



**TURUN
YLIOPISTO**

**Oman ääntämisen tietoinen havainnointikyky
tilanteessa, jossa kuulopalautteeseen tuotetaan
odottamaton sävelkorkeuden perturbaatio**

Logopedian Pro gradu -tutkielma
Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta, Psykologian ja logopedian laitos, Logopedia

Laatija:
Helena Kukkola

21.11.2024
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Susanne Sepän osuus tekstistä

Tämän tutkielman laatiminen alkoi Helena Kukkolan ja Susanne Sepän parityönä, mutta jatkui loppuun Helena Kukkolan yksilötyöskentelynä. Susanne Seppä oli mukana tutkimusaineiston keräämisessä, ja osittain hänen kirjottamaansa tekstiä on tämän tutkielman johdanto-, menetelmä- ja pohdintaosissa.

TURUN YLIOPISTO

Psykologian ja logopedian laitos / Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

KUKKOLA, HELENA: Oman ääntämisen tietoinen havainnointikyky tilanteessa, jossa kuulopalautteeseen tuotetaan odottamaton sävelkorkeuden perturbaatio

Pro gradu -tutkielma, 30 s.

Logopedia

Marraskuu 2024

Oman äänen havainnointia ja motorista kontrollia tutkitaan usein kokeilla, joissa tuotetaan lyhyt keinotekoinen muutos johonkin puheen aistipalauttekanavaan puheen tai äännön aikana. Näitä keinotekoisia muutoksia kutsutaan perturbaatioiksi. Perturbaatiokokeissa voidaan esimerkiksi tehdä koehenkilöiden kuulokkeista kuuluvaan omaan ääntöön reaaliaikaisesti hetkellinen sävelkorkeuden perturbaatio. Tyypillisesti sävelkorkeusperturbaatiokokeissa koehenkilöiden äännöissä on tapahtunut perturbaation alkamisen jälkeen sävelkorkeuden muutos perturbaation suunnasta vastakkaiseen sävelkorkeuden suuntaan.

Tässä tutkielmassa selvitimme perturbaatiokokeen avulla havaitsevatko neurotyypilliset aikuiset (n=30) 75 sentin kokoisen yllättävän sävelkorkeusperturbaation, kun heidän tarkkaavaisuutensa on äännön aikana suunnattu visuaaliseen työmuistitehtävään. 75 senttiä vastaa suuruudeltaan kolmea neljäsosaa puolisävelaskeleesta. Näin suuri sävelkorkeuden muutos omassa äännössä havaitaan tyypillisesti lähes aina, mutta kokeessamme vain puolet perturbaation saaneista koehenkilöistä havaitsi sen tietoisesti. Tämä tulos saattaa johtua tarkkaamattomuuskuurouden ilmiöstä, jonka mukaan ympäristössä tapahtuvia yllättäviä ääniä saattaa jäädä tietoisesta tarkkaavaisuuden ulkopuolelle, jos tarkkaavaisuus on kohdistettu johonkin tehtävään, joka ei liity yllättävään ääneen. Koehenkilöille ei kerrottu kokeen perturbaatiosta etukäteen, ja he tekivät tässä tutkielmassa analysoidussa kokeen osassa vain yhden perturboidun äännön. Aikaisemmissa perturbaatiokokeissa koehenkilöt ovat tehneet useampia perturboituja ääntöjä, ja koehenkilöt usein myös tietävät etukäteen kokeiden perturbaatioista. Kokeessamme oli myös kontrolliryhmä (n=39), jonka osallistujille ei tehty äännön aikana perturbaatiota.

Kuulopalautejärjestelmä on yksi ääntämisen aikana puhetta monitoroiva aivojen taho, jonka toiminta on tutkimuskirjallisuuden mukaan paljolti tiedostamatonta. Tämä järjestelmä vertaa puheasuoruksesta tulevaa kuulopalautea aivojen sisäiseen malliin siitä, miltä tuotettavien äänteiden tulisi kuulostaa. Vertailun seurauksena järjestelmä lähettää tarvittaessa korjaavia käskyjä, jotta sisäinen kohdeäänne saavutettaisiin paremmin. Kokeessamme selvisi, että monelle perturbaation saaneelle koehenkilölle äännön korjausliikkeet eivät olleet tahdonalaisia tai tiedostettuja. Ne koehenkilöt, jotka eivät huomanneet tietoisesti perturbaatiota, tekivät suurempia kompensatorisia sävelkorkeuden muutoksia ääntöönsä perturbaation alkamisen jälkeen kuin ne koehenkilöt, jotka huomasivat perturbaation. Jatkossa tutkimusta voi laajentaa logopedisiin asiakasryhmiin, jotta saadaan tietoa eri sairauksien vaikutuksesta oman äänen havainnointiin, ja sen korjausliikkeiden mahdolliseen tiedostamiseen.

Avainsanat: puheen kuulopalaute, perturbaatiokokeet, DIVA-malli, tarkkaavaisuus, puheen motorinen kontrolli, tarkkaamattomuuskuurous

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
1.1	Puheen motorinen kontrolli DIVA-mallin mukaan	2
1.2	Perturbaatiotutkimukset.....	3
1.3	Tarkkaavaisuus.....	5
1.4	Aikaisempia perturbaatiotutkimuksia	6
1.5	Tarkkaamattomuuskuurous	8
1.6	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	9
2	Menetelmät.....	10
2.1	Koehenkilöt	10
2.2	Tutkimusmenetelmät.....	11
2.3	Kokeen kulku.....	12
2.4	Aineiston analysointi	14
2.5	Tutkimuksen eettisyys	15
3	Tulokset	17
3.1	Äänen sävelkorkeuden muutokset perturbaatio- ja kontrolliryhmässä eri aikaikkunoissa	19
3.2	Perturbaatioryhmä: Aikaikkunoiden vertailu ja perturbaation mahdollinen huomaaminen 21	
3.3	Perturbaatioryhmä: Aikaikkunoiden vertailu ja ääntämisvasteet	23
4	Pohdinta.....	25
4.1	Tarkkaamattomuuskuuros tuloksissa	25
4.2	Perturbaation vaikutus ääntämisvasteisiin.....	26
4.3	Kokeemme jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden osat	27
4.4	Rajoitteet ja vahvuudet	27
4.5	Kliininen työ.....	28
4.6	Johtopäätökset	29
	Lähteet.....	31
	Liite 1. Koehenkilöille koetilanteessa esitettävät kysymykset ja ohjeet.....	33

1 Johdanto

Puheessa aistipalautteen pohjalta tapahtuvien korjausliikkeiden tekeminen mielletään nykytutkimuksen valossa melko automaattiseksi toiminnaksi aikuisilla puhujilla (Franken ym., 2023). Puheen korjausliikkeitä ja puheen motorista kontrollia tutkitaan usein ns. “perturbaatioparadigman” avulla. Perturbaatiokokeissa koehenkilöt suorittavat puhe- tai ääntämistehtäviä, joiden aikana tutkijat aiheuttavat lyhyitä reaaliaikaisia muutoksia johonkin koehenkilöiden puheelle ja ääntämiselle olennaiseen aistipalautekanavaan. Näitä muutoksia kutsutaan perturbaatioiksi, ja niitä voidaan tehdä esimerkiksi puudutusaineiden avulla tuntoaistiin tai kuulokkeista tulevien äänten avulla kuuloaistiin. Yleisesti käytetty, ja tässäkin tutkielmassa hyödynnetty perturbaatiomuoto on niin kutsuttu *pitch-shift*, eli lyhyt sävelkorkeusmuutos, joka tuotetaan koehenkilöiden kuulopalautteeseen kuulokkeiden avulla. Koehenkilöt kuulevat oman puheensa tai ääntönsä reaaliaikaisesti sävelkorkeusperturbaatiokokeiden tehtävien tekemisen aikana kuulokkeista.

Toisin kuin useimmissa perturbaatiotutkimuksissa, tässä tutkielmassa pyrimme syventämään tietoa siitä, miten koehenkilöt havainnoivat omaa ääntämistään tilanteessa, jossa heidän tarkkaavaisuutensa on suunnattuna oman ääntämisen seurannan kannalta epäolennaiseen tehtävään. Tavoitteenamme on myös selvittää, vaikuttaako mahdollisiin koehenkilöiden tekemiin äänen perturbaatiosta johtuviin korjausliikkeisiin se, saavuttaako perturbaatio heidän tietoisien tarkkaavaisuutensa vai ei.

Tutkielmassamme osalle koehenkilöistä tulee äännön aikana yllättäen sävelkorkeutta muuttava perturbaatio kuulopalautteeseen /a/-vokaaliäännön aikana. Koeasetelmassamme äänenkorkeutta muutetaan 200 millisekunnin ajan 75 senttiä (engl. cents) korkeammaksi kuin mitä ääntö todellisuudessa on. Yksi sävelaskel vastaa 200 senttiä, eli kokeemme perturbaatio vastaa kolmea neljäsosaa puolisävelaskeleesta. Tutkielmassamme esittelemme lyhyesti Directions Into Velocities of Articulators –mallin, jota tästä eteenpäin kutsutaan tässä tutkielmassa lyhyesti nimellä DIVA-malli. Käymme myös läpi tarkkaamattomuuskuurouden (engl. inattentional deafness) ilmiötä ja kompensoivien reaktioiden ilmenemistä perturbaatiokokeissa.

Tutkimuksemme antaa tietoa siitä, missä määrin ihmiset kykenevät itse havaitsemaan yllättäviä äänenkorkeusvirheitä kuulopalautteessaan. Kokeemme antaa myös viitteitä siitä, kohdistuuko koehenkilöiden tietoinen havaitseminen heidän omaan ääntöönsä tekemiin korjausreaktioihin, kun äännön kuuloon perustuva palaute (engl. *auditory feedback*) äkillisesti muuttuu

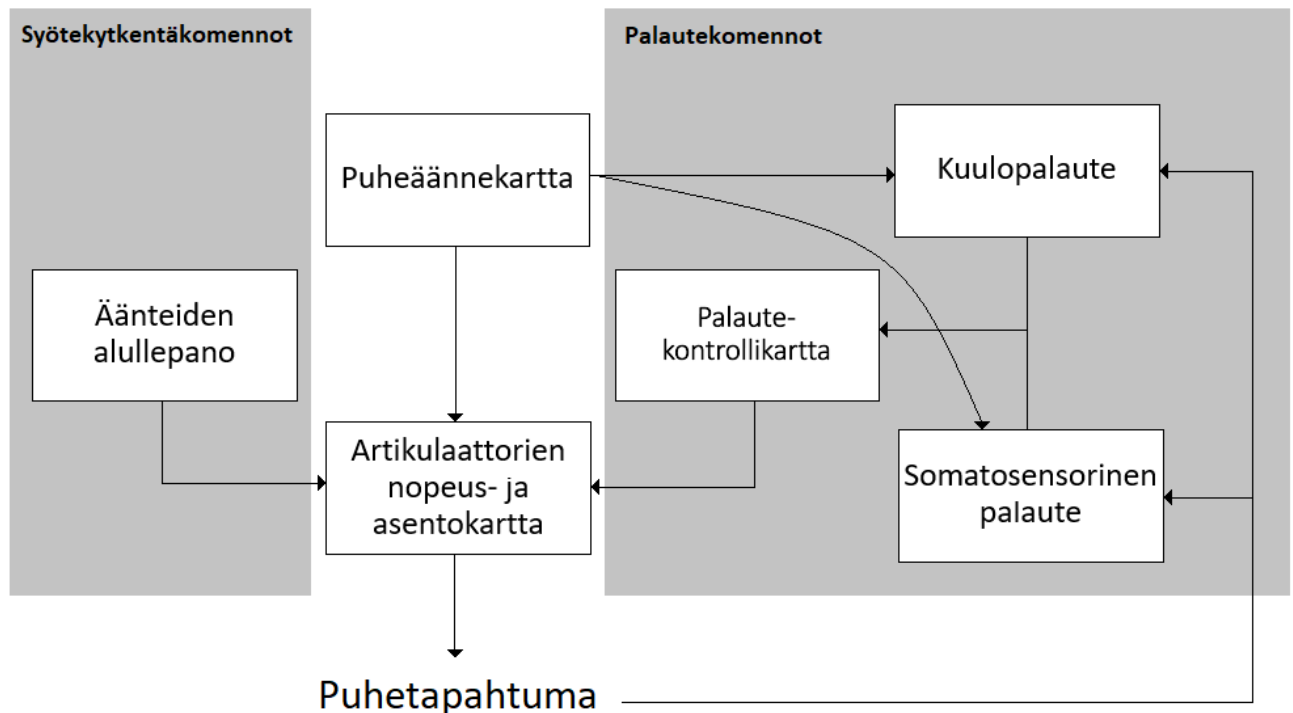
perturbaation takia. Tutkimuksemme on perusteltua, jotta saadaan alustavaa tietoa siitä, millä tavoin neurologisesti terveet henkilöt kykenevät havainnoimaan tietoisesti ääntämisensä motorista kontrollia.

1.1 Puheen motorinen kontrolli DIVA-mallin mukaan

DIVA-malli on Frank H. Guenterin ja Jason A. Tourvillen kehittämä puheen motorisen kontrollin yksityiskohtaisin ja testatuin malli. Malli on hyödyllinen väline tavallisen ja häiriöityneen puheen mekanismien tutkimiseen ja ymmärtämiseen. DIVA-mallin mukaan aistipalaute on puheen motorisessa kontrollissa hyvin keskeisessä osassa. Mallissa ajatuksena on, että puheen tuotto täytyy suunnitella ennen puhe-suoritusta puhujan aivoissa, ja puheen tuottaminen ja monitorointi on mahdollista sisäisten syötekytkentä- ja palautekomentojen (engl. *feedforward* ja *feedback commands*) ansiosta (Tourville & Guenther, 2011).

Syötekytkentäkomennot ovat vastuussa ääntämisen suunnittelusta ja toimeenpanosta, kun taas somatosensorinen palautejärjestelmä, palautekontrollikartta ja kuulopalautejärjestelmä, eli palautekomennot, vastaavat puheen monitoroinnista. Kun ihminen puhuu, edellä mainitut palautekomentojärjestelmät välittävät tietoa puheesta takaisin syötekytkentäkomennolle. Syötekytkentäkomennot muokkaavat puheen vaatimia liikekäskyjä palautekomentojen antaman palautteen mukaan, jotta artikulointi muovautuu haluttuun suuntaan. Kuvassa 1 näkyy DIVA-malli yksinkertaistettuna Tourvillen ja Guentherin (2011) alkuperäistä mallia mukaillen. Kokeemme pyrkii vastaamaan siihen, kuinka hyvin koehenkilöt tiedostavat oman kuulopalautejärjestelmänsä mahdolliset korjausliikkeet yllättävän ulkopuolisen sävelkorkeusperturbaation tapahduttua. Lisäksi kokeemme antaa tietoa siitä, vaikuttaako perturbaatio yhtä paljon ääntämisvasteisiin niillä koehenkilöillä, jotka eivät ole tietoisesti havainneet perturbaatiota, kun heitä verrataan niihin koehenkilöihin, jotka raportoivat havainneensa perturbaation.

Yksinkertaistettu DIVA-mallin idea



Kuva 1.

Yksinkertaistettu DIVA-mallin idea

1.2 Perturbaatiotutkimukset

Ihmisten on havaittu reagoivan tutkimuksissa kuulopalautteeseen tuotettuihin perturbaatioihin muuttamalla ääntöään (Franken ym., 2023). Näitä perturbaatiosta johtuvia äänen sävelkorkeuden muutoksia kutsutaan ääntämismasteiksi. Useimmiten ääntämismasteet ovat koehenkilöillä perturbaatiokokeissa vastakkaisia (engl. *opposing*), jolloin koehenkilöt muuttavat ääntönsä sävelkorkeutta perturbaation suunnasta päinvastaiseen suuntaan, mutta myös samansuuntaisia (engl. *following*) ääntämismasteita on havaittu (Larson & Robin, 2016 ja Guenther, 2016). Samansuuntaisissa ääntämismasteissa koehenkilöiden äänen sävelkorkeus nousee tai laskee perturbaation mukana. Ääntämismasteiden oletetaan olevan automaattisia, sillä ihmiset tekevät niitä myös silloin, kun he eivät ole tietoisia perturbaatioista (Suchy ym., 2023).

Puheen häiriöiden lähteidenvalvonta (engl. *source monitoring*) tulkitsee kokeissa ulkoiset perturbaatiot välillä sisäisiksi, koehenkilön itse tuottamiksi äänen muutoksiksi. Yleensä perturbaation takia tapahtuvat äännön tai puheen sävelkorkeuden muutokset tulkitaan pitkälti

automaattisina ja tiedostamattomina reaktioina. Suchy ja kumppanit (2023) mainitsevat tutkimuksessaan, että puheen kuuloaistiin perustuva palautekontrolli nojaa useissa puheentuoton nykyisissä malleissa paljon automaattiseen vertailuun siitä, kuinka hyvin akustiset ominaisuudet tuotetussa puheessa vastaavat niiden sisäisiä kohdemalleja.

Burnett ja hänen tutkimusryhmänsä (1998) havaitsivat sävelkorkeuden perturbaatioiden suuruudesta riippumatta koehenkilöillä noin 30 senttiä vastaavan kompensatioreaktion perturbaation suunnasta vastakkaiseen sävelkorkeuden suuntaan. Perturbaatiolle vastakkaiset äänen sävelkorkeuden muutokset perturbaatioiden jälkeen olivat myös keskimäärin pienempiä kuin perturbaatio. Tämä ilmiö Guentherin (2016) mukaan voi johtua osaksi siitä, ettei somatosensorinen palaute anna vihjettä sävelkorkeuden noususta, vaikka kuulopalaute saakin hetkellisesti virheellistä tietoa siitä, mitä sävelkorkeutta koehenkilö on tuottamassa. Burnettin ja kumppaneiden (1998) tutkimuksen kaikissa koetehtävissä vastareaktiota perturbaatioon ei kuitenkaan tullut lainkaan, ja jopa harvoissa tapauksissa koehenkilöillä ilmeni perturbaatioiden kanssa samansuuntaisia ääntämismvasteita.

Guenther mainitsee kirjassaan (2016) myös Hainin ym. (2000) tutkimuksesta, jossa yli 500 millisekuntia kestäneet perturbaatiot aiheuttivat kaksi reaktiota: automaattisen reaktion 150 ms perturbaation alkamisen jälkeen, ja tahdonalaisen reaktion noin 350 ms perturbaation alkamisen jälkeen. Automaattinen reaktio on todennäköisesti kuulopalautejärjestelmän tuottama. Jälkimmäiseen, tahdonalaiseen reaktioon todennäköisesti vaikuttaa myös syötekytkentäjärjestelmä niiden tietojen avulla, mitä kuulopalautejärjestelmä on mahdollisesti ehtinyt jo tuottaa ensimmäisessä automaattisessa reaktiossa. Omassa kokeessamme perturbaation kesto on 200 millisekuntia, ja tutkimme kahta aikaikkunaa: ikkuna 1, 200–400 ms perturbaation alkamisen jälkeen ja ikkuna 2, 500–700 ms perturbaation alkamisen jälkeen. Hainin tutkimusryhmä (2000) havaitsi, että ensimmäisen ja jälkimmäisen reaktion aikaikkunat voivat erota toisistaan koeasetelmien välillä paljon. Omassa tutkimuksessamme aikaikkunat määriteltiin ääntämismvasteen muodon perusteella.

Edellä mainitut ensimmäiset kompensatiot tapahtuvat vähän yli 100 ms perturbaation alkamisen jälkeen, mikä viittaa myös osaltaan näiden reaktioiden olevan tietoisien tarkkaavaisuuden ulkopuolella (Tourville & Guenther, 2011). Suchy ja kumppanit (2023), sekä Hain tutkimusryhmineen (2000) kutsuvat tätä nopeaa reaktiota nimellä nopean äänellisen vastauksen komponentti (engl. *rapid vocal response component*, *VR1*). VR1:den jälkeen tyypillisesti tulee toinen jälkimmäinen komponentti, jonka uskotaan vastaavan tiedostetumpaa vastausta perturbaatioon. Tätä noin 300–500 ms perturbaation alkamisen jälkeen tapahtuvaa

kompensaatiota kutsutaan edellä mainituissa tutkimuksissa nimellä toinen äänellisen vastauksen komponentti (engl. *second vocal response component*, VR2).

Chenin ja kumppaneiden (2007) tutkimus antaa viitteitä siitä, että puheen aikana palautejärjestelmä voi vastata herkemmin perturbaatioihin kuin pelkässä tasaisessa vokaaliäännössä, sillä puheeseen tuotetut kuulopalauteperturbaatiot aiheuttivat suurempia ääntämistävasteita kuin vokaaliäännön perturbaatiot. Puheen kompensatoriset reaktiot olivat myös tarkemmin yhteydessä perturbaation kokoon kuin vokaaliäännön melko samankokoisena pysyvät reaktiot. Meidän kokeessamme perturboitiin vain /a/-vokaaliääntöä, eli odotettavissa olivat aiemmassa tutkimuskirjallisuudessa vastaavissa tehtävissä esiintyneet pienet alle 30 sentin kompensatioreaktiot.

1.3 Tarkkaavaisuus

Aistien avulla saadaan valtava tietomäärä ympäristöstä ja omasta kehosta kaiken aikaa, mutta tarkkaavaisuus määrittelee sitä, mitkä kaikista tarjolla olevista tiedoista valikoidaan aivojen käsiteltäväksi. Paavilainen (2020) toteaa kirjassaan, että tarkkaavaisuuden ollessa suunnattuna tiettyihin toimintoihin, saattaa jotain tarkkaavaisuuden ulkopuolella tapahtuvaa oleellista syötettä jäädä käsittelemättä. Yleensä tietopaljoudesta valitaan kullakin hetkellä toiminnan kannalta olennaisimmat asiat, joihin keskitytään. Paavilaisen (2020) mukaan yllättävät ulkoiset ärsykkeet voivat vetää tarkkaavaisuuden puoleensa automaattisesti, vaikka niihin ei olisikaan keskitytty. Meidän kokeessamme koehenkilöiden tarkkaavaisuus oli ohjattu visuaaliseen tehtävään, mutta kuten edellä mainittiin, esimerkiksi muutokset jatkuvissa ärsykkeissä voivat kiinnittää huomion, vaikkei niihin olisi suunnattu tarkkaavaisuutta. On siis mahdollista, että viimeisellä äännöllä tapahtuva, edellisistä kuulopalautteista poikkeava perturbaatio voisi saavuttaa koehenkilöiden tietoisien tarkkaavaisuuden koeasetelmissamme.

Useimmiten perturbaatiotutkimuksissa koehenkilöt tietävät etukäteen kuulopalautteeseen tehtävistä muutoksista, ja tutkimuksiin sisältyy useita ääntämiskertoja. Meidän kokeemme ensimmäisessä osassa, jota tässä tutkielmassa analysoidaan, perturbaatiot tulevat koehenkilöille täytenä yllätyksenä, sillä tutkittavia on ohjeistettu keskittymään visuaalisen työmuistin tehtävään. Lisäksi kokeen ensimmäisessä osassa kukin perturbaatioryhmän koehenkilö saa ääntöönsä vain yhden perturbaation. Tutkielmassamme analyysit keskittyvät siis kokeemme tarkkaamattomaan osaan. Tarkkaamattomassa osassa perturbaatiot jäävät todennäköisesti useammin tutkittavien tietoisien havaitsemisen ulkopuolelle kuin sellaisissa

perturbaatiotehtävissä, joissa koehenkilöt saavat useamman perturbaation tai tietävät perturbaatioista etukäteen.

Frankenin ja kumppaneiden (2023) tutkimuksen ensimmäisessä osassa koehenkilöille ei kerrottu kuulopalautteeseen tehdyistä sävelkorkeusperturbaatioista, jolloin osa koehenkilöistä koki kuulemansa muutokset itseaiheutetuiksi, osa taas ulkopuolelta aiheutetuiksi. Toisessa osassa koehenkilöt tiesivät kuulopalautteeseen aiheutetuista perturbaatioista. Tutkimuksessa havaittiin, että perturbaatioita kompensoitiin voimakkaammin, mikäli ne koettiin itseaiheutetuiksi, ja vastaavasti kompensatioreaktiot lievenivät, kun koehenkilöt olivat tietoisia niiden lähteestä. Scheerer ja Jones (2014) taas havaitsivat yllättävien perturbaatioiden aikana suurempia muutoksia tutkittavien äännöissä, kun taas odotettavissa olevat perturbaatiot saivat aikaan lievempiä muutoksia.

Omassa kokeessamme olemme kiinnostuneita siitä, kokevatko koehenkilöt muuttaneensa ääntämistään perturbaation vuoksi, ja ovatko koehenkilöiden ääntämismvasteet automaattisia ja täysin tietoisien havaitsemisen ulkopuolella, vai tapahtuuko koehenkilöiden äännössä osittain tahdonalaisia reaktioita perturbaation johdosta. Omaa ääntöään mielestään muuttaneiden koehenkilöiden äännevasteet saattavat myös erota niistä koehenkilöistä, jotka eivät arvelleet tehneensä ääntöönsä muutoksia perturbaatioiden takia. Tarkkaavaisuuden vaikutuksia ääntämismvasteisiin on tutkittu aiemmissä tutkimuksissa (esim. Hu ym., 2015; Liu ym., 2015; Tumber ym., 2014). Seuraavat kappaleet käsittelevät näitä tutkimuksia.

1.4 Aikaisempia perturbaatiotutkimuksia

Liun ja hänen tutkimusryhmänsä (2015) kokeessa koehenkilöiden tuli ääntää /a/-äännettä samalla kun ruudulla näkyi punaisen merkkivalon vilkkuvan yhdestä seitsemään kertaa. Samalla äännön aikana kuulopalautetta muokattiin 200 senttiä korkeammaksi kuin mitä se todellisuudessa oli 200 millisekunnin ajan yhdestä neljään kertaa aina yhden äännön aikana. Kokeessa oli neljä osaa: bimodaalinen passiivinen osa, bimodaalinen osa, kuulotarkkaavaisuuden osa ja näönvaraisen tarkkaavaisuuden osa. Bimodaalinen passiivinen osa aloitti kokeen jokaisella koehenkilöllä. Tässä osassa koehenkilöiden tuli äännön aikana vain kuunnella kuulokkeista kuuluvaa ääntöään ja katsella ruudulla näkyvää visuaalisen tehtävän vilkkuvaa valoa. Bimodaalisessa osassa koehenkilöiden tehtävänä oli laskea perturbaatioiden ja välähdysten määrä jokaisessa äännössä. Kuulotarkkaavaisuuden osassa heidän tuli keskittyä vain perturbaatioiden määrän kuuntelemiseen. Näönvaraisen tarkkaavaisuuden osassa koehenkilöiden tuli keskittyä vain visuaaliseen tehtävään.

Kuulotarkkaavaisuuden osassa koehenkilöt tekivät suurempia kompensatorisia reaktioita ääntöihinsä perturbaation takia kuin näönvaraisen tarkkaavaisuuden osassa. Ääntämismuutosten suuruudet bimodaalisessa passiivisessa osassa eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi muista osista. Koehenkilöillä oli tilastollisesti merkitsevästi parempi tarkkuus perturbaatioiden määrän oikein tunnistamisessa, kun he keskittyivät vain perturbaatioihin (keskimäärin 98 % oikein), verrattuna bimodaaliseen tilanteeseen (keskimäärin 79 % oikein). Eli tarkkaavaisuuden jakaminen kahteen tehtävään vaikutti negatiivisesti perturbaatioiden määrän tunnistustarkkuuteen Liun ja kumppanien (2015) tutkimuksessa.

Hu tutkimusryhmineen (2015) teki kokeen, jossa koehenkilöt tekivät pitkiä /u/-ääntöjä, joihin oli tehty useiden ääntöjen aikana sävelkorkeutta muuttavia 200 ms mittaisia perturbaatioita, joiden suuruus oli joko 100, 200 tai 500 senttiä ylöspäin äännön sävelkorkeudesta. Kokeessa oli kolme vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa koehenkilöt tekivät ääntöjen aikana visuaalisen työmuistin tehtävää, jossa punainen merkkivalo vilkkui yhdestä kahdeksaan kertaa, ja koehenkilöiden tehtävänä oli muistaa vilkkumiskertojen määrä. Heidän ei tullut keskittyä perturbaatioihin, joita tehtiin viisi kappaletta jokaisessa äännössä, ja joiden suuruus vaihteli kolmen edellä mainitun koon välillä. Seuraavat vaiheet olivat matalan ja korkean kuormituksen vaiheet, joissa punaista vilkkuvaa valoa ei ollut näkyvissä. Matalan kuormituksen vaiheessa koehenkilöiden tuli laskea perturbaatioiden määrä kullakin äännöllä. Perturbaatioita tehtiin tässä vaiheessa 0–5 ja niiden suuruus oli joko 200 tai 500 senttiä. Korkean kuormituksen vaiheessa kaikki kolme perturbaatioiden eri suuruusluokkaa olivat mukana ja koehenkilöiden tuli muistaa, kuinka monta eri perturbaatioiden suuruusluokkaa yhden äännön aikana esiintyi. Tutkimuksessa ei havaittu systemaattista eroa koehenkilöiden perturbaation alkamisen jälkeen tapahtuneissa ääntämismuutoksissa, kun vertailtiin kolmea edellä kuvailtua koetilannetta, joissa koehenkilöiden tarkkaavaisuus oli suunnattuna eri tavoin perturbaatioihin nähden.

Tumber ym., (2014) tutkimuksessa koehenkilöt äänsivät /a/-vokaalia samalla kun heidän ääntöönsä tehtiin 50 sentin verran sävelkorkeutta alaspäin muokkaava perturbaatio 200 ms ajan kahdessa eri vaiheessa, joita kutsuttiin nimillä yhden (engl. single) ja kahden (engl. dual) tehtävän vaiheiksi. Yhden tehtävän vaiheessa koehenkilöt äänsivät ruudulla näkyvien merkkien osoittaman ajan verran /a/-äännettä. Kahden tehtävän vaiheessa koehenkilöt äänsivät samalla kun he tekivät visuaalisen työmuistin tehtävää. Tumber tutkimusryhmineen havaitsi, että koehenkilöt, jotka tekivät yhden tehtävän vaiheen ennen kahden tehtävän vaihetta, tekivät voimakkaampia kompensatioita ääntöönsä perturbaatioiden johdosta yhden tehtävän vaiheessa kuin koehenkilöt, jotka tekivät vaiheet päinvastaisessa järjestyksessä. Tutkijat arvelevat, että

kahden tehtävän vaiheen ensin suorittaneet koehenkilöt eivät yhden tehtävän vaiheessa mahdollisesti pystyneet ohjeistuksesta huolimatta olemaan yhtä passiivisia visuaalista tehtävää kohtaan kuin yhden tehtävän vaiheen ensin suorittaneet koehenkilöt. Visuaalinen tehtävä oli näkyvillä myös yhden tehtävän vaiheessa, sillä sen alkaminen ja loppuminen merkitsivät pyyntöä aloittaa ja lopettaa ääntö. Koehenkilöt, jotka siirtyivät kahden tehtävän vaiheesta yhden tehtävän vaiheeseen, mahdollisesti haluamattaan kohdensivat tarkkaavaisuuttaan näönvaraiseen tehtävään myös yhden tehtävän vaiheessa, mikä johti vähempiin kuulopalautteen tarkkaavaisuusresursseihin, sillä molemmista tilanteista tuli tässä järjestyksessä ehkä jonkinlaisia jaetun tarkkaavaisuuden tehtäviä.

Tässä tutkielmassa analysoimme kokeemme osaa, jonka toteutus eroaa edellä mainittujen kolmen tutkimuksen koetilanteista kahdella tavalla. Ensimmäiseksi otamme analyysiimme mukaan kultakin koehenkilöltä ainoastaan yhden perturboidun äännön usean ääntämiskerran sijaan. Toiseksi perturbaatio tulee koehenkilöille täytenä yllätyksenä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on hyödynnetty hyvin eri kokoisia sävelkorkeusperturbaatioita 20–500 sentin väliltä. Oman kokeemme perturbaation sävelkorkeusero oli 75 senttiä, eli maltillisemmasta päästä useisiin tutkimuksiin verrattua. 75 senttiä on kuitenkin luonnollisessa puheessa todella merkittävä sävelkorkeuden muutos. Neurologisesti terveet ihmiset huomaavat miltei poikkeuksetta jo 15 sentin kokoisen perturbaation omassa äänessään (Scheerer & Jones, 2017). Aivan kuten edellä mainituissa tutkimuksissa, myös omassa kokeessamme oli käytössä näönvarainen työmuistitehtävä, johon koehenkilöitä pyydettiin suuntaamaan tarkkaavaisuuttaan tässä tutkielmassa analysoidussa kokeen osassa.

1.5 Tarkkaamattomuuskuurous

Tarkkaamattomuuskuurous on ilmiö, jossa henkilöt eivät kykene havaitsemaan yllättävää ääntä silloin, kun he ovat suunnanneet tarkkaavaisuutensa voimakkaasti johonkin ei-auditiiviseen kohteeseen, kuten tarkkaavaisuutta vaativaan näköaistinvaraiseen tehtävään (Scheer ym. 2018). Tätä ilmiötä esiintyy sitä enemmän, mitä vaativampi tehtävä henkilöiden tarkkaavaisuuden kohteena on. Tutkimusasetelmissämme tarkkaamattomuuskuurouden ilmiö saattaa vaikuttaa, koska pyysimme koehenkilöitä suorittamaan perturboidun äännön kanssa samanaikaisesti visuaalisen tarkkaavaisuuden tehtävää, jossa heidän tuli laskea, montako kertaa ruudulla näkyvä musta rasti muuttuu punaiseksi. Lisäksi koehenkilöt eivät ennen kokeemme ensimmäistä osaa tieneet, että kokeessamme ääntöihin voi tulla

sävelkorkeusperturbaatioita. Koehenkilöiden huomio oli siis jaettu ääntämisen ja työmuistitehtävän välille, eikä vihjeitä tulevasta perturbaatiosta ollut.

1.6 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli saada uutta tietoa siitä, kuinka hyvin koehenkilöt tiedostavat oman ääntämisensä motorisen palautekontrollin toimintaa tilanteessa, jossa heidän ääntäessään kuulopalautetta muokataan yllättäen. Kaikki kokeen osallistujat olivat neurologisesti terveitä.

Tutkimuskysymyksemme olivat:

1. Havaitsevatko koehenkilöt tietoisesti yllättävän perturbaation oman ääntönsä kuulopalautteessa, vaikka he keskittyvät visuaaliseen työmuistitehtävään, eivätkä erityisesti tarkkaile omaa ääntöään?
2. Eroavatko perturbaatioryhmän koehenkilöiden ääntämismvasteet sen suhteen havaitsivatko koehenkilöt tietoisesti perturbaation vai eivät?
3. Eroavatko ääntämismvasteet sellaisten perturbaatioryhmän koehenkilöiden välillä, jotka mielestään muuttivat ääntöään perturbaation johdosta, verrattuna niihin perturbaatioryhmän koehenkilöihin, jotka eivät kokeneet muuttaneensa ääntään?

Oletimme aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella, että perturbaatioryhmän koehenkilöt madaltavat ääntönsä sävelkorkeutta hetkellisesti sävelkorkeutta nostavan perturbaation alettua. Ne perturbaatioryhmän koehenkilöt, jotka eivät havaitse tietoisesti perturbaatiota, tekevät todennäköisesti suuremmat kompensatoriset reaktiot äännössään 500–700 ms perturbaation alkamisen jälkeen kuin ne perturbaatioryhmän koehenkilöt, jotka ovat tietoisesti havainneet perturbaation. 500–700 ms aikaikkuna edustaa analyysiessämme jälkimmäistä ääntämismvasteen aikaikkunaa, joka vastaa aikaisemman tutkimuskirjallisuuden mukaan enemmän tiedostetusta ääntämismvasteesta kuin aikaisempi ääntämismvasteen aikaikkuna.

2 Menetelmät

2.1 Koehenkilöt

Kokeeseen oli tavoitteena etsiä 80 tutkittavaa, jotka rekrytoitiin Turun yliopiston psykologian ja logopedian laitoksen koehenkilöjärjestelmän (<https://psykoehlot.utu.fi/>) sekä tutkimusta tehneiden logopedian opiskelijoiden Helena Kukkolan, Susanne Sepän, Hanna Terhon ja Linda Lehtimäen tuttavapiireissä sanaa levittämällä. Tutkittavat eivät saaneet osallistumisestaan palkkioita, mutta heidän oli mahdollista saada tutkimuskäynnin kestoja vastaava koehenkilösuoritusmerkintä mahdollisia opintojaan varten. Kokeen sisäänottokriteereinä oli 18–40 vuoden ikä sekä normaali tai kuulolaitteella normaaliksi korjattu kuulo. Poissulkukriteereinä olivat puheeseen tai ääneen vaikuttavat sairaudet ja häiriöt, aiempi osallistuminen ääntämiskokeeseen yliopistolla ja neurologiset sairaudet ja häiriöt, sillä ne olisivat saattaneet vaikuttaa kokeen suorittamiseen tai tuloksiin. Turun yliopistolla oli oman ääntämiskokeemme aikaan meneillään myös toinen ääntämiskoe, jossa muokattiin koehenkilöiden kuulopalautetta. Tähän toiseen ääntämiskokeeseen osallistuminen ennen omaa koettamme olisi voinut saada osallistujat keskittymään oman äännön ja sen kuulopalautteen seuraamiseen, minkä vuoksi halusimme rajata heidät pois mahdollisista osallistujista.

Tutkimukseemme osallistui 82 henkilöä, jotka jaettiin satunnaisesti koe- ja kontrolliryhmiin. Tutkittavista 13 karsiutui pois tämän tutkielman analyyseistä. Syinä olivat koehenkilöiden täyttämän alkukyselylomakkeen (Liite 1) mukaan epänormaali kuulo neljällä koehenkilöllä, poikkeavan suuri äänenkorkeuden vaihtelu tehtävän aikana kahdella koehenkilöllä (yli 100 sentin heilahdus äänenkorkeudessa jokaisella ääntökerralla) ja ei yhtäkään oikeaa vastausta jossain kokeen osassa (A, B tai C) kahdella koehenkilöllä. Yksittäisiä koehenkilöitä poistettiin analyysien aineistosta aikaisemman ääntämiskokeeseen osallistumisen, ikävaatimuksen ja kerätyn datan virheen vuoksi.

Karsimme myös yhden koehenkilön pois, sillä tutkijan kysyessä häneltä “Huomasitko jotain poikkeavaa tällä viimeisellä kerralla, kun äänsit?”, vastasi hän kieltävästi. Koehenkilölle paljastettiin vastaamisen jälkeen, että äännössä oli saattanut olla perturbaatio, jolloin koehenkilö ilmoitti kuulleensa sen. Koehenkilö perusteli aikaisempaa vastaustaan kertomalla luulleensa perturbaatiota tietokoneen virheeksi, jonka hän ei olettanut kuuluvan kokeeseen. Paljastuksen jälkeisen vastauksen perusteella emme voineet olla varmoja, kuuluisiko hän perturbaation tietoisesti havainneiden ryhmään vai ei, sillä hän mainitsi perturbaation huomaamisesta vasta paljastuksen jälkeen. Lisäksi yksi koehenkilö myös vastasi näppäimistön

avulla varman Ei-vastauksen, kun näytöllä oli kysymys “Huomasitko, että ääntäsi muutettiin?”, mutta hän oli kuitenkin vastannut epävarman Kyllä-vastauksen kysyttäessä, muuttiko hän perturbaation johdosta ääntöään.

Karsinnan jälkeen koehenkilöitä oli 69. He olivat iältään 20–35 –vuotiaita (KA 24.26 vuotta, KH 3.17 vuotta). Tutkittavista 49 oli naisia ja 20 oli miehiä. Satunnaisen jakautumisen myötä perturbaation saaneiden ryhmään päätyi tutkittavista 30 henkilöä, joista 23 oli naisia ja 7 miehiä. Perturbaatioryhmän koehenkilöt olivat iältään 21–34 –vuotiaita (KA 24.37, KH 2.71). Kontrolliryhmään kuului 39 tutkittavaa, joista 26 oli naisia ja 13 miehiä. He olivat iältään 20–35 –vuotiaita (KA 24.18, KH 3.51). Enin osa tutkittavista oli korkeakouluopiskelijoita. Lähes kolmasosa (31,9 %) koehenkilöistämme oli logopedian opiskelijoita, joita oli 11 kummassakin ryhmässä, sekä kontrolli- että perturbaatioryhmässä.

Tutkittavilta kysyttiin myös alkukyselyn yhteydessä harrastavatko he soittamista tai laulamista, ja ovatko he opiskelleet musiikin teoriaa, sillä nämä taidot saattavat vaikuttaa positiivisesti kykyyn havaita tietoisesti perturbaatioita (Franken ym., 2023). Perturbaatioryhmässä 8 koehenkilöä ja kontrolliryhmässä 11 koehenkilöä on harjoitellut systemaattisesti jonkin soittimien soittamista. Laulamista oli harjoitellut jossain vaiheessa elämänsä 6 koehenkilöä kontrolliryhmässä ja 4 koehenkilöä perturbaatioryhmässä. Molemmissa koehenkilöryhmissämme oli siis musiikin harrastajia. Tässä tutkielmassa ei tehty analyysejä musiikkiharrastuksiin liittyvien kysymysten perusteella.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Kokeemme liittyi tutkimusprojektiin: ”Oman puheen metakognitiivinen arviointi Parkinsonin tautia sairastavilla ja neurologisesti terveillä ihmisillä: Interventiotutkimus”, joka on Suomen Akatemian rahoittama. Koe toteutettiin Turun yliopiston tiloissa sähköisesti MATLAB-tietokoneohjelmalla. Kokeen ohjelmoi Henry Railo. Kokeessa käytettiin mikrofonia (Audio-technica, AT2035), mikrofonitelinettä (K&M 259B), kuulokkeita (Beyerdynamic DT 770 Pro 32 Ohm), vastausnäppäimistöä (Response Pad, RB-740, Cedrus), tietokonetta (DELL OptiPlex 3050) ja näyttöä (DELL P2317H 23”).

Koehenkilöt istuivat nojatuolissa kokeen alusta loppuun, ja saivat halutessaan juoda vettä tai pitää taukoja kokeen eri osien välillä. Vastausnäppäimistö oli tutkittavilla sylissä kokeen tekemisen ajan. Mikrofonit ohjattiin noin 10 senttimetrin päähän koehenkilöiden suusta mikrofonitelineen avulla.

2.3 Kokeen kulku

Kokeessa koehenkilöt äänsivät /a/-äännettä aina 3–4 sekunnin ajan kerrallaan ja kuulivat reaaliaikaisesti oman äänensä kuulokkeista samalla, kun he tekivät visuaalisen työmuistin tehtävää. Kokeen koodi arpoi osaan koehenkilöiden äännöistä lyhyitä sävelkorkeusperturbaatioita. Kokeemme ohjeistus annettiin koehenkilöille sekä suullisesti että kirjallisesti, ja koehenkilöillä oli mahdollisuus kysyä tarkentavia kysymyksiä. Koetilanteessa äännöt tallennettiin mikrofonilla, koehenkilöt kuulivat kuulopalautteen kuulokkeista ja kysymyksiin vastattiin liitteessä 1 kuvaillulla vaihtoehdoilla vastausnäppäimistöllä.

Koe oli kolmiosainen, joista ensimmäisessä, eli A-osassa kerättiin aineisto tähän tutkielmaan. Terhon ja Lehtimäen tutkielmassa hyödynnettiin kaikkien kokeemme osien, eli A-, B- ja C-osien dataa. Kokeeseen kuului myös harjoitteluosa.

Ensin koehenkilöt suorittivat harjoitteluosan, joka oli samanlainen kuin A-osa, mutta harjoitteluosassa yhdellekään koehenkilölle ei tullut perturbaatiota. Harjoitteluosan tarkoitus oli varmistaa koehenkilöiden ymmärtäneen ohjeet oikein. Varsinainen koe alkoi aina harjoitteluosan jälkeen A-osalla eli tarkkaamattomalla osalla. Tutkittaville ei kokeen tarkkaamattomassa osassa kerrottu kuulopalautteeseen mahdollisesti tehtävästä perturbaatiosta. Heitä ohjeistettiin molemmissa edellä mainituissa osissa tekemään visuaalista työmuistitehtävää, jossa heidän piti laskea, kuinka monta kertaa näytöllä näkyvä fiksaatoristi muuttuu mustasta punaiseksi yhden äännön aikana. Koehenkilöt vastasivat näppäimistöllä jokaisen äännön jälkeen ruudulla näkyvään kysymykseen: ”Montako punaista?”. Kuusi vastausnappia edustivat vastausvaihtoehtoja yhdestä kuuteen, sillä risti muuttui punaiseksi jokaisella äännöllä 1–6 kertaa. Koehenkilöt vastasivat näppäimistön avulla mielestään mahdollisimman tarkasti rastin vilkkumismäärää kuvanneen arvon. Tarkkaamattomassa osassa ääntöjä oli kuusi, joista ensimmäisessä viidessä kuulopalautetta ei muokattu. Viimeisessä äännössä osalle tutkittavista tuotettiin reaaliaikaisesti 75 sentin suuruinen sävelkorkeusperturbaatio kuulokkeista kuuluvaan kuulopalautteeseen. Perturbaation kesto oli 200 ms. Nämä tutkittavat, joille arvonnalla tuloksena lisättiin perturbaatio viimeiseen ääntöön, muodostavat tutkimuksessamme varsinaisen koeryhmän, jota kutsumme perturbaatioryhmäksi. Osalla tutkittavista viimeiseen ääntöön ei tuotettu perturbaatiota, ja he muodostavat tutkimuksessamme kontrolliryhmän. Tutkittavien jakautuminen ryhmiin satunnaistettiin koejärjestelmän avulla, eli tutkittava tai tutkija eivät etukäteen tiedäneet, kumpaan ryhmään tutkittava päätyy.

Viimeisen A-osan äännön jälkeen ruudulle ilmestyy teksti: ”ODOTA”. Tutkija kysyi tässä välissä koehenkilöltä huomasiko hän jotain outoa viimeisellä äännöllä. Jos koehenkilö vastaa kyllä, hänen on pystyttävä kuvailemaan kuulleensa jonkinlaisen muutoksen kuulokkeista kuuluneesta äänestä, jotta vastaus hyväksytään analyyseissä kyllä-vastaukseksi. Koehenkilön vastattua kysymykseen, tutkija kertoi koehenkilölle perturbaatioiden mahdollisuudesta. Koehenkilöt vastasivat paljastuksen jälkeen myös näppäimien kuudella vastausvaihtoehdolla koejärjestelmässä kysymyksiin siitä, huomasivatko he mahdollisen perturbaation, ja muokkasivatko he omaa ääntöään perturbaation seurauksena (-3: EI - Varma, -2: EI - Melko varma, -1: EI - Epävarma, 1: KYLLÄ - Epävarma, 2: KYLLÄ - Melko varma, 3: KYLLÄ – Varma). Kaikki koehenkilöille esitettävät ohjeistukset sekä kysymykset ja vastausvaihtoehdot esitellään liitteessä 1.

Kokeen jatkuessa B- ja C-osiin koehenkilöitä pyydettiin kohdistamaan tarkkaavaisuutensa mahdollisiin perturbaatioihin. B-osa oli täyden tarkkaavaisuuden tilanne, jossa koehenkilöt eivät tehneet samanaikaisesti työmuistitehtävää. Ainoa tehtävä oli keskittyä kuuntelemaan, missä äännöissä perturbaatioita esiintyi, ja vastata näppäimistön avulla, oliko äännöissä perturbaatiota, ja muuttiko koehenkilö omaa ääntöään mielestään perturbaation takia. C-osa oli jaetun tarkkaavaisuuden tilanne, jossa työmuistitehtävää jatkettiin, ja kysymyksiä äännöstä esitettiin. Kaikki tutkittavat tekivät kaikki kokeen osat, mutta B- ja C-osien järjestys oli satunnainen. B- ja C-osien kysymykset ja vastausvaihtoehdot on myös esitelty liitteessä 1, mutta näiden osien tuloksia ei analysoitu tässä tutkielmassa.

Koe kesti noin 30 minuuttia, ja se toteutettiin Turun yliopiston Publicum-rakennuksen kellarikerroksen EEG-laboratorihuoneessa. Koehenkilöt saivat tiedotteen tutkimuksesta, jonka lisäksi heitä tiedotettiin kokeesta myös suullisesti. Tutkimukseen osallistuessaan tutkittavia pyydettiin täyttämään myös suostumuslomake, jonka allekirjoittaessaan he antoivat tietoon perustuvan suostumuksensa tutkimukseen. Tutkimustilanteen alussa koehenkilöt täyttivät lisäksi alkukyselylomakkeen, jossa kysyttiin perustietojen lisäksi myös musikaalisesta taustasta, sillä Frankenin ja kumppaneiden (2023) tutkimuksessa musikaalisuuden arvioitiin vaikuttaneen kuulopalauteperturbaatioiden lähteen tunnistamiseen. Lisäksi Jonesin ja Keoughin (2008) tutkimuksessa koehenkilöinä toimineet koulutetut laulajat tekivät pienempiä kompensatioreaktiota sävelkorkeusperturbaatioihin kuin ne koehenkilöt, jotka eivät olleet koulutettuja laulajia. Erot tutkimuksen koehenkilöryhmien ääntämävasteiden välillä pienenevät kuitenkin sitä mukaa, mitä pidempään koehenkilöryhmät olivat altistuneet perturbaatioille.

2.4 Aineiston analysointi

Analyyseja varten määrällistä aineistoa kerättiin kokeemme koodin arpomasta koehenkilöiden ryhmäerottelusta kontrolli- ja perturbaatioryhmiin, nauhoitettujen ääntöjen akustisista parametreista ja koehenkilöiden näppäimistöllä annetuista vastauksista. Aineiston analyysit suoritettiin IBM SPSS Statistics -ohjelmiston version 29.0.0.0. (241) avulla.

Käytimme Khiin neliö, eli χ^2 -testiä testataksemme, olivatko perturbaatio- ja kontrolliryhmämme koehenkilöt vastanneet tilastollisesti merkitsevästi eri tavalla kysymykseen siitä, olivatko he havainneet perturbaation äännössä. Tämän jälkeen teimme kolme 2x2 varianssianalyysiä, joiden tekijät ja tarkoitus on kuvattu taulukossa 1. Parametrinen testien käyttö oli tarpeen, sillä 2x2 varianssianalyysille ei ole epäparametrinen vastinetta, jolla olisi kyetty havaitsemaan mahdollisia aineistossa esiintyviä yhteisvaikutuksia. Jatkovertailut suoritettiin riippumattomien otosten ja parittaisten ja t-testien avulla tarvittaessa.

Taulukko 1.

Tutkielman analyysit ja niiden tarkoitukset

Selvitettävä asia	Analyysi	Tekijät
Onko perturbaatio- ja kontrolliryhmän ääntämismvasteissa eroa toisessa tai molemmissa aikaikkunoissa?	Kaikki koehenkilöt: Ääntämismvasteiden koko eri aikaikkunoissa.	- Aikaikkunat 200–400 ms ja 500–700 ms. - Kontrolli- ja perturbaatioryhmä.
Tutkimuskysymykset 1 ja 2: Havaittiinko tarkkaamattomuuskuurouden ilmiötä, ja vaikuttiko se mahdollisesti ääntämismvasteisiin?	Perturbaatioryhmä: Perturbaation mahdollinen huomaaminen ja ääntämismvasteiden vertailu eri aikaikkunoissa.	- Aikaikkunat 200–400 ms ja 500–700 ms. - Perturbaatioryhmän jäsenet jaettuna kahteen eri ryhmään sen perusteella, havaitsivatko he perturbaation tietoisesti, vai eivät.
Tutkimuskysymys 3: Eroavatko ääntään mielestään perturbaation johdosta muuttaneiden koehenkilöiden ääntämismvasteet niiden koehenkilöiden ääntämismvasteista, jotka eivät näin kokeneet tapahtuneen?	Perturbaatioryhmä: Ajatus oman äänen mahdollisesta muuttamisesta perturbaation vuoksi ja ääntämismvasteiden vertailu eri aikaikkunoissa.	- Aikaikkunat 200–400 ms ja 500–700 ms. - Perturbaatioryhmän jäsenet jaettuna ryhmiin sen perusteella muuttivatko he mielestään ääntään perturbaation johdosta vai eivät.

2.5 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimus toteutettiin Henry Railon tutkimusprojektin alaisuudessa. Tutkimuksen vastuullinen johtaja oli saanut projektilleen eettisen tutkimusluvan. Tutkittaville annettiin tutkimuksen tekijöiden sekä tutkimuksesta vastuussa olleen ohjaajan yhteystiedot. Tutkittavat saivat kirjallisen tiedon tutkimuksesta ennen osallistumis päätöstään. Tutkimuksen onnistumisen

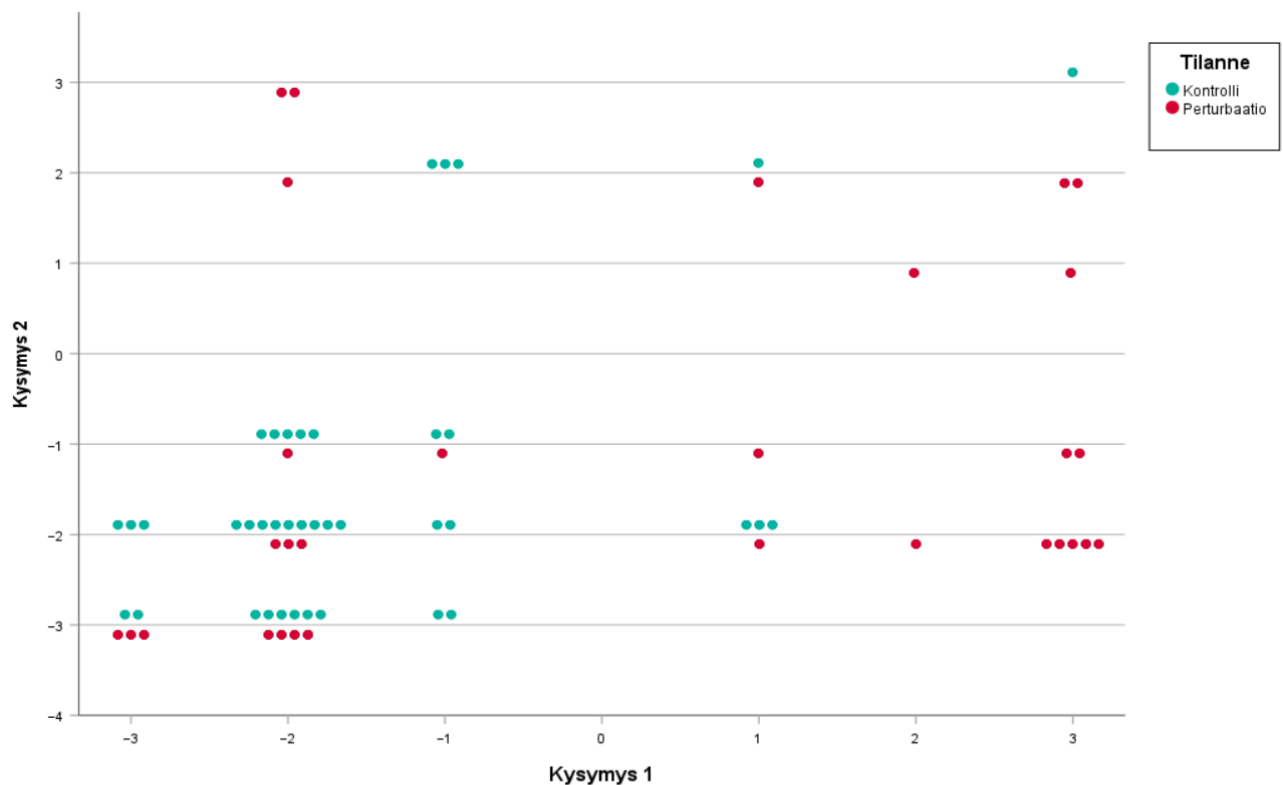
takaamiseksi joitakin tutkimuksen tarkoitukseen liittyviä tietoja, kuten perturbaation mahdollisuutta ei paljastettu tutkittaville ennen ensimmäistä suoritusta. Tutkittavat saivat kuitenkin todellisen tiedon tutkimuksen tarkoituksesta tutkimuksen aikana, ja heille tarjottiin mahdollisuus kysyä tutkimuksesta tarkentavia kysymyksiä. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista, ja kunkin tutkittavan suostumus kysyttiin ennen tutkimukseen osallistumista. Tutkittaville kerrottiin, että tutkimuksen saa keskeyttää missä tahansa vaiheessa ilman perusteluja.

Tutkimuksen yhteydessä kerättiin tietoja tutkittavista alkukyselylomakkeella (Liite 1), jonka tutkittavat saivat halutessaan täyttää. Tutkimuksen toteutuksessa kerättiin vain tutkimuksen kannalta tarpeelliset henkilötiedot, kuten syntymäaika. Tutkittavien tunnistettavat tiedot olivat vain tutkimuksen henkilökunnan tiedossa, ja henkilökunnan jäseniä sitoi salassapitovelvollisuus. Kerättyjä tietoja käytettiin vain ryhmätasoiseen analysointiin, eikä yksittäisten tutkittavien tuloksia julkaistu tunnistettavasti. Tutkimusrekisterin rekisterinpitäjänä toimi Turun yliopisto. Tutkimuksessa ei tehty toimenpiteitä, jotka poikkeaisivat kuormitukseltaan tavanomaisesta arjen toiminnasta. Tutkittaville tehtävät toimenpiteet käsittivät kysymyksiin vastaamista sekä nauhoitettavia vokaaliääntöjä, joissa käytettiin ulkoisesti mikrofonia sekä kuulokkeita. Tutkimuksessa ei tehty kajoavia tai kuntouttavia toimenpiteitä, eikä tutkimuksesta aiheutunut tutkittaville pysyvää fyysistä tai psyykkistä haittaa.

3 Tulokset

Kokeessa jokainen koehenkilö arvottiin joko kontrolliryhmään tai perturbaatioryhmään. Perturbaatioryhmään arvotuille koehenkilöille tuotettiin kokeemme A-osan viimeisessä äännössään sävelkorkeusperturbaatio. Kontrolliryhmän koehenkilöiden A-osan viimeinen ääntö vastasi edellisiä ääntöjä. Kuudestakymmenestäyhdeksästä koehenkilöstä 39 (56.52 %) arpoutui kontrolliryhmään ja 30 (43.48 %) arpoutui perturbaatioryhmään. Kuvassa 2 näkyy, kuinka vastaukset kokeen aikana näytöllä näkyneisiin kysymyksiin "Huomasitko, että ääntäsi muokattiin?" (jatkossa kysymys 1) ja "Koetko, että muokkasit ääntäsi?" (jatkossa kysymys 2) vastattiin kussakin ryhmässä. Taulukosta 2 selviää, että puolet perturbaatioryhmäläisistä (15) eivät näönvaraiseen työmuistitehtävään keskittyessään huomanneet 75 sentin kokoista sävelkorkeuden hetkellistä nousua kuulokkeista kuuluvassa omassa äännössään.

Sirontakuvio vastauksista ryhmittäin



Kuva 2.

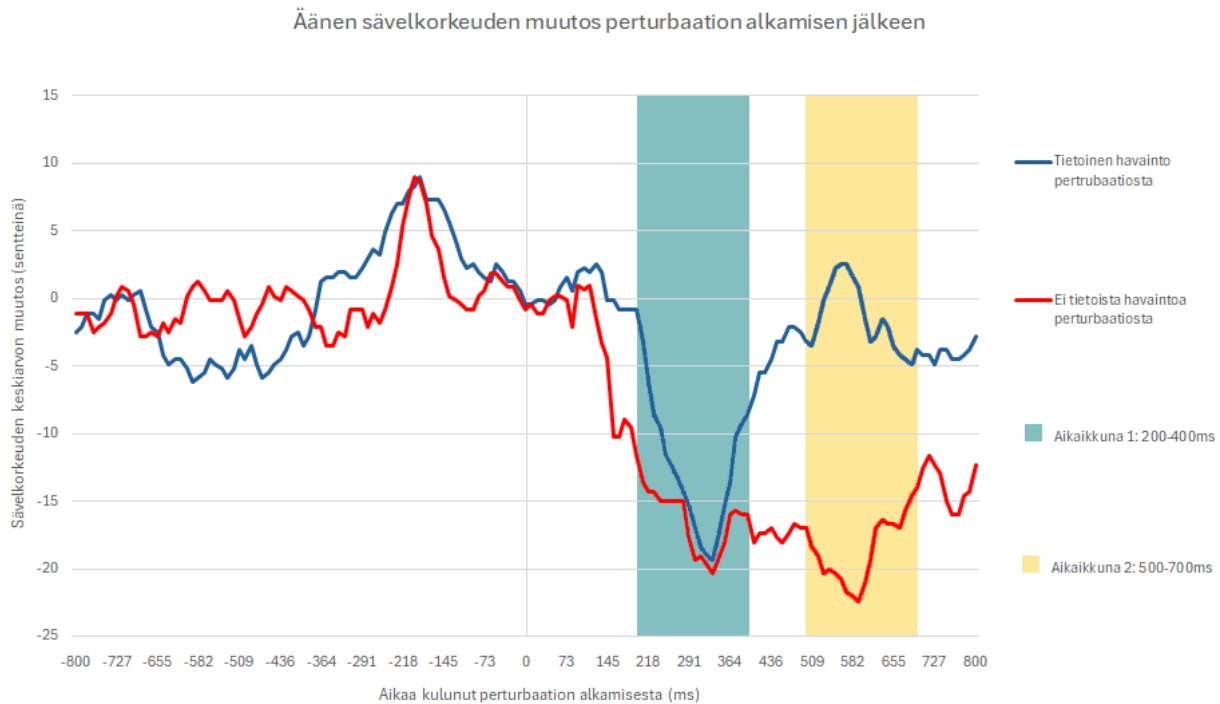
Koehenkilöiden vastaukset kysymyksiin 1 ja 2 heille arpoutuneen koetilanteen mukaan. Vaaka- ja pystyakseleiden numerot kertovat vastauksen ja sen varmuuden (-3: EI - Varma, -2: EI - Melko varma, -1: EI - Epävarma, 1: KYLLÄ - Epävarma, 2: KYLLÄ - Melko varma, 3: KYLLÄ - Varma).

Taulukko 2.

Tutkittavien vastaukset kysymykseen “Huomasitko, että ääntäsi muokattiin?” (kysymys 1).

		Tilanne		
		Kontrolli	Perturbaatio	Yhteensä
Vastaus kysymykseen 1	Ei	34	15	49
	Kyllä	5	15	20
	Yhteensä	39	30	69

Kuvassa 3 näkyvät perturbaatioryhmän koehenkilöiden ääntämismasteet ja kaksi analyyseissämme esiintyvää ääntämismasteiden aikaikkunaa, jotka määriteltiin ääntämismasteiden muodon perusteella. Aikaisempi ääntämismasteen aikaikkuna oli analyyseissämme 200–400 ms ja myöhäisempi ääntämismasteen aikaikkuna oli 500–700 ms.



Kuva 3.

Äänen sävelkorkeuden muutosten keskiarvot perturbaatioryhmässä. Ryhmä on jaettu kahteen osaan sen perusteella, olivatko koehenkilöt saaneet tietoisesti havainnon perturbaatiosta ($n=15$), vai eivät ($n=15$). X-akselin nollakohta, joka on merkattu harmaalla pystyviivalla, merkitsee perturbaation alkamishetkeä.

Analyysit aloitettiin Khiin neliö -testillä. χ^2 -testi testaa nollahypoteesia, eli sitä, ovatko havainnot jakautuneet tasaisesti neljään kategoriaan. Sitä käytettiin tarkastelemaan, olivatko kysymyksen 1 vastaukset tilastollisesti merkitsevästi erilaiset perturbaatio- ja kontrolliryhmän välillä. Yhteys arpoutuneen tilanteen ja kysymykseen 1 vastaamisen välillä: χ^2 ($df = 1$, $N = 69$) = 11.39, $p < .001$. Perturbaatioryhmän jäsenet vastasivat todennäköisemmin myöntävästi kysymykseen 1, eli he havaitsivat, että heidän ääntään on muokattu useammin kuin kontrolliryhmän jäsenet.

3.1 Äänen sävelkorkeuden muutokset perturbaatio- ja kontrolliryhmässä eri aikaikkunoissa

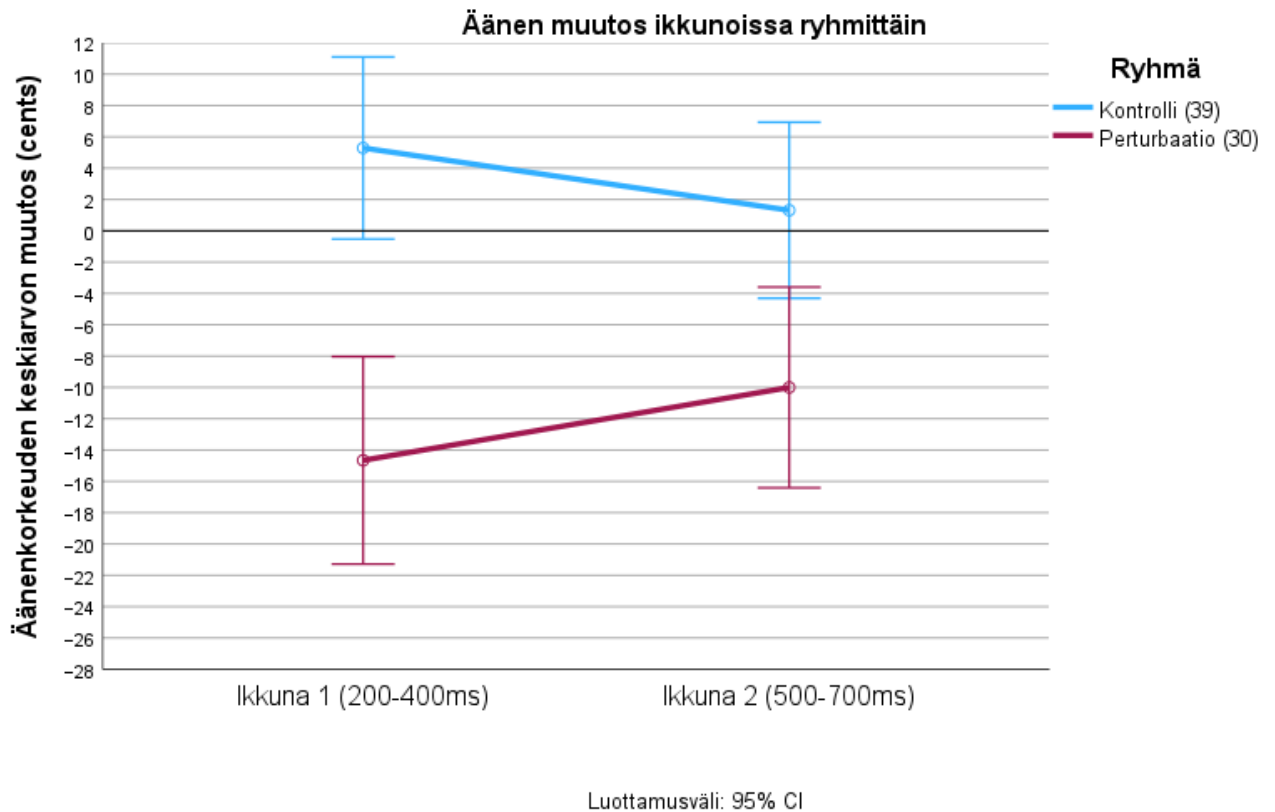
Seuraavissa analyyseissä vertaamme koehenkilöiden äännön sävelkorkeuden keskiarvoa ennen perturbaation alkamista aikaikkunoihin, jotka sijoittuivat 200–400 ms, ja 500–700 ms

perturbaation alkamisen jälkeen. Tässä analyysissä vertailimme kontrolli- ja perturbaatioryhmän äänenkorkeuksia.

Sillä, että kumpi aikaikkuna oli kyseessä, ei ollut päävaikutusta äänenkorkeuden muutoksen keskiarvoon ($F(1,67) = .023, p = .879, \eta_p^2 = .00$). Ryhmällä kuitenkin havaittiin päävaikutus äänenkorkeuden muutokseen; perturbaatioryhmässä äänenkorkeuden keskiarvo oli tilastollisesti merkitsevästi muuttunut matalammaksi kontrolliryhmään muutokseen verrattuna perturbaation alkamisen jälkeen ($F(1,67) = 17.507, p < .001, \eta_p^2 = .207$). ANOVA ei havainnut tilastollisesti merkitsevää yhteisvaikutusta ikkunan ja ryhmän välillä (Kuva 4), mutta p-arvo oli lähes tilastollisesti merkitsevä ($F(1,67) = 3.786, p = .056, \eta_p^2 = .053$). Jatkovertailut tehtiin, koska edellä mainittu p-arvo oli niin lähellä tilastollisen merkitsevyyden rajaa, joka on $p < .05$.

Jatkotestaus tehtiin riippumattomien otosten ja parittaisten t-testien avulla. Kaikki t-testien p-arvot ovat Bonferroni-korjattuja, eli kerrottu neljällä, koska jatkovertailutestejä tehtiin 4 kappaletta. Suluissa olevat miinus-, ja plusmerkkiset senttimäärät kertovat sävelkorkeudessa tapahtuneen muutoksen määrää ja suuntaa (miinus: madaltunut äänen sävelkorkeus, plus: noussut äänen sävelkorkeus) tutkittavassa aikaikkunassa, kun verrataan sitä ennen perturbaation alkua tuotettuun äänenkorkeuteen. Riippumattomien otosten t-testistä ilmeni, että ikkunassa 1 perturbaatioryhmän jäsenten äänenkorkeus oli tilastollisesti merkitsevästi muuttunut matalammaksi perturbaation alkamisen jälkeen (-14,66 senttiä, KH 17.97) kuin kontrolliryhmän jäsenten, jotka eivät olleet saaneet perturbaatiota (+5,29 senttiä, KH 18.35), $t(67) = 4.52, p < .001, d = 1.10$. Myös ikkunassa 2 perturbaatioryhmän jäsenten äänenkorkeus oli madaltunut enemmän (-10,00 senttiä, KH 16.29) kuin kontrolliryhmän jäsenten (+1,31 senttiä, KH 18.52). Tulos oli tilastollisesti merkitsevä, $p = .040$.

Parittaisten otosten t-testeillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Ikkunassa 1 kontrolliryhmän koehenkilöiden äänenkorkeus oli muuttunut korkeammaksi (+5.29 senttiä, KH 18.35) kuin ikkunassa 2 (+1,31, senttiä, KH 18.52), Bonferroni-korjattu $p = 1$, korjaamaton $p = .215$. Äänenkorkeus oli perturbaatioryhmän koehenkilöillä ikkunassa 1 muuttunut matalammaksi (-14.66 senttiä, KH 17.97) kuin ikkunassa 2 (-10.00 senttiä, KH 16.29). Tämäkään ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, Bonferroni-korjattu $p = 1$, korjaamaton $p = .127$.



Kuva 4.

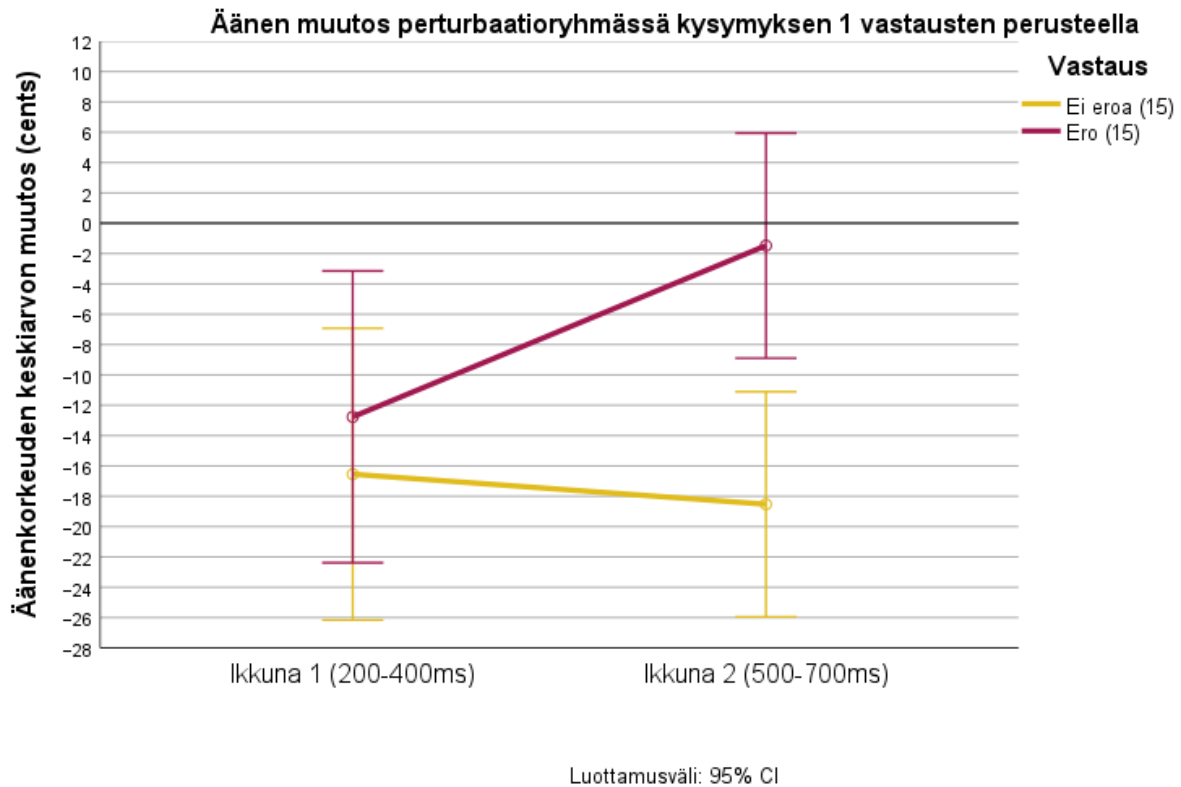
Äänen sävelkorkeuden muutos aikaikkunoissa ryhmittäin sentteinä (kuvassa “cents”).

3.2 Perturbaatioryhmä: Aikaikkunoiden vertailu ja perturbaation mahdollinen huomaaminen

Seuraavissa kahdessa analyysissä käsitellään vain perturbaatioryhmään kuuluneiden koehenkilöiden dataa. Tässä analyysissä jaoinme perturbaatioryhmän kahteen ryhmään kysymyksen 1 karkean vastauksen perusteella, eli kaikki kyllä-vaihtoehdot valinneet muodostivat oman ryhmänsä (15) ja kaikki ei-vaihtoehdot valinneet muodostivat omansa (15). Sillä, että kumpi ikkuna oli kyseessä, ei ollut päävaikutusta äänenkorkeuden keskiarvon muutokseen ($F(1,28) = 2.881, p = .101, \eta_p^2 = .093$). Kysymyksen 1 vastauksella ei ollut päävaikutusta äänenkorkeuden keskiarvoon, mutta p-arvo oli matala ($F(1,28) = 3.923, p < .058, \eta_p^2 = .123$). ANOVA havaitsi tilastollisesti merkitsevän yhteisvaikutuksen (Kuva 5) ikkunan ja kysymyksen 1 vastauksen välillä ($F(1,28) = 5.857, p = .022, \eta_p^2 = .173$).

Jatkotestaus tehtiin riippumattomien otosten ja parittaisten t-testien avulla. Kaikki t-testien p-arvot ovat Bonferroni-korjattuja samoin kuin edelliset t-testien p-arvot. Riippumattomien otosten t-testistä ilmeni, että ikkunassa 1 koehenkilöiden, jotka eivät tietoisesti havainneet perturbaatiota, äänenkorkeus oli madaltunut (-16,56 senttiä, KH 16.88). Se ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi ($p > .50$) perturbaation tietoisesti huomanneiden koehenkilöiden äänenkorkeuden madaltumisesta (-12,77 senttiä, KH 19.40). Ikkunassa 2 koehenkilöiden, jotka eivät havainneet tietoisesti perturbaatiota, äänenkorkeus oli madaltunut enemmän (-18.53 senttiä, KH 14.77) kuin perturbaation tietoisesti huomanneiden (-1,48 senttiä, KH 13.25). Ero oli tilastollisesti merkitsevä $t(28) = -3.33, p = .008, d = -1.215$.

Parittaisten otosten t-testeillä ei saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Perturbaatiota tietoisesti huomaamattomien koehenkilöiden äänenkorkeus oli madaltunut vähemmän ikkunassa 1 (-16.55, senttiä, KH 16.88) kuin ikkunassa 2 (-18.53, senttiä, KH 14.77), Bonferroni-korjattu $p = 1$, korjaamaton $p = .438$. Perturbaation tietoisesti huomanneiden koehenkilöiden äänenkorkeus oli madaltunut enemmän ikkunassa 1 (-12,77 senttiä, KH 19.40) kuin ikkunassa 2 (-1,48 senttiä, KH 13.25), Bonferroni-korjattu $p = .296$, korjaamaton $p = .037$.

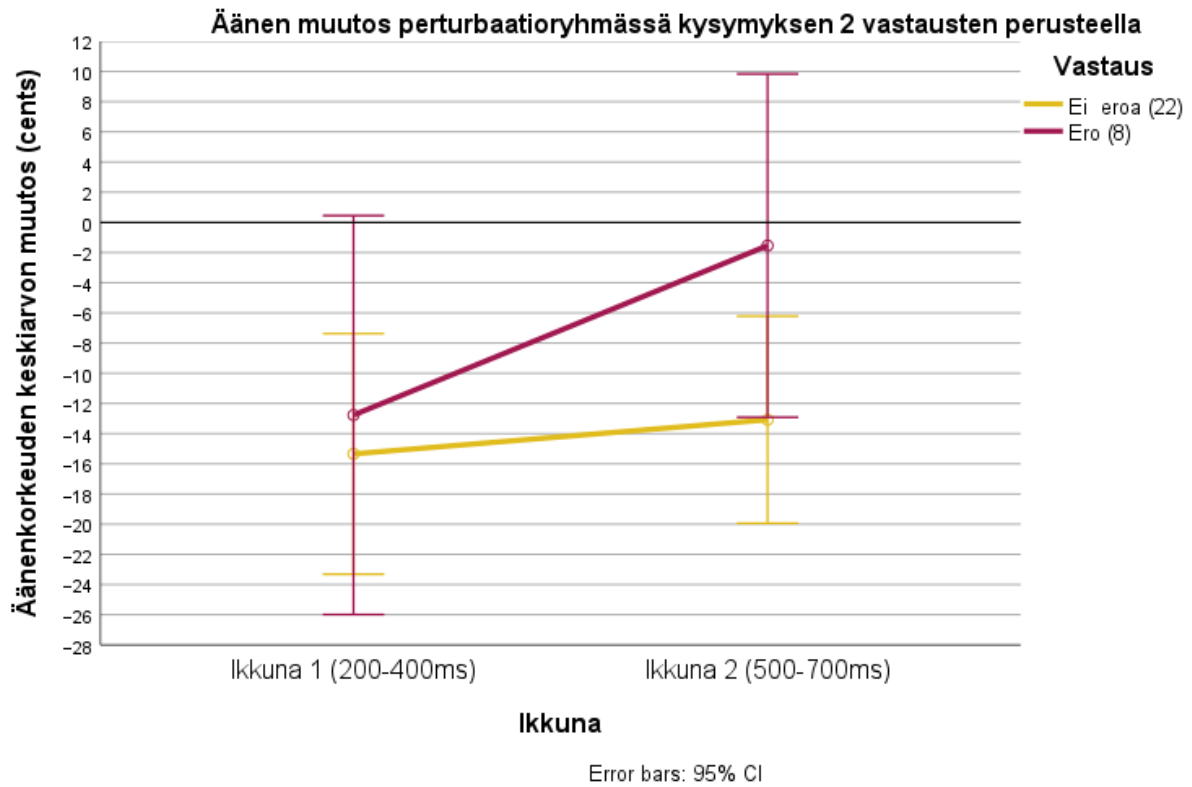


Kuva 5.

Äänen sävelkorkeuden muutos sentteinä (kuvassa "cents") sen mukaan, huomasiko perturbaatioryhmään kuulunut koehenkilö, että hänen ääntänsä muokattiin.

3.3 Perturbaatioryhmä: Aikaikkunoiden vertailu ja ääntämismvasteet

Tässä analyysissä perturbaatioryhmän koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään kysymyksen 2 karkean vastauksen perusteella, eli kaikki kyllä-vaihtoehtoja valinneet koehenkilöt muodostivat oman ryhmänsä (8) ja kaikki ei-vaihtoehtoja valinneet muodostivat omansa (22). Sillä, että kumpi aikaikkuna oli kyseessä, ei ollut päävaikutusta äänen sävelkorkeuden keskiarvon muutokseen, kun tarkasteltiin erikseen perturbaatioryhmän koehenkilöitä kysymyksen 2 vastausten mukaan jaettuna ($F(1,28) = 4.174, p = .051, \eta_p^2 = .130$). Kysymyksen 2 vastauksella ei ollut päävaikutusta äänen sävelkorkeuden keskiarvoon ($F(1,28) = 1.293, p < .265, \eta_p^2 = .044$). ANOVA ei havainnut tilastollisesti merkitsevää yhteisvaikutusta (Kuva 6) aikaikkunoiden ja kysymyksen 2 vastauksen välillä ($F(1,28) = 1.844, p = .185, \eta_p^2 = .062$). Jatkovertailuja ei tehty.



Kuva 6.

Äänen sävelkorkeuden muutos sentteinä (kuvassa “cents”) sen mukaan, muokkasiko perturbaatioryhmään kuulunut koehenkilö mielestään omaa ääntään perturbaation johdosta, vai ei.

4 Pohdinta

Tässä tutkielmassa selvitimme, havaitsevatko koehenkilöt tietoisesti 75 sentin kokoisen yllättävän sävelkorkeusperturbaation samalla kun he ovat suunnanneet tarkkaavaisuutensa näönvaraiseen työmuistitehtävään. Lisäksi selvitimme, tapahtuuko koehenkilöiden äännössä sävelkorkeuden muutoksia perturbaation alkamisen jälkeen. Koehenkilöiltä kysyttiin, havaitsivatko he tietoisesti nämä mahdolliset oman ääntönsä muutokset. Heille esitettiin myös kysymys siitä, muokkasivatko he omasta mielestään ääntöään perturbaation vuoksi. Vertailimme perturbaation saaneiden koehenkilöiden ääntämistä jakea heidän analysoimissaan kahteen ryhmään kahden edellisen kysymyksen vastausten perusteella.

Hypoteeseina oli, että koehenkilöiden äännön sävelkorkeus madaltuu lievästi sävelkorkeutta nostavan perturbaation alkamisen jälkeen, ja että kaikki koehenkilöt eivät välttämättä huomaa perturbaation tapahtuneen, tai tehneensä sen takia muutoksia ääntämiseensä. Analysoimissamme selvisi, että puolet perturbaatioryhmämme koehenkilöistä ei huomannut 75 sentin kokoista sävelkorkeusperturbaatiota, vaikka aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa neurologisesti tyypillisille ihmisille jopa 15 sentin kokoiset sävelkorkeusperturbaatiot ovat olleet luotettavasti tietoisesti havaittavissa. Kokeessamme kuitenkin koehenkilöiden tarkkaavaisuus oli kohdennettu näönvaraiseen työmuistitehtävään, joten on mahdollista, että tarkkaamattomuuskuurouden ilmiö on vaikuttanut kokeessamme perturbaation jäämiseen koehenkilöiden tietoisesta tarkkaavaisuudesta ulkopuolelle puolella perturbaatioryhmän koehenkilöistämme.

Havaitsimme viitteitä siitä, että 500–700 millisekuntia perturbaation alkamisen jälkeen perturbaatioryhmän koehenkilöiden ääntämistä erosivat toisistaan, kun heidät jaettiin kahteen ryhmään sen perusteella, että havaitsivatko he perturbaation tietoisesti vai eivät. Niillä perturbaatioryhmän koehenkilöillä, jotka eivät havainneet tietoisesti perturbaatiota, äänenkorkeus oli madaltunut keskimäärin enemmän perturbaation alkamista edeltävästä äännöstä kuin niiden, jotka olivat sen tietoisesti havainneet. Toisin sanoen perturbaation tietoinen havaitseminen johti kokeessamme pienempiin perturbaatiota kompensoiviin liikkeisiin ääntämistä vastessa.

4.1 Tarkkaamattomuuskuuros tuloksissa

Puolet perturbaatioryhmäläisistä ei kokeessamme havainnut tietoisesti perturbaatiota, mikä saattoi mahdollisesti johtua osaksi tarkkaamattomuuskuurouden ilmiöstä. Kokeessamme

koehenkilöitä oli opastettu keskittymään ääntöjen aikana visuaaliseen työmuistitehtävään, johon syventyminen on voinut olla osasyynä sille, etteivät puolet perturbaatioryhmän koehenkilöistä tiedostaneet suurta hetkellistä 75 sentin kokoista sävelkorkeusperturbaatiota. Esimerkiksi Scheererin ja Jonesin (2017) tutkimuksessa havaittiin, että omaan ääntönsä keskittyvät koehenkilöt havaitsivat jopa vain 15 sentin kokoiset kuulopalauteperturbaatiot luotettavasti. Emme voi kuitenkaan täysin todistaa, että tämä ero olisi johtunut tarkkaamattomuuskuuroudesta, koska kokeessamme ei ollut passiivista koehenkilöryhmää, joita olisi ohjeistettu vain tuottamaan ääntä keskittämättä tarkkaavaisuuttaan mihinkään tiettyyn kohteeseen ääntämiskokeemme aikana. Jos kuitenkin tällainen ryhmä olisi ollut mukana kokeessamme, olisi todennäköistä, että perturbaatio olisi havaittu passiivisen koehenkilöryhmän toimesta paljon useammin kuin perturbaatioryhmän.

4.2 Perturbaation vaikutus ääntämisvasteisiin

Perturbaatioryhmän koehenkilöiden äänenkorkeuden keskiarvo oli madaltunut perturbaation alkamishetkeä edeltäneestä äännön sävelkorkeuden keskiarvosta kontrolliryhmän jäsenten vastaavaan verrattuna molemmissa analyysiemme tarkastelun kohteena olleissa aikaikkunoissa. Perturbaatioryhmän koehenkilöiden äännöissä havaittiin siis perturbaatiota kompensoivaa oman äännön sävelkorkeuden muutosta perturbaatioiden takia. Perturbaation saaneiden koehenkilöiden äänen sävelkorkeus oli heidän ääntönsä perturbaatiota edeltäneeseen sävelkorkeuden keskiarvoon nähden keskimäärin 14,66 senttiä matalampi 200–400 ms perturbaation alkamisen jälkeen ja keskimäärin 10,00 senttiä matalampi 500–700 ms perturbaation alkamisen jälkeen. Tulos vastaa johdannossa asetettuja hypoteeseja ja aikaisemmissa perturbaatiokokeissa saatuja tuloksia. Vaikka puolet kokeemme perturbaatioryhmän jäsenistä ei havainnutkaan perturbaatiota, oli heidän ääntämisvasteissaan havaittavissa kompensatorisia muutoksia perturbaatioon nähden eteenkin 200–400 ms aikaikkunassa. Tämä tulos todistaa kuulopalautejärjestelmän reagoivan automaattisesti kompensoivasti perturbaatioon ääntämisen aikana vailla tarvetta tietoiselle tarkkaavaisuudelle.

Johdannossa mainitussa Frankenin ja kollegoiden (2023) tutkimuksessa havaittiin, että itse aiheutetuksi luultuja ulkopuolisia sävelkorkeusperturbaatioita kompensoitiin voimakkaammin kuin ulkopuolisiksi tulkittuja. Tällä havainto saattaa selittää saamaamme tulosta siitä, että koehenkilöt, jotka ei huomanneet muuttaneensa omaa ääntään olivat tehneet voimakkaampia korjausliikkeitä ääntämiseensä. Vain kahdeksan perturbaatioryhmän koehenkilöä oli sitä

mieltä, että he olivat muuttaneet ääntöään perturbaation takia. Koehenkilömme eivät siis usein olleet tietoisia ääntönsä korjausliikkeistä.

500–700 ms sävelkorkeusperturbaation alkamisen jälkeen perturbaation tietoisesti havainneiden koehenkilöiden ääntämismvasteissa ei ollut yhtä vahvaa äänen sävelkorkeuden kompensatiota kuin niillä perturbaatioryhmän koehenkilöillä, jotka eivät olleet havainneet tietoisesti perturbaatiota. Äänenkorkeuden kompensatiota tapahtui kokeessamme enemmän niillä koehenkilöillä, jotka eivät huomanneet perturbaatiota tietoisesti.

4.3 Kokeemme jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden osat

Lehtimäen ja Terhon Pro gradu -tutkielmassa (2024) analyysihin sisällytettiin tässä tutkielmassa esitellyn kokeen kaikki kolme osaa, eli tarkkaamattoman osan lisäksi jaetun- ja täyden tarkkaavaisuuden osat. Terhon ja Lehtimäen tutkielmassa selvisi, että koehenkilöiden ääntöjen korjausliikkeet olivat keskimäärin suurempia 200–400 ms aikaikkunan ääntämismvasteissa verrattuna 500–700 ms aikaikkunaan kaikissa kolmessa kokeen osassa. Perturbaatioiden aiheuttamat äänen sävelkorkeuden muutokset koehenkilöiden äännössä ovat todennäköisesti enimmäkseen automaattisia ja tietoista tarkkaavaisuutta vailla toimivia, sillä tietoisien tarkkaavaisuuden suuntaamisella ei ollut vaikutusta ääntämisen korjausliikkeiden kokoon tai ajanhetkeen.

Lehtimäki ja Terho (2024) myös havaitsivat perturbaatioiden suunnan vaikuttavan ääntämismvasteiden kokoon, nimittäin ääntöjen sävelkorkeutta hetkellisesti madaltavat perturbaatiot aiheuttivat suurempia kompensoivia korjausliikkeitä ääntämismvasteisiin kuin sävelkorkeutta nostavat. Meidän tutkielmassamme analysoidussa kokeen tarkkaamattomassa osassa käytettiin jokaisen perturbaatioryhmän koehenkilön kohdalla sävelkorkeutta nostavaa perturbaatiota. Perturbaatioryhmän koehenkilöt olisivat saattaneet myös omassa tutkielmassamme tarkastelun kohteena olleessa tarkkaamattomassa tilanteessa tehdä suurempia sävelkorkeuden kompensatorisia eroja ääntönsä, jos olisimme käyttäneet sävelkorkeutta nostavan perturbaation sijasta sävelkorkeutta laskevaa perturbaatiota.

4.4 Rajoitteet ja vahvuudet

Kaikki koehenkilöt suorittivat kokeemme samassa huoneessa ja samoilla laitteilla. Neljä kokeemme aineistoa kerännyttä tutkijaa olivat ennen aineiston keräämistä sopineet yhdessä yhtenäisestä tavasta kertoa ohjeet koehenkilöille, jotta tutkijoista johtuva vaihtelu koehenkilöiden suoriutumisessa olisi mahdollisimman vähäistä. Kukin tutkittava suoritti

kokeen yhden tutkijan läsnäollessa. Yksi henkilö kykenee toistamaan kokeen tutkielmamme Menetelmät-osuudessa mainituilla laitteilla ja MATLAB-ohjelmalla. Mukavuusotannan takia koehenkilömme olivat nuoria aikuisia ja koulutustasoltaan pääasiassa korkeakouluopiskelijoita, joten kokeemme osallistujat eivät edusta iältään tai koulutustaustaltaan tyypillisiä logopedian kliinisen työn asiakasryhmiä. Perturbaatiotutkimuksia on jatkossa syytä toteuttaa koehenkilöryhmillä, joiden ikä- ja koulutustausta ovat erilaisempia, jotta voitaisiin saada paremmin yleistettäviä tuloksia. Perturbaatiokokeissa on myös kannattavaa käyttää tehtävinä vokaaliääntöjen lisäksi puhetehtäviä, sillä puhetehtävissä on havaittu isompia ääntämismuutoksia kuin pelkissä vokaaliääntöjen tehtävissä. Nämä seikat ovat tärkeitä ottaa huomioon, jotta saadaan mahdollisimman mielekästä ja arkielämän äänenkäyttöä paremmin vastaavaa tietoa tulevaisuuden kliinisen työn hyödyksi. Toisaalta koetilanteemme vastaa tyypillistä arjen puhetilannetta siinä mielessä, että normaalissa kommunikointitilanteessa ihmiset eivät juurikaan keskity oman puheensa korjausliikkeisiin.

4.5 Kliininen työ

Kliinisen logopedisen työn kannalta oman kokeemme kaltainen koe voitaisiin tehdä myös puheterapian eri asiakasryhmillä, kuten johdannossamme mainittiin. Tutkielman koetta vastaavalla asetelmalla tehdyillä kokeilla saataisiin tulevaisuudessa mahdollisesti tietoa siitä, kuinka tietoisia puheterapia-asiakkaat ovat oman puheensa motorisesta kuulopalautekontrollista verrattuna neurologisesti terveisiin ihmisiin, ja mitkä asiat tähän voivat vaikuttaa. Ääntämismuutokset saattaisivat koehenkilöiden ulkopuolisen sävelkorkeusperturbaation takia muuttua eri ihmisryhmillä eri tavoin. Näitä kokeita voitaisiin parhaassa tapauksessa käyttää mahdollisesti jopa diagnosoinnin tukena joillain asiakasryhmillä tulevaisuudessa. Käytännössä asiakkaiden terveydentila ja kuntoutettava häiriö määrittävät kuitenkin oletettavasti havainnointia, mikä vaikeuttaa tulosten vertailtavuutta neurologisesti tyypilliseen väestöön nähden.

Esimerkiksi Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt muodostavat merkittävän logopedisen asiakasryhmän, sillä lähes 90 % näistä henkilöistä kärsii myös puhe- ja äänioireista (Sapir ym., 2013). Perturbaatiotutkimuksissa on havaittu esimerkiksi, että Parkinsonin tautia sairastavien henkilöiden puheen ääntämismuutokset poikkeavat merkitsevästi laajuudeltaan kontrollikoeryhmästä (Liu ym., 2012), ja heillä oman puheen havaitseminen aivotasolla saattaa olla poikkeavaa jo varhaisessa vaiheessa sairautta (Railo ym., 2020). Parkinsonin

tautia sairastavat henkilöt voisivat olla yksi mahdollinen asiakasryhmä, joka voisi tulevaisuudessa hyötyä näistä kokeista osana diagnosointia, jos perturbaatiokokeiden avulla löydetään luotettavia eroja perturbaatioiden ääntämismasteissa Parkinsonin tautia sairastavien ja neurologisesti terveiden ihmisten väliltä.

4.6 Johtopäätökset

Kokeemme antoi perustietoa siitä, kuinka hyvin neurologisesti terveet nuoret aikuiset havaitsevat tietoisesti äännön aikana yllättäen ilmenevän sävelkorkeusperturbaation, ja kuinka arvio oman äänen muokkaamisesta heijastuu todellisiin ääntämismasteisiin. Kokeessamme ääntöönsä perturbaation saaneiden koehenkilöiden ääntämismasteet erosivat verrokkiryhmästä, jonka jäsenille ei tehty äännön aikana kuulopalautteeseen perturbaatiota. Puolet perturbaation saaneista koehenkilöistä ei havainnut tietoisesti 75 sentin kokoista sävelkorkeusperturbaatiota. Tuloksemme on merkittävä, sillä aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa jopa 15 sentin kokoiset sävelkorkeuden perturbaatiot ovat olleet koehenkilöille luotettavasti tietoisesti havaittavissa. Omassa kokeessamme koehenkilöitä oli opastettu suuntaamaan tarkkaavaisuutensa näönvaraiseen työmuistitehtävään perturboidun äännön aikana, joten yllättävään tulokseemme mahdollisesti vaikutti tarkkaamattomuuskuurouden ilmiö, jossa henkilöt eivät havaitse yllättävästi muuttuvaa kuuloärsykettä keskittäessään tarkkaavaisuutensa tehtävään, joka kuormittaa jotain muuta aistikanavaa kuin kuuloa.

Osa perturbaation huomanneista perturbaatioryhmän koehenkilöistä ei myöskään havainnut tietoisesti tekemiään sävelkorkeuden kompensatorisia muutoksia äännössään sävelkorkeusperturbaation johdosta. Nämä tulokset antavat viitteitä siitä, että puheen motorinen kontrolli, ja aivojen palautejärjestelmän käytäntöön panemat korjausliikkeet voivat tapahtua tietoisien tarkkaavaisuuden ulkopuolella. Kokeessamme myös ilmeni viitteitä siitä, että ne koehenkilöt, jotka eivät havainneet tietoisesti perturbaatiota tekivät suuremman perturbaatiota kompensoivan sävelkorkeuden muutoksen ääntöönsä 500–700 ms perturbaation alkamisen jälkeen verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka huomasivat tietoisesti perturbaation. Tietoisien havaitsemisen ulkopuolelle jäänyt perturbaatio on todennäköisesti havaittu kuulopalautejärjestelmän toimesta virheellisesti henkilön itsensä aiheuttamaksi, jolloin se myös aiheuttaa suuremman kompensatorisen reaktion kuin silloin, kun palautejärjestelmä tulkitsee perturbaation ulkoiseksi.

Oma tutkimuksemme oli ensimmäinen perturbaatiokoe, jonka tarkkaamattomassa osassa koehenkilöt tekivät vain yhden äännön, mikä mahdollisti ääntämismasteiden perturbaation

täytenä yllätyksenä pysymisen. Jatkossa samantyyllisiä perturbaatiokokeita voidaan tehdä useilla ikäryhmillä ja mahdollisesti käyttää myös jopa joidenkin puheterapia-asiakasryhmien diagnosoinnin apuna.

Lähteet

- Burnett, T. A., Freedland, M., Larson, C. R., & Hain, T. C. (1998). Voice F0 responses to manipulations in pitch feedback. *Journal of the Acoustical Society of America*, *103*(6), 3153–3161. <https://doi.org/10.1121/1.423073>
- Chen, S. H., Liu, H., Xu, Y., & Larson, C. R. (2007). Voice F0 responses to pitch-shifted voice feedback during English speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *121*(2), 1157–1163. <https://doi.org/10.1121/1.2404624>
- Franken, M. K., Hartsuiker, R. J., Johansson, P., Häll, L., & Lind, A. (2023). Don't blame yourself: Conscious source monitoring modulates feedback control during speech production. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *76*(1), 15–27. <https://doi.org/10.1177/17470218221075632>
- Guenther, F. H. (2016). *Neural control of speech*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/10471.001.0001>
- Hain, T. C., Burnett, T. A., Swathi Kiran, Larson, C. R., Singh, S., & Mary Kay Kenney. (2000). Instructing subjects to make a voluntary response reveals the presence of two components to the audio-vocal reflex. *Experimental Brain Research*, *130*(2), 133–141. <https://doi.org/10.1007/s002219900237>
- Hu, H., Lius, Y., Guo, Z., Li, W., Liu, P., Chen, S., Liu, H. (2015). Attention Modulates Cortical Processing of Pitch Feedback Errors in Voice Control. *Scientific reports*, *5*, 1-8. <https://doi.org/10.1038/srep07812>
- Jones, J. A., & Keough, D. (2008). Auditory-motor mapping for pitch control in singers and nonsingers. *Experimental Brain Research*, *190*(3), 279–287. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1473-y>
- Larson, C. R. & Robin, D. A. (2016). Sensory processing: advances in understanding structure and function of pitch-shifted auditory feedback in voice control. *AIMS Neuroscience*, *3*(1), 22–39. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2016.1.22>
- Lehtimäki, L., Terho, H. (2024). Tarkkaavaisuuden vaikutus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto.
- Liu, H., Wang, E. Q., Metman, L. C., Larson, C. R. (2012). Vocal responses to perturbations in voice auditory feedback in individuals with Parkinson's disease. *PLoS ONE* *7*(3): e33629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033629>
- Liu, Y., Hu, H., Jones, J. A., Guo, Z., Li, W., Chen, X., Liu, P., Liu, H. (2015). Selective and divided attention modulates auditory–vocal integration in the processing of pitch

- feedback errors. *European journal of neuroscience*, 42(?), 1896-1904.
<https://doi.org/10.1111/ejn.12949>
- Paavilainen, P. (2020). Toimivat aivot: Kognitiivisen neurotieteen perusteita. (2., uudistettu painos) (Persona grata). Edita.
- Railo, H., Nokelainen, N., Savolainen, S., Kaasinen, V. (2020). Deficits in monitoring self-produced speech in Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*, 131(9), 2140–2147. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.05.038>.
- Sapir, S., Ramig, L. O., Fox, C. (2013). Voice, speech, and swallowing disorders. Teoksessa R. Pahwa & K. E. Lyons (toim.), *Handbook of Parkinson's Disease* (5. Painos, 539–569). CRC Press.
- Scheer, M., Bühlhoff, H. H., & Chuang, L. L. (2018). Auditory Task Irrelevance: A Basis for Inattentive Deafness. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(3), 428–440. <https://doi.org/10.1177/0018720818760919>
- Scheerer, N. E. & Jones, J. A. (2014). The predictability of frequency-altered auditory feedback changes the weighting of feedback and feedforward input for speech motor control. *European Journal of Neuroscience*, 40(12), 3793–3806.
<https://doi.org/10.1111/ejn.12734>
- Scheerer, N. E., & Jones, J. A. (2017). Detecting our own vocal errors: An event-related study of the thresholds for perceiving and compensating for vocal pitch errors. *Neuropsychologia*, 114, 158–167.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.007>
- Suchy, D., Behroozmand, R., & Railo, H. (2023). Conscious and unconscious contributions to auditory feedback control of speech — Neural correlates and behavioral consequences. bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory).
<https://doi.org/10.1101/2023.10.13.562262>
- Tourville, J. A., & Guenther, F. H. (2011). The DIVA model: A neural theory of speech acquisition and production. *Language and Cognitive Processes*, 26(7), 952–981.
<https://doi.org/10.1080/01690960903498424>
- Tumber, A. K., Scheerer, N. E., Jones, J. A. (2014). Attentional Demands Influence Vocal Compensations to Pitch Errors Heard in Auditory Feedback. *Plos One*, 9(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109968>

Liite 1. Koehenkilöille koetilanteessa esitettävät kysymykset ja ohjeet

Ohjeistus kokeen alkaessa

Tässä tutkimuksessa tarkoituksena on ääntää /a/-äännettä ja suorittaa samaan aikaan visuaalista työmuistin tehtävää. Tutkittavana sinun tulee ääntää /a/-äännettä (“aaa”) muutaman sekunnin ajan. Aloita, kun näet näytöllä “NYT!”-tekstin. Lopeta ääntäminen, kun näytölle ilmestyy kysymys. Äännön lisäksi sinun tulee tarkkailla näytöllä näkyvää mustaa rastia. Tehtävänäsi on tarkkailla, kuinka monta kertaa (0–6) rasti muuttuu punaiseksi. Ääni rekisteröidään mikrofonilla. Pysy koko kokeen ajan lähellä mikrofonia, jotta ääntösi saadaan hyvin tallennettua, ja kuulet sen kuulokkeista myös tarkasti. Saat korvillesi kuulokkeet, joista kuulet oman äänesi reaaliaikaisesti. Tehtävän jälkeen sinulta kysytään kysymyksiä suorituksestasi, ja siitä montako kertaa rasti on muuttunut mielestäsi punaiseksi äännön aikana. Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista, ja sinulla on oikeus keskeyttää osallistumisesi missä tahansa vaiheessa tutkimusta.

Kysymykset tiedostamattoman vaiheen jälkeen:

Kun osa 1 on suositettu, näytölle tulee teksti ”ODOTA”. Tekstin tullessa esiin, tutkija kysyy:

Huomasitko jotain poikkeavaa tällä viimeisellä kerralla, kun äänsit?

Jos tutkittava vastaa kysymykseen **kyllä**, kysytään, **mitä poikkeavaa?**

Tämän jälkeen tutkittaville paljastetaan sanallisesti tutkimuksen oikea tarkoitus: “Todellisuudessa tutkimme tässä tutkimuksessa kuulopalautteen vaikutusta äänen tuottamiseen. Osalla koehenkilöistä kuulokkeista kuultuun ääneen tuotettiin keinotekoisesti häiriö, eli perturbaatio. Toisin sanoen äänenkorkeutta saatettiin muokata hetkellisesti ylös- tai alaspäin. “

Paljastuksen jälkeen koehenkilöt vastaavat seuraaviin näytölle ilmestyviin kysymyksiin:

1. Huomasitko, että ääntäsi muokattiin? Miten varma olet vastauksestasi?
 - a. -3 = Ei, varma
 - b. -2 = Ei, melko varma
 - c. -1 = Ei, epävarma
 - d. 1 = Kyllä, epävarma
 - e. 2 = Kyllä, melko varma
 - f. 3 = Kyllä, varma
2. Koetko, että muutit omaa ääntäsi?
 - a. -3 = Ei, varma
 - b. -2 = Ei, melko varma
 - c. -1 = Ei, epävarma
 - d. 1 = Kyllä, epävarma
 - e. 2 = Kyllä, melko varma
 - f. 3 = Kyllä, varma

Kysymyksen tarkoituksena on saada selville, kokeeko osallistuja, että äänenkorkeus pysyi tasaisena vai kokeeko hän, että äänenkorkeus nousi tai laski.

Jaetun tarkkaavaisuuden tilanne

Seuraavaksi koe jatkuu samanlaisena, kuin aiemmin. Tehtävänäsi on tuottaa /a/-äännettä ja tarkkailla, kuinka monta kertaa musta rasti vaihtuu punaiseksi. Aloita, kun näytölle ilmestyy "NYT"-teksti ja lopeta, kun näytölle ilmestyy seuraava kysymys. Ääntöjen jälkeen sinulta kysytään kysymyksiä suorituksestasi. Kuulokkeista kuulemaasi ääneen tuotetaan välillä perturbaatio.

Kysymykset ääntöjen välissä:

1. Montako punaista?
2. Huomasitko, että ääntäsi muokattiin? Miten varma olet vastauksestasi?
 - a. -3 = Ei, varma
 - b. -2 = Ei, melko varma
 - c. -1 = Ei, epävarma
 - d. 1 = Kyllä, epävarma
 - e. 2 = Kyllä, melko varma
 - f. 3 = Kyllä, varma
3. Koetko, että muutit omaa ääntäsi?
 - a. -3 = Ei, varma
 - b. -2 = Ei, melko varma
 - c. -1 = Ei, epävarma
 - d. 1 = Kyllä, epävarma
 - e. 2 = Kyllä, melko varma
 - f. 3 = Kyllä, varma

Täyden tarkkaavaisuuden tilanne

Seuraavaksi koe jatkuu samanlaisena, kuin aiemmin. Tehtävänäsi on tuottaa /a/-äännettä. Aloita ääntö, kun näytölle ilmestyy "NYT"-teksti ja lopeta, kun näytölle ilmestyy seuraava kysymys. Tässä vaiheessa sinun ei tarvitse laskea punaisten rasti määrä, mutta pidä katseesi näyttöön suunnattuna tehtävän ajan. Kuulokkeista kuulemaasi ääneen tuotetaan välillä perturbaatio.

Samat kysymykset kuin yllä, mutta ilman 1. kohdan kysymystä.