

In dit proefschrift is onderzocht hoe visuele en auditieve informatie met betrekking tot spraak wordt verwerkt door normaalhorende individuen en CI-gebruikers.

In **hoofdstuk 1** wordt een algemene introductie gegeven over de anatomie van het oor en de fysiologie van het gehoor bij gezonde normaalhorende individuen. Vervolgens wordt beschreven hoe in geval van ernstige slechthorendheid, het cochleair implantaat (CI) het gehoor gedeeltelijk kan herstellen.

Na deze algemene introductie wordt besproken hoe liplezen als extra informatiebron kan dienen voor CI-gebruikers om het spraakverstaan te verbeteren. In situaties waarin het geluid niet optimaal is, bijvoorbeeld door omgevingslawaai, kan het lipbeeld worden gecombineerd met dit 'ruizige' geluid om het spraakverstaan te verbeteren. Middels psychofysische experimenten wordt onderzocht hoe visuele informatie door normaalhorende individuen (**hoofdstuk 2**) en CI-gebruikers (**hoofdstuk 3**) wordt geïntegreerd bij het spraakverstaan.

Het spraakverstaan in ruis is bestudeerd. Bij simpele audiovisuele perceptuele taken wordt vaak een fenomeen waargenomen wat het omgekeerd evenredige effect wordt genoemd ('inverse effectiveness'). Hierbij geldt dat, hoe zwakker de unimodale stimuli, oftewel hoe slechter hun signaal-ruisverhouding, hoe sterker de audiovisuele integratie. Tot nog toe is geen omgekeerd evenredig effect aangetoond voor complexe audiovisuele spraakstimuli (zoals woorden/zinnen).

In dit onderzoek is gekeken of dit multisensorische integratie-effect ook kan worden waargenomen voor de herkenbaarheid van gesproken woorden (**hoofdstuk 2**). Het spraakverstaan werd bepaald in verschillende condities; puur auditieve, puur visuele en audiovisuele condities. Om de moeilijkheidsgraad van het luisteren te moduleren, is de signaal-ruisverhouding systematisch gevarieerd. In overeenstemming met de literatuur, werd een multisensorische verbetering van het spraakverstaan voor audiovisuele woorden waargenomen, dat wil zeggen dat deze woorden gemakkelijker herkend werden dan alleen auditieve woorden (drempels van respectievelijk -15 en -12 dB). De moeilijkheid om een bepaald woord te herkennen, zowel auditief als visueel, is bepalend voor het optreden van het omgekeerd evenredig effect in audiovisuele spraakverstaan. Het bleek dat woorden die beter gehoord of visueel herkend worden, minder baat hebben bij een bimodale presentatie. Audiovisuele prestaties bij de laagste auditieve signaal/ruis-verhoudingen (zeer lastig te verstaan) (45%) vielen onder de visuele herkenningspercentages (60%), wat een daadwerkelijke verslechtering van het liplezen, in de aanwezigheid van overmatige akoestische ruis, weerspiegelt. Dit suggereert dat de hersenen een strategie hanteren waarbij de aandacht moet worden verdeeld tussen luisteren en liplezen.

Het cochleaire implantaat maakt het mogelijk dat individuen met ernstige slechthorendheid, weer redelijk kunnen horen. Toch hebben CI-gebruikers door de grove auditieve informatie

van het implantaat (CI's zijn niet in staat om omgevingsgeluid te filteren zoals een normaal gehoor dit wel kan) moeite om spraak te herkennen, vooral in rumoerige omgevingen. Dit blijft bestaan, zelfs jaren na implantatie. CI-gebruikers zijn daarom ook afhankelijk van visuele input om het spraakverstaan te verbeteren, meer dan normaalhorende personen. Het is echter onbekend hoe de aandacht voor één (gerichte) of beide (gedeelde) modaliteiten een rol speelt bij de audiovisueel spraakverstaan. Unisensorisch luisteren naar spraak en liplezen wordt lastiger voor CI-gebruikers indien zij hun aandacht moeten verdelen tussen de modaliteiten (**hoofdstuk 3**). Onze psychofysische experimenten laten zien dat, zoals verwacht, auditieve drempels consistent beter zijn voor normaalhorende individuen, terwijl visuele drempels (liplezen) grotendeels gelijk waren voor beide groepen. Bovendien kan het audiovisuele spraakverstaan voor normaalhorende personen goed worden beschreven door statistische facilitatie van auditieve en visuele spraakverstaan, terwijl CI-gebruikers betere integratoren zijn dan verwacht op basis van sommatie (*statische facilitatie*). Onze resultaten suggereren echter dat dit voordeel in de integratie ten koste gaat van het liplezen of luisteren in een audiovisuele omgeving. Unisensorische spraakverstaan wordt slechter voor CI-gebruikers wanneer de aandacht moet worden verdeeld over verschillende modaliteiten, d.w.z. in situaties met onzekerheid over de aankomende stimulus modaliteit. Men zou kunnen speculeren dat CI-gebruikers een afweging maken tussen integratie en aandacht. Zij richten zich alleen op één enkele modaliteit tijdens gerichte aandachtstaken, maar moeten hun beperkte aandacht verdelen over meer modaliteiten tijdens verdeelde aandachtstaken. Om een realistische indruk te krijgen van het spraakverstaan van een CI-gebruiker, zal men de situationele factoren moeten verdisconteren door spraak te presenteren in realistische en/of complexe audiovisuele omgevingen.

Tot slot is functionele nabij-infrarood spectroscopie (fNIRS; **hoofdstuk 4**) geïntroduceerd, een neuroimaging techniek die het mogelijk maakt om niet-invasieve corticale hersenmetingen te doen. Het gebruik van deze techniek wordt beschreven in **hoofdstuk 5** waar we hersenactiviteit van CI-gebruikers en bij normaalhorende luisteraars hebben bestudeerd.

fNIRS is een optische, non-invasieve techniek die corticale activiteit onderzoekt door middel van concentraties van geoxygeneerd en gedeoxygeneerd hemoglobine te berekenen. Het doel van het review was om de huidige stand van zaken op te maken met betrekking tot de manier waarop fNIRS is gebruikt om de auditieve functie op corticaal niveau te bestuderen. Temporele en spatiële kenmerken van de hemodynamische respons op auditieve stimulatie zijn toegelicht, alsmede experimentele factoren die de fNIRS data kunnen beïnvloeden. Het toenemende belang dat fNIRS genereert in de neurowetenschappen onderstreept het sterke potentieel van de technologie, en het lijkt waarschijnlijk dat fNIRS een nuttig klinisch hulpmiddel kan worden.

Andere non-invasieve technieken, zoals EEG en fMRI (functionele MRI), kunnen ook de neurale processen onderzoeken die ten grondslag liggen aan de audiovisueel spraakverstaan. Toch kan de ruis van de MRI-scanner en de elektromagnetische artefacten veroorzaakt door cochleaire implantaten de data (fMRI, EEG) ernstig verstoren. Daarom hebben we gebruik gemaakt van fNIRS om de corticale activiteit van de temporale cortex te bestuderen. Activatie van de cortex was niet zichtbaar op individuele fNIRS-kanalen. Echter door het verwijderen van fysiologische ruis door middel van een referentiekanaal, werd voor alle 3 de condities (auditief, visueel en audiovisueel) in beide groepen activiteit meetbaar. Auditieve stimulatie zorgde voor grotere concentratieveranderingen in de temporale cortex dan visuele stimuli. De waargenomen multisensorische verbetering van een auditieve corticale kanaal kan worden beschreven door een sommatie van de auditieve en visuele signalen met saturatie (*statische facilitatie*).