

## University of Groningen

### On the color of voices

El Boghdady, Nawal

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2019

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

El Boghdady, N. (2019). *On the color of voices: the relationship between cochlear implant users' voice cue perception and speech intelligibility in cocktail-party scenarios*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



# Nederlandse Samenvatting



## 1. ACHTERGROND

Cochleaire implantaten (CI's) zijn chirurgisch geïmplanteerde neuroprothetische elektrische apparaten die het gehoor herstellen in dove en slechthorende personen. In een CI, kwantiseren en verdelen signaalverwerkingsalgoritmen binnenkomende geluiden over een aantal verschillende frequentiekanalen. Per frequentiekanal worden vervolgens elektrische signalen gegenereerd om specifieke elektroden van het CI te stimuleren om elektrische pulsen af te geven. Hoewel de spraakverstaanbaarheidsscores van CI-gebruikers in een rustige omgeving meestal goed zijn, is de spraakverstaanbaarheid in een luidruchtige omgeving moeilijk voor CI gebruikers, zeker als de omgeving andere sprekers bevat. In een enquête onder 247 volwassen CI-gebruikers gaf 93% van de respondenten aan dat ze tevreden waren over de spraakverstaanbaarheid in stilte, terwijl slechts 30% een vergelijkbare tevredenheid aangaf voor spraakperceptie in een luidruchtige omgeving. Het verstaan van spraak dat gemaskeerd is door een concurrerende spreker wordt dus beschouwd als een belangrijk probleem voor CI-gebruikers. Temeer omdat dit vaak in alledaagse luistersituaties voorkomt zoals bij familiebijeenkomsten, uitstapjes in drukke gebieden en werkomgevingen en in open kantoren.

Om onderscheid te maken tussen sprekers, gebruiken luisteraars die normaal horen (NH) verschillende akoestische signalen waaronder de toonhoogte van de spreker, de wijze van articulatie, het regionale accent en de spreekstijl. Samen dragen deze signalen bij tot de "kleur" van de stem van de spreker. Dit proefschrift concentreert zich voornamelijk op twee fundamentele akoestische signalen van de stem die voortkomen uit de anatomie van de spreker, namelijk de stemhoogte (F0) en de lengte van het spraakkanaal (VTL). Uit de literatuur blijkt consistent dat F0 en VTL niet alleen gerelateerd zijn aan de waarneming van de leeftijd, het geslacht en de identiteit van de spreker in

---

NH luisteraars, maar ook aan spraakverstaanbaarheid in de aanwezigheid van een concurrerende spreker (spraak-op-spraak, SoS). De literatuur heeft ook aangetoond dat CI-gebruikers moeilijkheden ondervinden bij het waarnemen van F0 en met name VTL. Een belangrijk doel van dit proefschrift is dan ook om te onderzoeken of de moeilijkheden die CI-gebruikers in de SoS waarneming ervaren gerelateerd zijn aan hun onvermogen om F0- en VTL-signalen goed waar te nemen. Een tweede doel is bestuderen of het optimaliseren van bepaalde parameters van het CI, zoals signaalverwerkingsalgoritmen, stimulatiepatronen en de frequentie-naar-elektrodetoewijzingskaart zou kunnen helpen bij het verbeteren van de perceptie van dergelijke signalen in CI-gebruikers.

## 2. METHODOLOGISCHE AANPAK

Om deze onderzoeksvragen te bestuderen zijn in dit proefschrift drie experimentele methoden ontwikkeld gebaseerd op bestaande psychoakoestischetaken en spraakmateriaal uit de literatuur. Deze methoden zijn vervolgens getest op NH's en CI-gebruikers om de onderzoeksvragen te beantwoorden. In de eerste methode is de SoS-verstaanbaarheid (de per woord verstaanbaarheid van de doelspreker terwijl deze werd gemaskeerd door een gelijktijdige spreker) gemeten. De SoS-verstaanbaarheid is gemeten als een functie van het vergroten van het F0- en het VTL-verschil tussen de twee gelijktijdige sprekers. De F0 en VTL van de oorspronkelijke doelspreker werden synthetisch gemanipuleerd om de stem van de gewenste maskeerspreker te produceren.

In de tweede methode is op een vergelijkbare manier het SoS-begrip gemeten als een functie van het F0- en het VTL-verschil tussen de doel- en maskeersprekers. Om het SoS-begrip te meten werden de deelnemers gevraagd te beoordelen of de gehele doelzin zinvol was (betekenis had) of niet. Dit wijkt af van het eerste experiment, waarbij deelnemers werden gescoord

op basis van het aantal woorden dat correct werd herhaald uit de doelzin.

In de derde taak is de gevoeligheid voor F0 en VTL spraaksignalen gemeten door het kleinste verschil in F0 en VTL dat deelnemers konden herkennen te meten; het net merkbare verschil (just noticeable difference, JND). Er zijn verschillende “stemruimte” combinaties gemeten voor combinaties van verschillen in F0 en VTL, namelijk combinaties die lijken op de “stemruimte” van een kinderlijke spreker en een mannelijke spreker ten opzichte van combinaties die lijken op de “stemruimte” van een vrouwelijke spreker. Dit werd gedreven door de verwachting dat deze stemruimtes mogelijk anders vertegenwoordigd kunnen zijn in het stimulatiepatroon van het CI en er dus verschillen kunnen zijn in spraakperceptie van de CI-gebruiker afhankelijk van de “stemruimte” van de spreker. Om de resultaten beter te kunnen generaliseren, zijn deze experimenten uitgevoerd op CI-gebruikers die verschillende moedertalen hadden: een Nederlandstalige groep (hoofdstuk 2 en 5) en een Duitstalige groep (hoofdstuk 3 en 4). Hiervoor zijn de materialen voor de Nederlands sprekende groep omgezet in materialen voor een Duits sprekende groep.

### **3. ONDERZOEKSVRAGEN EN BEVINDINGEN VAN DIT PROEFSCHRIFT**

De drie psychoakoestische taken zijn ingezet om vier hoofdvragen te beantwoorden. Deze vier vragen worden apart behandeld in vier verschillende hoofdstukken. In **hoofdstuk 2** is onderzocht of SoS waarneming (verstaanbaarheid en begrip) verband houdt met de gevoeligheid van CI-gebruikers voor verschillen in F0 en VTL. In Nederlands sprekende NH luisteraars en CI-gebruikers is de SoS-verstaanbaarheid en het SoS-begrip tussen de vrouwelijke en kinderlijk “stemruimtes” onderzocht. Daarbij zijn bij de CI-gebruikers de F0/VTL JNDs gemeten. De resultaten van deze studie toonden aan dat NH

---

luisteraars een voordeel ondervonden van het vergroten van de F0 en VTL verschillen tussen een vrouwelijke doelspreker en een kinderlijke maskeerspreker. CI-gebruikers ondervonden hier daarentegen geen voordeel aan en hadden een significant lagere score met een verhoogd verschil in VTL. De lagere score van CI-gebruikers bleek te zijn gecorreleerd met de gevoeligheid van de CI-gebruikers voor VTL-verschillen. Bovendien was de totale SoS-waarneming van CI-gebruikers gecorreleerd met zowel F0- als VTL-gevoeligheid, maar niet met elk van hen afzonderlijk. Deze bevindingen benadrukken het belang van de perceptie van akoestische signalen van de stem in SOS-gerelateerde taken.

In **hoofdstuk 3** is onderzocht of parasitaire kanaalinteracties in het CI de relatie tussen de SoS-perceptie en de gevoeligheid voor akoestische signalen van de stem konden beïnvloeden in CI-gebruikers. Kanaalinteracties in het CI zijn een bijeffect van elektrische stimulatie in het met geleidende vloeistof gevulde slakkenhuis. Stroomdiffusie over naburige elektrodes van het CI introduceert interferentie wat leidt tot een vermindering van de resolutie van het CI. De SoS-perceptie werd onderzocht in de ruimte tussen vrouwelijke en mannelijke stem transities in de F0-VTL “stemruimte”. De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat een verhoogde kanaalinteractie een belangrijke rol zou kunnen spelen bij de degradatie van zowel de SoS-perceptie als de verminderde F0/VTL-gevoeligheid van CI-gebruikers. Bovendien leverden F0 en VTL manipulaties van vrouwelijke stemmen naar mannelijke stemmen een verbetering op van de SoS- perceptie van CI-gebruikers. Deze bevinding staat in contrast met de observatie in hoofdstuk 2 over manipulaties van vrouwelijke stemmen naar kinderlijke maskeerstemmen.

In **hoofdstuk 4** is onderzocht of de relatie tussen SoS-perceptie en de gevoeligheid voor akoestische signalen van de stem werd verbeterd door gebruik te maken van een algoritme (SCE) dat het spectraalcontrast vergroot. Het SCE-algoritme

probeert de weergave van de spectrale pieken in het signaal te verbeteren, aangezien deze pieken belangrijke informatie bevatten over de frequentie van formanten en kunnen coderen voor essentiële VTL-gerelateerde signalen. De resultaten van deze studie tonen aan dat hoewel SCE het potentieel had om de score van de SoS-verstaanbaarheid te verbeteren (er was geen waarneembaar effect op het SoS-begrip), de gevoeligheid van deelnemers voor F0- of VTL-verschillen onveranderd bleef. Deze uitkomst geeft aan dat SCE de signaal/ruis-verhouding van de SoS-invoer effectief zou kunnen verbeteren in plaats van de gevoeligheid voor de onderliggende stemverschillen tussen de twee concurrerende sprekers te verbeteren.

Tenslotte is in **hoofdstuk 5** onderzocht of het manipuleren van de frequentie-naar-elektrodeallocatiekaart de gevoeligheid voor verschillen in VTL verhoogt door middel van vocoder simulaties of door CI-simulaties bij NH luisteraars. De frequentie-naar-elektrodetoewijzingskaart in een CI definieert hoe het akoestische frequentiebereik van het binnenkomende signaal moet worden gekwantiseerd en verdeeld over de geïmplanteerde elektroden. De resultaten van deze studie tonen aan dat wanneer er een onvoldoende aantal frequentiekanalen (of gesimuleerde elektroden) is toegewezen aan het bereik onder 3 kHz, waar de meeste formantfrequentie informatie aanwezig is, de gevoeligheid voor VTL verschillen het laagst is. Wanneer het aantal van dergelijke kanalen toenam, verbeterde de gevoeligheid voor VTL-verschillen. Deze bevindingen geven aan dat de zorgvuldige optimalisatie van frequentie-naar-elektrodetoewijzingskaarten cruciaal kan zijn voor het succesvol detecteren van belangrijke VTL-gerelateerde informatie. In de kliniek worden dergelijke kaarten zelden aangepast op de individuele patient en door de variaties in afmetingen van de cochlea, de lengte van de elektrode reeks en inbrengdiepte, wordt de standaard frequentie-naar-elektrodetoewijzingskaart zelden geoptimaliseerd naar

---

de overeenkomstige plaats van stimulatie langs het basilaire membraan.

#### 4. CONCLUSIES

CI-gebruikers ervaren problemen in de SoS-perceptie die verband lijken te houden met hun lage gevoeligheid voor verschillen in F0 en VTL. Deze problemen kunnen worden verbeterd door ten eerste de toepassing van geavanceerde signaalverwerkingsalgoritmen of kanaalstimulatiepatronen die zijn geoptimaliseerd voor het verminderen van parasitaire kanaalinteracties. Een tweede benadering die kan worden gevolgd, in isolatie of in combinatie met de hiervoor genoemde oplossing, is om implantatieparameters zoals de frequentie-naar-elektrode-allocatiekaart te optimaliseren. Dergelijke benaderingen zouden rekening moeten houden met het feit dat de weergave van de akoestische signalen van de stem verschillen afhankelijk van de aard van de “stemruimte” (mannelijke, vrouwelijke, of kinderlijke “stemruimtes”). Deze twee mogelijke verbeteringen geven aan dat een optimalisatietechniek de representatie en dus perceptie van een bepaalde spreker ten koste van de perceptie van andere sprekers kan verbeteren. De conclusies uit dit proefschrift onderstrepen het belang van het optimaliseren van CI parameters op een individuele basis en dat een “one-size-fits-all” strategie geen optimale resultaten oplevert voor de gehele populatie van CI-gebruikers.



