektrit normalisoitiin, eli spektrien korkein huippu tasattiin kohtaan 0. Näytteiden LTAS-spektrit ovat kokonaislaatupisteiden mukaan järjestyksessä, jossa eniten pisteitä saanut luokiteltiin parhaimmaksi näytteeksi. Miesäänten keskiarvospektreissä näkyy selkeä yleissuuntaus, jossa 2–3,5 kHz:n kohdalla on formanttien yhteensulautuminen ja tämän jälkeen voimakas pudotus spektrissä. Vähiten pisteitä saaneessa näytteessä kyseinen yhteensulautuminen on selvästi pienempi ja loppuu jo ennen 3 kHz:ä.

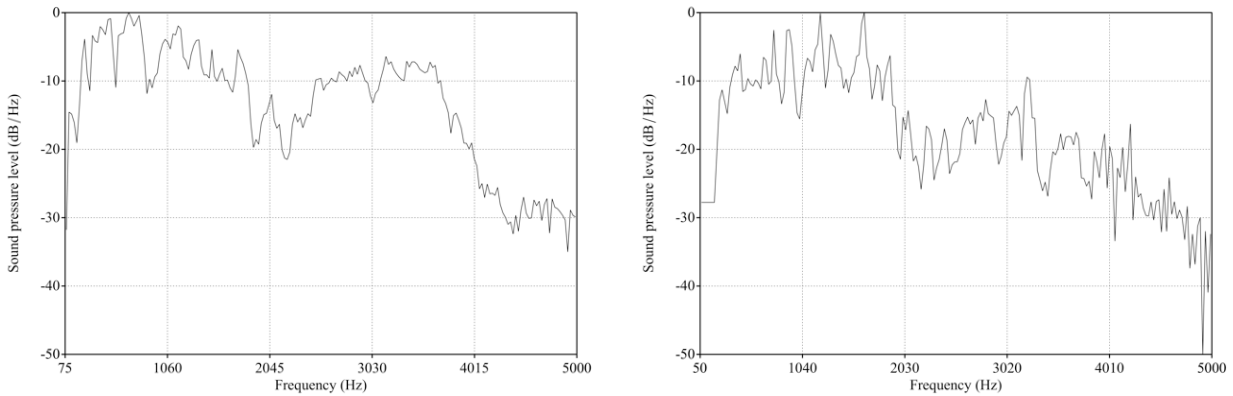
Naisäänten keskiarvospektrit ovat muodoltaan epäselvempiä kuin miesten. Korkeimmat kokonaislaatuasteet saaneissa naisääninäytteissä näkyy laulajanformantti noin 2,8 kHz:ssä ja voimakas puhujanformantti 4 kHz:ssä. Saman tyyppinen spektri on toiseksi korkeimmat pisteet saaneella naisääninäytteellä. Muissa naisten ääninäytteissä näkyy formanttien kasautumista lähinnä 2,8–3,3 kHz:ssä.



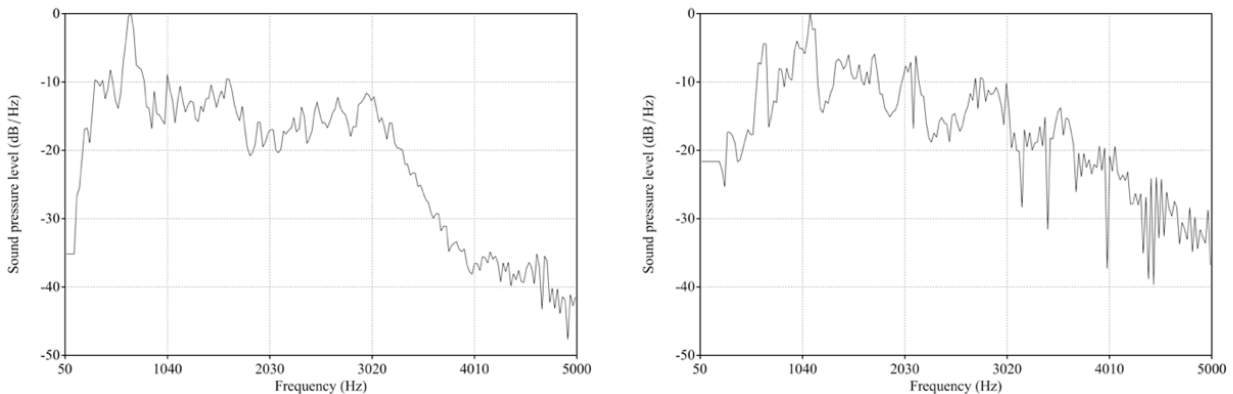
KUVIO 7. Huudon luentanäytteet, jotka saivat kuulijoilta parhaimmat kokonaislaatuasteet. Vasemmalla on miesääni (koehenkilö 8) ja oikealla naisääni (koehenkilö 5). Miesäänen spektri on muodoltaan neliskulmainen, ja siinä on havaittavissa selkeä formanttiklusteri 2–3,5 kHz:ssä, jonka jälkeen spektrissä on jyrkkä pudotus. Miesäänen alfa-ratio on -9,97 dB. Naisäänen spektri on muodoltaan melko neliskulmainen, ja siinä on viitteitä laulajanformantista 2,8 kHz:ssä ja selkeä puhujanformantti 4 kHz:ssä. Naisäänen alfa-ratio on -5,95 dB.



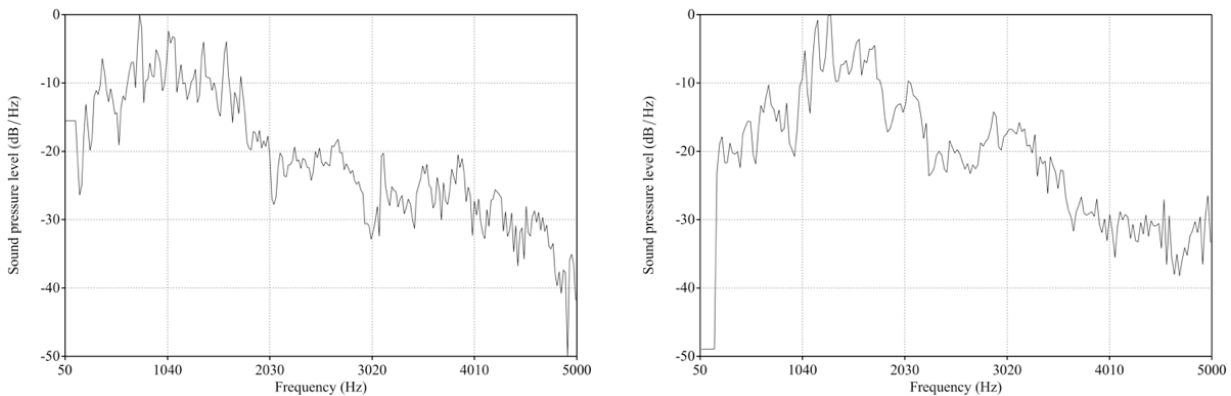
KUVIO 8. Huudon luentanäytteet, jotka saivat kuulijoilta toiseksi parhaimmat kokonaislaatuasteet. Vasemmalla on miesääni (koehenkilö 7) ja oikealla naisääni (koehenkilö 4). Molemmat spektrit ovat muodoltaan neliskulmaisia. Miesäänessä on havaittavissa klusteroitumista 2–3,5 kHz:ssä sekä sen jälkeen jyrkkä pudotus. Alfa-ratio on -5,4 dB. Naisäänessä on hieman klusteroitumista 2,8 kHz:n kohdalla, samoin 4 kHz:ssä, joskaan ei kovin selvästi verrattuna kuvion 7 naisnäytteeseen. Naisäänen alfa-ratio on -0,94 dB.



KUVIO 9. Huudon luentanäytteet, jotka saivat kuulijoilta keskiarvopisteet kokonaislaadusta. Vasemmalla on miesääni (koehenkilö 6) ja oikealla naisääni (koehenkilö 2). Miesäänen spektri on muodoltaan neliskulmainen, ja se noudattaa mieskoehenkilöiden yleistä suuntausta formanttien klusteroitumisen osalta. Alfa-ratio on $-7,53$ dB. Naisäänen spektri on hieman kalteva, joka johtunee hypofunktionaalisuudesta ja hälystä, jonka myös kuulijat huomioivat arvioissaan. Vuotoinen äänihuulisulku ei vahvista osasäveliä niin paljon kuin tiivis, mikä vaikuttaa spektrin kaltevuuteen. Spektrin kaltevuudesta kertova alfa-ratio onkin tämän aineiston naiskoehenkilöiden suurin: $-6,37$ dB.



KUVIO 10. Huudon luentanäytteet, jotka saivat kuulijoilta toiseksi vähiten kokonaislaatu pisteitä. Vasemmalla on miesääni (koehenkilö 9) ja oikealla naisääni (koehenkilö 1). Miesäänen spektri noudattaa neliskulmaista yleissuuntausta, mutta pudotus alkaa jo 3 kHz:n kohdalla. Alfa-ratio on $-9,11$ dB. Naisäänen spektri on hieman kolmiomainen muodoltaan. Spektrissä näkyy hieman klusteroitumista $2,8$ kHz:n kohdalla, mutta tämän jälkeen spektri kaltevoituu. Naisäänen alfa-ratio on $-2,47$ dB.



KUVIO 11. Huudon luentanäytteet, jotka saivat kuulijoilta pienimmät kokonaislaatuasteet. Vasemmalla on miesääni (koehenkilö 10) ja oikealla naisääni (koehenkilö 3). Miesäänen spektri oli ainoa miesten ryhmästä, joka oli selvästi kolmiomainen. Spektrissä ei myöskään näy tämän aineiston miesääninäytteille tyypillistä klusteroitumista 2–3,5 kHz:n kohdalla. Miesäänen alfa-ratio on -10,95 dB, joka on suurin koko aineistosta. Myös naisääninäyte on kolmiomainen, ja siinä on hieman klusteroitumista noin 3 kHz:n kohdalla, mutta muuten spektrin suunta on laskeva. Alfa-ratio on 1,71 dB, joka oli aineiston ainoa positiivinen tulos. Alfa-ration laskentakaavan raja-arvolla (1000 Hz) on ollut vaikutusta positiivisen tuloksen syntymiseen, sillä naisäänen spektrissä näkyy voimakasta klusteroitumista F_1 – F_2 -formanteissa suhteessa perustaajuuteen.

6.2 Kuuntelija-arvioiden reliabiliteetti ja tunnusluvut

Kuuntelija-arvioiden keskinäistä yhdenmukaisuutta mitattiin Cronbachin alfa-reliabiliteettikertoimella. Kaikkien näytteiden äänenpiirteistä laskettiin inter-rater-reliabiliteettikerroin, joka oli 0,670–0,930. Huonoin reliabiliteetti-arvo oli äänen kantavuudella/kuuluvuudella ja paras äänenkorkeudella. Äänen kantavuutta lukuun ottamatta kaikki muut kuuntelija-arviot saivat hyväksyttävän reliabiliteetti-arvon (yli 0,70), mikä kuvaa kuuntelijoiden yhdenmukaisuutta.

Kuuntelijoiden sisäistä yhdenmukaisuutta testattiin kuunteluttamalla neljä samaa näytettä kahteen kertaan. Näistä laskettiin intra-rater-reliabiliteettikerroin Cronbachin alfalla. Äänen metallisuus ja perturbaatiot saivat huonoimmat alfa-arvot (0,645–0,656) ja parhaimmat alfa-arvot saatiin tiivyydestä (0,892). Heikot alfa-arvot saattoivat johtua aineiston vähäisyydestä. Tästä syystä aineistosta laskettiin vielä erikseen intra-rater-reliabiliteetti Spearmanin korrelaatiokertoimella, mikä osoitti kuuntelijoiden yhdenmukaisuuden tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$) tai erittäin merkitsevästi ($p < 0,01$).

Inter-rater-reliabiliteetti	Cronbachin alfa
Äänenkorkeus	0,930
Äänenväri	0,926
Äänen perturbaatiot: rahina/särinä/särkyminen	0,905
Äänen tiiviys	0,904
Äänen metallisuus	0,901
Äänen sijoitus: takaisuus/etisyys	0,872
Äänentuoton työläys	0,858
Soveltuvuus teatterinäyttämölle	0,828
Äänen vakuuttavuus	0,778
Äänen hälypitoisuus	0,767
Yleinen äänenlaatu	0,713
Äänen kuuluvuus/kantavuus	0,670

KUVIO 12. Kuuntelijoiden inter-rater-reliabiliteetti äänenpiirteittäin. Inter-rater-reliabiliteetissa mitataan kuuntelijoiden keskinäistä yhdenmukaisuutta, eli arvioivatko eri kuuntelijat äänenpiirteitä samalla tavoin. Kaikki muut äänenpiirteet saivat hyväksyttävän arvon (yli 0,70) paitsi kuuluvuus, josta kuuntelijat olivat keskenään vähemmän yksimielisiä.

Äänenpiirre	Cronbach's alpha	Intraclass correlation single	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			Spearman's rho	Spearman/significance
			Lower Bound	Upper Bound	Value	df1/df2	Significance		
Äänen tiiviys	0,892	0,774	0,622	0,870	7,839	43/44	0,000	0,815***	0,000
Äänen sijoitus: takaisuus/etisyys	0,864	0,764	0,607	0,863	7,466	43/44	0,000	0,768***	0,000
Äänen vakuuttavuus	0,849	0,731	0,559	0,844	6,448	43/44	0,000	0,732***	0,000
Soveltuvuus näyttämölle	0,844	0,729	0,556	0,842	6,386	43/44	0,000	0,739***	0,000
Äänenkorkeus	0,836	0,699	0,511	0,823	5,637	43/44	0,000	0,789***	0,000
Äänenväri	0,801	0,637	0,425	0,784	4,517	43/44	0,000	0,728***	0,000
Äänen kuuluvuus	0,793	0,636	0,423	0,783	4,497	43/44	0,000	0,627***	0,000
Yleinen äänenlaatu	0,793	0,645	0,435	0,789	4,639	43/44	0,000	0,662***	0,000
Äänentuoton työläys	0,780	0,641	0,430	0,787	4,579	43/44	0,000	0,645***	0,000
Äänen hälypitoisuus	0,750	0,602	0,376	0,761	4,021	43/44	0,000	0,568***	0,000
Äänen perturbaatiot	0,656	0,487	0,228	0,683	2,902	43/44	0,000	0,457**	0,002
Äänen metallisuus	0,645	0,481	0,220	0,678	2,852	43/44	0,000	0,475***	0,001

KUVIO 13. Kuuntelijoiden intra-rater-reliabiliteettikerroin, joka kertoo, miten johdonmukaisesti kuuntelijat ovat arvioineet samat näytteet, jotka ovat esiintyneet kuuntelussa kaksi kertaa. Intra-rater-reliabiliteetti jäi perturbaatioissa ja metallisuudessa alle suositusarvon (0,70), joten aineistosta suoritettiin lisäksi Spearmanin korrelaatiotesti yhdenmukaisuuden varmistamiseksi. Kaikki muut äänenlaadut korreloivat erittäin merkittävästi ($p < 0,001$) paitsi perturbaatioarviot, jotka nekin korreloivat merkittävästi ($p < 0,01$). Näin ollen kuuntelijat ovat arvioineet toistuneet näytteet johdonmukaisesti, mutta aineiston koko on saattanut vaikuttaa Cronbachin alfaan.

Kuuntelijat arvioivat jokaisesta näytteestä 12 äänenpiirrettä. Osa äänenpiirteistä arvioitiin bipolaarisella asteikolla, jossa numero 5 edusti optimaalista arvoa. Osassa piirteistä käytettiin unipolaarista asteikkoa, jossa optimaalista edusti 0, 5 tai 10 äänenpiirteen mukaan. Esimerkiksi hälypitoisuuden optimaalisin arvo on 0, jolloin hälyä ei ole yhtään. Kuuluvuudessa optimaalisin arvo on 5, joka annettiin erittäin kuuluvalla äänelle. Taulukosta näkyy yhteenveto kaikkien näytteiden äänenpiirteiden arvioista. Kuuntelijat käyttivät kauttaaltaan laajaa arvosteluasteikkoa arvioidessaan äänenpiirteitä.

Äänenpiirteet	n	Asteikko	Optimaalinen arvo	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Äänenväri: tumma – vaalea	110	0–10	5	5,35	1,00	9,00
Äänen sijoitus: takaisuus – etisyys	110	0–10	5	5,34	1,00	9,00
Metallisuus: vähän – paljon	110	0–10	5	5,42	2,00	10,00
Äänenkorkeus: matala – korkea	110	0–10	5	5,94	1,00	9,00
Tiiviyys: huokoinen – kireä	110	0–10	5	5,77	1,00	9,00
Hälypitoisuus: ei yhtään – paljon	110	0–5	0	1,70	0,00	5,00
Perturbaatiot: ei yhtään – paljon	110	0–5	0	1,78	0,00	5,00
Työläys: ei yhtään – erittäin työlästä	110	0–5	0	2,40	0,00	5,00
Kuuluvuus: hiljainen – kantava	110	0–5	5	3,33	1,00	5,00
Yleinen äänenlaatu: huono – erinomainen	110	0–10	10	5,45	1,00	9,00
Vakuuttavuus: ei lainkaan – erittäin vakuuttava	110	0–5	5	2,87	0,00	5,00
Soveltuvuus ei sovellu – soveltuu erinomaisesti	110	0–5	5	3,00	0,00	5,00

KUVIO 14. Kuuntelija-arvioiden tunnusluvut äänenpiirteittäin, yhteenveto kaikista näytteistä.

6.3 Akustisten mittaustulosten ja kuuntelija-arvioiden korrelaatiot

Akustisten piirteiden keskinäistä korrelaatiota mitattiin Spearmanin korrelaatiokertoimella. Korrelaatiotestit tehtiin naisille ja miehille erikseen sekä yhteiskorrelaationa. Matalin mahdollinen ääni korreloi molemmilla sukupuolilla positiivisesti kaikkien muiden äänenvoimakkuustasojen perustaajuuksien paitsi huudon kanssa. Näin ollen matalimmalla mahdollisella äänellä ei tämän aineiston mukaan näyttäisi olevan yhteyttä huutokorkeuteen. Perustaajuuden keskiarvo huudon luentänäytteessä sekä lyhyessä [pa:]-ääntönäytteessä korreloi naisilla positiivisesti CQ:n kanssa ($p < 0,05$), mutta miehillä ei ollenkaan. Naisten äänenkorkeus oli siis yhteydessä pidentyneeseen äänihuulten kontaktiaikaan. F_0 -keskiarvo korreloi kaikilla alfa-ration kanssa ($p < 0,01$) eli äänenkorkeuden noustessa spektrin kaltevuus väheni. Huudon perustaajuudet luennassa ja lyhyessä ääntönäytteessä eivät korreloineet äänenpainetason kanssa, eli äänenkorkeus ja SPL eivät olleet yhteydessä toisiinsa. Alfa-ratio ei korreloinut äänenpainetason kanssa, mikä saattaa johtua alfa-ration laskentatavasta: tässä materiaalissa raja-arvona käytettiin 1000 hertsiä, jolloin F_1 :n sijainti on saattanut vaikuttaa tulokseen.

Spearman's rho		F ₀ -ka. (Hz) hiljainen [pa:]	F ₀ -ka. (Hz) normaali [pa:]	F ₀ -ka. (Hz) voimistettu [pa:]	F ₀ -ka. (Hz) huuto [pa:]	F ₀ -ka. (hz) huuto luenta
Matalin mahdollinen (Hz)	r p n	,733 ,016 10	,758 [*] ,011 10	,770 ^{**} ,009 10		
Spearman's rho		SPL (dB) huuto luenta	CQ huuto luenta	Alfa-ratio huuto luenta		
F ₀ -ka. (Hz) huuto luenta	r p n		,900 [*] ,037 5	,855 ^{**} ,002 10		
Spearman's rho		SPL (dB) huuto [pa:]	CQ huuto [pa:]			
F ₀ -ka. (Hz) huuto [pa:]	r p n		,900 [*] ,037 5			

* Korrelaatio on melkein merkitsevä, kun $p < 0,05$ (2-suuntainen)

** Korrelaatio on merkitsevä, kun $p < 0,01$ (2-suuntainen)

KUVIO 15. Akustisten piirteiden keskinäinen korrelaatio. Punaisella fontilla merkitty koskee ainoastaan naisääniä, mustalla fontilla merkitty koskee molempia sukupuolia. SPL (dB) ei korreloinut minkään toisen akustisen piirteen kanssa ja alfa-ratio ainoastaan F₀-keskiarvon kanssa.

Perseptuaalisten äänenpiirteiden keskinäistä korrelaatiota mitattiin Spearmanin korrelaatiokertoimella. Korrelaatiot tehtiin koko populaatiolle sekä naisille ja miehille erikseen. Molemmille sukupuolille yhteisiä korrelaatioita oli äänenvärisä, äänen sijoittumisessa, hälypitoisuudessa, metallisuudessa, vakuuttavuudessa ja soveltuvuudessa. Äänenväri korreloi positiivisesti äänen sijoituksen kanssa kaikilla äänillä: mitä vaaleampi äänenväri oli, sen etisemmäksi ääni koettiin. Vaalea äänenväri ja etinen sijoittuminen heikensivät soveltuvuutta. Hälypitoisuus vähensi metallisuutta. Yleinen äänenlaatu korreloi vakuuttavuuden ja soveltuvuuden kanssa positiivisesti, kun taas korkea äänenkäyttö vähensi soveltuvuutta. Vakuuttavuus ja soveltuvuus korreloivat keskenään erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) eli vakuuttava ääni koettiin myös soveltuvaksi näyttämölle.

Sukupuolten välillä oli suuria eroja äänenpiirteiden keskinäisissä korrelaatioissa. Edellä mainittujen yhteisten korrelaatioiden lisäksi miesten vakuuttavuuteen vaikuttivat äänenväri ($p < 0,05$), äänen sijoittuminen ($p < 0,05$), ja äänenkorkeus ($p < 0,01$). Liian etinen ja kirkas äänenväri tai korkea ääni heikensivät vakuuttavuutta. Miehillä yleistä äänenlaatua paransivat vakuuttavuuden ja soveltuvuuden lisäksi merkitsevästi myös kuuluvuus ($p < 0,01$). Hälypitoisuus ja perturbaatiot korreloivat keskenään erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) ja ne lisäsivät työläysvaikutelmaa melkein merkitsevästi ($p < 0,05$). Miesäänillä soveltuvuuteen vaikutti myös kuuluvuus, toisin kuin naisäänillä.

Naisten äänenpiirteet korreloivat keskenään hyvin paljon. Työläysvaikutelmaa lisäsivät vaalea äänenväri, etinen sijoittuminen, metallisuus, korkea ääni ja äänihuulikontaktin tiiviys erittäin merkittävästi ($p < 0,001$). Hälypitoisuus ja perturbaatiot korreloivat positiivisesti vakuuttavuuden kanssa ($p < 0,05$), eli hälyjen lisääntyessä vakuuttavuus parani, kun taas miehillä hälyänet aiheuttivat työläysvaikutelmaa. Äänenväriin vaalentuminen ja äänen etinen sijoittuminen vaikuttivat metallisuus-, äänenkorkeus- ja puristeisuusvaikutelmien lisääntymiseen. Metallisuus ei korreloinut miesten äänenpiirteiden kanssa lainkaan, mutta naisäänissä metallisuuden kanssa korreloivat kirkas äänenväri, etinen sijoittuminen, korkea ja hyvin tiivis ääni. Vakuuttavuuden ja soveltuvuuden lisäksi naisten yleinen äänenlaatu määriteltiin äänenväriin, sijoittumisen, metallisuuden, korkeuden, tiiviiden ja työläyden perusteella. Miesten yleiseen äänenlaatuun vaikutti vakuuttavuuden ja soveltuvuuden lisäksi ainoastaan kuuluvuus.

Spearman's rho		Äänenväri	Äänen sijoitus	Metallisuus	Äänenlaatu	Äänenkorkeus	Tiiviys	Hälypitoisuus	Perturbaatiot	Työläys	Kuuluvuus	Vakuuttavuus	Soveltuvuus
Äänenväri	r		,979***	1,000***	-,900*	1,000***	1,000***			1,000***		-,900*	-,793**
	p		,000		,037							,037	,006
	n		10	5	5	5	5			5		5	10
Äänen sijoitus	r	,979***		1,000***	-,900*	1,000***	1,000***			1,000***		-,900*	-,857**
	p	,000			,037							,037	,002
	n	10		5	5	5	5			5		5	10
Metallisuus	r	1,000***	1,000***		-,900*	1,000***	1,000***	-,687*		1,000***			
	p				,037			,028					
	n	5	5		5	5	5	10		5			
Äänenlaatu	r	-,900*	-,900*	-,900*		-,900*	-,900*			-,900*	,975**	,640*	,855**
	p	,037	,037	,037		,037	,037			,037	,005	,046	,002
	n	5	5	5		5	5			5	5	10	10
Äänenkorkeus	r	1,000***	1,000***	1,000***	-,900*		1,000***			1,000***		-,975**	-,680*
	p				,037							,005	,031
	n	5	5	5	5		5			5		5	10
Tiiviys	r	1,000***	1,000***	1,000***	-,900*	1,000***				1,000***			
	p				,037								
	n	5	5	5	5	5				5			
Hälypitoisuus	r			-,687*					1,000***	,900*		,900*	
	p			,028						,037		,037	
	n			10					5	5		5	
Perturbaatiot	r							1,000***		,900*		,900*	
	p									,037		,037	
	n							5		5		5	
Työläys	r	1,000***	1,000***	1,000***	-,900*	1,000***	1,000***	,900*	,900*				
	p				,037			,037	,037				
	n	5	5	5	5	5	5	5	5				
Kuuluvuus	r				,975**								,900*
	p				,005								,037
	n				5								5
Vakuuttavuus	r	-,900*	-,900*		,640*	-,975**		,900*	,900*				,900***
	p	,037	,037		,046	,005		,037	,037				,000
	n	5	5		10	5		5	5				10
Soveltuvuus	r	-,793**	-,857**		,855**	-,680*					,900*	,900***	
	p	,006	,002		,002	,031					,037	,000	
	n	10	10		10	10					5	10	

*** Korrelaatio on erittäin merkittävä, kun $p < 0,001$ (2-suuntainen)

** Korrelaatio on merkittävä, kun $p < 0,01$ (2-suuntainen)

* Korrelaatio on melkein merkittävä, kun $p < 0,05$ (2-suuntainen)

KUVIO 16. Äänenpiirteiden keskinäinen korrelaatio. Koko populaatiota koskevat korrelaatiot ovat mustalla fontilla. Sininen fontti edustaa miesääniä ja punainen fontti naisääniä.

Äänenpiirteiden kuuntelija-arvioiden ja akustisten tulosten korrelointia mitattiin Spearmanin korrelaatiokertoimella. Korrelaatiotestit tehtiin naisille ja miehille erikseen sekä kaikista näytteistä yhteiskorrelaationa. Laskennassa huomioitiin huudon luentanäytteen perustajuuden keskiarvo, suhteellinen perustajuus, äänenpainetaso, CQ ja alfa-ratio.

Yhteiskorrelaatioista SPL korreloi merkitsevästi ($p < 0,01$) perturbaatioiden kanssa, eli äänenvoimakkuuden kasvaessa rahinat ja särinät äänessä lisääntyivät. Äänenkorkeus, tiiviys ja työläys korreloivat CQ:n kanssa positiivisesti molemmilla sukupuolilla: äänihuulten kontaktiajan kasvaessa ääni koettiin tiiviimmäksi ja samalla työläemmäksi, ja toisaalta kontaktiaika oli yhteydessä myös äänenkorkeushavaintoon. Miehillä korreloi näiden lisäksi myös hälypitoisuus positiivisesti SPL:n kanssa, eli äänenvoimakkuuden kasvaessa myös hälyt lisääntyivät. Naisilla oli kauttaaltaan enemmän korrelaatioita eri akustisten piirteiden ja kuuntelija-arvioiden kanssa. Naisilla kuuluvuusvaikutelma korreloi melkein merkitsevästi keskimääräisen perustajuuden ja äänenpainetason kanssa ($p < 0,05$) eli äänenkorkeuden noustessa ja SPL:n kasvaessa kuuluvuusvaikutelma parani. Naisilla CQ ja alfa-ratio korreloivat äänenvärin, äänen sijoituksen, metallisuuden, äänenkorkeuden, tiiviyn ja työläyden kanssa positiivisesti, eli äänihuulikontaktin laadulla oli yhteys perkeptuaalisiin havaintoihin. Miehillä ei ollut vastaavia korrelaatioita.

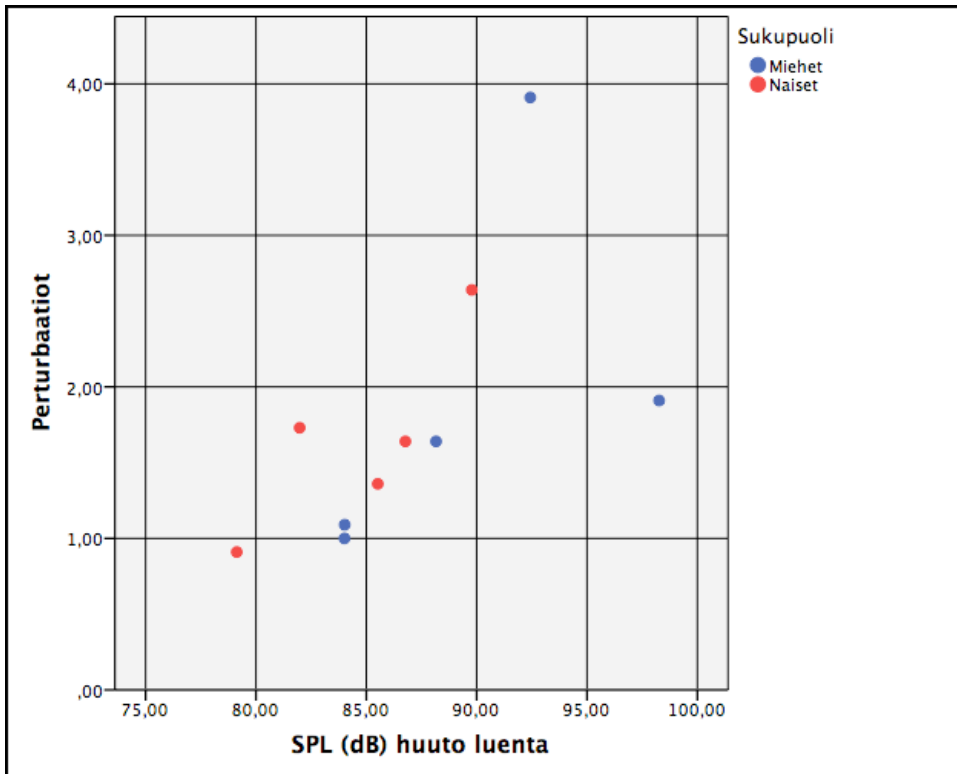
Spearman rho	Äänenväri	Äänen sijoitus	Metallisuus	Äänenlaatu	Äänenkorkeus	Tiiviys	Hälypitoisuus	Perturbaatiot	Työläys	Kuuluvuus	Vakuuttavuus	Sovellettuus
F ₀ -keskiavo (Hz) huuto luenta	r p n									,900* ,037 5		
SPL (dB) huuto luenta	r p n						,900* ,037 5	,778** ,008 10		,900* ,037 5		
CQ huuto luenta	r p n	,900* ,037 5	,900* ,037 5	,900* ,037 5	,697* ,025 10	,884*** ,001 10			,890*** ,001 10			
Alfa-ratio huuto luenta	r p n	,900* ,037 5	,900* ,037 5	,900* ,037 5	,900* ,037 5	,900* ,037 5			,900* ,037 5			

* Korrelaatio on melkein merkitsevä, kun $p < 0,05$ (2-suuntainen)

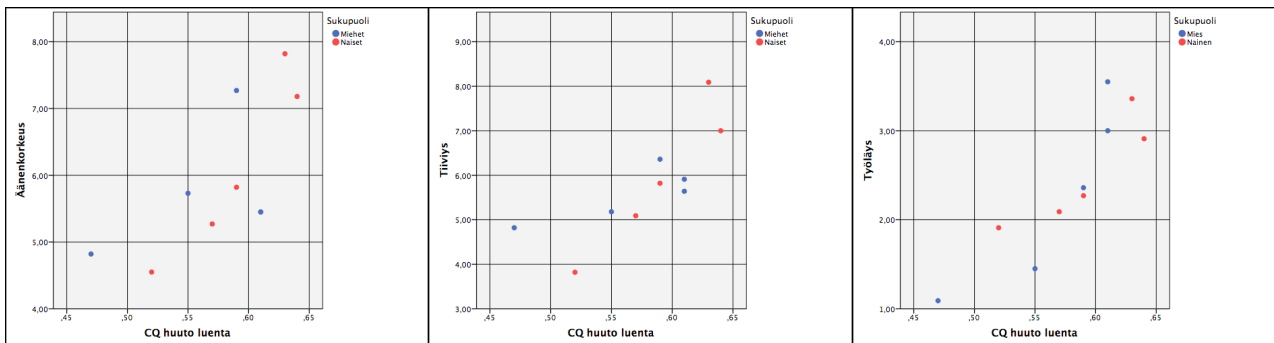
** Korrelaatio on merkitsevä, kun $p < 0,01$ (2-suuntainen)

*** Korrelaatio on erittäin merkitsevä, kun $p < 0,001$ (2-suuntainen)

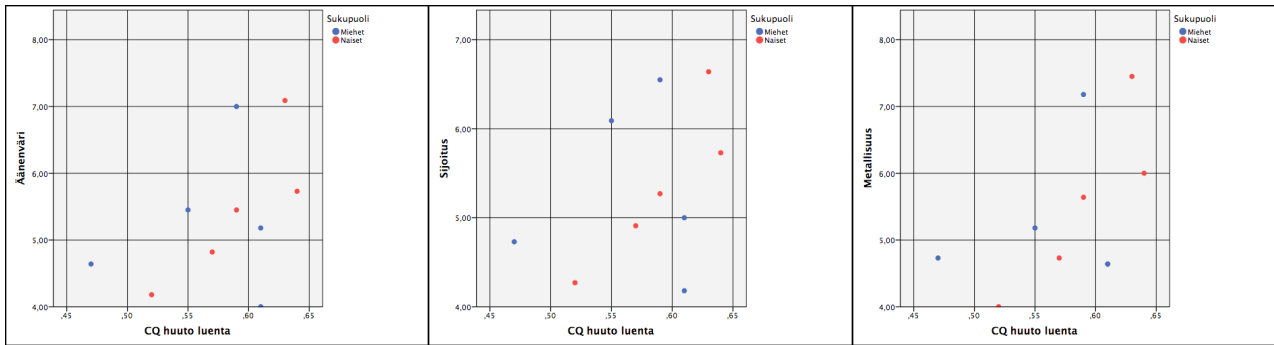
KUVIO 17. Akustisten tulosten ja perkeptuaalisen arvioinnin korrelaatiot. Mustalla fontilla on merkitty yhteiset, punaisella vain naisia koskevat ja sinisellä vain miehiä koskevat korrelaatiot.



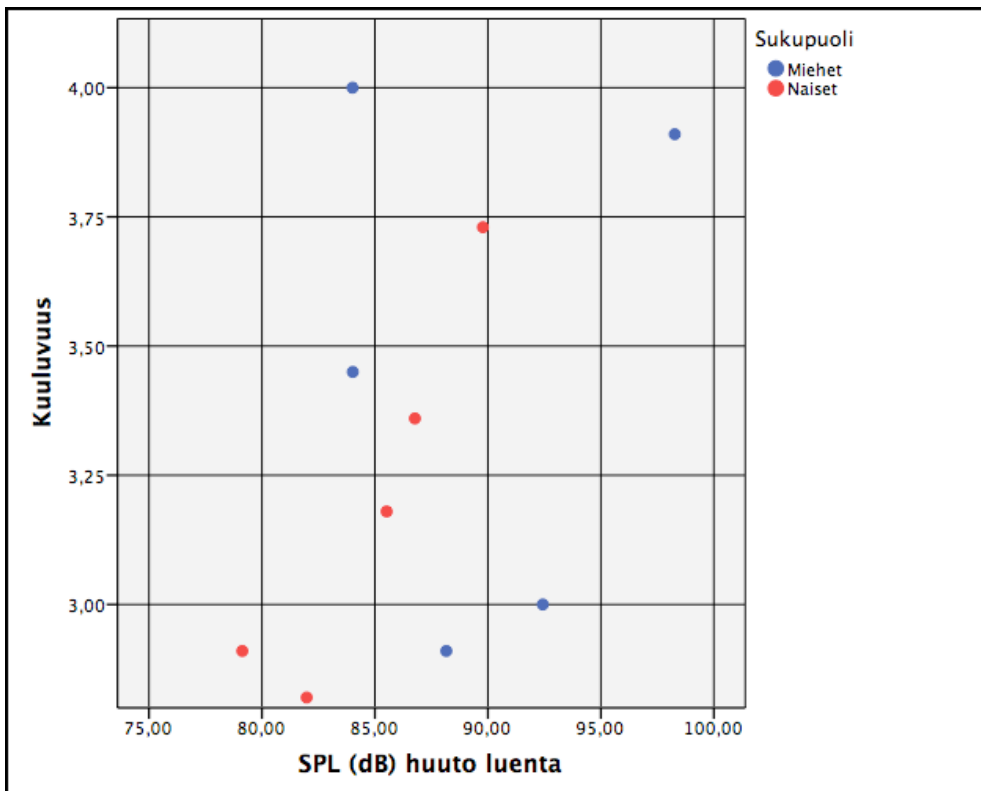
KUVIO 18. Äänenpainetason yhteys havaittuihin perturbaatioihin huudon luenta-älytteenä. Sekä naisilla että miehillä äänenpainetaso korreloi positiivisesti perturbaatioiden kanssa. Asteikolla numero 5 edustaa suurta perturbaatiomäärää ja 0 sellaista tilannetta, jossa rahinoita ja särinöitä ei ole yhtään.



KUVIO 19. CQ:n yhteys perkeptuaaliseen äänenkorkeuteen, tiiviyteen ja työläyteen naisilla ja miehillä. Perkeptuaaliset arvot nousevat selvästi äänihuulten kontaktiajan ylittäessä 60 %, eli kuulijat ovat arvioineet kyseiset näytteet optimaalista korkeammiksi, tiiviimmiksi tai työläemmiksi. Normaalisti puheessa kontaktiajan on raportoitu olevan 40–60 % (Robb & Simmons 1990; Orlikoff 1991; Orlikoff ym. 1997) Äänenkorkeudessa ja tiiviydessä nro 5 on optimaalinen arvo, työläydessä 0 on optimaalinen (ei yhtään työläs).



KUVIO 20. CQ:n yhteys äänenväriin, äänen sijoitukseen ja metallisuuteen. Miesäännet ovat kuvioissa mukana vertailun vuoksi, mutta miesten CQ-arvot eivät korreloineet näiden äänenpiirteiden kanssa. Sen sijaan naisilla oli melkein merkitsevä korrelaatio ($p < 0,05$ Spearmanin korrelaatiokertoimella). Kaikissa äänenpiirteissä optimaalinen arvo on 5. Äänenväriä optimaalista korkeammat arvot ovat kirkkaita ja matalammat arvot tummia. Äänen sijoituksessa optimaalista korkeammat arvot ovat etisiä ja matalammat arvot takaisia. Metallisuudessa optimaalista korkeammat arvot ovat metallisia ja matalammat vähemmän metallisia.



KUVIO 21. Kuuluvuusarviot korreloivat ainoastaan naisilla äänenpainetasoon: mitä korkeampi äänenpainetaso oli, sen kuuluvammaksi ääni arvioitiin. Miesten arvot ovat taulukossa vertailun vuoksi. Kuvioista näkyy selvästi, miten miesäänien kuuluvuusvaikutelma ei ole lainkaan yhteydessä todelliseen äänenpainetasoon. Kuuluvuusvaikutelma onkin todennäköisesti syntynyt muista äänenpiirteistä.

7 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa tutkittiin koulutettujen äänenkäyttäjien hyvän huutoäänen tuottamisstrategioita akustisilla ja äänihuulitason funktioiden mittauksilla. Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten huutoäänen akustiset piirteet sekä äänihuulivärähtelyn laatu korreloivat hyväksi arvioidun huutoäänen kanssa.

7.1 Perkeptuaalisesti hyvän huutoäänen kriteerit

Perkeptuaalisten arvioiden mukaan hyvä huutoääni on sopivan tumma eikä äänen sijoitus ole liian etinen. Yleisen äänenlaadun oli tarkoitus olla yleisarvio äänestä kokonaisuutena. Naisilla ja miehillä yleinen äänenlaatu muodostui kuitenkin eri tekijöistä ja yhteisiä tekijöitä sukupuolten välillä olivat ainoastaan vakuuttavuus ja soveltuvuus. Miesten yleistä äänenlaatua paransi edellä mainittujen tekijöiden lisäksi hyvä kuuluvuus. Naisten yleistä äänenlaatua määrittivät äänenväri, äänen sijoittuminen, metallisuus, äänenkorkeus, tiiviys ja työläys. Vaalea, etinen ja korkea ääni huononsivat naisilla äänenlaatuarvioita. Naisilla myös erittäin tiivis ääni lisäsi metallisuus- ja työläysvaikutelmaa, jotka huononsivat yleistä äänenlaatuarviota.

Naisten äänenkorkeusvaikutelma korreloi usean äänenpiirteen kanssa. Liian kirkas äänenväri ja etinen ääni, metallisuus, tiiviys ja työläys olivat yhteydessä korkeaan äänenkäyttöön. Miehillä liian korkea ääni vei vakuuttavuutta. Molemmilla sukupuolilla korkea ääni huononsi myös soveltuvuutta näyttämölle. Tämä tulos on ristiriidassa Lehtisen (2010, 40) tutkimuksen kanssa, jossa miesten äänenkorkeus korreloi myös äänenväriin ja kuuluvuuden kanssa.

Kuuntelijat olivat keskenään erittäin yhdenmukaisia arvioidessaan äänenkorkeutta (Cronbachin alfa 0,930). Kuuntelijoiden havaitsema äänenkorkeus ei kuitenkaan korreloinut mitatun perustaajuuden keskiarvon kanssa, eli äänenkorkeusvaikutelma muodostui muista tekijöistä kuin todellisesta korkeudesta. Yksi selitys voi olla, että F_0 -keskiarvo ei aina anna oikeata vaikutelmaa äänenkorkeudesta. Jos ääntä käytetään toistuvasti hyvin korkeilla taajuuksilla, kuulija saattaa

kiinnittää näihin taajuuksiin enemmän huomiota, vaikka äänenkäytön painopiste olisikin pääosin matalalla (Leino 1991, 39).

Koska äänenkorkeus korreloi naisilla usean muun äänenpiirteen kanssa, se voisi myös selittää kuulijoiden havaitseman äänenkorkeuden ja todellisen perustaajuuden ristiriidan. Äänenkorkeusvaikutelma voi olla siis usean eri äänenpiirteen yhdistelmä. Esimerkiksi äänen tummuus tai takaisuus voi antaa kuulovaikutelman matalasta äänestä, kun taas kirkkaus voi lisätä korkeusvaikutelmaa. Kurkunpään ollessa matalalla ääniväylä pitenee, ja ääni kuulostaa tummalta matalien formanttitaajuuksien vahvistuessa (Fant 1960, 63–64; Laukkanen & Leino 2001, 123–124; Sundberg 2001, 34–35, 143). Takainen artikulaatio niin ikään pidentää väylää ja tummentaa sointia (Laukkanen & Leino 2001, 123–124). Metallisuus puolestaan on yhdistetty erittäin tiiviiseen äänihuuliadduktioon, joka vahvistaa spektrin korkeita osasäveliä (Laukkanen & Leino 2001, 56, 173), mikä antaa kirkkaan ja korkean äänivaikutelman. Toisaalta metallisuusvaikutelma saattaa muodostua myös muista ääniväylän asetuksista, jotka nostavat resonanssitaajuuksia ja siten kirkastavat ääntä (Hanayama ym. 2009). Myös twang on soinniltaan kirkas ja korkea äänenlaatu, joka saattaa vaikuttaa äänenkorkeushavaintoihin.

Metallisuus havaittiin naisäänistä paremmin kuin miesäänistä. Naisäänten metallisuus korreloi positiivisesti äänenväriin, äänen sijoituksen, äänenkorkeuden, tiiviiden ja työläiden kanssa erittäin merkittävästi ($p < 0,001$). Mitä kirkkaampi, etisempi ja korkeampi ääni oli, sen metallisemmaksi se koettiin. Tämä saattaisi viitata väyläasetuksiin, jossa kurkunpää on korkealla ja artikulaatio etistä. Hanayaman ym. (2009) mukaan metallista ääntä tuotetaan korkealla kurkunpään asemalla, ja myös etisellä artikulaatiolla saattaa olla yhteys kyseisen äänenlaadun syntymiseen. Metallisuusvaikutelma naisäänten osalta on voinut siis muodostua niin väyläasetusten kuin toisaalta äänihuuliadduktio seurauksena. Metallisuus lisäsi työläysvaikutelmaa ja vaikutti naisten äänenlaatuun heikentävästi. Miehillä ei ollut vastaavia korrelaatioita.

Hälypitoisuus korreloi metallisuuden kanssa negatiivisesti ja toisaalta tiiviyden korreloi positiivisesti erittäin merkittävästi metallisuuden kanssa. Kuulijat ovat mahdollisesti yhdistäneet metallisuuden erittäin tiiviiseen äänihuuliadduktioon, joka on toisaalta myös yksi tapa tuottaa metallista ääntä. Vuotoinen häly viittaa epätäydelliseen äänihuulisulkuun eli vuotoisuus on puolestaan saatettu yhdistää ei-metalliseen ääneen. Miesäänten hälypitoisuus korreloi positiivisesti muiden perturbaatioiden (rahina/särinä/särkyminen) kanssa, mikä oli odotettavissa, sillä hallitsematon ilmanpaine voi johtaa moniin samanaikaisiin hälyääniin. Tämä vastaa myös Lehtisen (2010, 40)

saamia tuloksia. Lehtisen (2010, 40) tutkimuksessa perturbaatiot vaikuttivat myös negatiivisesti äänenlaatuun, mutta tässä tutkimuksessa sillä ei ollut vaikutusta. Naisilla oli keskimäärin vähemmän perturbaatioita kuin miehillä, joten otaksuttavasti tästä syystä naisten hälypitoisuus ei korreloinut perturbaatioiden kanssa.

Työläysvaikutelma muodostui nais- ja miesäänillä eri asioista. Miehillä työläyttä lisäsi hälypitoisuus ja perturbaatiot melkein merkitsevästi ($p < 0,05$). Naisäänillä kirkas äänenväri ja etinen sijainti, metallisuus, äänenkorkeus ja tiiviys lisäsivät erittäin merkitsevästi työläysvaikutelmaa ($p < 0,001$). Näistä metallisuus ja tiiviys voidaan liittää äänihuulivärähtelyn laatuun: perkeptuaalisesti tiivis tai puristeinen ääni koettiin työlääksi. Äänenväri, äänen sijainti ja äänenkorkeus saattavat puolestaan olla yhteydessä myös viestinnälliseen funktioon, huomioiden, että äänenkorkeusvaikutelma ei tässä aineistossa syntynyt todellisesta perusäänentaajuudesta. Tehtävänantona oli huutaa lannistumattomasti ”voimansa tunnossa” ja välttää avunhuutoa tai komennusääntä. Korkea, etinen ja kirkas huutaminen saattaa viestiä kontrollin menettämistä (Leino ym. 2008) ja lisätä näin ollen mahdollisesti myös työläyden vaikutelmaa.

Kuuluvuus korreloi ainoastaan miehillä äänenlaadun ja soveltuvuuden kanssa: kuuluvuuden paraneminen paransi myös äänenlaatua merkitsevästi ($p < 0,01$) ja soveltuvuutta melkein merkitsevästi ($p < 0,05$). Tämä tulos poikkesi Lehtisen (2010, 40) tuloksesta, jossa kuuluvuus oli yhteydessä äänenkorkeuteen ja tiiviyteen. Tässä tutkimuksessa olikin yllättävää, että kokonaisuuden kannalta kuuluvuus vaikutti hyvän huutoäänen kriteereihin varsin vähän. Olisi ollut oletettavaa, että kuuluvuus olisi yksi tärkeimmistä huutoäänen kriteereistä. Tämä selittynee heikolla inter-rater-reliabiliteetillä (Cronbachin alfa: 0,670). Kuuntelijat eivät olleet keskenään yhdenmukaisia kuuluvuuden arvioissaan, kun taas Lehtisen (2010, 38) tutkimuksessa kuuluvuus sai erinomaisen alfa-arvon (0,94). Lehtisen (2010, 38) tulokseen on saattanut vaikuttaa se, että hänen aineistossaan oli myös kouluttamattomia äänenkäyttäjiä, joten variaatiota on mahdollisesti ollut enemmän kuin tässä aineistossa. Kuuluvuutta voi olla vaikeata arvioida tasalaatuisesta materiaalista.

Vakuuttavuuteen vaikuttivat naisilla ja miehillä eri asiat. Naisilla hälypitoisuus ja perturbaatiot tekivät äänestä vakuuttavan. Tämä saattaa liittyä siihen, että huokoinen ääni on seurausta hypofunktionaalista äänenkäyttötavasta, joka lisää spektrin kaltevuutta. Hypofunktionaalissa äänessä yläsävelsarjat eivät ole vahvistuneet samalla tavalla kuin kiinteällä äänihuuliadduktiolla tuotetussa äänessä. Tämä heikentää äänen kirkkausvaikutelmaa. Huokoinen ääni voi näin ollen

kuulostaa matalalta tai tummalta ja sen myötä vakuuttavalta, vaikka se olisi käytännössä käheyden aiheuttamaa ”mataluutta”. Kuuntelijoiden sanallisissa palautteissa monet kokivat pienen ”rosan” äänessä myös tulkintaa edistäväksi seikaksi, joka toi draamaa ja uskottavuutta ilmaisuun. On myös mahdollista, että sattumalta hälypitoisimpien naisäänten ilmaisu on ollut uskottavampaa kuin muiden, mistä on syntynyt tällainen tulos. Miehillä vakuuttavuuteen vaikuttivat useammat äänenpiirteet kuin naisilla. Miesten vakuuttavuutta heikensivät liian etinen tai kirkas äänenväri sekä korkea ääni. Vaikuttaa siltä, että samat tekijät, jotka huononsivat naisten yleistä äänenlaatua, heikensivät miesten vakuuttavuutta. Vakuuttavuus korreloi soveltuvuuden kanssa positiivisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$), eli mitä vakuuttavammaksi ääni koettiin, sen soveltuvampi se oli näyttämölle.

Molemmilla sukupuolilla soveltuvuus näyttämölle korreloi äänenväriin, äänen sijoituksen, yleisen äänenlaadun, äänenkorkeuden ja vakuuttavuuden kanssa. Soveltuvuutta voitaisiin näin ollen pitää edellä mainittujen piirteiden yhteisvaikutelmana, joka parantaa huudon kokonaislaatuarviota. Miehillä soveltuvuuteen vaikutti myös kuuluvuus. Näyttämölle soveltuvana pidettiin vakuuttavaa ja hyvää äänenlaatua, joka oli riittävän matala eikä liian kirkas tai etinen.

7.2 Kuuntelijoiden reliabiliteetti

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuuntelijoiden yhdenmukaisuutta vertaamalla kuuntelijoiden keskinäisiä arvioita toisiinsa (inter-rater) sekä testaamalla yksittäisen kuuntelijan johdonmukaisuutta (intra-rater) samassa näytteessä.

Kuuntelijoiden keskinäinen reliabiliteettikerroin oli 0,67–0,93 Cronbachin alfalla. Heikoin alfa tuli kuuluvuudesta, joka todennäköisesti tästä syystä ei korreloinut muiden äänenpiirteiden kanssa juurikaan. Kaikki muut alfa-arvot olivat yleisten suositusarvojen (0,70) yläpuolella. Kuuntelijoiden sisäistä johdonmukaisuutta testattiin kuunteluttamalla neljä näytettä kahteen kertaan. Näytteet oli sijoitettu sukupuolittain kuuntelun alkuvaiheeseen ja uudestaan loppuun. Kuuntelijoiden intra-rater-reliabiliteettikerroin oli 0,645–0,892. Koska intra-raterin alfa-arvot olivat heikompia kuin inter-rater-arvot, näytteille tehtiin vielä korrelaatiotestit Spearmanin korrelaatiokertoimella. Tämä osoitti, että näytteet korreloivat keskenään erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) lukuun ottamatta perturbaatioita, jotka korreloivat merkitsevästi ($p < 0,01$). Tulos saattaa viitata siihen, että muuttujien vähäisyys heikensi Cronbachin alfaa (Tavakol & Dennick 2011). Koska muuttujat

korreloivat keskenään, voidaan päätellä, että kuuntelijat arvioivat kahteen kertaan esiintyneet näytteet johdonmukaisesti.

Kuuntelijat olivat keskenään yhdenmukaisimpia äänenkorkeuden, äänenväriin, perturbaatioiden, tiiviiden ja metallisuuden arvioissaan (alfa-arvot: 0,901–0,930). Tämä poikkeaa jonkin verran Lehtisen (2010, 38) tutkimuksesta, jossa kuuntelijoilla oli hieman enemmän eroavaisuuksia tiiviiden ja perturbaatioiden arvioissaan. Hänenkin tutkimuksessaan nämä piirteet saivat kuitenkin varsin hyvät alfa-arvot: 0,80–0,84 (Lehtinen 2010, 38).

Lehtinen (2010, 38) arvioi omassa huutotutkimuksessaan äänenlaatua, äänenväriä, korkeutta, tiiviyttä, hälypitoisuutta, kuuluvuutta ja rahinoita. Hänen aineistostaan tehtiin ainoastaan kuuntelijoiden välinen yhdenmukaisuustesti (Lehtinen 2010, 29). Suurimmat poikkeavuudet tämän ja Lehtisen (2010, 38) tutkimuksen välillä esiintyivät kuuluvuuden ja yleisen äänenlaadun arvioinnissa. Tässä tutkimuksessa kuuluvuus sai alfa-arvokseen 0,67, kun taas Lehtisellä kuuluvuus oli yhdenmukaisimmin arvioitu äänenpiirre (0,94). Äänenlaadun alfa-arvo tässä tutkimuksessa oli 0,713, kun taas Lehtisellä (2010, 38) se oli 0,93.

Syitä Lehtisen (2010, 38) ja tämän tutkimusten välisiin reliabiliteettieroihin voivat olla sekä materiaalin ja koeasetelmien eroavaisuudet että kuuntelijoiden taustat. Lehtisen (2010, 25) koeasetelmassa oli 35 mieskoehenkilöä, joista osa oli näyttelijäopiskelijoita ja osa muita opiskelijoita. Tässä tutkimuksessa oli myös naisääniä, ja kaikki olivat eliittiäänenkäyttäjiä. Koehenkilöitä oli vähemmän kuin Lehtisellä, mutta kuunneltavia piirteitä enemmän. Lisäksi eri sukupuolia arvioitiin eri kriteerein. Lehtisen (2010, 26) koeasetelmassa kuuntelijoina oli äänenkäytön opettajia ja vokologian opiskelijoita. Tämän tutkimuksen kuuntelijat edustivat laajahkoa äänenkäytön asiantuntijaryhmää: joukossa oli laulopedagogeja, vokologian opiskelijoita, puhetekniikan opettajia, puheterapeutteja ja teatteriohjaajia. Todennäköisesti tässä raadissa jokaisella kuuntelijalla on ollut taustan ja työkokemuksen mukaan hieman erilainen näkökulma samaan asiaan, mikä vastaa myös Belen (2005) ja Oatesin (2009) huomioita asiantuntijaraadin yhdenmukaisuudesta.

Kuuluvuus arvioitiin naisten ja miesten osalta eri tavalla. Yksi selitys saattaa olla korvan kuuloalue: korkean perustajuutensa takia naisäänet ovat kuuluvampia kuin miesäänet. Näytteiden kuuntelujärjestys oli vakio siten, että ensin kuunneltiin naisnäytteet. Tämä on voinut vaikuttaa arvioihin, sillä naisäänet saattavat korkeutensa takia kuulostaa voimakkaammilta kuin sen jälkeen

kuunneltavat miesäänät. Tätä teoriaa vahvistaa myös se, että F_0 -keskiarvon kasvaminen paransi naisäänten perkeptuaalista kuuluvuutta, kun taas miehillä perustajuus ei vaikuttanut kuuluvuuteen. Eroja kuuntelija-arvioiden välillä voi syntyä myös siitä, kuunneltiin mieäännten kuuluvuutta suhteessa miesääniin vai suhteessa koko aineistoon. On myös mahdollista, etteivät kaikki kuuntelijat ole noudattaneet ohjeistusta sopivan kuunteluvoimakkuuden säätämiseksi. Jos äänenvoimakkuutta on muutettu kesken kuuntelun tai jos kuuntelukoetta on kuunneltu lähtökohtaisesti liian hiljaisella volyyminä, se vaikuttaa luonnollisesti myös kuuluvuuskokemukseen. Niukasti suositusarvojen alle jäänyt inter-rater-reliabiliteetti (0,67) saattaa kertoa kuuntelijoiden keskinäisistä eroista kuuluvuuden hahmottamisessa. Sen sijaan kuuluvuuden intra-rater-reliabiliteetti oli suositusarvojen yläpuolella (0,793), mikä taas kertoo yksittäisen kuulijan johdonmukaisesta arvioinnista kyseisessä äänenpiirteessä.

Tutkimuksissa on havaittu, että äänen huokoisuus ja karheus arvioidaan yhdenmukaisemmin kuin hyperfunktionaalinen äänentuottotapa (De Bodt ym. 1997; Revis ym. 1999; Webb ym. 2004), mikä poikkeaa tämän tutkimuksen tuloksista. Tässä tutkimuksessa huokoisuuden eli hälypitoisuuden arviot vaihtelivat kuuntelijoiden kesken jonkin verran, ja Cronbachin alfa oli kuuntelun kolmanneksi huonoin (0,767). Perturbaatiot ja äänen tiiviys puolestaan arvioitiin erittäin yhdenmukaisesti. Tulos voi johtua siitä, että tässä tutkimuksessa oli eliittiäänenkäyttäjiä, joiden huokoisuus ei ole samalla tavoin havaittavissa kuin patologisissa äänissä. De Bodtin ym. (1997) tutkimuksessa käytettiin pelkästään patologisia ääniä, kun taas Revis ym. (1999) ja Webb ym. (2004) käyttivät kuuntelukokeissaan patologisia ja terveitä ääniä. Kaikissa edellä mainituissa tutkimuksissa käytettiin koehenkilölle sopivaa, normaalia äänenvoimakkuustasoa. Näin ollen kyseisten tutkimusten tulokset eivät ole suoraan verrannollisia tähän tutkimukseen, joka tehtiin eliittiäänenkäyttäjien huutoäänestä ilman vertailukohtaa kouluttamattomaan tai patologiseen ääneen.

Belen (2005) mukaan kuuntelijat arvioivat terveestä äänestä karheuden, vuotoisuuden ja puristeisuuden melko yhdenmukaisesti mutta äänen voimistuessa eroavaisuudet arvioissa lisääntyvät. Tutkimuksesta ei käynyt ilmi äänen voimistusastetta, mutta se oli oletettavasti voimistettua puheääntä (*”loud voice”*), sillä varsinaista huutamista ei mainittu tutkimuksessa. Kyseisessä tutkimuksessa voimakkaan äänen huokoisuuden inter-rater-alfa oli 0,53. (Bele 2005.) Se on selvästi huonompi tulos kuin tässä tai Lehtisen (2010, 38) huutotutkimuksessa. Rahinoiden ja särinöiden alfa-arvo oli 0,47 Belen (2005) tutkimuksessa, joka sekin oli huomattavasti heikompi kuin tässä (0,905) tai Lehtisen (2010) tutkimuksessa (0,89). Bele (2005) piti molempia edellä

mainittuja reliabiliteettikertoimia vielä kohtuullisina. Tämä ei kuitenkaan vastaa Tavakol & Dennickin (2011) raportoimia alfan yleisiä suositusarvoja (0,70–0,95). Huokoisuuden ja perturbaatioiden tunnistaminen voimakkaasta äänestä tai huudosta vaihtelee siis verrattain paljon eri tutkimusten välillä.

Kuuntelijoiden heikoimmat intra-rater-reliabiliteettikertoimet Cronbachin alfalla mitattiin äänen metallisuudesta ja perturbaatioista. Tähän syynä saattaa olla se, että toistuneet näytteet oli sijoitettu kuuntelukokeen alkuun ja loppuun. Kun kuuntelijat kuuntelivat ensimmäisiä näytteitä, heillä ei ollut tällöin vielä vertailukohdetta eikä kuuntelutottumusta. Metallisuuden tai perturbaatioiden määrää on saattanut olla hankala määritellä ensimmäisistä näytteistä. Tulos muuttui, kun välissä oli kuunneltu useita näytteitä. Joidenkin näytteiden kohdalla arviot paranivat selvästi toisella kuuntelulla, mikä ilmeni myös sanallisissa palautteissa. Tiukka, metallinen ääni voikin ensikuuntelulla aiheuttaa voimakkaamman reaktion kuuntelijassa kuin puolen tunnin kuluttua, jolloin korva on jo tottunut huutoäänen kuunteluun. Monet kuuntelijat tunnistivat toistuvan näytteen ja ilmaisivat sen myös arvioissaan. Koska kuuntelijoiden arviot korreloivat kuitenkin toistuneiden näytteiden kanssa Pearsonin korrelaatiokertoimen mukaan, näitä tuloksia voidaan pitää luotettavina. Oletettavasti kuuntelijat arvioivat jälkimmäisen näytteen johdonmukaisemmin kuin ensimmäisellä kuuntelukerralla, joten tässä tutkimuksessa jätettiin ensimmäisen kerran esiintyneet näytteet huomioimatta tilastollisissa menettelyissä.

7.3 Kuuntelijoiden sanalliset palautteet

Kuuntelijoille annettiin mahdollisuus kirjoittaa sanallista palautetta näytteistä, mikä helpotti tämän tutkimuksen perseptuaalisten tulosten analysointia. Yleisellä tasolla kuuntelijat kaipasivat huutoääneen sävyjä ja äänenkorkeuden vaihtelevuutta. Myös ”*lisää pehmeyttä*” mainittiin toiveissa, mutta tältä osin jäi epäselväksi, mitä pehmeys huudossa tarkoittaa. Koehenkilöiden tehtävänantona oli huutaa teksti lannistumattomasti, mutta välttää avunhuutoa tai aggressiivisuutta. Kuuntelijat tiesivät tehtävänannon sisällön ja arvioivat näytettä sen perusteella. Liian korkea sointi heikensi ilmaisua ja vei uskottavuutta niin naisilta kuin miehiltä. Monista huudoista välittyi myös toisenlaisia viestinnällisiä merkityksiä kuten ”riitaisuutta”, joka ei ollut tehtävänannon mukaista.

Säröt ja rahinat äänessä aiheuttivat eniten hajontaa palautteissa: samassa näytteessä saattoi olla palautteita, joiden mukaan rahina äänessä oli häiritsevää, kun taas toinen kuuntelija koki sen tarkoituksenmukaisena ja ilmaisua tehostavana elementtinä. Syyt mielipide-eroihin saattavat johtua

myös kuuntelijoiden heterogeenisyydessä: osa oli näyttämöilmäisun asiantuntijoita, kun taas joukossa oli myös puheterapeutteja. Joissakin yhteyksissä kuuntelija oli jäänyt pohtimaan, oliko särö tahallisesti vai tahattomasti tuotettu. Jos äänessä oli muuten miellyttäviä piirteitä, äänen särkyminen tai vuotaminen jätettiin huomiotta, ja sitä kommentoitiin lähinnä kestävyuden tai kuuluvuuden kannalta. Patologisissa äänissä perturbaatiot ovat usein hallitsevia äänenpiirteitä, jolloin niitä kutsutaankin poikkeamiksi (Titze 2000, 311–313). Terveessä äänessä puolestaan voi olla satunnaista rahinaa, mutta silloin kun kyseessä ei ole hallitseva elementti, se ei vaikuta äänen kokonaislaatu-arvioon samalla tavoin kuin patologisella äänellä.

Soveltuvuus näyttämölle -kysymyksellä oli tarkoitus mitata niitä äänenpiirteitä, jotka mahdollistavat äänen kestävä käytön näyttämötyössä. Tarkoituksena ei ollut arvioida fraseerausta, artikulaatiota tai äännevirheitä. Ohjeistuksesta huolimatta joillekin kuuntelijoille oli hankalaa irrottaa pelkkää äänentuottoa artikulaatiosta ja he ilmaisivat tämän myös palautteissaan.

7.4 Akustisten ja perkeptuaalisten piirteiden korrelointi

Äänen akustisista piirteistä naisten perustaajuuden keskiarvo ja äänenpainetaso (dB) korreloivat positiivisesti kuuluvuuden kanssa melkein merkitsevästi ($p < 0,05$) eli naisten äänenkorkeuden tai äänenpainetason noustessa myös kuuluvuus parani. Miehillä vastaavia korrelaatioita ei ollut akustisten mittaustulosten ja kuuluvuuden kanssa. Kuuntelijoiden keskinäiset eroavaisuudet kuuluvuuden arvioinnissa ovat todennäköisesti vaikuttaneet tulokseen, sillä kuuluvuudella oli heikoin inter-rater-alfa (0,67). Kuitenkin äänenpainetaso (dB) korreloi positiivisesti miesäänillä hälypitoisuuden kanssa ja molemmilla sukupuolilla perturbaatioiden kanssa. Myös Lehtisen (2010, 57) tutkimuksessa rahinahavainnot lisääntyivät äänenpainetason kasvaessa. Äänen intensiteetti näyttää näin ollen olevan yhteydessä rahisevien hälyäänten muodostumiseen. Lehtisellä (2010, 57) SPL oli yhteydessä myös tiivysvaikutelmaan, mutta tässä tutkimuksessa ei löytynyt korrelaatiota näiden välillä.

Äänen akustisista piirteistä CQ korreloi usean perkeptuaalisen piirteen kanssa. Naisäänillä korkea CQ-arvo oli yhteydessä kirkkaaseen ja etiseen ääneen sekä metallisuuteen. Tämä ei ollut yllättävä tulos, sillä äänihuulten tiiviydellä on yhteys yläsävelten vahvistumiseen, mikä lisää kirkkaus- ja metallisuusvaikutelmaa. Etisellä artikulaatiolla ei ole fysiologista yhteyttä äänihuulikontaktin puristeisuuteen – pikemminkin päinvastoin: takainen artikulaatio saattaa aiheuttaa hyperfunktionaalisuutta (Laukkanen & Leino 2001, 124–125). Näin ollen tässä tutkimuksessa

etisyyden korreloiminen CQ:n kanssa jää kyseenalaiseksi tutkimustulokseksi. On mahdollista, että etisyysvaikutelma on muodostunut monen äänenpiirteen yhteisvaikutuksesta, sillä äänen sijoitus korreloi erittäin merkitsevästi havaitun äänenväriin, äänenkorkeuden ja metallisuuden kanssa. Tämä voisi selittää korrelaation CQ:n kanssa.

Molemmilla sukupuolilla äänenkorkeus-, tiiviys- ja työläysvaikutelmat korreloivat positiivisesti CQ:n kanssa. Näistä tiiviys ja työläys korreloivat erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$). Kuuntelijat ovat siis havainneet äänihuulten kontaktiajan pitenemisen. Perkeptuaalinen äänenkorkeusvaikutelma korreloi CQ:n kanssa positiivisesti melkein merkitsevästi ($p < 0,05$). On kuitenkin huomioitava, että perkeptuaalisesti havaittu äänenkorkeus ei korreloinut mitatun perustaajuuden keskiarvon kanssa. Tässä tutkimuksessa äänenkorkeusvaikutelmaan ovat vaikuttaneet useat eri äänenpiirteet kuten metallisuus ja tiiviys, jotka ovat yhteydessä äänihuulikontaktin laatuun ja näin ollen CQ-arvoon.

Naisilla suuri alfa-ratio korreloi kirkkaan äänenväriin, etisen ja korkean äänen, metallisuuden, tiiviyyden ja työläyden kanssa positiivisesti melkein merkitsevästi ($p < 0,05$). Lehtisen (2010, 41) tutkimuksessa miesten huutoäänen alfa-ratio korreloi äänenväriin, korkeuden, tiiviyyden ja kuuluvuuden kanssa. Tässä tutkimuksessa ei saatu vastaavia tuloksia miesäänten osalta, sillä miesten perkeptuaaliset piirteet eivät korreloineet lainkaan alfa-ration kanssa. Tähän voi olla syynä se, ettei miesäänten alfa-ratiossa tai äänenlaatuarvioissa ole ollut riittävästi variaatiota.

7.5 Optimaalinen huutokorkeus

Optimaalista puhekorkeutta on tutkittu paljon, mutta optimaalista huutokorkeutta on ollut vaikea määrittellä, sillä huudossa subglottaalisen paineen nousemisen seurauksena äänenkorkeus nousee. Leinon ym. (2008) tutkimusaineistossa on todettu, että suomalaisilla opiskelijanaisilla suhteellinen F_0 on huudossa 22 puolisävelaskelta (psa) ja miesopiskelijoilla 24,5 psa. Tässä tutkimuksessa yksittäisen [pa:]-äännön suhteellinen F_0 oli naisilla keskimäärin 23,60 psa ja huutotekstin luennassa 22,40 psa. Miehillä vastaavat luvut olivat [pa:]-äännössä 25,60 psa ja huutotekstissä 23,60 psa. Nämä luvut vastaavat Leinon ym. (2008) tuloksia melko hyvin. Tämän tutkimuksen hieman suuremmat tulokset selittynevät koehenkilöiden äänikoulutuksella. Koehenkilöt todennäköisesti pääsivät matalammalle kuin Leinon ym. (2008) tutkimuksen opiskelijat, joista suurin osa ei ollut saanut äänikoulutusta. Myös Lehtisen (2010, 44) tutkimuksessa näyttelijäopiskelijat pääsivät matalammalle kuin kouluttamattomat äänet. Matalimman

mahdollisen äänen tavoittaminen voi olla hankalaa tottumattomille äänenkäyttäjille tai sellaisille, joilla on äänenkäytön ongelmia (Laukkanen & Leino 2001, 150). Tässä tutkimuksessa erot luennan ja yksittäisen [pa:]-äännön välillä selittyivät sillä, että luennassa äänenkorkeus vaihteli tekstin tulkinnan mukaan, kun taas lyhyessä äänessä äänenkorkeus pysyi stabiilina.

Optimaalista puhekorkeutta määriteltäessä on käytetty matalimman mahdollisen äänen mittausta. Optimaalinen puhekorkeus on Laukkanen & Leinon (2001, 151) mukaan 4–7 psa matalimman mahdollisen äänen yläpuolella. Tässä tutkimuksessa matalin mahdollinen ääni korreloi positiivisesti hiljaisen, normaalin ja voimistetun puheäänien perustaajuuden keskiarvon kanssa. Matalin mahdollinen ääni ei kuitenkaan korreloinut huutotaajuuksien (lyhyt ääntö/huutoluenta) kanssa, mikä vastaa myös Lehtisen (2010, 34) saamia tuloksia. Matalimmalla mahdollisella äänellä ei ollut myöskään vaikutusta perkeptuaalisesti hyvään huutokorkeuteen. Koehenkilöissä oli poikkeuksellisen matalalle pääseviä henkilöitä, joiden huutoäänentaajuus ei ollut samassa linjassa matalimman mahdollisen äänen kanssa, mikä on saattanut vaikuttaa tuloksiin. Muun muassa koko aineiston matalimman äänen tuottanut mieskoehenkilö nosti äänenkorkeuttaan huudossa 33 psa, joka oli kaikista suurin suhteellinen F_0 koko aineistossa. Kuitenkin hänen huutokorkeuttaan pidettiin lähes optimaalisena. Tämän aineiston perusteella optimaalista huutokorkeutta ei voisi päätellä matalimmasta mahdollisesta taajuudesta.

Yleinen suositus on, että ääntä voimistettaessa äänenkorkeuden ei tulisi nousta yli oktaavia normaalista äänenkäytöstä (Laukkanen & Leino 2001, 147). Puheäänokuvaajiin mitatuissa [pa:]-äännön tuloksissa ainoastaan yhden koehenkilön suhteellinen F_0 normaaliäänien ja huudon välillä jäi alle oktaavin. Muilla koehenkilöillä nousua normaaliäänestä oli oktaavista lähes kahteen oktaaviin, 12–22 psa. Koska kuuntelijaraati arvioi ainoastaan huutotekstiä eikä lyhyttä [pa:]-ääntöä, normaaliäänien ja huudon välistä suhteellista eroa ei voida verrata perkeptuaalisiin arvioihin. Näin ollen sopivasta huutokorkeudesta suhteessa normaaliin puheääneseen ei voida tehdä päätelmiä tämän tutkimuksen mittaustulosten perusteella.

Naisten keskimääräinen huutokorkeus oli 378,02 Hz ja miesten 267,77 Hz. Lyhyiden [pa:]-ääntönäytteiden arvot olivat korkeammat, sillä luennassa äänenkorkeus vaihtelee enemmän kuin yksittäisessä äänneessä. Maksimissaan naiset huusivat 457,87 ja miehet 330,51 hertsin taajuudella. Liian korkea äänenkäyttö on liitetty äänihäiriöiden syntymiseen, sillä korkeilla äänentaajuuksilla äänihuulet törmäävät toisiinsa tiheästi ja voivat näin aiheuttaa kudolvaurioita (Van Riper & Irwin 1958, 185–188; Mathieson, 2001). Kun äänen rasittumista huudossa tarkastellaan

äänihuulivärähtelyn tiheyden perusteella, naisten värähtelytiheys yli kaksinkertaistui verrattuna normaalipuheen perustajuuteen, jonka keskiarvo oli 201,31 Hz tässä aineistossa. Miesten värähtelytiheys lähes kolminkertaistui 121,92 hertsistä 330,51 hertsiin. Verrattuna Leinon ym. (2008) tekemään tutkimukseen tämän aineiston huutokorkeudet jäivät sekä naisten että miesten osalta hieman matalammiksi. Leinon ym. (2008) tutkimuksessa naisten huutokorkeus oli keskimäärin 504 Hz, ja miesten 338,5 Hz. Ero tämän tutkimuksen tuloksiin saattaa selittyä Leinon (2008) tutkimuksen koehenkilöiden nuorella iällä.

Kaikilla koehenkilöillä oli taustalla äänenkäyttökoulutusta ja varsinkin laulajille saattaa olla jopa helppoa käyttää voimakkaasti ääntään korkealla rasittamatta sitä. Lisäksi äänenkorkeuden nostaminen on voinut olla tarkoituksellinen ja ensisijainen äänenvoimistuskeino, kuten Alku ym. (2002) tutkimuksessaan osoittivat. Tästä ei kuitenkaan saada varmuutta ilman subglottaalisen paineen ja virtauksen osuuden tutkimista. Belen (2006) tutkimuksessa miesnäyttelijät nostivat äänenvoimistuksessa perustajuuttaan merkitsevästi korkeammalle kuin kouluttamattomat äänet. Tässä tutkimuksessa näyttelijöiden ja laulajien välillä ei ollut selkeätä eroa äänenkorkeuden nostamisessa. Tämän tutkimuksen osalta herääkin kysymys, onko tarkoituksellinen äänenkorkeuden nostaminen erityisesti koulutettujen äänten äänenvoimistusmetodi, ja mitkä ovat sen vaikutukset äänen hyvinvointiin.

7.6 Optimaalinen CQ huudossa

Suuri CQ-arvo on yhdistetty puristeiseen tai voimakkaaseen äänentuottoon, mutta huudon optimaalisesta CQ-arvosta ei ole olemassa selkeitä suosituksia. Pelkästään CQ-arvon perusteella ei voida päätellä, onko kyseessä voimakas vai hyperfunktionaalinen äänentuotto. Estill-metodin mukaisessa belttauksessa CQ-arvo voi olla jopa 0,70 (Estill 2005b, 66). Naisilla huudon luentanäytteen CQ ja F_0 -keskiarvo korreloivat keskenään positiivisesti melkein merkitsevästi ($p < 0,05$), kun taas miehillä perustajuudella ei ollut vaikutusta äänihuulikontaktin tiivyyteen. Tämä vastaa aiempia tutkimuksia aiheesta (Howard ym. 1990; Howard 1995). Huudon luentatekstin keskimääräiset CQ-arvot pysyivät alle 60 prosentin, jota on tutkimuksissa pidetty normaalipuheen CQ:n ylärajana (Robb & Simmons 1990; Orlikoff 1991; Orlikoff, Baken & Kraus 1997). Naisten huudon luentanäytteiden keskimääräinen CQ oli 0,59 ja miesten 0,57. Maksimissaan naisten CQ oli 0,64 ja miesten 0,61. Miesten CQ:t olivat siis hieman pienempiä kuin naisten. On kuitenkin huomioitava, että tässä tutkimuksessa luentanäytteen CQ-arvo oli koko luennan aikana esiintyneiden kaikkien CQ-arvojen keskiarvo, ja näytteissä oli hetkittäin myös

hyvin korkeita arvoja. Luennan osalta voidaan kuitenkin päätellä, että keskimääräisen CQ:n perusteella koehenkilöt ovat tuottaneet voimakasta ääntä taloudellisesti.

Lyhyiden [pa:]-ääntönäytteiden CQ-arvot olivat suurempia kuin luennassa, mikä oli odotettavissa, sillä koehenkilöt mitoittivat äänenkäyttönsä toisella tavoin lyhyeen ääntöön kuin pitkään luentaan. Lyhyessä äännössä koehenkilöt ”antoivat kaikkensa”, kun taas pitkässä luennassa äänenkäyttöön vaikutti myös tulkinta, fraseeraus ja tekstin pituus. Luennassa intensiteetti vaihteli, mikä vaikutti myös CQ-arvoihin. Eliittiäänenkäyttäjälle on ominaista, että äänenkäyttöä säädellään tehtävänannon mukaan ja pitkäkestoisessa tekstissä voimankäyttöä pyritään jakamaan tasaisesti koko ajalle. Lyhyessä äännössä esiintyi hieman korkeampaa perustajuutta kuin luennassa, mutta äännön pituus vaikutti erityisesti äänenvoimakkuuteen ja CQ:n maksimiarvoihin. Lyhyessä äännössä CQ:n keskiarvo oli naisilla 0,62 ja miehillä 0,61. CQ:n maksimiarvot olivat naisilla 0,68 ja miehillä 0,71. Maksimiarvot ylittivät jo selvästi normaalipuheen CQ:n ylärajan (0,60). Erot luennan ja lyhyen äännön CQ:ssa kertovat mahdollisesti siitä, että eliittiäänenkäyttäjät osaavat säännöstellä äänenkäyttöään ja pyrkivät vähentämään äänen kuormittumista pitkäkestoisissa äänenkäyttötilanteissa.

Optimaalista CQ-arvoa voidaan yrittää määritellä perkeptuaalisten arvioiden perusteella. Molemmilla sukupuolilla työläys- ja puristeisuusvaikutelmat lisääntyivät CQ:n ylittäessä 60 %. Äänenkorkeusvaikutelmat olivat yhteydessä CQ:hun, ja ääni luokiteltiin optimaalista korkeammaksi kontaktiajan ylittäessä 55 %. Naisilla metallisuusvaikutelma lisääntyi ja äänenväri kirkastui niin ikään CQ:n ollessa noin 60 %. Näiden mittaustulosten perusteella voidaan sanoa, että CQ:lla on yhteys hyvän huutoäänen muodostumiseen erityisesti naisäänillä, mutta perkeptuaalisen äänenkorkeuden, tiiviyyden ja työläyden osalta myös miesäänillä. Raja-arvona voidaan pitää tämän tutkimuksen perusteella 60 %, jonka ylittyessä huutoäänen perkeptuaalinen laatu heikkenee.

7.7 Äänenpainetaso ja kuuluvuus

Luennan äänenpainetaso (dB) vaihteli tämän tutkimuksen koehenkilöillä varsin paljon fraasien aikana, joten SPL:n keskiarvojen perusteella näytteet eivät vaikuta huutonäytteiltä. Miesten keskimääräinen äänenpainetaso oli 89,38 dB ja naisten 84,64 dB. Kuitenkin maksimissaan naiset ylsivät keskimäärin 110,24 ja miehet 110,38 desibeliin, mitkä vastaavat huutoäänen äänenpainetasoa. Lyhyissä [pa:]-äännöissä äänenpainetaso oli selvästi korkeampi kuin luennassa, naisten keskiarvo oli 98,75 dB ja miesten 100,88 dB. Tämä tulos noudatti CQ-arvojen kanssa

samaa linjaa: lyhyessä äännössä ylläpidettiin suurempaa energiatasoa kuin pitkässä luennassa, jossa äänenvoimakkuutta säädeltiin fraasien mukaan. Monissa huutonäytteissä ääntä hiljennettiin hieman fraasin loppua kohtaan, mikä on saattanut vaikuttaa keskiarvoon. Näytteet olivat kuitenkin selkeitä huutonäytteitä, vaikka kuuntelijat antoivat muutamasta hiljaisimmasta näytteestä palautetta, että ääntö kuulosti enemmän voimakkaalta puheelta kuin huudolta.

Äänenpainetaso korreloi molemmilla sukupuolilla perturbaatioiden kanssa positiivisesti, ja korkeimmat perturbaatioarvot esiintyivät näytteissä, joiden SPL:n keskiarvo oli yli 90 dB. Lisäksi SPL korreloi miehillä hälypitoisuuden kanssa ja naisilla kuuluvuuden kanssa. Miesten osalta kuuluvuus ei korreloinut SPL:n kanssa, mutta tulokseen on saattanut vaikuttaa kuuntelijoiden heikko reliabiliteetti tältä osin. Tässä tutkimuksessa SPL ei korreloinut minkään akustisen piirteen kanssa, mikä oli hieman yllättävää, sillä SPL:n tiedetään olevan yhteydessä muun muassa alfa-ratioon sekä perustaajuuteen. Lehtisen (2010, 34) tutkimuksessa äänenpainetaso oli mitattu leq:nä eli keskimääräisenä äänenpainetasona, jossa tauot jäävät huomioimatta. Hänen tutkimuksessaan miesäänten leq korreloi perustaajuuden keskiarvon ja alfa-ration kanssa, mikä oli ristiriidassa tämän tutkimuksen kanssa (Lehtinen 2010, 34). Tämän tutkimuksen tulokset kertonevat siitä, että koehenkilöillä on ollut vaihtelevia tapoja hallita äänenvoimakkuuttaan esimerkiksi ääniväylän asetuksia muuttamalla. Myös alfa-ration laskennassa käytetty raja-arvo (1 kHz) on saattanut vaikuttaa tulokseen.

7.8 Huutoäänen spektripiirteet

Miesten pitkäaikaisspektreistä neljä viidestä oli muodoltaan neliskulmainen. Huonoimmat arviot saanut miesnäyte oli spektrimuodoltaan kolmiomainen. Neliskulmaisissa spektreissä esiintyi tyypillisesti 2–3,5 kHz:n kohdalla formanttien yhteensulautumista ja tämän jälkeen voimakas pudotus. Vähiten pisteitä saaneessa näytteessä kyseinen yhteensulautuminen on selvästi pienempi kuin muissa näytteissä ja se loppuu jo ennen 3 kHz:ä.

Lehtisen (2010, 41–48) tutkimuksessa spektrin muodolla ei ollut vaikutusta hyvään huutoääneen. Hänen tutkimuksessaan spektrimallit jaettiin neliskulmaisiin, puhujan- ja laulajanformantin sisältäviin sekä kauttaaltaan laskeviin spektreihin. Hyvissä huutoäänissä oli hänen mukaansa kaikkia muita spektrimalleja paitsi kauttaaltaan laskevia. Lehtisen tutkimuksessa arvioitavia äänenpiirteitä oli kuitenkin vähemmän kuin tässä tutkimuksessa. Hän jaotteli näytteet äänenlaadun ja kuuluvuuden perusteella hyviin, keskinkertaisiin ja huonoihin. (Lehtinen 2010, 41–48.) Tässä

tutkimuksessa haluttiin huomioida ääni kokonaisuutena määriteltäessä hyvää huutoääntä. Näytteet pisteytettiin sen mukaan, kuinka lähelle optimaalista tulosta kussakin äänenpiirteessä päästiin. Näin kustakin näytteestä saatiin kokonaislaatu-pisteet, jonka perusteella näytteet laitettiin paremmuusjärjestykseen. Näin ollen erilaiset hyvän huutoäänen arviointikriteerit saattavat vaikuttaa näiden kahden tutkimusten tulosten vertailukelpoisuuteen muun muassa spektrimuotojen osalta.

Naisäänten pitkäaikaisspektrit ovat hieman epäselvempiä kuin miesäänten. Naisnäytteiden LTAS:n muodon tulkinta oli haasteellista, sillä neliskulmaisuus ja formanttiklusterit eivät erottuneet niistä samalla tavalla kuin miesnäytteistä. Parhaimmat pisteet saaneissa naisnäytteissä oli kuitenkin yhtäläisiä piirteitä, jotka puuttuivat muista näytteistä. Parhaimmissa naisnäytteissä oli formanttiklusteri n. 2,8 kHz:ssä ja 4 kHz:ssä. Nämä voivat viitata laulajan- ja puhujanformantteihin. Muissa naisten ääninäytteissä näkyy formanttien kasautumista lähinnä 2,8–3,3 kHz:ssä. Mitä pienempi formanttiklusteri oli F_4 :ssä, sen heikommat pisteet näyte sai. Kaksi vähiten pisteitä saanutta naisnäytettä olivat muodoltaan kolmiomallisia.

Hanayaman ym. (2009) mukaan metallisuus nostaa äänen spektri-piirteistä F_2 -, F_3 - ja F_4 -taajuusalueen amplitudeja, joista erityisesti F_3 ja F_4 vaikuttavat intensiteettiin. Tämän tutkimuksen miesnäytteissä F_2 – F_3 -formanttien läheisyydessä olevat osasävelet korostuivat selvästi, mutta F_4 korostui ainoastaan yhdessä näytteessä, joka sai myös eniten metallisuuspisteitä perkeptuaalisissa arvioissa. Naisilla eniten metallisuuspisteitä saaneissa näytteissä F_4 ei korostunut ollenkaan, mikä ei vastaa Hanayaman ym. (2009) tutkimustuloksia. On mahdollista, että metallisuusvaikutelma on tässä tutkimuksessa syntynyt osittain eri väyläasetuksista kuin mitä Hanayaman (2009) tutkimuksessa on raportoitu. Tässä tutkimuksessa ei kuvattu huutajien väyläasetuksia, joten tältä osin erojen syyt jäävät epäselviksi.

Äänen voimistamisen tiedetään loiventavan spektrin kaltevuutta, mikä nostaa alfa-ratiota. Miesten alfa-ratiot olivat keskimäärin -8,59 dB ja naisten -2,80 dB. Lehtisen tutkimuksessa (2010, 44) koulutettujen miesten alfa-ratiot olivat -3,9 dB ja kouluttamattomien -4,2 dB, eli jonkin verran suurempia kuin tässä aineistossa. On mahdollista, että Lehtisen (2010) materiaalissa huudon äänenpainetaso on ollut suurempi kuin tässä aineistossa, minkä vuoksi myös alfa-ratio on suurempi. Lehtisen tutkimuksessa äänenpainetaso oli laskettu leq -arvona, joten hänen saamansa äänenpainetulokset eivät ole vertailukelpoisia tämän tutkimuksen kanssa.

Tässä tutkimuksessa alfa-ratio vaikutti pelkästään naisäänten perkeptuaalisiin arvioihin. Se korreloi positiivisesti äänenväriin, äänen sijoituksen, metallisuuden, äänenkorkeuden, tiiviyden ja työläyden kanssa. Korkeammat kuin -2,5 dB olevat alfa-ratiot luokiteltiin liian kirkkaiksi ja korkeiksi, ja niiden tiiviys-, metallisuus- sekä työläysvaikutelmat lisääntyivät. Lehtisen (2010, 50) mukaan miesten hyvän huutoäänen alfa-ratio oli keskimäärin -2,81 dB ja huonon -5,86 dB. Se on ristiriidassa tämän tutkimuksen kanssa, jossa parhaimman naisnäytteen alfa-ratio oli -5,95 dB ja parhaimman miesnäytteen -9,97 dB. Koska alfa-ratio on laskettu molemmissa tutkimuksissa samoilla raja-arvoilla, tulosten eroavaisuudet saattavat johtua erilaisesta hyvän huutoäänen määrittelytavasta sekä erilaisesta aineistosta.

SPL ei korreloinut alfa-ration kanssa, mikä oli ristiriidassa Lehtisen (2010, 54) tutkimuksen kanssa. Myöskään CQ ei vaikuttanut alfa-ratioon kummallakaan sukupuolella. Alfa-ratioon ovat voineet vaikuttaa esimerkiksi formanttituunaus tai äänenkorkeus. Huutokorkeus nosti molemmilla sukupuolilla merkitsevästi alfa-ratiota ($p < 0,01$), mikä johtuu siitä, että korkeilla taajuuksilla myös korkeat osasävelet vahvistuvat. Tämä voi viitata siihen, että koehenkilöiden yksi voimistamisstrategia on saattanut olla perustaajuuden nostaminen. Asian varmistaminen vaatii kuitenkin jatkotutkimuksia.

8 PÄÄTELMÄT

Tämän tutkimuksen kuuntelukoe oli pitkä ja raskas, mikä on saattanut vaikuttaa osittain arvioihin. Erityisesti perturbaatio- ja metallisuusarviot saattoivat saada heikommät intra-rater-alfat sen takia, että kuuntelijat eivät välttämättä enää kiinnittäneet huomiota kyseisiin äänenpiirteisiin pitkän kuuntelun kuluessa. Kaikkien kuuntelijoiden kesken eniten hajontaa oli kuuluvuudessa, jota voidaan pitää varsin subjektiivisena kokemuksena. Todellista kuuluvuutta lienee vaikea demonstroida laboratorio-olosuhteissa: siksi myös esimerkiksi oopperakoelaulut pyritään järjestämään suuressa tilassa raadin istuessa kaukana kuunneltavasta. Myös mies- ja naisäänten huomattavat sointierot ovat saattaneet vaikuttaa erityisesti miesäänten arvioihin, sillä naisäänten kuunneltiin ensin. Vaikka kuuntelussa oli ankkurinäytteet alussa, hyvän reliabiliteetin saamiseksi jatkossa olisi suositeltavaa kuunteluttaa ääripään ankkurinäytteet kustakin äänenpiirteestä. Yksi kuuntelija antoi palautetta, ettei hän osaa määritellä runsasta metallisuutta. Lyhyet äänenpiirrekohtaiset ankkurinäytteet voisivat tarkentaa arvioita, kuten Gerratt ym. (1993) suosittelee. Eadien & Baylorin (2006) järjestämä erillinen arviointikoulutus olisi myös yksi tapa parantaa kuuntelijoiden yhdenmukaisuutta.

Terveiden äänten arvioimisesta ei ole olemassa vakiintuneita käytäntöjä, toisin kuin patologisissa äänissä. Lisäksi valtaosa terveiden äänten arvioinneista on keskittynyt normaaliin tai voimistettuun ääneen ja huutoääntä on arvioitu vähemmän. Tässä kuuntelussa hyödynnettiin osin Lehtisen (2010) käyttämiä äänenpiirteitä ja osa arvioitavista piirteistä oli itse valittuja, kuten vakuuttavuus ja soveltuvuus. Taustalla oli ajatus, että huutoääntä käytetään muun muassa näyttämötaiteessa ja että tällöin on myös tarve selvittää, mikä tekee huutoäänestä vakuuttavan tai soveltuvan näyttämölle.

Tämä huutotutkimus osoitti, että huutoäänen perkeptuaalisia arviointikriteerejä on kuitenkin syytä kehittää edelleen. Yleinen äänenlaatu osoittautui piirteeksi, jossa naiset ja miehet arvioidaan eri tavalla. Yleinen äänenlaatu saattoikin olla tämän takia turha kysymys, jos olettamuksena on, että kokonaisäänenlaatu tulee usean piirteen kokonaisuudesta. Soveltuvuus näyttämölle aiheutti joissakin kuuntelijoissa hämmennystä, sillä näyttämötyöhön tarvitaan luonnollisesti myös hyvää

artikulaatiota ja fraseerausta. Nämä eivät kuitenkaan olleet tämän tutkimuksen kohteena, vaan pelkästään äänen soveltuvuus. Koska vakuuttavuus ja soveltuvuus korreloivat erittäin merkittävästi keskenään, soveltuvuus-kysymyksen olisi voinut käytännössä jättää pois.

Kuuntelukokeeseen lisättäviä äänenkäytön osa-alueita olisi voinut olla hengitystekniikka. Monissa näytteissä kuului esimerkiksi hengästyistä tai sellaista hengittämistä, jonka kuulijat noteerasivat sanallisissa palautteissaan vääränlaisena hengitystekniikkana. Tämä saattaisi olla todettavissa myös mahdollisissa virtaus- ja subglottaalisen paineen mittauksissa. Huudon oikeanlaista hengityskontrollia pidettiin tärkeänä myös useissa äänikoulutusmenetelmissä (Lessac 1967, 114; Sadolin 2009, 28–43; Rodenburg 2015, 253–260; DuVal 2016, 111–123). Tästä syystä huutoäänen tutkimuksessa voisi olla perusteltua kysyä kuuntelija-arvioita myös hengitystekniikasta. Toinen mielenkiintoinen lisäkysymys voisi olla huudon tunnetilan määrittäminen: onko kyseessä tuskanhuuto, avunhuuto, lannistumaton tai vaikkapa neutraali huuto. Huudon eri sävyt olisi tarpeellista tutkia niin näyttelijäntyötä ajatellen kuin ammattiäänenkäyttäjien koulutusta varten.

Tämän tutkimuksen kaikki osallistujat olivat eliittiäänenkäyttäjiä, joiden näytteet eivät olleet huonoja, vaan lähtökohtaisesti hyvät näytteet laitettiin paremmuusjärjestykseen. Saattaa vaikuttaa arvottavalta ja epäreilulta, että eliittiäänenkäyttäjien kohdalla puhutaan huonoista pisteistä tai huonoista arvioista. Tässä tutkimuksessa valittiin kuitenkin parhaista parhain näyte. Se laskettiin pisteyttämällä jokainen äänenpiirre sen mukaan, miten lähelle optimaalista arvoa tämä pääsi. Lähinnä optimaalista ollut näyte sai 10 pistettä, seuraavaksi lähin 9 jne. Mikäli jokin äänenpiirre sai eri koehenkilöillä saman arvon, näille annettiin sama pistemäärä.

Lehtisen (2010) käyttämä erilainen arviointiasteikko hankaloitti näiden kahden työn vertailua. Hän oli valinnut äänenpiirteistä äänenlaadun ja kuuluvuuden, jonka perusteella näytteet jaettiin hyviin, keskinkertaisiin ja huonoihin. Tässä tutkimuksessa on käynyt ilmi, että naisten ja miesten yleinen äänenlaatu arvioitiin eri kriteerein. Lisäksi kuuluvuuden arvioinnissa oli heikoin inter-rater-reliabiliteetti. Mikäli luokittelu hyviin, keskinkertaisiin ja huonoihin ääniin olisi tehty tässä tutkimuksessa Lehtisen (2010) tavalla, tulos olisi saattanut olla erilainen.

Kritiikkinä voidaan kuitenkin esittää, että käyttämäni arvosteluasteikko on varsin armoton tilanteessa, jossa koehenkilöiden erot ovat pieniä ja kaikki näytteet ovat lähellä optimaalista arvoa. Huonoimmat kokonaislaatuasteikot saanut koehenkilö on silti saattanut saada lähtökohtaisesti hyvät arviot. Toisaalta erot koehenkilöiden välillä olivat pääosin aika selkeät. Tämä pisteytysjärjestelmä

todensi hyvin sen paremmuusjärjestyksen, joka oli myös silmämääräisesti havaittavissa tästä aineistosta, mutta johon piti saada kvantitatiivinen vastine tilastollista tutkimusta varten. Jos pisteytystä haluttaisiin kehittää edelleen, voisi arvot kategorisoida suhteessa pisteisiin, eli tietyillä arvoilla saisi aina tietyn pistemäärän. Tällöin erittäin lähekkäin olevat arvot saisivat saman pistemäärän. Mikäli tämän tyyppistä tutkimusta tehtäisiin suuremmalla aineistolla, voisi kategorisointi olla tarpeen, varsinkin jos mukaan otetaan kouluttamattomia äänenkäyttäjiä. Tällöin olisi todennäköisesti muutenkin enemmän vaihtelua koehenkilöiden kesken.

8.1 Hyvän huutoäänen piirteet

Tämän tutkimuksen perusteella molemmilla sukupuolilla hyvän huutoäänen tärkeimpiä perkeptuaalisia piirteitä ovat riittävän tumma äänenväri, äänen sijoitus, joka ei ole liian etinen sekä riittävän matala äänenkorkeus. Nämä tekijät vaikuttivat sekä naisten yleiseen äänenlaatuun että miesten vakuuttavuuteen. Naisten yleistä äänenlaatua heikensi tiiviin ja korkean äänenkäytön myötä liian työlääksi ja metalliseksi koettu ääni. Miesten yleinen äänenlaatu parani kuuluvuuden parantuessa. Naisilla hälypitoisuus lisäsi vakuuttavuutta, kun taas miehillä hälyt ja perturbaatiot lisäsivät työläysvaikutelmaa. Kuuluvuus korreloi huonosti tässä aineistossa heikon inter-rater-reliabiliteetin takia. Perkeptuaalinen äänenkorkeus ei korreloinut perustajuuden keskiarvon kanssa, ja ilmeisesti äänenkorkeusvaikutelma on syntynyt usean äänenpiirteen yhdistelmästä. Koska CQ korreloi äänenkorkeuden kanssa, on mahdollista, että erittäin tiiviin äänihuulisulun tuottamat korkeat osasävelet ovat lisänneet korkeusvaikutelmaa. Tumma ja takainen ääni on saattanut puolestaan antaa matalan kuvan äänestä. Tässä tutkimuksessa on joka tapauksessa huomioitava, että kuulijoiden määrittelemä äänenkorkeus oli usean tekijän summa, eikä sitä tule näin ollen sekoittaa todelliseen äänenkorkeuteen.

Tutkimuksen koeasetelmassa näyttämölle soveltuvana huutoäänenä pidettiin vakuuttavaa ja hyvää äänenlaatua, joka oli riittävän matala eikä liian kirkas tai etinen. Soveltuvuutta määritteli ensisijaisesti tehtävänanto, joka vaati koehenkilöltä lannistumatonta ilmaisua, joka ei ilmennä aggressiota eikä avuntarvetta. Vaikka kaikki koehenkilöt olivat eliittiäänenkäyttäjiä, osa hyvistäkin huudoista oli soveltumattomia kyseiseen ilmaisuun tai ilmaisi väärää asiaa, esimerkiksi riitaisuutta. Erityisesti korkea ja kirkas äänenkäyttö vei uskottavuutta lannistumattomasta, myrskyä vastaan huutavasta kuninkaasta.

Korkea CQ-arvo lisäsi molemmilla sukupuolilla äänenkorkeus-, tiiviys- ja työläysvaikutelmia sekä naisilla se lisäsi äänen kirkkautta ja metallisuusvaikutelmaa. CQ:lla on yhteys hyvän huutoäänien muodostumiseen erityisesti naisäänillä, mutta perkeptuaalisen äänenkorkeuden, tiiviyyden ja työläyden osalta myös miesäänillä. Raja-arvona voidaan tämän tutkimuksen perusteella pitää 60 %, jonka ylittyessä hyvän huutoäänien kriteerit eivät enää täyty.

Äänenpainetaso (dB) oli yhteydessä molemmilla sukupuolilla perturbaatioihin ja lisäksi miehillä hälypitoisuuteen. Korkeimmat perturbaatioarvot esiintyivät näytteissä, joiden SPL:n keskiarvo oli yli 90 dB. Hälypitoisuutta ja perturbaatioita ei kuitenkaan aina koettu äänenlaatua huonontavina seikkoina, vaan joissakin tapauksissa myös tulkinnallisina tehokeinoina. Naisilla SPL ja F_0 -keskiarvo korreloivat positiivisesti perkeptuaalisen kuuluvuuden kanssa, miehillä SPL ei korreloinut lainkaan kuuluvuuden kanssa. SPL ei korreloinut minkään muun akustisen piirteen kanssa ja sen yhteys hyvään huutoääneen jäi näiltä osin epäselväksi. Kuuluvuuden merkitys hyvän huutoäänien muodostumiseen jäi tässä tutkimuksessa toisarvoiseksi heikon inter-rater-reliabiliteetin takia.

Miesäänten spektrimuodoilla oli havaittavissa yhtenäinen trendi, ja yhtä spektriä lukuun ottamatta kaikki olivat neliskulmaisia. Ainoa kolmiomainen miesten spektri sai heikoimmat kokonaislaatupisteet. Neliskulmaisissa spektreissä oli formanttien yhteensulautumista 2–3,5 kHz:n alueella ja tämän jälkeen voimakas pudotus. Parhaimmassa miesnäytteessä kyseinen sulautuminen esiintyi varsin voimakkaana huippuna. Naisäänten spektrimuodot olivat hieman epäselvempiä kuin miesäänten, mutta heidänkin heikoimmat kokonaislaatupisteet saaneet spektrit olivat kolmiomaisia. Naisten parhaimmissa spektreissä esiintyi formanttien voimistumista noin 2,8 kHz:ssä ja 4 kHz:ssä, ja nämä olivat mahdollisesti laulajan- ja puhujanformantteja. Parhaimmassa naisnäytteessä huippu 4 kHz:ssä oli erityisen korkea. Muissa naisten ääninäytteissä oli formanttien kasautumista lähinnä 2,8–3,3 kHz:ssä. Spektrin muodon vaikutuksesta hyvään huutoääneen ei voida vielä vetää johtopäätöksiä tämän tutkimuksen perusteella, sillä Lehtisen (2010) tutkimuksessa miesäänten spektrin muodolla ei ollut merkitystä hyvän huutoäänien muodostumisessa. Koska näiden kahden tutkimusten hyvän huutoäänien määrittelykriteerit olivat erilaiset, nämä eivät ole vertailukelpoisia. Tästä syystä spektrin muodon ja hyvän huutoäänien yhteydestä kannattaisi tehdä jatkotutkimuksia. Hyvän huutoäänien spektri- ja muoto-ominaisuuksien määrittäminen antaisi lisää työkaluja äänenpiirteiden analysoimiseen ja sen myötä huutoäänien kouluttamiseen.

Alfa-ratiolla vaikuttaa olevan merkitystä naisten huutoäänienlaadussa, mutta ei kuitenkaan miesten. Naisilla raja-arvona näytti olevan -2,5 dB, jonka ylittäneet äänet luokiteltiin liian kirkkaiksi ja korkeiksi ja joiden tiiviys-, metallisuus- sekä työläysvaikutelmat lisääntyivät. SPL ja CQ eivät korreloineet alfa-ration kanssa, mikä oli yllättävää, sillä äänenvoimakkuuden ja äänihuulten puristeisuuden tiedetään vähentävän spektrin kaltevuutta. Korkeiden taajuuksien voimistuminen ei tällöin ole ollut yhteydessä intensiteettiin tai äänihuulitason tiiviyteen. Toisaalta F_0 -keskiarvo korreloi alfa-ration kanssa, mikä voi viitata siihen, että yksi äänenvoimistusstrategioista on voinut olla äänenkorkeuden nostaminen. On myös mahdollista, että koehenkilöt ovat voimistaneet ääntänsä ääniväylän asetuksia muokkaamalla, saaden näin spektrin ylemmät osasävelet voimakkaammiksi.

Koska perustaajuuden keskiarvo ei korreloinut kuulijoiden havaitseman äänenkorkeuden kanssa, tästä tutkimuksesta ei pysty tekemään päätelmiä optimaalisesta huutokorkeudesta. Niin ikään matalimmalla mahdollisella äänellä ei ollut yhteyttä huutokorkeuteen. Puheäänenkuvajissa lähes kaikki koehenkilöt nostivat huutokorkeuttaan yli oktaavin normaalista puhekorkeudestaan, mitä pidetään epätaloudellisena tapana käyttää ääntä. Toisaalta perustaajuuden nostaminen on saattanut olla myös yksi tarkoituksellisista äänenvoimistusstrategioista, jota tosin ei tässä tutkimuksessa pystytty todentamaan. Optimaalista huutokorkeutta määriteltäessä tulisi ottaa huomioon myös koehenkilöiden äänikoulutus. Lähes kaikilla koehenkilöillä oli laulunopiskelutaustaa, ja osa heistä oli ammattilaulajia. Laulajille korkeus ei välttämättä aiheuta ongelmia, sillä heidät on koulutettu käyttämään ääntänsä modaalirekisteriä korkeammalla. Laulajat saattavatkin käyttää korkealla samoja strategioita kuin laulaessaan, eivätkä he näin ollen rasita ääntänsä. Huutokorkeuden rasittavuutta pitäisikin tutkia monipuolisilla menetelmillä optimaalisen huutokorkeuden määrittämiseksi. Myös tarkoituksellista äänenkorkeuden nostoa äänenvoimistuskontribuutina tulisi tutkia lisää.

8.2 *Jatkotutkimusmahdollisuuksia*

Huutoäänien estetiikasta ei ole tehty paljon tutkimuksia. Lehtisen tutkimuksessa (2010) perehdyttiin miesnäyttelijöiden ja kouluttamattomien miesten huutoääniin. Naisäänten ottaminen mukaan tutkimuksiin olisi tärkeää jo senkin takia, että naisäänet ovat alttiita äänen häiriöille korkean äänen taajuutensa takia (Van Riper & Irwin 1958, 185–188; Mathieson, 2001; Ilomäki 2008). Monet ääniammattiryhmät ovat myös naisvaltaisia aloja, minkä takia olisi perusteltua tutkia naisten äänenvoimistusta. Tässä tutkimuksissa nais- ja miesääniin vaikuttivat eri asiat niin

perkeptuaalisesti kuin akustisesti mitattuna, mikä antaisi aiheen jatkotutkimukselle sukupuolten välisistä eroista huudossa. Toisaalta tätä tutkimusta voisi myös jatkaa tarkastelemalla subglottaalisen paineen ja virtauksen vaikutusta hyvään huutoääneen, sillä muun muassa perturbaatiot ovat yhteydessä paineeseen.

Muutaman viime vuosikymmenen aikana on tehty paljon tutkimuksia eri ammattiryhmien äänenkäyttötarpeista ja äänen väsymisestä (Titze ym. 1997; Long ym. 1998; Verdolini & Ramig 2001; Ilomäki 2008; Villanueva-Reyes 2009; Dion ym. 2012; Hagelberg & Simberg 2014; Fellman & Simberg 2016). Terveen ja hyvän huutoäänen tutkiminen olisi tärkeätä, jotta eri ammattiryhmille voitaisiin kehittää pedagogisia menetelmiä äänen rasittumisen ehkäisemiseksi. Kaikissa ammateissa ei ole mahdollista välttää huutamista, ja silloin tarvitaan huutotekniikkaa. Esimerkiksi äänenvoimistuskoulutuksen vaikutusten tutkiminen voisi antaa lisätietoa aiheesta.

Huutoäänen sointi-ihanteet ja ääniväylän asetukset vaihtelevat eri pedagogeilla. Joissakin menetelmissä tähdätään korkeaan kurkunpään asemaan (Estill 2005b, 17–76) tai siihen, ettei kurkunpäästä laskettaisi (Sadolin 2009, 109). Lessacin (1967, 114) Call-harjoituksessa tavoitellaan tummaa ääntä mikä viittaisi kurkunpään laskemiseen. Myös Rodenburg (2015, 253–260) mainitsi haukotuksen tunteen sekä DuVal (2016, 111–123) ”avoimen kurkun”, jotka viittaavat hieman madallettuun kurkunpään asemaan ja näin ollen tummaan sointiin. Suun ja leuan aukaisemisesta oli erilaisia näkemyksiä: Sadolin (2009, 129) suosittelee ”purenta”-ilmettä, jossa ikään kuin haukataan omenaa, kun taas Lessacin (1967, 119) harjoituksessa työnnetään huulia eteenpäin ja leukaa avataan alaspäin.

Viestinnällisestä näkökulmasta huutoäänestä pitäisi pystyä opettamaan muitakin kuin yhtä tiettyä sävyä, jotta ilmaisuskaala kasvaa. On eri asia huutaa voimansa tunnossa kuin ilmaista hätää tai kiukkua. Erilaisessa työssä tarvitaan myös erilaista huutoääntä, ja viestinnällisesti on tärkeätä, ettei esimerkiksi lasten urheiluvalmentaja kuulosta aggressiiviselta tai pelottavalta. Toisaalta olisi tiedettävä, minkälainen huutoäänen tuottotapa olisi kaikista taloudellisin äänelle. Huutoäänen sävyjen, sointi-ihanteiden ja taloudellisuuden tutkiminen erilaisten ääniväyläasetusten näkökulmasta voisi auttaa huutoäänen koulutuksen kehittämisessä.

LÄHTEET

Acker BF. Vocal tract adjustments for the projected voice. *Journal of Voice*. 1987;1(1):77–82.

Alku P, Vintturi J, Vilkmann E. Measuring the effect of fundamental frequency raising as a strategy for increasing vocal intensity in soft, normal and loud phonation. *Speech Communication*. 2002;38:321–334.

Baken RJ, Orlikoff RF. *Clinical Measurement of Speech and Voice*. Second edition. San Diego, CA: Singular Publishing Group; 2000.

Barrichelo VMO, Behlau M. Perceptual Identification and Acoustic Measures of the Resonant Voice Based on “Lessac’s Y-Buzz” – A Preliminary Study With Actors. *Journal of Voice*. 2007;21(1):46–53.

Barrichelo-Lindström V, Behlau M. Resonant Voice in Acting Students: Perceptual and Acoustic Correlates of the Trained Y-Buzz by Lessac. *Journal of Voice*. 2009;23(5):603–609.

Bartholomew WT. A Physical Definition of “Good Voice-Quality” in the Male Voice. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1934;5:25–33.

Behrman A. Common Practices of Voice Therapists in the Evaluation of Patients. *Journal of Voice*. 2005;19(3):454–469.

Bele, IV. Reliability in Perceptual Analysis of Voice Quality. *Journal of Voice*. 2005;19(4):555–573.

Bele, IV. The Speaker’s Formant. *Journal of Voice*. 2006;20(4):555–578.

Bele, IV. Dimensionality in Voice Quality. *Journal of Voice*. 2007;21(3):257–272.

Berry C. *Voice and the Actor*. New York, NY: Wiley Publishing; 1973.

Boone DR. *The voice and voice therapy*. Third Edition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall; 1983.

Cazden J. Screaming for Attention: The Vocal Demands of Actors in Violent Interactive Games. *Journal of Voice*. 2016; In Press. Corrected Proof. Saatavilla 4.3.2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.02.001>

De Bodt MS, Wuyts FL, Van de Heyning PH, Croux C. Test-Retest Study of the GRBAS Scale: Influence of Experience and Professional Background on Perceptual Rating of Voice Quality. *Journal of Voice*. 1997;11(1):74–80.

Dion GR, Miller CL, Ramos RG, O’Connor PD, Howard SN. Characterization of Voice Disorders in Deployed and Nondeployed US Army Soldiers. *Journal of Voice*. 2012;27(1):57–60.

Dromey C, Stathopoulos ET, Sapienza CM. Glottal airflow and electroglottographic measures of vocal function at multiple intensities. *Journal of Voice*. 1992;6(1):44–54.

DuVal C. *Stage Combat Arts. An Integrated Approach to Acting, Voice and Text Work + Video*. London: Bloomsbury Publishing; 2016.

Duvvuru S, Erickson M. The Effect of Change in Spectral Slope and Formant Frequencies on the Perception of Loudness. *Journal of Voice*. 2013;27(6):693–697.

Eadie TL, Baylor CR. The Effect of Perceptual Training on Inexperienced Listeners' Judgments of Dysphonic Voice. *Journal of Voice*. 2006;20(4):527–544.

Estill J. *Estill Voice Training Level One. Figure Combinations for Six Voice Qualities*. Workbook. Revised 2010 Print Version. MacDonald Klimek M, Obert K, Steinhauer K (editors). Santa Rosa, California: Estill Voice Training Systems International; 2005a.

Estill J. *Estill Voice Training Level Two. Figure Combinations for Six Voice Qualities*. Workbook. Revised 2010 Print Version. MacDonald Klimek M, Obert K, Steinhauer K (editors). Santa Rosa, California: Estill Voice Training Systems International; 2005b.

Green K, Freeman W, Edwards M, Meyer D. Trends in Musical Theatre Voice: An Analysis of Audition Requirements for Singers. *Journal of Voice*. 2014;28(3):324–327.

Fant G. *Acoustic theory of speech production: with calculations based on X-ray studies of Russian articulations*. The Hague: Mouton; 1960.

Fellman D, Simberg S. Prevalence and Risk Factors for Voice Problems Among Soccer Coaches. *Journal of Voice*. In press. Corrected proof. Saatavilla 15.3.2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.02.003>

Fisher HB. *Improving Voice and Articulation*. Second Edition. London: Houghton Mifflin Company; 1975.

Frøkjær-Jensen B, Prytz S. Registration of Voice Quality. *Brüel & Kjaer, Technical Review*. 1976;3:3–17.

Gerratt BR, Kreiman J, Antonanzas-Barroso N, Berke GS. Comparing Internal and External Standards in Voice Quality Judgments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1993;36:14–20.

Hagelberg A-M, Simberg S. Prevalence of Voice Problems in Priests and Some Risk Factors Contributing to Them. *Journal of Voice*. 2014;29(3):389.e11–389.e18.

Hanayama EM, Camargo ZA, Tsuji DH, Pinho SMR. Metallic Voice: Physiological and Acoustic Features. *Journal of Voice*. 2009;23(1):62–70.

Herranz J, Bouzas JG, Barro CV, Méndez LM. Mucosal Disease of the Glottis. In: Anniko M, Bernal-Sprekelsen M, Bonkowski V, Bradley P, Lurato S, editors. *Otorhinolaryngology, Head & Neck Surgery. European Manual of Medicine*. Berlin: Springer-Verlag; 2010;483–486.

- Hirano M, Vennard W, Ohala J. Regulation of Register, Pitch and Intensity of Voice. An Electromyographic Investigation of Intrinsic Laryngeal Muscles. *Folia Phoniatrica et Logopaedica* 1970;22:1–20.
- Hirano M. Structure And Vibratory Behavior Of The Vocal Folds. In: Sawashima M, Franklin SC, editors. *Dynamic Aspects of Speech Production*. Tokyo: University of Tokyo Press; 1977.
- Hirano M, Matsuo K, Kakita Y, Kawasaki H, Kurita S. Vibratory behavior versus the structure of the vocal fold. In: Titze IR, Scherer RC, editors. *Vocal Fold Physiology: Biomechanics, Acoustic and Phonatory Control*. Denver: Denver Center for the Performing Arts; 1983;26–40.
- Howard DM, Lindsey GA, Allen B. Toward the Quantification of Vocal Efficiency. *Journal of Voice*. 1990;4(3):205–212.
- Howard DM. Variation of Electrolaryngographically Derived Closed Quotient for Trained and Untrained Adult Female Singers. *Journal of Voice*. 1995;9(2):163–172.
- Ilomäki I. *Opettajien ääneen liittyvä työhyvinvointi ja äänikoulutuksen vaikutukset*. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Humanistinen tiedekunta. Puheopin laitos. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. 2008.
- Jiang JJ, Titze IR. Measurement of Vocal Fold Intraglottal Pressure and Impact Stress. *Journal of Voice*. 1994;8(2):132–144.
- Johnson M. Resources on the Theme of the Voice in Violence. In: Dal Vera R, editor. *The Voice in Violence*. Cincinnati, OH: Voice and Speech Trainers Association; 2001;336–337.
- Kayes G. *Singing and the Actor*. Second Edition. New York: Routledge; 2004.
- Kitzing P. LTAS criteria pertinent to the measurement of voice quality. *Journal of Phonetics*. 1986;14:477–482.
- Kreiman J, Gerratt BR, Kempster GB, Erman A, Berke GS. Perceptual Evaluation of Voice Quality: Review, Tutorial, and a Framework for Future Research. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 1993;36(1):21–40.
- Laukkanen A-M, Leino T. *Ihmeellinen ihmisiäni*. Tampere: Gaudeamus; 2001.
- Laukkanen A-M, Mickelson NP, Laitala M, Syrjä T, Salo A, Sihvo M. Effects of HearFones on Speaking and Singing Voice Quality. *Journal of Voice*. 2004a;18(4):475–487.
- Laukkanen A-M, Järvinen K, Artkoski M, Waaramaa-Mäki-Kulmala T, Kankare E, Sippola S, Syrjä T & Salo A. Changes in Voice and Subjective Sensations during a 45-min Vocal Loading Test in Female Subjects with Vocal Training. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*. 2004b;56:335–346.
- Laver J. *The phonetic description of voice quality*. Cambridge: Cambridge University Press; 1980.
- Lehtinen E. *Huutoäänien akustiset ja perkeptuaaliset piirteet*. Pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto. Humanistinen tiedekunta. Puheopin laitos. 2010. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uta-1-20985>

- Leino T. Keskimääräinen puhekorkeus. In: Suomi A, editors. *Fonetiikan päivät – Oulu 1990. Papers from the 16th meeting of Finnish phoneticians. Logopedian ja fonetiikan laitoksen julkaisuja nro 4*. Oulu: Oulun yliopisto; 1991;33–51.
- Leino T. Long-term-average spectrum study on speaking voice quality in male actors. In: Friberg A, Iwarsson J, Jansson E, Sundberg J, editors. *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference 1193 (SMAC 93)*. Stockholm: Royal Swedish Academy of Music. 1994;79:206–210.
- Leino T. In search of ‘optimal pitch’: the lowest possible tone as the reference in the evaluation of speaking pitch in Finnish speakers. In: Dejonckere PH, Peters HFM, editors. *Proceedings of the 24th World Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics, August 23–27*. 1998;I:56–59.
- Leino T, Laukkanen A-M, Ilomäki I, Mäki E. Assessment of Vocal Capacity of Finnish University Students. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2008;60:199–209.
- Leino T, Laukkanen A-M, Radolf V. Formation of the Actor’s/Speaker’s Formant: A Study Applying Spectrum Analysis and Computer Modeling. *Journal of Voice*. 2011;25(2):150–158.
- Leppänen K. *Naisen ääni. Manuaalisen käsittelyn ja äänenkäyttöön liittyvän luennon vaikutukset opettajien äänihyvinvointiin*. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden yksikkö. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. 2012.
- Lessac, A. *The Use and Training of the Human Voice. A Practical Approach to Speech and Voice Dynamics*. 2. Edition. New York: DBS Publications; 1967.
- Long J, Williford HN, Scharff Olson M, Wolfe V. Voice Problems and Risk Factors Among Aerobics Instructors. *Journal of Voice*. 1998;12(2):197–207.
- Lovetri JL. Contemporary Commercial Music: More than One Way to Use the Vocal Tract. *Journal of Singing*. 2002;58(3):249–252.
- Markel NN, Prebor LD, Brandt JF. Biosocial factors in dyadic communication: Sex and speaking intensity. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1972;23(1):11–13.
- Master S, Guzman M, de Miranda HC, Lloyd A. Electroglottographic Analysis of Actresses and Nonactresses’ Voices in Different Levels of Intensity. *Journal of Voice*. 2013; 27(2):187–194.
- Mathieson L. *Greene and Mathieson’s the Voice and Its Disorders*. Sixth Edition. London: Whurr Publishers; 2001.
- Munro M, Leino T, Wissing D. Lessac's y-buzz as a pedagogical tool in the teaching of the projection of an actor's voice. *South African Journal of Linguistics*. 1996;14(34): 25–36.
- Natale M. Convergence of Mean Vocal Intensity in Dyadic Communication as a Function of Social Desirability. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1975;32(5):790–804.
- Nawka T, Anders LC, Cebulla M, Zurakowski D. The Speaker’s Formant in Male Voices. *Journal of Voice*. 1997;11(4):422–428.

- Nordenberg M, Sundberg J. Effect on LTAS of vocal loudness variation. *TMH-QPSR*. 2003;45(1):93–100.
- Oates J. Auditory-Perceptual Evaluation of Disordered Voice Quality. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2009;61:49–56.
- Orlikoff RF. Assessment of the Dynamics of Vocal Fold Contact From the Electroglottogram. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*. 1991;34:1066–1072.
- Orlikoff RF, Baken RJ, Kraus DH. Acoustic and physiologic characteristics of inspiratory phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1997;102(3):1838–1845.
- Pettersen V, Bjørkøy K, Torp H, Westgaard RH. Neck and Shoulder Muscle Activity and Thorax Movement in Singing and Speaking Tasks with Variation in Vocal Loudness and Pitch. *Journal of Voice*. 2005;19(4):623–634.
- Popeil L. The Multiplicity of Belting. *Journal of Singing*. 2007;64(1):77–80.
- Raphael BN, Scherer RC. Voice Modifications of Stage Actors: Acoustic Analyses. *Journal of Voice*. 1987;1(1):83–87.
- Revis J, Giovanni A, Wuyts F, Triglia J-M. Comparison of Different Voice Samples for Perceptual Analysis. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 1999;51:108–116.
- Robb MP, Simmons JO. Gender comparisons of children's vocal fold contact behavior. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1990;88(3):1318–1322.
- Rodenburg P. *The Right To Speak. Working with the Voice*. Second Edition. London: Bloomsbury Publishing; 2015.
- Sadolin C. *Kokonaisvaltaisen äänenkäytön tekniikka*. Suomentanut Mäntyjärvi J. Copenhagen: Shout Publishing; 2009.
- Stemple JC, Glaze L, Klaben B. *Clinical Voice Pathology. Theory and Management*. Fourth Edition. San Diego, CA: Plural Publishing; 2010.
- Sundberg J. Articulatory interpretation of the "singing formant". *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1974;55(4):838–844.
- Sundberg J. The Acoustics of the Singing Voice. *Scientific American*. 1977; 236(3):82–91.
- Sundberg J. What's So Special About Singers? *Journal of Voice*. 1990; 4(2):107–119.
- Sundberg J. *Röstlära. Fakta om rösten i tal och sang*. Tredje utvidgade upplagan, andra tryckningen. Visby: Konsultfirman Johan Sundberg; 2001.
- Sundberg J. Research on the singing voice in retrospect. Dept. for Speech, Music and Hearing Quarterly Progress and Status Report. *TMH-QPSR*. 2003;45(1):11–22.
- Sundberg J, Thalén M. What is "Twang"? *Journal of Voice*. 2010;24(6):654–660.

- Sundberg J, Thalén M, Popeil, L. Substyles of Belting: Phonatory and Resonatory Characteristics. *Journal of Voice*. 2012;26(1):44–50.
- Suomi K. *Johdatusta Puheen akustiikkaan. Logopedian ja fonetiikan laitoksen julkaisuja*. Oulu: Oulun Yliopisto monistus- ja kuvakeskus. 1990.
- Södersten M, Ternström S, Bohman M. Loud Speech in Realistic Environmental Noise: Phonetogram Data, Perceptual Voice Quality, Subjective Ratings, and Gender Differences in Healthy Speakers. *Journal of Voice*. 2005;19(1):29–46.
- Tavakol M, Dennick R. Making sense of Cronbach’s alpha. *International Journal of Medical Education*. 2011;2:53–55.
- Timmermans B, De Bodt M, Wuyts F, Boudewijns A, Clement G, Peeters A, Van de Heyning P. Poor Voice Quality in Future Elite Vocal Performers and Professional Voice Users. *Journal of Voice*. 2002;16:372–382.
- Titze IR. On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1989;85(2):901–906.
- Titze IR, Sundberg J. Vocal intensity in speakers and singers. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1992;91(5):2936–2946.
- Titze IR, Lemke J, Montequin D. Populations in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: A preliminary report. *Journal of Voice*. 1997;11:254–259.
- Titze IR. *Principles of Voice Production*. Second Printing. Iowa City: National Center for Voice and Speech; 2000.
- Titze IR. Acoustic Interpretation of Resonant Voice. *Journal of Voice*. 2001;15(4):519–528.
- Titze IR, Bergan CC, Hunter EJ, Story BS. Source and filter adjustments affecting the perception of the vocal qualities twang and yawn. *Logopedics Phoniatrics Vocology*. 2003;28:147–155.
- Titze IR, Verdolini Abbot K. *Vocology. The Science and Practice of Voice Habilitation*. Salt Lake City: National Center for Voice and Speech; 2012.
- Ufema K, Montequin DW. The Performance Scream: Vocal Use or Abuse? In: Dal Vera R, editor. *The Voice in Violence*. Cincinnati, OH: Voice and Speech Trainers Association; 2001;74–87.
- Van Riper C, Irwin J. V. *Voice And Articulation*. London: Pitman medical publishing; 1959.
- Van Summers W, Pisoni DB, Bernacki RH, Pedlow RI, Stokes MA. Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1988;84:917–928.
- Verdolini K, Druker DG, Palmer PM, Samawi H. Laryngeal Adduction in Resonant Voice. *Journal of Voice*. 1998a;12(3):315–327.

- Verdolini K, Chan R, Titze IR, Hess M, Bierhals W. Correspondence of electroglottographic closed quotient to vocal fold impact stress in excised canine larynges. *Journal of Voice*. 1998b;12(4):415–423.
- Verdolini K, Ramig LO. Review: occupational risks for voice problems. *Logopedics, Phoniatics, Vocology*. 2001;26:37–46.
- Vilkman E, Lauri E-R, Alku P, Sala E, Sihvo M. Effects of prolonged oral reading on F₀, SPL, subglottal pressure and amplitude characteristics of glottal flow waveforms. *Journal of Voice*. 1999;13(2):303–312.
- Vilkman E. Voice Problems at Work – A Challenge for Occupational Safety and Health Arrangement. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2000;52(1-3):120–125.
- Vilkman E. Occupational Safety and Health Aspects of Voice and Speech Professions. *Folia Phoniatica et Logopaedica*. 2004;56:220–253.
- Villanueva-Reyes A. Voice Disorders in the Metropolitan Area of San Juan, Puerto Rico: Profiles of Occupational Groups. *Journal of Voice*. 2009;25(1):83–87.
- Webb AL, Carding PN, Deary IJ, MacKenzie K, Steen N, Wilson JA. The reliability of three perceptual evaluation scales for dysphonia. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology and Head & Neck*. 2004;261:429–434.
- Yanagisawa E, Estill J, Kmucha ST, Leder B. The Contribution of Aryepiglottic Constriction to "Ringing" Voice Quality – A Videolaryngoscopic Study with Acoustic Analysis. *Journal of Voice*. 1989;3(4):342–350.

Huuto-ohjeistus ja -teksti

Ohjeistus:

Huuda tämä teksti siten, että kuvittelet olevasi myrskyssä, mutta olet voimasi tunnossa, olet lannistumaton. Et huuda apua, et ole aggressiivinen etkä komenna.

Huutoteksti:

Soi, tuuli! Poskes halkaise! Soi, riehu!
Veet rankat, tulvikaa, ja taivaan virrat, hukuttakaatte
Tornit viireineen! Te rikkiliekit, nopeat kuin aatos,
te airuet puunpirstaajien nuolten, kärventäkää
mun tukkani!
Ja sinä, maanjäristäjä ukkonen, lyö lattuun
Maapallon kupu, luonnon muotit särje, hävitä kerralla
jok'ainut itu tään ihmissuvun kiittämättömän!

William Shakespeare: Kuningas Lear, toinen näytös (suom. Yrjö Jylhä)

Näyte 1) ÄÄNEN VAKUUTTAVUUS: Arvioi, onnistuiko puhuja vakuuttamaan huutoäänellään kuulijansa, asteikolla 0-5 (Ei lainkaan vakuuttava - Erittäin vakuuttava). *

Huomaathan, että kokeessa arvioidaan ÄÄNEN vakuuttavuutta, ei esimerkiksi fraseerausta tai mahdollisia äännevirheitä. Koehenkilöitä on ohjeistettu seuraavasti: "Huuda tämä teksti siten, että kuvittelet olevasi myrskyssä, mutta olet voimasi tunnossa, olet lannistumaton. Et huuda apua, et ole aggressiivinen etkä komenna."

0 1 2 3 4 5

Ei lainkaan vakuuttava Erittäin vakuuttava

Näyte 1) SOVELTUVUUS TEATTERINÄYTTÄMÖLLE: Arvioi asteikolla 0-5 (ei ollenkaan - erinomaisesti), kuinka hyvin mielestäsi tämä ääni soveltuisi näyttämölle äänen laadun perusteella? *

Tässä ei ole tarkoitus huomioida fraseerausta, artikulaatiota tai mahdollisia äännevirheitä.

0 1 2 3 4 5

Ei sovellu ollenkaan näyttämölle Soveltuu erinomaisesti näyttämöääneksi

Näyte 1) Perustele äskenen vastauksesi. Voit kirjoittaa myös muita huomioita tai kommentteja näytteestä: *

KIITOKSET

Tutkija haluaa kiittää kaikkia koehenkilöitä, jotka olivat valmiita tulemaan pitkänkin matkan päästä antamaan oman panoksensa tämän tutkimuksen onnistumiseksi. Lisäksi tutkija kiittää vokologikollega Tero Ikävalkoa kirjallisen materiaalin lainaamisesta sekä keskusteluista, jotka auttoivat syventämään teoreettisen taustan ymmärrystä.