

Tarkkaavaisuuden vaikutus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin

Linda Lehtimäki ja Hanna Terho
Pro gradu -tutkielma
Ohjaaja: Henry Railo
Turun yliopisto, Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta
Psykologian ja logopedian laitos, Logopedia
23.10.2024

LEHTIMÄKI, LINDA & TERHO, HANNA: Tarkkaavaisuuden vaikutus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin

Pro Gradu -tutkielma, 34 s.

Logopedia

Lokakuu 2024

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako tarkkaavaisuus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Olimme kiinnostuneita siitä, vaikuttaako tarkkaavaisuutta kuormittavan visuaalisen työmuistitehtävän suorittaminen puheen korjausliikkeiden eli ääntämismusteiden suuruuteen. Hypoteesimme oli, että tutkittavat tuottavat puheen korjausliikkeitä kaikissa koetilanteissa. Lisäksi oletimme, että puheen korjausliikkeiden ääntämismusteet eroavat toisistaan eri tarkkaavaisuuden koetilanteissa myöhäisessä aikaikkunassa.

Tutkimus toteutettiin kokeellisena tutkimuksena. Koeasetelmamme muodostui kolmesta eri koetilanteesta: tarkkaamattomuuden, jaetun tarkkaavaisuuden sekä täyden tarkkaavaisuuden tilanteista. Tutkittavat äänsivät vokaaliääntöä kaikissa eri koetilanteissa. Tarkkaamattomuuden sekä jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa tutkittavat suorittivat vokaaliääntöä lisäksi visuaalista työmuistitehtävää. Tutkimuksessamme tutkittavien tuottamaan vokaaliääntöön tuotettiin satunnaisesti sävelkorkeuden perturbaatioita. Tutkimukseemme osallistui yhteensä 82 20–35-vuotiasta henkilöä. Enemmistö tutkittavista oli korkeakouluopiskelijoita.

Tutkimuksemme tulokset osoittivat, että tutkittavat muokkaavat ääntään auditiivisen palautteen pohjalta. Puheen korjausliikkeissä havaittiin ajallisesti kaksi eri ääntämismustetta, ja puheen korjausliikkeet olivat keskimäärin suurempia aikaisessa ääntämismusteessa. Lisäksi perturbaation suunnan havaittiin vaikuttavan ääntämismusteiden suuruuteen, kun verrattiin jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden koetilanteita. Tutkittavat tuottivat alaspäin suuntautuneiden perturbaatioiden jälkeen keskimäärin suurempia puheen korjausliikkeitä. Tutkimuksessamme tarkkaavaisuuden ei kuitenkaan havaittu vaikuttavat puheen korjausliikkeiden suuruuteen, ja tutkittavat tuottivat keskimäärin yhtä suuria puheen korjausliikkeitä kaikissa eri tarkkaavaisuuden koetilanteissa. Sen sijaan havaittiin, että tarkkaavaisuuden jakaminen visuaalisen ja auditiivisen tehtävän kesken heikensi tutkittavien suoriutumista visuaalisessa työmuistitehtävässä. Tutkimuksemme tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että kuulopalautteen pohjalta tuotetut puheen korjausliikkeet perustuvat automaattiseen tiedonkäsittelyyn terveillä henkilöillä. Aihetta on kuitenkin perusteltua tutkia lisää, jotta ilmiöstä voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

Avainsanat: Tarkkaavaisuus, auditiivinen palaute, perturbaatio, puheen korjausliike, ääntämismuste

Sisällysluettelo

1 Johdanto	1
1.1. DIVA-malli	2
1.2. Puheen palautejärjestelmät.....	3
1.3. Auditivisen palautteen rooli puheen prosessoinnissa	4
1.4. Tarkkaavaisuuden yhteys puheen tuottoon.....	5
1.4.1. Tarkkaavaisuuden määritelmä	6
1.4.2. Tarkkaavaisuuden vaikutus auditivisen palautteen prosessointiin	7
1.5. Tutkimuskysymys	10
2 Menetelmät	12
2.1. Tutkittavat.....	12
2.2. Laitteisto	12
2.3. Kysymykset ja vastausasteikot	13
2.4. Kokeen kulku.....	14
2.5. Tilastolliset menetelmät	16
2.6. Tutkimuksen eettisyys	17
3 Tulokset.....	18
4 Pohdinta	22
4.1. Tulokset.....	22
4.2. Kuulopalautteen prosessoinnin hyödyntäminen puheen motorisessa kontrollissa	24
4.3. Koeasetelman tarkastelu	27
4.4. Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet	29
4.5. Johtopäätökset.....	31
Lähteet.....	32

1 Johdanto

Puheen tuottaminen on monimutkainen prosessi, joka muodostuu useista eri toiminnoista ja niiden välisestä vuorovaikutuksesta. Puheen tuotto koostuu kielellisistä ja kognitiivisista prosesseista, sekä fysiologisesta prosessista eli puheen tuoton motorisesta osuudesta (Lehtihalmes, 2012; Postma, 2000). Puheen tuoton motorinen osuus edellyttää hengitysjärjestelmän, kurkunpään ja artikulaatiojärjestelmän yhteistoimintaa (Laaksonen, 2010; Weerathunge ym., 2022). Lisäksi puheen tuottoon osallistuu erilaisia sisäisiä prosesseja, joiden avulla ihmiset monitoroivat puhettaan jatkuvasti. Puheen tuoton aikana muun muassa äänen sävelkorkeutta, voimakkuutta sekä artikulaation tarkkuutta monitoroidaan ja muokataan palautejärjestelmistä saatavan sensorisen palautteen avulla (Laaksonen, 2010).

Arkielämässä puheen tuottaminen tapahtuu tilanteissa, joissa tarkkaavaisuus voidaan jakaa usean eri kohteen kesken. Vuorovaikutustilanteen aikana tarkkailemme keskustelukumppaniamme sekä vallitsevaa ympäristöä. Samaan aikaan vastaanotamme omaa puhetta koskevaa aistipalautetta ja teemme puheeseen tarvittavia muokkauksia tämän palautteen pohjalta (Laaksonen, 2010). Vaikka tiedetäänkin, että vastaanottamamme aistipalaute on merkittävässä roolissa onnistuneen puheentuoton kannalta, edelleen on osin epäselvää, kuinka tietoisesti muokkaamme puhettamme aistipalautteen perusteella.

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on pyritty tarkastelemaan, voiko tietoisella tarkkaavaisuuden suuntaamisella vaikuttaa auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin (Hu ym., 2015; Liu ym., 2015; Tumber ym., 2014). Aiemmissä tutkimuksissa on saatu osin ristiriitaista näyttöä tarkkaavaisuuden yhteydestä puheen tuoton prosessiin. Tarvitaankin yhä lisää tutkimuksia, jotka tarkastelevat, millainen rooli tarkkaavaisuudella todellisuudessa on. On tärkeää tuntea tyypillinen puheen tuoton prosessi, jotta voidaan tunnistaa tilanteita, joissa puheen tuotto on jollain tapaa heikentynyt. Näin ollen, tässä tutkimuksessa tarkoituksemme on pyrkiä selvittämään, vaikuttaako tarkkaavaisuus kuulopalautteen pohjalta tehtyihin puheen muokkauksiin.

1.1. DIVA-malli

Liikkeiden tuottamista ja motorista kontrollia on pyritty selittämään erilaisten teoreettisten mallien avulla. DIVA-malli (eng. *The Directions Into Velocities of Articulators model*) havainnollistaa puheen tuottamisen motorista prosessia. Malli kuvaa yksityiskohtaisesti puheen motorisen kontrollin taustalla olevia hermostollisia prosesseja (Guenther & Hickok, 2015). Mallissa puheen tuoton motorinen kontrolli jakautuu kahteen eri ohjausjärjestelmään, joita ovat syötekontrollijärjestelmä (eng. *Feedforward control system*) ja palautejärjestelmä (eng. *Feedback control system*). Syötekontrollijärjestelmä vastaa tavoitellun puheliikkeen tai äänen tuottamisesta, kun taas palautejärjestelmä vastaa toteutuneen liikkeen tuottamista aistipalautteista. Palautejärjestelmään sisältyvät auditiivinen sekä somatosensorinen palautejärjestelmä.

Guentherin ja Hickokin (2015) mukaan DIVA-mallissa puheäänten tuottaminen alkaa hermosolujen aktivaatiosta puhetta edustavassa äänikartassa (eng. *Speech sound map*). Mallin mukaan puheliikkeen suunnittelu kohdistetaan tavoiteltuun auditiivisen tuotokseen. Jokainen äänikartalla oleva hermosolu vastaa tiettyä puheääntä, ja kun kohtaamme uusia ääniä, kyseistä ääntä koodaava uusi hermosolu lisätään äänikarttaan.

Äänikartan aktivaatio johtaa ohjausjärjestelmien kautta puhe-elinten liikekäskyihin primaarisella motorisella aivokuorella (Guenther & Hickok, 2015). Syötekontrollijärjestelmä välittää informaatiota motoriselle aivokuorelle suoraan sekä epäsuorasti pikkuaivojen sivusilmukan (eng. *side loop*) kautta. Järjestelmä muodostaa suunnitelman tavoitellun liikkeen toteuttamiseksi aiemmista kokemuksista muodostetun mallin avulla (Laaksonen, 2010). Lisäksi järjestelmä tuottaa ennusteita suunnitelman mukaisen liikkeen toteumasta ja siitä aistipalautteesta, jonka suunniteltu liike tuottaa. Syötekontrollijärjestelmä on riippuvainen DIVA-mallin palautejärjestelmän välittämästä aistipalautteesta.

Palautejärjestelmä välittää informaatiota motoriselle aivokuorelle epäsuorasti aivojen sensoristen alueiden kautta (Guenther & Hickok, 2015). Palautejärjestelmä vastaa puheen tuoton liikekäskyjen jatkuvista hienosäädöistä. Näiden hienosäätöjen uskotaan olevan tiedostamattomia siksi, että järjestelmän tulee toimia erittäin nopeasti. Tutkimuksissa on havaittu, että esimerkiksi kuulopalautteen pohjalta tapahtuva virheiden korjaaminen alkaa jo noin 100 millisekunnin jälkeen ärsykkeestä (Burnett ym., 1997; Hain, 2000). Mikäli tämän palautejärjestelmän toiminta edellyttäisi tahdonalaista prosessointia, olisi virheiden korjaaminen liian hidasta.

1.2. Puheen palautejärjestelmät

Puheentuoton aikana äänen sävelkorkeutta, voimakkuutta sekä artikulaation tarkkuutta monitoroidaan ja muokataan aistipalautejärjestelmistä saatavan informaation avulla. Palautejärjestelmiä ovat proprioseptiivinen, taktilinen ja auditiivinen palautejärjestelmä (Laaksonen, 2010). Palautejärjestelmien toiminta edellyttää auditiivisesta, somatosensorisesta ja motorisesta informaatiosta vastaavien aivokuoren alueiden sekä subkortikaalisten rakenteiden yhteistoimintaa (Guenther, 2006).

Proprioseptiivinen palautejärjestelmä vastaa lihasten liikkeisiin sekä toimintaan liittyvästä tiedosta. Palautejärjestelmän reseptorit sijaitsevat lihaksissa, nivelissä sekä iholla, ja ne välittävät aivoihin signaaleja lihastoiminnan muutoksista (Postma, 2000). Reseptorien avulla on mahdollista tietää puhe-elinten, kuten kielen tai huulten liikkeet sekä asennot ilman visuaalista havaintoa niistä (Laaksonen, 2010; Lehtihalmes, 2012). Proprioseptiivinen palaute mahdollistaa puheliikkeet hetkellisesti myös silloin, kun kuulopalautetta ei ole saatavilla. Pitkään jatkuessaan kuulopalautteen puute voi kuitenkin johtaa puheliikkeiden tarkkuuden sekä ajoituksen heikentymiseen (Laaksonen, 2010).

Taktiilinen palautejärjestelmä puolestaan lähettää keskushermostoon informaatiota puhe-elinten liikkeiden suunnasta, kosketuspaikoista, -kestosta ja -voimakkuudesta (Laaksonen, 2010; Lehtihalmes, 2012). Taktiilisen palautteen merkitys korostuu erityisesti sellaisten äänteiden tuottamisessa, jotka edellyttävät ääntöväylän hetkellistä sulkemista (Laaksonen, 2010). Tällaisia äänneitä ovat esimerkiksi klusiilit, kuten /t/ ja /p/.

Auditiivinen palaute perustuu puheesta saatavaan kuuloinformaatioon. Puheen tuoton aikana sisäkorvan Cortin elimen hiussolut välittävät kuuloaivokuorelle tietoa muun muassa äänen kestosta, voimakkuudesta, resonanssista sekä sävelkorkeudesta (Laaksonen, 2010; Lehtihalmes, 2012). Auditiivinen palaute on merkittävää etenkin vokaaliäänteitä tuottaessa, sillä niiden tuoton tukena ei voida hyödyntää taktilista palautetta (Laaksonen, 2010). Auditiivisen palautteen merkitys on erityisen suuri puheen kehitysvaiheessa, mutta onnistunut puheentuotto edellyttää kuuloinformaatioon perustuvaa palautetta myös puheen oppimisen jälkeen.

Tutkimuksissa on havaittu, että puheen tuoton haasteita voi ilmetä silloin, kun aistipalautteen prosessointi on jollain tapaa heikentynyt. Esimerkiksi aikuisuudessa kuuroutuneilla henkilöillä on todettu olevan vaikeuksia äänenkorkeuden sekä puheen intensiteetin hallinnassa (Jones & Munhall, 2001). Toisaalta auditiivisen palautteen prosessointi voi heikentyä myös neurologisten sairauksien yhteydessä. Neurologisista sairauksista muun muassa Parkinsonin tautiin uskotaan liittyvän motoristen oireiden lisäksi auditiivisen järjestelmän toimintahäiriöitä (Jafari ym., 2020). Yhdessä aiemmassa tutkimuksessa havaittiin, että Parkinsonin tautia sairastavilla oli terveitä verrokkeja enemmän haasteita oman äänenvoimakkuutensa arvioimisessa sekä säätelyssä (Ho ym., 2000). Tutkimuksessa havaittiin, että Parkinsonin tautia sairastavat arvioivat oman äänenvoimakkuutensa usein suuremmaksi, kuin se todellisuudessa oli. Lisäksi Parkinsonin tautia sairastavat kasvattivat äänenvoimakkuuttaan terveitä verrokkeja vähemmän silloin, kun heitä ohjeistettiin puhumaan suuremmalla äänenvoimakkuudella. Liun ja kollegoiden (2012) tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että Parkinsonin tautia sairastavat tuottivat auditiivisen palautteen perusteella suurempia äänen korjausliikkeitä, kuin terveet verrokkit. Tutkimuksessa ehdotettiin, että erot korjausliikkeiden suuruuksissa voisivat johtua Parkinsonin tautia sairastavien auditiivisen palautteen prosessoinnin poikkeavuudesta. Vastaavasti on ehdotettu, että auditiivisen palautteen prosessoinnin poikkeavuus voisi selittää myös Parkinsonin taudissa tyypillistä äänenvoimakkuuden alentumista (Moreau & Pinto, 2018).

1.3. Auditiivisen palautteen rooli puheen prosessoinnissa

Lukuisat aiemmat tutkimukset ovat pyrkineet selvittämään auditiivisen palautteen roolia puheen prosessoinnissa niin kutsutun perturbaatioparadigman avulla (esim. Bauer ym., 2006; Franken ym., 2023; Franken ym., 2018a; Franken ym., 2018b). Tutkimuksissa koehenkilöt äänsivät mikrofoniin pitkää vokaaliääntä ja kuulivat samanaikaisesti kuulokkeista oman äänensä. Kokeen aikana kuulokkeista kuultuun ääneen tuotettiin perturbaatioita eli esimerkiksi sävelkorkeutta muokattiin hetkellisesti ylös- tai alapäin. Tutkimuksissa on havaittu, että tutkittavat muokkaavat ääntään perturbaation jälkeen (esim. Franken ym., 2018a; Franken ym., 2018b; Subramaniam ym., 2018). Kun perturbaatio tuotetaan sävelkorkeuteen, tutkittavat tyypillisesti muokkaavat ääntään vastakkaiseen suuntaan, kuin perturbaatio (eng. *opposing response*). On ehdotettu, että näillä puheen korjausliikkeillä pyritään kompensoimaan tavoitellun ja toteutuneen puheliikkeen eroa (Franken ym., 2018b).

Tutkimustiedon pohjalta oletetaan, että auditiivisen palautteen perusteella tuotetut puheen korjausliikkeet ovat pääosin automaattisia. Aiempien tutkimusten mukaan tutkittavat tekevät puheen korjausliikkeitä silloin, kun eivät tiedä perturbaation mahdollisuudesta (Franken ym., 2018b; Franken ym., 2023) sekä silloin, kun tutkittaville on kerrottu perturbaatioista ennen koetta (Franken ym., 2023; Hain ym., 2000; Hu ym., 2015). Kuitenkin muun muassa Hain ja kumppanit (2000) havaitsivat tutkimuksessaan perturbaation jälkeen tuotetuissa puheen korjausliikkeissä kaksi eri ajallista komponenttia, aikaisen vasteen (eng. *Early vocal response*) ja myöhäisen vasteen (eng. *Later vocal response*). Tutkimuksessa tutkittavia ohjeistettiin tietoisesti muokkaamaan ääntään perturbaation suuntaan (eng. *Following response*). Tutkimuksessa todettiin, että perturbaation kestäessä vähintään 500 ms, puheen korjausliikkeen aikainen vaste ilmeni noin 150 ms kohdalla ja myöhäinen vaste noin 350 ms kohdalla. Tulosten mukaan vaikutti siltä, että tutkittavat pystyivät muokkaamaan ääntään tietoisesti ohjeistuksen mukaan vasta myöhäisessä vasteessa. Hainin ja kumppaneiden (2000) tutkimuksen tulosten perusteella voidaankin olettaa, että puheen korjausliikkeeseen ei voi vaikuttaa tahdonalaisesti aikaisessa vasteessa. Sen sijaan myöhäisessä vasteessa puheen korjausliikkeet saattaisivat olla tahdonalaisesti kontrolloitavissa. Näin ollen on perusteltua analysoida puheen korjausliikkeitä kahdessa eri aikaikkunassa.

Auditiivisen palautteen prosessointia on tarkasteltu myös aivotoiminnan tasolla. Tutkimuksissa on tarkasteltu ulkoisen ärsykkeen prosessoinnin seurauksena syntyviä aiovasteita (Fritz ym., 2007). Tutkimuksissa on tunnistettu, että esimerkiksi N1- ja P2-vasteet aktivoituvat auditiivista informaatiota prosessoitaessa. Negatiivinen N1-vaste reagoi auditiivisen ympäristön muutokseen noin 100 ms auditiivisen ärsykkeen alkamisen jälkeen. N1-vastetta seuraa P2-vaste noin 180 ms kohdalla. On todettu, että P2-vaste kasvaa perturbaation koon mukaan, eli vasteen epäillään heijastavan puheen korjausliikkeen suuruutta (Fritz ym., 2007).

1.4. Tarkkaavaisuuden yhteys puheen tuottoon

Arkielämässä puheen tuottaminen tapahtuu usein tilanteissa, joissa tarkkaavaisuutta saatetaan jakaa usean eri kohteen kesken. Vuorovaikutustilanteen aikana tarkkailemme keskustelukumppanimme reaktioita sekä vallitsevaa keskustelu ympäristöä. Samaan aikaan vastaanotamme puhettamme koskevaa aistipalautetta ja teemme puheeseen tarvittavia muokkauksia vastaanotetun palautteen pohjalta. Tiedetäänkin, että vastaanottamamme aistipalaute on merkittävässä roolissa onnistuneen puheen tuoton kannalta. Edelleen on

kuitenkin epäselvää, kuinka tietoisesti muokkaamme puhettamme aistipalautteen perusteella sekä millainen rooli tarkkaavaisuudella on tässä prosessissa. Näin ollen on perusteltua tarkastella paremmin tarkkaavaisuuden yhteyttä puheen prosessointiin erityisesti kuulopalautteen osalta.

1.4.1. Tarkkaavaisuuden määritelmä

Tarkkaavaisuudella tarkoitetaan huomion suuntaamista johonkin tiettyyn kohteeseen. Toisaalta tarkkaavaisuudella tarkoitetaan myös olennaisen informaation suodattamista aistiärsykkeiden joukosta. Tarkkaavaisuutta tarvitaan tarkoituksenmukaisessa havainnoinnissa, toiminnassa sekä muiden kognitiivisten toimintojen yhteydessä (Vu ym., 2004).

Shiffrinin ja Schneiderin (1977) mukaan tiedonkäsittelytoiminnot voidaan jakaa automaattisiin sekä ohjattuihin toimintoihin. Automaattista tiedonkäsittelyä hyödynnetään silloin, kun jokin taito on hyvin opittu, eikä se vaadi tietoista prosessointia. Automaattinen tiedonkäsittely ei kuormita työmuistikapasiteettia tai tarkkaavaisuutta. Ohjatut toiminnot taas ovat hitaampia ja vaativat työmuistin kapasiteettia sekä tarkkaavaisuutta. Samalla ohjatut toiminnot ovat joustavampia, eli ne eivät esimerkiksi edellytä harjoittelua.

Tarkkaavaisuuteen perustuva tiedonkäsittely voi olla aktiivista tai passiivista (Eysenck & Brysbaert, 2018). Aktiiviseksi kuvattu tarkkaavaisuus liittyy ylhäältä alaspäin suuntautuvaan tietoon (eng. *Top down*) eli yksilön omiin odotuksiin, tietoon ja tavoitteisiin. Aktiivinen tarkkaavaisuus onkin pääosin tahdonalaisesti ohjattavissa. Sen sijaan passiiviseksi kuvattua tarkkaavaisuutta ohjaa alhaalta ylöspäin suuntautuva tieto (eng. *Bottom up*), eli yksilön ulkopuolelta tulevat ärsykkeet. Esimerkiksi ympäristöstä tuleva yllättävä, kova ääni voi kiinnittää huomion ärsykkeeseen, vaikka yksilö ei tietoisesti suuntaisi tarkkaavaisuuttaan tähän. Tällaisen huomiota herättävän ärsykkeen lisäksi myös jollakin tapaa relevantit ärsykkeet voivat kiinnittää yksilön huomion tahattomasti. Tyypillisesti tiedonkäsittelyssä yhdistetään sekä alhaalta ylöspäin että ylhäältä alaspäin suuntautuvaa tietoa.

Tarkkaavaisuus voidaan tietoisesti suunnata tiettyyn kohteeseen. Toisaalta tarkkaavaisuutta voidaan myös jakaa useamman eri kohteen välillä, jolloin viitataan jaettuun tarkkaavaisuuteen. Tarkkaavaisuuden prosessien avulla myös yhdistellään tietoa eri aistimodalityeteista (eng. *Cross-modal attention*), eli esimerkiksi visuaalista sekä auditiivista informaatiota käsitellään

samanaikaisesti (Eysenck & Brysbaert, 2018). Tiedon prosessoinnin tehokkuuteen vaikuttavat suoritettaviin tehtäviin liittyvät aistimodaliteetit ja tehtävän kognitiivinen kuormittavuus (Lavie, 2005). Esimerkiksi kahden yhtä aikaa esitetyn auditiivisen ärsykkeen prosessointi yksityiskohtaisesti on haastavaa, kun taas yksinkertaisten visuaalisen ja auditiivisen tehtävän suorittaminen yhtä aikaa voi onnistua hyvin. Kognitiivisen kuormituksen osalta taas ajatellaan, että mitä haastavampi tehtävä on kyseessä, sitä enemmän tarvitaan tarkkaavaisuuden resursseja.

Aiempien tutkimusten perusteella tiedetään, että selkeätkin ärsykkeet saattavat jäädä kokonaan huomaamatta, kun tarkkaavaisuutta suunnataan johonkin vaativaan tehtävään. Ilmiötä kutsutaan tarkkaamattomuusokeudeksi (eng. *Inattention blindness, inattention deafness*). Esimerkiksi Macdonaldin ja Lavien (2011) tutkimuksessa suuri osa tutkittavista ei havainnut ollenkaan kuulokkeista kuuluvaa, yllättävää ääntä, kun he suorittivat kognitiivisesti kuormittavaa visuaalista tehtävää. Tarkkaavaisuutta voidaankin kuvata rajalliseksi resurssiksi, eli suoritettavan tehtävän kognitiivinen kuormittavuus sekä aistimodaliteetit määrittävät, kuinka paljon tarkkaavaisuuden kapasiteetista jää vapaaksi muihin tarkkaavaisuutta edellyttäviin toimintoihin (Eysenck & Brysbaert, 2018).

1.4.2. Tarkkaavaisuuden vaikutus auditiivisen palautteen prosessointiin

Tarkkaavaisuuden vaikutusta auditiivisen palautteen prosessointiin on tutkittu toistaiseksi muutamissa tutkimuksissa (Hu ym., 2015; Liu ym., 2015; Tumber ym., 2014). Tutkimuksissa on tarkasteltu, vaikuttaako tarkkaavaisuus kuulopalautteen prosessointiin aivotoiminnan tai puheen korjausliikkeiden eli ääntämismäisten tasolla. Seuraavaksi käymme läpi tarkemmin aiempien tutkimusten koeasetelmia ja tuloksia.

Hun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksen koeasetelma muodostui kolmesta eri tilanteesta, jotka tutkittavat suorittivat satunnaisessa järjestyksessä. Ensimmäisessä tilanteessa tutkittavat suorittivat visuaalista työmuistitehtävää ja äänsivät /u/-äännettä, mutta eivät kiinnittäneet perturbaatioihin erityistä huomiota. Toisessa ja kolmannessa tilanteessa tutkittavat suuntasivat äännön aikana tarkkaavaisuuttaan auditiiviseen ärsykkeeseen. Matalan kognitiivisen kuormituksen tilanteessa tutkittavat laskivat perturbaatioiden määrää ääntämisen aikana, ja korkean kognitiivisen kuormituksen tilanteessa tutkittavat laskivat, kuinka monta eri suuruista perturbaatiota kuuluivat. Perturbaatiota tuotettiin eri koetilanteissa 0-5 ja niiden koot vaihtelivat

tutkimuksessa 100, 200 tai 500 sentin (eng. *cents*) välillä. Sentti-asteikon avulla voidaan määrittää kahden sävelen välinen fyysinen etäisyys (Neto ym., 2021). Esimerkiksi 100 senttiä vastaa yhtä (1) sävelaskelta 12-sävelasteikolla.

Hun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa tarkkaavaisuus ei ollut yhteydessä ääntämävasteisiin, mutta sen sijaan tarkkaavaisuus oli yhteydessä aivovasteisiin. Tutkimuksessa P2-vaste oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi visuaalisen tarkkaavaisuuden tilanteessa verrattuna muihin koetilanteisiin. P2-vasteet eivät eronneet verrattessa auditiivisia matalan ja korkean kognitiivisen kuormituksen tehtäviä. N1-vasteet puolestaan eivät eronneet eri koetilanteiden välillä.

Tumberin ja kumppaneiden (2014) tutkimuksen koeasetelmassa oli kaksi eri tilannetta, jotka olivat täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteet. Täyden tarkkaavaisuuden tilanteessa tutkittavat keskittyivät ääntämään tasaisesti /a/-ääntöä. Jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa tutkittavat suorittivat ääntämisen lisäksi visuaalista tehtävää, jonka kognitiivista kuormitustasoa muokattiin ääntöjen välillä. Visuaalisessa tehtävässä tutkittaville esitettiin kirjaimia, joiden joukosta tutkittavien tuli kiinnittää huomiota kahteen kohdeärsykkeeseen. Näitä kohdeärsykeitä olivat musta "X"-kirjain sekä yksittäinen valkoinen kirjain, joka esitettiin mustien kirjainten joukossa. Tutkittavien tuli tunnistaa äännön jälkeen, kumpi kohdeärsykkeistä esitettiin ensin. Kognitiivista kuormitusta säädeltiin kirjainten esitysnopeutta muokkaamalla: 11, 16 tai 37 kirjainta yhden äännön aikana. Tutkimuksessa käytetty perturbaatio oli -50 senttiä. Tumberin ja kumppaneiden (2014) tutkimuksessa todettiin, että tarkkaavaisuuden suuntaaminen pelkkään auditiiviseen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin ääntämävasteisiin silloin, kun kyseinen koetilanne suoritettiin ensimmäisenä. Aivovasteet eri tilanteiden välillä eivät kuitenkaan eronneet toisistaan.

Liun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksen koeasetelmassa oli neljä eri tilannetta: auditiiviseen ärsykkeeseen suunnatun tarkkaavaisuuden tilanne, visuaaliseen ärsykkeeseen suunnatun tarkkaavaisuuden tilanne, jaetun tarkkaavaisuuden tilanne ja kontrollitilanne. Tutkittavat äänsivät kaikissa koetilanteissa /u/-äännettä ja näkivät tietokoneen näytöllä visuaalisen ärsykkeen, punaisena vilkkuvan valon. Lisäksi tutkittavien kuulokkeista kuultuun omaan ääneen tuotettiin perturbaatioita. Tuotettujen perturbaatioiden määrä vaihteli yhden äännön aikana yhdestä neljään. Kontrollitilanteessa tutkittavien ei tarvinnut kiinnittää erityistä huomiota auditiiviseen tai visuaaliseen ärsykkeeseen, kun taas jaetun tarkkaavaisuuden

tilanteessa tutkittavien tuli raportoida kuinka monta kertaa punainen valo vilkkui ja kuinka monta perturbaatiota he havaitsivat. Tutkittavat osallistuivat aina ensimmäisenä kontrollitilanteeseen, jolloin he eivät tienneet myöhemmin suoritettavista tarkkaavaisuuteen liittyvistä tehtävistä. Tutkimuksessa käytetty perturbaatio oli 200 senttiä. Liun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa tarkkaavaisuuden suuntaaminen auditiiviseen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin ääntämistävasteisiin, kun niitä verrattiin visuaalisen tarkkaavaisuuden tilanteeseen. Lisäksi P2-vasteet olivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia auditiivisen tarkkaavaisuuden tilanteessa verrattuna kaikkiin muihin koetilanteisiin.

Edellä kuvattujen tutkimusten tulokset ovat ristiriitaisia keskenään. Toistaiseksi ei ole selvää, missä määrin tarkkaavaisuus vaikuttaa puheen korjausliikkeisiin. Yleisesti oletetaan, että auditiivisen palautteen prosessointi ja sen pohjalta tuotetut puheen korjausliikkeet ovat pääosin automaattisesti tapahtuvia prosesseja, joihin ei tarvitse tietoisesti suunnata tarkkaavaisuutta. Toisaalta on kuitenkin mahdollista, että puheen korjausliikkeeseen voi vaikuttaa tietoisesti myöhäisessä vasteessa eli noin 350 ms perturbaation jälkeen (Hain ym., 2000). Mikäli oletetaan, että puheen korjausliike on osin ohjattavissa oleva prosessitoiminto, myös tarkkaavaisuus voisi olla yhteydessä auditiiviseen prosessointiin ja sitä kautta puheen korjausliikkeisiin. Aiemmissa tarkkaavaisuuden vaikutusta tarkastelevissa perturbaatiotutkimuksissa ei ole sisällytetty aikaikkunoita osaksi koasetelmaa. Tarkastelemalla tutkimuksessamme puheen korjausliikkeitä kahdessa eri aikaikkunassa voimmekin saada lisätietoa tietoisuuden roolista auditiivisen palautteen prosessointiin ja puheen korjausliikkeisiin.

Tiedetään, että tarkkaavaisuus on rajallinen resurssi ja tarkkaavaisuuden jakaminen usean eri osa-alueen kesken voi vaikuttaa suoriutumiseen tehtävissä. Voidaan siis olettaa, että usean eri tehtävän suorittaminen samanaikaisesti vaikuttaa auditiivisen palautteen prosessointiin ja puheen tuottoon. Toisaalta tarkkaavaisuuden suuntaamisen tiettyyn ärsykkeeseen pitäisi parantaa ärsykkeen havaitsemiskykyä. Voisikin olettaa, että auditiiviseen ärsykkeeseen keskittyminen parantaisi virheen erottelukykyä ja kasvattaisi puheen korjausliikettä. Esimerkiksi Liun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa tarkkaavaisuuden suuntaaminen auditiiviseen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin puheen korjausliikkeisiin ja suurempiin P2-vasteisiin aivotoiminnan tasolla.

1.5. Tutkimuskysymys

Aiemman tutkimustiedon perusteella tiedetään auditiivisen palautteen vaikuttavan puheen korjausliikkeisiin. Lisäksi edellä kuvattujen tutkimusten perusteella voidaan päätellä, että tarkkaavaisuus on jollain tapaa yhteydessä auditiivisen palautteen prosessointiin, ja näin mahdollisesti vaikuttaa myös puheen korjausliikkeisiin. Aiempien tutkimusten tulokset ovat olleet osin ristiriitaisia keskenään, joten tarvitaan yhä lisää tutkimuksia, joissa tarkkaavaisuus sisällytetään osaksi koeasetelmaa.

Tässä tutkimuksessa pyrimmekin selvittämään, vaikuttaako tarkkaavaisuus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin eli ääntämisvasteisiin. Toisin sanoen olemme kiinnostuneita siitä, vaikuttaako tarkkaavaisuuden suuntaaminen tai jakaminen useamman ärsykkeen kesken puheen motoriseen kontrolliin. Tutkimme ilmiötä kolmessa eri tilanteessa: tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden sekä jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa. Olemme kiinnostuneita siitä, vaikuttaako tarkkaavaisuutta kuormittavan visuaalisen työmuistitehtävän suorittaminen puheen korjausliikkeiden suuruuteen.

Aiemmissa tutkimuksissa on tarkasteltu tarkkaavaisuuden yhteyttä puheen korjausliikkeisiin osin erilaisilla koeasetelmilla, joita kävimme lyhyesti läpi edellisessä luvussa. Koeasetelmamme merkittävin ero verrattuna aiempiin tutkimuksiin on perturbaation tuottaminen vain yhden kerran tutkimuksen ensimmäisessä koetilanteessa. Esimerkiksi Liun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa perturbaatioita tuotettiin useita kertoja kontrollitilanteen aikana, kun taas meidän tutkimuksessamme perturbaatio tuotetaan vain yhden kerran kontrollitilannetta vastaavan tarkkaamattomuustilanteen lopussa. Toistamalla perturbaation vain yhden kerran pyrimme varmistamaan, etteivät tutkittavat ala kiinnittää huomiota niihin, ja ensimmäinen perturbaatio säilyy odottamattomana. Tutkittavat siis keskittyvät tarkkaamattomuustilanteessa vain visuaalisen työmuistitehtävän suorittamiseen, jolloin ensimmäinen perturbaatio tulee täysin yllättäen tarkkaavaisuuden ulkopuolelta. Aiemmissa kokeissa tutkittavat ovat saattaneet alkaa tarkkailla omaa puhettaan aktiivisemmin useita kertoja tuotettujen perturbaatioiden seurauksena. Kuitenkin oletettavasti luonnollisissa keskustelutilanteissa omaa puhetta ei tarkkailla aktiivisesti, joten meidän koeasetelmamme tuottaa tietoa siitä, miten auditiiviseen palautteeseen reagoidaan luonnollisemmassa tilanteessa.

Aiemmissa tarkkaavaisuuden roolia käsittelevissä tutkimuksissa perturbaation koko on ollut -50, +100, +200 tai +500 senttiä. Lisäksi esimerkiksi Hun ja kollegoiden (2015) tutkimuksessa

perturbaation koko vaihteli +100, +200 tai +500 sentin välillä. Tutkimuksessamme tuotetun perturbaation koko on -75 tai +75 senttiä. Esimerkiksi Salosen ja Tuomiston (2024) Pro Gradu –tutkielmassa tutkittavat tunnistivat 65 sentin perturbaatiot keskimäärin yli 90 % tarkkuudella. Näin ollen voimme olettaa, että 75 sentin perturbaatio on riittävän suuri aiheuttamaan puheen korjausliikkeitä, mutta samalla riittävän pieni, jotta tutkittava ei automaattisesti oleta perturbaation johtuvan ulkopuolisesta tekijästä.

Tutkimuskysymyksemme on seuraava:

- Vaikuttaako tarkkaavaisuus perturbaation jälkeen tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin?

Aiemman tutkimustiedon perusteella oletamme, että tutkittavat muokkaavat ääntään perturbaation jälkeen kaikissa koetilanteissa. Oletamme, että puheen korjausliikkeet eli ääntämismvasteet eivät eroa toisistaan eri koetilanteiden välillä aikaisessa vasteessa. Lisäksi oletamme, että tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteiden ääntämismvasteet eroavat toisistaan myöhemmässä vasteessa.

Tutkimuksemme tuottaa arvokasta tietoa tarkkaavaisuuden vaikutuksesta audittiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Tutkimus tarkastelee, voidaanko audittiivisen palautteen monitoroinnilla vaikuttaa puheen korjausliikkeisiin. Tätä tietoa voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa audittiivisen palautteen prosessointi ja puheen tuotto ovat jollain tapaa heikentyneitä. Tyypillisen prosessin tuntemista voidaan hyödyntää esimerkiksi puheterapeuttisten kuntoutusmenetelmien suunnittelussa ja kehittämisessä.

2 Menetelmät

Tämä tutkimus liittyy Suomen Akatemian rahoittamaan tutkimusprojektiin: ”Oman puheen metakognitiivinen arviointi Parkinsonin tautia sairastavilla ja neurologisesti terveillä ihmisillä: Interventiotutkimus”. Tässä tutkimusprojektin osassa selvitetään, vaikuttaako tarkkaavaisuus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Olemme tässä tutkimuksessa kiinnostuneita behavioraalisten vastausten sijaan tarkkaavaisuuden vaikutuksesta ääntämävasteisiin. Tutkimusprojektissa kerätään aineisto kahteen eri Pro gradu –tutkielmaan. Tämä tutkimus perustuu kokeen tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteista kerättävään aineistoon.

2.1. Tutkittavat

Tutkimukseen osallistui yhteensä 82 henkilöä. Tutkittavista 13 jouduttiin poistamaan lopullisesta aineistosta iän, puuttuvien vastausten tai poikkeavien tulosten vuoksi. Lopulliseen aineistoon jäi tutkittavia yhteensä 69. Tutkittavista 20 (29 %) oli miehiä ja 49 (71 %) oli naisia. Tutkimukseen osallistuneet olivat iältään 20–35-vuotiaita (24.26 ± 3.17 vuotta). Enemmistö tutkittavista oli Turun yliopiston opiskelijoita. Suosituimpia opiskelualoja olivat logopedia (21), valtio-oppi (7), sekä psykologia (6). Tutkimukseen osallistumisen edellytyksenä oli terve ääntöelimistö, normaali kuulo sekä riittävä suomen kielen taito. Poissulkukriteerejä osallistumiselle olivat kuuloon ja puheeseen vaikuttavat neurologiset sairaudet. Esimerkiksi ADHD ei ollut este tutkimukseen osallistumiselle. Lisäksi poissulkukriteerinä oli osallistuminen aiempaan vastaavanlaiseen tutkimukseen. Tutkittavat rekrytoitiin Turun yliopiston koehenkilövelvollisuusjärjestelmän ja sähköpostilistan kautta. Rekrytoinnissa hyödynnettiin lisäksi tutkijoiden omia verkostoja. Tutkimukseen osallistumisesta oli mahdollista saada 30 minuuttia psykologian pää- ja sivuaineopintojen koehenkilösuoritusta.

2.2. Laitteisto

Tutkimus suoritettiin hiljaisessa laboratoriohuoneessa Turun yliopiston tiloissa. Tutkija oli koetilanteen ajan paikalla, ja varmisti laitteiden toimivuuden sekä kokeen sujuvan etenemisen. Tutkimukseen osallistuneet istuivat alle metrin etäisyydellä 27 tuumaisesta näytöstä (Dell LED display). Tutkittaville annettiin numeronäppäimistö (Cedrus response pad), jonka avulla he vastasivat kokeen aikana esitettyihin kysymyksiin. Tutkittavien tuottama vokaaliääntö

tallennettiin MOTU-äänikorttiin kytketyllä mikrofoniin (Audio Technica AT2035). Tutkittavia ohjeistettiin pysymään riittävän lähellä, noin 2–3 cm päässä mikrofonista. Tutkija varmisti, että tutkittavan äänenvoimakkuus säilyi riittävän suurena kokeen ajan. Tutkittava kuuli tuottamansa äänisignaalin kuulokkeista (Beyerdynamic DT 770M 80ohm) omalla äänenvoimakkuudellaan. Kuulokkeista kuultuun ääneen tuotettiin taustakohinaa, joka oli voimakkuudeltaan noin 68 dB. Taustakohinalla pyrittiin minimoimaan ympäristöstä tulevien äänten vaikutus kokeen suorittamiseen.

Kokeen aikana tuotetut sävelkorkeuden perturbaatiot yhdistettiin tutkittavan kuulokkeista kuulemaan äänisignaaliin MATLAB R2022a -ohjelmistolla. Tarkkaamattomuuden tilanteessa tuotettiin yksi +75 sentin perturbaatio. Tarkkaamattomuustilanteessa perturbaatio tuotettiin aina ylöspäin, jotta kaikki koehenkilöt olivat vertailukelpoisia keskenään ja saimme minimoitua tarvittavan otoksen suuruuden. Jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden tilanteissa tuotettiin satunnaisesti -75 ja +75 sentin perturbaatioita. Yhden perturbaation kesto oli 200 millisekuntia ja ajoitus oli satunnaisesti 1, 1.2 tai 1.4 sekuntia ääntämisen aloituksen jälkeen. Jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden tilanteissa kolmasosassa trialeista ei tuotettu lainkaan perturbaatiota. Perturbaatioiden tuottamisessa hyödynnettiin Audapter-ohjelmaa. MATLAB R2022a -ohjelmisto tallensi akustista informaatiota tutkittavien tuottamista vokaaliäännöistä.

2.3. Kysymykset ja vastausasteikot

Ennen kokeen aloitusta tutkittavat täyttivät taustakyselylomakkeen, jolla selvitettiin osallistujan ikä, sukupuoli, opiskeluala tai ammatti sekä aiempi musiikkitausta. Kokeen aikana osallistujille esitettiin kysymyksiä visuaaliseen työmuistitehtävään sekä vokaaliääntöön liittyen. Visuaaliseen työmuistitehtävään liittyen tutkittavilta kysyttiin, kuinka monta kertaa rasti vaihtui punaiseksi. Tutkittavaa ohjeistettiin vastaamaan kysymykseen painamalla numeronäppäintä väliltä 1–6.

Ääntöä koskevilla kysymyksillä pyrittiin selvittämään, havaitsivatko tutkittavat perturbaatioita sekä kokivatko he muokanneensa ääntään vokaaliäännön aikana. Tarkkaamattomuuden koetilanteen jälkeen tuli lyhyt haastattelu. Tutkittavalta kysyttiin ensin: “Oliko viimeisessä äännössä jotain aiemmasta poikkeavaa?”. Mikäli tutkittava vastasi tähän kysymykseen myönteisesti, esitettiin hänelle vielä jatkokysymys: ”Mitä poikkeavaa?”. Kysymys esitettiin sanallisesti, sillä kokeen ensimmäinen perturbaatio tuli niin yllättäen, että tutkittavat eivät olisi välttämättä osanneet vastata kysymykseen, mikäli se olisi esitetty heti tietokoneen näytöllä.

Sanallisen kysymyksen jälkeen tietokoneen näytöllä esitettiin kysymykset: “Huomasitko, että ääntäsi muutettiin? Kuinka varma olet vastauksestasi?”. Tähän tutkittava vastasi ohjeiden mukaan nappia painamalla. Vastausasteikko oli 6-portainen, jossa 3 kuvasti vastausta “olen varma, että kyllä” ja -3 kuvasti vastausta “olen varma, että ei”. Kokeessa tutkittavan vastausvarmuus selvisi kysymykseen vastatessa.

Perturbaatiota koskevan kysymyksen jälkeen tutkittavalta kysyttiin: “Koetko, että muutit omaa ääntäsi? Kuinka varma olet vastauksestasi?”. Tähänkin kysymykseen tutkittava vastasi 6-portaisen asteikon mukaan nappia painamalla. Vastausasteikossa 3 kuvasti vastausta “olen varma, että kyllä” ja -3 kuvasti vastausta “olen varma, että en”. Tässä tutkimuksessa emme tarkastele koehenkilöiden vastauksia liittyen perturbaation havaitsemiseen, vaan se on tutkimusprojektiin liittyvän toisen Pro gradun aihe. Samat kysymykset sekä vastausasteikko jatkuivat kokeen täyden tarkkaavaisuuden sekä jaetun tarkkaavaisuuden tilanteissa.

2.4. Kokeen kulku

Tutkimus toteutettiin yhden käynnin aikana ja sen kesto oli noin 30 minuuttia. Kokeessa oli kolme eri vaihetta: tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanne. Jokaisessa koetilanteessa tutkittavien tehtävänä oli ääntää noin 3–4 sekunnin ajan /a/-äännettä. Tutkittaville mallinnettiin äännön pituus tietokoneen näytölle. Ääntö aloitettiin, kun näytölle ilmestyi teksti “NYT!” ja lopetettiin, kun näytölle ilmestyi ensimmäinen kysymys. Tutkittava äänsi mikrofoniin sekä kuuli kuulokkeista oman äänensä reaaliaikaisesti. Tutkimuksen tarkkaamattomuuden sekä jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa tutkittavat suorittivat vokaaliäännön lisäksi visuaalista työmuistitehtävää. Kokeen visuaalisessa työmuistitehtävässä tutkittavat seurasivat tietokoneen näytöllä välkkyvää mustaa rastia. Heidän tehtävänsä oli laskea, kuinka monta kertaa musta rasti vaihtuu punaiseksi äännön aikana. Yhden trialin eteneminen on esitetty Kuvassa 1.

Kokeen alussa tutkittava sai sekä sanallisen että kirjallisen ohjeistuksen kokeen suorittamisesta. Ohjeiden kertomisen yhteydessä tutkija antoi myös lyhyen mallisuorituksen vokaaliäännöstä. Ennen varsinaista koetta, tutkittava suoritti lyhyen harjoituskierron, jonka avulla varmistettiin, että tutkittava on ymmärtänyt, mitä kokeessa on tarkoitus tehdä.

Kaikki tutkittavat suorittivat ensimmäisenä tarkkaamattomuuden koetilanteen. Tarkkaamattomuuden tilanteessa ääntöjä tehtiin yhteensä kuusi kappaletta. Viimeisessä

äännessä osalle tutkittavista tuotettiin perturbaatio kuulokkeista kuultuun ääneen, eli äänenkorkeutta muokattiin keinotekoisesti ylöspäin. Tässä vaiheessa koetta tutkittavat eivät tienneet perturbaation mahdollisuudesta. Tutkittaville ei siis tässä vaiheessa mainittu perturbaatioista, vaan he olettivat visuaalisen työmuistitehtävän olevan pääasiallinen koetehtävä. Tutkimuksessa kontrolliryhmänä toimivat ne tutkittavat, joille ei tuotettu perturbaatiota viimeisessä äännessä. Kontrolliryhmä on olennainen osa tutkimusprojektiin liittyvän toisen opiskelijaparin gradututkimusta. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan hyödynnetty kontrolliryhmän aineistoa, vaan samat tutkittavat suorittivat tutkimuksen jokaisen eri vaiheen.

Kokeen tarkkaamattomuustilanteen jälkeen tutkittaville esitettiin viimeistä vokaaliääntöä koskevia kysymyksiä. Näiden tarkoituksena oli selvittää, onko tutkittava havainnut perturbaatiota tai muutosta äänentuotossaan. Tutkittavalta kysyttiin ensin sanallisessa muodossa: “Oliko viimeisessä äännessä jotain aiemmasta poikkeavaa?”. Kysymyksen tarkoituksena oli selvittää, huomasiko tutkittava perturbaatiota. Sanallisesti esitetyn kysymyksen jälkeen tutkittavalle kerrottiin tarkemmin tutkimuksen tarkoituksesta sekä siitä, että viimeisen äännön aikana tutkittavista osan ääntä muokattiin keinotekoisesti. Tämän paljastuksen jälkeen tutkittavalta kysyttiin vielä kirjallisessa muodossa: “Huomasitko, että ääntäsi muokattiin?” ja “Koetko, että muutit omaa ääntäsi?”.

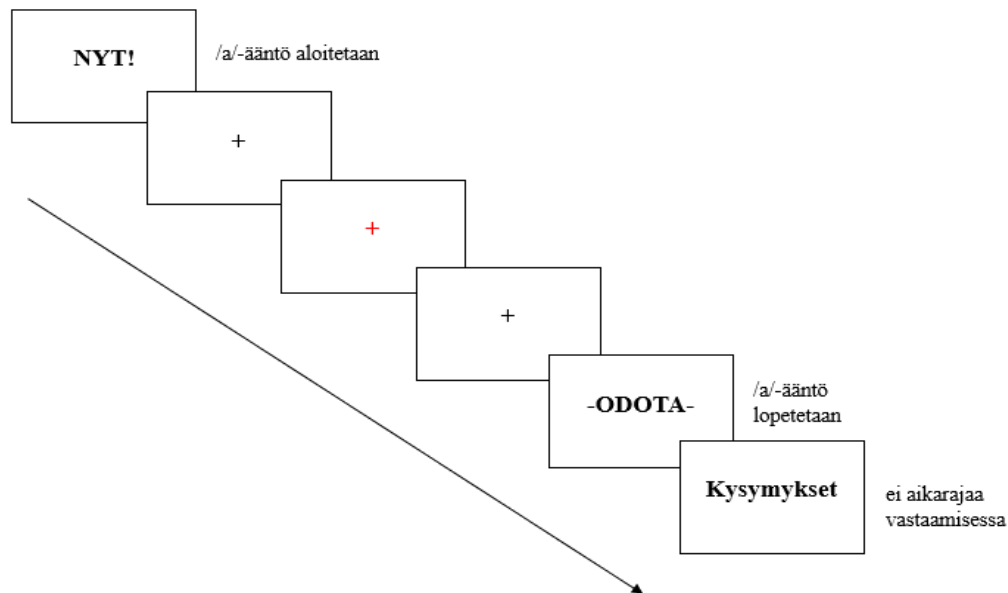
Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa oli kaksi eri osiota, jotka tutkittavat suorittivat satunnaisessa järjestyksessä. Täyden tarkkaavaisuuden koetilanteessa tutkittava jatkoi vokaaliääntöjä samalla tavalla, kuin kokeen tarkkaamattomuuden tilanteessa. Tässä vaiheessa tutkittavalle kerrottiin, että ääntöjen aikana tuotetaan satunnaisesti perturbaatioita. Perturbaatioita tuotettiin satunnaisesti ylös- ja alaspäin. Täyden tarkkaavaisuuden tilanteessa tutkittavan ei tarvinnut laskea punaisten rastien määrää, eikä visuaalisista ärsykkeistä esitetty kysymyksiä. Ääntöjä suoritettiin yhteensä 20, ja tutkittavalta kysyttiin jokaisen äännön jälkeen kysymykset: “Huomasitko, että ääntäsi muokattiin? Miten varma olet vastauksestasi?” ja “Koetko, että muutit omaa ääntäsi? Miten varma olet vastauksestasi?”.

Jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteessa tutkittava suoritti samaan aikaan vokaaliääntöä ja visuaalista työmuistitehtävää. Tutkittavalle kerrottiin jälleen, että ääntöjen aikana tuotetaan satunnaisesti perturbaatioita. Ääntöjä tuotettiin yhteensä 20 kappaletta. Tutkittavalta kysyttiin jokaisen äännön jälkeen kysymyksiä visuaalisesta työmuistitehtävästä sekä äännöstä. Visuaalista työmuistitehtävää koskeva kysymys esitettiin ensin: “Kuinka monta kertaa rasti

vaihtui punaiseksi?”. Perturbaatiota koskevat kysymykset esitettiin seuraavaksi: “Huomasitko, että ääntäsi muokattiin? Miten varma olet vastauksestasi” ja “Koetko, että muutit omaa ääntäsi? Miten varma olet vastauksestasi”.

Kuva 1.

Kuvassa esitetty yhden trialin eteneminen. Tutkittavan vastattua ääntöä ja visuaalista työmuistitehtävää koskeviin kysymyksiin, uusi kierros alkoi välittömästi. Tarkkaamattomuuden tilanteen viimeisessä toistossa tutkittava kuuli yhden 200 ms pituisen perturbaation. Jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden tilanteissa 200 ms perturbaatioita tuotettiin satunnaisesti 1, 1.2 tai 1.4 s äännön aloituksen jälkeen.



2.5. Tilastolliset menetelmät

Toteutimme tutkimuksemme tilastolliset analyysit IBM SPSS Statistics (Versio 29) -ohjelmistolla. Analyyseissamme riippuva muuttuja on puheen korjausliike eli ääntämisvaste. Ääntämisvasteella on tutkimuksessa kaksi eri tasoa: aikainen vaste ja myöhäinen vaste. Tutkimuksessamme aikaisella vasteella tarkoitetaan 200–400 ms perturbaation jälkeen tuotettua puheen korjausliikettä ja myöhäisellä vasteella puolestaan tarkoitetaan 500–700 ms perturbaation jälkeen tuotettua puheen korjausliikettä. Ensimmäinen riippumaton muuttuja on tarkkaavaisuus, jolla on kolme eri tasoa: tarkkaamattomuuden tilanne, jaetun tarkkaavaisuuden tilanne sekä täyden tarkkaavaisuuden tilanne. Toinen riippumaton muuttuja on perturbaation suunta eli onko perturbaatio tuotettu ylös- vai alaspäin. Käytimme analyyseissamme ylöspäin suuntautuneiden perturbaatioiden osalta peilattuja arvoja. Näin pystyimme vertailemaan ylös-

ja alaspäin suuntautuneiden perturbaatioiden jälkeen tuotettujen puheen korjausliikkeiden suuruuseroja. Tutkittavat suorittivat tarkkaamattomuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteissa vokaaliäännön lisäksi visuaalista työmuistitehtävää. Tarkastelimme tutkittavien eroja visuaalisessa tehtävässä suoriutumisesa parittaisella t-testillä.

Toteutimme puheen korjausliikkeitä tarkastellessa kaksi erillistä analyysia. Ensimmäisessä analyysissa tarkastelimme tarkkaavaisuuden vaikutusta puheen korjausliikkeiden aikaiseen ja myöhäiseen vasteeseen kaikissa koetilanteissa. Sisällytimme ensimmäiseen analyysiin vain ne tutkittavat, joilla tarkkaamattomuuden koetilanteessa ääneen tuotettiin perturbaatio. Koska tarkkaamattomuuden tilanteessa tuotettiin pelkästään ylöspäin suuntautuneita perturbaatioita, otimme analyysiin mukaan myös täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteissa ylöspäin tuotetut perturbaatiot. Tutkimme toistettujen mittausten kaksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA, tarkkaavaisuus (3) x aikaikkuna (2)), vaikuttaako tarkkaavaisuus puheen korjausliikkeisiin kahdessa eri aikaikkunassa.

Toisessa analyysissa tarkastelimme, vaikuttavatko perturbaation suunta sekä tarkkaavaisuus tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Tähän analyysiin sisällytimme ylöspäin ja alaspäin tuotetut perturbaatiot täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa. Analyysiin ei sisällytetty tarkkaamattomuuden koetilannetta, sillä siinä ei tuotettu lainkaan alaspäin suuntautuneita perturbaatioita. Jättämällä tarkkaamattomuuden koetilanteen pois toisesta analyysistä, pystyimme hyödyntämään kaikkien tutkittavien aineistoa. Tutkimme tarkkaavaisuuden sekä perturbaation suunnan vaikutusta puheen korjausliikkeen aikaiseen ja myöhäiseen vasteeseen useampisuuntaisella toistettujen mittausten varianssianalyysillä (ANOVA, tarkkaavaisuus (2) x perturbaation suunta (2) x aikaikkuna (2)).

2.6. Tutkimuksen eettisyys

Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja osallistuminen oli mahdollista keskeyttää missä tahansa tutkimuksen vaiheessa. Tutkimukseen osallistuneet saivat sekä sanallisen että kirjallisen selvityksen tutkimuksen tarkoituksesta ja sisällöstä. Kaikki tutkittavista allekirjoittivat kirjallisen suostumuslomakkeen ennen tutkimuksen aloittamista. Tutkimuksen aikana kerättyä aineistoa käsiteltiin hyvien eettisten periaatteiden mukaisesti luottamuksellisesti. Suostumuslomakkeita sekä taustakyselylomakkeita säilytettiin omissa erillisissä kirjekuorissa, lukollisessa laatikossa. Tutkimusprojektille on myönnetty eettinen lupa (VARHA/485/13.02.02/2023) Varsinais-Suomen hyvinvointialueelta.

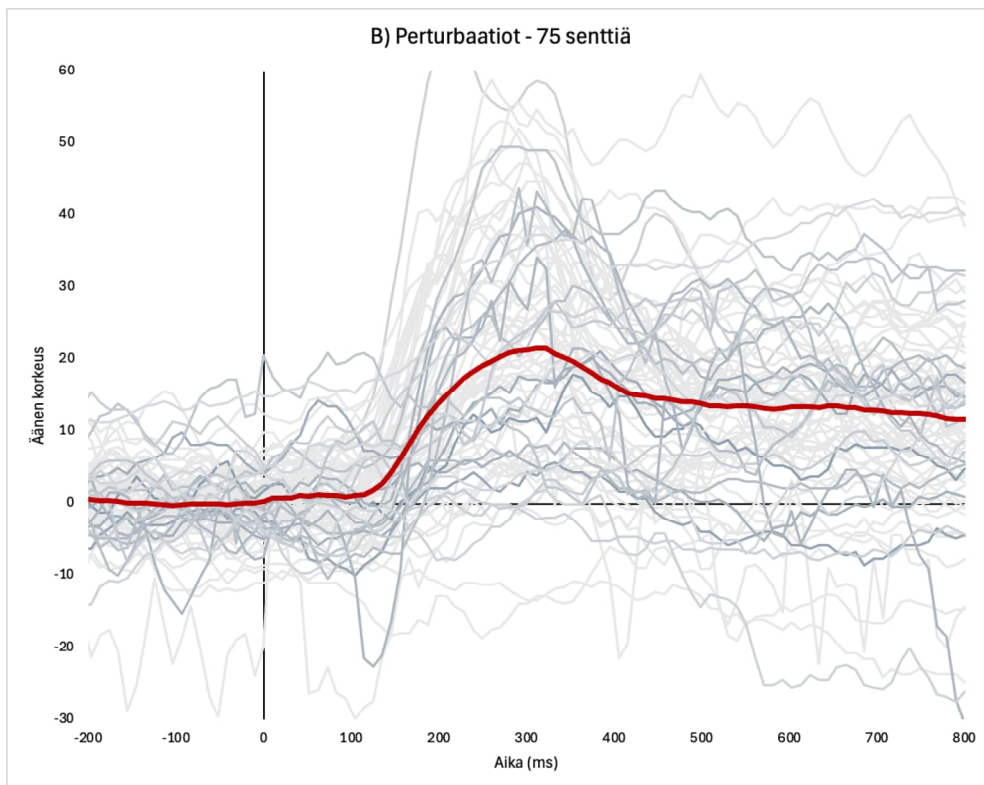
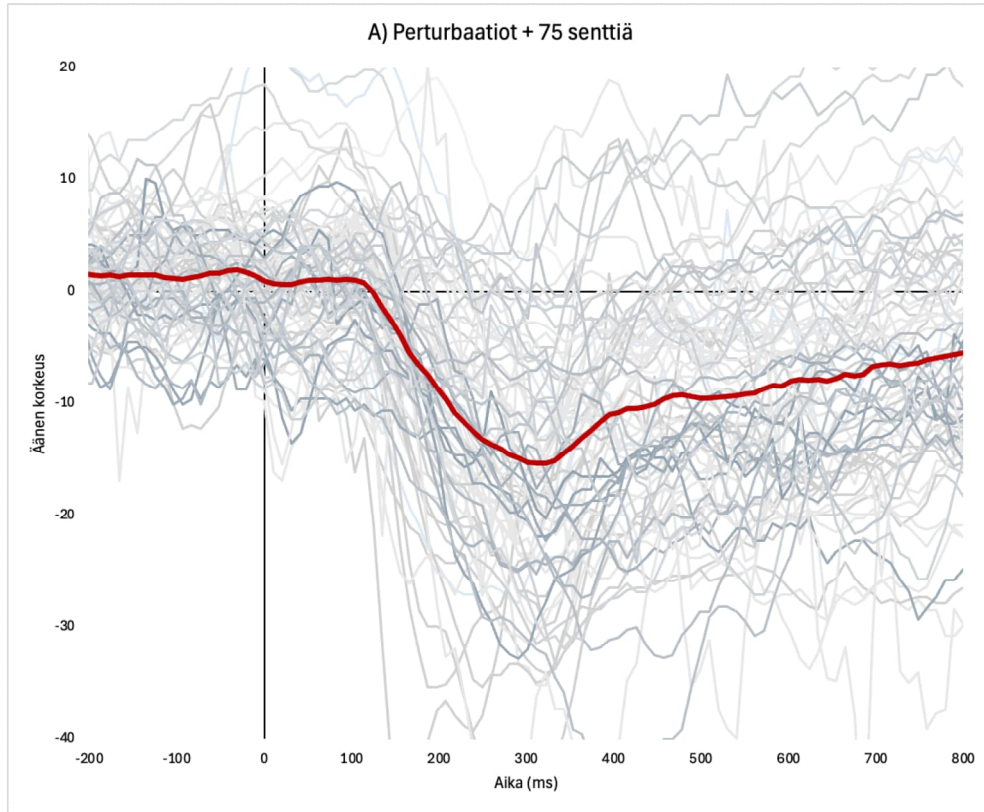
3 Tulokset

Tässä tutkimuksessa olimme kiinnostuneita tarkkaavaisuuden vaikutuksesta puheen korjausliikkeisiin eli ääntämismuutoksiin. Tutkimuskysymyksemme oli, vaikuttaako tarkkaavaisuus perturbaation jälkeen tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Tutkittavat suorittivat tarkkaamattomuustilanteessa ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa vokaaliäännön lisäksi visuaalista työmuistitehtävää. Vertailimme ensin tutkittavien suoriutumista visuaalisessa tehtävässä parittaisella t-testillä. Visuaalisen tehtävän keskimääräinen vastaustarkkuus tutkittavien kesken oli tarkkaamattomuustilanteessa 91.30 % (± 13.29 %) ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa 79.93 % (± 14.96 %). Tutkittavat suoriutuivat visuaalisesta tehtävästä tilastollisesti merkitsevästi heikommin jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa, $t(68) = 5.98, p < .001, d = .72$.

Puheen korjausliikkeiden osalta testasimme ensin yksittäisten otosten t-testillä, muuttivatko tutkittavat ääntään perturbaatioiden jälkeen kaikissa koetilanteissa. Tulosten mukaan tutkittavat muuttivat ääntään perturbaatioiden jälkeen ($p < .05$). Seuraavaksi analysoimme puheen korjausliikkeitä varianssianalyysillä. Käytimme analyysissämme ylöspäin suuntautuneiden perturbaatioiden osalta peilattuja arvoja, eli kerroimme nämä arvot -1 :llä. Näin pystyimme vertailemaan ylös- ja alaspäin suuntautuneiden perturbaatioiden jälkeen tuotettujen puheen korjausliikkeiden todellisia suuruuseroja. Oletuksena oli, että suurin osa tutkittavista tekee puheen korjausliikkeen päinvastaiseen suuntaan, kuin perturbaatio (eng. *Opposing response*). Oletuksemme mukaisesti tutkittavat muokkasivat ääntään pääosin perturbaatiota vastakkaiseen suuntaan, minkä voi havaita myös kuvista 2A ja 2B.

Kuva 2

Kuvissa esitetty puheen korjausliikkeet aikaan (ms) suhteutettuna. Perturbaatio tuotettu 0 ms kohdalla. Punainen viiva kuvaa kaikkien tutkittavien keskimääräistä puheen korjausliikettä.

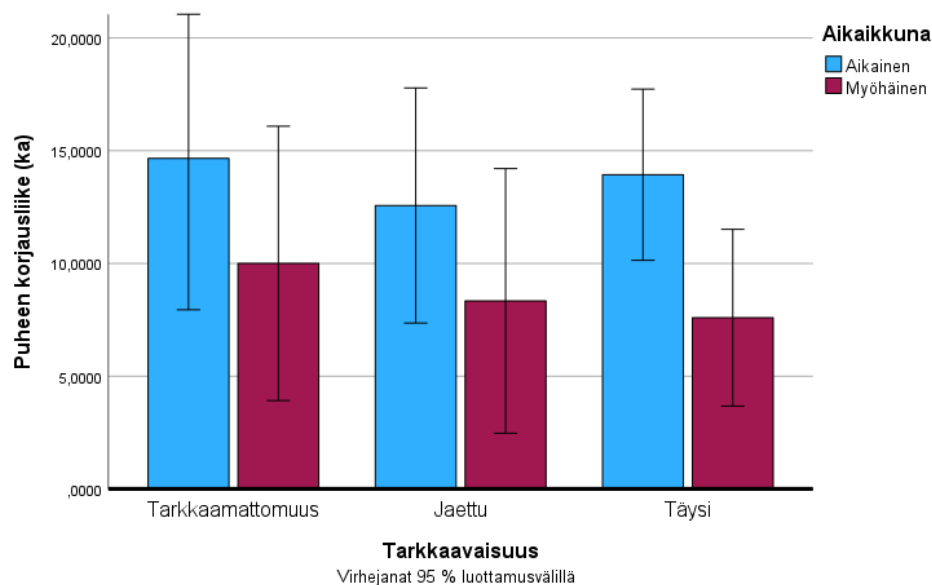


Ensimmäisessä analyysissä vertailimme varianssianalyysillä puheen korjausliikkeiden suuruutta tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa kahdessa eri aikaikkunassa. Analyysissä riippumaton muuttuja oli tarkkaavaisuus ja riippuva muuttuja oli puheen korjausliike kahdessa eri aikaikkunassa. Tähän analyysiin sisällytettiin vain ne koehenkilöt, joille tuotettiin perturbaatio tarkkaamattomuustilanteessa. Näitä koehenkilöitä oli yhteensä 30, joista naisia oli 23 (74 %) ja miehiä 7 (26 %) ja he olivat iältään 20-35-vuotiaita ($24,65 \pm 3,08$).

Analyysissä tarkkaavaisuus ei täyttänyt Mauchlyn testin sfäärisyysoletusta ($p < .05$), joten sen arvot ovat Greenhouse-Geisser korjattuja. Analyysin perusteella aikaikkunalla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus puheen korjausliikkeiden suuruuteen, $F(1.000,29.000) = 9.46$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .246$, kun taas tarkkaavaisuus ei vaikuttanut puheen korjausliikkeiden suuruuteen $F(1.667,48.352) = .22$, $p = .760$, $\eta_p^2 = .008$. Aikaikkunan ja tarkkaavaisuuden yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, $F(1.404,40.730) = .28$, $p = .676$, $\eta_p^2 = .010$. Kuvasta 3 nähdään, että aikaisessa ikkunassa puheen korjausliikkeet ovat keskimäärin hieman suurempia.

Kuva 3.

Pylväsdiagrammi puheen korjausliikkeiden keskimääräisestä suuruudesta eri tarkkaavaisuustilanteissa. Perturbaatiot tuotettu ylöspäin.

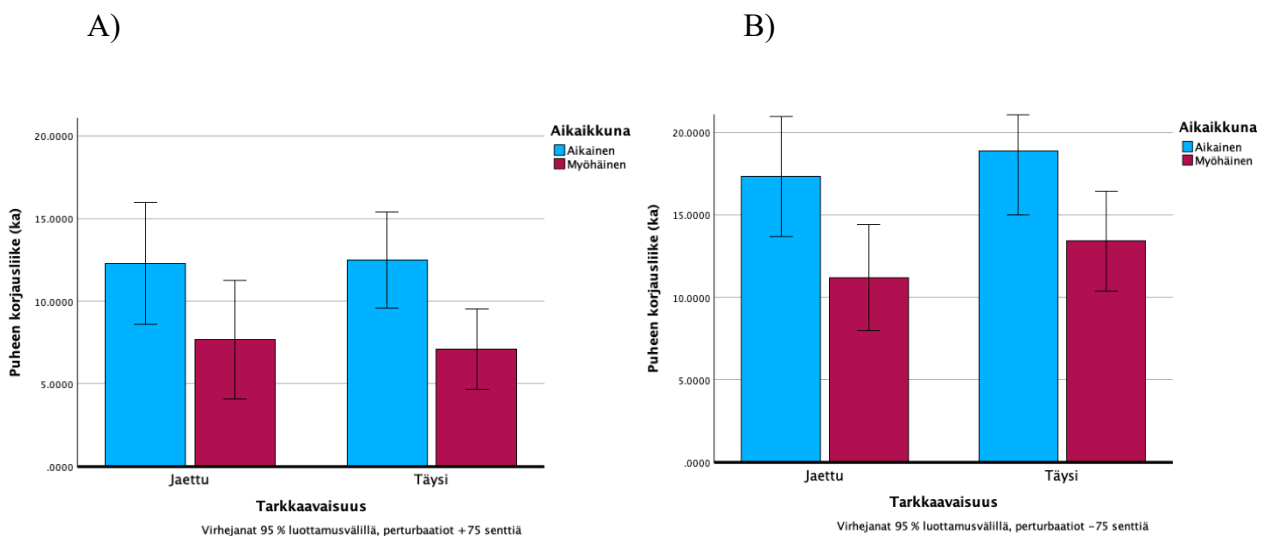


Tarkastelimme vielä koko aineistolla, vaikuttavatko tarkkaavaisuus ja perturbaation suunta puheen korjausliikkeiden suuruuteen kahdessa eri aikaikkunassa. Suoritimme useampisuuntaisen toistettujen mittausten varianssianalyysin, jossa riippumattomia muuttujia olivat tarkkaavaisuus ja perturbaation suunta, ja riippuva muuttuja oli puheen korjausliike kahdessa eri aikaikkunassa. Tässäkin analyysissä ylöspäin suuntautuneiden perturbaatioiden jälkeen tuotettujen puheen korjausliikkeiden arvot olivat peilattuja.

Analyysin perusteella tarkkaavaisuustilanteilla ei ollut vaikutusta puheen korjausliikkeiden suuruuteen $F(1,68) = .74$, $p = .393$, $\eta_p^2 = .01$. Puheen korjausliikkeet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eri aikaikkunoissa, $F(1,68) = 37.67$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .356$. Perturbaation suunta vaikutti tilastollisesti merkitsevästi puheen korjausliikkeen suuruuteen, $F(1,68) = 6.48$, $p = .013$, $\eta_p^2 = .09$. Mitkään yhdysvaikutukset eivät olleet lähellä tilastollista merkitsevyyttä, kaikkien yhdysvaikutusten $p > .321$. Kuvien 4A ja 4B perusteella voidaan havaita, että tutkittavat tekivät keskimäärin suurempia puheen korjausliikkeitä ensimmäisessä aikaikkunassa. Lisäksi voidaan havaita, että puheen korjausliikkeet olivat keskimäärin suurempia alaspäin tuotettujen perturbaatioiden jälkeen.

Kuva 4.

Pylväsdiagrammeissa kuvattu puheen korjausliikkeiden keskimääräinen suuruus jaetussa ja täydessä tarkkaavaisuustilanteessa.



4 Pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako tarkkaavaisuus auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Tutkimuksemme tulosten perusteella puheääntä muokataan kuulopalautteen pohjalta. Kuulopalautteen jälkeen tuotetuissa puheen korjausliikkeissä havaittiin ajallisesti kaksi eri vastetta, aikainen ja myöhäinen vaste. Tutkittavat tuottivat keskimäärin suurempia puheen korjausliikkeitä aikaisessa vasteessa. Tutkimuksessamme tarkkaavaisuudella ei havaittu olevan vaikutusta tuotettujen puheen korjausliikkeiden suuruuteen, mutta sen sijaan tarkkaavaisuus vaikutti visuaalisessa työmuistitehtävässä suoriutumiseen.

4.1. Tulokset

Tutkimuskysymyksemme oli, vaikuttaako tarkkaavaisuus perturbaation jälkeen tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Ensimmäinen hypoteesimme oli, että tutkittavat muokkaavat ääntään auditiivisen palautteen pohjalta kaikissa eri koetilanteissa. Hypoteesin mukaisesti tutkittavat muokkasivat ääntään tarkkaamattomuuden, jaetun tarkkaavaisuuden ja täyden tarkkaavaisuuden koetilanteissa. Puheen korjausliikkeitä tuotettiin silloin, kun tutkittavat eivät olleet vielä tietoisia perturbaation mahdollisuudesta. Tämä tulos on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (Franken ym., 2018b; Franken ym., 2023). Lisäksi puheen korjausliikkeitä tuotettiin täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa, joissa tutkittaville oli kerrottu ennen koetilanteiden alkua niiden aikana tuotetuista perturbaatioista. Myös tämä tutkimustulos on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (Franken ym., 2023; Hain ym., 2000; Hu ym., 2015).

Toinen hypoteesimme oli, että puheen korjausliikkeet eroavat toisistaan aikaisessa ja myöhäisessä vasteessa. Tutkimuksen tulosten perusteella puheen korjausliikkeessä vaikuttaa olevan kaksi eri ajallista komponenttia, aikainen ja myöhäinen vaste. Tutkittavat tuottivat keskimäärin suurempia puheen korjausliikkeitä aikaisessa kuin myöhäisessä vasteessa. Tutkimustulos on linjassa ainakin yhden aiemman tutkimuksen kanssa (Hain ym., 2000).

Viimeinen hypoteesimme oli, että tarkkaamattomuuden, täyden tarkkaavaisuuden ja jaetun tarkkaavaisuuden tilanteiden puheen korjausliikkeet eroavat toisistaan myöhäisessä vasteessa. Vastoin hypoteesia, puheen korjausliikkeiden ääntämistä eivät eronneet toisistaan eri koetilanteissa. Puheäänien tuotetut korjausliikkeet olivat siis keskimäärin yhtä suuria riippumatta siitä, kiinnitettiinkö tarkkaavaisuus auditiiviseen, visuaaliseen vai sekä

auditiiviseen että visuaaliseen ärsykkeeseen. Näin ollen tutkimuksessamme tarkkaavaisuudella ei ollut vaikutusta auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin.

Aiemmissa tarkkaavaisuuden roolia tarkastelevissa tutkimuksissa on saatu osin ristiriitaisia tuloksia. Esimerkiksi Hun & kumppaneiden (2015) tutkimuksessa tarkkaavaisuudella ei havaittu olevan yhteyttä puheen korjausliikkeisiin, kun taas Liun ja kollegoiden (2015) tutkimuksessa tarkkaavaisuuden suuntaaminen auditiiviseen palautteeseen oli yhteydessä suurempiin puheen korjausliikkeisiin. Lisäksi Tumberin ja kollegoiden (2014) tutkimuksessa tarkkaavaisuuden suuntaaminen pelkkään auditiiviseen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin ääntämävasteisiin silloin, kun kyseinen koetilanne suoritettiin ensimmäisenä. Tuloksemme on linjassa Hun ja kollegoiden (2015) tutkimuksen tulosten kanssa.

Tulosten ristiriitaisuuden vuoksi tarvitaan yhä lisää tutkimuksia tarkkaavaisuuden vaikutuksesta puheen korjausliikkeisiin. Aiemmissa tarkkaavaisuuden roolia tarkastelevissa tutkimuksissa on ääntämävasteiden lisäksi tutkittu myös aiovasteita (Hu ym., 2015; Liu ym., 2015; Tumber ym., 2014). Aiovasteista P2-vasteen on havaittu kasvavan perturbaation koon mukaan ja sen epäilläänkin heijastavan puheen korjausliikkeiden suuruutta (Fritz ym., 2007). Myös aiovasteiden osalta tutkimusten tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Suurempia P2-vasteita on havaittu niin auditiivisen tarkkaavaisuuden koetilanteessa kuin myös visuaalisen tarkkaavaisuuden koetilanteessa. Näiden tutkimusten tuloksia yhdistää kuitenkin se, että tarkkaavaisuuden kohdentaminen yhteen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin aiovasteisiin verrattuna tilanteisiin, joissa tarkkaavaisuus jaettiin usean ärsykkeen kesken. Tämä on mielenkiintoista, sillä mikäli P2-vasteen oletetaan heijastavan korjausliikkeen suuruutta, ja tarkkaavaisuudella ei ole vaikutusta puheen korjausliikkeisiin, ei myöskään aiovasteissa pitäisi olla havaittavissa eroja tarkkaavaisuuden eri tilanteiden välillä.

Saattaa olla, että muutokset aiovasteissa eivät heijastakaan puheen korjausliikkeiden suuruutta, vaan ainoastaan tarkkaavaisuuden vaikutusta ärsykkeen havaitsemiseen. Toisin sanoen on mahdollista, että ärsyke havaitaan tarkemmin, kun tarkkaavaisuus kohdistetaan vain yhteen ärsykkeeseen ja tämä puolestaan heijastuu myös aiovasteisiin. Toisaalta erot voivat myös selittyä muilla tekijöillä, kuten koeasetelmiin liittyvillä tekijöillä. Aihetta onkin perusteltua tutkia vielä lisää. Meidän tutkimuksestamme voisi toteuttaa jatkotutkimuksen, jossa koeasetelmaan sisällytettäisiin erityisesti P2-aiovasteet. Olisi mielenkiintoista vertailla, eroavatko aiovasteet tutkimuksemme jaetun ja täyden tarkkaavaisuuden koetilanteiden

välillä. Lisäksi mielenkiintoista olisi selvittää, kuinka yhteneväisiä puheen korjausliikkeiden sekä aivovasteiden muutokset ovat.

Havaitsimme lisäksi tutkimuksessamme, että puheen korjausliikkeet olivat suurempia alaspäin tuotettujen perturbaatioiden jälkeen, kun verrattiin täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteita toisiinsa. Perturbaation suunnan vaikutusta puheen korjausliikkeisiin on tarkasteltu aiemmin muun muassa yhdessä perturbaation koon kanssa. Esimerkiksi Liun ja kumppaneiden (2011) tutkimuksessa havaittiin suurempia puheen korjausliikkeitä sekä suurempia aivovasteita silloin, kun riittävän suuri perturbaatio tuotettiin alaspäin. Liu ja kumppanit (2011) ehdottivat, että ylöspäin suuntautuvien ja alaspäin suuntautuvien ärsykkeiden prosessointi saattaisi tapahtua aivovasteiden tasolla erilaisten mekanismien kautta. Tätä olisikin kiinnostavaa tarkastella lisää jatkossa tutkimuksemme kaltaisella koeasetelmalla, johon olisi sisällytetty mukaan myös aivovasteiden tarkastelu.

4.2. Kuulopalautteen prosessoinnin hyödyntäminen puheen motorisessa kontrollissa

Tutkimuksemme lähtökohtana oli pyrkiä selvittämään, miten tyypillinen puheen tuoton prosessi tapahtuu sekä millainen rooli tarkkaavaisuudella on tässä prosessissa. Tutkimuksessa tarkasteltiin, vaikuttaako kuulopalautteen prosessointi tai tarkkaavaisuuden kuormittaminen puheen korjausliikkeisiin. Tyypillisen ja poikkeavan kuulopalautteen prosessoinnin ymmärtämistä voidaan hyödyntää muun muassa vaikuttavien puheterapiamenetelmien kehittämisessä.

Aiempien perturbaatiotutkimusten perusteella on oletettu, että auditiivisen palautteen prosessointiin perustuvat puheen korjausliikkeet ovat automaattisia reaktioita. Viimeaikaisten, tarkkaavaisuuden koeasetelmaan sisällyttävien tutkimusten tulosten seurauksena on kuitenkin alettu pohtia, voisivatko puheen korjausliikkeet olla ainakin jossain määrin tietoisesti kontrolloitavissa (Hu ym., 2015; Liu ym., 2015; Tumber ym., 2014). Kyseisten tarkkaavaisuustutkimusten perusteella oletimme, että mikäli puheen korjausliikkeet olisivat tietoisesti kontrolloitavissa, pitäisi puheen korjausliikkeiden välillä olla eroja tutkimuksemme täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa. Tarkemmin oletimme, että mikäli puheen korjausliikkeisiin on mahdollista vaikuttaa tietoisesti, puheen korjausliikkeiden pitäisi olla suurempia silloin, kun tarkkaavaisuus kohdistetaan ainoastaan auditiivisen palautteen

monitorointiin. Ero näiden tilanteiden välillä johtuisi kognitiiviseen prosessointiin liittyvästä tarkkaavaisuuden resurssien kuormittumisesta jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa. Toisin sanoen tutkittava ei kykenisi auditiivisen palautteen prosessoinnin kautta kontrolloimaan puheen korjausliikkeitä yhtä hyvin silloin, kun hän joutuu suoriutumaan visuaalisesta tehtävästä samaan aikaan.

Tutkimuksemme tulokset olivat kuitenkin hypoteesimme vastaisia, ja antavat sen sijaan tukea oletukselle puheen korjausliikkeiden automaattisuudesta. Koska puheen korjausliikkeitä tuotettiin silloin, kun perturbaatioita ei osattu odottaa sekä silloin, kun tiedettiin perturbaatioiden mahdollisuudesta, viittaisi tämä puheen korjausliikkeiden automaattisuuteen. Tarkkaavaisuuden kohdistaminen ainoastaan auditiivisen palautteen monitorointiin ei myöskään vaikuttanut puheen korjausliikkeiden suuruuteen, vaan korjausliikkeet olivat yhtä suuria eri tarkkaavaisuuden koetilanteissa. Havaitimme kuitenkin, että tarkkaavaisuuden kuormittuminen jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa heikensi tutkittavien suoriutumista visuaalisessa tehtävässä. Toisin sanoen tarkkaavaisuus vaikutti tutkittavien suoriutumiseen, mutta ei kuitenkaan siihen muuttujaan, josta olimme tutkimuksessa kiinnostuneita. Tämä edelleen vahvistaa oletusta puheen korjausliikkeiden automaattisuudesta.

Tutkimuksemme tulosten perusteella tarkkaavaisuus tai sen kuormittuminen ei vaikuttanut ääntämävasteisiin terveillä henkilöillä. Toisin sanoen tuloksemme viittaavat auditiivisen palautteen pohjalta tuotettujen puheen korjausliikkeiden automaattisuuteen terveillä henkilöillä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tarkkaavaisuustoimintojen kehittämisellä tai tarkkaavaisuusharjoituksilla ei voi vaikuttaa ääntämävasteisiin silloin, kuin auditiivinen prosessointi toimii tyypillisesti.

Toisaalta tuloksemme ovat yleistettävissä vain 20–35-vuotiaisiin henkilöihin, joilla kuulopalautteen prosessointi toimii tyypillisesti. Onkin mahdollista, että auditiivisen palautteen prosessoinnin häiriintyessä aiemmin automaattisesti toiminut prosessi voi vaatia tietoista tiedonkäsittelyä. Kuulopalautteen prosessointi voi heikentyä esimerkiksi neurologisten sairauksien, kuten Parkinsonin taudin yhteydessä. Arvellaankin, että Parkinsonin tautiin liittyvä äänenvoimakkuuden heikentyminen voisi johtua ainakin osittain kuulopalautteen prosessoinnin poikkeavuudesta (Moreau & Pinto, 2018). Parkinsonin tautia sairastavilla on havaittu olevan haasteita esimerkiksi oman äänenvoimakkuutensa arvioimisessa sekä säätelyssä (Ho ym., 2000).

Aiemmin mainittua perturbaatioparadigmaa on sovellettu myös Parkinsonin tautia sairastavien henkilöiden puheen korjausliikkeiden tutkimisessa. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu, että Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt tekevät perturbaatioiden jälkeen terveitä verrokkeja suurempia puheen korjausliikkeitä äänenvoimakkuuteen ja sävelkorkeuteen (Li ym., 2021; Liu ym., 2012; Mollaei ym., 2016) sekä pienempiä puheen korjausliikkeitä äänen formantteihin (Mollaei ym., 2016). Näiden tutkimusten perusteella vaikuttaakin siltä, että Parkinsonin tautia sairastavilla henkilöillä saattaisi olla haasteita tilanteeseen sopivien kompensoivien puheen korjausliikkeiden tuotossa.

Perturbaatioparadigmaa on hyödynnetty myös osana Parkinsonin tautia sairastavien puheterapeuttisen kuntoutuksen vaikuttavuuden arviointia. Esimerkiksi Lin ja kollegoiden (2021) tutkimuksessa havaittiin, että Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt tuottivat pienempiä puheen korjausliikkeitä LSVT LOUD -puheterapiajakson jälkeen kuin ennen puheterapiaa. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että puheterapiajakso vaikutti Parkinsonin tautia sairastavien tuottaman puheen korjausliikkeen ajoitukseen. Toisin sanoen puheterapiajakson päätyttyä, tutkittavat tuottivat puheen korjausliikkeen nopeammin perturbaation jälkeen. Kyseisen tutkimuksen tulokset antavat tukea puheterapeuttisen kuntoutuksen vaikuttavuudelle, mutta myös viitteitä siitä, että auditiivisen palautteen pohjalta tuotetut puheen korjausliikkeet eivät välttämättä ole täysin automaattisia. Mikäli puheen korjausliikkeet olisivat täysin automaattisia reaktioita, ei Parkinsonin tautia sairastavien henkilöiden ääntämismasteissa olisi pitänyt tapahtua muutosta puheterapiajakson aikana. Tämä tutkimuslöydös antaaakin tukea oletuksellemme siitä, että puheen korjausliikkeisiin voisi olla mahdollista vaikuttaa ainakin jossain määrin silloin, kun auditiivisen palautteen prosessointi ei toimi tyypillisellä tavalla.

Parkinsonin tautia sairastavien puheen kuntouttamiseen on kehitetty tehokkaita puheterapiamenetelmiä, jotka keskittyvät pääasiassa äänenvoimakkuuden lisäämiseen (Boutsen ym., 2023; Boutsen ym., 2018; Levitt ym., 2018; Ramig ym., 2001; Sapir ym., 2002). Eri menetelmien pitkäaikaisvaikutuksista on saatu myös jonkin verran positiivista näyttöä (Behrman ym., 2021; Sapir ym., 2002), mutta tyypillisesti interventiojaksojen jälkeen tarvitaan kuitenkin ylläpitoharjoittelua. Onkin edelleen perusteltua tarkastella näiden menetelmien kehittämismahdollisuuksia. Parkinsonin tautia sairastaville henkilöille suunnattuihin puheen kuntoutusmenetelmiin ei sisälly auditiivisen palautteen tietoisien prosessoinnin harjoittelua. Tällaisella harjoittelulla tarkoitamme esimerkiksi tarkkaavaisuusharjoituksia, joissa tarkkaavaisuutta kohdennettaisiin tietoisesti kuulopalautteeseen. Koska Parkinsonin tautia sairastavilla kuulopalautteen prosessointi sekä kuulopalautetta seuraavat puheen

korjausliikkeet eivät toimi tyypillisellä tavalla, voisi olla mahdollista, että Parkinsonin tautia sairastavat henkilöt hyötyisivät vastaavanlaisesta tarkkaavaisuusharjoittelusta. Olisikin mielenkiintoista selvittää, olisivatko puheterapeuttisen kuntoutuksen tulokset jollain tapaa vaikuttavampia tai pitkäkestoisempia, mikäli kuntoutuksessa keskityttäisiin puheen tietoisuuden lisäksi auditiivisen palautteen tietoiseen prosessointiin.

4.3. Koeasetelman tarkastelu

Rakensimme koeasetelmamme hyödyntäen aiempaa tutkimusnäyttöä tarkkaavaisuuden roolista puheen korjausliikkeissä. Tutkimusaihe on melko uusi, mutta tarkkaavaisuuden yhteydestä puheen korjausliikkeisiin on kuitenkin saatu jo jonkin verran puoltavaa tutkimusnäyttöä. Puheen korjausliikkeissä on havaittu ajallisesti kaksi eri komponenttia, aikainen ja myöhäinen vaste, joista myöhäinen vaste saattaisi olla aiemman tutkimuksen perusteella osin tietoisesti kontrolloitavissa (Hain ym., 2000). Mikäli puheen korjausliikkeen myöhäinen vaste on osin tietoinen, eli ohjattavissa oleva prosessitoiminto, myös tarkkaavaisuuden voisi olettaa vaikuttavan siihen. Tutkimuksessamme tarkasteltiin ensimmäistä kertaa tarkkaavaisuuden vaikutusta puheen korjausliikkeisiin kahdessa eri aikaikkunassa. Tutkimuksessamme havainnointiin tarkkaavaisuuden vaikutusta erityisesti puheen korjausliikkeen myöhäiseen vasteeseen. Tämä koeasetelma tuottaakin lisää informaatiota auditiivisen prosessoinnin pohjalta tuotettujen puheen korjausliikkeiden automaattisuudesta tai tahdonalaisuudesta.

Tiedetään, että tarkkaavaisuuden kohdentaminen tiettyyn ärsykkeeseen parantaa ärsykkeen havaitsemiskykyä. Tämän perusteella oletimme, että täyden tarkkaavaisuuden koetilanteessa auditiiviseen ärsykkeeseen keskittyminen voisi parantaa virheen erottelukykyä ja näin myös kasvattaa puheen korjausliikkeitä. Jälkimmäinen oletus on saanut tukea esimerkiksi Liun ja kollegoiden (2015) aiemmassa tutkimuksessa, jossa tarkkaavaisuuden kohdentaminen auditiiviseen ärsykkeeseen oli yhteydessä suurempiin puheen korjausliikkeisiin. Tutkimuksen toteuttaminen olikin perusteltua niin aiemman tutkimusnäytön kuin myös tutkimuksesta saatavan tiedon tarpeellisuuden ja kliinisen sovellettavuuden vuoksi.

Hainin ja kollegoiden (2000) tavoin havaitsimme tutkimuksessamme puheen korjausliikkeessä ajallisesti kaksi eri vastetta, aikainen ja myöhäinen vaste. Sen sijaan, analysoidessamme tarkkaavaisuuden yhteyttä puheen korjausliikkeisiin, emme havainneet tilastollisesti

merkitseviä eroja eri tarkkaavaisuuden eri tilanteiden välille. Tutkimuksessamme tarkkaavaisuudella ei siis ollut vaikutusta puheen korjausliikkeisiin. Tämä tulos eroaa Liun sekä kollegoiden (2015) tutkimuksen tuloksista.

Pohdittaessa, miksi tutkimuksemme tulokset eroavat esimerkiksi Liun sekä kollegoiden (2015) tutkimuksen tuloksista, on syytä tarkastella koeasetelmaa. Aiemmistä vastaavista tutkimuksista Liun ja kollegoiden (2015) koeasetelma on samankaltaisin koeasetelmamme kanssa. Molemmissa tutkimuksissa tutkittavat äänsivät vokaaliääntöä, kuulivat kuulokkeista perturbaatioita sekä näkivät tietokoneen näytöllä visuaalisen ärsykkeen. Kummassakin tutkimuksessa perturbaation suuruus säilyi vakiona koko kokeen ajan. Liun ja kollegoiden (2015) tutkimuksessa jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa tutkittavien tehtävä oli raportoida, kuinka monta kertaa punainen valo vilkkui. Tämä on hyvin samankaltainen tutkimuksemme jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteen kanssa, jossa tutkittavien tehtävä oli laskea punaisten rastien määrä. Tutkimuksissamme myös tutkittavat olivat taustoiltaan yhteneväisiä: enemmistö tutkittavista oli 20–35-vuotiaita yliopisto-opiskelijoita.

Koeasetelmamme eroaa kuitenkin jonkin verran Liun ja kollegoiden (2015) tutkimuksesta. Liun ja kumppaneiden (2015) tutkimuksessa käytettiin suurempaa perturbaation kokoa, mikä on saattanut vaikuttaa esimerkiksi puheen korjausliikkeiden suuruuteen. Toinen tuloksiin mahdollisesti vaikuttava eroavaisuus on, että tutkimuksessamme tutkittavia ei ohjeistettu aktiivisesti kiinnittämään huomiota perturbaatioihin. Tutkimuksemme täyden ja jaetun tarkkaavaisuuden koetilanteissa tutkittaville kerrottiin, että perturbaatioita tuotetaan satunnaisesti, mutta niihin ei ohjeistettu kiinnittämään huomiota. Sen sijaan Liun ja kollegoiden (2015) tutkimuksen jaetun tarkkaavaisuuden tilanteessa tutkittavien tehtävä oli laskea myös kuulemiensa perturbaatioiden lukumäärä. Näin ollen on mahdollista, että Liun ja kollegoiden (2015) tutkimuksessa tutkittavat monitoroivat auditiivista palautetta aktiivisemmin. Mikäli tutkimuksessamme tutkittavien olisi pitänyt myös aktiivisesti laskea, kuinka monta perturbaatiota he kuulivat, olisi tämä voinut vaikuttaa myös puheen korjausliikkeisiin. Tutkimuksemme voisikin toteuttaa uudestaan niin, että tutkittavia ohjeistettaisiin laskemaan ääntöjen aikana kuulemiensa perturbaatioiden lukumäärä. Näin varmistettaisiin, että tutkittavat kiinnittävät aktiivisesti tarkkaavaisuutensa auditiiviseen palautteeseen.

4.4. Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet

Tutkimukseemme liittyy sekä heikkouksia että vahvuuksia. Aiemmissa tarkkaavaisuuden roolia tarkastelevissa perturbaatiotutkimuksissa trialien kokonaismäärä on ollut huomattavasti suurempi kuin meidän tutkimuksessamme. Aiemmissa tutkimuksissa trialien kokonaislukumäärä on vaihdellut 100–162 välillä. Meidän tutkimuksessamme trialien kokonaislukumäärä oli 46. Trialien vähäisempää lukumäärää voidaankin pitää yhtenä tutkimuksen rajoituksena. Vastaavanlaisen tutkimuksen voisikin toteuttaa uudestaan lukumäärällisesti suuremmilla trialeilla ja koesarjoilla.

Tutkimuksemme tarkkaamattomuuden koetilanteessa vain osalle koehenkilöistä tuotettiin perturbaatio. Olimme tutkimuksessamme kiinnostuneita siitä, miten eri koetilanteet erosivat perturbaatioiden jälkeen tuotettujen puheen korjausliikkeiden osalta, joten ensimmäiseen analyysiin otettiin mukaan vain ne koehenkilöt, joille perturbaatio tuotettiin. Pystyimme siis hyödyntämään ensimmäisessä analyysissämme vain 30:n koehenkilön vastauksia. Tulevaisuudessa tutkimuksemme voisi toteuttaa uudestaan suuremmalla otoskoolla, jolloin myös tarkkaamattomuuden koetilanteessa perturbaatioita tuotettaisiin suuremmalle osalle osallistujista.

Perturbaatioita koskevat kysymykset pyrittiin ilmaisemaan mahdollisimman yksinkertaisessa ja ymmärrettävässä muodossa. Kokeen aikana esitettiin peräkkäin kysymykset: “Huomasitko, että ääntäsi muutettiin? Kuinka varma olet vastauksestasi?” sekä “Koetko, että muutit omaa ääntäsi? Kuinka varma olet vastauksestasi?”. Kysymysten tarkoituksena oli selvittää, havaitsiko tutkittava perturbaation sekä kokiko hän itse muuttaneensa ääntään perturbaation jälkeen. Jälkikäteen havaittiin, että äänen muokkaamiseen liittyvästä kysymyksestä oli tutkijoilla kahta erilaista tulkintaa. Toisen tulkinnan mukaan kysymyksellä tarkoitettiin sitä, että kokiko tutkittava muuttaneensa ääntään perturbaation seurauksena, kun taas toisen tulkinnan mukaan kysymyksellä tarkoitettiin sitä, että kokiko tutkittava muuttaneensa ääntään ylipäätään. Kysymystenasettelua voisikin vielä tarkentaa monitulkintaisuuden välttämiseksi.

Koeastelemamme tehtävien vaikeustaso on saattanut vaikuttaa tutkimuksemme tuloksiin. Sekä visuaalista että auditiivista tarkkaavaisuutta kuormittavat tehtävät olivat vaikeustasoltaan helppoja. Tarkkaavaisuutta käsittelevien tutkimusten perusteella tiedetään, että tiedonkäsittelyn prosessoinnin tehokkuuteen vaikuttavat esimerkiksi suoritettavien tehtävien kognitiivinen kuormittavuus (Lavie, 2005). Onkin mahdollista, että tutkittavien tarkkaavaisuuden resurssit riittivät hyvin tarkkaavaisuuden jakamiseksi kahden eri tehtävän

välillä. Siispä olisi mielenkiintoista tutkia tarkkaavaisuuden vaikutusta auditiiviseen prosessointiin kognitiivisesti kuormittavammilla tehtävillä.

Tutkimuksemme yhtenä vahvuutena voidaan puolestaan pitää sen nopeaa ja helppoa toteutusta. Tutkimuksen kokonaiskesto oli vain 30 minuuttia ja koko tutkimus pystyttiin toteuttamaan yhden tutkimuskäynnin aikana. Tämä mahdollisti koehenkilöiden joustavamman rekrytoinnin sekä useiden koehenkilöiden testaamisen saman päivän aikana. Tutkimukseen osallistuminen ei edellyttänyt koehenkilöiltä tietoteknistä osaamista, sillä kokeessa vastaaminen tapahtui yksinkertaisen näppäimistön avulla ja tutkija varmisti ennen kokeen alkua laitteiden toimivuuden sekä käytön selkeyden.

Tutkimukseemme osallistui yhteensä 82 koehenkilöä, joista 13 jouduttiin poistamaan lopullisista analyyseista. Pystyimme hyödyntämään toisessa analyysissämme 69:n koehenkilön vastauksia. Tämä on kohtalaisen suuri otoskoko kokeellisessa tutkimuksessa, joten otoskokoa voidaankin pitää toisena tutkimuksemme vahvuutena.

Tutkimukseemme osallistui enimmäkseen yliopisto-opiskelijoita, ja tutkimuksen osallistujien ikäjakauma oli 20–35 vuotta. Osallistujien ikäjakauma mahdollistaa tulosten yleistettävyyden noin 20–30-vuotiaisiin aikuisiin. Tutkimus voitaisiin toteuttaa myös erilaisella ikäjakaumalla, esimerkiksi 40–60-vuotiailla. Olisikin mielenkiintoista tarkastella, olisivatko tuloksen puheen korjausliikkeiden osalta erilaisia, mikäli koe toteutettaisiin vanhemmalla ikäryhmällä.

Aiemmistä tutkimusasetelmista poiketen tutkimusasetelmamme vahvuutena voidaan pitää tarkkaamattomuustilanteessa tapahtuvan perturbaation odottamattomuutta. Perturbaatio toistettiin tarkkaamattomuustilanteessa vain yhden kerran viimeisen trialin aikana, jolloin se tapahtui tutkittavalle täysin yllättäen. Toisin sanoen saamme todellisemman kuvan siitä, tunnistaako tutkittava tarkkaamattomuustilanteessa yllättävän perturbaation. Jos taas perturbaatioita toistettaisiin useamman kerran tarkkaamattomuustilanteessa, tutkittavalla olisi mahdollisuus oppia tunnistamaan toistuva ärsyke. Koeasetelmamme tuottaakin tietoa siitä, miten auditiiviseen palautteeseen reagoidaan luonnollisemmassa tilanteessa, kun omaan puheeseen ei kiinnitetä jo valmiiksi huomiota.

4.5. Johtopäätökset

Tutkimuksemme tuotti mielenkiintoista tietoa tarkkaavaisuuden roolista auditiivisen palautteen pohjalta tuotettuihin puheen korjausliikkeisiin. Vaikka tarkkaavaisuuden vaikutusta koskevat tulokset olivat hypoteesimme vastaisia, tuloksia voidaan pitää merkittävänä ilmiön todellisen luonteen ymmärtämisen kannalta. Tutkimuksemme perusteella voidaan olettaa, että tyypillisesti puheen muokkaus tapahtuu automaattisesti auditiivisen palautteen pohjalta. Tutkimukseen liittyvät rajoitukset sekä aiempien tarkkaavaisuuden roolia tarkastelevien tutkimusten ristiriitaiset tulokset antavat kuitenkin perustellun syyn tutkia aihetta vielä tarkemmin hieman muunnetulla koeasetelmalla. Näin voidaan muodostaa luotettavampia johtopäätöksiä ilmiön todellisesta luonteesta.

Lähteet

- Bauer, J.J., Mittal, J., Larson, C.R., Hain, T.C., (2006). Vocal responses to unanticipated perturbations in voice loudness feedback: an automatic mechanism for stabilizing voice amplitude. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119(4), 2363–2371. DOI:10.1121/1.2173513.
- Behrman, A., Cody, J., Chitnis, S. & Elandary, S. (2021). Dysarthria treatment for Parkinson’s disease: one-year follow-up of SPEAK OUT! with the LOUD Crowd. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 47(4).
- Boutsen F., Park E., Dvorak J., Cid C. (2018). Prosodic Improvement in Persons with Parkinson Disease Receiving SPEAK OUT!® Voice Therapy. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 70(2). DOI:[10.1159/000488875](https://doi.org/10.1159/000488875)
- Boutsen, F., Park, E., Dvorak J. D. (2023). An Efficacy Study of Voice Quality Using Cepstral Analyses of Phonation in Parkinson’s Disease before and after SPEAK-OUT!®. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 75(1). <https://doi-org.ezproxy.utu.fi/10.1159/000525884>
- Burnett, T. A., Senner, J. E. & Larson, C. R. (1997). Voice F_0 responses to pitch-shifted auditory feedback: a preliminary study. *Journal of Voice*, 11(2), 202-211. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(97\)80079-3](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(97)80079-3)
- Eysenck, M., W. & Brysbaert, M. (2018). *Fundamentals of cognition*. (s. 94-134). Routledge.
- Franken, M. K., Eisner, F., Acheson, D. J., McQueen, J. M., Hagoort, P., & Schoffelen, J. (2018a). Self-monitoring in the cerebral cortex: Neural responses to small pitch shifts in auditory feedback during speech production. *NeuroImage*, 179, 326–336. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.06.061>
- Franken, M. K., Acheson, D. J., McQueen, J. M., Hagoort, P. & Eisner, F. (2018b). Opposing and following responses in sensorimotor speech control: Why responses go both ways. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1458-1467. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1494-x>
- Franken, M., K., Hartsuiker, R., J., Johansson, P., Hall, 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. DOI: 10.1177/17470218221075632
- Fritz, J., B., Elhilali, M., David, S. V., & Shamma, S., A. (2007). Auditory attention — focusing the searchlight on sound. *Current Opinion in Neurobiology*, 17, 437-455. DOI: 10.1016/j.conb.2007.07.011
- Guenther, F., H. & Hickok, G. (2015). Role of the auditory system in speech production. Teoksessa Celesia, G., G. and Hickok, G. (toim.) *Handbook of Clinical Neurology*, 129, 161-175.
- Guenther, F., H. (2006). Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *Journal of Communication Disorders*, 39, 350-365. DOI: 10.1016/j.jcomdis.2006.06.013
- Hain, T. C., Burne, T. A., Kiran, S., Larson, C. R., Singh, S., & Kenney, M. K. (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. DOI: 10.1007/s002219900237
- Ho, A., K., Bradshaw, J., L. & Ianssek, R. (2000). Volume Perception in Parkinsonian Speech. *Movement Disorders*, 15(6), 1125–1131.

- 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. DOI: 10.1038/srep07812
- Jafari, Z., Kolb, B., E., Mohajerani, M., H. (2020). Auditory Dysfunction in Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 35(4), 537-550. DOI: 10.1002/mds.28000
- Jones, J.A. & Munhall, K.G. (2002). The role of auditory feedback during phonation: studies of Mandarin tone production. *Journal of Phonetics*, 30, 303–320.
- Laaksonen, J-P. (2010). Puheen motoriikka ja artikulaatio. Teoksessa Korpilahti, P., Aaltonen, O. & Laine, M. (toim.), *Kieli ja aivot* (s. 28–34). Turun yliopisto.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (2). 75-82.
- Levitt, J. S. & Walker-Batson, D. (2018). The Effects of the “Speak with Intent” Instruction for Individuals With Parkinson's Disease. *Journal of Communication Disorders and Assistive Technology*, 1, 1-15.
- Li, Y., Tan, M., Fan, H., Wang, E. Q., Chen, L., Li, J., Chen, X. & Liu, H. (2021). Neurobehavioral Effects of LSVT® LOUD on Auditory-Vocal Integration in Parkinson's Disease: A Preliminary Study. *Frontiers in Neuroscience*, 15. doi:10.3389/fnins.2021.624801
- Liu, H., Meshman, M., Behroozmand, R., Larson, C. R. (2011). Differential effect of perturbation direction and magnitude on the neural processing of voice pitch feedback. *Clinical Neurophysiology*, 122, 951-957.
- Liu, H., Wang, E., Q., Metman, L., V. & Larson, C., R. (2012). Vocal Responses to Perturbations in Voice Auditory Feedback in Individuals with Parkinson's Disease. *Plos one*, 7(3), 1-10. DOI: 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. DOI: 10.1111/ejn.12949
- Macdonald, J. S. P., Lavie, N. (2011). Visual perceptual load induces inattentional deafness. *Attention, Perception, Psychophysics*. 73, 1780-1789. DOI 10.3758/s13414-011-0144-4
- Moreau, C. & Pinto, S. (2019). Misconceptions about speech impairment in Parkinson's disease. *Movement Disorders*. 34(10), 1471-1475. DOI: 10.1002/mds.27791
- Mollaei, F., Shiller, D. M., Baum, S. R., Gracco, V. L. (2016). Sensorimotor control of vocal pitch and formant frequencies in Parkinson's disease. *Brain Research*, 1646(1), 269-277. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.06.013>
- Neto, P. A. S. O., Cui, A., Rojas, P., Vanzella, P., Cuddy, L. L. (2021). Not Just Cents: Physical and Psychological Influences on Interval Perception. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 31(1), 49-58. <https://doi.org/10.1037/pmu0000272>
- Postma, A. (2000). Detection of errors during speech production: a review of speech monitoring models. *Cognition*, 77, 97–131.
- Ramig, L. O., Sapir, S., Fox, C. & Countryman, S. (2001). Changes in vocal loudness following intensive voice treatment (LSVT®) in individuals with Parkinson's disease: A comparison with untreated patients and normal age-matched controls. *Movement Disorders*, 16(1), 79-83.
- Salonen, A. & Tuomisto, M. (2024). Itse tuotetun äänen taajuuden muutokset havaitaan herkemmin äänen tuoton kuin äänitteeltä kuuntelun aikana. Pro Gradu - tutkielma. Turun yliopisto.

- Sapir, S., Ramig, L. O., Hoyt, P., Countryman, S., O'Brien, C. & Hoehn, M. (2002). Speech Loudness and Quality 12 Months after Intensive Voice Treatment (LSVT ®) for Parkinson's Disease: A Comparison with an Alternative Speech Treatment. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 54, 296-303. DOI: 10.1159/000066148
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and Automatic Human Information Processing: I. Detection, Search, and Attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- Subramaniam, K., Kothare, H., Mizuiri, D., Nagarajan, S., S. & Houde, J., F. (2018). Reality Monitoring and Feedback Control of Speech Production Are Related Through Self-Agency. *Frontiers in Human Neuroscience*. 12. DOI: 10.3389/fnhum.2018.00082
- 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). DOI: 10.1371/journal.pone.0109968
- Vu, K-P. L., Johnson, A., Proctor, R. W. (2004). Historical overview of research on attention. Teoksessa Johnson, A. & Proctor, R. W. (toim.) *Attention Theory and Practice* (s. 1–27). SAGE Publications.
- Weerathunge, H. R., Voon, T., Tardif, M., Cliento, D., Stepp, C., E. (2022). Auditory and somatosensory feedback mechanisms of laryngeal and articulatory speech motor control. *Experimental Brain Research*, 240(?), 2155–2173. DOI: 10.1007/s00221-022-06395-7