

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/22291> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Snel-Bongers, Jorien

Title: Dual electrode stimulation in cochlear implants : from concept to clinical application

Issue Date: 2013-11-20

Samenvatting

De bevolking van Nederland telt ongeveer 12.000 volwassenen en kinderen met ernstig tot zeer ernstig gehoorverlies. Cochleaire implantatie is een alom erkende techniek om spraakverstaan permanent te verbeteren, en daarom een doorslaggevende mogelijkheid tot revalidatie. Sinds de tachtiger jaren van de vorige eeuw ontwikkelen fabrikanten cochleaire implantaten met meerdere kanalen met geavanceerde spraakcodering strategieën. Dat in combinatie met de voortdurende evolutie van de elektrode array heeft het spraakverstaan significant verbeterd over de jaren heen. De nieuwste ontwikkelingen op het gebied van spraakcodering strategie zijn gebaseerd op spectraal en temporeel "fine structure cues". Dit leidt mogelijk tot beter spraakverstaan bij achtergrondruis en tot betere waardering van muziek. Fidelity 120 is een van de strategieën die gebaseerd is op simultane "dual electrode stimulation" (DES), het onderwerp van het onderzoek beschreven in dit proefschrift. Het mechanisme van DES is zowel psychofysisch onderzocht als in een computermodel van de cochlea, gevolgd door een klinische implementatie van DES, met als belangrijkste doel om te corrigeren voor defecte elektrodecontacten.

Hoofdstuk 1 presenteert de basisprincipes van een cochleair implantaat en geeft een kort historisch overzicht van de ontwikkeling hiervan. Vervolgens wordt een historisch overzicht van de ontwikkeling van spraakcodering strategieën gegeven, vanaf het basis principe tot de meest recent gebruikte strategieën en de strategieën in ontwikkeling. Dit hoofdstuk eindigt met een overzicht van dit proefschrift.

De doelstelling van **hoofdstuk 2** was om vast te stellen hoe DES kan worden geoptimaliseerd en of het dezelfde kwaliteiten heeft als "single electrode stimulation" (SES) om het vervolgens mogelijk te maken in een CIS (Continuous Interleaved Sampling) strategie. De overeenkomsten en verschillen tussen DES en SES werden geanalyseerd kijkend naar de plaats van stimulatie in de cochlea, de excitatie spreiding en sequentiële kanaal interactie. Omdat het is belangrijk om op voorhand te kunnen bepalen of een patiënt in staat is om te discrimineren tussen extra gecreëerde toonhoogtes gegenereerd bij DES, werd onderzocht of het aantal tussenliggende toonhoogtes gecreëerd met DES voorspeld kan worden met de excitatie spreiding, met sequentiële kanaalinteractie, met stroomspreiding in de cochlea of met de afstand van de elektrode tot de mediale wand. Het bleek dat er geen significant verschil was tussen DES en SES voor excitatie spreiding en de sequentiële kanaalinteractie. Dit leidde tot de hypothese dat DES gebruikt kan

worden in één van de CIS strategieën zonder degradatie van spraakverstaan. Bovendien was de gevonden verplaatsing, dit is de plaats van excitatie van DES ten opzichte van het excitatie gebied geïnduceerd door het naast gelegen enkele elektrodecontact, in lijn met de verwachtingen. Helaas liet alleen de sequentiële kanaalinteractie index een significant correlatie zien met het aantal extra gecreëerde kanalen met DES langs de array voor individuele patiënten. Daarom kan worden geconcludeerd, dat er geen klinisch bruikbare voorspeller voor het aantal verschillende tussenliggende toonhoogtes is gevonden.

Met fantoomstimulatie, wordt een puls met tegengestelde polariteit op het basale contact van het DES paar gebruikt om een toonhoogte buiten de elektrode array te creëren in de apicale richting. Deze toonhoogte wordt van het apicale contact weg bewogen en is lager in toonhoogte dan de toonhoogte van het apicale contact met SES. Deze fantoomstimulatie werd onderzocht in **hoofdstuk 3** met behulp van psychofysische experimenten en een computermodel van de cochlea. Het bleek dat fantoomstimulatie bij alle geteste patiënten effectief was. Vervolgens werd aangetoond dat fantoomstimulatie inderdaad meer stroom nodig heeft en dat een stroomcorrectie nodig is om gelijke luidheid te behouden met het variëren van de toonhoogtes. In dit opzicht was de psychofysische data vergelijkbaar met de data van het computermodel. Tenslotte werd de plaats van stimulatie van fantoom stimulatie bepaald. Elke patiënt was in staat om een lagere toonhoogte te ontvangen in de apicale regio, met een maximale toonhoogte verschuiving van ongeveer 1.1 mm langs het basilair membraan. Het computermodel liet over het algemeen een kleinere verschuiving in toonhoogte zien en voorspelde dat de verschuiving met een elektrode in laterale positie in de scala tympani groter is dan in mediale positie.

In de laatste drie hoofdstukken worden de mogelijkheden en kwaliteiten van simultane DES verder onderzocht. In **hoofdstuk 4** wordt de mogelijkheid om defecte elektrodecontacten te overbruggen met DES op niet naast elkaar gelegen elektrodecontacten onderzocht ("spanning"). Met psychofysische experimenten werd "spanning" vergeleken met DES op naast elkaar gelegen elektrodecontacten in termen van het aantal gecreëerde tussenliggende toonhoogtes, geluidsterkte effecten en de lineariteit van de huidige wegingcoëfficiënt ten opzichte van de ontvangen toonhoogte. De data lieten zien dat "spanning" uitvoerbaar is tot op 4.4 mm, maar dat met vergroten van de afstand tussen de elektrodecontacten, een geleidelijke toename van geluidsterkte correctie optreedt en een afname in het aantal te discrimineren toonhoogtes. De toonhoogte spreiding is lineair met α ,

waarbij α wordt aangeduid als het percentage van de totale stroom gericht op het meest basale contact van de twee gebruikte contacten. Deze coëfficiënt varieert van $\alpha = 0$, waar alle stroom gericht is op het apicale contact tot $\alpha = 1$, waar alle stroom gericht is op het basale contact. Verder werd aangetoond dat de data niet beïnvloed werden door de apicale-basale locatie van de elektrodecontacten in de cochlea.

De experimenten in alle vorige hoofdstukken werden uitgevoerd op “Most Comfortable Loudness” (MCL) niveau. Wanneer DES gebruikt gaat worden in een spraakcoderingstrategie, is het ook interessant om te weten wat er gebeurt op “Threshold level” (TL). In de klinische fitting procedure is TL het niveau waarop de patiënt aangeeft dat het signaal net te horen is. **Hoofdstuk 5** beschrijft de effectiviteit van DES op lagere niveaus, met de focus op de noodzakelijkheid om te corrigeren voor drempel variaties langs de array. TL's werden zowel psychofysisch als met het computermodel van de cochlea bepaald, waarbij het computermodel gebruik maakte van drie verschillende neurologische morfologieën met verschillende stadia van degeneratie. We konden concluderen dat met de huidige elektrode arrays DES mogelijk is op lage stroomniveaus en dat het niet nodig is om de stroom aan te passen om te compenseren voor geluidsterkte variaties in de meeste situaties. Bovendien, leidde vergelijkingen van psychofysische gegevens met de gegevens van het computermodel tot de hypothese, dat degeneratie van de apicale gehoorzenuwvezels in de mens vooral gepaard gaat met het verlies van “unmyelinated terminals” in plaats van compleet verlies van perifere uitlopers.

Na fundamentele experimenten met DES, bleef de uitdaging over of het implementeren van “spanning” in een spraakverwerking strategie mogelijk was en of hiermee het spraakverstaan en kwaliteit van muziek niet zou afnemen. In **hoofdstuk 6** werden drie verschillende spraakcodering strategieën ontworpen, met 1, 2 of 3 defecte elektrodecontacten naast elkaar. Elk programma simuleerde in totaal 6 defecte elektrodecontacten. Patiënten werden gevraagd om deze verschillende strategieën in vijf verschillende thuissituaties te gebruiken en gaven geen verschil in geluidspceptie aan tussen deze situaties. Verder werden spraakverstaan scores gemeten in stilte en met spraak-gewogen achtergrondruis. Er werd geen significant verschil gevonden tussen de strategieën. Echter, in stilte toonde een toegenomen “spanning” afstand een kleine, maar significante daling in spraakverstaan scores (84,7% naar 75,2%).

Hoofdstuk 7 geeft een algemene discussie van de belangrijkste resultaten en conclusies van de studies beschreven in dit proefschrift. Daarnaast worden implicatie voor de klinische praktijk en gebieden van toekomstig onderzoek besproken.

