

## Auditieve waarneming bij dove volwassenen met een cochleair implantaat

L.H.M. Mens<sup>1</sup>, J.P.L. Brokx<sup>2</sup>, J.I.M. van der Harten<sup>2</sup>,  
J.B. Hinderink<sup>1</sup>, M. Peters-Bos<sup>2</sup>, L. Vermeulen-van Werde<sup>2</sup> en  
P. van den Broek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>KNO, Academisch Ziekenhuis Nijmegen

<sup>2</sup>Instituut voor Doven, St. Michielsgestel

Totaal doven hebben geen bruikbaar restgehoor en kunnen daarom niet of in zeer beperkte mate gebruik maken van hoortoestellen. Dit betekent een ernstige beperking in de gesproken communicatie. Sinds enige tijd is het "cochleaire implantaat" ofwel de "elektrische binnenoorprothese" beschikbaar, waardoor het in bepaalde gevallen weer mogelijk is om geluiden waar te nemen. Na een overzicht van de principes van cochleaire implantatie worden resultaten gepresenteerd van een studie bij 38 postlinguaal dove volwassenen met een systeem met 22 elektroden. Omgevingsgeluiden worden door alle deelnemers significant vaker dan kansniveau herkend. De foneemscore bij aanbidding van korte woorden is gemiddeld 25%. Echter, de snelheid waarmee een lopend verhaal kan worden nagesproken met gebruik van spraakafzien neemt toe van 28 woorden per minuut pre-operatief tot bijna 70 woorden per minuut post-operatief, hetgeen een nagenoeg normaal tempo is. Resultaten van een vragenlijst geven het gunstige resultaat weer van cochleaire implantatie op de "kwaliteit van het leven". Tenslotte worden ter vergelijking resultaten getoond bij prelinguaal dove volwassenen met een één- of 22-electrodensysteem. Hierbij blijkt het effect primair te bestaan uit een verbeterde signaalfunctie en is discriminatie van spraakklanken over het algemeen niet mogelijk.

### Cochleaire implantatie: een nieuwe mogelijkheid voor doven

Een van de meest opzienbarende ontwikkelingen op het gebied van horen en doofheid is de elektrische binnenoorprothese, ofwel het cochleaire implantaat. Vijfentwintig jaar geleden vonden velen dat elektrische stimulatie van de gehoorzenuw bij doofheid om principiële redenen niet kon lukken. Men achtte het

---

Correspondentieadres: Dr. L.H.M. Mens, Afdeling KNO, Academisch Ziekenhuis Nijmegen, Postbus 9101, 6500 HB Nijmegen.

met name onmogelijk dat toonhoogtevariatiëen boven 300 à 400 Hz overgedragen konden worden omdat bij elektrische stimulatie geen gebruik kan worden gemaakt van de mechanische frequentie-analyse van het normaal horende oor. Het leek onwaarschijnlijk dat met elektroden in het slakkehuis voldoende lokaal geprikkeld kon worden zodat de zogenaamde plaats-codering van toonhoogte haalbaar zou zijn. De eerste implantaties bij doven in 1972 door House in Los Angeles waren dan ook experimenteel, en omstreden. Wereldwijd zijn inmiddels meer dan 12.000 doven voorzien van een implantaat en is in vele landen cochleaire implantatie een reële optie voor volwassenen met een verworven doofheid. In Nederland hebben ongeveer 100 volwassenen en 40 kinderen jonger dan 12 jaar een cochleair implantaat ontvangen, hoofdzakelijk in het kader van evaluatief onderzoek in opdracht van de Ziekenfondsraad. Het onderzoek naar de effecten op het horen, het spreken en de kwaliteit van het leven bij dove volwassenen is inmiddels afgerond. In enkele bijdragen zal hiervan een overzicht worden gegeven. In deze bijdrage zal na een korte beschrijving van de behandeling enige effecten op de auditieve waarneming en de kwaliteit van het leven worden gepresenteerd.

Slechthorendheid kan het gevolg zijn van een verminderde geleiding van geluidstrillingen in het middenoor, een verminderde haarcelfunctie of een neurale defect. In de meeste gevallen is totale doofheid geen neurale aandoening maar primair een aantasting van de haarcellen waardoor de geluidsgolven niet worden omgezet in een prikkeling van de gehoorzenuw. Zelfs wanneer als gevolg hiervan een groot deel van de vezels in de gehoorzenuw gedegenerieerd is blijkt dit geen onoverkomelijk bezwaar (Linthicum et al., 1991). Volledige uitval van de gehoorzenuw is zeldzaam en komt bijvoorbeeld voor wanneer deze moet worden verwijderd vanwege een gezwel. In die gevallen is een cochleair implantaat onbruikbaar en kan gedacht worden aan het hersenstamimplantaat dat in enkele centra in de wereld wordt ontwikkeld.

### ***Opbouw van meerkanaals cochleaire implantaten***

Globaal bestaat een cochleair implantaat uit een uitwendig gedragen deel bestaande uit een microfoon, de spraakprocessor (ter grootte van een pakje sigaretten), een zendspool en een onderhuids geplaatste ontvanger die via een of meerdere elektroden het contact verzorgt met de gehoorzenuw (zie figuur 1). De elektrode(bundel) wordt over het algemeen door het ronde venster in de scala tympani van het slakkehuis aangebracht. De zend- en ontvangstspool maken het mogelijk dat energie en informatie door de huid overgedragen wordt.

Er bestaan vrij grote verschillen tussen de cochleaire implantaten die op dit ogenblik verkrijgbaar zijn. Enerzijds heeft dit te maken met de manier waarop de akoestische signalen, met name de spraaksignalen, geanalyseerd en gecodeerd worden en anderzijds met de wijze waarop de elektrische informatie aan de gehoorzenuw wordt overgedragen.

Bij de algemeen toegepaste meerkanaalssystemen wordt een reeks elektroden zodanig geplaatst dat elke elektrode een apart gedeelte van de cochlea prikkelt.

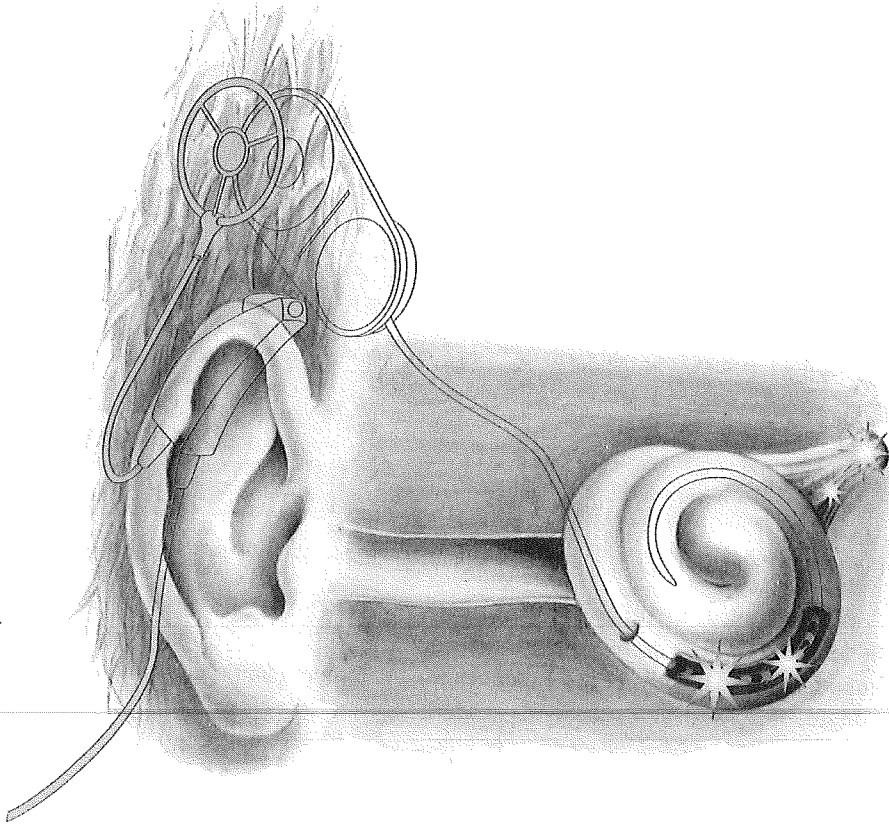


Fig. 1. Impressie van de uitwendige en inwendige delen van een cochleair implantatie systeem.

Hierdoor kan in zekere mate gebruik gemaakt worden van de frequentie-plaats relatie (tonotopie) in het slakkehuis. Prikkeling diep in het slakkehuis levert een lage toonhoogte op, prikkeling vooraan in het slakkehuis een hoge toon. Op deze manier kan frequentie-specifieke informatie aan de gehoorzenuw worden overgedragen. Bij de meerkanaalssystemen zijn de verschillende elektroden vaak achter elkaar op een smal stripje van siliconenachtig materiaal bevestigd dat in zijn geheel in de cochlea wordt geïmplanteerd. De elektrode strip kan ongeveer één winding diep in het slakkehuis worden geplaatst (zie figuur 2) hetgeen betekent dat de resterende anderhalve winding niet gedifferentieerd geprikkeld kan worden. Het door ons toegepaste Nucleus systeem van de firma Cochlear heeft 22 elektroden (de bandjes in figuur 2). Een beperking van alle huidige systemen is dat de stroomspreiding in het slakkehuis zodanig groot is dat de aktivatie van de zenuwvezels veel minder spatieel selectief is dan bij akoestisch stimulatie in het normaal-horende oor. Bij gebrek aan een goede selectiviteit is nauwelijks

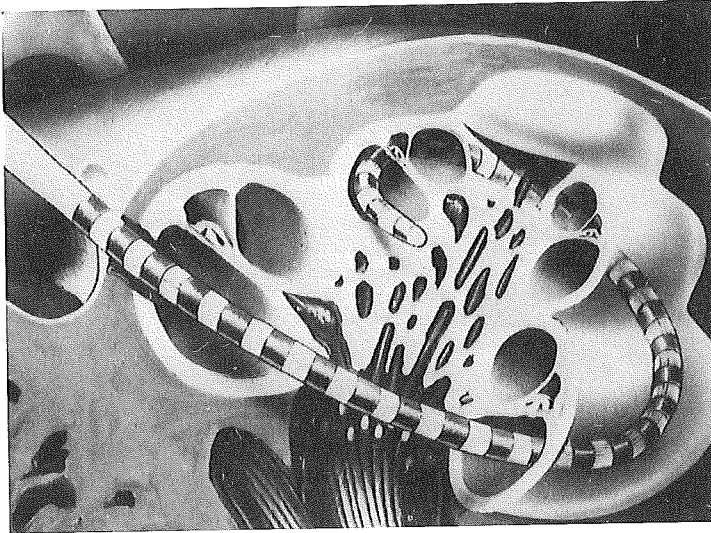


Fig. 2. Positionering van de elektroden in het slakkehuis. (bron: Cochlear A.G.).

behoefte aan meer dan 22 elektroden; elk van die 22 elektroden levert in het gunstigste geval niet veel meer dan een juist waarneembaar onderscheid in toonhoogte.

#### *Electrische overdracht van spraaksignalen*

Omdat de bandbreedte van de prothese in vergelijking met de bandbreedte van een gezond oor beperkt is, is bij het in dit onderzoek gebruikte Nucleus Multipole systeem een flinke datareductie in het geluid- c.q. spraaksignaal toegepast. De spraakprocessor ("Mini Speech Processor", MSP) is ontworpen om spraak terug te brengen tot enkele essentiële kenmerken. Men heeft zich hierbij gebaseerd op een analyse van de fysische parameters van het akoestisch spraaksignaal.

Zoals bekend is het bronsignaal bij spraak hetzij een periodiek signaal dat gevormd wordt door de stembanden, hetzij een ruzig signaal dat ontstaat ten gevolge van vernauwingen van de luchtstroom elders in de mond. Het spraakkanaal werkt vervolgens als een akoestisch filter op dit bronsignaal hetgeen resulteert in amplitude pieken in de spectraal omhullende. Deze pieken worden de "formanten" genoemd. Deze zijn bepalend voor de klank die wordt waargenomen. In de regel zijn er bij klinkers een vijftal formanten te vinden die aangeduid worden met F1 t/m F5. Daarnaast is de grondtoon (F0) en daarmee het frequentieverschil tussen de opeenvolgende harmonische componenten van het brongeluid bepalend voor toonhoogte van de klank. Stemloze klanken bezitten geen harmonisch spectrum. Het bronsignaal bestaat dan uit ruis. Meer dan bij klinkers komt het hierbij aan op de detectie van snelle fluctuaties in de amplitude van het signaal.

Theoretisch kan men een verstaanbaar spraaksignaal reconstrueren als men de volgende parameters als functie van de tijd over kan brengen.

- De posities van de vijf formanten, waarbij de posities van de eerste en de tweede formant voor de herkenning van klinkers het meest relevant zijn,
- Het bronsignaal (harmonisch spectrum → stemhebbend; ruisspectrum → stemloos)
- De toonhoogte van het harmonisch bronsignaal
- De amplitude

In figuur 3 is in een blokschema van de 22-kanaals MSP spraakprocessor globaal te zien hoe de codering van spraaksignalen gerealiseerd kan worden. In de spectrale analyse wordt voor elk tijdstip primair de positie van de eerste en tweede formant geschat waarbij de formantfrequenties vertaald worden in elektrodeposities in het slakkehuis. Hierbij wordt in de regel gebruik gemaakt van de tonotopische (frequentie - plaats) relatie in de cochlea. Noodzakelijk is dit echter niet.

De derde, vierde en vijfde formant spelen vooral een aanvullende rol bij de waarneming van de consonanten en zijn van belang voor de natuurlijke klank van de spraaksignalen. Deze formantposities worden bij het MSP systeem in frequentie grof gefixeerd en via vast in te stellen elektroden doorgegeven. Door het aansturen van verschillende elektrodecombinaties kunnen zo de diverse spraak-

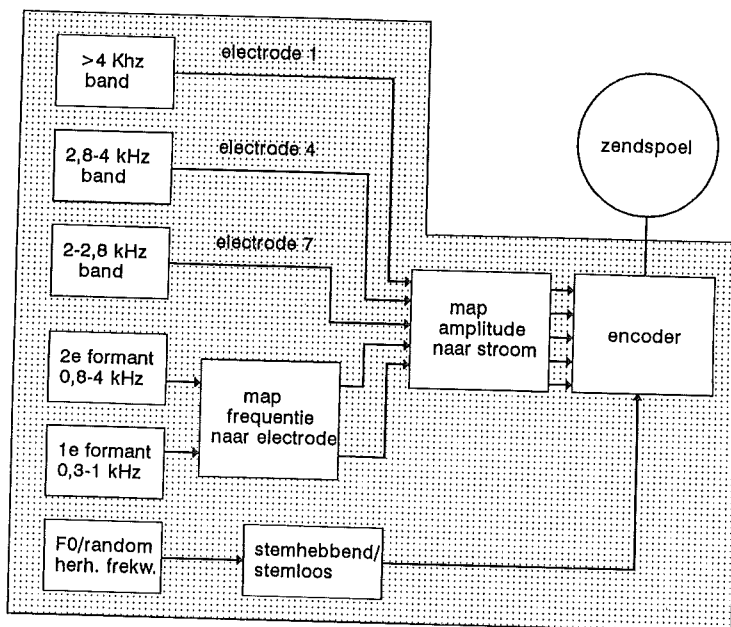


Fig. 3. Blokschema van het toegepaste 22-kanaals cochleair implantaat.

klanken overgedragen worden. De aansturing vindt uiteindelijk plaats in de vorm van korte bifasische stroompulsjes. De geluidsterkte wordt voor elke afzonderlijke elektrode gecodeerd als de amplitude en duur van de bifasische pulsen. De geselecteerde elektroden worden na elkaar gestimuleerd zodat er geen ongewenste interacties van elektrische velden optreden. De overdracht van de grondtoon  $F_0$  wordt gerealiseerd door de geselecteerde elektroden aan te sturen met de frequentie van de grondtoon.

Een aantal aspecten van de codering is door middel van software in te stellen en op te slaan in een geheugen van de spraakprocessor (de MAP). Post-operatief moet deze MAP afgeregeld worden op de individuele mogelijkheden. Per elektrode wordt een drempelniveau gezocht waarbij de elektrische prikkel juist een geluidsensatie oplevert, en een bovengrens die aangeeft tot welke intensiteit het geluid aangenaam is. De toename van de luidheid tussen drempel en de bovengrens kan beïnvloed worden zodat een min of meer natuurlijke dynamiek in spraak ontstaat. Daarnaast kunnen sommige personen het toonhoogteverloop over de verschillende elektroden aangeven. Indien het toonhoogteverloop abnormaal is (dus niet volgens de normale "tonotopie" zoals eerder aangestipt), kunnen de niet-passende elektroden uitgeschakeld worden. Mocht de waargenomen stemkwaliteit daartoe aanleiding geven, dan kan de afbeelding van het spectrum op de elektroden aangepast worden ten einde meer of minder nadruk te geven op de eerste formant. Voor het frequentiegebied tot 1000 Hz worden standaard de 7 meest diep in de cochlea geschoven elektroden gebruikt. Een toon van 1000 Hz wordt daardoor gemiddeld genomen afgebeeld op 13 mm van het ronde venster waar in het normaal horende oor  $\pm 3000$  Hz wordt gecodeerd (Greenwood, 1961). Wanneer deze afbeelding een onaangenaam hoog timbre oplevert ("Donald Duck-achtig geknepen") kan aan frequenties tot 1000 Hz minder elektroden worden toegekend zodat het signaal als geheel gemiddeld dieper in de cochlea wordt aangeboden.

Hiermee is kort het systeem beschreven dat in dit onderzoek is gebruikt. Het moet wel opgemerkt worden dat nieuwe systemen tegenwoordig niet meer gebaseerd zijn op een expliciete kenmerkextractie zoals hiervoor is beschreven. Bij de introductie van het Nucleus implantaat in 1981 werd gekozen voor een  $F_0/F_2$  codering met als argument dat het auditieve systeem een complexer signaal niet kan verwerken. Toch werden steeds betere resultaten geboekt met toenemend complexe coderingen:  $F_0/F_1/F_2$ , en  $F_0/F_1/F_2/F_3/F_4/F_5$  zoals hierboven beschreven. De uiterste consequentie hiervan is dat kenmerkextractie geheel achterwege blijft en het auditieve systeem het gehele, complexe signaal op een fysiologisch zo zinvol mogelijke manier aangeboden krijgt. Dit is in zekere zin hetgeen gebeurt bij de zogenaamde Continuous Interleaved Sampling (CIS) strategie (Wilson et al., 1991). Bij een CIS systeem is elke elektrode 1-op-1 gekoppeld aan één van een aantal (programmeerbare) bandfilters die samen het volledige frequentiebereik beslaan. CIS systemen worden toegepast met een beperkt aantal elektroden, namelijk 4 tot 8. Essentieel is dat elke elektrode met een zo hoog mogelijke snelheid aangestuurd wordt met als doel de amplitudefluctuaties

per spectrale band optimaal over te dragen. Een snelheid van zo'n 1000 pulsen per seconde per elektrode is hierbij haalbaar. Dit betekent dat amplitudevariaties tot 400 à 500 Hz over te dragen zijn (hetgeen ook het maximum lijkt te zijn vanwege de beperkte bandbreedte voor temporele informatie van het auditieve systeem). Merk op dat bij het MSP systeem amplitudevariaties van maximaal 100 Hz gevolgd worden. Vanwege de soms spectaculaire resultaten wordt de CIS strategie bij nagenoeg alle systemen toegepast die op dit moment ontwikkeld worden. Een wezenlijk voordeel van de CIS strategie is dat het systeem niet abusievelijk storende geluiden aanziet voor het relevante (spraak)signaal, zoals werd gezien bij de kenmerkextractie systemen.

### **Selectieprocedure en postoperatieve hoortraining**

Kandidaten voor cochleaire implantatie ondergaan een selectieprocedure die enkele maanden in beslag neemt. Na een voorlichtingsfase wordt in een gehooronderzoek vastgesteld of restgehoor aanwezig is. Wanneer dit het geval is wordt vastgesteld wat het resultaat is met een optimaal aangepast hoortoestel. Als hiermee spraak kan worden verstaan, wordt dit hoortoestel voorgeschreven en wordt de procedure afgebroken. Ons centrum hanteert een score van meer dan 15% correct waargenomen fonemen bij de aanbidding van standaard woorden van één lettergreep, zo mogelijk met gebruik van het hoortoestel, als uitsluitcriterium. Wel wordt rekening gehouden met een versoepeling van dit audiometrisch criterium als reactie op het beschikbaar komen van steeds betere cochleaire implantaten. Vestibulair onderzoek geeft aan of er (rest)functie van het evenwichtsorgaan aanwezig is. De kans is aanwezig dat deze restfunctie uitvalt bij implantatie (Huygen et al, 1995). Het vestibulair onderzoek is daarom van belang voor de voorlichting, en voor de keuze van het oor. De elektrische prikkelbaarheid van de gehoorzenuw wordt vastgesteld in een proefstimulatie met elektroden in de nabijheid van het slakkehuis. Beeldvorming van de anatomie en eventuele botvorming in het slakkehuis geeft inzicht in de te verwachten problemen bij het inbrengen van de elektroden. Een psychologisch onderzoek wordt nodig geacht met het oog op de mogelijkheden om de langdurige revalidatie te doorlopen. Om dezelfde reden behoort contact met een maatschappelijk werkende tot de mogelijkheden.

In de periode van medio 1991 tot medio 1994 hebben zich 280 dove volwassenen aangemeld voor implantatie. Hiervan hebben 73 zich teruggetrokken naar aanleiding van de voorlichting. Voornamelijk vanwege restgehoor zijn 77 kandidaten afgefallen tijdens de selectie. De beperkte financiële middelen in die periode maakte implantatie bij 44 personen mogelijk; 86 personen werden naar een wachtlijst verwezen. Gedurende het eerste jaar na implantatie wordt hoortraining gegeven, aanvankelijk in wekelijkse of zelfs dagelijkse sessies, later met grotere tussenpozen. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat zowel analytische als synthetische oefeningen aangereikt moeten worden op het niveau van de individuele

revalidant. Deze oefeningen worden ook thuis met een vaste partner uitgevoerd opdat een goede overdracht naar de thuissituatie en hopelijk de normale communicatie tot stand komt.

### Proefpersonen

Aan het onderzoek namen 38 dove volwassenen deel. De gemiddelde leeftijd was 45 jaar. De periode tussen de aanvang van de doofheid en de implantatie was gemiddeld 15 jaar. De oorzaak van doofheid was 'onbekend' in 42% van de gevallen, hersenvliesontsteking (29%), otosclerose (8%) en overigen (21%).

### Effect op de auditieve waarneming

Aangezien het de verwachting was dat implantatie een beperkt herstel van de hoorfunctie zou brengen, werden tests gebruikt die de geluiddetectie bepalen en tests die de herkenning van spraak bepalen. Tevens werd 12 maanden na de operatie een meerkeuze vragenlijst afgenomen die werd ontwikkeld door onze onderzoeksgroep om effecten op de "kwaliteit van leven" vast te stellen. De vragen betroffen het gebruik van de spraakprocessor, de herkenning van geluiden en spraak, het spreken, de werksituatie en het zelfvertrouwen. De antwoorden op deze lijst zullen gebruikt worden om de relevantie van de auditieve testcores voor het persoonlijk welbevinden toe te lichten.

In figuur 4 zijn voor kans gecorrigeerde scores en standaarddeviaties weergegeven van een drietal meerkeuze tests (Brokx et al., 1987) op het gebied van de

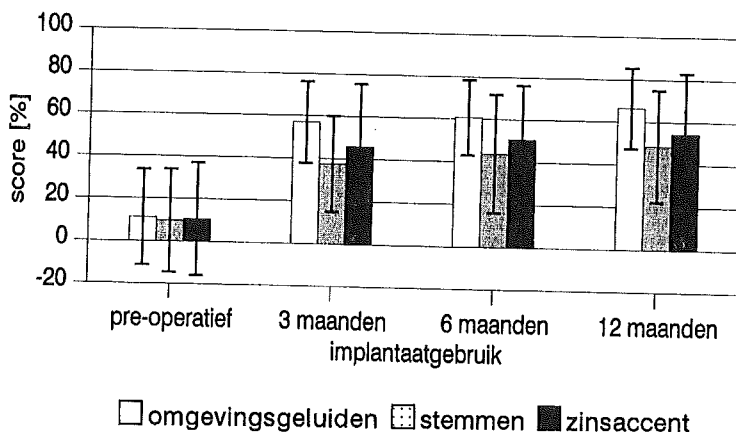


Fig. 4. Gemiddelde waarden en standaarddeviaties van drie onderdelen van de Antwerpen-Nijmegen testbatterij (n=38).



waarneming van (alledaagse) omgevingsgeluiden en de waarneming van supra-segmentele aspecten van spraak. De geluiden werden via een luidspreker aangeboden op een aangenaam niveau.

De scores op de omgevingsgeluiden test laten het herwinnen van de signaal- en waarschuwingfunctie van dergelijke geluiden zien. Bij beantwoording van de vragenlijst geeft 48% aan 11 van een 12-tal omgevingsgeluiden te herkennen en 77% stelt zich "veiliger te voelen op straat". De verbeterde waarneming van stemaspecten (het onderscheid tussen een man, vrouw, of kinderstem en de waarneming van het zinsaccent) geeft een forse ondersteuning bij de communicatie. Alle personen op één na geven aan dat het voeren van een tweegesprek "makkelijker" is geworden, en 67% bemerkt voordeel in gesprekken met meerdere personen. Deze verbeteringen in de communicatie zijn natuurlijk ook het gevolg van een verbeterde waarneming van segmentele aspecten van spraak. De volgende testcores illustreren dit.

De CVC-test betreft een auditieve test waarbij woorden van het type consonant - vocaal - consonant worden aangeboden. Proefpersonen moeten dit woord nazeggen en het aantal correct waargenomen fonemen wordt bepaald. In figuur 5 is de score vóór, en na implantatie afgebeeld.

Pre-operatief konden slechts enkele kandidaten met een hoortoestel een paar fonemen goed verstaan. Na 12 maanden implantaatgebruik is de gemiddelde score 26%. Dit is een relatief hoge score omdat het een auditieve test is waarbij geen context aanwezig is. Ook voor ernstig slechthorenden is dit een moeilijke test. De standaarddeviaties geven echter aan dat er aanzienlijke verschillen tussen personen bestaan.

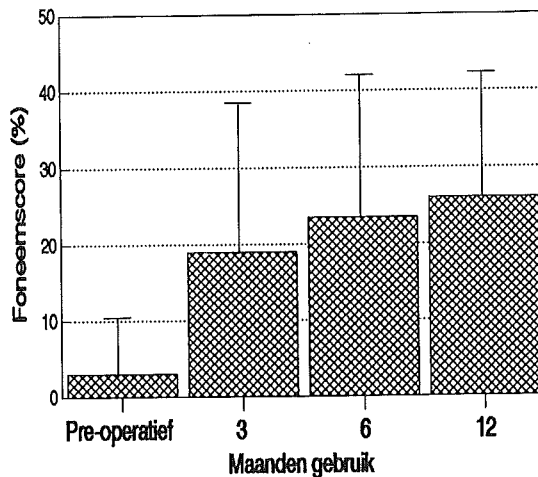


Fig. 5. Gemiddeld percentage correct waargenomen fonemen en standaarddeviaties van de CVC-test (auditief afgenomen) pre-operatief, en na 3, 6 en 12 maanden implantaatgebruik.

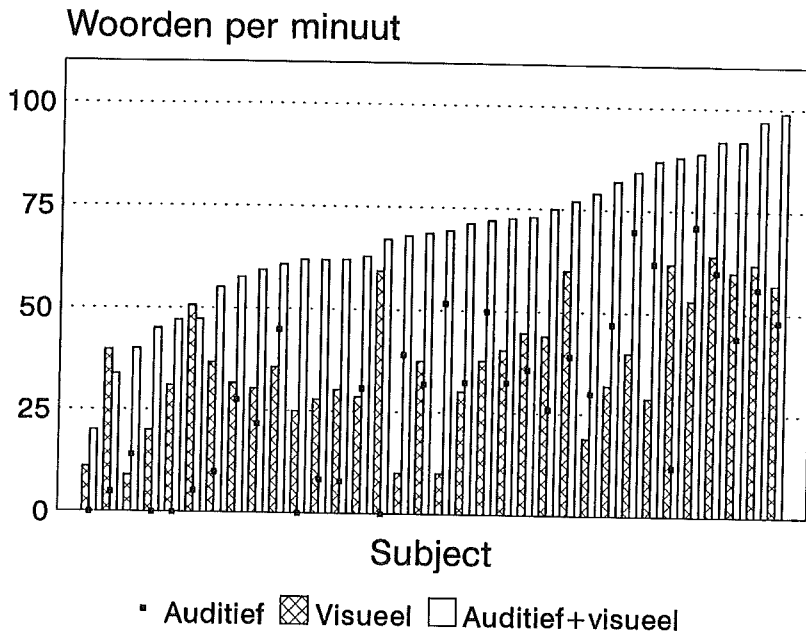


Fig. 6. Individuele scores van 38 personen op de CDT test.

Individuele verschillen zijn goed te beoordelen in figuur 6 waarin scores te zien zijn die 12 maanden na de implantatie behaald zijn op de Connected Discourse Tracking (CDT) taak (Filippo & Scott, 1978). De CDT test is beperkt gestandaardiseerd maar benadert de normale communicatie in hoge mate: de testleider leest een verhaal voor dat door de luisteraar zin voor zin herhaald moet worden. Volgens een protocol wordt extra informatie gegeven indien een zin niet goed verstaan wordt. Het aantal woorden dat per minuut goed is verstaan in de condities Auditief, Visueel en Auditief+Visueel varieert sterk van persoon tot persoon. Hoewel de score in de Visuele conditie enigszins toegenomen is, is deze toename niet significant. De score in de Auditieve conditie is na 12 maanden gemiddeld 28 woorden per minuut. De Auditief+Visueel score is na implantatie significant beter dan pre-operatief. De gemiddelde score in de Auditief+Visuele conditie na 12 maanden, is bijna 70 woorden per minuut. Dit betekent dat spraak in een nagenoeg normaal tempo verstaan kan worden. Een aantal personen zegt dat voor hen niet alleen de hogere score van belang is, maar ook dat het veel minder inspanning kost om die score te behalen. In figuur 6 is te zien dat 10 personen in de auditieve conditie, dus zonder spraakafzien, meer dan 40 woorden per minuut kunnen verstaan. Bij de beantwoording van de vragenlijst geeft 10% aan "goed" te kunnen telefoneren en 64% "beperkt"; dit blijkt voor velen een grote verbetering van de kwaliteit van leven te geven.

Tot slot nog enige resultaten van de vragenlijst. Na 12 maanden geeft 97% aan zich meer ontspannen te voelen in de communicatie. Het aantal contacten is bij 73% toegenomen. Van de ondervraagden heeft 41% werk buitenshuis; hiervan heeft 53% het gevoel dat de carrièrekansen afgenomen zijn door het doof worden en 69% meent dat die kansen "flink" of "enigszins" zijn toegenomen dankzij de implantatie. "Veel" of "een beetje" verbetering met betrekking tot het zelfvertrouwen, de verbondenheid met de omgeving, de acceptatie door anderen, de stemming en de afhankelijkheid van anderen wordt gerapporteerd door 83%. Het leven met een cochleair implantaat wordt door 97% als "veel prettiger" beoordeeld. Een persoon vindt het leven "onprettiger" dan vóór de ingreep.

### Oorzaken van individuele verschillen

De zojuist benadrukte individuele verschillen zijn aanzienlijk; in enkele gevallen blijft het resultaat beperkt tot een verbetering van de signaalfunctie. De oorzaken van deze verschillen zijn grotendeels onbekend. Het resultaat is daarom vóór implantatie onvoldoende voorspelbaar zodat het tijdens de selectiefase moeilijk aan te geven is welke verwachtingen de kandidaat mag hebben. In sommige studies is men er in geslaagd een aantal pre-operatieve testcores te selecteren dat correleert met de post-operatieve testcores (Gantz et al., 1993). Daarmee is nog niet aangetoond dat deze voorspellers ook van toepassing is op een onafhankelijke groep proefpersonen. Opvallend genoeg heeft de oorzaak van doofheid (meningitis, erfelijke aanleg etc.) geen voorspellende waarde, en de mate van restgehoor slechts zeer beperkte (Gantz et al., 1993; van Dijk et al., 1995). Voor volwassenen met een verworven doofheid keert in vele studies alleen de duur van doofheid terug als factor van betekenis. Een lange duur van doofheid zou degeneratie van het neurale deel van het auditieve systeem kunnen veroorzaken waardoor het temporeel- en frequentie-oplossend vermogen afneemt. Op dit moment is het niet mogelijk een dergelijke degeneratie pre-operatief vast te stellen. Bovendien verklaart de duur van doofheid slechts een klein deel van de individuele verschillen. Derhalve is het uiterst belangrijk dat de kandidaat voor implantatie een goed beeld heeft van de grote variatie in de resultaten.

Een geheel andere situatie is aanwezig bij volwassenen met een aangeboren of prelinguaal verworven doofheid. Over het algemeen wordt tussen pre- en postlingualiteit een leeftijdsgrens aangehouden van ongeveer drie jaar. Het is bekend dat het resultaat met betrekking tot het spraakverstaan bij prelinguaal dove volwassenen veel beperkter is dan bij postlinguaal dove volwassenen. Mogelijk speelt hierbij een beperkte neurale uitrijping van het auditieve systeem een rol. In een longitudinale studie (Hinderink, Mens, Brokx & van den Broek, 1994) zijn door ons de resultaten bij 9 prelinguaal dove volwassenen (waaronder vier mensen met het syndroom van Usher) vergeleken met resultaten bij een kleine groep postlinguaal dove volwassenen. Aangezien zowel 1-kanaals- als 22-kanaalssystemen zijn gebruikt konden vier groepen subjecten worden onderscheiden.

Slechts geringe verschillen werden gevonden tussen de vier groepen wat betreft de waarneming van intonatie, aantal lettergrepen, omgevingsgeluiden etc.

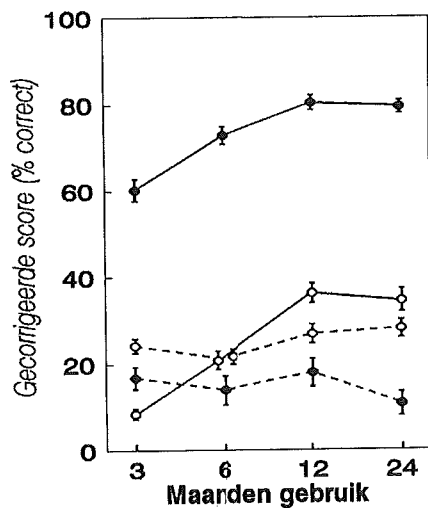


Fig. 7. Gemiddelden en standaard error van de samengestelde scores op tests die de discriminatie van spraakklanken bepalen. Getrokken lijnen: postlinguaal, gestreept: prelinguaal. Open markering: 1-kanaalssysteem; zwart: 22-kanaalssysteem. Scores na 3, 6, 12 en 24 maanden implantaatgebruik.

(Antwerpen-Nijmegen-testbatterij). De waarneming van spraakklanken is beduidend beter bij de postlinguaal doven met een Nucleus-systeem. Figuur 7 toont de samengestelde score op onderdelen van de AN-batterij die de discriminatie van spraakklank bepalen (Korte klinker test, Lange klinker test, Monosyllaben test, Spondeëen test) alsmede de Erber test (1976). In alle gevallen wordt de proefpersoon een keuze uit een klein aantal alternatieven gegeven. De resultaten van de overige drie groepen verschillen onderling weinig. De vaardigheid in het spraakafzien werd getest met de CDT-test. Ook op deze test werd de grootste verbetering gevonden bij de postlinguaal doven met het 22-kanaalssysteem. Op één prelinguaal dove na, die het implantaat na een jaar niet meer heeft gebruikt, rapporteren alle ondervraagden tevreden te zijn met het systeem en het in alle situaties te gebruiken, betere mogelijkheden tot communiceren te hebben en zich veiliger te voelen op straat.

## Discussie

Concluderend kan gesteld worden dat cochleaire implantatie bij volwassen doven een zinvolle voorziening is mits aan een aantal voorwaarden voldaan wordt en men zich de beperkingen goed realiseert. Naast de anatomische eisen die aan het slakkehuis worden gesteld zijn belangrijke voorwaarden: de afwezigheid van

functioneel restgehoor, een reëel verwachtingspatroon en voldoende communicatieve en/of intellectuele mogelijkheden om redelijkerwijs de revalidatie te kunnen volbrengen. Implantatie bij volwassenen met een prelinguale doofheid lijkt slechts zinvol te zijn voor een zeer beperkte groep en dient niet op de voorgrond geplaatst te worden bij de keuze van het optimale voorzieningspakket voor de prelinguale dove volwassenen.

De moderne binnenoor prothesen zijn fraaie staaltjes techniek maar ze kunnen nimmer een gezond oor vervangen. Een dove weer zo laten horen als een normaal horende, is zeker niet haalbaar. Dit betekent dat de verwachtingen van de dove zelf, maar zeker ook van de naaste familie, realistisch moeten zijn. De mogelijkheden om spraak met een cochleair implantaat te kunnen verstaan blijven meestal beperkt. Dit neemt niet weg dat een elektrische binnenoorprothese voor de doven die ervoor in aanmerking komen van geweldige betekenis kan zijn voor het contact met de buitenwereld. In een recente publikatie verklaart het Amerikaanse National Institute of Health (NIH) dat cochleaire implantatie inmiddels algemeen geaccepteerd is als een effectief hulpmiddel bij de (re)validatie van doven. Gesteld wordt dat het overgrote deel van de dove volwassenen een substantieel voordeel ervaren in combinatie met het spraakafzien en dat velen in staat zijn ook zonder lipbeeld enige spraak te verstaan. Sommigen communiceren zelfs per telefoon.

Cochleaire implantatie is inmiddels in de meeste westerse landen in het verstrekkingspakket opgenomen. Op grond van de gunstige ervaring bij postlinguaal dove volwassenen zoals in dit rapport weergegeven, is het te verwachten dat cochleaire implantatie ook in Nederland op reguliere wijze beschikbaar zal komen.

### Summary

The profoundly deaf lack useful residual hearing, even when using conventional hearing aids. This implies a serious limitation of spoken communication. For some of the profoundly deaf, cochlear implants have become available which permit the perception of sound. This paper presents an overview of the principles of cochlear implants and the results of a study including 38 postlingually deaf adults. All participants scored significantly above chance on a test of every-day sounds discrimination. The recognition of phonemes in a word test was 25% correct. However, the speed of repeating a connected story using lipreading increased from a pre-operative 28 words per minute to nearly 70 words per minute post-operatively, an almost normal speed. Results from a questionnaire show the relevance of these effects for the "quality of life". By way of comparison, results are shown from prelingually deaf adults using a single- or multichannel system. In this case the effect is one of improved sound-awareness with only a very limited speech discrimination.

### Dankwoord

De resultaten bij postlinguaal dove volwassenen die in dit onderzoek zijn opgenomen zijn verzameld in een studie die in samenwerkingsverband uitgevoerd is door de afdelingen

KNO van het Academisch Ziekenhuis Utrecht en het Academisch Ziekenhuis Nijmegen, en het Instituut voor Doven te St. Michielsgestel. De auteurs danken de projectmedewerkers van het Academisch Ziekenhuis Utrecht voor hun bijdrage: Dr.ir. J. van Dijk, Prof.dr. E. Huizing, Drs. M. Langereis, Dr. A. van Olphen, Prof.dr. G. Smoorenburg, D. Trijsburg-Peeters.

## Literatuur

- Brokx, J.P.L., Beijnon, A.J., Durme, M. van & Timmermans, B. (1987). Ontwikkeling van Nederlandstalige auditieve tests. *Logopedie en Foniatrie*, 6, 113-116.
- Dijk, J.E. van, Olphen, A.F., Mens, L.H.M., Brokx, J.P.L. & Broek, P. van den (1995). Predictive factors for success with a cochlear implant. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 196-198.
- Erber, H.P. & Alenciewicz, C.M. (1976). Audiological evaluation of deaf children. *J. Speech Hear Disord*, 41, 256-267.
- Filippo, C.L. De & Scott B.L. (1978). A method for training and evaluating the reception of ongoing speech. *JASA* 63, 4, 1186-92.
- Gantz, B.J., Woodworth, G.G., Abbas, P.J., Knutson, F.K. & Tyler, R.S. (1993). Multivariate predictors of audiological success with multichannel cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 102, 909-916.
- Greenwood, D.D. (1961). Critical bandwidth and the frequency coordinates of the basilar membrane. *JASA*, 33, 484, 1345-1356.
- Hinderink, J.B., Mens, L.H.M., Brokx, J.P.L. & Broek, P. van den (1995). Performance of prelingually versus postlingually deaf cochlear implant patients using single- or multichannel implants. *Laryngoscope*, 105 (6), 618-622.
- Greenwood, D.D. (1961). Critical bandwidth and the frequency coordinates of the basilar membrane. *JASA*, 33 (484), 1345-1356.
- House, W.F., & Urban, J. (1973). Long term results of electrode implantation and electronic stimulation of the cochlea in man. *Ann Otol. Rhinol. Laryngol.*, 82, 504-514.
- Huygen, P.L.M., Hinderink, J.B., Broek, P. van den, Borne, S. van den, Brokx, J.P.L., Mens, L.H.M. & Admiraal, R.J.C. (1995). The risk of vestibular function loss after intracochlear implantation. *Acta Otolaryngol (Stock)*, Suppl 520, 270-272.
- Linthicum, F.H., Fayad, J., Otto, S.R., Galey, F.R. & House, W.F. (1991). Cochlear implant histopathology. *Am. J Otol.*, 12 (4), 245-311.
- Wilson, B.S., Finley, C.C., Lawson, D.T., Wolford, R.D., Eddington, D.K. & Rabinowitz, W.M. (1991). Better speech recognition with cochlear implants. *Nature*, 352, 236-238.