

Kuulohavainnon häiriöiden yhteys Parkinsonin taudin puhe- ja äänioireisiin

Kaisa Lepänpöski ja Eeva Stambei

Kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Henry Railo

Psykologian ja logopedian laitos, Logopedia

1.6.2026

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

TURUN YLIOPISTO

Psykologian ja logopedian laitos/Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

LEPÄNKOSKI, KAISA & STAMBEJ, EEVA: Kuulohavainnon häiriöiden yhteys Parkinsonin taudin puhe- ja äänioireisiin

Kandidaatintutkielma, 31 s.

Logopedia

Kesäkuu 2026

Puheen ja äänen tuotto ovat Parkinsonin taudissa tyypillisesti häiriintyneet hypokineettisen dysartrian seurauksena. Häiriöiden on tutkittu johtuvan osittain motorisista haasteista, mutta myös kuulohavainnolla on havaittu olevan vaikutusta puhe- ja äänihäiriöihin. Terveillä henkilöillä auditiivisella palautteella on todettu olevan suuri merkitys puheen ja äänen tuotossa, mutta Parkinsonin taudin kuulohavainnon häiriöiden yhteyttä puhe- ja äänioireisiin on tutkittu vain vähän. Tämän katsauksen tarkoituksena oli siis koota näiden tutkimusten tuloksia yhteen ja selvittää, millaisia kuulohavainnon häiriöitä Parkinsonin taudissa ilmenee, ja ovatko ne yhteydessä Parkinsonin taudin puhe- ja äänioireisiin.

Tutkimus toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuksen aineisto on haettu PubMed-tietokannasta. Tutkimukseen sisällytettiin tietokantahausta 10 artikkelia, sekä yksi artikkeli tietokantahaun ulkopuolelta. Artikkelit käsitelivät Parkinsonin taudin kuulohavainnon häiriöitä sekä puhe- tai äänihäiriöitä. Aivokuvantamistutkimukset on rajattu katsauksestamme pois.

Katsausten tulosten perusteella Parkinsonin taudissa esiintyy häiriöitä auditiivisen prosessoinnin eri osa-alueilla. Häiriöitä havaittiin erityisesti äänenvoimakkuuden havaitsemisessa sekä taajuuden havaitsemisessa. Katsauksessa tutkittiin myös rytmin ja riimien havaitsemista, mutta näissä ei havaittu merkitsevää häiriötä.

Tulosten perusteella voidaan myös päätellä, että kuulohavainnon häiriöiden sekä puhe- ja äänioireiden välillä on yhteys. Nämä päätelmät ovat suurilta osin kuitenkin vain tutkijoiden tekemiä johtopäätöksiä, eikä yhteydestä ole paljoa tilastollista näyttöä. Tutkimusta aiheesta tulisi siis tehdä huomattavasti lisää, jotta aiheesta saataisiin vahvaa tieteellistä näyttöä.

Asiasanat: Parkinsonin tauti, kuulohavainnon häiriö, auditiivinen prosessointi, äänihäiriö, puhehäiriö

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
1.1 Parkinsonin tauti.....	2
1.1.1 Parkinsonin taudin kuulo-oireet.....	2
1.1.2 Parkinsonin taudin puhe – ja äänioireet.....	3
1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	4
2. Menetelmät.....	5
2.1 Aineiston hankinta	5
2.2 Aineiston luokittelu	7
3. Tulokset.....	10
3.1. Tutkimuksen aineisto.....	10
3.2 Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin testaukseen käytetyt menetelmät	14
3.3 Puheen ja äänen testaukseen käytetyt menetelmät	15
3.4 Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin tulokset.....	16
3.4.1 Kuulon tutkimus	16
3.4.2 Taajuuden havaitseminen.....	16
3.4.3 Äänenvoimakkuuden havaitseminen	17
3.4.4 Rytmin ja riimien havaitseminen sekä virheiden havaitseminen toisen puheessa.....	17
3.5 Puheen ja äänen tulokset	17
3.5.1 Puheen akustiikka	17
3.5.2 Äänenvoimakkuus	18
3.5.3 Puheen rytmi ja artikulaatio.....	18
4. Pohdinta	19
4.1 Parkinsonin taudissa esiintyvät kuulohavainnon häiriöt.....	19
4.2 Kuulohavainnon yhteys puheen ja äänen häiriöihin	21
4.3 Vahvuudet ja rajoitukset.....	22
4.4 Jatkotutkimus- ja sovellusehdotukset	23
5. Lopuksi.....	24
Lähdeluettelo.....	25

1. Johdanto

Tässä Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tutkimme, onko kuulohavainnon häiriöillä yhteyttä Parkinsonin taudissa esiintyviin puhe- ja äänioireisiin. Parkinsonin tauti on yleinen neurodegeneratiivinen sairaus. Parkinsonin tautia sairastavista 70–90 %:lle kehittyy myös hypokineettinen dysartria, mikä aiheuttaa laaja-alaisia haasteita kommunikoinnissa (Sapir, 2014).

Kansaneläkelaitoksen raportin mukaan noin 18 000 suomalaista on saanut erikoiskorvausoikeuden Parkinsonin tautia varten (Sipilä ja Kaasinen, 2022). Suomalaisista Parkinsonin tautia sairastaa siis noin 0,3 % väestöstä. Globaalisti sairastuneita oli vuonna 2016 yli kuusi miljoonaa. Parkinsonin tautia on alkanut esiintyä yhä enemmän myös työikäisillä (Li ym, 2021). Työikäisten Parkinsonin tauti johtaa työkyvyn heikkenemiseen sairastuneella ja hoivaajilla sekä taloudelliseen kuormitukseen.

Terveillä aikuisilla henkilöillä puheen ja äänen tuotto perustuu jatkuvaan äänenvoimakkuuden, sävelkorkeuden ja artikulaation säätelyyn auditiivisen palautteen avulla. Puheen tuotantoa käsittelevän DIVA-mallin mukaan ihmisillä on käsitys siitä, miten tiettyjen äänteiden tuottaminen motorisesti ja sensorisesti toimii ja miltä kunkin äänteen pitäisi kuulostaa (Guenther, 2006; Tourville ja Guenther, 2011). DIVA-mallin mukaan puheen tuotossa keskeinen palautejärjestelmä voidaan jakaa kuulonvaraiseen ja somatosensoriseen palautteeseen. Tämän automaattisen palautejärjestelmän tarkoituksena on verrata tuotettua puhetta kuulon ja sensoriikan avulla sisäiseen käsitykseen siitä, miltä oikein tuotetun puheen tulisi tuntua ja kuulostaa. Auditiivinen palautejärjestelmä toimii erityisesti akustisten piirteiden valvonnassa ja korjaamisessa. Tämä automaattinen palauteprosessi ilmenee hyvin, kun henkilö kompensoi meluisaa ympäristöä nostamalla puheensa äänenvoimakkuutta (Burnett ym, 1998). Tätä kutsutaan Lombard-efektiksi.

Auditiivisen palautteen voidaan siis todeta olevan hyvin keskeinen osa puheen tuottoa. Siksi onkin perusteltua tutkia, miten auditiivisen palautteen ongelmat voivat mahdollisesti ennustaa ongelmien ilmenemistä myös puheessa ja äänessä. Tämän yhteyden tarkastelun avulla voidaan paremmin selvittää, missä määrin hypofonia ja hypokineettinen dysartria ovat seurausta sensomotorisesta häiriöstä ja auditiivisen prosessoinnin häiriöstä. On kuitenkin mahdollista, että auditiivisen palautteen ja puheen sekä äänen ongelmat voivat korreloida siksi, että ne ovat molemmat merkkejä taudin etenemisestä ja sensomotoristen verkkojen muutoksista (Conte ym, 2013).

Tässä katsauksessa auditiivisella prosessoinnilla viittaamme siihen, miten aivot käsittelevät ja tulkitsevat aistittua ääntä. Auditiiviseen prosessointiin osa-alueita ovat äänen keston havaitseminen, puheen erottelu ja äänen piirteiden, kuten taajuuden ja voimakkuuden erottelu.

1.1 Parkinsonin tauti

Parkinsonin tauti on etenevä neurologinen sairaus, joka on globaalisti toiseksi yleisin neurodegeneratiivinen sairaus Alzheimerin taudin jälkeen (Homayon, 2018). Kyseessä on monitekijäinen sairaus, joka aiheuttaa sekä motorisia että ei-motorisia oireita. Neuropatologisesti substantia nigraan alkaa kertyä α -synukleiinista koostuvia Lewyn kappaleita (Koeglsperger ym, 2023). Lewyn kappaleiden kertymä johtaa substantia nigran dopamiinia tuottavien hermosolujen rappeutumiseen, mikä aiheuttaa Parkinsonin taudin motoriset oireet.

Yleisimpiä motorisia oireita Parkinsonin taudissa ovat bradykinesia eli liikkeiden hidastuminen, rigidity eli lihajäykkyys ja lepovapina (Homayon, 2018). Yleisesti oireet alkavat toispuoleisina ja pysyvät epäsymmetrisinä koko taudinkulun ajan. Tauti etenee yksilöllisesti, mutta yleisesti oireet pahenevat. Tämä johtuu Lewyn kappaleiden kertymisestä laajemmille alueille aivoissa. Pitkälle edenneessä Parkinsonin taudissa alkaa esiintyä myös kognitiivisia oireita kuten dementiaa.

Diagnoosi tehdään motoristen oireiden perusteella, mutta ei-motoriset oireet alkavat usein jo vuosia ennen motorisia oireita (Atula, 2023). Näihin kuuluvat esimerkiksi uniongelmat ja autonomisen hermoston muutokset kuten suoliston toiminnan häiriöt (Koeglsperger ym, 2023).

Parkinsonin taudissa esiintyy tavanomaisesti oiretiedostamattomuutta. Parkinsonin tautia sairastavilla on vaikea tunnistaa itsellään erityisesti lieviä ja keskivaikeita motorisia oireita sekä äänioireita (Pennington ym, 2020). Vaikeat oireet puolestaan tiedostetaan useimmiten hyvin.

1.1.1 Parkinsonin taudin kuulo-oireet

Kuuloon liittyvät häiriöt eivät ole Parkinsonin tautiin yleisimmin liitetty oire ja niitä on tutkittu suhteellisen vähän, koska kuulon häiriöt liitetään usein korkeaan ikään (Firouzabadi ym, 2026). Vaikka iällä on suuri vaikutus kuulon häiriöissä, on Parkinsonin taudin ja kuulon häiriöiden välillä kuitenkin löydetty ikään liittymätön yhteys. Häiriöt voivat johtua sisäkorvan tai kuulohermion häiriöistä tai aivoissa tapahtuneista muutoksista esimerkiksi aivorungolla tai aivokuoressa (Zahra ym, 2020).

Jopa 73,9 prosentilla Parkinsonin tautia sairastavilla on havaittu kuulon alenemista, joka johtuu sisäkorvan häiriöstä (Firouzabadi ym, 2026). Näistä 45,1 prosentilla on havaittu matalien taajuuksien kuulon alenemista ja 82,6 prosentilla korkeiden taajuuksien kuulon alenemista. Kuulon aleneman on jopa ehdotettu olevan Parkinsonin taudin aikainen indikaattori, sillä kuulon alenema voi ilmetä jo ennen motorisia oireita.

Auditiivisen prosessoinnin häiriöt Parkinsonin taudissa voivat sisältää esimerkiksi auditiivisen prosessoinnin hitautta sekä vaikeutta erottaa ääniä ja puhetta (Zahra ym, 2020). Erityisesti puheen havaitsemisessa ja ymmärtämisessä taustahälyssä on havaittu Parkinsonin tautia sairastavilla vaikeutta (Folmer ym, 2017). Auditiivisen prosessoinnin häiriöt voivat johtua osin myös Parkinsonin taudissa yleisesti ilmenevistä kognitiivista häiriöistä. Häiriötä voi ilmetä esimerkiksi tarkkaavuudessa, työmuistissa sekä useamman asian tekemisessä yhtä aikaa (Homayoun, 2018). Oireet voivat aiheuttaa juuri kuullun asian unohtamista tai vaikeutta keskittyä kuultuun puheeseen tilanteissa, joissa aivot joutuvat käsittelemään useaa ärsykettä samana aikaa.

1.1.2 Parkinsonin taudin puhe – ja äänioireet

Parkinsonin taudin motorisiin oireisiin kuuluvat myös puhe- ja äänioireet. Parkinsonin tautia sairastavista 70–90 %:lla on hypokineettinen dysartria (Sapir, 2014). Siihen kuuluvia oireita ovat äänen hiljentyminen, vähentyneet sävelkorkeus- ja voimakkuusvaihtelut, artikulaation epätarkkuus sekä lyhyet puheryöpsähdykset.

Hypokineettiseen dysartriaan liittyvät puheoireet ovat etenkin artikulaation epätarkkuus, prosodian muutokset sekä puheen rytmin häiriöt (Wiesman ym, 2023). Artikulaatiossa tyypillisiä piirteitä ovat artikulaatioliikkeiden yleinen pieneneminen ja konsonanttien heikentynyt sulkeutuminen. Wiesmanin ja kumppaneiden (2023) mukaan, nämä ongelmat voivat johtua vasemman otsalohkon poikkeavasta aktiivisuudesta. Prosodian ja rytmin muutokset johtavat usein monotoniseen puheeseen, josta puuttuu intonaatiovaihtelut (Frota ym, 2021). On kuitenkin todettu, että tietyt prosodian osa-alueet, kuten tavupainotukset voivat säilyä lähes normaaleina, vaikka muut osa-alueet olisivat vaurioituneet (Thies ym, 2024). Hypokineettiseen dysartriaan liittyy myös puhemotoriikan oireita. Yleisesti puhenopeus on hitaampaa ja vaihtelevaa, puheessa esiintyy epätyypillisiä tauotuksia ja puheilmauksien pituus on normaalia lyhyempi (Duffy, 2020).

Myös Parkinsonin tautiin keskeisesti liittyvällä lepovapinalla on vaikutusta puheeseen ja ääneen (Dirkx ja Bologna, 2022). Vapinan saa aikaan dopamiinia tuottavien hermosolujen tuhoutuminen. Vaikka lepovapinaa esiintyy useimmiten raajoissa, voi Parkinsonin tautiin liittyä myös laryngeaalista vapinaa. Tämä usein esiintyy värisevänä äänenlaatuna (Kollensperger ym, 2010). Lepovapina voi vaikuttaa myös kasvojen, kielen ja leuan lihaksiin, mikä vaikeuttaa artikulaatiota.

Parkinsonin taudin yleisiä äänioireita ovat äänenvoimakkuuden hiljeneminen, monotoninen sävelkorkeus (monopitch), monotoninen äänenvoimakkuus (monoloudness) sekä muutokset äänenlaadussa (Atalar ym, 2023). Äänenlaatu Parkinsonin taudissa voi olla puristeista, vuotoista tai karheaa (Ma ym, 2020). Puristeisuus johtuu liiasta lihasjännityksestä, vuotoisuus äänihuulten

epätäydellisestä sulkeutumisesta ja karheus äänihuulten epätasaisesta liikkeestä. Lisäksi ääni kuulostaa usein heikolta johtuen heikosta hengityksen tuesta ja lihasten hallinnan heikkenemisestä.

Hypokineettisessä dysarthriassa ilmenee tyypillisesti erityisesti hypofoniaa, jossa äänen pääpiirteisiin kuuluu äänenvoimakkuuden hiljeneminen ja äänen vuotoisuus (Atalar ym, 2023). Vahva vuotoisuus voi saada äänen kuulostamaan jopa kuiskaukselta, ja yhdistettynä heikentyneeseen äänenvoimakkuuteen se voi aiheuttaa puheen muuttumisen vaikeaselkoiseksi ja -kuultavaksi (Freed, 2000). Lisäksi äänessä voi ilmetä ajoittaista afoniaa eli äänen hetkittäistä katoamista sekä äänenlaadun vaihtelua.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on tavoitteena selvittää, ovatko kuulohavainnon häiriöt yhteydessä Parkinsonin taudin ääni- ja puhehäiriöihin. Yhteyden selvittäminen on tärkeää, koska kuuloon sekä puheeseen ja ääneen liittyvät oireet ovat Parkinsonin taudissa erittäin yleisiä, ja niiden on todettu vaikuttavan merkittävästi tautia sairastavien elämänlaatuun (Miller ym, 2006). Millerin ja kumppaneiden (2006) tutkimuksessa Parkinsonin tautia sairastavat kokivat kykynsä kommunikoida heikentyneen. Osa koki myös sosiaalisiin tilanteisiin osallistumisen hankalaksi ja olivat alkaneet vältellä sosiaalisiin tilanteisiin osallistumista. Myös sosiaalisten tilanteiden laadun koettiin heikentyneen. Monet tautia sairastavat myös häpeävät omaa kommunikointiaan ja ovat siksi alkaneet vältellä kommunikaatiotilanteita. Puheterapian on todettu parantavan Parkinson-potilaiden ääneen ja puheeseen liittyvää elämänlaatua (Sackley ym, 2024). Jotta parhaan hyödyn tuottavat terapiamenetelmät osataan valita, on tärkeä selvittää oireisiin vaikuttavat tekijät ja yhteydet eri tekijöiden välillä.

Interventiotutkimuksissa on havaittu, että myös auditiiviset mekanismit kuntoutuvat puheterapiassa (Aaron ym, 2025). Esimerkiksi intensiivisten ääneen kohdistuvien terapiamenetelmien, kuten LSVT Loud:n on todettu lisäävän aktiivista auditiivisilla aivokuorialueilla. Tämä systemaattinen kirjallisuuskatsaus auttaa tunnistamaan mitkä auditiivisen prosessoinnin osa-alueet ovat häiriintyneet, miten ne liittyvät puheen ja äänen oireisiin sekä ohjaamaan kliinistä päätöksentekoa.

Tutkimuskysymyksemme ovat:

- 1) Millaisia kuulohavaintoon liittyviä häiriöitä Parkinsonin taudissa ilmenee?
- 2) Ovatko kuulohavainnon häiriöt yhteydessä puhe- tai äänihäiriöihin Parkinsonin taudissa?

2. Menetelmät

2.1 Aineiston hankinta

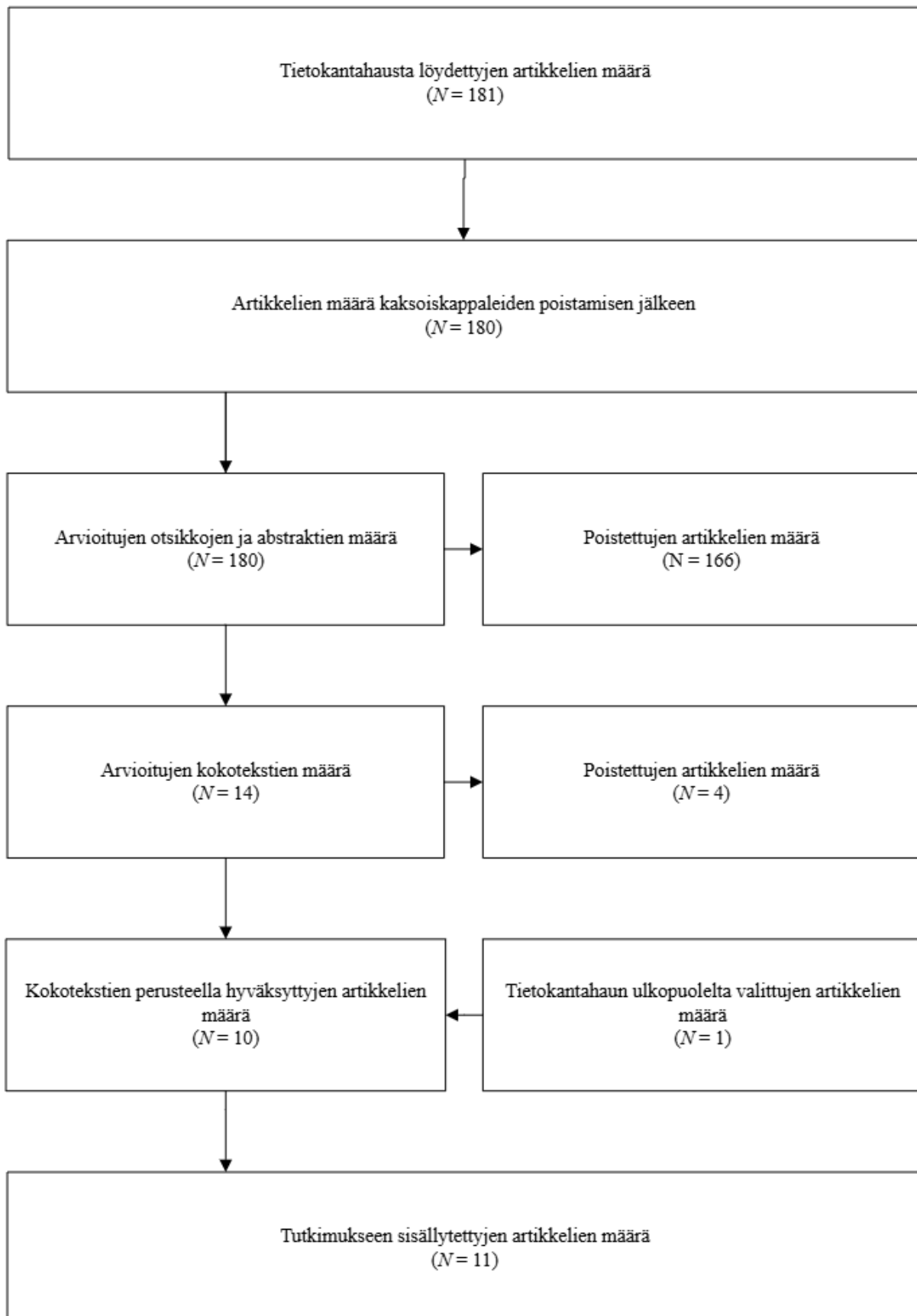
Tämä tutkimus toteutettiin systemaattisena kirjallisuuskatsauksena. Aineistot on haettu yhdestä tietokannasta. Tietokannaksi valikoitui PubMed, sillä se on yksi logopedian ja psykologian alojen keskeisimmistä tietokannoista. Haku PubMedistä suoritettiin 13.3.2026. Hakulauseke muodostettiin Parkinsonin tautiin, puheeseen, kuuloon ja auditiiviseen prosessointiin liittyvistä termeistä. Käytimme seuraavaa hakulauseketta:

```
("Parkinson Disease"[Title/Abstract] OR Parkinson*[Title/Abstract] OR Parkinsonism[Title/Abstract]) AND (auditory[Title/Abstract] OR hearing[Title/Abstract] OR audiometry[Title/Abstract] OR "auditory processing"[Title/Abstract] OR "auditory perception"[Title/Abstract] OR "auditory discrimination"[Title/Abstract] OR "auditory threshold"[Title/Abstract] OR "speech perception"[Title/Abstract] OR "speech discrimination"[Title/Abstract] OR "speech intelligibility"[Title/Abstract]) AND (speech[Title/Abstract] OR voice[Title/Abstract] OR vocal[Title/Abstract] OR dysphonia[Title/Abstract] OR phonation[Title/Abstract]) NOT (review OR rehabilitation OR fMRI OR MRI OR EEG OR neuroimaging OR electrophysiology OR ERP OR "evoked potential")
```

Kuviossa 1 on havainnollistettu artikkelien valintaa. Tietokantahausta saimme aluksi yhteensä 181 hakutulosta, joista poistimme yhden kaksoiskappaleen, minkä jälkeen jäljelle jäi 180 artikkelia. Kävimme artikkelit läpi Rayyan-ohjelmassa otsikoiden ja abstraktien perusteella. Tässä vaiheessa poistimme 166 artikkelia sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella. Artikkeleista 14 siirtyi kokotekstien seulontaan. Lopulta tietokantahakujen perusteella katsaukseen valikoitui 10 artikkelia. Sisällytimme katsaukseen myös yhden artikkelin tietokantahaun ulkopuolelta tietokantahaun artikkelien “find similar” -osiosta. Katsauksesta on rajattu pois artikkelit, joissa tutkittiin kuulopalautteen muokkaamisen vaikutusta puheeseen. Artikkelit, jotka sisälsivät kuulopalautteen muokkauksen arvioinnin tehtäviä ovat sisällytetty katsaukseen.

Kuvio 1.

Vuokaavio artikkelien sisällyttämisestä kirjallisuuskatsaukseen



Valitsimme artikkelit seuraavilla kriteereillä:

Sisäänottokriteerit:

1. Artikkelit käsitteli Parkinsonin tautia
2. Artikkelit sisälsi kuulonvaraisen tehtävän
3. Artikkelit sisälsi puheen- tai äänentuoton tehtävän

Poissulkukriteerit:

1. Artikkelit käsitteli vain aivotutkimuksia
2. Artikkelia ei ollut saatavilla suomeksi tai englanniksi

2.2 Aineiston luokittelu

Kokosimme aineistoista tärkeimmät tiedot työskentelytaulukkoon. Taulukko 1 sisältää tekijät, julkaisuvuoden, julkaisumaan, otoskoon, menetelmät, tiedon onko kuulo tutkittu, mitä lääkitystä koehenkilöt ovat käyttäneet sekä tiedon, sisältääkö artikkeli puhe- vai äänihäiriön tehtäviä.

Taulukko 1.

Kirjallisuuskatsauksen aineistot

Tekijät, maa ja vuosi	otoskoko	Onko kuulo tutkittu	Millaisia tehtäviä?	Puhe- vai äänihäiriö	Lääkitys
Abur & Stepp (2020). Yhdysvallat	N=60 (PD 30, HC 30)	Kyllä	Äänten tuotto ja oman tuotetun äänten arviointi	molemmat	Levodopa
Abur ym, (2021). Yhdysvallat	N=56 (PD 28, HC 28)	Kyllä	Oman puheen muokkaaminen kuulopalautteella, kuulonvarainen erottelu sekä lauseiden tuotto luettuna	Puhehäiriö	Levodopa
Brajot ym, (2016). Kanada	N=22 (PD 10, HC 12)	Kyllä	Kuulonvarainen äänenvoimakkuuden arviointi neljässä eri feedback-tilanteessa	Äänihäiriö	Levodopa
Chen & Watson, (2017). Yhdysvallat	N=20 (PD 10, HC 10)	Kyllä	Puheentuoton tehtävä, auditiivisen prosessoinnin tehtävä	Puhehäiriö	Levodopa, kaikilla paitsi yhdellä koehenkilöllä
Clark ym, (2014). Kanada	N = 42 (PD 17, HC 25)	Kyllä	Kaksi auditiivisen prosessoinnin tehtävää ja yksi puheen tuoton tehtävä	Äänihäiriö	Levodopa
De Keyser ym, (2016). Belgia	N=29 (PD 14, HC 15)	Ei	Akustinen analyysi, oman puheen arviointi ja muokkaaminen.	Puhehäiriö	Levodopa

Tekijät, maa ja vuosi	otoskoko	Onko kuulo tutkittu?	Millaisia tehtäviä?	Puhe- vai äänihäiriö?	Lääkitys
Gauvin ym, (2020). Yhdysvallat	N=42 (PD 21, HC 21)	Kyselyllä	11 kielellistä puheen tuoton ja puheen havaitsemisen tehtävää	Puhehäiriö	Levodopa
Ho ym, (2001). Australia	N=30 (PD 15, HC 15)	Kyllä	Oman äänenvoimakkuuden arviointi ja säätely	Äänihäiriö	Levodopa
Lelo de Larrea-Mancera ym, (2024). Yhdysvallat	N=99 (PD 44, HC 55)	Kyllä	Puheen ja äänen ominaisuuksien tunnistus-, arviointi- ja muokkaustehtäviä	Puhehäiriö	Levodopa
Mollaei ym, (2019). Kanada	N=30 (PD 15, HC 15)	Kyllä	Omien sekä muiden puhenäytteiden arviointi	Puhehäiriö	Levodopa
Skodda & Flasskamp (2010). Saksa	N=116 (PD 73, HC 42)	Ei	Kaksi puheen tuoton tehtävää sekä yksi kuulohavainnon tehtävää	Puhehäiriö	Levodopa

N=otoskoko, PD=Parkinson-ryhmä, HC=kontrolliryhmä

3. Tulokset

3.1. Tutkimuksen aineisto

Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa selvitimme, vaikuttaako Parkinsonin tauti kuulonvaraiseen erotteluun tai kuulohavaintoon ja miten kuulohavainnon häiriöt ovat yhteydessä Parkinsonin tautia sairastavien henkilöiden puheen ja äänen häiriöihin. Aineisto on esitelty taulukossa 2. Kirjallisuuskatsauksessamme käsitellään yhtätoista tutkimusartikkelia, joista seitsemän käsittelee puhehäiriöitä, kolme äänihäiriöitä ja yksi molempia. Artikkelit ovat julkaistut aikavälillä 2001–2024 Yhdysvalloissa (5), Kanadassa (3), Saksassa (1), Belgiassa (1) ja Australiassa (1). Katsauksen tutkimuksiin osallistui yhteensä 545 koehenkilöä, joista 277:lla oli Parkinsonin tauti ja 268 kuului kontrolliryhmiin. Osa artikkeleista on samoilta tutkijoilta, joten on mahdollista, että sama koehenkilö on osallistunut useampaan tutkimukseen. Tutkimuksista yhdeksässä osallistujilta on tutkittu kuulo, yhdessä se on selvitetty kyselyllä (Gauvin ym, 2020) ja kahdessa sitä ei ole tutkittu (Skodda ja Flaskamp, 2010; De Keyser ym, 2016). Kaikissa paitsi yhdessä tutkimuksessa (Abur ym, 2021) koeryhmän ja kontrolliryhmän osallistujat olivat iän suhteen yhteensovitettut. Kaikissa tutkimuksissa Parkinsonin tautia sairastavilla yhtä koehenkilöä lukuun ottamatta oli käytössä Levodopa-lääkitys.

Taulukko 2.

Tutkimusten menetelmät sekä päätulokset

Tekijät, maa ja vuosi	Tutkimusasetelma	Tehtävät	Päätulokset
Abur & Stepp (2020). Yhdysvallat	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Äänteen /a/ tuotto 2. Oman tuotetun äänen sävelkorkeuden ja sen vaihtelun arviointi	Oman äänentuoton sävelkorkeuden ja sen vaihtelun arvioinnissa ei todettu merkittävää eroa PD- sekä kontrolliryhmän välillä.
Abur ym, (2021). Yhdysvallat	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Puheen tuotto ja muokatun auditiivisen palautteen vaikutus tuotettuun ääneeseen 2. Itse tuotettujen sanojen ja äänteiden muutoksen havaitseminen 3. Oman äänen tuotto ja reaaliaikaisen palautteen erojen havaitseminen 4. Osallistujien puheen ymmärrettävyyden ja luonnollisuuden arviointi	Kuuntelutehtävissä PD-ryhmän F1 havaitsemisen tarkkuus oli post hoc -tutkimuksissa hieman heikompaa kuin kontrolliryhmän. F0-tarkkuudessa ryhmien välillä ei havaittu merkittävää eroa. F1- tarkkuuden havaittiin ennustavan puheen ymmärrettävyyttä ja f0- adaptaation puheen luonnollisuutta.
Brajot ym, (2016). Kanada	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Osallistuja tuottaa /a/-äänteen normaalisti 2. Oman muunnetun äänen voimakkuuden arviointi 3. Oman nauhoitetun äänen kuuntelu 4. Lombard-efektin tutkiminen maskatun äänen avulla 5. kuullun äänen voimakkuuden arviointi	Autofonisen ja passiivisen kuuntelun ero merkitsevä molemmissa ryhmissä. Auditiivinen maskaus vaikutti huomattavasti PD-ryhmän arvioihin. PD-ryhmällä havaittiin heikentynyt Lombard-efekti

Tekijät, maa ja vuosi	Tutkimusasetelma	Tehtävät	Päätulokset
Chen & Watson, (2017). Yhdysvallat	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Äänteiden /s/ ja [ʃ] kuulonvarainen erottelutehtävä 2. Kielen asennon taktiili tunnistamistehtävä 3. Puheen tuoton tehtävä / akustinen analyysi	AOU:ssa oli tilastollisesti merkittävä ero PD-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä. JND:ssä oli myös havaittavissa ero, mutta se ei ollut tilastollisesti merkittävä. Puheen tuotossa ei havaittu merkittävä eroa ryhmien välillä.
Clark ym, (2014). Kanada	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Ulkoisen puheen voimakkuuden arviointi 2. Kuullun voimakkuuden imitointi 3. Oman puheen voimakkuuden säätely	PD-ryhmä arvioi hiljaiset ärsykkeet liian koviksi ja kovat ärsykkeet liian hiljaisiksi. Oman puheen voimakkuuden säätelytehtävässä PD-ryhmä tuotti hiljaisempaa puhetta ja teki suhteellisesti pienempiä muutoksia.
De Keyser ym, (2016). Belgia	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. DSIA ja akustinen analyysi 2. Oman puheen piirteiden arviointi nauhoitteelta kahdessa eri tilanteessa 3. Puheen intensiteetin imitaatiotehtävä	Akustiset mittaukset osoittivat merkittäviä eroja PD- ja kontrolliryhmän välillä. Puheen ja puheintensiteetin havaitseminen oli poikkeavaa PD-ryhmässä.
Gauvin ym, (2020). Yhdysvallat	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	11 tehtävää, jotka testasivat kognitiota, puheentuottoa, kielellisiä kykyjä ja puheen havaitsemista.	Kuulonvaraisissa tehtävissä merkittäviä eroja ryhmien välillä virheiden määrässä ei löytynyt. Virheiden laadussa ryhmät kuitenkin erosivat toisistaan.

Tekijät, maa ja vuosi	Tutkimusasetelma	Tehtävät	Päätulokset
Lelo de Larrea-Mancera ym, (2024). Yhdysvallat	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Kuulokynnystestaus 2. Taajuusvaihtelun havaitseminen 3. Aikavälin havaitseminen 4. spektri- ja aikamodulaatioiden tunnistaminen 5. Puheen tunnistaminen “masking”-tilanteessa 6. Dikoottinen kuulohavainto 7. HHIE-S 8. Cognitive assesment battery	Yhdessäkään kuulemisen osa-alueessa ei todettu merkitsevää eroa ryhmien välillä. HHIE-S-lomake ei osoittanut PD-ryhmällä huonompaa koettua kuuloa.
Mollaei ym, (2019). Kanada	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Vokaalin tuotto ja oman tuotoksen arviointi 2. Kahden puhenäytteen samanlaisuuden arviointi	PD-ryhmä suoriutui huonommin F1-muutosten tunnistamisessa, mutta paremmin kuin kontrollit f0-muutosten tunnistamisessa.
Skodda & Flasskamp (2010). Saksa	Kokeellinen tutkimus Toistomittausasetelma Kontrolliryhmä (ryhmävertailu) Poikittaistutkimus	1. Toistuva tavujen tuotto 2. Pitkän fonaation tuotto 3. Ääninauhoitteilta puheen rytmin ja poikkeavuuksien arviointi	Puheen tuoton tehtävissä PD-ryhmällä havaittiin merkittäviä haasteita tasaisen puherytmin ylläpidossa. Henkilöt, joilla esiintyi puheen tuotossa enemmän häiriötä tekivät myös enemmän virheitä tunnistustehtävässä.

PD-ryhmä=Parkinson-ryhmä, F1=vokaalin laatu, f0=perustaajuus, AOU=Area of Uncertainty, JND=Just Noticeable Difference, DSIA=Dutch Sentence Intelligibility Assessment

3.2 Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin testaukseen käytetyt menetelmät

Tutkimuksista seitsemän mittasivat osallistujilta kuulon audiogrammilla. Yksi tutkimus (Chen ja Watson, 2017) käytti MLP-ToolBox -ohjelmaa kuulon tutkimiseen. Kaksi tutkimuksista, jotka tekivät osallistujille audiogrammin, eivät sulkeneet osallistujia sen perusteella pois, paitsi jos nämä käyttivät kuulokojetta. Kahdessa tutkimuksessa (Abur & Stepp, 2020; Abur, 2021) osalla osallistujista todettiin alentunut kuulo, mutta heidät otettiin mukaan, sillä kontrolliryhmän osallistujilla oli vastaavasti alentunut kuulo (hearing matched). Yhdessä tutkimuksista (Skodda & Flasskamp, 2010) osallistujilta ei testattu kuuloa.

Tutkimuksissa käytettiin yhteensä yhdeksää eri menetelmää auditiivisen prosessoinnin testaamiseen. Tehtävät olivat sekä äänne-, sana- että lausetasoisia ja liittyivät auditiivisen prosessoinnin eri osa-alueisiin. Nämä ovat äänenvoimakkuuden sekä -korkeuden ja niiden erojen tunnistus, rytmin ja aikarakenteen tunnistus, erojen havaitseminen kahdesta tai useammasta ärsykkeestä, riimien tunnistus sekä kuullunymmärtäminen. Tutkimuksissa käytettiin sekä aktiivisia menetelmiä, joissa koehenkilöt tuottavat auditiiviset ärsykkeet itse koetilanteessa, että passiivisia menetelmiä, joissa auditiivinen ärsyke oli aikaisemmin nauhoitettu joko koehenkilön omasta tai toisten puheesta. Kolmessa tutkimuksessa (De Keyser ym, 2016; Mollaei ym, 2019; Lelo de Larrea-Mancera ym, 2014) tutkittiin koehenkilöiden kykyä havaita taajuutta ja sen vaihteluita. Viidessä tutkimuksessa (De Keyser ym, 2016; Brajot ym, 2016; Clark ym, 2014; Ho ym, 2001; Lelo de Larrea-Mancera ym, 2014) tutkittiin koehenkilöiden kykyä havaita äänenvoimakkuutta ja sen muutoksia. Esimerkiksi Mollaei ja kumppanit (2019) tutkivat, miten koehenkilöt havaitsevat kuulopalautteen muokkauksen tehtävässä, jossa he aktiivisesti tuottavat puhetta. Yksi tutkimuksista (Skodda ja Flasskamp, 2010) tarkasteli koehenkilöiden kykyä havaita rytmiä ja sen muutoksia tehtävässä, jossa toistettiin samaa tavua nopeasti. Yksi tutkimus tutki, miten koehenkilöt tunnistivat riimejä (Gauvin ym, 2020) ja yksi, miten hyvin he erottelivat äänneitä toisistaan (Chen ja Watson, 2017).

Kolme tutkimusta käytti JND-menetelmää (Just Noticeable Difference), jossa tutkittavan tulee määrittää, kuulostaako juuri kuullut ärsykkeet samalta vai eriltä. Kahdessa näistä tutkimuksista tutkittiin sävelkorkeuden havaitsemista (Abur ja Stepp, 2020; Abur ym, 2021), yhdessä vokaalin laadun (F1) muutoksen havaitsemista (Abur ym, 2021) ja yhdessä äänneiden /s/ ja /f/ eron havaitsemista (Chen ja Watson, 2017). Aburin ja kumppaneiden (2021) tutkimuksessa mitattiin sekä reaaliaikaista kuulopalautetta, että oman puheen havaitsemista nauhalta. Kuulopalautteen vaikutusta mitattiin f0-adaptaatiolla, eli miten koehenkilön puhe muuttuu, kun reaaliaikaista kuulopalautetta muokataan. F1- ja f0-tarkkuutta taas mitattiin sekä aktiivisella että passiivisella tehtävällä. Koehenkilö kuuli kaksi itse tuotettua puheärsykettä joko nauhoitteelta tai reaaliajassa. Tämän jälkeen

koehenkilön piti määrittää eroavatko ärsykkeet toisistaan. Myös Aburin ja Steppin (2020) tutkimuksessa koehenkilöiden piti määrittää, onko kahden nauhalta kuullun oman puheen ärsykkeessä eroa. Chenin ja Watsonin (2017) tutkimuksessa koehenkilöiden piti määrittää kolmen ärsykkeen välillä, mikä ärsykkeistä erosi muista. Tutkimuksessa mitattiin myös AOU (Area Of Uncertainty) eli kuulijan varmuus antamastaan vastauksesta. Lisäksi kaksi muuta tutkimusta käytti menetelmänä erojen havaitsemista (De Keyser ym, 2016; Mollaei ym, 2019). Toisessa (Mollaei ym, 2019) tutkittiin F1 sekä perustaajuuden (f0) erojen havaitsemista, kun taas toisessa tutkimuksessa (De Keyser, 2016) tutkittiin äänenkorkeuden erojen havaitsemista.

Kaksi tutkimusta käytti LME-menetelmää (loudness magnitude estimation), joka selvittää, miten henkilö erottaa äänenvoimakkuuden muutoksia. LME:ssä koehenkilö kuunteli /a/-vokaalia (Brajot ym, 2016), tai lausetta (Clark ym, 2014) ja arvioi sen voimakkuutta numeerisella asteikolla. Myös Ho ja kumppanit (2001) tutkivat artikkelissaan, miten Parkinsonin tautia sairastavat havaitsevat äänenvoimakkuuden muutoksia. Heidän tutkimuksessaan koehenkilö kuunteli puhetta nauhalta ja sääti äänenvoimakkuuden valitsinta sen mukaan, kuinka kovana hän koki äänitteiden äänenvoimakkuuden.

Gauvin ja kumppanit (2020) tutkivat kuulonvaraista riimientunnistusta PALPA test 15 -tehtävällä. Tehtävässä koehenkilö kuuli kaksi sanaa ja kertoi sen jälkeen, rimmaavatko sanat. He tutkivat myös virheiden havaitsemista toisen henkilön puheessa tehtävällä, jossa koehenkilölle esitettiin visuaalista ärsykettä samalla, kun visuaalista ärsykettä kuvailtiin auditiivisesti. Jos tutkittava havaitsi visuaalisessa ja auditiivisessä ärsykkeessä eron, piti tämän ilmoittaa siitä tutkijalle.

Skodda ja Flasskamp (2010) tutkivat, kuinka Parkinsonin tautia sairastavat havaitsevat rytmiä ja epäsäännöllisyyksiä. Koehenkilöt kuuntelivat ääninauhoituksia, ja heidän tehtävänään oli luokitella ääninäytteet neljään kategoriaan niiden rytmin tyypin mukaan.

Lelo de Larrea-Mancera ja kumppanit (2024) käsittelivät tutkimuksessaan taajuuden ja äänenvoimakkuuden muutosten havaitsemista, aikarakenteen erottelua, spektrimodulaatioiden havaitsemista, puheen ymmärrystä kohinassa sekä korvien välisiä eroja. Koehenkilöt kuuntelivat nauhoitteita kuulokkeilla, ja heiltä tutkittiin jokaisessa tehtävässä sekä muutosten havaitsemisen tarkkuutta että korvien välisiä eroja havaitsemisessa.

3.3 Puheen ja äänen testaukseen käytetyt menetelmät

Neljässä tutkimuksessa (Abur ja Stepp, 2020; Brajot ym, 2016; Lelo de Larrea-Mancera ym, 2014; Mollaei ym, 2019) puheen tuoton tehtävä oli osa auditiivista tehtävää, eikä puheen tuottoa erikseen arvioitu. Kaksi tutkimusta (Clark ym, 2014; Ho ym, 2001) tutkivat äänenvoimakkuutta puheen

tuotossa tehtävillä, joissa piti tuottaa puhetta ohjeen mukaisesti pyydettyllä äänenvoimakkuudella. Yhdessä tutkimuksessa (Abur ym, 2021) ulkopuoliset kuuntelijat arvioivat tutkittavien puheen ymmärrettävyyttä sekä luonnollisuutta äänitettyjen lauseiden perusteella, kun taas yhdessä tutkimuksessa (De Keyser ym, 2016) suoritettiin akustinen analyysi tutkittavien puheesta tavutuotto-, vokaalintuotto-, tekstinluku- ja lauseentuottotehtävien sekä spontaanin puheen perusteella. Yksi tutkimus (Skodda ja Flasskamp, 2010) tutki puheen rytmiä ja sen ylläpitoa tehtävällä, jossa tutkittavat toistivat tavuja /pa/ ja /ba/. Yksi tutkimus (Chen ja Watson, 2017) puolestaan tutki äänteiden /s/ ja /ʃ/ tuoton tarkkuutta sekä tuoton tarkkuuden eroa lyhyissä lauseissa ja luonnollisessa puheessa. Tehtävänä oli ensin tuottaa äänteitä /s/ ja /ʃ/ sisältäviä sanoja lyhyissä lauseissa, minkä jälkeen tutkittavat lukivat lyhyen tekstin, joka sisälsi näitä äänteitä.

3.4 Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin tulokset

3.4.1 Kuulon tutkimus

Sekä Lelo de Larrea-Mancera ja kumppanit (2024) että Mollaei ja kumppanit (2019) tutkivat erosivatko Parkinson- ja kontrolliryhmät toisistaan kuulon perusteella. Kummassakaan tutkimuksessa ei havaittu ryhmien väliltä merkitsevää eroa. Myöskään HHIE-S-lomake (Lelo de Larrea-Mancera ym, 2024) ei osoittanut Parkinson-ryhmällä olevan huonompaa koettua kuuloa.

3.4.2 Taajuuden havaitseminen

Tulokset taajuuden havaitsemisen tehtävissä vaihtelivat tutkimusten välillä. Esimerkiksi Abur ja kumppanit (2021) eivät havainneet merkitsevää päävaikutusta F1-tarkkuuden havaitsemisessa Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä aktiivisessa tai passiivisessa tehtävässä. Post hoc -testit kuitenkin osoittivat, että Parkinson ryhmä suoriutui hieman heikommin kummassakin tehtävässä. Mollaei kumppaneineen (2019) puolestaan havaitsi merkitsevän eron F1-muutoksen havaitsemisessa. Parkinson-ryhmä suoriutui tehtävästä huomattavasti heikommin kuin kontrolliryhmä.

Kaksi tutkimusta (Abur ja Stepp, 2020; Abur ym, 2021) eivät havainneet merkitsevää eroa f0-taajuuden havaitsemisessa. Mollaei kumppaneineen (2019) puolestaan havaitsivat, että Parkinson-ryhmä havaitsi f0-taajuuden kontrolliryhmää paremmin itsetuotetun reaaliaikaisen puheen tehtävässä. Nauhalta tulevan puheen tehtävässä ei havaittu merkitsevää eroa. Chen ja Watson (2017) tutkivat koehenkilöiden äänteiden erottelukykyä (JND) eivätkä löytäneet tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. He kuitenkin huomasivat, että Parkinson-ryhmä oli vastauksestaan merkitsevästi useammin epävarma (AOU).

3.4.3 Äänenvoimakkuuden havaitseminen

Äänen voimakkuuden havaitsemisen tulokset olivat johdonmukaisempia tutkimuksien välillä kuin taajuuden havaitsemisen tulokset. Parkinson-ryhmä johdonmukaisesti yliarvioi hiljaiset voimakkuudet ja aliarvioi kovat voimakkuudet sekä nauhoitetusta, että reaaliajassa tuotetusta puheesta. (Clark ym, 2014; De Keyser ym, 2016). Ho ja kumppanit (2001) saivat samankaltaisia tuloksia tutkiessaan sitä, miten koehenkilöt havaitsevat puhettaan nauhoitetusta keskustelusta ja puheesta. Parkinson-ryhmä arvioi puheensa liian kovaksi molemmissa tilanteissa.

Brajot ja kumppanit (2016) havaitsivat merkitsevän eron ryhmien välillä maskatussa olosuhteessa. Kun oman aktiivisen puheen auditiivinen palaute peitettiin melulla, Parkinson-ryhmän arviot äänenvoimakkuudesta muuttuivat epäjohdonmukaisiksi samalla, kun kontrolliryhmän arviot säilyivät tasaisina. Tutkimus havaitsi Parkinson-ryhmässä myös heikentyneen Lombard-efektin, sillä he nostivat äänenvoimakkuuttaan keskimäärin 6 dB vähemmän kuin kontrolliryhmä.

3.4.4 Rytmin ja riimien havaitseminen sekä virheiden havaitseminen toisen puheessa

Skodda ja Flasskamp (2010) eivät havainneet eroa Parkinson- ja kontrolliryhmän välillä rytmiikan havaitsemisessa. Eroa ei havaittu myöskään riimien tunnistuksen reaktionopeudessa ryhmien välillä (Gauvin ym, 2020). Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että virheiden laatu riimintunnistuksessa vaihtelivat kontrolliryhmän ja Parkinson-ryhmän välillä. Parkinson-ryhmällä havaittiin enemmän virheitä sanoissa, jotka rimmaavista sanoista erottaa vain yksi kirjain lopussa, kun taas kontrolliryhmä teki enemmän virheitä ortografisesti samanlaisissa sanoissa eli sanoissa, joiden kirjoitusasu on yhtenevä, mutta eivät rimmaa. Gauvinin ja kumppaneiden (2020) tehtävässä, jossa piti havaita virheitä toisen henkilön puheessa, ei havaittu eroa ryhmien välillä.

3.5 Puheen ja äänen tulokset

3.5.1 Puheen akustiikka

De Keyserin ja kumppaneiden (2016) tutkimuksen puheen akustiikan analyysissä havaittiin merkitseviä eroja Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä. Prosodiassa Parkinson-ryhmällä havaittiin pienempi vaihtelu perustaajuudessa (f_0), kun taas fonaatiossa f_0 oli korkeampi, mutta äänenkorkeus ja äänenvoimakkuus eivät pysyneet tasaisina. Parkinson-ryhmällä todettiin myös merkitsevästi lyhyempi maksimaalinen fonaatioaika. Parkinson-ryhmällä todettiin loivemmat F2-transitiot, eli kielen liike eteen ja taakse on rajoittunutta, jolloin artikulaatio on epätarkempaa.

3.5.2 Äänenvoimakkuus

Kolme tutkimusta (Clark ym, 2014; Ho ym, 2001; Brajot ym, 2016) havaitsi Parkinson-ryhmällä merkitsevästi hiljentynyttä äänenvoimakkuutta puheen tuotossa kuin kontrolliryhmällä. Clarkin ja kumppaneiden (2014) tutkimuksessa hiljaisen puheen tuoton lisäksi Parkinson-ryhmä teki pyydettyä pienempiä äänenvoimakkuuden muutoksia kuin kontrolliryhmä, mikä viittaa Parkinson-ryhmässä oman äänenvoimakkuuden yliarviointiin. Brajotin ja kumppaneiden (2016) tutkimuksessa puolestaan Parkinson-ryhmä nosti äänenvoimakkuuttaan taustamelussa vain 4 dB, kun taas kontrolliryhmä nosti sitä samassa tilanteessa 10 dB, mikä viittaa heikentyneeseen lombard-efektiin Parkinson-ryhmässä. Loudness-käyrän jyrkkyys pysyi kuitenkin samana kaikissa auditiivisissa olosuhteissa, mikä tarkoittaa äänenvoimakkuuden arvioinnin perustuvan johonkin muuhun kuin auditiivisiin mekanismeihin.

3.5.3 Puheen rytmi ja artikulaatio

Skodda ja Flasskamp (2010) havaitsivat merkitsevän eron puheen rytmissä Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä. Parkinson-ryhmällä havaittiin rytmin epätasaisuutta, kun taas kontrolliryhmällä rytmi pysyi tasaisena. Parkinson-ryhmä aloitti tehtävän nopeammalla tempolla ja kiihdyttivät rytmiä tehtävän aikana. Vokaalin kesto (Vowel keeping time) ei eronnut merkitsevästi ryhmien välillä. Artikulaatiossa Chen ja Watson (2017) eivät havainneet merkitsevää eroa /s-/ ja /ʃ/-äänteiden tuotossa. Tutkimus kuitenkin havaitsi, että kontrolliryhmä muunteli äänteiden tuottoa enemmän tehtävien välillä, kun taas Parkinson-ryhmän äänteiden tuotto oli monotonista eli samanlaista tehtävätyypistä riippumatta.

3.6 Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin yhteys ääni- ja puheoireisiin

Kuulon ja auditiivisen prosessoinnin sekä puhe- ja äänioireiden yhteyttä Parkinsonin taudissa on tutkittu erittäin vähän. Katsauksemme artikkeleista vain kolme (Abur ym, 2021; Chen ja Watson, 2017; Skodda ja Flasskamp, 2010) analysoivat yhteyttä, kun puolestaan muut artikkelit joko tarkastelivat vain toista osa-aluetta tai osa-alueita erillään toisistaan.

Abur kumppaneineen havaitsi, että parempi F1-tarkkuus ennustaa parempaa tuotetun puheen ymmärrettävyyttä, kun taas parempi f0-adaptaatio ennustaa parempaa puheen luonnollisuutta. Chen ja Watson puolestaan eivät havainneet auditiivisen tehtävän ja puheen tuoton tehtävän tuloksien välillä merkitsevää eroa. Skodda ja Flasskamp havaitsivat heikon yhteyden rytmin havaitsemisen tehtävän ja rytmin tuoton tehtävän välillä. Henkilöt, joilla oli suurempi virheiden määrä havaitsemistehtävässä, kiihdyttivät puhettaan enemmän rytmin tuoton tehtävässä.

4. Pohdinta

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli selvittää, millaisia kuulohavainnon liittyviä häiriöitä liittyy Parkinsonin tautiin, sekä ovatko ne yhteydessä Parkinsonin taudin puhe- ja äänihäiriöihin. Parkinsonin tautiin liittyvistä kuulo-, puhe-, ja äänihäiriöistä on tehty erikseen paljon tutkimusta, mutta niiden yhteyttä toisiinsa on tutkittu vain vähän. Tämä kirjallisuuskatsaus ohjaa kliinistä päätöksentekoa, sekä auttaa kuntoutusmuotojen valinnassa. kirjallisuuskatsauksen tulokset tukevat näkemystä siitä, että puheen ja äänen häiriöt Parkinsonin taudissa eivät johdu vain motorisista haasteista, vaan myös kuulohavainnon häiriöillä on vaikutusta niihin. Tässä luvussa käsittelemme tulosten merkitystä, katsauksen vahvuuksia ja rajoituksia sekä esitämme jatkotutkimusehdotuksia.

4.1 Parkinsonin taudissa esiintyvät kuulohavainnon häiriöt

Lähes kaikilta osallistujilta katsauksemme artikkeleissa oli mitattu kuulokynnys, ja useimmissa tutkimuksissa henkilöt, joilla oli alentunut kuulokynnys, rajattiin pois tutkimuksesta. Osassa tutkimuksista (Abur ym, 2021; Abur ja Stepp, 2021) koehenkilöt, joilla oli lievä kuulonalenema sisällytettiin tutkimukseen, jos kontrolliryhmään löydettiin henkilö samantasoisella kuulonalenemalla. Alentuneet kuulokynnykset eivät siis ole voineet vaikuttaa katsauksen artikkeleiden tuloksiin.

Katsauksessamme havaittiin Parkinson-ryhmillä useita kuulohavainnon häiriöitä eri osa-alueilla. Vain Lelo de Larrea-Mancera ja kumppanit (2024) tutkivat korvan ja kuulohermon toimintaa. He eivät löytäneet eroa ryhmien välillä kuulon perusmekanismeissa. Tulos viittaa Parkinsonin kuulo-oireiden johtuvan lähinnä auditiivisen prosessoinnin häiriöistä eli aivojen toiminnasta. Tässä katsauksessa on siis keskitytty auditiivisen prosessoinnin mekanismeihin ja niiden vaikutuksiin. Korvan ja kuulohermon toiminnasta Parkinsonin taudissa tulisi kuitenkin tehdä lisää tutkimusta, jotta tieteellistä näyttöä saataisiin laajennettua.

Usean tutkimuksen tulosten perusteella voidaan päätellä, että Parkinsonin tautiin liittyy äänenvoimakkuuden havaitsemisen häiriö (Brajot ym, 2016; Clark ym, 2014; De Keyser ym, 2016; Ho ym, 2001). Parkinson-ryhmät systemaattisesti aliarvioivat kovat voimakkuudet ja yliarvioivat hiljaiset voimakkuudet. Ilmiö oli havaittavissa sekä itse tuotetun että muiden tuottaman äänen kohdalla. Myös puheen taajuuden havaitsemisessa ilmeni haasteita Parkinson-ryhmällä. Kahdessa tutkimuksessa (Mollaei ym, 2019; Abur ym, 2020) havaittiin haasteita F1-taajuuden tai sen muutoksen havaitsemisessa. Tulokset f0-taajuuden havaitsemisesta puolestaan eivät olleet yhteneviä. Kahdessa tutkimuksessa (Abur ja Stepp, 2021; Abur ym, 2020) ei havaittu eroa ryhmien välillä, kun taas Mollaei kumppaneineen (2019) havaitsi, että Parkinson-ryhmä havaitsi f0-taajuuden tarkemmin kuin kontrolliryhmä ääntämisen aikana. Taajuuden havaitsemisen vaikeudet vaikuttavat

siis painottuvat nimenomaan F1-taajuteen, kun taas sävelkorkeuden havaitsemisessa ei ole haastetta, vaikka Parkinsonin taudin tyypillinen piirre puheessa on monotonisuus. Mollaein ja kumppaneiden (2019) teorian mukaan Parkinsonia sairastavat kompensoivat F1-taajuuden havaitsemisen heikkenemistä paremmalla f0-tarkkuudella.

Chen ja Watson (2017) eivät havainneet JND-tehtävässä merkitsevää eroa Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä. Parkinson ryhmällä kuitenkin havaittiin suurempi AOU eli Parkinson-ryhmä oli epävarmempi omasta vastauksestaan. Tämä viittaa, että Parkinson-ryhmällä voisi kuitenkin olla häiriötä jollain osa-alueella. Epävarmuus voisi myös johtua henkilön oman taudin tiedostamisesta, jolloin tautia sairastavat tiedostavat riskinsä vastata väärin. Tämä kuitenkin olisi ristiriidassa käsityksen kanssa, missä Parkinsonin tautiin liittyy vahvaa oiretiedostamattomuutta.

Gauvinin ja kumppaneiden (2017) tutkimuksessa ei havaittu merkitsevää eroa riimintunnistuksen virheiden määrässä ryhmien välillä. Virheiden laadussa ryhmien välillä puolestaan oli eroa. Kontrolliryhmä teki virheitä nimeämällä rimmaamattomat ortografisesti samanlaiset sanat riimeiksi, kun taas Parkinson-ryhmä nimesi riimeiksi sanoja, jotka aluksi kuulostavat riimeiltä, mutta eivät ole. Tämä viittaa Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän käyttävän riimien tunnistuksessa hyödyksi eri keinoja. Auditiivisessa prosessoinnissa ei kuitenkaan havaittu merkittäviä vaikeuksia riimien osalta. Gauvin kumppaneineen (2017) tutki myös virheiden havaitsemista toisen ihmisen puheessa, minkä tuloksissa ei myöskään havaittu eroa ryhmien välillä. Tuloksen perusteella voi päätellä, että auditiivisen prosessoinnin haasteet liittyvät Parkinsonin taudissa sanojen pienempiin yksityiskohtiin, eikä sana- tai lausetasoiseen ymmärtämiseen.

Parkinson-ryhmän suorituksissa oli eroja riippuen siitä, oliko auditiivinen ärsyke heidän omaa reaaliaikaista ääntään vai nauhalta tulevaa ääntä. Mollaei ja kumppanit (2019) havaitsivat Parkinson-ryhmän erottavan f0-muutoksia kontrolliryhmää paremmin oman reaaliaikaisen äänen kuuntelutehtävässä. Eroa ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut nauhoitetun äänen kuuntelussa. Samaa efektiä ei kuitenkaan havaittu äänenvoimakkuuden havaitsemisen tehtävissä. Esimerkiksi Ho ja kumppanit (2001) havaitsivat, että Parkinson-ryhmä arvioi oman äänensä liian kovaksi sekä reaaliaikaisessa että nauhoitetussa tilanteessa.

Tutkimustulokset liittyen auditiivisen prosessoinnin ongelmiin ovat osittain linjassa Parkinsonin tautiin liittyvien neurofysiologisten löydösten kanssa. Parkinsonin tauti rappeuttaa tyvitumakkeita, jotka ovat keskeisiä auditiivisen informaation käsittelyssä (Mollaei ym, 2022). Vauriot näillä alueilla voivat aiheuttaa auditiivisen prosessoinnin haasteita. Kuitenkin Parkinson-ryhmän parempi kyky

havaita f0-muutoksia eroaa muiden auditiivisen prosessoinnin osa-alueiden tuloksista, ja tätä löydöstä tulisi tutkia lisää selityksen löytämiseksi.

4.2 Kuulohavainnon yhteys puheen ja äänen häiriöihin

Katsauksemme artikkeleista vain kolmessa (Abur ym, 2021; Chen ja Watson, 2017; Skodda ja Flaskkamp, 2010) suoritettiin tilastolliset testit Parkinsonin taudin auditiivisen prosessoinnin häiriöiden sekä puhe- ja äänioireiden yhteydestä. Muissa artikkeleissa yhteyttä analysoitiin pohdintaosiossa. Tämä kertoo, että kuulohavainnon häiriöiden yhteyttä puhe- ja äänioireisiin Parkinsonin taudissa on tutkittu vain vähän. Kolmesta tilastolliset testit tehneestä tutkimuksesta kaksi (Abur ym, 2021; Skodda ja Flaskkamp, 2010) havaitsivat auditiivisen prosessoinnin yhteyden puheoireisiin. Vastoin odotuksia Chen ja Watson (2017) puolestaan eivät havainneet yhteyttä.

Hypofoniaa eli äänen hiljaisuutta esiintyy suurimmalla osalla Parkinsonin tautia sairastavia. Koska auditiivinen prosessointi on häiriintynyt, henkilöt yliarvioivat oman puheensa voimakkuuden. On mahdollista, että tämän vuoksi he eivät spontaanisti voimista ääntään, ja ääni jää hiljaiseksi. Auditiivinen häiriö korostuu erityisesti melussa, sillä Parkinson-ryhmällä havaittiin myös heikentynyt Lombard-efekti (Brajot ym, 2016). Voidaan päätellä, että vaikeus havaita oman äänen hiljaisuus, vahvistaa oiretiedostamattomuutta, sillä henkilö ei pysty huomaamaan puhuvansa epänormaalilla äänenvoimakkuudella. Useat tutkimukset päätyivät siihen johtopäätöksen, että hypofonia ei johdu pelkästään motorisen järjestelmän häiriöistä, vaan sen taustalla on myös auditiivisen prosessoinnin häiriö (De Keyser ym, 2016; Brajot ym, 2016; Clark ym, 2014; Ho ym, 2001). Tätä johtopäätöstä ei kuitenkaan ole tilastollisesti todistettu.

Hypokineettiseen dysartriaan liittyy puheen monotonisuutta. Abur kumppaneineen (2021) havaitsi paremman F1-tarkkuuden ennustavan parempaa puheen ymmärrettävyyttä. Kun omassa puheessa tuotetut vokaalit havaitaan oikein, on omaa puhetta helpompi monotoroida ja näin myös tuottaa oikeat vokaalit, jolloin puhe on ymmärrettävämpää. Merkitsevää päävaikutusta Parkinson- ja kontrolliryhmien välillä ei kuitenkaan löydetty. Post hoc -testien tulokset kuitenkin viittaavat Parkinson-ryhmän havaitsevan F1-tarkkuutta heikommin. Tulokseen tulee kuitenkin suhtautua varauksella, koska päävaikutus ei ollut merkitsevä. Tämän osoittaa ennustettavuuden F1-tarkkuuden havaitsemisen ja tuoton välillä. Koska tutkimus havaitsi, että heikompi F1-havaitseminen ennustaa heikompa puheen ymmärrettävyyttä, tulisi Parkinson-ryhmän puheen myös olla epäselvempää. Kontrolliryhmän ja Parkinson-ryhmän puheen ymmärrettävyydessä ei kuitenkaan havaittu merkitsevää eroa. Myös Mollaein ja kumppaneiden (2019) tutkimuksessa havaittiin, että Parkinson-ryhmä suoriutui F1-muutoksen havaitsemisessa heikommin kuin kontrolliryhmä. Heidän tutkimuksessansa ero oli merkitsevä. Näiden kahden tutkimuksen perusteella on siis todennäköistä,

että Parkinsonin tautia sairastavilla F1-taajuuden havaitseminen eroaa terveistä henkilöistä ja on yhteydessä puheen tuottoon, mutta aiheesta tarvitaan lisää tieteellistä näyttöä, jotta se voidaan yleistää. Abur ja kumppanit (2021) havaitsivat myös, että parempi f0-adaptaatio ennustaa luonnollisempaa puhetta. Kun siis havaitsee paremmin f0-perustaajuutta ja pystyy muokkaamaan omaa puhettaan sen mukaan, paranee puheen luonnollisuus. Kyseessä on kuitenkin vain korrelaatio, ja on mahdollista, että f0-adaptaatio ja äänen luonnollisuus heikkenevät yhtäaikaaisesti taudin edetessä.

Skodda ja Flaskamp (2010) eivät havainneet Parkinson-ryhmän ja kontrolliryhmän välillä eroa rytmin havaitsemisessa. Rytmin tuottamisessa puolestaan havaittiin Parkinson-ryhmällä merkittäviä haasteita tasaisen puherytmin ylläpitämisessä. Rytmin ylläpitämisellä ja auditiivisen tehtävän virheiden määrällä havaittiin olevan heikko yhteys. Henkilöillä, jotka kiihdyttivät puhettaan tavutoistossa, oli myös suurempi virheprosentti. Korrelaatio oli kuitenkin heikko, ja siihen tulee suhtautua varauksella. Parkinsonin taudin haasteet puheen rytmisissä johtuvat yleisen käsityksen mukaan motorisista haasteista kuten artikulaation haasteista ja lihasjäykkyydestä sekä oiretiedostamattomuudesta (Atalar ym, 2023). Skoddan ja Flaskampin (2010) tutkimuksen perusteella on kuitenkin mahdollista, että myös auditiivinen prosessointi vaikuttaa rytmin tuottoon.

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tulokset ja johtopäätökset voivat ohjata Parkinson-asiakkaiden puheterapeuttisen kuntoutuksen suunnittelua. Yhteen koottu tutkimustieto siitä, miten eri auditiivisen prosessoinnin osa-alueet ovat vaurioituneet Parkinsonin taudissa, ja miten ne vaikuttavat puheeseen ja ääneen voi parantaa kuntoutuksen tehokkuutta.

4.3 Vahvuudet ja rajoitukset

Keskeisin vahvuus tässä tutkimuksessa on käytetty systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmä. Menetelmä tekee tutkimuksesta helposti toistettavan ja parantaa läpinäkyvyyttä. Systemaattinen lähestymistapa tarjoaa kokonaiskuvan aiheesta kokoamalla yhteen eri menetelmillä ja eri maissa tehdyt tutkimukset. Tämä oli erityisen toimiva tapa lähestyä aiheitamme, sillä aiheesta tehdyt tutkimukset olivat menetelmiltään hyvin heterogeenisiä. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus mahdollistaa tällaisen tutkimustiedon jäsentämisen ja toistuvien ilmiöiden tunnistamisen. Tämä voi tukea kliinistä päätöksentekoa tarjoamalla koottua tietoa.

Tämän katsauksen aineistoon liittyy myös tiettyjä rajoituksia, jotka voivat vaikuttaa johtopäätösten luotettavuuteen. Aiheesta on tehty aikaisemmin vain vähän tutkimusta. Tutkimusten otoskoot ovat myös pääosin olleet pieniä. Tämä voi heikentää tulosten yleistettävyyttä laajempaan populaatioon. Tutkimusten painopisteet vaihtelivat myös huomattavasti. Niissä käytettiin laajasti erilaisia mittareita,

tehtävätyyppejä ja auditiivisia ärsykyksiä. Tämä vaikeutti tulosten suoraa vertailua. Menetelmien moninaisuutta voi kuitenkin pitää myös vahvuutena. Erilaiset menetelmät antavat laajan näkökulman ilmiöön ja auttavat arvioimaan, esiintyvätkö tietyt tulokset johdonmukaisesti erilaisissa tehtävissä ja tilanteissa. Suurimmassa osassa tutkimuksista ei tutkittu auditiivisen prosessoinnin häiriöiden yhteyttä puheen ja äänen häiriöihin tilastollisella analyysillä, vaan johtopäätöksiin yhteydestä päädyttiin vain erikseen saatujen tulosten perusteella. Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tuloksia tulee siis tulkita huomioiden nämä rajoitteet.

4.4 Jatkotutkimus- ja sovellusehdotukset

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella voidaan todeta, että Parkinsonin taudin kuulohavainnon häiriöiden yhteydestä puhe- ja äänioireisiin tarvitaan lisää tutkimusta. Tähän mennessä tehty tutkimusnäyttö on menetelmien kannalta hyvin vaihtelevaa, mikä vaikeuttaa selvien johtopäätösten tekemistä liittyen kliiniseen työhön. Laajempi ja metodologisesti yhtenäisempi tutkimusnäyttö voisi helpottaa oikeiden kuntoutusmenetelmien valintaa huomioiden auditiiviseen prosessointiin liittyvät häiriöt Parkinsonin taudissa. Optimaalisesti tulevassa tutkimuksessa olisi hyvä hyödyntää myös useita mittauskertoja, jotta voidaan tarkastella yksilöllistä vaihtelua, harjoitusvaikutuksia ja mahdollisia kompensaatiomekanismeja. Pitkittäisasetelmat voisivat myös auttaa havaitsemaan, missä vaiheessa Parkinsonin taudin etenemistä auditiivisen prosessoinnin muutokset ilmenevät, ja miten ne muuttuvat taudin edetessä. Pitkittäisasetelmat ovat kuitenkin resurssit huomioiden yleisesti haastavia toteuttaa. Tutkimusten vertailukelpoisuutta edistäisi myös termien ja menetelmien yhtenäistäminen.

Tärkein jatkotutkimusehdotus liittyy kuulokynnysten mahdolliseen vaikutukseen puhe- ja äänioireisiin Parkinsonin taudissa. Tähän katsaukseen sisällytetyt tutkimukset eivät tarkastelleet kuulokynnyksiä, vaikka alentunut kuulo voi vaikuttaa sekä auditiiviseen prosessointiin että puheen tuottoon. Tuleviin tutkimuksiin tulisi siis sisällyttää myös kuulokynnysmittausten perusteella heikkokuuloisia koehenkilöitä, jotta kuulokynnyksen vaihtelun vaikutusta puheeseen ja ääneen voidaan tutkia. Lisäksi auditiivisen prosessoinnin yhteyttä puheen ja äänen oireisiin Parkinsonin taudissa olisi tulevaisuudessa hyödyllistä tutkia korrelaatiotutkimuksella, jotta yhteydestä saadaan enemmän tutkimusnäyttöä.

5. Lopuksi

Parkinsonin taudissa esiintyy erilaisia auditiivisen prosessoinnin häiriöitä, jotka ovat todennäköisesti yhteydessä Parkinsonin taudin puhe- ja äänioireisiin. Aiheesta tarvitaan kuitenkin lisää tutkimusta, jotta korrelatiivinen yhteys voidaan todistaa. Myös kuulokynnyksen yhteyttä Parkinsonin taudin ääni- ja puheoireisiin on aiheellista tutkia tulevaisuudessa.

Lähdeluettelo

Katsaukseen sisällytetyt artikkelit merkitty *-merkillä.

Aaron, A. S., Tjaden, K., Lam, J., & Wang, Y. (2025). Voice outcomes of clear speech cueing in individuals with Parkinson's disease. *Journal of Voice*.

<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2025.11.020>

*Abur, D., Lester-Smith, R. A., Daliri, A., Lupiani, A. A., & Stepp, C. E. (2021). Feedback and feedforward auditory-motor processes for voice and articulation in Parkinson's disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(12), 4682–4694.

https://doi.org/10.1044/2021_jslhr-21-00153

*Abur, D. & Stepp, C. E. (2020). Acuity to changes in self-generated vocal pitch in Parkinson's disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(9), 3208–3214.

https://doi.org/10.1044/2020_jslhr-20-00003

Atalar, M., Yüceyar, N., & Öztürk, O. (2023). Hypokinetic dysarthria in Parkinson's disease: A narrative review. *Şişli Etfal Hastanesi Tıp Bülteni*, 57(2).

<https://doi.org/10.14744/semb.2023.29560>

Atula, S. (2023). *Parkinsonin tauti*. Duodecim Terveyskirjasto.

<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00055>

*Brajot, F.-X., Hemmerling, K. J., & Carney, L. H. (2016). Autophonic loudness perception in Parkinson's disease. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1401–1411. <https://doi.org/10.1121/1.4944569>

*Chen, Y.-W. & Watson, P. J. (2017). Speech production and sensory impairment in mild Parkinson's disease. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(5), 3030–3041.

<https://doi.org/10.1121/1.4980138>

*Clark, J. P., Adams, S. G., Dykstra, A., Moodie, S., & Jog, M. (2014). Loudness perception and speech intensity control in Parkinson's disease. *Journal of Communication Disorders*, 51, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2014.08.001>

*De Keyser, K., Santens, P., Bockstael, A., Botteldooren, D., & De Bodt, M. (2016). The relationship between speech production and speech perception deficits in Parkinson's disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 915–931.

https://doi.org/10.1044/2016_jslhr-S-15-0197

- Dirkx, M. F. & Bologna, M. (2022). The pathophysiology of Parkinson's disease tremor. *Journal of the Neurological Sciences*, 435, 120196. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120196>
- Duffy, J. R. (2020). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management* (3rd ed.). Elsevier Mosby.
- Firouzabadi, S., Ghasemi, M., & Ashrafi, F. (2026). Hearing loss in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Movement Disorders*.
<https://doi.org/10.1002/mds.70206>
- Folmer, R. L., Vachhani, J., Theodoroff, S. M., Ellingson, R. M., & Gallun, F. J. (2017). Auditory processing abilities of Parkinson's disease patients. *BioMed Research International*, 2017, 2618587. <https://doi.org/10.1155/2017/2618587>
- Freed, D. B. (2020). *Motor speech disorders: Diagnosis and treatment* (3rd ed.). Plural Publishing.
- Frota, S., Butler, J., Martins, M., & Vigário, M. (2021). (Dys)prosody in Parkinson's disease: Effects of medication and disease duration on intonation and prosodic phrasing. *Brain Sciences*, 11(8), 1100. <https://doi.org/10.3390/brainsci11081100>
- *Gauvin, H., De Baene, W., & Hartsuiker, R. J. (2017). Verbal monitoring in Parkinson's disease: A comparison between internal and external monitoring. *PLOS ONE*, 12(8), e0182159. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182159>
- *Ho, A. K., Bradshaw, J. L., & Iannsek, R. (2000). Volume perception in Parkinsonian speech. *Movement Disorders*, 15(6), 1125–1131. [https://doi.org/10.1002/1531-8257\(200011\)15:6](https://doi.org/10.1002/1531-8257(200011)15:6) ([doi.org in Bing](https://doi.org/10.1002/1531-8257(200011)15:6))<1125::AID-MDS1010>3.0.CO;2-R
- Homayoun, H. (2018). Parkinson disease. *Annals of Internal Medicine*, 169(5), ITC33–ITC48. <https://doi.org/10.7326/AITC201809040>
- Jafari, Z., Kolb, B. E., & Mohajerani, M. H. (2020). Auditory dysfunction in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 35(4), 537–550. <https://doi.org/10.1002/mds.28000>
- Koeglsperger, T., Borghammer, P., & van den Berge, N. (2023). Neuropathology of incidental Lewy body & prodromal Parkinson's disease. *Molecular Neurodegeneration*, 18(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s13024-023-00622-7>

- Köllensperger, M., Geser, F., Seppi, K., Stampfer-Kountchev, M., Sawires, M., Scherfler, C., ... Wenning, G. K. (2010). Presentation, diagnosis, and management of multiple system atrophy in Europe. *Movement Disorders*, 25(15), 2604–2612.
<https://doi.org/10.1002/mds.23192>
- *Lelo de Larrea-Mancera, E. S., Gollan, T. H., & Litvan, I. (2024). A characterization of central auditory processing in Parkinson’s disease. *Journal of Parkinson’s Disease*, 14(5), 999–1013. <https://doi.org/10.3233/JPD-230458>
- Li, M. (2024). Global burden of Parkinson’s disease from 1990 to 2021: A population-based study. *BMJ Open*, 15(4), e095610. <https://bmjopen.bmj.com/content/15/4/e095610>
([bmjopen.bmj.com](https://bmjopen.bmj.com/content/15/4/e095610) in Bing)
- Ma, A., Lau, K. K., & Mak, H. K. (2020). Voice changes in Parkinson’s disease: What are they telling us? *Journal of Clinical Neuroscience*, 72, 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.12.029>
- Miller, N., Noble, E., Jones, D., & Burn, D. (2006). Life with communication changes in Parkinson’s disease. *Age and Ageing*, 35, 235–239.
<https://doi.org/10.1093/ageing/afj053>
- Mollaei, F., Shiller, D. M., & Gracco, V. L. (2022). Early auditory responses to speech sounds in Parkinson’s disease. *Scientific Reports*, 12(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-05128-8>
- *Mollaei, F., Shiller, D. M., & Gracco, V. L. (2019). The relationship between speech perceptual discrimination and speech production in Parkinson’s disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(12), 4256–4268.
https://doi.org/10.1044/2019_jslhr-S-18-0425
- Pennington, C., Snellgrove, C., & Young, J. (2020). Altered awareness of motor symptoms in Parkinson’s disease and dementia with Lewy bodies. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 35(9), 972–981. <https://doi.org/10.1002/gps.5362>
- Sackley, C. M., Smith, C. H., Rick, C., et al. (2024). The effect of two speech and language approaches on speech problems in people with Parkinson’s disease: The PD COMM RCT. *Health Technology Assessment*, 1–141. <https://doi.org/10.3310/ADWP8001>

- Sapir, S. (2014). Multiple factors are involved in the dysarthria associated with Parkinson's disease. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(4), 1330–1343.
https://doi.org/10.1044/2014_jslhr-S-13-0039
- Sipilä, J. O. T. & Kaasinen, V. (2022). Parkinsonin taudin epidemiologia ja genetiikka Suomessa. *Duodecim*. <https://www.duodecimlehti.fi/duo16961>
- *Skodda, S., Grönheit, W., & Schlegel, U. (2010). Instability of syllable repetition as a model for impaired motor processing. *Journal of Neural Transmission*, 117(3), 369–379.
<https://doi.org/10.1007/s00702-010-0390-y>
- Thies Id, T., Rebernik, T., & Braun, B. (2024). *Prosody matters: Preserved prominence marking strategies in people with Parkinson's disease independent of motor status*. Manuscript in preparation.
- Wiesman, A. I., Rezich, M. T., O'Neill, J., et al. (2023). Aberrant neurophysiological signaling associated with speech impairments in Parkinson's disease. *NPJ Parkinson's Disease*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41531-023-00495-z>