

Ella Kukko & Sara Ylimäki

TERVEEN ÄÄNEN NARINAN JA ÄÄNIHÄIRIÖÖN LIITTYVÄN KARHEUDEN EROTTAMINEN AKUSTISELLA ANALYYSILLA

Empiirinen tutkimus

Yhteiskuntatieteiden tiedekunta
Logopedian kandidaatintutkielma
Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

Ella Kukko ja Sara Ylimäki: Terveen äänen narinan ja äänihäiriöön liittyvän karheuden erottaminen akustisella analyysillä
Kandidaatintutkielma
Tampereen yliopisto
Logopedian tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2023

Narina on puheäänessä yleistynyt äänenkäyttötapa, joka ei ole äänihäiriö. Karheudella taas tarkoitetaan äänihuulten epäsäännöllisestä värähtelystä johtuvaa äänenlaatua, joka liittyy joihinkin äänihäiriöihin. Narina ja karheus voi olla vaikea erottaa kuulonvaraisesti ja niissä voidaan havaita myös samankaltaisia akustisia ominaisuuksia. Kliinisessä työssä puheterapeutin on tärkeää pystyä erottamaan normaalin puheäänien ilmiöt äänihäiriöistä sopivan hoidon tarjoamiseksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tehdä alustavaa selvitystä narinan ja karheuden akustisten piirteiden eroista. Tutkimuskysymys on seuraava: Voiko terveäänisten henkilöiden puheäänien narinan erottaa äänihäiriöön liittyvästä karheudesta akustisella analyysillä?

Tutkimuksen aineistona oli 15 narisevaa ja 15 karheaa kolmen sekunnin mittaista /a/-vokaalinäytettä, jotka kerättiin Tampereen yliopistollisen sairaalan foniatrian poliklinikalta sekä Tampereen yliopiston opiskelijoilta ja henkilökunnalta vuosina 2015–2022. Ääninäytteistä tehtiin Praat-ohjelmalla akustiset analyysit, joiden perusteella tarkasteltiin näytteiden perturbaatioarvoja (jitter ja shimmer), äänikatkoksia, signaali-kohinasuhdetta (HNR) ja perustaajuutta. Narisevien ja karheiden ääninäytteiden ryhmien välisiä eroja vertailtiin tilastollisin menetelmin.

Tutkimuksen tulos on, että narisevien ja karheiden äänten ryhmät eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi jitter-arvon, perustaajuuden sekä äänikatkokosten osalta ja melkein merkitsevästi signaali-kohinasuhteen osalta. Shimmer-arvoissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä.

Tulosten perusteella terveäänisten henkilöiden puheäänien narina voitaisiin erottaa äänihäiriöön liittyvästä karheudesta ainakin korkeamman jitter-arvon, matalamman signaali-kohinasuhteen ja matalamman perustaajuuden perusteella. Äänikatkokosten lukumäärää ei voida luotettavasti pitää narinan ja karheutta erottelevana piirteenä, sillä akustisella analyysillä havaittujen äänikatkokosten todettiin johtuvan Praat-ohjelmaan liittyvistä rajoituksista. Tulosten perusteella sekä narinassa että karheudessa on dysfoniaan viittaavia akustisia piirteitä, mutta piirteet ilmenevät karheudessa keskimäärin lievempinä kuin narinassa. Kliinisessä työssä on tärkeää ottaa huomioon, että myös narina voi näyttäytyä äänihäiriönä, vaikka siihen ei liittyisi patologiaa.

Avainsanat: perturbaatio, jitter, shimmer, signaali-kohinasuhde, äänikatkokset, perustaajuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 Kirjallisuuskatsaus	2
2.1 Ääni akustisena ilmiönä	2
2.2 Narina	3
2.3 Karheus.....	6
2.4 Narinan ja karheuden yhteiset ja erottelevat tekijät	6
3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYS.....	8
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	9
4.1 Tutkittavien valinta.....	9
4.2 Aineiston keruu ja aineiston muodostuminen	9
4.3 Aineiston analyysi	10
4.4 Tutkimuksen eettisyys.....	10
5 TULOKSET	12
6 POHDINTA	14
6.1 Tulosten tarkastelu	14
6.2 Menetelmän pohdinta.....	16
6.3 Työn kliininen merkitys ja jatkotutkimusaiheita.....	18
LÄHDELUETTELO.....	19

LIITTEET

Liite 1. Tilastolliset analyysit

1 JOHDANTO

Nariseva äänenkäyttötapa on puheäänessä yleistynyt ilmiö, joka ei ole äänen häiriö (Hornibrook ym., 2018; Uusitalo ym., 2022; Yuasa, 2010). Äänihäiriöön liittyvä karhea äänenlaatu on joskus vaikea erottaa narisevasta puhettavasta kuulonvaraisesti (Laukkanen & Leino, 1999, s. 202). Narinan ja karheuden akustiset ominaisuudet ovat osittain samankaltaisia, mikä voi myös vaikeuttaa äänenlaatuja erottamista toisistaan. Puheterapeutin kliinisessä työssä on tärkeää erottaa äänihäiriöt normaalin äänen ilmiöistä oikeanlaisen hoidon tarjoamiseksi. Tietoa narinan ja karheuden ominaisuuksista suhteessa normaaliin ääneen on olemassa, mutta tämänhetkinen tutkimustieto narinaa ja karheutta yhdistävistä ja erottelevista piirteistä on niukkaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tehdä alustavaa selvitystä narinan ja karheuden akustisten piirteiden eroista. Tutkimuksessa vertailtiin narisevien ja karheiden /a/-vokaalinäytteiden akustisia ominaisuuksia kvantitatiivisin menetelmin.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Ääni akustisena ilmiönä

Puheääni syntyy ilmanpaineen vaihtelusta äänihuulten värähtelyn aikaansaamana tai artikulaatioelimillä tuotettuna (Laukkanen & Leino, 1999, s. 26; Titze, 2000, s. xviii). Äänestä kuulonvaraisesti havaittavia piirteitä ovat muun muassa sävelkorkeus, voimakkuus ja äänenlaatu. Ääni voidaan jakaa ilmanpaineen vaihtelun säännöllisyyden mukaan periodisiin ja epäperiodisiin ääniin (Laukkanen & Leino, 1999, s. 68–71; Suomi, 1990, s. 36–37). Puheääni on tavallisesti periodista, kun äänihuulet värähtelevät tasaisesti. Epäperiodinen ääni eli hälyääni taas on ilmanpaineen vaihtelultaan epäsystemaattista eikä siitä voida erottaa sävelkorkeutta. Hälyääntä syntyy esimerkiksi soinnittomien klusiilien purkausvaiheessa sekä frikatiiveissa, ja toisaalta ääni voi olla hälyinen eli kuulostaa käheältä, jos äänihuulivärähtely on epäsäännöllistä tai äänirako ei sulkeudu riittävän tiiviisti (Laukkanen & Leino, 1999, s. 71, 105–106). Äänessä on useita rekistereitä, jotka sisältävät tietyt peräkkäiset sävelkorkeudet ja joissa äänentuottotapa ja äänen laatu ovat rekisterille ominaiset (Hollien, 1974). Tavallisesti puheääni ja usein myös lauluääni tuotetaan modaalirekisterissä ja korkeat sävelkorkeudet falsettirekisterissä (Hollien, 1974; Laukkanen & Leino, 1999, s. 46). Mahdollisesti on olemassa myös matalataajuuksinen narinarekisteri, mutta täydellisen yhtäpitävää näkemystä ei ole siitä, onko kyseessä oma erillinen rekisterinsä (Hollien, 1974; Titze, 2000).

Akustisella analyysillä voidaan tarkastella äänen akustisia ominaisuuksia, joita ovat muun muassa perustaaajuus, perturbaatio, signaali-kohinasuhde sekä äänen katkokset. Äänen perustaaajuus (F0) tarkoittaa äänihuulivärähtelyjen lukumäärää sekunnissa (Boersma, 2006). Se vastaa kuulohavaintoa äänen sävelkorkeudesta. Miehillä puheäänien perustaaajuus on tyypillisesti 85–155 Hz ja naisilla 165–255 Hz (Fitch & Holbrook, 1970, viitattu lähteessä Baken & Orlikoff, 2000, s. 176–177). Perturbaatio on äänisignaalin peräkkäisissä periodeissa tapahtuvaa vaihtelua, joka runsaina määrinä voidaan kuulla äänen särähtelynä ja käheytenä (Baken & Orlikoff, 2000; Laukkanen & Leino, 1999, s. 106). Perturbaatiota on taajuuden perturbaatio eli jitter sekä amplitudin perturbaatio eli shimmer (Baken & Orlikoff, 2000, s. 190, 208). Jitter viittaa poikkeavuuksiin peräkkäisten äänihuulivärähdysjaksojen pituuksissa, ja shimmer taas kuvaa peräkkäisten äänihuulisulkujaksojen amplitudien eli värähdyslaajuuksien eroavaisuuksia (Boersma, 2006). Yli 1,040 % suuruinen jitter-arvo ja 3,810 %

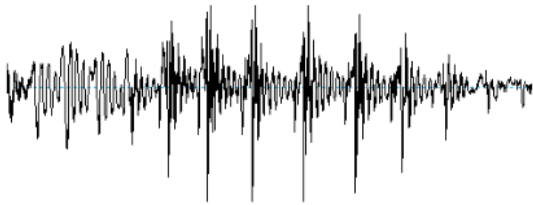
ylittävä shimmer-arvo viittaavat huomattavaan äänihuulivärähtelyn epäsäännöllisyyteen ja äänen häiriöisyyteen (Boersma, 2006). Signaali-kohinasuhde (HNR) kuvaa äänen harmonisuutta eli sitä, kuinka paljon äänessä on ylimääräistä hälyä suhteessa periodiseen ääneen (Boersma, 2006; Laukkanen & Leino, 1999, s. 176–178). Terveessä äänessä signaali-kohinasuhde on 20–30 dB, ja hälypitoisessa äänessä selvästi vähemmän (Boersma, 2006; Laukkanen & Leino, 1999, s. 178). Äänen katkokset viittaavat fonaation epäjatkuvuuteen, jota joissakin dysfonisissa äänissä voi esiintyä (Boersma, 2006).

2.2 Narina

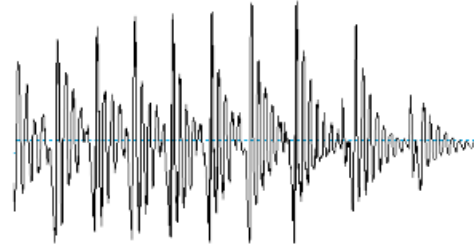
Narina on äänentuoton tapa, joka ei ole äänen häiriö (Hornibrook ym., 2018). Nariseva ääni syntyy, kun äänihuulet värähtelevät hitaasti ja äänirako aukeaa ilmavirran paineesta vain vähän (Laukkanen & Leino, 1999). Tällöin myös äänen voimakkuus on pieni. Koska narisevaa ääntä voidaan tuottaa pienellä ilmanpaineella, ovat sävelkorkeuden ja voimakkuuden vaihtelun mahdollisuudet tavallista vähäisemmät (s. 49–50). Narinaa voidaan pitää omana äänen rekisterinä, sillä narinassa äänentuottotapa, äänen laatu sekä perustajuus eroavat selvästi muista äänen rekistereistä (Hollien, 1974). Narinarekisterissä ihminen voi tuottaa äänensä matalimmat taajuudet (Hollien, 1974). Narinan perustajuudessa ei ole eroa sukupuolten välillä, toisin kuin normaalissa puheessa, mikä Laukkasen ja Leinon (1999) mukaan tukee teoriaa narinarekisterin olemassaolosta (s. 49–50).

Kuulohavainto narisevasta äänestä (engl. creaky voice) voi syntyä myös muunlaisesta äänestä kuin edellä kuvatusta tyypillisestä narinasta. Narisevan äänen tyyppejä ovat tyypillisen narinan lisäksi ”vocal fry” -tyyppinen narina, värähtelyjen moninkertaistuminen, epäperiodinen narina, ei-puristeinen narina sekä puristeinen narina (Keating ym., 2015). Tyypillisen narinan (engl. prototypical creaky voice) piirteitä ovat matala ja epäsäännöllinen perustajuus sekä kurkunpään puristeisuus (kuva 1). ”Vocal fry” -tyyppinen narina eroaa tyypillisestä narinasta siten, että perustajuus ei välttämättä ole epäsäännöllinen (kuva 2). Narinatyyppissä, jossa värähtelyt ovat moninkertaistuneet (engl. multiply pulsed voice), äänen perustajuus on epäsäännöllinen, eikä tyypillistä matalaa perustajuutta välttämättä esiinny. Sen aaltomuodossa esiintyy sekä lyhyempiä että pidempiä värähtelyjaksoja (kuva 3). Äänihuulivärähtely voi olla myös niin epäsäännöllistä, että

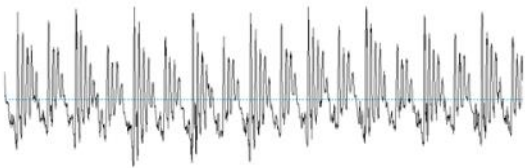
äänessä ei esiinny jaksoja tai tiettyä perustaajuutta (kuva 4). Tällöin on kyse epäperiodisesta narinasta (engl. aperiodic voice). Ei-puristeisessa narinassa perustaajuus on matala ja epäsäännöllinen, mutta kurkunpää ei ole puristeinen, vaan ilma virtaa sen läpi vapaasti ja tehostuneesti (kuva 5). Puristeisessa narinassa (engl. tense/pressed voice) kurkunpää on puristeinen, mutta perustaajuus ei ole matala eikä epäsäännöllinen (kuva 6).



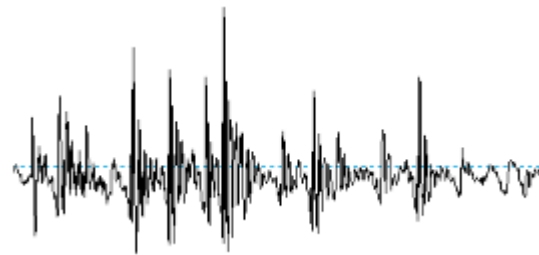
Kuva 1. Tyypillinen narina (Keating ym., 2015)



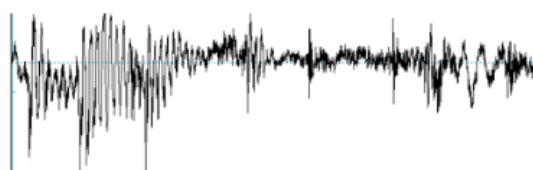
Kuva 2. "Vocal fry"-tyyppinen narina (Keating ym., 2015)



Kuva 3. Värähtelyjen moninkertaistuminen (Keating ym., 2015)



Kuva 4. Epäperiodinen narina (Keating ym., 2015)



Kuva 5. Ei-puristeinen narina (Keating ym., 2015)



Kuva 6. Puristeinen narina (Keating ym., 2015)

Koska narinatyyppejä on erilaisia, narisevan äänen akustiset piirteet voivat olla vaihtelevia. Blomgrenin ja kumppaneiden (1998) mukaan signaali-kohinasuhde on narinassa matalampi ja jitter-arvo korkeampi modaalirekisteriääntöön verrattuna. Toisaalta Keatingin ja kumppaneiden (2015) mukaan narinassa saattaa joskus olla korkea signaali-kohinasuhde, jos perustaajuus on säännöllinen.

Shimmer-arvon käyttökelpoisuudesta narinaa ja normaalia ääntä erottelevana tekijänä tutkimusnäyttö on osittain ristiriitaista (Blomgren ym., 1998; Wolk ym., 2012). Hollienin (1974) mukaan narinan taajuus on matalimmillaan 1–70 Hz, mikä on huomattavasti normaalin äänen taajuutta alempana. Myös Wolkin ja kumppaneiden (2012) tutkimuksessa narisevan äänen minimitaajuus oli keskimäärin matalampi kuin modaalirekisteriäännessä. Kuitenkin narinanäytteiden taajuuden vaihteluväli oli laaja. Narina ei siis aina ole matalataajuista, mikä johtuu narinatyyppien erilaisista ominaisuuksista (Keating ym., 2015).

Narina voi liittyä joihinkin äänihäiriöihin (mm. Eskenazi ym., 1990; Ylitalo & Hammarberg, 2000), mutta nykytiedon mukaan sitä esiintyy myös normaalissa äänessä (Wolk ym., 2012). Narinan esiintyminen on tavallista erityisesti lauseiden loppuosissa, kun hengitysilma on loppumassa (Laukkanen & Leino, 1999, s. 50). Lauseen lopussa esiintyvä narina voi olla myös vihje puheenvuoron päättymisestä ja vuoron vaihtumisesta (Abdelli-Beruh ym., 2014). Kuitenkin ihmiset saattavat käyttää narinaa myös jatkuvana äänenkäyttötapanaan (Laukkanen & Leino, 1999).

Niin ulkomaisten kuin suomalaistenkin tutkimusten mukaan narina on nykyisin yleisempää ihmisten puheessa kuin ennen. Esimerkiksi Yuasa (2010) havaitsi tutkimuksessaan, että narina vaikuttaisi olevan muodostumassa nuorten englantia puhuvien naisten uudeksi puhetavaksi. Samoin Suomessa Uusitalo ja kumppanit (2022) totesivat narinan lisääntyneen yliopisto-opiskelijoiden puheäännessä 1990-luvulta 2010-luvulle tultaessa. Melko paljon tai paljon narinaa käyttävien henkilöiden määrä nousi naisten joukossa 7 prosentista 31,8 prosenttiin ja miesten joukossa 5,9 prosentista 20,4 prosenttiin. Narinan lisääntyminen oli kuitenkin vain naisilla tilastollisesti merkitsevää. Sukupuolten välisiä eroja havaittiin myös Abdelli-Beruh'n ja kumppaneiden (2014) tutkimuksessa, jossa narinan esiintyvyys oli huomattavasti vähäisempää miehillä kuin naisilla. Toisaalta matala perustaajuus on miesäänen tyypillinen ominaisuus, joten matalataajuinen narina voisi olla miesäännessä vaikeampaa havaita. Sukupuolten väliset erot narinan esiintyvyydessä eivät siis ole aivan yksiselitteisiä, etenkin kun tutkimukset (Abdelli-Beruh ym., 2014; Uusitalo ym., 2022) on tehty kuulonvaraisen arvion perusteella.

2.3 Karheus

Karheus on yksi yleisimmistä käsitteistä, joilla voidaan viitata epänormaaliin äänenlaatuun (Eddins ym., 2015; Latoszek ym., 2018). Äänihäiriöiden esiintyvyys on 7,5 % ja 29,1 % ihmisistä kokee äänihäiriöitä jossakin vaiheessa elämäänsä (Cohen, 2010), mutta karheuden esiintyvyyttä väestössä ei ole eritelty. Äänen karheus liittyy poikkeavuuksiin äänihuulten rakenteessa ja toiminnassa, mikä johtaa epäsäännölliseen äänihuulivärähtelyyn sekä äänen amplitudin, taajuuden ja aaltomuodon vaihteluun (Awan & Awan, 2020). Karheaan äänenlaatuun liittyy selkeästi tiettyjä äänihuulten sairauksia ja häiriötiloja, kuten äänihuulipolyoppi, Reinken edeema sekä ventrikulaarinen dysfonia (Latoszek ym., 2018). Särähtelyä ja rahinaa ääneen aiheuttava äänihuulten epäsymmetria voi johtua myös esimerkiksi äänihuulikyhmystä, kurkunpään tulehduksesta eli laryngiitista tai toispuolisesta äänihuulihalvauksesta (Laukkanen & Leino, 1999, s. 111–114).

Karhealle äänelle tyypillisiä akustisia piirteitä ovat matala taajuus ja hyvin epäsäännölliset värähtelyjaksot (Latoszek ym., 2018). Karheassa äänessä onkin havaittu tavallista suurempia perturbaatioarvoja (Hammarberg ym., 1986). Erityisesti jitter-arvon on havaittu erottelevan patologisesti karhean äänen terveestä (Zhang ym., 2011). Toisaalta Omorin ja kumppaneiden (1997) tutkimuksessa löydettiin patologista karheutta, jossa perturbaatiota ei ole lainkaan, vaan karheuden aiheuttavat äänen subharmoniset alaosasävelet. Karheuteen voi liittyä myös kaksinkertaistuneita äänihuulivärähtelyn jaksoja eli diplofoniaa, jossa äänihuulet tuottavat värähdyksiä kahdella perustaajuudella yhtä aikaa tai nopeasti vuorotellen (Awan & Awan, 2020; Laukkanen & Leino, 1999, s. 114). Hälypitoisessa äänessä signaali-kohinasuhde on pieni (Laukkanen & Leino, 1999, s. 178), ja myös Eskenazi ja kumppanit (1990) havaitsivat tutkimuksessaan, että matala signaali-kohinasuhde korreloi äänen karheuden kanssa.

2.4 Narinan ja karheuden yhteiset ja erottelevat tekijät

Karhea äänenlaatu on joskus vaikea erottaa terveäänisillä henkilöillä yleistyneestä narisevasta puhetavasta (Laukkanen & Leino, 1999, s. 202). Tietoa narinan ja karheuden ominaisuuksista

suhteessa normaaliin ääneen on olemassa, mutta tämänhetkinen tutkimustieto narinaa ja karheutta yhdistävistä ja erottelevista piirteistä on niukkaa.

Äänen akustiset piirteet voivat olla dysfoniaan viittaavia sekä narinassa että karheudessa. Narisevaa ja karheaa äänenlaatua voi yhdistää matala perustaajuus (Latoszek ym., 2018; Laukkanen & Leino, 1999). Muita yhdistäviä tekijöitä ovat äänihuulivärähtelyn epäsäännöllisyys (Awan & Awan, 2020; Keating ym., 2015) ja mahdollisesti korkea jitter-arvo (Wolk ym., 2012; Zhang ym., 2011). Myös matala signaali-kohinasuhde voi liittyä sekä narinan että karheuteen (Eskenazi ym., 1990). Toisaalta Keatingin ja kumppaneiden (2015) mukaan signaali-kohinasuhde voi joskus olla narisevassa äänessä korkea. Lisäksi Omorin ja kumppaneiden (1997) mukaan on epäselvää, erottelevatko perturbaatioarvot jitter ja shimmer normaaleja ja karheita ääniä toisistaan. Shimmer-arvojen osalta myös narinaa koskevat tutkimustulokset ovat ristiriitaisia (Blomgren ym., 1998; Wolk ym., 2012). Akustiset ominaisuudet voivat siis olla narinassa ja karheudessa osittain samankaltaisia.

Joitakin narinaa ja karheutta erottelevia tekijöitä voidaan kuitenkin tunnistaa. Wolkin (2012) mukaan narinaa ei yleensä esiinny pidennetyissä vokaaleissa. Laukkanen ja Leino (1999) mainitsevat, että dysfonisen ja terveen äänen voisi erottaa toisistaan sen perusteella, onko ääni missään kohdassa näytettä hyvänlaatuinen ja soiva (s. 202). Tästä voitaisiin päätellä, että mikäli henkilön lausemuotoisessa puheessa esiintyy kuulonvaraisesti arvioituna karheuden kaltaisia piirteitä, mutta vokaaliäännössä karheutta ei havaita, kyseessä voisi olla äänihäiriön sijaan normaalin puheäänien piirteeksi luokiteltava narina.

3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYS

Tutkimuksen tavoite on vertailla terveäänisten henkilöiden puheäänien narinaa ja äänihäiriöön liittyvää karheutta akustisen analyysin avulla. Tutkimuksessa selvitetään, löydetäänkö narisevista ja karheista ääninäytteistä eroja akustisella analyysillä. Äänten akustisten piirteiden eroavaisuudet voisivat auttaa kliinistä työtä tekevää puheterapeuttia erottamaan normaalissa puheäänessä yleistyneen narinan äänihäiriöön liittyvästä karheudesta.

Tutkimuskysymys on seuraava:

1. Voiko terveäänisten henkilöiden puheäänien narinan erottaa äänihäiriöön liittyvästä karheudesta akustisella analyysillä?

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus liittyy Tampereen yliopiston Puheen ja äänen tutkimuksen laboratorion tutkimukseen ”Äänellinen suorituskyky, sen indikaattorit ja kehittäminen”. Tutkimukseen on saatu lupa Yhteiskuntatieteiden tiedekunnan dekaanilta professori Juho Saarelta 26.5.2021.

4.1 Tutkittavien valinta

Narisevat ääninäytteet kerättiin Tampereen yliopistollisen sairaalan foniatrian poliklinikan henkilökunnalta sekä Tampereen yliopiston opiskelijoilta ja henkilökunnalta vuonna 2022. Narisevan ääninäytteen antaneilla henkilöillä ei tiettävästi ollut äänihäiriöitä. Ryhmässä oli 10 naista ja 5 miestä, joiden keskimääräinen ikä oli 35,1 vuotta (vaihteluväli 21–63 v.). Karheat ääninäytteet on kerätty Tampereen yliopistollisen sairaalan foniatrian poliklinikan potilailta vuosina 2015–2022. Karheista ääninäytteistä 12 kerättiin henkilöiltä, joilla on äänihuulihalvaus. Kolmella karhean ääninäytteen antaneista henkilöistä ei ollut muutoksia äänihuulissa, vaan heillä tilapäinen äänen karheus oli aiheutunut altistumisesta allergiaa aiheuttavalle aineelle. Ryhmässä oli 9 naista ja 6 miestä, ja heidän keskimääräinen ikänsä oli 56,3 vuotta (vaihteluväli 33–71 v.). Ääninäytteet valittiin tutkimukseen kokeneen vokologin ja äänihäiriöihin erikoistuneen puheterapeutin kuulonvaraisen arvion perusteella. Valintojen perusteina oli tyyppillinen narina sekä selkeä karheus ilman muita äänessä korostuvia dysfonisia piirteitä.

4.2 Aineiston keruu ja aineiston muodostuminen

Tutkimuksen aineistona oli 30 ääninäytettä, jotka sisälsivät /a/-vokaaliääntöä. Näytteistä 15 sisälsi narisevan ja 15 karhean /a/-vokaalin. Äänentallennuslaitteistona oli AKG C544L- pääpantamikrofoni ja Focusrite iTrack Solo -äänikortti sekä tietokoneelle asennettu Praat-ohjelma. Mikrofoni oli 4 cm etäisyydellä henkilön huulikulmasta, 45 asteen kulmassa. Tallennuksessa käytettiin 44,1 kHz:n näytteenottotaajuutta, ja amplitudin erottelutarkkuus oli 16 bittiä. Äänityksiä tehtiin studio- ja

toimistotyypisissä tiloissa. Ääninäytteet leikattiin 3,00 sekunnin mittaisiksi, lukuun ottamatta kahta näytettä, jotka olivat pituudeltaan 1,99 sekuntia ja 2,68 sekuntia.

4.3 Aineiston analyysi

Jokaisesta ääninäytteestä tehtiin Praat-ohjelmalla (versio 6.2.23) voice report, jonka perusteella tarkasteltiin näytteiden perturbaatioarvoja (jitter ja shimmer), äänikatkoksia (breaks), signaali-kohinasuhdetta (HNR) ja perustaajuutta (F0). Taajuuden vaihteluväliksi asetettiin 20–400 Hz. Jos näytteen taajuus oli kuulonvaraisesti havainnoituna selkeästi matala, käytettiin oikean perustaajuuden löytämiseksi vaihteluväliä 20–200 Hz. Arvojen kirjaamiseen käytettiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaa (versio 2303).

Narisevien ja karheiden ääninäytteiden akustisia piirteitä vertailtiin tilastollisin menetelmin IBM SPSS Statistics 29 -ohjelmalla. Näytteiden normaalijakaumaa testattiin nonparametrisellä Shapiro-Wilk-testillä (jitter, shimmer, HNR, F0) ja khiin neliö -testillä (breaks). Narisevien ja karheiden äänten ryhmiä vertailtiin parittomalla Studentin t-testillä niiden arvojen osalta, jotka noudattivat normaalijakaumaa (jitter, breaks) sekä nonparametrisellä Mann-Whitneyn U-testillä niiden arvojen osalta, jotka eivät noudattaneet normaalijakaumaa (HNR, shimmer, F0). Akustisen analyysin tulosten tunnusluvut koottiin taulukkoon, joka sisältää otoskoon, minimi-, maksimi- ja keskiarvot sekä keskihajonnan.

4.4 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimuksessa on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2023). Tutkimukseen osallistuminen on ollut tutkittaville vapaaehtoista ja tutkittavat ovat antaneet suostumuksensa ääninäytteidensä käyttöön tutkimuksessa. Tutkittavat on pseudonymisoitu kirjain- ja numeroyhdistelmiä käyttäen, ja valmiista tutkimuksesta ei ole mahdollista tunnistaa tutkittavien henkilöllisyyttä. Äänitteitä säilytetään aineiston analysoinnin aikana salasanalla ja

kaksoistunnistuksella suojatulla verkkolevyasemalla. Tutkimusaineistoon kuuluvat äänitteet tuhotaan, kun kandidaatintutkielma on valmistunut. Opinnäytetyö on tehty Tampereen yliopistossa ilman rahoituslähteitä.

5 TULOKSET

Narisevien ja karheiden näytteiden ryhmät erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi jitter-arvon, perustaaajuuden (F0) sekä äänikatkosten (breaks) osalta ja melkein merkitsevästi signaali-kohinasuhteen (HNR) osalta (taulukko 1). Shimmer-arvoissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä.

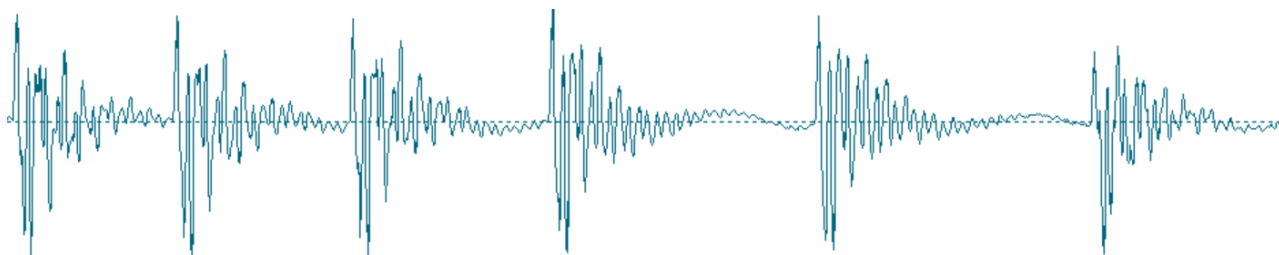
Taulukko 1. Akustisten piirteiden erot narisevien ja karheiden äänten ryhmissä

muuttuja	p-arvo	n	ryhmä	minimi	maksimi	keskiarvo	keskihajonta
jitter (%)	,007**	15	narina	0,45	10,60	3,92	3,40
		15	karheus	0,41	3,97	1,25	0,95
shimmer (%)	,137	15	narina	2,78	15,76	7,41	3,77
		15	karheus	1,57	20,43	5,81	4,57
HNR (dB)	,013*	15	narina	1,69	22,05	9,20	7,13
		15	karheus	5,84	23,24	15,93	4,90
F0 (Hz)	,008**	15	narina	32,33	208,36	82,67	49,38
		15	karheus	64,31	220,50	133,37	51,63
number of breaks	,003**	15	narina	0,00	13,00	3,73	4,40
		15	karheus	0,00	0,00	0,00	0,00

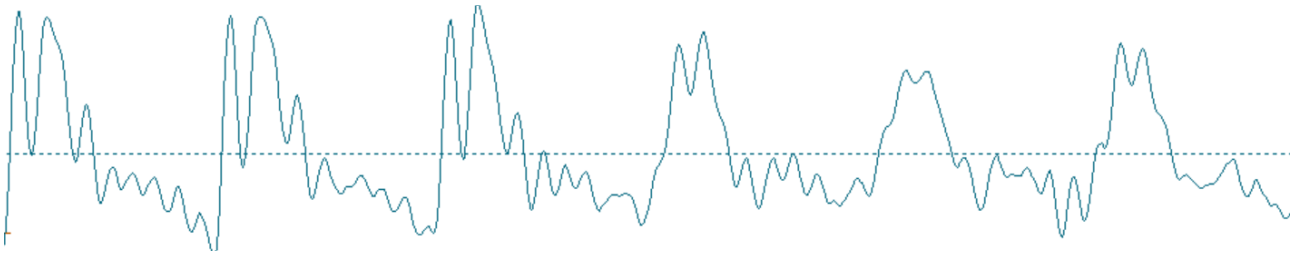
*p < ,050

**p < ,010

Alla olevat aaltomuotokuvaajat (kuva 7, kuva 8) ovat poimintoja tutkimuksen aineistosta. Ne havainnollistavat perturbaation määrää narisevassa ja karheassa äänessä. Jitter-arvo on koholla erityisesti narisevassa äänessä, mikä nähdään aaltomuotokuvaajassa peräkkäisten äänihuulivärihdysjaksojen pituuden vaihteluna (kuva 7). Molemmissa ääninäytteissä shimmer-arvo on koholla, mikä havaitaan aaltomuotokuvaajissa peräkkäisten äänihuulivärihdysjaksojen amplitudin eli värihdyslaajuuden vaihteluna.



Kuva 7. Narisevan äänen aaltomuotokuvaaja



Kuva 8. Karheen äänen aaltomuotokuvaaja

6 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoitus oli tehdä alustavaa selvitystä normaalissa puheäänessä yleistyneen narinan ja äänihäiriöön liittyvän karheuden akustisten piirteiden eroista. Tutkimuskysymyksenä oli, voiko terveäänisten henkilöiden puheäänien narinan erottaa äänihäiriöön liittyvästä karheudesta akustisella analyysillä. Tutkimuksen aineistona oli 15 narisevaa ja 15 karheaa /a/-vokaalinäytettä, joista tehtiin akustiset analyysit. Tulokseksi saatiin, että narisevat ja karheat näyteryhmät erosivat toisistaan jitter-arvon, signaali-kohinasuhteen (HNR), perustaajuuden (F0) ja äänikatkosten osalta.

6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että jotkin äänen akustiset ominaisuudet voisivat erotella narinaa ja karheutta toisistaan. Tulosten perusteella jitter-arvo oli molemmissa ryhmissä koholla, mikä on samansuuntaista aiemman tiedon kanssa (Wolk ym., 2012; Zhang ym., 2011). Kuitenkin jitter oli enemmän koholla narisevissa äänissä kuin karheissa, ja ryhmien välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä. Signaali-kohinasuhde oli matala molemmissa näyteryhmissä, mikä on linjassa Eskenazin ja kumppaneiden (1990) tutkimustulosten kanssa. Jitter-arvon tavoin myös signaali-kohinasuhde kuitenkin erotteli ryhmiä tutkimusaineistossamme, koska narinaryhmässä signaali-kohinasuhteen keskiarvo oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi kuin karheiden äänten ryhmässä.

Tutkimusaineistossamme äänen perustaajuus oli molemmissa ryhmissä matala, ja matalan perustaajuuden onkin todettu liittyvän usein sekä narisevaan että karheaan äänenlaatuun (Latoszek ym., 2018; Laukkanen & Leino, 1999). Perustaajuuden keskiarvo oli narinaryhmässä 83 Hz (vaihteluväli 32–208 Hz) ja karheiden ryhmässä 133 Hz (vaihteluväli 64–221 Hz). Tyypillisesti puheäänien perustaajuus on miehillä 85–155 Hz ja naisilla 165–255 Hz (Fitch & Holbrook, 1970, viitattu lähteessä Baken & Orlikoff, 2000, s. 176–177), ja narinarekisterissä tuotetun äänen perustaajuus taas on matalimmillaan 1–70 Hz (Hollien, 1974). Vaikka molemmissa ryhmissä oli perustaajuudeltaan hyvin matalia ääniä, ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero, sillä narinaryhmässä perustaajuus oli matalampi kuin karheiden äänten ryhmässä.

Jitter-arvon, signaali-kohinasuhteen ja perustaajuuden lisäksi myös äänikatkokosten lukumäärä erotteli tutkimuksemme näyteryhmiä, mutta tuloksen luotettavuus on epävarmaa. Joissakin narisevissa näytteissä äänikatkoksia esiintyi runsaastikin, mutta karheiden äänten ryhmässä ei lainkaan. Narisevissa näytteissä esiintyvät äänikatkokset voivat kuitenkin johtua seuraavassa luvussa mainittavista menetelmään liittyvistä rajoituksista, joten tätä ominaisuutta ei voida luotettavasti pitää narinaa ja karheutta erottelevana tekijänä. Shimmer-arvot eivät erotelleet tutkimuksemme näyteryhmiä toisistaan. Tutkimuskirjallisuuden perusteella shimmer-luvut eivät myöskään välttämättä erottele narisevaa eivätkä karheaa äänenlaatua normaalista äänestä (Blomgren ym., 1998; Omori ym., 1997; Wolk ym., 2012). Shimmer-arvot olivat kuitenkin näyteryhmissämme koholla, mikä on tyypillinen äänihäiriöön liitetty piirre.

Äänen akustiset ominaisuudet viittasivat selvästi dysfoniaan tutkimusaineistossamme niin narisevien kuin karheiden äänten ryhmissä. Aineistossamme jitter-arvo oli narinassa keskimäärin 3,92 % ja karheudessa keskimäärin 1,25 %, kun äänihäiriöön viittaa yli 1,04 % suuruinen jitter-arvo (Boersma, 2006). Shimmer-arvon osalta äänihäiriön raja-arvo on 3,81 % (Boersma, 2006), ja aineistossamme shimmer oli narinassa keskimäärin 7,41 % ja karheudessa 5,81 %. Samoin signaali-kohinasuhde oli molemmissa ryhmissä alle 20 dB, mikä Boersman (2006) mukaan viittaa äänihäiriöön. Narinassa signaali-kohinasuhteen keskiarvo oli 9 dB ja karheudessa 15 dB. Kiinnostavaa on, että myös narina näyttäytyy äänihäiriönä, vaikka narisevat ääninäytteet on kerätty henkilöiltä, joilla ei tiettävästi ole äänihäiriöitä. Karheuteen verrattuna korkeammat jitter- ja shimmer-arvot sekä matalampi signaali-kohinasuhde narinänäytteissä viittaavat siihen, että nariseva ääni olisi jopa vaikeammin häiriöinen kuin karhea ääni.

Tämän tutkimuksen perusteella ainakin jitter-arvo, signaali-kohinasuhde ja perustaajuus voisivat erottaa terveäänisten henkilöiden puheäänien narinan äänihäiriöön liittyvästä karheudesta. Tutkimusaineiston ääninäytteissä havaitaan samoja akustisia piirteitä kuin kirjallisuudessa on esitetty. Lisäksi havaitaan, että karheuden ohella myös tahdonalaisesti tuotettu narina on akustisilta ominaisuuksiltaan dysfonisen äänen kaltainen.

6.2 Menetelmän pohdinta

Tutkimusaineisto on kooltaan suhteellisen pieni, joten tuloksia ei voida yleistää. Aineiston koko on kuitenkin riittävä antamaan suuntaa aiheeseen liittyvälle myöhemmälle tutkimukselle. Karheissa ääninäytteissä esiintyi etiologialtaan vain kahdenlaista karheutta: suurin osa näytteistä oli kerätty henkilöiltä, joilla on äänihuulihalvaus, ja loput henkilöiltä, joilla karheus aiheutui altistumisesta allergeenille. Erilaiset karheat äänet eivät siis olleet edustettuina aineistossa kovinkaan laajalti. Myöskään erilaisia narinatyyppejä ei otettu huomioon: tutkittavien tuottama narina oli tyypiltään tyypillistä narinaa (engl. prototypical creaky voice), jossa Keatingin (2015) mukaan kurkunpää on puristeinen sekä perustaajuus matala ja epäsäännöllinen. Akustisella analyysillä tarkasteltuna narinan ja karheuden piirteet olivat linjassa aiemman kirjallisuuden kanssa, joten narisevien ja karheiden ääninäytteiden otoksien voidaan ajatella edustavan perusjoukkoa.

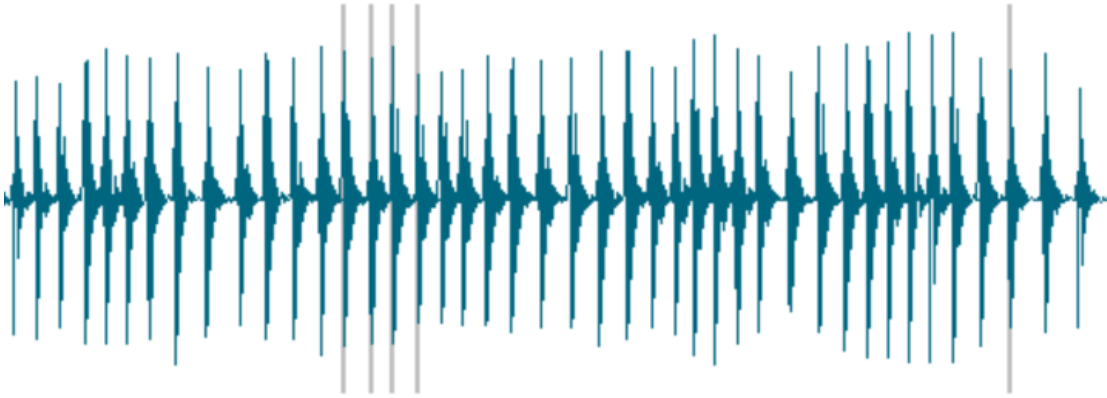
Tutkittavien sukupuolijakauma painottui molemmissa ryhmissä naisiin, mutta kummassakin ryhmässä oli miehiä kuitenkin noin kolmasosa, mikä parantaa otoksen kattavuutta. Keskimääräinen ikä oli narisevien äänten ryhmässä selkeästi matalampi verrattuna karheiden äänten ryhmään (35,1 vuotta vs. 56,3 vuotta), mikä saattaa vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Erot ryhmien välisissä ikäjakaumissa voisivat vaikuttaa perustaajuuden vertailukelpoisuuteen ryhmien välillä, koska äänen perustaajuus alkaa muuttua keski-ikänsä jälkeen sekä miehillä että naisilla (Titze, 2010). Kuitenkin narisevien äänten ryhmässä perustaajuus oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi kuin karheiden äänten ryhmässä, joten voidaan olettaa, että ikäjakaumien erolla ei ole suurta vaikutusta. Otosta voidaan myös pitää ikäjakaumaltaan tutkimukseen sopivana, sillä karheaa äänenlaatua pidetään ikääntyneen äänen piirteenä (Sataloff & Kost, 2020) ja narina taas on yleistä erityisesti nuoremmassa väestössä (esim. Yuasa, 2010).

Aineistonkeruun olosuhteet olivat yhdenmukaiset käytetyn äänityslaitteiston ja niiden asetusten suhteen. Ääninäytteistä kaksi oli alle kolmen sekunnin mittaisia, mutta nämä näytteet olivat eri ryhmissä, joten pituuden vaihtelu ei merkittävästi vaikuta tutkimuksen luotettavuuteen. Äänityspaikat vaihtelivat studio-olosuhteista toimistotyyppeihin tiloihin, mutta näytteitä valitessa äänisignaalin ja taustahälyn signaali-kohinasuhteen eron tarkistettiin olevan yli 30 dB, mikä Deliyskin ja kumppaneiden (2005) mukaan on hyväksyttävä raja ääninäytteen laadulle akustisissa mittauksissa.

Ääninäytteen tyypiksi valikoitui pidennetty vokaaliääntö, sillä Rantalan (2000) mukaan pidennetyssä vokaaliäännössä äänen perturbaation mittaaminen on luotettavampaa verrattuna lausemuotoiseen puheeseen. Narinaa ei kuitenkaan tyypillisesti esiinny vokaaliäännössä (Wolk ym., 2012), ja tutkittavia pyydettiin nauhoitustilanteessa tuottamaan tahdonalaisesti narisevaa vokaaliääntöä. Tahdonalaisesti tuotettu narina saattaa olla erilaista verrattuna arkipuheessa esiintyvään narinaan, joten tutkimustuloksia ei voida yleistää kaikkeen puheeseen. Esimerkiksi Laukkasen ja Rantalan (2021) tutkimuksessa terveäänisiksi luokiteltujen puhujien narinassa havaittiin esiintyvän erilaisia narisevan äänen tyyppisiä, erityisesti tyypillistä narinaa ja monitaajuusnarinaa.

Tutkimuksen reliabiliteettia voisi parantaa äänenvoimakkuuden mittaaminen. Narina on pienen subglottaalisen ilmanpaineen vuoksi äänenvoimakkuudeltaan yleensä normaalia ääntä hiljaisempaa (Laukkanen & Leino, 1999, s. 49-50). Mahdolliset erot äänenvoimakkuudessa narisevien ja karheiden äänten ryhmien välillä voivat vaikuttaa eroihin perturbaatioarvoissa ja signaali-kohinasuhteessa, koska hiljainen äänenvoimakkuus lisää perturbaatiota ja laskee signaali-kohinasuhdetta (Brockmann-Bauser ym., 2018).

Narisevissa ääninäytteissä esiintyi akustisen analyysin tulosten mukaan runsaasti äänikatkoksia. Tätä voidaan pitää analyysimenetelmään liittyvänä rajoituksena, sillä äänikatkoksia ei havaittu kuulonvaraisesti eikä äänen aaltomuotokuvaajassa (kuva 9). Tämä ristiriita saattaa johtua Praat-ohjelman asetuksista, jossa taajuuden alarajaksi oli asetettu 20 Hz. Narina voi olla taajuudeltaan vielä tätäkin matalampaa (Hollien, 1974), joten on mahdollista, että Praat-ohjelma on tulkinnut äänen katkeavan, kun äänen taajuus on laskenut alle 20 Hz:n. Ohjelma saattaa määritellä äänikatkoksiksi myös sellaiset kohdat, joissa signaali on niin epäsäännöllinen, että periodeja ei löydy eikä ohjelma siksi tunnista taajuutta (kuva 9).



Kuva 9. Jatkuvaa signaalia narisevan äänen aaltomuotokuvaajassa, jossa harmaat viivat kuvaavat Praat-ohjelman tunnistamia periodeja.

6.3 Työn kliininen merkitys ja jatkotutkimusaiheita

Tämä tutkimus antaa alustavaa tietoa narinan ja karheuden erottamisesta akustisella analyysillä, mitä ei ole aiemmin tutkittu. Tulosten perusteella terveäänisten henkilöiden puheäänien narina voitaisiin erottaa äänihäiriöön liittyvästä karheudesta ainakin jitter-arvon, signaali-kohinasuhteen ja perustaajuuden perusteella. Tässä vaiheessa tiedetään, että sekä narinassa että karheudessa on dysfoniaan viittaavia akustisia ominaisuuksia, jotka karheudessa näyttävät lievemmillä kuin narinassa. Tiettyjä kynnyksarvoja, joiden perusteella karheus voitaisiin erottaa narinasta, ei kuitenkaan tunneta. Alle 70 Hz perustaajuutta voitaisiin silti pitää narinan viittaavana, sillä näin matalaa ääntä ei esiinny modaalirekisterissä (Hollien, 1974). Koska myös narisevissa ääninäytteissä esiintyi runsaasti dysfonisen äänen piirteitä, on kliinisessä työssä äänen arvioinnissa hyvä tiedostaa, että nariseva äänenkäyttötapa voi näyttäytyä äänihäiriön kaltaisena, vaikka siihen ei liittyisi patologiaa.

Tutkimuksen menetelmissä on tiettyjä rajoituksia, joita voidaan ottaa huomioon myöhemmässä tutkimuksessa. Tulosten tarkentamiseksi jatkotutkimuksissa voitaisiin mitata äänenvoimakkuuden eroja narisevien ja karheiden ryhmien välillä. Lisäksi voitaisiin ottaa huomioon eri narinatyyppien erilaiset akustiset ominaisuudet. Olisi hyödyllistä myös tutkia, näyttäytyykö narina vokaaliäännössä erilaisena verrattuna lausemuotoiseen puheeseen. Ääntä arvioidaan kliinisessä työssä tavallisesti kuulonvaraisen arvion ja akustisen analyysin perusteella, joten olisi hyviä tutkia narisevia ja karheita ääniä kokonaisuutena sekä kuulonvarainen että akustinen arviointi huomioon ottaen.

LÄHDELUETTELO

- Abdelli-Beruh, N. B., Wolk, L., & Slavin, D. (2014). Prevalence of Vocal Fry in Young Adult Male American English Speakers. *Journal of Voice*, 28(2), 185–190.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.08.011>
- Awan, S. N., & Awan, J. A. (2020). A Two-Stage Cepstral Analysis Procedure for the Classification of Rough Voices. *Journal of voice: official journal of the Voice Foundation*, 34(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.07.003>
- Baken, R. J., & Orlikoff, R. F. (2000). *Clinical measurement of speech and voice* (2nd ed). Singular Thomson Learning.
- Blomgren, M., Chen, Y., Ng, M. L., & Gilbert, H. R. (1998). Acoustic, Aerodynamic, Physiologic, and Perceptual Properties of Modal and Vocal Fry Registers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103(5), 2649–2658.
- Boersma, P. (2006). *Praat Manual*. <https://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/Intro.html>
- Brockmann-Bauser, M., Bohlender, J. E., & Mehta, D. D. (2018). Acoustic Perturbation Measures Improve with Increasing Vocal Intensity in Individuals With and Without Voice Disorders. *Journal of Voice*, 32(2), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.04.008>
- Cohen, S. M. (2010). Self-reported impact of dysphonia in a primary care population: An epidemiological study. *The Laryngoscope*, 120(10), 2022–2032.
<https://doi.org/10.1002/lary.21058>
- Deliyski, D. D., Shaw, H. S., & Evans, M. K. (2005). Adverse Effects of Environmental Noise on Acoustic Voice Quality Measurements. *Journal of Voice*, 19(1), 15–28.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2004.07.003>
- Eddins, D. A., Kopf, L. M., & Shrivastav, R. (2015). The psychophysics of roughness applied to dysphonic voice. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(6), 3820–3825.
<https://doi.org/10.1121/1.4937753>
- Eskenazi, L., Childers, D. G., & Hicks, D. M. (1990). Acoustic Correlates of Vocal Quality. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33(2), 298–306.
<https://doi.org/10.1044/jshr.3302.298>

- Hammarberg, B., Fritzen, B., Gauffin, J., & Sundberg, J. (1986). Acoustic and perceptual analysis of vocal dysfunction. *Journal of Phonetics*, 14(3–4), 533–547.
[https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30704-1](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30704-1)
- Hollien, H. (1974). On vocal registers. *Journal of Phonetics*, 2(2), 125–143.
[https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31188-X](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31188-X)
- Hornibrook, J., Ormond, T., & Maclagan, M. (2018). Creaky voice or extreme vocal fry in young women. *The New Zealand medical journal*, 131(1486), 36–40.
- Keating, P. A., Garellek, M., & Kreiman, J. (2015). Acoustic properties of different kinds of creaky voice. *International Congress of Phonetic Sciences*.
- Latoszek, B. B. v., De Bodt, M., Gerrits, E., & Maryn, Y. (2018). The Exploration of an Objective Model for Roughness With Several Acoustic Markers. *Journal of Voice*, 32(2), 149–161.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.04.017>
- Laukkanen, A.-M., & Leino, T. (1999). *Ihmeellinen ihmisääni: Äänenkäytön ja puhetekniikan perusteet, arviointi, mittaaminen ja kehittäminen*. Gaudeamus.
- Laukkanen, A.-M., & Rantala, L. (2021). Relations between Creaky Voice and Vocal Symptoms of Fatigue. *Folia Phoniatria et Logopaedica*, 73(2), 146–154.
<https://doi.org/10.1159/000506901>
- Omori, K., Kojima, H., Kakani, R., Slavit, D. H., & Blaugrund, S. M. (1997). Acoustic characteristics of rough voice: Subharmonics. *Journal of voice: official journal of the Voice Foundation*, 11(1), 40–47. [https://doi.org/10.1016/s0892-1997\(97\)80022-7](https://doi.org/10.1016/s0892-1997(97)80022-7)
- Rantala, L. (2000). *Ääni työssä: Naisopettajien äänenkäyttö ja äänen kuormittuminen* [väitöskirja, Oulun yliopisto]. Oulun yliopiston kirjasto.
- Sataloff, R. T., & Kost, K. M. (2020). Presbylarynx: Anatomy/physiology, nonsurgical treatment, and surgery. *Operative Techniques in Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, 31(3), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.otot.2020.07.006>
- Suomi, K. (1990). *Johdatusta puheen akustiikkaan*. Oulun yliopisto.
- Titze, I. R. (2000). *Principles of voice production* (2nd printing). National Center for Voice and Speech.
- Titze, I. R. (2010). *Fascinations with the human voice*. NCVS, National Center for Voice and Speech.

- Tutkimuseettinen neuvottelukunta (2023). *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan HTK-ohje 2023.*
Tutkimuseettinen neuvottelukunta. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf
- Uusitalo, T., Nyberg, L., Laukkanen, A.-M., Waaramaa, T., & Rantala, L. (2022). Has the Prevalence of Creaky Voice Increased Among Finnish University Students From the 1990'S to the 2010'S? *Journal of voice: official journal of the Voice Foundation.*
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.12.006>
- Wolk, L., Abdelli-Beruh, N. B., & Slavin, D. (2012). Habitual Use of Vocal Fry in Young Adult Female Speakers. *Journal of Voice, 26*(3), e111–e116.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2011.04.007>
- Ylitalo, R., & Hammarberg, B. (2000). Voice characteristics, effects of voice therapy, and long-term follow-up of contact granuloma patients. *Journal of Voice, 14*(4), 557–566.
[https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(00\)80011-9](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(00)80011-9)
- Yuasa, I. P. (2010). Creaky Voice: A New Feminine Voice Quality for Young Urban-Oriented Upwardly Mobile American Women? *American Speech, 85*(3), 315–337.
<https://doi.org/10.1215/00031283-2010-018>
- Zhang, Y., Shao, J., Krausert, C. R., Zhang, S., & Jiang, J. J. (2011). High-speed image analysis reveals chaotic vibratory behaviors of pathological vocal folds. *Chaos, Solitons and Fractals, 44*(1), 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2011.01.007>

LIITTEET

Liite 1. Tilastolliset analyysit

Tests of Normality

	ryhmä	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
jitter %	1,00	,252	15	,011	,786	15	,002
	2,00	,182	15	,195	,868	15	,032
shimmer %	1,00	,211	15	,070	,729	15	<,001
	2,00	,206	15	,088	,921	15	,197
HNR dB	1,00	,128	15	,200*	,964	15	,762
	2,00	,198	15	,118	,872	15	,036
f0	1,00	,173	15	,200*	,928	15	,257
	2,00	,154	15	,200*	,878	15	,045
number of breaks	1,00	.	15	.	.	15	.
	2,00	,333	15	<,001	,792	15	,003

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Significance		Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						One-Sided p	Two-Sided p			Lower	Upper
jitter %	Equal variances assumed	18,620	<,001	-2,929	28	,003	,007	-2,668733	,911273	-4,535391	-,802076
	Equal variances not assumed			-2,929	16,191	,005	,010	-2,668733	,911273	-4,598696	-,738771
number of breaks	Equal variances assumed	87,716	<,001	-3,287	28	,001	,003	-3,733	1,136	-6,060	-1,407
	Equal variances not assumed			-3,287	14,000	,003	,005	-3,733	1,136	-6,169	-1,297

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of shimmer % is the same across categories of ryhmä.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,137 ^c	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of HNR dB is the same across categories of ryhmä.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,013 ^c	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of f0 is the same across categories of ryhmä.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,008 ^c	Reject the null hypothesis.

a. The significance level is ,050.

b. Asymptotic significance is displayed.

c. Exact significance is displayed for this test.

Descriptive Statistics

ryhmä		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1,00	jitter %	15	,406	3,969	1,24760	,953482
	shimmer %	15	1,574	20,428	5,81273	4,574297
	HNR dB	15	5,841	23,243	15,93107	4,899175
	f0	15	64,31	220,50	133,3660	51,62504
	number of breaks	15	0	0	,00	,000
	Valid N (listwise)	15				
2,00	jitter %	15	,449	10,603	3,91633	3,398109
	shimmer %	15	2,782	15,760	7,40687	3,768873
	HNR dB	15	1,689	22,048	9,19987	7,125694
	f0	15	32,33	208,36	82,6711	49,38144
	number of breaks	15	0	13	3,73	4,399
	Valid N (listwise)	15				