

SLECHTHORENDE

en

HOORTOESTEL

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Slechthorende

Slechthorende en hoortoestel / red.: T.S. Kapteyn ... [et al.]

Leiden: Nederlandse Vereniging voor Audiologie

Utrecht: Nederlandse Vereniging voor KNO-Heelkunde
en Heelkunde van het Hoofd-Halsgebied - III.

1^e druk: Amsterdam: Nederlandse Vereniging voor Audiologie, 1988

Met lit. opg., reg.

ISBN 90-800559-3-X --- NUGI 742

trefwoorden: hoorapparaten/slechthorendheid

© copyright 1994

NEDERLANDSE VERENIGING voor AUDIOLOGIE

en

**NEDERLANDSE VERENIGING voor KNO-HEELKUNDE
EN HEELKUNDE VAN HET HOOFD-HALSGBIED**

Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen of vermenigvuldigd zonder schriftelijke toestemming van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie
Postbus 9600

2300 RC Leiden

Druk: De Leeuw, Offsetdrukkerij BV, Rijnsburg

SLECHTHORENDE

en

HOORTOESTEL

Derde herziene druk

Redactie:

T.S. Kapteyn

A. Clemens

B.E. Glazenburg

J. Joustra

1994

NEDERLANDSE VERENIGING voor AUDIOLOGIE

en

**NEDERLANDSE VERENIGING voor KNO-HEELKUNDE
EN HEELKUNDE VAN HET HOOFD-HALSGBIED**

Voorwoord bij de derde druk.

Het bestuur van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie heeft in 1986 initiatief genomen tot het doen schrijven van een verenigingsbundel over het aanpassen van hoortoestellen.

Het in 1988 gedrukte boek is veel gebruikt in diverse opleidingen. De bijgedrukte exemplaren zijn inmiddels ook afgenomen.

Overleg tussen de besturen van de NVA en de Nederlandse Vereniging voor KNO-Heelkunde en Heelkunde van het Hoofd-Halsgebied heeft geleid tot het verzoek aan de redactie een herziene uitgave te verzorgen die dan als bundel van de beide verenigingen gepresenteerd zou kunnen worden. Naast een updating zou met name aandacht besteed moeten worden aan het aanpassen van hoortoestellen in de dagelijkse praktijkvoering van de kno-arts. Met het oog hierop is de redactie uitgebreid met een kno-arts die ruime ervaring heeft op dit gebied.

In het nieuw ingevoegde hoofdstuk 4 worden al veel onderwerpen aangeroerd die nader besproken worden in de gehandhaafde hoofdstukken, nu genummerd als 5, 6, 7 en 8. Er is dus een zekere mate van overlapping ontstaan. De redactie heeft daar voor gekozen. De bedoeling is dat in hoofdstuk 4 een brede introductie van het hoortoestelaanpassen wordt gegeven. Daarbij wordt steeds verwezen naar de dieper gaande behandeling in paragrafen van de volgende hoofdstukken, die om de leesbaarheid te handhaven, niet zijn ingekort. Het naast elkaar zetten van benaderingen van verschillende auteurs, die werken vanuit andere invalshoeken, kan onderwijskundig nuttig zijn en bevordert voor de lezer het ontwikkelen van een eigen standpunt.

Wanneer iemand slechthorend is en hulp zoekt gaat het er niet primair om de afwijking van het gehoor technisch optimaal te compenseren. Het gaat erom de klachten zo goed mogelijk te ondervangen. De klachten houden verband met het niet goed functioneren van het gehoor en dus betreft het in eerste instantie een vraagstelling op het werkkterrein van de kno-arts. De gevolgen beslaan echter een veel breder terrein dan het medische gebied: door het niet goed horen ontstaan communicatieproblemen die het functioneren van de desbetreffende persoon in alle levensverbanden kan beperken. Het ligt dus voor de hand dat de kno-arts in zijn benadering overweegt of het nodig is op een breder terrein hulpverlening te verzorgen. Hierbij kan gedacht worden aan het inschakelen van een interdisciplinair team van medewerkers in een Audiologisch Centrum. Hiermee wil niet gezegd zijn dat alle slechthorenden bij wie het gehoor niet te verbeteren is door een operatie, naar een AC verwezen moeten worden. Wel wil gezegd zijn dat de klachten van de patiënt in ruimere context beoordeeld dienen te worden en dat er geen beperking mag zijn tot alleen het otologische aspect.

Het doel van dit boek is een bijdrage te leveren aan een goede hulpverlening voor de slechthorenden. De redactie heeft deze intentie tot uitdrukking willen brengen in de titel "Slechthorende en hoortoestel".

De doelstelling was een verenigingsbundel tot stand te brengen die naast een overzicht van de stand van zaken ook een bijdrage zou leveren tot een gedachtenvorming omtrent de ontwikkelingen in de naaste toekomst. De niet altijd even eenvoudige materie diende daartoe op begrijpelijke en inzichtelijke wijze gepresenteerd te worden.

De redactie is zich bewust dat wanneer aan deze doelstelling is voldaan dit vooral te danken is aan de auteurs die welwillend en creatief zijn ingegaan op de wensen en opmerkingen.

De redactie,

T.S. Kapteyn,
A. Clemens,
B.E. Glazenburg.
J. Joustra.

INHOUDSOPGAVE.

	blz.
VOORWOORD.	5
1. HOREN, SPRAAK EN COMMUNICATIE.	11
Dr. T.S. Kapteyn, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis V.U.	
Dr. A. Clemens, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Utrecht.	
2. HET HOORTOESTEL ALS HULPMIDDEL BIJ KLACHTEN OVER HET GEHOOR.	19
Dr. T.S. Kapteyn, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis V.U.	
3. OTOLOGISCHE OVERWEGINGEN BIJ HET AANPASSEN VAN EEN HOORTOESTEL.	30
Dr. B.E. Glazenburg, KNO-arts, Diaconesseninrichting Bronovo, Den Haag.	
4. HET AANPASSEN VAN EEN HOORTOESTEL IN DE KNO-PRAKTIJK.	41
Drs. J. Joustra, KNO-arts, Onze Lieve Vrouwe Gasthuis, Amsterdam.	
Dr. B.E. Glazenburg, KNO-arts, Diaconesseninrichting Bronovo, Den Haag.	
Dr. T.S. Kapteyn, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis V.U.	
5. TECHNISCHE MOGELIJKHEDEN VAN HOORTOESTELLEN.	68
Dr. Ir. W.A. Dreschler, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, A.M.C. Amsterdam.	
6. SPECIFICATIE EN CLASSIFICATIE VAN HOORTOESTELLEN.	82
Dr. Ir. W.A. Dreschler, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, A.M.C. Amsterdam.	
7. DE SELECTIE VAN HET HOORTOESTEL.	95
Dr. J. Verschuure, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis van de Erasmus Universiteit te Rotterdam.	

8.	EVALUATIE VAN DE HOORTOESTELAANPASSING.	120
1.	Het testen van het functioneren van het hoortoestel.	121
	Dr. J. Verschuure, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis van de Erasmus Universiteit te Rotterdam.	
2.	Het testen van het functioneren van de slechthorende met het toestel.	126
	Dr. Ir. W.A. Dreschler, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, A.M.C. Amsterdam.	
3.	Het toetsen van de waardering van de gebruiker voor het toestel	131
	Dr. Ir. J.A.P.M. de Laat, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Leiden,	
9.	DE INVLOED VAN SLECHTHORENDHEID OP HET DAGELIJKSLEVEN VAN VOLWASSENEN.	142
	Mw. T. de Boer, Maatschappelijkwerkster, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Groningen.	
	Mw. A.W. Dondorp, Maatschappelijkwerkster, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis V.U.	
	Drs. C. Sijstra, Psychologe, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Groningen.	
10.	HET METEN EN BEOORDELEN VAN SLECHTHORENDHEID BIJ KINDEREN.	151
	Dr. A. Clemens, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Utrecht.	
11.	HOORTOESTELLEN BIJ ZEER JONGE KINDEREN.	158
	Dr. Ir. J.P.L. Brokx, Klinisch Audioloog, Instituut voor Doven, Sint-Michielsgestel	
	Dr. Th. Crull, Psycholoog, afdeling KNO-heelkunde, Universiteit te Nijmegen.	
	Drs. C. Hoekstra, Psychologe, afdeling KNO-heelkunde, Universiteit te Nijmegen.	
12.	HET KIND MET EEN HOORTOESTEL IN DE ONDERWIJSSITUATIE.	168
	Drs. J.Th. Bonnema, Psycholoog, voormalig adjunct directeur Audiologisch Centrum Amersfoort.	
13.	HET BENUTTEN VAN GELUIDSWAARNEMING BIJ DOVEN.	176
	Prof. Dr. F. Coninx, Klinisch Audioloog, Instituut voor Doven, Sint-Michielsgestel.	

14. HULPMIDDELEN	191
EN DE INVLOED VAN ZAALAKOESTIEK.	
Prof. Dr. Ir. H.P. Wit, Klinisch Audioloog, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis Groningen.	
15. DE MOGELIJKHEDEN VOOR HET VERSTREKKEN VAN	206
HOORTOESTELLEN, HULPMIDDELEN,	
AANVULLENDE HULP EN NAZORG	
VOOR SLECHTHORENDEN.	
Ir. C.L. van Ligtenberg, Klinisch Audioloog, Audiologisch Centrum Amersfoort.	
16. PERSPECTIEVEN MET SIGNAALBEWERKING	217
IN HET HOORTOESTEL.	
Dr. Ir. J.M. Festen en Prof. Dr. Ir. R. Plomp, groep Experimentele Audiologie, afdeling KNO-heelkunde, Academisch Ziekenhuis V.U.	
17. NAWOORD.	231
ZAKENREGISTER.	234

1. HOREN, SPRAAK EN COMMUNICATIE.

T.S.Kapteyn en A.Clemens.

1-1. INLEIDING.

Goed kunnen horen houdt in dat het kunnen waarnemen, onderscheiden, herkennen en duiden van geluiden achtereenvolgens goed verlopen. Bij slechthorendheid is er iets niet geheel goed in deze schakel. Vrij algemeen wordt dan in de eerste plaats of zelfs vrijwel uitsluitend gedacht aan een verminderde gevoeligheid van het gehoor. In hoofdstuk 2 wordt de beperktheid en daarmee de onjuistheid van deze benadering besproken. In feite is een verminderde gevoeligheid van het gehoor hinderlijk omdat zachte geluiden niet kunnen worden waargenomen. Slechthorendheid wordt echter pas een wezenlijke beperking als de communicatie met anderen moeizaam gaat verlopen of zelfs onmogelijk wordt. Voor deze communicatie zijn naast de signalerings- en waarschuwingsgeluiden vooral de spraakgeluiden van belang en deze hebben een geluidssterkte die ruimschoots boven de waarnemingsdrempel van het normale oor ligt.

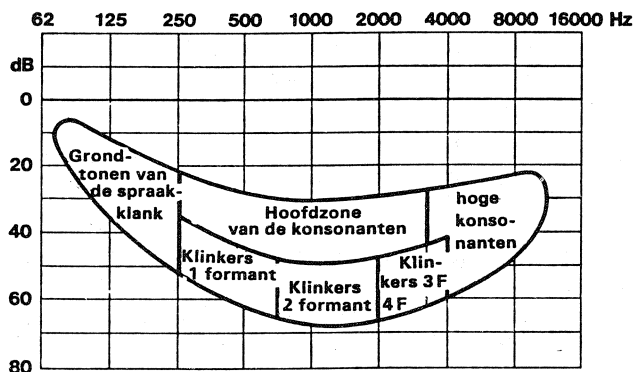
1-2. HET DYNAMISCH BEREIK VAN HET GEHOOR.

Het oor heeft een verbazingwekkend groot dynamisch bereik. De verhouding van de geluidsdruk die respectievelijk net waargenomen kan worden en die als pijnlijk hard ervaren wordt, ligt in de orde van 1.000.000. Dit betekent dat het oor te vergelijken is met een weeginstrument waarmee een brief in grammen maar ook een auto, die tonnen zwaar is, gewogen kan worden. Nu beweegt het trommelvlies ten gevolge van variaties in de luchtdruk die door het geluid worden veroorzaakt. De sterkte van een geluid wordt echter uitgedrukt in een energiemaat, de geluidsintensiteit. Deze is evenredig met het kwadraat van de geluidsdruk zodat de verhouding tussen de net waarneembare geluidsintensiteit en de als pijnlijk hard ervaren intensiteit dus 1.000.000.000.000 is of 10 tot de macht 12 (10^{12}). Om dit enorme bereik in een hanteerbare schaal in te delen zou men bij voorkeur een logaritmische maat willen gebruiken. In de praktijk wordt dit inderdaad gedaan met de zogenaamde Bel-schaal of deci-Bel schaal waarmee de hoorspan van het oor wordt verdeeld in ongeveer 12 stappen van 1 Bel danwel 120 stappen van 1 deci-Bel (dB). Het invoeren van deze logaritmische schaal is verantwoord omdat daarmee fysiologisch net waarneembare veranderingen in de geluidssterkte nauwkeurig en compact kunnen worden aangegeven zowel bij de hoordrempel als bij de onaangename luidheid en dus in het hele dynamische bereik van het gehoor.

De decibel is dus een verhoudingsmaat. Men kan niet zondermeer praten over een geluidsniveau in dB absoluut. Wil men de dB maat absoluut gebruiken dan moet de referentie of het standaardniveau duidelijk worden vermeld. In de natuurkunde wordt voor alle frequenties een zelfde geluidsdruk als referentie gebruikt, namelijk 20 micro-Pascal. Wanneer een geluidsdruk uitgedrukt wordt in een dB-waarde t.o.v. deze standaard spreekt men van dB Sound Pressure Level, of wel dB SPL.

In de toonaudiometrie wordt voor elke meet-frekwentie een ander referentie niveau gebruikt namelijk het gemiddelde hoordrempel niveau voor die frekwentie bij goedhorende jonge mensen. Wanneer deze referentie gebruikt wordt spreekt men van dB-Hearing Level: dB HL.

In het grote dynamisch bereik van het oor wordt de normale spraak aangeboden in het midden van dit interval op een nivo rond de 60 dB SPL (zie figuur 1-1).



Figuur 1-1: De ligging van het spraakgebied in de hoorspan.

1-3. PRODUCTIE VAN SPRAAK.

Spraak is een geluidssignaal dat men als bovendrempelig complex geluid opgebouwd kan denken uit een groot aantal, tegelijk aanwezige enkelvoudige trillingen met verschillende frequentie en amplitude. Het uitspreken van een woord is te vergelijken met het zingen van een kort melodietje of beter een korte klank waarvan de klankkleur wordt veranderd tijdens het zingen: het produceren van een klankpatroon. Met het leren van een taal hebben wij een aantal van die klankpatronen leren onderscheiden en duiden. Op deze wijze is het mogelijk door middel van geluid informatie over te dragen. Een

spreker produceert de achtereenvolgende klankpatronen met zijn stem. De lucht uit de longen wordt door de stembanden in opvolgende luchtstootjes verdeeld en deze luchtplofjes brengen de luchtkolom in de keel-, mond- en neusholte in trilling zoals dat ook gebeurt in een orgelpijp.

Het stembandsignaal is als complex geluid opgebouwd te denken uit vele enkelvoudige trillingen die harmonischen genoemd worden. De harmonische met de laagste frekwentie, overeenkomend met het aantal plofjes per seconde, bepaalt de toonhoogte van de stem (de GRONDTOON VAN DE STEM). De andere harmonischen hebben een frekwentie die hiervan een veelvoud is; hoe hoger de frekwentie hoe kleiner de bijdrage in het complexe geluid.

Door de stembanden meer of minder strak te spannen kan het aantal luchtstootjes per seconde worden gewijzigd: de grondtoon van de stem wordt dan veranderd. De variatie in de grondtoon van de stem, intonatie genoemd, kan betekenis hebben voor de overdracht van emotionele informatie tijdens de communicatie. Door de luchtstroom uit de longen wat groter te maken kunnen de luchtstootjes bij een zelfde aantal per seconde krachtiger worden, men gaat dan harder spreken. Met het harder spreken zal ook vaak de grondtoon van de stem wat hoger worden omdat de druk op de stembanden groter wordt.

De keel- mondholte en de keel-neusholte zijn te vergelijken met een fraai uitgevoerde orgelpijp; eigenlijk zijn het 2 pijpen die naast elkaar functioneren en elk op eigen wijze van vorm veranderd kunnen worden. Een orgelpijp kan bij aanblazing slechts bepaalde tonen voortbrengen want deze moeten passen in de randvoorwaarden die de pijp oplegt. De grondtoon en boventonen passen wat betreft de golflengte bij de afmeting van de pijp. De frekwenties van de boventonen zijn veelvoud van de frekwentie van de grondtoon. Door nu van de "orgelpijp" de lengte, de vorm en de doorgankelijkheid te variëren kan een frekwentiegebied bevoordeeld of benadeeld worden en daarmee verandert de klankkleur van het voortgebrachte geluid, het TIMBRE.

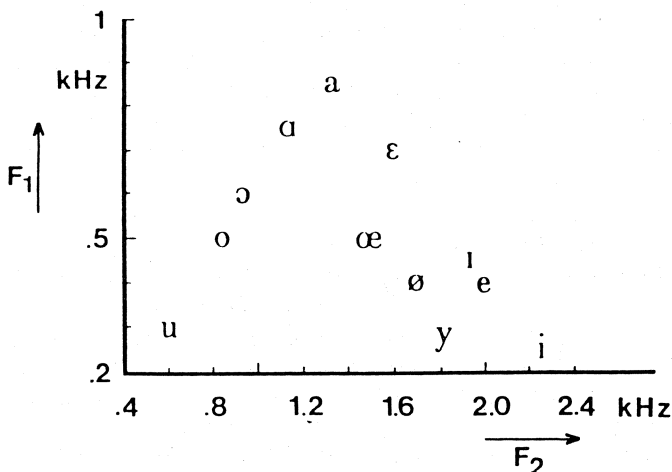
Omdat de "orgelpijp" wordt aangeblazen via de stembanden zullen met die vormveranderingen frekwentiebanden uit het stembandsignaal worden versterkt of verzwakt alnaar gelang het goed of niet goed voldoet aan de op dat moment ingestelde randvoorwaarden van de pijp. Deze te variëren frekwentiegebieden worden FORMANTEN genoemd. De aangehouden klanken in de spraak worden KLINKERS of VOCALEN genoemd. Deze kunnen met verschillende mondstanden gevormd worden en dat geeft de mogelijkheid verschillende klinkers te produceren. De formantgebieden kunnen tijdens het produceren van een klinker worden verschoven en dan ontstaat een zogenaamde tweeklank of DIFOON.

De mondholte kan tijdens het spreken van vorm veranderen door het openen of sluiten van de lippen, door het verplaatsen van de tong en door het openen van de toegang tot de neusholte. Op deze wijze wordt de aanzet of de overgang tussen klinkers de zogenaamde MEDEKLINKERS of CONSONANTEN gemaakt.

- Door met de tong de luchttoegang te beperken kunnen ruisklanken worden geproduceerd (sis-klanken of fricatieven).
- Door met de lippen de luchtstroom af te sluiten of te openen kunnen plofklanken of explosieven worden gemaakt.
- Door de neusholte in meer of mindere mate bij de toongeving te betrekken kunnen de nasalen worden geproduceerd en kan in het algemeen de nasaliteit worden gevarieerd.

Dankzij deze mogelijkheden kan een grote variatie in de klank van het geproduceerde geluid worden aangebracht. Dit spelen met de "orgelpijp" noemen wij klankproductie of ARTICULATIE. Omdat er zoveel verschillende klankpatronen in de spraak zijn die slechts weinig van elkaar verschillen maar wel een wezenlijk andere betekenis hebben, is voor een correcte informatie-overdracht door middel van spraak een goede articulatie noodzakelijk. De achtereenvolgende spraakklanken, klinkers en medeklinkers, die tesamen een woord vormen worden FONEMEN genoemd.

Zoals boven aangegeven berust het onderscheiden van de klinkers op de verschillen tussen de geproduceerde formanten. Het gaat er dan om welke formantgebieden tegelijkertijd met harmonischen gevuld zijn (figuur 1-1).



Langs de verticale as staat het frekwentie gebied van de eerste formant en langs de horizontale as die van de tweede formant aangegeven. (Uit 't Hart 1988)

Figuur 1-2: de akoestische klinkerdriehoek van Hellwach.

Van de klinkers U, Y en *i* ligt het eerste formant gebied voor alle drie rond de 300 Hz; de verschillen worden gevormd door de ligging van het tweede formant gebied dat voor de U bij 600 Hz, voor de Y bij 1800 Hz en voor de *i* bij 2300 Hz ligt. De AA onderscheidt zich meer van de net genoemde klinkers door de ligging van de eerste formant bij 1000 Hz dan door de ligging van de tweede formant bij 1500 Hz. Voor de klinkers is een indeling gemaakt door in een rechthoekig diagram de frekwentie van de eerste formant langs de y-as en de frekwentie van de tweede formant langs de x-as uit te zetten. De in de Nederlandse taal gebruikte klinkers liggen dan van elkaar onderscheiden, ruimtelijk gespreid in de vorm van een driehoek: de klinkerdriehoek van Hellwach (zie figuur 1-2).

De vulling en daarmee de beschikbare energie in een formantgebied is afhankelijk van het aantal harmonischen die de stembanden in dat frekwentiegebied aanleveren en dus van de frekwentie van de grondtoon van de stem. Immers bij een stem met een lage grondfrekwentie zijn er twee maal zo veel boventonen in een bepaald formantgebied aanwezig als bij een stem met een twee maal zo hoge grondfrekwentie. Dit houdt in dat de lage stem in de formantgebieden een betere vulling geeft dan de hogere stem en dus zal de onderscheidbaarheid van de klinkers bij een lage stem theoretisch gunstiger zijn. Op grond van deze gedachtengang zouden de klinkers in de spraak van een mannenstem beter verstaanbaar moeten zijn dan van een hogere vrouwenstem. Hierbij is er dan wel vanuit gegaan dat bij de verschillende sprekers de mond-keelholte identiek functioneren en gebruikt worden. Aan deze laatste voorwaarden behoeft natuurlijk niet voldaan te zijn en daardoor is ook niet zonder meer te stellen dat een spreker met een lage stem altijd beter verstaanbaar is dan een spreker met een hoge stem. Bovendien is het kunnen herkennen van de klinkers maar een klein onderdeel van het spraakverstaan en te veel energie in de lage frekwenties kan voor het oor het waarnemen van de hoge frekwenties extra moeilijk maken (upward spread of masking zie 7-2.1).

Naast de articulatorische aspecten van de spraak zijn er andere eigenschappen als de mate van verandering van de stemhoogte tijdens het spreken (vlak of melodieus gemoduleerd), een verandering van de gemiddelde stemhoogte (door stress of emotie), sterkte variaties (de dynamiek) e.d. waarmee vooral ook naast de cognitieve (semantische) informatie meer de emotionele informatie wordt overgedragen. Men duidt deze aspecten van de spraak aan als de PROSODIE van de spraak. Het verloop van de geluidsdruk van de spraak in de tijd wordt aangeduid als de TEMPORELE STRUCTUUR.

Tijdens het spreken bepaalt de vormgeving van het geluidproducerend orgaan - "de orgelpijp" - de articulatie. Een deel van de mondstanden is ook visueel te herkennen. Het speciaal letten op de vorm van de mond wordt

aangeduid als liplezen of, in combinatie met de gehele expressie, spraakafzien. De mimiek en de eventuele gebaren van de spreker zijn van groot belang, deze kunnen "boekdelen spreken".

Bij fluisteren wordt geen gebruik gemaakt van de luchtpulserende werking van de stembanden, de lucht stroomt dan continu door de orgelpijp en de vormverandering varieert als het ware het daardoor veroorzaakte ruisgeluid (verschil tussen stem-hebbend en stem-loos spreken).

1-4. PERCEPTIE VAN SPRAAK.

Voor een goed verstaan van spraak is het allereerst vereist dat het gesprokene is gehoord. Een voorwaarde hiervoor is dat het, na een goede geleiding via het uitwendig oor en het middenoor met voldoende intensiteit aan het binnenoer wordt aangeboden. Hier wordt het complexe geluid geanalyseerd in elementaire bouwstenen (de zuivere toon componenten) en deze informatie wordt dan gecodeerd - naar frekwentie en sterkte - overgebracht via de 40.000 vezels van de gehoorzenuw naar de hogere gehoorcentra. Het onderscheiden of DISCRIMINEREN van klankpatronen heeft in het centrale zenuwstelsel plaats op grond van de door de gehoorzenuw aangevoerde signalen.

Zoals boven besproken gaat het bij het herkennen van klinkers om het onderscheiden van de geproduceerde formanten. De mondstand waarmee de klinker wordt ingezet bepaalt het inklinken van de klinker en daarmee de voorafgaande medeklinker; de afsluiting van de aangehouden klank bepaalt de volgende medeklinker. In spraak worden veel bijna gelijke klankpatronen gebruikt die verschillende betekenis hebben. Het proces van de woordherkenning en taalverstaan wordt op verschillende manieren benaderd. Er zijn vier niveaus te onderscheiden waarop het proces zich voltrekt:

1. Het akoestisch niveau dat weer onder te verdelen is in:
 - het duiden van een gehoorde klank als spraakklank, waarbij gebruik gemaakt wordt van fonologische kennis,
 - het herkennen van klankverbindingen
 - kennis en ervaring betreffende economische articulatoire regels die door een spreker worden toegepast
 - kennis betreffende intonatie en nadruk waardoor in belangrijke mate een verwachting wordt gewekt omtrent wat men zal gaan horen.

2. Het lexicaal niveau betreffende
 - kennis van woorden en hun gebruiksfrekquenties
 - kennis van de opbouw van woorden uit fonemen.

3. Het syntactisch niveau betreffende
 - geldende regels waarmee woorden tot grotere gehelen worden gebouwd.
4. Het semantisch niveau betreffende
 - kennis van de woordbetekenissen
 - kennis van de logische structuren in de spraak
 - kennis betreffende de omgeving waarin men verkeert

De relatie tussen de verwerking op de verschillende nivo's, in combinatie met luisterstrategieën, komt in verschillende modellen tot uitdrukking:

A. In het seriele model.

Hierin stroomt de informatie in een richting van waarnemen naar begrijpen, van lager naar hoger niveau: BOTTOM-UP. Nadat een geluid als spraakklank is herkend wordt het in relatie met andere spraakklanken gecombineerd tot taaleenheden, woorden en zinnen.

B. In het interactie model.

Hierin stroomt de informatie in twee richtingen en is er interactie tussen de kennis bronnen: naast Bottom-up ook TOP-DOWN. De ontwikkelingen volgens het Bottom-up model worden dan beïnvloed door de verwachtingen die ontstaan op grond van kennis op hogere niveaus als woordkennis, kennis van zinsopbouw en grammatica.

Een gangbaar model omtrent de woordherkenning is de zogenaamde COHORT theorie. De gedachte is dat bij het horen van een eerste foneem bijvoorbeeld een K alle woorden in de woordenschat van de luisteraar die beginnen met een K worden geactiveerd. Als dan de volgende klank als het foneem OO wordt gedetecteerd, blijven alleen de woorden die beginnen met KOO.. in een hogere geactiveerde staat. Na de volgende klanken L en OO blijven er maar weinig woorden over die nog in hoge geactiveerde staat zijn komen te verkeren namelijk alleen die beginnen met KOOLOO.. Na de volgende N is nog geen eenduidige keus te maken, maar met de è is dat wel het geval. De afsluitende L is dan in feite overbodig of REDUNDANT. Deze redundantie is nuttig als bevestiging dat het verwachte woord inderdaad gesproken werd. Op grond van de kennis van de taal op de diverse niveaus is het meestal niet nodig dat alle woorden foneem voor foneem goed geïdentificeerd worden, in feite geldt hier dat een goed verstaander maar een half woord nodig heeft.

1-5. COMMUNICATIE DOOR SPRAAK.

Uit het voorgaande blijkt dat voor een goed verstaan van spraakklanken een

subtiel onderscheidingsvermogen voor opvolgende klankpatronen vereist is. Nu kan een spreker niet zo maar willekeurig allerlei mondstanden na elkaar maken, er moet een vloeiende overgang zijn of een onderbreking om een volgende mondstand in te stellen. De luisteraar weet dat onbewust en die informatie wordt gebruikt in het luisteren. Daarnaast worden in elke taal regels aangehouden. Wanneer men een taal goed beheerst en deze regels kent wordt het verrassings effect bij het horen van het volgende woord kleiner en/of zeldzamer.

Bij een niet goed verstaander, zoals bijvoorbeeld iemand die luistert naar iemand die een vreemde taal spreekt of iemand die niet goed hoort, zal die verrassing relatief groot zijn en daarom zal enige redundantie goed van pas komen. Ook een lage spreeknelheid, een goede articulatie, een eenvoudige zinsstructuur en een logische opbouw van het gesprokene dragen dan bij tot een goede informatie overdracht. Als een betekenis-vol woord wordt misverstaan kan een verkeerde verwachting omtrent het dan volgende ontstaan (Top-down). Na enige tijd zal gemerkt worden dat er iets fout is verstaan maar het gesprek is doorgedaan en de vraag is of de toch al niet goede verstaander dan weer in het gesprek kan instappen zonder een "noodstop" te vragen.

Bij een kleine ongevoeligheid van het oor zal het spraakverstaan niet direct aangetast zijn, omdat spraak een duidelijk bovendrempelige geluidsterkte heeft. Bij een geleidelijk toenemend gehoorverlies kunnen vrij plotseling problemen ontstaan in de communicatie, namelijk op het moment dat de spraak niet meer duidelijk boven de hoordrempel uit komt en het waarnemen ervan problematisch wordt. Vaak zal de oorzaak dan eerst gezocht worden bij het onduidelijk spreken van de ander, of in het sterke achtergrondslawaai.

In de volgende hoofdstukken wordt dieper ingegaan op de aspecten van een gehoorstoornis en de mogelijkheden die geboden kunnen worden om de beperkingen die daardoor ontstaan zo goed mogelijk te ondervangen.

2. HET HOORTOESTEL ALS HULPMIDDEL BIJ KLACHTEN OVER HET GEHOOR.

T.S.Kapteyn.

2-1. INLEIDING.

Vrijwel iedereen verkeert in onze samenleving doorlopend in een situatie waarin een aantal zeer diverse geluiden aanwezig zijn. Het horen ervan geeft het gevoel dat men in een levendige omgeving functioneert. Juist door het waarnemen van zachte geluiden ervaart men de weldadige stilte. Een geluidloze wereld is niet alleen vreemd, maar ook angstaanjagend. Dit kan een oorzaak van spanningen zijn waardoor de gezondheid en het zich welbevinden worden aangetast. Geluid heeft ook een waarschuwingfunctie. Veel gebeurtenissen worden aangekondigd door een voorafgaand geluid, b.v. het binnenkomen van iemand, of het naderen van een auto of het overlopen van een bak in de gootsteen. Doordat men karakteristieke eigenschappen van het geluid kan onderscheiden, herkennen en interpreteren ontstaat een verwachting omtrent wat zal gaan gebeuren.

In de toepassing van akoestische waarschuwingssystemen wordt gebruik gemaakt van het vermogen de verschillende geluiden te onderscheiden en dit vermogen wordt welhaast optimaal benut in het proces van communicatie door middel van spraak. In dit proces worden niet alleen klankpatronen herkend, maar wordt bovendien aandacht gegeven aan de klanknuances waarmee de woorden worden uitgesproken. Daardoor wordt een subtiele extra informatie opgevangen. Bij het luisteren naar muziek bijvoorbeeld is het kunnen waarnemen en genieten van de variaties in toonhoogte en klankkleur heel wezenlijk.

2-2. VERSCHILLENDE HOORFUNCTIES.

Het goed kunnen waarnemen van de omringende geluiden is uiterst belangrijk voor de mens en daartoe beschikt hij over twee onafhankelijk functionerende oren. De informatiestromen van de beide perifere opnemers worden op subtiele wijze aan elkaar gerelateerd in het centraal zenuwstelsel. Door het benutten van kleine verschillen in klankkleur, moment van aankomst en intensiteit van de twee waarnemingen van hetzelfde geluid, kan, dankzij de twee ruimtelijk gescheiden oren, op nauwkeurige wijze gedetecteerd worden uit welke richting dit komt. Nog fascinerender is het vermogen selectief voorkeur te geven aan een geluid uit een bepaalde richting boven geluiden uit andere richtingen: het selectief richtinggevoelig luisteren.

Uit het voorgaande valt te concluderen dat er sprake kan zijn van klachten over minder goed horen danwel slechthorendheid wanneer de beide oren niet optimaal functioneren of wanneer de beide akoestische informatiestromen niet goed aan elkaar gerelateerd worden, of ook wanneer de wel opgemerkte verschillen niet goed ingepast kunnen worden in de door ervaring opgebouwde ruimtelijke oriëntatie. Bij de beschrijving van het hoorproces in een model kunnen een aantal elementaire hoorfuncties worden onderscheiden. In de audiometrische praktijk zijn diverse testen in gebruik om verschillende hoorfuncties te meten.

Schematisch is dit als volgt weer te geven:

HOORFUNCTIES	TESTMETHODEN
1. De gevoeligheid van het oor	Toonaudiogram, BERA, ECOCH, Oto-akoestische emissies, spraaudiogram
2. De dynamiek van het oor	Hoordrempel - Grens van onaangename luidheid.
3. Het stabiel-zijn van het oor	Toonvervaltest, stapedijsreflexvervaltest.
4. Het discriminatie vermogen	Spraakaudiogram (gemeten met monosyllaben).
5. Het selectief kunnen horen	Spraakverstaan in Ruis, (S/N test per oor).
6. De samenwerking beide oren	Testen op richtinghoren en cocktail-party effect, de centrale hoortesten, S/N test in vrije veld.
7. De interne ruis van het oor	Tinnitus-analyse.

Aan deze opsomming ontbreken enkele factoren die het goed reageren op geluid mede beïnvloeden:

8. De tijd die iemand nodig heeft om een woord te herkennen is mede bepalend voor het kunnen volgen van een gesprek.
9. Het zich afsluiten voor geluiden. Dit manifesteert zich als een vorm van slechthorendheid. Veelal wordt dit aangeduid als psychogene of functionele slechthorendheid. Vaak betreft het een aggraviatie van een werkelijk bestaand gehoorverlies.

De resultaten van de diverse hoortesten geven te samen een beeld van het functioneren van het onderzochte gehoor. De meetresultaten van de bovengenoemde groepen testen blijken echter niet geheel onafhankelijk van elkaar te zijn. Daarvoor zijn twee redenen aan te geven:

- A. de toegepaste testen om de hoorfuncties te meten zijn niet voldoende selectief om uitsluitend de bedoelde hoorfunctie te meten; de meetresultaten worden mede bepaald door een of meer van de andere boven

onderscheiden hoorfuncties.

- B. de bovengenoemde hoorfuncties zijn mogelijk niet allemaal geheel onafhankelijk van elkaar; het zouden facetten kunnen zijn met een gezamenlijke oorzakelijke factor.

In de audiometrische praktijk worden de verschillende testen toegepast in de vorm van een testbatterij met als doel het verkrijgen van een consistent goed samenhangend beeld betreffende het functioneren van de beide oren en de onderlinge samenwerking. De verkregen meetgegevens worden dan gebruikt om een aanwijzing te verkrijgen waar de oorzaak van de slechthorendheid gesitueerd kan zijn, hetgeen voor de diagnostiek van belang is. Daarnaast kunnen de resultaten van de testbatterij aan geven in welke situaties en in welke mate het gehoor tekort schiet. Dit is van belang voor het schatten van de mate van beperkt zijn ten gevolge van de gehoorstoornis en voor het beoordelen van het effect van de behandeling of van een trainingsprogramma.

Klachten over niet goed horen zullen vaak voortvloeien uit de ervaring dat de vermogens van het eigen gehoor beperkter zijn dan die van anderen of dan vroeger het geval was. Men voelt zich gehandicapt in het eigen functioneren. Een dergelijke beperking in het verwerken van de akoestische informatie zal tot gevolg hebben dat extra inspanning vereist wordt dan wel dat hulpmiddelen nodig zijn. Voor een goede oordeelsvorming is vereist dat de afwijkingen van het gehoor zo objectief mogelijk worden vastgesteld teneinde de basis van het zich gehandicapt voelen zo goed mogelijk kwantitatief vast te leggen

In het voorgaande zijn al genoemd, behandeling, training en ondersteuning door middel van hulpmiddelen. Wij willen hier nu nader ingaan op de mogelijkheden die het hoortoestel biedt met betrekking tot de onderscheiden functiestoornissen.

2-3. WAT KAN EEN HOORTOESTEL BIEDEN?

Bij klachten over minder goed horen wordt al snel gedacht dat met een hoortoestel de moeilijkheden goeddeels te verhelpen zijn. Er zijn verschillende soorten hoortoestellen te onderscheiden: het kasttoestel, de oorhanger, het In-Het-Oor-toestel (IHO), de mini-IHO, de hoorbril, de beengeleiderbril, de cros- en de bi-cros-oorhanger.

Op de nederlandse markt zijn er ongeveer 14 verschillende merken met elk een vrijwel volledig leveringsprogramma, waarin de bovengenoemde soorten met verschillende typen vertegenwoordigd zijn. Deze typen verschillen dan in akoestische eigenschappen zoals versterking, maximaal uitgangsvermogen, frekwentiekarakteristiek, soort microfoon en dergelijke. Bijna elk type heeft diverse instelmogelijkheden. Totaal zijn er meer dan

200 verschillende hoortoestellen op de nederlandse markt. In de volgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de karakteristieke meetgegevens van hoortoestellen, de werking van de instelmogelijkheden en de procedure voor het aanpassen van het hoortoestel aan het te ondersteunen oor. Ondanks de verscheidenheid in uitvoering en de diversiteit in instelmogelijkheden van de hoortoestellen blijft de feitelijke werking beperkt tot het aanpassen van het geluid aan de eigenschappen van het te ondersteunen oor, opdat het functioneren daarvan geoptimaliseerd wordt.

Het onderwerp van deze beschouwing is wat de slechthorende verwachten mag van een hoortoestel met betrekking tot de boven onderscheiden stoornissen van de hoorfunctie.

2-3.1 De gevoeligheid van het oor.

Een verminderde gevoeligheid van een oor kan worden ondervangen door het aangeboden geluid sterker te maken, zodat dit ruim boven de verhoogde hoordrempel uitkomt. Vanuit deze invalshoek is een hoortoestel een waardevol hulpmiddel. Wanneer de ongevoeligheid van het oor voor bijvoorbeeld de hoge tonen groter is dan voor de lage tonen kan, door middel van een zogenaamd hoge-tonentoestel, een selectieve versterking worden toegepast. Het meten van het toonaudiogram is direct gericht op het bepalen van de drempel gevoeligheid van het oor voor de verschillende frekwenties. Met een BERA en een ECOCH onderzoek kan op objectieve wijze een indruk verkregen worden omtrent de ligging van de hoordrempel, wat de BERA betreft met name in het gebied van de hogere frekwenties. Door het meten van een spraakaudiogram is ook een indruk te verkrijgen omtrent de gevoeligheid van het oor voor spraakgeluiden. Men moet dan bij voorkeur werken met goed bekende samengestelde woorden als telwoorden.

2-3.2 De dynamiek van het oor.

Een gereduceerd dynamisch bereik komt in een oor zelden voor zonder een verminderde gevoeligheid voor geluiden, dus hardhorendheid. Dit gaat dan echter gepaard met een normale gevoeligheid of zelfs een overgevoeligheid voor harde geluiden. Een snelle manier om een indruk te krijgen van het dynamisch bereik of de hoorspan van een oor is, met het meten van de hoordrempel ook de drempel van onaangenaam luid worden van de tonen te bepalen (drempel van onaangename luidheid, OAL). De afstand tussen beide drempels wordt aangeduid als DE HOORSPAN en die is bij normaalhorenden ongeveer 100 dB groot. Bij een gereduceerd dynamisch bereik zullen zachte spraakgeluiden veelal niet zo goed gehoord worden maar met toenemende sterkte neemt de (subjectieve) luidheid abnormaal snel toe (RECRUITMENT) zodat in het spraakaudiogram de discriminatie curve een extra steil verloop krijgt. In een dergelijk geval zou het hoortoestel zachte geluiden wel, maar harde geluiden weinig of niet moeten versterken, ja mogelijk zelfs moet afzwakken. Dit kan verzorgd worden door een

hoortoestel met een automatische versterkingsregeling: een automatische volume controle AVC of ook wel een automatische versterkings (gain) controle AGC. Om te voorkomen dat harde geluiden via het hoortoestel de drempel van onaangename luidheid overschrijden, is de maximaal af te geven geluidssterkte te begrenzen door middel van een afsnijd-schakeling: een peak-clipping of PC.

2-3.3 Het stabiel-zijn van het oor.

Het functioneren van een oor dient stabiel te zijn. Net als andere zintuigsystemen beschikt het oor over een adaptatievermogen. Opmerkelijk is het verschijnsel dat als bijvoorbeeld een toon van 1000 Hz en 80 dB HL op één oor wordt aangeboden en om de minuut op het andere oor even een balanstest gedaan wordt, deze test aangeeft dat de korte toonstootjes geleidelijk zachter moeten zijn alhoewel de aanhoudende toon niet in sterkte lijkt af te nemen. Kennelijk wordt de geluidsindrukking van de voortdurende toon na verloop van tijd met wat minder neurale activiteit in stand gehouden. In feite is een normale adaptatie een vermogen waardoor de efficiency van het zintuig wordt verhoogd. Bij een abnormaal vermoeibaar of uitputbaar oor treedt dit fenomeen in te grote mate op, de voortdurende toon lijkt dan wel af te nemen in luidheid en kan zelfs onhoorbaar worden. Hieraan gepaard gaat dan een verlenging van de tijd die het oor nodig heeft om na het beëindigen van de toon weer op normaal receptief niveau te functioneren. Het oor is dan niet normaal stabiel. In de praktijk wordt dit aspect van het functioneren van een oor gemeten met de toonvervaltest. Wanneer in eerste instantie een zachte toon kan worden gehoord die echter na korte tijd onhoorbaar wordt tenzij de intensiteit van de toon wordt opgevoerd, spreekt men van PATHOLOGISCHE ADAPTATIE, vermoeibaarheid of UITPUTBAARHEID. Dit verschijnsel is indicatief voor een retro-cochleaire component in de pathologie.

Omdat het hoortoestel het geluid primair aanbiedt aan de cochlea zou het compenseren van de net beschreven retro-cochleaire pathologische adaptatie kunnen leiden tot een overbelasting van de cochlea. De mogelijkheden deze uitputbaarheid te ondervangen met een soort automatische sterkteregeling in een hoortoestel zullen dus beperkt zijn, omdat in geen geval de cochlea overbelast mag worden. De instelling van het maximaal toelaatbare uitgangsniveau dient daarom bepaald te worden in een rustige luistersituatie en wel zodanig dat plotseling korte harde geluiden geen onaangename sensaties veroorzaken.

Een ander soort adaptatie aan hard geluid met een langere tijdconstante wordt wel aangegeven door hoortoestel dragers als zij vragen of het oor ongevoeliger wordt door het dragen van een toestel: "Als ik het toestel uit het oor haal hoor ik eerst een tijdje slechter dan normaal zonder toestel". Dit is echter een blijk van gezonde en niet van pathologische adaptatie.

2-3.4 Het discriminatie vermogen van het oor.

Het discriminatievermogen van het oor betreft het vermogen gehoorde klankpatronen te onderscheiden. Dit wordt gemeten door spraak-audiometrisch onderzoek te doen met monosyllaben, bestaande uit een medeklinker - klinker - medeklinker combinatie (consonant - vocaal - consonant:CVC woorden). Bij een perceptief verlies kan het discriminatievermogen aangetast zijn. Zo min als een hoortoestel een vreemde taal kan omzetten in een meer bekende taal, zo min kan in het algemeen een verminderd discriminatievermogen worden gecompenseerd door een hoortoestel. Een uitzondering vormt het discriminatieverlies ten gevolge van een uitgesproken hoge-tonenverlies (zie figuur 4-1). In dat geval kunnen de luid gehoorde lage frekwenties van het spraakspectrum, die toch al de meeste energie bevatten, het waarnemen van de hoge componenten maskeren (z.g. Upward spread of masking zie hoofdstuk 7-2.1). Voor het onderscheiden en verstaan van de spraakklanken is vooral het kunnen waarnemen van de hoge frekwenties essentieel. Door selectieve versterking kan bij een hoge tonen verlies het discriminatieverlies worden verminderd, zodat het woordverstaan met het toestel zelfs gunstiger kan zijn dan het spraakaudiogram doet vermoeden. Bij het maken van een spraakaudiogram wordt namelijk gebruik gemaakt van de versterker van de audiometer en de hoofdtelefoon die beide een brede en vlakke frekwentie karakteristiek hebben.

2-3.5 Het selectief kunnen horen.

Door middel van het vermogen tot selectief horen kan door een oor het zinvolle geluid, het signaal, opgepakt worden uit een geluids aanbod waarin ook ongewenst geluid, zoals rumoer of ruis, aanwezig is. Dit vermogen kan goed gemeten worden door in een voortdurende ruis achtereenvolgende zinnen te laten horen waarvan de sterkte telkens bijgesteld wordt afhankelijk van het feit of de vorige zin wel of niet helemaal correct is nagesproken. Als de vorige zin niet, respectievelijk wel, correct is herhaald wordt de volgende twee dB sterker dan wel zwakker aangeboden. Op deze adaptieve wijze volgens de methode van Plomp en Mimpen wordt de kritische signaal-ruis verhouding bepaald.

Wanneer dit vermogen tot selectief horen is aangetast zal een hoortoestel dat in het algemeen niet kunnen verbeteren.

Indien het spectrum van het signaal anders verloopt dan dat van het omgevingslawaai kan door selectieve versterking het signaal wel bevoordeeld worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als iemand praat in de buurt van een motor die een laag brom geluid maakt.

Wanneer de signaalbron ruimtelijk gescheiden is van de lawaaibron kan een hoortoestel met een richtinggevoelige microfoon theoretisch een verbetering bewerkstelligen. In die situatie is het echter meer effectief de microfoon van het hoortoestel bij de signaal bron, de mond van de spreker te plaatsen. De verbinding tussen de microfoon en het hoortoestel kan tot stand komen door

een snoer, een radiogolf verbinding (Solo-apparatuur) of door een magnetisch veld (ringleiding). In hoofdstuk 14 worden deze hulpmiddelen nader besproken.

2-3.6 De samenwerking van beide oren.

Een goede samenwerking van beide oren wordt door de goedgehoorde doorlopend gebruikt bij het lokaliseren van een geluidsbron en ook bij het verstaan in een rumoerige omgeving (Cocktail-party effect). Het als vanzelf goed localiseren van een geluidsbron is een essentieel onderdeel van het zich veilig voelen. Het voorkomt bovendien het steeds moeten zoeken waar een geluid vandaan komt, een activiteit die als erg onrustig en ongeconcentreerd op anderen overkomt. Naast het meten van het vermogen een geluidsbron te localiseren of geluiden uit verschillende richtingen te onderscheiden kan door middel van de zogenaamde centrale-hoortesten iets gemeten worden over de plaats waar een eventuele verstoring van de samenwerking gelokaliseerd kan zijn. Met deze spraak-audiometrische testen wordt aan beide oren informatie aangeboden die hetzij samen genomen moet worden om tot een goed test resultaat te komen (fusie op hersenstam-niveau) dan wel separaat gereproduceerd moet worden (test op dichotisch spraakverstaan).

Wanneer iemand een symmetrisch gehoorverlies heeft lijkt het voor de hand te liggen dat op elk van beide oren een gelijk hoortoestel zal worden toegepast (een z.g. stereo-aanpassing). Theoretisch zouden hiervoor twee identieke toestellen vereist zijn, die dan door de slechthorende zelf ingesteld moeten worden zodat het geluid aan beide oren gelijkwaardig wordt. De vraag is echter of de subtiele verschillen tussen de geluidspatronen, zoals die arriveren bij het linkeroor en het rechteroor behouden zijn gebleven na de bewerking door de twee hoortoestellen. Een extra complicatie is dat in de meeste luistersituaties het geluid reflecteert tegen de wanden, waardoor de geluidspatronen extra gecompliceerd worden.

Bij het overwegen wat er allemaal mis kan gaan wordt het in toenemende mate verbazingwekkend dat in de praktijk een aantal personen met een symmetrisch gehoorverlies inderdaad duidelijk baat hebben van twee hoortoestellen. Soms lijkt er een zekere leer periode nodig te zijn om dit positieve resultaat te ervaren, bij andere patienten is het op slag een duidelijk effect als een "Aha Erlebnis". Nog verrassender is dat zelfs bij niet symmetrische gehoorverliezen een stereo-aanpassing een zeer gunstig resultaat kan hebben dat ver uitgaat boven dat van een eenzijdige aanpassing. Dit is waarschijnlijk vooral te danken aan het feit dat het neuronale systeem instaat is, ondanks de versturende factoren, toch zinvol gebruik te maken van de verschillen in geluidspceptie in beide oren. Wel geldt dat als iemand met een vrij ernstig symmetrisch gehoorverlies slechts aan één

oor een hoortoestel draagt, het andere oor nauwelijks een rol van betekenis zal kunnen spelen in de geluidsperceptie. Een geluidsbron of een spreker aan de kant van het niet ondersteunde oor zal dan erg moeilijk worden gehoord en verstaan, daarnaast is de ruimtelijke oriëntatie gestoord. Bovendien geldt dat twee oren die elk, ook met een hoortoestel, slechts gedeeltelijk goed functioneren te samen een betere geluidsperceptie kunnen bewerkstelligen. Het verdient dan ook aanbeveling bij kleine kinderen die twee-zijdig slechthoren een tweezijdige aanpassing te verzorgen om de samenwerking van beide oren zo goed mogelijk tot ontwikkeling te doen komen.

Toch kan men ervaren dat volwassen slechthorenden met één-toestel, hetzij op het ene hetzij op het andere oor goed geholpen zijn terwijl een stereo aanpassing dan soms als hinderlijk of vermoeiend wordt ervaren. In dat geval geeft het tweede toestel dus weinig extra hulp of veroorzaakt het zelfs een verstoring. Hierbij kan meespelen dat een eerste toestel al zo'n grote verbetering bewerkstelligt dat de psychologische nadelen van het tweede toestel de voordelen ervan overschaduwen. Omdat er tot op heden geen audiometrische test beschikbaar is, waarmee op betrouwbare wijze een indicatie verkregen kan worden of een tweezijdige aanpassing extra baat geeft, dient in de praktijk tijdens de proefperiode door de slechthorende zelf te worden ervaren of deze aanpassing extra baat oplevert.

2-3.7 De interne ruis van het gehoor.

Veel slechthorenden komen direct uit zichzelf of terloops bij het opnemen van de anamnese met de klacht over suizen in het oor of het horen van geluiden die door anderen niet waargenomen worden. Voor het beantwoorden van de vraag of een hoortoestel deze klacht kan verminderen is het belangrijk na te gaan of het spontane geluid door een toon of ruis van buitenaf kan worden overstemd. Als bij een dergelijke proef het oorsuizen onverminderd blijft bestaan mag van een hoortoestel niet verwacht worden dat het wel een overstemmend effect zal hebben. Ten aanzien van de zogenaamde tinnitus-maskeerder is onze ervaring dat een goed aangepast hoortoestel bijna altijd een gunstiger effect heeft dan het aanbieden van een continu ruisachtig geluid. Hoewel de resultaten met een hoortoestel betreffende het onderdrukken van oorsuizen mager zijn, dient het effect zeker wel getoetst te worden.

2-3.8 De snelheid van de woordherkenning.

De snelheid waarmee een klankpatroon kan worden herkend als een woord, is belangrijk voor het kunnen volgen van een gesprek. Deze woordherkenning omvat het proces van horen, onderscheiden, discrimineren, herkennen, verstaan en begrijpen van het aangeboden klankpatroon. Dit proces moet voldoende snel verlopen, omdat anders de spreker niet wordt bijgehouden

door de luisteraar. Bij een grote informatiedichtheid of ook als de informatieoverdracht plaats vindt in een taal of woordgebruik, waarmee de luisteraar niet volledig vertrouwd is, kan een wat trage verwerking van het akoestisch signaal te veel tijd gaan vergen. De luisteraar gaat dan aangeboden informatie missen. Het hoortoestel zal de presentatie van het geluid aan het oor kunnen verbeteren, zij het met beperkingen, maar aan de verwerking van de informatie of de snelheid waarmee dat gebeurt kan het niet bijdragen. In feite zal de slechthorende de akoestische informatie vrijwel altijd op een minder gunstige wijze waarnemen dan de goedgehoorde. Daardoor is de slechthorende in het nadeel in overigens gelijke omstandigheden en met dezelfde voorkennis en vaardigheden. Het luisteren zal voor de slechthorende meer inspanning vergen. Tot op heden is er geen goede meetmethode beschikbaar om deze extra inspanning te meten. De vraag is of met het bepalen van herkenningssnelheden van aangeboden woorden op dit punt meer kennis kan worden verkregen.

2-3.9 Het zich afsluiten voor geluid.

Het kan voorkomen dat het perifere gehoororgaan goed functioneert maar dat het geluid toch niet goed gehoord wordt. Fysiologisch gezien kan dan gedacht worden aan een storing in de informatie overdracht van de cochlea naar de cortex waar de luisteraar zich van het gehoorde bewust wordt. Dergelijke retro-cochleaire gehoorstoornissen komen voor en de oorzaak kan dan een ruimte innemend proces zijn bijvoorbeeld in de brughoek. Meestal wordt dan naast een eventuele verminderde gevoeligheid een pathologische uitputbaarheid en een relatief groot discriminatieverlies gemeten. Een andere mogelijke oorzaak van niet goed horen met wel goede oren is een psychische blokkade van de informatiestroom. Dit verschijnsel kan veroorzaakt worden door stress of een gevoel van verlaten zijn en is vaak een onbewuste afweer reactie of ook een vraag om aandacht. Deze vorm van slechthorendheid is veelal vrij gemakkelijk te vermoeden omdat de verschillende onderzoek resultaten en waarnemingen niet met elkaar kloppen. Soms wordt bijvoorbeeld bij een heel slecht toonaudiogram een goed spraakaudiogram gevonden. Om een vermoeden van een psychogene component of een aggravyatie hard te maken is de BERA een goed hulpmiddel. Hoewel de oorzaak dan niet van organische aard is veroorzaakt de slechthorendheid wel een communicatiestoornis die serieuze aandacht verdient. Het inschakelen van een op dit gebied deskundig teamlid van een Audiologisch Centrum, de maatschappelijkwerker of de psycholoog, kan geïndiceerd zijn zie hoofdstuk 9.

Wanneer de patient kennelijk met opzet slechthorendheid voorwendt om een doel te bereiken, zoals een afkeuring of een uitkering spreken we van **SIMULEREN**. Bij het aantonen daarvan kan de desbetreffende persoon zonder veel omwegen met het onderzoekresultaat worden geconfronteerd.

2-4. BEPERKINGEN TEN GEVOLGE VAN SLECHTHORENDHEID.

Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat een hoortoestel bij een aantal van de boven onderscheiden vormen van slechthorendheid een gunstig of vrij gunstig resultaat kan opleveren. Er zijn echter ook klachten ten gevolge van bepaalde functiestoornissen van het oor waartegen het toestel weinig perspectieven biedt. Slechthorendheid wordt veelal opgevat als een ongevoeligheid van het gehoor voor geluid. Op grond van deze eenzijdige benadering wordt het hoortoestel dan automatisch overschat. Het gevolg hiervan is dat een slechthorende, die het hoortoestel niet intensief draagt, gebrek aan inzet verweten wordt. Deze onjuiste benadering van slechthorendheid werkt zelfs door in de internationaal gebruikte kwantificeringen van de beperkingen ten gevolge van slechthorendheid. Deze zijn namelijk vrijwel uitsluitend gebaseerd op de verschuiving van de hoordrempel in het spraakgebied. Het fenomeen recruitment, waardoor de ongevoeligheid voor bovendrempelige geluiden zoals spraak kleiner is dan de verschuiving van de hoordrempel doet vermoeden, blijft daarbij geheel buiten beschouwing. De onvolkomenheid van deze benadering komt nog sterker naar voren door het feit dat een eventueel discriminatie-verlies geen invloed heeft bij de taxatie van de mate van de beperking ten gevolge van de slechthorendheid.

Voor het vaststellen van de beperkingen ten gevolge van een gehoorstoornis dienen de verschillende manifestaties van slechthorendheid, zoals boven genoemd, op gewogen wijze tot hun recht te komen. Hierbij valt te denken aan een schatting die gebaseerd kan zijn op de (on)gevoeligheidsmeting, maar de uitkomst daarvan moet vervolgens worden bijgesteld als in het oor recruitment of een reductie van de hoorspan meetbaar is. Ook dient in de beoordeling te worden betrokken of en in welke mate stoornissen voorkomen zoals:

- een discriminatie verlies,
- een verstoring van de stabiliteit door een pathologische adaptatie
- een tekort schieten van het vermogen tot selectief horen.

Bij de aldus tot stand gebrachte uitkomst voor elk van beide oren, dient dan vervolgens betrokken te worden de mate waarin de samenwerking tussen beide oren achterblijft in vergelijking tot de winst, die de goedgehoorde daarmee behaalt. Wanneer de slechthorende hinder heeft van oorsuizen, behoort dit door middel van een rubricering als extra gewichtsfactor in de schatting van de beperking meegenomen te worden. Gebruik makend van de meetgegevens die betrekking hebben op de verschillende functiestoornissen, kan in een modelmatige benadering gekomen worden tot een kwantitatieve indruk betreffende de beperkingen, welke veroorzaakt worden door de slechthorendheid. Wanneer een dergelijke procedure is ontwikkeld ligt de weg open voor een kwantitatieve evaluatie van het effect van een aangepast

hoortoestel, van een trainingsprogramma en van een gerichte onderwijsinspanningen.

In de Audiologie bestaat behoefte aan een onderzoekmethode, waarmee in genormaliseerde luisteromstandigheden kan worden vastgesteld tot welke informatiedichtheid akoestische boodschappen kunnen worden verwerkt. Met behulp van een dergelijk meetinstrument zou dan op verantwoorde wijze vastgesteld kunnen worden in hoeverre aanpassingen in de leefsituatie en hulpmiddelen in staat zijn een reductie te bewerkstelligen van de extra inspanningen die de slechthorenden moeten opbrengen om goed te functioneren, zowel in de werksituatie als in de thuissituatie. In het kader van de sociale wetgeving zou dan op een meer verantwoorde wijze de mate van gehandicapt zijn en daarmee ook de verminderde verdien-capaciteit van een auditief gehandicapte kunnen worden gekwantificeerd.

3. OTOLOGISCHE OVERWEGINGEN BIJ HET AANPASSEN VAN EEN HOORTOESTEL.

B.E.Glazenburg.

3-1. INLEIDING.

Het oor en stoornissen van dit orgaan vormen een integraal onderdeel van het specialisme van de kno-arts. In dit verband is het goed te overwegen dat het functioneren van het oor de belangrijkste toegangsweg beheerst voor de communicatie. Het grootste deel van de intermenselijke communicatie is verbaal dat wil zeggen verloopt via het gehoor en geluid. Ten overvloede zij nog eens benadrukt dat wanneer bij een klein kind het gehoor helemaal niet of slecht ontwikkeld is, de communicatie via taal niet op gang zal komen.

Wanneer het gehoor afneemt met de leeftijd of door andere oorzaken zal de mogelijkheid tot communiceren verminderen. Stereotiep is in dit verband de uitspraak van de presbycusis patiënt die zich beklagt over het feit dat de moderne mens zo slecht articuleert. Revalidatie van een slechthorende impliceert dat na het onderzoek van de gehoorfunctie de revalidatie-arts, in dit geval de kno-specialist, met zijn patiënt na gaat op welke wijze de communicatie met de omgeving het beste hersteld kan worden.

De vraag die terecht gesteld kan worden is of men bij een gehoorstoornis wel van een lokale aandoening mag spreken. Weliswaar betreft de aandoening slechts het oor, maar de gevolgen ervan betreffen het hele functioneren van de mens. Bij de revalidatie dient het totaal functioneren van betrokkene in de benadering betrokken te worden. Hier ligt een belangrijke verantwoordelijkheid van de medicus namelijk om zijn patiënt te informeren over het hoe en waarom van zijn kwaal en op welke wijze de problematiek van het minder goed horen ondervangen kan worden.

Een vermindering van het gehoor kan soms worden verholpen door een operatie en vaker door het aanpassen van een hoortoestel. Om de oorzaak van de gehoorsvermindering te achterhalen is altijd een zorgvuldig kno-onderzoek en audiometrisch onderzoek noodzakelijk. Aan de hand van audiometrische gegevens dient de kno-arts te bespreken waar de beperkingen van de revalidatiemogelijkheden liggen. Het kan dan voorkomen dat het gesprek tot de conclusie leidt dat deze beperkingen zodanig zijn dat vooralsnog van revalidatie moet worden afgezien.

Soms zal aan de stoornis in het auditieve systeem een min of meer ernstige aandoening ten grondslag liggen. De medische specialist heeft de verantwoordelijkheid in geval van verdenking nader onderzoek te doen. In het gunstige geval is de achteruitgang van de gehoorfunctie een onderdeel van

het fysiologische verouderingsproces. Alleen na adequaat onderzoek van de arts kan de patiënt hierover worden geïnformeerd en gerustgesteld. Met het achterwege laten van de audiologische diagnostiek onttrekt de medisch specialist zich aan zijn verantwoordelijkheid tegenover de slechthorende.

Het aanpassen van een hoortoestel wordt vaak als een erg technische activiteit gezien. Een aantal kno-artsen voelt zich dan ook niet zo aangetrokken tot dit deel van het vak en delegeert het goeddeels aan de audicien. Voor deze ontwikkeling zijn een aantal redenen aan te geven. De technische mogelijkheden van de hoortoestellen zijn zeer complex geworden, evenals de diversiteit erin. Hierdoor dreigt de kno-arts het overzicht te verliezen. Daarnaast heeft de geringe honorering van de voor de aanpassing vereiste activiteiten van de kno-arts de tendens nog versterkt, om de revalidatie verder uit handen te geven. Hij verliest hierdoor echter wel een deel van zijn betrokkenheid en dus kennis van het hoorrevalidatie proces. Het is de taak van de beroepsgroep hierin een positie te kiezen. Het resultaat van deze ontwikkeling zou kunnen zijn dat in de toekomst naast de revalidatie ook de diagnostiek van slechthorendheid buiten de kno-arts om gaat verlopen waardoor het voor hem onmogelijk wordt de verantwoordelijkheid te dragen voor het deel van de gezondheidszorg waarvoor hij is aangesteld.

Met behulp van computerprogrammatuur is, sinds kort, een "optimale" instelling van het hoortoestel te realiseren. Wat betreft het "optimale" is wel geldig wat in hoofdstuk 8 wordt gezegd over het aanpas-resultaat. Deze ontwikkeling gaat inhouden dat de technische aspecten geen belemmering meer behoeven te zijn voor de kno-arts de aanpassing van het toestel zelf te verzorgen. Dit zal bewerkstelligen dat hij meer betrokken blijft bij de hulpverlening van de auditief gehandicapte mens.

3-2. PREVENTIE BIJ SLECHTHORENDHEID.

In het kader van slechthorendheid en het onderwerp revalidatie van het gehoor is de vraag wat gedaan kan worden als preventie voor het behoud van de gehoorfunctie. Het doel van preventie is de verslechtering van de gehoorfunctie te voorkomen en daarmee de noodzaak van revalidatie activiteiten te voorkomen danwel te verschuiven naar een latere levensfase. Zoals steeds bij preventie is de rol van voorlichting en daarmee de eerste-lijnsgezondheidszorg belangrijk.

3-2.1 Congenitale en perinatale slechthorendheid.

In de preventie betreffende congenitale en perinatale gehoorstoornissen zoals ten gevolge van Rubella, Icterus Neonatorum, congenitale Lues, Meningitis en andere infectie ziekten zal naast de Huisarts, ook de Kinderarts en de

Gynaecoloog een werkzaam aandeel hebben. De vroegtijdige opsporing van doofheid of slechthorendheid op jonge leeftijd krijgt terecht in ons land ruime aandacht in het kader van de zuigelingenverzorging.

Als een familiale congenitale doofheid vermoed wordt zal de huisarts samen met de kno-arts vroegtijdig een gericht onderzoek doen plaats vinden en eventueel een antropogenetisch advies bij een klinisch genetisch centrum aan de ouders in overweging geven. Het gevaar van gebruik van ototoxische medicijnen tijdens de graviditeit wordt in het algemeen onderkend. Soms is het gebruik van cytostatica (cisplatinum) en aminoglucoziden (streptomycine) helaas onontkoombaar.

Wanneer er een indicatie voor bestaat kan door middel van objectieve audiometrie (electrocochleografie en/of hersenstam audiometrie) op iedere leeftijd en bij iedere patiënt de hoorfunctie worden bepaald. Dit kan bij voorbeeld het geval zijn bij een pasgeborene uit een familie met een familiale slechthorendheid of ook als het onmogelijk is door middel van observatie audiometrie (Ewing, vrije veld audiometrie) een betrouwbare indruk van het gehoor te verkrijgen.

3-2.2 Slechthorendheid bij kinderen en volwassenen.

Veruit de grootste groep personen met verminderd gehoor betreft kinderen tussen 0 en 4 jaar met wisselende gehoorscherppte ten gevolge van vocht in het middenoor, de zogenaamde otitis media met effusie (OME), of sereuze otitis media. Het optreden van dit ziektebeeld houdt mogelijk verband met infecties van de bovenste luchtwegen (adenitis) en wordt in de wintermaanden vaker gezien dan 's zomers. De diagnostiserende arts staat vaak voor een dilemma. De alternatieven zijn: afwachten, adenotomie en/of plaatsen van trommelvliesbuisjes. Door conservatieve behandeling van de begeleiden-de bovenste luchtweginfecties en preventie met het oog op zwemmen in chloorwater, alsook nog wegens de sterke neiging tot spontaan herstel van de aandoening (tot 50%) is een ingreep vaak niet nodig.

Bij volwassenen gaat het om het tijdig herkennen van chronische otitis media en de eventuele complicaties hiervan als trommelvliesperforatie en cholesteatoom. Op hogere leeftijd spelen de nadelige effecten van hypertensie, hypercholesterolaemie, diabetes, hypothyreodie een belangrijke rol bij de progressie van een reeds bestaande binnenoorslechthorendheid op basis van presbycusis.

Voor wat de preventie van lawaaibeschadiging betreft is in alle leeftijdsgroepen een goede voorlichting vereist, zowel door de huisarts, de bedrijfsarts als door de overheid. Aan de geluidsexpositie van industrieel lawaai is in Nederland de laatste decennia aandacht besteed. Over de invloed van discomuziek en het gebruik van de walk-man bestaat nog veel tegenstrijdige informatie.

3-2.3 Ouderdomsslechthorendheid.

Naast bovengenoemde bekende factoren zijn er zeker ook nog tot nu toe onbekende invloeden welke een rol spelen bij een geleidelijke afname van de hoorfunctie met de leeftijd. De ene cochlea is daar blijkbaar gevoeliger voor dan de andere. Zo is het ook nog onduidelijk waarom Eskimo's wel en Hottentotten geen presbycusis ontwikkelen. Mogelijk houdt dit verband met verschil in voeding. Als deze veronderstelling juist is zou dat ook relevantie hebben betreffende het voorkomen van ouderdomsslechthorendheid in onze samenleving.

Weinig is bekend over de invloed van presbycusis op het verouderingsproces. De vraag is of het akoestisch geïsoleerd raken van de omgeving door presbycusis een versnelling van het verouderingsproces kan veroorzaken. De dan volgende vraag is in hoeverre een dergelijk proces dan eventueel omkeerbaar kan zijn met het ondervangen van de slechthorendheid door het gaan gebruiken van een hoortoestel. Zou deze situatie op hoge leeftijd te vergelijken zijn met die van het jonge kind? Betekent akoestische deprivatie een stilstand en teruggang van andere cerebrale functies? In feite is op dit gebied nog weinig bekend. Zelfs het optimale moment om binnen het verouderingsproces tot revalidatie van het gehoor over te gaan, is vaak niet eenduidig vast te stellen. Wanneer men er vanuit gaat dat een tekort aan akoestische informatie het functioneren van andere cerebrale functies ongunstig kan beïnvloeden zal men geneigd zijn, in analogie met de situatie van het jonge kind, zo vroeg mogelijk tot hoortoestelrevalidatie over te gaan. Een bijkomend voordeel is dan dat de motorische functies nog goed in tact zijn. Revalidatie op hogere leeftijd heeft vaak teleurstellende resultaten. Opvallend hierbij is dat er vaak een grote discrepantie wordt gevonden tussen het toondrempelaudiogram en de maximale score van het spraakaudiogram terwijl er geen aanwijzingen zijn voor een zenuw doofheid ten gevolge van een ruimte innemend proces. Mogelijk speelt het verlies aan akoestische capaciteit van de centrale neuronen hierbij een rol.

3-3. DE PATIËNTEN MET KLACHTEN OVER HET HOREN.

De patiënten populatie die de kno-arts bezoekt vanwege klachten over een verminderde gehoorscherpheid is zeer divers van samenstelling. Ontegengesteld zijn het voornamelijk ouderen die klagen over een verminderd gehoor. Daarnaast zijn er echter zuigelingen, peuters en kleuters die verdacht worden van niet goed kunnen horen. In de school en werksituatie kan slechthorendheid leiden tot ernstige moeilijkheden betreffende het goed kunnen functioneren. Het lijkt goed de patiënten groepen achtereenvolgens te bezien.

3-3.1 Congenitaal-dof en slechthorenden (0 - 6 jaar).

Het aantal dof en/of zeer ernstig slechthorenden dat in Nederland per jaar wordt gediagnostiseerd is ongeveer 150. In de praktijk zou dit betekenen dat iedere kno-arts één maal in de drie jaar bij een baby een ernstige doofheid of slechthorendheid zou diagnostiseren. Dit aantal ligt vermoedelijk lager omdat de patiëntjes, die veelal behoren tot zogenaamde risicogroepen, door hem verwezen worden naar een Audiologisch Centrum waar de diagnose dan wordt gesteld. Bij deze groep van patiëntjes ligt de taak van de perifere kno-arts niet primair in de revalidatie van de afwijking maar in het bevorderen van de vroege diagnostiek ervan. In Nederland wordt ca 80 % van de zuigelingen onderzocht op gehoor in de consultatieburo's. Via het consultatiebureau en de huisarts worden deze kinderen bij niet goed reageren op de geluiden naar de kno-arts verwezen. In het merendeel van de gevallen zal een tubatympanitis of otitis met effusie (OME) de basis van de gediagnostiseerde slechthorendheid blijken te zijn. De goede therapie betekent niet altijd een garantie voor het herstel van de gehoorfunctie. Betreffende verwezen zuigelingen heeft de kno-arts de verantwoordelijkheid voor het bepalen van de gehoorfunctie als controle op de ingestelde therapie, want naast een geleidingslechthorendheid kan er ook nog een binnenoer component aanwezig zijn.

Voor het audiologisch screeningsonderzoek bij 0 tot 4 jarigen kan de perifere kno-arts een vaste regeling treffen met een Audiologisch Centrum om verzekerd te zijn van een betrouwbare controle van deze patiëntengroep. Alleen door systematisch alle patiëntjes die voor tubatympanitis behandeld zijn te controleren kan voorkomen worden dat pas op latere leeftijd toch een eventuele meer of minder ernstige binnenoerslechthorendheid wordt vastgesteld.

Vanaf het vierde jaar is meestal betrouwbare subjectieve toonaudiometrie binnen de kno-praktijk mogelijk. Wanneer bij een kind een verdenking ontstaat dat een niet te verhelpen slechthorendheid aanwezig is dient voor aanvullend onderzoek, de revalidatie en de begeleiding een verwijzing naar een Audiologisch Centrum overwogen te worden.

Eenzijdig slechthorende of dove patiëntjes worden meestal door de kno-arts zelf behandeld en in het algemeen wordt hierbij niet tot hoortoestel revalidatie geadviseerd. Toch kan een dergelijke gehoorstoornis in de schoolsituatie oorzaak zijn van een ogenschijnlijke reactietraagheid en gebrek aan concentratie omdat het kind veel rond kijkt.

Eenzijdige doofheid wordt waargenomen als complicatie na bof en andere virale infecties. In het algemeen kan de diagnostiek en begeleiding worden verzorgd door de perifere kno-arts, eventueel met behulp van een Audiologisch Centrum. Uitleg en informatie over de bestaande een-origheid is dus van belang en vanzelfsprekend is voorzichtigheid geboden bij de behande-

ling van het goede oor. De ouders moet worden verteld dat hun kind met een eenzijdige doofheid niet in aanmerking komt voor de z.g. cochleaire implant.

Er zijn aanwijzingen dat kinderen met recidiverende en langdurige otitis serosa concentratie problemen kunnen hebben op school, ook als deze aandoening zorgvuldig is behandeld met bijvoorbeeld middenoor beluchting door trommelmviesbuisjes. Soms kan met de zogenaamde spraak in ruïstest gevonden worden dat bij een normale tot subnormale gehoordrempel in stilte het verstaan in lawaaïge omgeving vermindert is. Deze bevinding kan dan helpen de concentratiestoornis te verklaren en tot bepaalde schooladviezen leiden.

3-3.2 Jeugdige en volwassen slechthorende patiënten (6 - 60 jaar).

Binnen de algemene kno-praktijk is deze groep van patiënten relatief klein. Bij patiënten met een chronische otitis media en als complicatie slechthorendheid staat de therapeutische en revaliderende rol van de kno-specialist centraal. Dankzij de moderne oorchirurgie kan, in geval van een cholesteatom-oor overgegaan worden tot het doen van een zogenaamde, sanerende open techniek in combinatie met het gedurende enige jaren dragen van een hoortoestel alvorens tot reconstructie van het geopereerde oor over te gaan. Naast de therapeutische mogelijkheden bij sanerende en reconstructieve oorchirurgie zien wij in deze leeftijdsgroep een aantal otosclerose patiënten die voor operatie in aanmerking komen. Op grond van het goede operatie resultaat is stapedectomie dan te verkiezen boven hoortoestel revalidatie.

Een klein aantal patiënten in deze leeftijdsgroep lijdt aan een progressieve soms familiale slechthorendheid, en juist in deze leeftijdsfase is een tijdige revalidatie van essentieel belang. Immers de toenemende slechthorendheid vergroot geleidelijk de problemen in het maatschappelijk- en werkverkeer. Begeleiding vanuit een AC kan gewenst zijn om de beperkingen duidelijk te maken aan personen in de directe leefomgeving en het goed functioneren van de auditief gehandicapte te bevorderen. Juist bij deze groep van patiënten is een analyse van de oorzaak van de slechthorendheid op zijn plaats, aangezien in een beperkt aantal gevallen sprake is van een onderliggend lijden, dat behandeling behoeft (multiple sclerose, hypothyreoidie, leukemie en centrale oorzaak van slechthorendheid op basis van tumoren). Indicatie tot aanpassing met twee toestellen ziet men vaak in deze leeftijds-groep.

3-3.3 De ouderdomsslechthorendheid of presbycusis.

Bestond bij jeugdiger patienten een belangrijke activiteit van de kno-arts uit het opereren van otosclerose, op hogere leeftijd moet bij deze geopereerde patiënten wellicht een hoortoestel worden aangepast. Het is vaak moeilijk

aan te geven in hoeverre slechthorendheid een probleem is van de leeftijd en op welk moment deze slechthorendheid een dusdanige omvang heeft aangenomen dat aanpassing van een toestel overwogen moet worden. Zeker is, dat de ouderen het sterkst vertegenwoordigd zijn in de hoortoestelpopulatie in de kno-praktijk. Bovendien zal het aantal ouderen dat voor revalidatie in aanmerking komt in de toekomst steeds groter worden. Door de ontwikkeling van nieuwe toestellen is bovendien de leeftijdsgrens waarop bij deze patientengroep revalidatie met een hoortoestel zinvol is sterk verlaagd.

3-4. VERWIJZINGSPATROON NAAR DE KNO-ARTS.

Met betrekking tot de verdeling in leeftijdsgroepen zoals in het voorgaande is aangegeven, kan worden gesteld dat het bij de patiënt in de populatie van 0 tot 6 jaar meestal de huisarts is die naar de specialist verwijst. Om deze verwijzing kan verzocht zijn door de consultatiebureau arts. Leerlingen van de basis school kunnen door de jeugdarts worden ontdekt als zijnde niet goed horend maar de verwijzing naar de kno-arts verloopt dan toch via de huisarts. Het zelfde geldt ook voor werknemers en de bedrijfsarts. De interessantste verwijzingsproblematiek doet zich voor bij de populatie met de zogenaamde ouderdomsslechthorendheid.

De vraag doet zich dan voor "Wanneer is het moment voor verwijzing aangebroken?". Men zou zich kunnen indenken dat waar een ieder veelal gekeurd wordt bij het intreden van het arbeidsproces, er ook een audiometrisch onderzoek zou moeten plaats vinden bij het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd. Hiermede zou direct een fraai longitudinaal beeld worden verkregen van het verloop van de ouderdomsslechthorendheid in ons land. Deze situatie kennen wij echter niet en dus komt de slechthorende langs andere wegen bij de specialist. Soms eerder dan het 65ste jaar, soms veel later.

Veelal worden de beperkingen ten gevolge van het verminderd gehoor eerder door personen uit de directe omgeving opgemerkt dan door de betrokkene zelf. Als de beperkingen en de daarmee samengaande irritaties als voldoende ernstig worden ervaren zal de huisarts worden gecommenteerd. De indruk bestaat dat het probleem van de ouderdomsslechthorendheid door de huisarts in het algemeen onvoldoende op zijn betekenis wordt geschat. Dit kan te maken hebben met een gebrek in de opleiding, of een onwetendheid betreffende beschikbare revalidatie mogelijkheden, of met een standpunt dat slechthorendheid op oudere leeftijd als een normaal bijkomend fenomeen van de oude dag moet worden gezien en niet als een belemmering voor het beleven van een prettige (minder dove) oude dag. In dit verband spreekt de opmerking "U bent nu zo oud geworden dat ze het best twee keer mogen zeggen", voor zichzelf.

De huisarts kent vaak als eerste handeling bij de ouderdomsslechthorende het zogenaamde uitspuiten van het oor. Gesteld kan worden dat cerumen zelden de oorzaak is van een verminderd gehoor op oudere leeftijd en, ofschoon de patiënt met schone oren de spreekkamer verlaat, is zijn gehoor zelden wezenlijk verbeterd. De vraag is of de toenemende interesse van de huisarts voor het doen van audiometrisch onderzoek met behulp van een screeningsaudiometer een reële bijdrage zal leveren aan een vervroegde diagnostiek bij beginnende presbycusis.

Ook is het de vraag of een directe verwijzing door de huisarts naar een Audiologisch Centrum tot verbeterde diagnostiek van onder andere presbycusis zal leiden. Vermoedelijk zal de presentatie van cosmetisch vriendelijke hoortoestellen en de publiciteitscampagne hiervoor eerder drempelverlagend werken. Bekend is dat een groot aantal slechthorenden direct contact zoeken met een audicien, buiten het medische circuit van huisarts of specialist om. Het vergoedingssysteem van ziekenfondsen en particuliere ziektekostenverzekeraars vereist controle en goedkeuring van het aangepaste hoortoestel door de kno-arts en dit dient zo gehandhaafd te blijven. Wanneer deze echter in de ogen van de waarnemers blijkt geeft de desbetreffende verantwoordelijkheid slechts formeel te aanvaarden en daaraan geen inhoudelijke betekenis te geven zou dit wel eens een oorzaak voor verandering van deze beleidslijn kunnen worden.

3-5. HET KNO-ONDERZOEK VOOR DE HOORREVALIDATIE.

Na het opnemen van de anamnese zal een otologisch onderzoek verricht worden met speciale aandacht voor de oorschelp, de uitwendige gehoorgang en het trommelvlies, alvorens wordt overgegaan tot het afnemen van audiometrische testen. Het lijkt goed omwille van de systematiek de verschillende onderdelen welke bij de revalidatie aan de orde komen te bespreken.

3-5.1 De oorschelp.

Bij congenitale vormen van slechthorendheid kunnen afstaande oren soms problemen geven voor het dragen van oorhangers. Zelden zal echter een cosmetische correctie hiervoor geïndiceerd zijn. Zeer zeldzaam is de convexe tragus waardoor aanpassing van een gewoon oorstukje niet mogelijk is. In geval van opvallende verschillen in anatomie van de oorschelpen zal bij voorkeur het hoortoestel op de betere oorschelp geplaatst worden maar dit moet wel mogelijk zijn gezien de gehoorverliesen. Het bestaan van een hinderlijke chondrodermatitis van de oorschelp is zelden een contraïndicatie voor een oorhanger.

3-5.2 De uitwendige gehoorgang.

Niet zelden vormt de uitwendige gehoorgang een obstakel bij het aanpassen

van het oorstukje. De breedte kan bepalend zijn voor de keus van een In-Het-Oor toestel danwel een oorhanger. Een bocht of knik in de gehoorgang kan soms oorzaak zijn van een teleurstellend resultaat van de hoortoestelaanpassing. Daarom is een nauwkeurige beoordeling van de anatomie van de gehoorgang van groot belang.

Exostose in de uitwendige gehoorgang is zelden een obstakel bij het aanpassen van het oorstukje. Wel kan deze lokale vernauwing van de gehoorgang ertoe leiden, dat het oorstukje sneller wordt afgesloten door cerumen. Een overmatige produktie van oorsmeer kan problemen geven bij de hoortoestelrevalidatie evenals een overmatige transpiratie. Het maken van een wijde boring van het geluidskanaal en zo mogelijk ook van het venting kanaal in het oorstukje kan dan nuttig zijn. Een gerichte therapie tegen de aanmaak van oorsmeer is niet voorhanden evenmin als tegen overmatige transpiratie.

Een otitis externa of eczeem van de uitwendige gehoorgang is vaak een probleem bij de patiënt met een hoortoestel. Op de therapie van de otitis externa wordt hier niet ingegaan. Soms kan het nuttig zijn het oorstukje te verzilveren of te verglazen. In geval van symmetrisch gehoorverlies kan men soms het hoortoestel afwisselend op de beide oren laten dragen.

3-5.3 Het trommelvlies en het middenoor.

De beoordeling van de middenoorfunctie en de middenooranatomie dient vooraf te gaan aan de indicatiestelling voor het dragen van een hoortoestel. In geval van otosclerose zal meestal stapedectomie verkozen worden boven een hoortoestel. Bij een niet gunstig operatieresultaat is een hoortoestel op het andere oor te prefereren boven een poging het tweede oor te opereren. Naast otosclerose kan ook een geleidings-slechthorendheid op basis van een ketenfixatie door tympanosclerose soms indicatie zijn voor het aanpassen van een hoortoestel. Hier moet afgewogen worden wat de voordelen en nadelen zijn van een hoortoestel ten opzichte van een ingreep met risico's.

Een sereuse otitis media bij kinderen is een reversibele aandoening, welke gezien de goede behandelbaarheid en de korte duur van de afwijking slechts in uitzonderlijke omstandigheden een indicatie vormt voor het aanpassen van een hoortoestel. Als bij een chronische otitis media een contra-indicatie bestaat voor een operatie kan besloten worden een hoortoestel aan te passen. Juist in deze gevallen is een regelmatige inspectie en controle van het oor gewenst.

Een simpele trommelvliesperforatie zonder verdere middenoor pathologie vraagt in het kader van deze beschouwing ook enige aandacht. Indicaties om het trommelvlies te sluiten kunnen zijn: het (vaak vrij geringe) geleidingsverlies, een zogenaamde zwemindicatie of de vrees voor het ontstaan van tympanosclerose. Een andere overweging kan zijn dat door afsluiting van het oor de kansen op infectie minder worden. Ook als men te zijner tijd het

oor wil prothetiseren is dat een reden, want een kleinere kans op infectie is zeker van belang wanneer de gehoorgang wordt afgesloten met een oorstukje.

3-5.4 Radicaal operaties.

De een of tweezijdige radicaalholte na een operatie in verband met chronische otitis media is een veel voorkomend probleem in de dagelijkse kno-praktijk. Gezien de recente ontwikkeling in de oorchirurgie, waarin de z.g. combined approach techniek terrein verliest aan de zogenaamde open techniek, is het denkbaar dat deze groep van patiënten in de toekomst zelfs toeneemt. In principe is er geen bezwaar een oor met een radicaalholte te prothetiseren, al zal zo mogelijk de aanpassing op het andere oor verkozen worden. Meestal is er een aanzienlijke geleidingscomponent in het gehoorverlies en dan kan het resultaat van de revalidatie zeer bevredigend zijn. Het zijn vooral de secundaire problemen die hier aandacht vragen. In de eerste plaats dient de audicien die het oorstukje gaat maken op de hoogte gesteld te worden van het bestaan van de radicaalholte aangezien anders afdruk materiaal in de holte kan komen. Gebruik van een eventueel oorstukje verdient aanbeveling om de afsluiting van de holte te beperken. Bij deze groep van patiënten dient een voldoende lange proefperiode in acht genomen te worden, om te zien of de holte afsluiting verdraagt. Regelmatige controle van de operatieholte waarop een hoortoestel wordt gedragen is zeker gewenst. In geval van hardnekkige infectie kan tijdelijk een oplossing worden gevonden met een beengeleider of een zogenaamd open oorstukje. In dit verband vormen de zogenaamde "bone anchored hearingaids" een aparte en nieuwe ontwikkeling met een geheel eigen indicatiegebied zie 5-1.2.

3-5.5 Het audiometrisch onderzoek.

De mate van gehoorverlies - als graadmeter voor de auditieve handicap - is de richtlijn welke bepaalt of de patiënt al dan niet in aanmerking komt voor hoortoestelrevalidatie. Het doen van audiometrisch onderzoek is dus essentieel, maar het beoordelen van de status localis dient hieraan vooraf te gaan, omdat een eventuele cerumenprop een foutieve uitkomst van het onderzoek kan geven.

Het audiometrisch onderzoek zal in eerste aanleg tenminste omvatten het bepalen van de lucht- en beengeleidingsdrempel (toondrempel audiogram) volgens de hiervoor aangegeven methoden, het opnemen van het spraakaudiogram en een eventuele impedantiemeting. Het bepalen van het niveau van de onaangename luidheid is van belang voor de hoortoestelrevalidatie.

Door zelf vooraf de stemvorkproeven te doen heeft de kno-arts al een verwachting omtrent de audiometrische bevindingen. Dit is nuttig bij het beoordelen van de audiometrische resultaten. Als de kno-arts de audiometrie

laat doen door een medewerker is het zelf doen van stemvork onderzoek obliagaat bij iedere slechthorende. Aan de hand van de resultaten van het eerste screenende audiometrische onderzoek kan de kno-arts bepalen of verdere, d.w.z. uitgebreidere audiologische diagnostiek geïndiceerde is (stapediusreflex decay, hersenstamaudiometrie etc.). Op grond van de kennis uit de anamnese van de slechthorende en de resultaten van het audiologisch onderzoek, kan de kno-specialist de diagnose van de gehoorstoornis opmaken en afwegen of het zinvol is tot revalidatie over te gaan. Afhankelijk van zijn diagnose zal het advies zijn, operatie van een middenoorafwijking (otosclerose), mede beoordeling door de neuroloog (verdenking van een brughoekproces) of revalidatie met een hoortoestel.

4. HET AANPASSEN VAN EEN HOORTOESTEL IN DE KNO-PRAKTIJK.

J.Joustra, B.E.Glazenburg en T.S.Kapteyn

4-1. INLEIDING.

In het voorgaande hoofdstuk is erop gewezen dat het overgrote deel van de intermenselijke communicatie verloopt via geluid en gehoor. Behalve deze essentiële rol van geluid voor de communicatie is er de niet gemakkelijk te overschatten rol van geluid in de ruimtelijke oriëntatie. Hierdoor verkrijgt men informatie over wat er rondom gebeurt in de omgeving, ook vanuit plaatsen die men niet in het gezichtsveld heeft. Het weten dat men door geluid gewaarschuwd wordt als er in de omgeving iets gebeurt geeft een gevoel van veiligheid en rust. Wanneer deze zekerheid wegvalt zal dit vanwege onrust en onzekerheid gemakkelijk stress verschijnselen kunnen veroorzaken. Het goed kunnen horen is dus zeer belangrijk voor communicatie en welbevinden. Het ligt dan ook voor de hand dat in geval van slechthorendheid gezocht wordt naar mogelijkheden om de ongunstige effecten van deze beperking te reduceren.

Het doel van dit hoofdstuk is om de algemeen praktiserende kno-arts een vooral praktische handleiding aan te reiken waarmee op een efficiënte wijze een groot deel van zijn, daarvoor in aanmerking komende slechthorende patiënten geholpen kunnen worden. Vrijwel op alle in dit hoofdstuk aan de orde komende aspecten van de hoortoestelaanpassing wordt in een van de volgende hoofdstukken dieper ingegaan. In de tekst wordt daar vaak naar verwezen.

4-2. METHODEN OM SLECHTHORENDHEID TE REDUCEREN.

In feite zijn er drie mogelijkheden om de effecten van slechthorendheid te reduceren die al in het voorgaande hoofdstuk zijn genoemd:

4-2.1 Operatie.

Het succes van de operatieve ingreep is het meest spectaculair. Helaas bestaat lang niet voor iedere slechthorende deze mogelijkheid, die vaak ook maar zeer gedeeltelijk het gehoorverlies kan opheffen. Bovendien is het gunstige effect vaak maar van beperkte duur. De operatieve verrichting vereist een goede handvaardigheid, een goede fysiologische kennis, een ontwikkeld technisch inzicht en goede manuele vaardigheid. De vereiste inspanning om deze vorm van gehoorsverbetering te beheersen is een primair aandachtspunt in de kno-opleiding.

4-2.2 Medicamenteuze therapie.

Deze mogelijkheden om een gehoorverlies te reduceren zijn beperkt. Bovendien komt slechts een klein deel van de personen met een verminderde gehoorscherptheit hiervoor in aanmerking. Het gaat met name om geleidingsverliezen of plotseling ontstane binnenoorslechthorendheden die soms geheel of gedeeltelijk kunnen worden gereduceerd. Deze vorm van behandeling vereist inzicht in fysiologische en immunologische processen. In de kno-opleiding wordt nadrukkelijk aandacht besteed aan deze aspecten.

4-2.3 Aanpassen van een hoortoestel.

Deze methode is niet gericht op een verbetering van het gehoororgaan maar op het optimaliseren van het gebruik van de resterende mogelijkheden van het gehoor. Deze benadering is voor alle slechthorenden relevant. Zij vereist inzicht in de fysiologie van het gehoor, van de geluidspereceptie, van de fysica van het geluid en de werking van de geluids aanpassende apparatuur. In de kno-opleiding dient deze methode in toenemende mate aandacht te krijgen al zou het alleen maar zijn vanwege de toename van slechthorendheid ten gevolge van de vergrijzing van de bevolking.

Een hoortoestel is een instrument dat geluid kan aanpassen aan het niet goed functionerende gehoor. Dit wordt diepgaand besproken in de volgende hoofdstukken 5, 6 en 7.

Om een geschikt hoortoestel te kunnen kiezen voor een niet goed functionerend oor moet

1. Informatie beschikbaar zijn over de relevante eigenschappen van dat oor.
2. Informatie beschikbaar zijn over de relevante eigenschappen van de beschikbare hoortoestellen.

4-3. RELEVANTE GEGEVENS VAN HET OOR.

Voor het meten van de meest relevante eigenschappen van het te ondersteunen oor zijn vrij eenvoudige audiologische basistesten beschikbaar gericht op:

1. bepalen van de hoordrempel: het toonaudiogram
2. bepalen van de onaangename luidheid: de OAL-test
3. bepalen van het onderscheidingsvermogen: het spraakaudiogram
4. bepalen van het spraakverstaan in meer alledaagse situaties: vrije veld audiometrie

4-3.1 Het toonaudiogram

Het eerste doel van het hoortoestel is dat het waarnemen van geluid geen onnodige inspanning vereist. Daarvoor moet de gevoeligheid van het oor

bekend zijn. Dit wordt bepaald door het maken van het toonaudiogram. Dit is een basale test waarbij met elementaire geluiden (zuivere tonen van 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz) wordt gemeten hoe zacht de aanbieder mag zijn om nog net gehoord te worden. Hierbij wordt geen aandacht besteed aan wat gehoord wordt. Het is dus mogelijk dat de zuivere toon als gebrom, gefluit of geruis wordt waargenomen. De tonen worden met een hoofdtoneeltoon en een beengeleider aangeboden om een geleidingscomponent te onderscheiden van een perceptief gehoorverlies.

4-3.2 Het bepalen van de onaangename luidheid

Wanneer door toegepaste versterking zwakke geluiden hoorbaar worden zullen tegelijkertijd harde geluiden extra luid worden. Het gevaar bestaat dat dit onaangename sensaties kan veroorzaken. Om de tolerantie voor harde geluiden te bepalen wordt de grens van On-Aangename Luidheid bepaald met de OAL test (Uncomfortable Loudness, de UCL-test).

Na het meten van de gevoeligheid van het oor wordt bij de frekwenties in het spraakgebied (500, 1000, 2000 en 4000 Hz) vastgesteld welke intensiteit de patiënt als onaangenaam luid gaat ervaren. Daartoe wordt de intensiteit in vlot tempo met stappen van 5 dB opgevoerd tot de patiënt aangeeft dat de sterkte onaangenaam wordt. De instructie aan de patiënt is hier essentieel. Het gaat namelijk niet om het niet zo prettig gaan klinken (want zuivere tonen zijn geen prettig geluid) en ook niet om pijnlijk hard worden van het geluid (want dat kan tot vervelende verwijten en zelfs schadeclaims leiden). Het gaat om het niveau waarop het signaal onaangenaam sterk wordt zonder nog pijn sensaties te veroorzaken. Bij goedgehoorden ligt dit nivo in het toonaudiogram rond de 100 dB. Het dynamisch bereik, de hoorspan, is dan dus ongeveer 100 dB groot.

Er zijn bezwaren tegen de boven geschetste methode voor het bepalen van de OAL omdat zowel instructie als het gekozen testgeluid de uitkomst beïnvloeden. Er zijn zeker andere en wellicht betere methoden te bedenken, echter die kosten meer tijd en sluiten niet direct aan bij het maken van het toonaudiogram. Het is ook maar zeer de vraag of een grotere nauwkeurigheid nodig is. De meting levert een belangrijke globale aanwijzing die niet op 5 dB nauwkeurig hoeft te zijn en op deze wijze in twee minuten te verkrijgen is.

Bij een geleidingsverlies zullen alle intensiteiten verzwakt doorgegeven worden. Daar zou in principe de OAL net zoveel verschoven moeten zijn als de hoordrempel (een normaal hoorspan) in de praktijk is dit vaak niet het geval. Mogelijk dat het niet gewend zijn aan sterke geluiden hier een rol speelt.

Bij een perceptief gehoorverlies kan dit bereik van twee kanten verkleind zijn: de hoordrempel ligt hoger en tegelijkertijd kan de grens van OAL verlaagd zijn. Opmerkelijk is dat bij het overgrote deel van de oren met een perceptief (hoge tonen) verlies de OAL voor alle vier gemeten frekwenties wordt aangegeven op een niveau van rond 95 Db. Dan is dus de hoordrempel wel verschoven maar de OAL niet of een weinig naar lagere intensiteit. Een gereduceerd hoorspan is te beschouwen als aanwijzing voor recruitment en daarmee als zijnde indicatief voor een binnenoor pathologie. Diagnostisch is dit gegeven dus relevant. Bij de aanpassing van een hoortoestel is dit gegeven essentieel omdat het een aanwijzing geeft tot welk maximaal nivo het (versterkte) geluid aan het te ondersteunen oor mag worden aangeboden. Dit is dus een aanwijzing voor het instellen van de begrenzing van het hoortoestel zoals hieronder zal worden besproken.

Bij perceptieve verliezen zonder reductie van de hoorspan en dus verschoven OAL dient men verdacht te zijn op een niet cochleaire en dus mogelijk retro-cochleaire pathologie.

4-3.3 Het spraakaudiogram.

Uiteraard is er een verschil tussen horen in de zin van waarnemen dat er geluid is en horen in de zin van geluid herkennen, verstaan en de juiste betekenis toekennen. Om het vermogen tot onderscheiden en verstaan van het geluidssignaal van het oor te bepalen wordt het spraakaudiogram gemeten. Door korte woorden met verschillende intensiteiten aan het oor aan te bieden wordt bepaald hoe het woordverstaan via dat oor toeneemt met de intensiteit. Het percentage goed nagesproken fonemen (spraakklanken) is de discriminatiescore bij de desbetreffende intensiteit. Deze punten bepalen de zogenaamde discriminatie curve van het gemeten oor. De meeste woordlijsten zijn zo geijkt dat met een goed gehoor de 100% score bereikt wordt bij een woordintensiteit van rond 50 dB. Dit correspondeert ongeveer met de sterkte van conversatie spraak.

In Nederland zijn verschillende woordlijsten in gebruik. Sinds enige jaren is de NVA Spraakaudiometrie CD beschikbaar dank zij het werk van Bosman c.s. Daarmee is de onderlinge vergelijkbaarheid van onderzoeksresultaten tot stand gebracht.

Bij een geleidingsverlies zal de maximale score vaak wel 100% zijn maar dit wordt bereikt bij een grotere spraaksterkte: I_{\max} is groter dan 60 dB (zie figuur 4-1). De verschuiving van de discriminatiecurve op 50% score nivo (ook wel aangeduid als de Speech Reception Threshold SRT) geeft een aanwijzing voor de verminderde gevoeligheid van het oor en dus voor de gewenste versterking door het hoortoestel (zie 4-6.2.1b en 6-3.1)

Bij perceptieve verliezen zal de I_{\max} ook groter zijn dan 50 dB maar vaak minder dan op grond van de verschuiving van de hoordrempel verwacht zou

worden. Hier speelt de reductie van de hoorspan een rol (OAL, recruitment).

Het meest belangrijke gegeven van het spraakaudiogram is de waarde van de maximale score, vaak wordt de 100% niet gehaald. Men spreekt dan van een discriminatie verlies. In het algemeen is deze beperking van het oor niet of maar zeer ten dele te ondervangen met een geschikt gekozen hoortoestel (zie 2-3.4). Bij grotere intensiteiten dan I_{\max} kan de discriminatiescore weer afnemen: FONEMISCHE REGRESSIE. Het hoortoestel moet dan bij voorkeur de spraak aanbieden met een sterkte die rond de I_{\max} ligt, de vereiste versterking is dan dus direct afhankelijk van de sterkte waarmee gesproken wordt: een automatisch regelende versterking met een Automatic Gain Control faciliteit (AGC regeling in het toestel, zie 6-1.2).

4-3.4 Vrije veld audiometrie.

Het meten van de eigenschappen van het te ondersteunen oor wordt gedaan per oor en in gunstige luisteromstandigheden, zonder storend lawaai. In de dagelijkse situaties kunnen beide oren worden benut, maar ook is er vaak storend geluid. Om deze omstandigheden te benaderen kan een vrije veld meting worden gedaan. Op eenvoudige wijze is het signaal van de audiometer via een extra versterker met een luidspreker hoorbaar te maken. Dit kan met tonen, smalle-bandruissignalen en spraak.

Voor het beoordelen van het effect van een hoortoestel is hiermee een objectieve methode aangereikt, waarmee men aansluiting houdt met de resultaten van het (spraak)audiogram mits gewerkt wordt in een stille omgeving en het hoofd van de patiënt niet meer dan 1 meter van de luidspreker verwijderd is. Bij grotere afstand kan de akoestiek van de meetruimte een rol spelen vanwege de galm (zie hoofdstuk 14).

Een volgende stap is deze test te doen met achtergrondlawaai. Het eenvoudigst is dan met een tweekanaals audiometer de woordlijst via één verzwakker en de audiometer spraakruis via de andere verzwakker via de zelfde luidspreker hoorbaar te maken.

Deze meetmethode is te verfijnen door als stoorlawaai niet de audiometer ruis maar een al of niet fluctuerende spraakruis te gebruiken die een berekend spectrum heeft overeenkomend met het gemiddelde spectrum van de gesproken woorden (NVA Spraakaudiometrie CD).

Wanneer een realistisch indruk van het kunnen verstaan van de dagelijkse conversatie gewenst wordt kan beter met zinnen dan met woorden worden gemeten. Daarvoor is de CD met zinnen en spraakruis te gebruiken (Fenac CD met de Plomp-Mimpen zinnen). Bij een weer verdere verfijning kunnen voor spraaksignaal en ruis twee verschillende luidsprekers gebruikt worden. In deze situatie hebben onder andere de plaatsing van de luidsprekers, de akoestiek van de meetruimte en de situering van de slechthorende grote invloed op de meetresultaten.

4-4. RELEVANTE EIGENSCHAPPEN VAN EEN HOORTOESTEL.

Een hoortoestel is te beschouwen als een heel kleine geluidsversterker met microfoon, versterker en luidspreker of telefoon (zie 5-1). De karakteristieke gegevens van zo'n apparaat worden gegeven in de technische documentatie (zie hoofdstuk 6-1).

Te onderscheiden zijn:

1. de versterking
2. de frekwentie karakteristiek
3. de bandbreedte
4. het maximaal uitgangsvermogen (Max Output Power: MOP)
5. de (instelbare) begrenzmogelijkheden van MOP

4-4.1 De versterking.

Er zijn veel verschillende hoortoestellen beschikbaar en deze kunnen worden ingedeeld naar versterking (zie Figuur 4-2a) of naar maximaal uitgangsvermogen (zie Figuur 4-2b). Een voorbeeld van een dergelijke indeling van toestellen naar maximaal uitgangsvermogen volgens het OBLX systeem wordt gegeven in bijlage A van hoofdstuk 6. Bij verreweg de meeste toestellen kan de slechthorende zelf de gewenste versterking instellen met de volumeregelaar. Deze regelaar heeft echter een beperkt bereik. Daarom is een keus uit de geïndiceerde categorie gewenst.

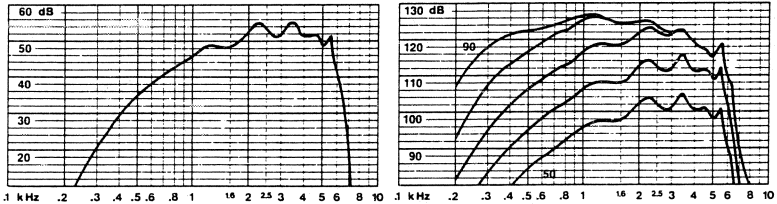
4-4.2 De frekwentiekarakteristiek.

Alle versterkers, microfoons en luidsprekers hebben een frekwentiekarakteristiek waarmee wordt aangegeven in welke mate het afgegeven signaalniveau per frekwentie verschilt bij een gekozen instelling (Figuur 4-2b.). Deze karakteristiek wordt niet zozeer beperkt door de microfoon en de versterker als wel door de luidspreker (telefoon). Dit onderdeel moet namelijk het elektrisch signaal op hoog intensiteitsniveau omzetten in een akoestisch signaal: het toestel gaat "vastlopen" bij grotere ingangssignalen.

In Figuur 4-2b is ook te zien dat bij een gelijke (lage)ingangssignaalsterkte van de toon de weergave van de lage frekwenties (0,2 tot 1 kHz) achterblijft bij die van de hogere (boven 1 kHz). Dit houdt in dat het geluid van het hoortoestel voor het goede oor wat scherp klinkt. Voor het verstaan van spraak kan dat een voordeel zijn maar voor de weergave van muziek is dat niet gunstig.

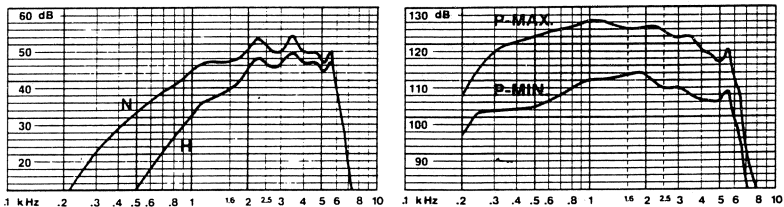
Wanneer het te ondersteunen oor een **niet** vlak verlopend drempel audiogram vertoont zal gekozen worden voor een hoortoestel met een **niet** vlakke karakteristiek om het gehoorverlies optimaal te ondervangen. Nagenoeg alle toestellen hebben een toonregeling waarmee de lage tonen verzwakt worden dan wel de hoge tonen benadrukt worden (Figuur 4-2c).

Er zijn toestellen waarin het te versterken frequentie gebied in twee of zelfs drie delen wordt gesplitst en waarin voor elk van deze delen een onafhankelijke aanpassing van het geluid kan worden ingesteld. (zie 5-4.).



a: De maximale versterking.

b: Vijf uitgangssignalen.



c: De invloed van de toonregeling. d: De invloed van de begrenzing.

4-2a: De maximale versterking van het toestel, deze is voor de lage frequenties duidelijk kleiner dan voor het gebied tussen 1 en 5 kHz.

De gemiddelde versterking bij 0.5, 1 en 2 kHz is $(35+46+52)/3 = 44$ dB.

De bandbreedte van dit toestel wordt bepaald bij $44-15=29$ dB en loopt dus van 400 Hz tot 6800 Hz.

4-2b: Een vijftal uitgangssignalen van een hoortoestel (frequentie karakteristieken) bij maximale versterking. Voor elke curve is hetingangssignaal een toon met veranderende frequentie maar constant gehouden intensiteit. Dit ingangssignaal is met vijf intensiteiten aangeboden, 50, 60, 70, 80 en 90 dB SPL. Duidelijk blijkt dat het toestel bij grotere ingangssignalen vast gaat lopen in het hoge-tonen gebied.

4-2c: De invloed van de toonregeling, de versterking van de lage tonen wordt gereduceerd bij 0.5 Hz met 21 dB, bij 1 kHz met 12 dB en bij 2 kHz en hoger met c.a. 4 dB.

4-2d: De invloed van de begrenzing op het maximaal uitgangssignaal van het hoortoestel, dit wordt terug gebracht van c.a 127 dB naar c.a.110 dB.

Figuur 4-2. De karakteristieke gegevens van een hoortoestel.

4-4.3 De bandbreedte.

De geluidskwaliteit van geluidsapparatuur wordt (zeker bij weergave van muziek) mede bepaald door de bandbreedte van de frekwentiekarakteristiek. De bandbreedte is te bepalen door uit te gaan van de frekwentie karakteristiek die het toestel heeft bij maximale versterking. Op een nivo dat 15 dB ligt onder de gemiddelde waarde van de versterking bij 0.5, 1 en 2 kHz wordt een horizontale lijn getrokken. De snijpunten van deze lijn met de curve bepalen de onder- en de bovengrens van de bandbreedte (zie Figuur 4-2a.). Een grote bandbreedte zal over het algemeen gunstig zijn voor de kwaliteit van de geluidswaergave. Wat betreft een optimaal spraakverstaan ligt dit wat anders. De lage tonen geven wel de klank of "het eigene" van de stem weer, maar voor het kunnen verstaan wat gezegd wordt zijn die frekwenties niet primair van belang. De PTT bijvoorbeeld filtert uit het telefoon signaal de frekwenties beneden c.a. 500 Hz weg opdat het de waarneming van de hogere tonen niet belemmert (Upward spread of masking 7-2.1). Daardoor wordt het spraakverstaan dus bevorderd maar het herkennen van iemand aan de klank van de stem wordt veel moeilijker.

Omdat een hoortoestel wordt gebruikt voor waarnemen en herkennen van alle geluiden behoeft een beperking van de frekwentiebans beslist niet alleen maar voordeel te betekenen. Zoals besproken zal een kleine luidspreker de lage tonen relatief wat minder goed weergeven. Ook de waergave van frekwenties boven 5 kHz is problematisch. De keuze voor een hoortoestel dat door de leverancier nadrukkelijk als breedband toestel wordt gepropageerd zal vooral gemaakt worden op grond van de subjectieve waardering van de slechthorende voor de geluidskwaliteit. Bij kast-hoortoestellen kan vaak uit diverse telefoontjes worden gekozen. Als vuistregel geldt dan dat een brede frekwentie waergave gaat ten koste van een hoog maximaal uitgangsvermogen en omgekeerd.

4-4.4 Het maximaal uitgangsvermogen MOP.

De maximale geluidsterkte die een toestel kan afgeven aan het oor wordt bepaald door de versterker maar vooral ook door de luidspreker zoals boven besproken. Een krachtiger versterker vergt meer energie en in concreto zal dat betekenen dat een grotere batterij nodig is. Hierdoor en ook vanwege een grotere telefoon is een groter kastje nodig: een groter hoortoestel. Soms is er als alternatief een klein hoortoestel maar dat zal dan wel een hoog batterij verbruik en/of een smalle frekwentie karakteristiek hebben. Een hoortoestel met een goede reserve capaciteit zal veelal een relatief goede geluidswaergave kunnen hebben.

Overigens dient wel bedacht te worden dat het door de telefoon afgegeven geluid niet als zodanig in het binnenoer aankomt. Bij een oorhanger moet het geluid het slangetje, het geluidskanaaltje in het oorstukje passeren,

vervolgens het luchtvolume tussen oorstuk en trommelvlies in trilling brengen om dan verder via het middenoor naar de cochlea te komen. Elk van deze schakels veroorzaakt een verzwakking. Deze verzwakking kan per frekwentiegebied anders zijn.

Met een (Mini)-In-Het-Oor is de geluidsoverdracht directer en dus kan een MIHO met een kleiner maximaal uitgangsvermogen een gelijkwaardig alternatief zijn voor een volgens de specificaties krachtiger oorhanger. De invloeden van slangetje, oorstuk en boring van het geluidskanaal en een eventueel ventilatiekanaal worden elders uitvoerig besproken (zie 6-3, 7-4 en 7-5).

4-4.5 De (instelbare) begrenzingsmogelijkheden van MOP.

Het gehinderd worden door plotselinge harde geluiden is een van de belangrijkste oorzaken waardoor een hoortoestel onaangeroerd in de lade komt te liggen. Daarom dient men bij het aanpassen bedacht te zijn op het recruitment fenomeen. Het bepalen van de grens van onaangename luidheid bij het toonaudiometrisch onderzoek dient met het oog hierop een vanzelfsprekendheid te zijn. Hiermee wordt een inzicht verkregen in het dynamisch bereik van het oor alsook in welke mate de output van het toestel begrensd moet worden. Het effect van een reductie van het maximaal uitgangsvermogen is te zien in Figuur 4-2d.

Er zijn verschillende vormen van begrenzing (zie ook 6-2). De simpelste vorm snijdt het uitgangssignaal af boven het ingestelde begrenzingsnivo (piekclipping).

Met een andere vorm van begrenzing wordt de versterking van het toestel terug geregeld als het versterkte geluid harder wordt dan de vantevoren ingestelde grens (Automatische uitgangsstrekte begrenzing of Automatic Gain Control in Output:AGC-O).

In andere toestellen wordt het inkomende geluid direct aan de ingang genivelleerd (Ingangs-compressie AGC-I). Het uitgangssignaal moet dan separaat begrensd worden als daar indicatie voor is.

4-5. HET AANDEEL VAN DE KNO-ARTS IN HET VOORSCHRIJVEN VAN EEN HOORTOESTEL.

Bij het bespreken van de hoortoestelverstreking ligt het voor de hand eerst na te gaan wie daar bij betrokken (kunnen) zijn. In feite is het een activiteit die primair ligt binnen het specialisme van de kno-arts en die geconcretiseerd dient te worden in overleg en in een goed samenwerkingsverband tussen de huisarts, de kno-arts, de audicien en eventueel het regionale Audiologisch Centrum.

4-5.1 De huisarts.

Over het algemeen zal een slechthorende met zijn klacht eerst naar de huisarts gaan. Uit onderzoek in het kader van het 1e-2e lijns project van de VU is gebleken dat de meeste huisartsen niet zo goed weten wat zij met klachten over slechthorendheid aan moeten. Vaak worden de klachten dan wat gebagatelliseerd, met name bij ouderen. Door een gestructureerd handelingsschema aan te reiken bleek zowel het afnemen van een gerichte anamnese, het verrichten van een eenvoudig audiologisch onderzoek en het stellen van een indicatie voor het gaan proberen van een hoortoestel sterk te verbeteren.

Het ter beschikking stellen van een demonstratie hoortoestel in de huisartsen praktijk deed het bijzonder goed. Een dergelijke stimulerende ondersteuning van de huisarts kan enerzijds de samenwerking met de kno-arts bevorderen maar kan anderzijds ook leiden tot een samenwerking tussen huisarts en audicien buiten de kno-arts om. Deze tweede mogelijkheid kan in eerste instantie eenvoudiger en voor de ziektekostenverzekeraar goedkoper lijken. Op deze wijze wordt echter de specifieke deskundigheid van de kno-arts niet benut en dat is allerminst in het belang van de slechthorende.

4-5.2 De kno-arts.

Als de slechthorende met anamnestiche gegevens door de huisarts gepresenteerd wordt zal uitdieping daarvan met otoscopisch en audiologisch onderzoek vereist zijn alvorens een behandelingsplan opgesteld kan worden. De speciële anamnese van patiënt en eventueel aangevuld door een hetero-anamnese en een stuk voorlichting over hoortoestellen in het algemeen gaan vaak samen. De aanwezigheid van een eventuele partner van patiënt kan heel nuttig zijn. Het is belangrijk informatie te hebben over de situaties waarin het gehoor te kort schiet, over de desbetreffende akoestische omstandigheden, het beroep, de werksituatie, hobbies en vrijetijdsbesteding.

Ter zijde zij hier opgemerkt dat bij patiënten met klachten over oorsuizen het laten horen van een geschikt gekozen hoortoestel, eventueel zonder afsluitend oordopje met alleen een slangetje in de gehoorgang, een dramatisch gunstig effect kan hebben. De vraag is wel hoelang een dergelijke verbetering blijft voortduren maar een proef met een hoortoestel is dan te overwegen.

Wanneer de kno-arts tot de conclusie komt dat er een indicatie bestaat voor het gaan toepassen van een hoortoestel kan hiertoe op verschillende wijze worden overgegaan. Er blijken verschillende benaderingen te bestaan:

1. de kno-arts laat de aanpassing van het hoortoestel over aan de audicien.
2. de kno-arts laat de selectie van het hoortoestel over aan het Audiologisch Centrum.
3. de kno-arts verricht de hoortoestelaanpassing in de eigen praktijk.

4-5.2.1 Het zondermeer overlaten van de aanpassing aan de audicien.

Dit betekent dat de kno-arts zich onttrekt aan zijn verantwoordelijkheid. Dit geldt nog in veel sterkere mate als het audiometrisch onderzoek, dat vereist is om het gehoor te kunnen beoordelen, wordt gedelegeerd aan de audicien. Het gehooronderzoek is evenzeer als de diagnose betreffende slechthorendheid en de therapie onderdeel van het kno-specialisme. Het niet uitvoeren van diagnostisch onderzoek kan de gezondheid van de slechthorende schaden. De medisch specialist heeft de verantwoordelijkheid de desbetreffende patiënt vanuit medisch oogpunt zo goed mogelijk te helpen. Hieronder valt ook de verstrekking van een optimale geluids aanpassing aan het te ondersteunen oor en bescherming van de patiënt tegen het verstrekken van onnodig kostbare of niet effectieve hoortoestellen.

4-5.2.2 Het overlaten van de aanpassing aan het Audiologisch Centrum.

Voor bepaalde patientengroepen is het de juiste weg om de aanpassing van het hoortoestel over te dragen aan het Audiologisch Centrum in de regio. Allereerst geldt dit voor kinderen tot de leeftijd van 16 jaar omdat dan mede aandacht besteed dient te worden aan de gevolgen die de slechthorendheid kan hebben op zowel de cognitieve als de emotionele ontwikkeling van deze kinderen. Op deze gronden is de overeenkomst gebaseerd dat een vergoeding van een deel van de aanschafkosten van het hoortoestel vanuit de AWBZ slechts verstrekt wordt als de effecten van de slechthorendheid in breder verband beoordeeld zijn. De dan vereiste inschakeling van een Audiologisch Centrum impliceert dat niet alleen aandacht moet worden besteed aan de toestelaanpassing maar ook aan voorlichting en begeleiding in gezin en op school.

Ook in geval van gecompliceerde slechthorendheden dan wel ernstige maatschappelijke knelpuntsituaties dient de kno-arts te overwegen het AC in de regio in te schakelen om in ruimer verband aandacht te doen schenken aan de mogelijke gevolgen van de auditieve beperking. Dit geldt zeker voor patiënten met een plotselinge doofheid in één of beide oren wanneer medicamenteuze behandeling geen of slecht gedeeltelijk effect heeft. Ook een verworven éénzijdige doofheid betekent vaak een zeer ernstige handicap voor het dagelijks functioneren, zeker in rumoerige situaties.

Het **zondermeer** verwijzen naar een AC van **alle** slechthorenden bij wie geen operatieve of medicamenteuze therapie mogelijk is betekent in feite dat de kno-arts een deel van zijn verantwoordelijkheid onnodig delegeert. Deze benadering is kosten verhogend en legt een ongewenst grote werkdruk bij de AC's gezien het grote en nog groeiende aantal (oudere) slechthorenden. Het is echter niet zo dat een kno-arts het als blijk van onvermogen moet zien als een AC wordt ingeschakeld. Wanneer zich bij het aanpassen moeilijkheden voordoen of als zich maatschappelijke knelpunten openbaren moet op soepele wijze en in goede harmonie het AC ingeschakeld kunnen worden. Hiervoor zou een gedifferentieerd AC tarief mogelijk moeten zijn.

4-5.3 Het voorschrijven van een hoortoestel als onderdeel van de kno-praktijk.

In het voorgaande is gesteld dat het voorschrijven van een hoortoestel een activiteit is die primair ligt binnen het specialisme van de kno-arts. Evenwel, de indruk bestaat dat vele kno-artsen zich niet zo sterk aangetrokken voelen tot de desbetreffende werkzaamheden die toch een wezenlijk onderdeel vormen van de kno-heelkunde. Het is immers de meest toegepaste therapeutische mogelijkheid bij een slechthorende patiënt. De komende jaren zal dit onderdeel door de vergrijzing van de bevolking duidelijk groeien. Door dit onderdeel van het vakgebied te verwaarlozen verliest de kno-arts een deel van zijn betrokkenheid (en kennis) van de behandelingsmethoden van slechthorendheid. Het resultaat van een dergelijke ontwikkeling zou kunnen zijn dat na een indicatiestelling door de huisarts de inbreng van de kno-arts wordt overgeslagen en direct de hoortoestel handelaar wordt ingeschakeld. Dit gaat dan de functionele taakverdeling aantasten ten nadele van de slechthorende. Te verwachten is dat daarmee dan ook een groot deel van de diagnostiek van slechthorendheid buiten de kno-arts om gaat verlopen. Het wordt voor hem dan onmogelijk een sturende rol te spelen in het deel van de gezondheidszorg waarvoor hij is gespecialiseerd. Het is de taak van de beroepsgroep hierin nadrukkelijk een beleid te bepalen.

Welke overwegingen zouden er ten grondslag kunnen liggen aan het onvoldoende oppakken van deze werkzaamheden? Enkele vragen die leven aangaande het voorschrijven van een hoortoestel en waar wij hier op willen ingaan zijn:

1. Is het wel een medische handeling?
2. Is het niet erg ingewikkeld en technisch?
3. Is het niet een heel slecht gehonoreerde tijdsbesteding?

4-5.3.1 Het voorschrijven van een hoortoestel is een medische handeling. De opvatting dat de activiteit niet gericht is op het verbeteren van het gehoororgaan en dus in feite geen geneeskundige handeling zou zijn is onjuist. Het ondersteunen van lichaamsfuncties door het toepassen van fysieke hulpmiddelen wordt binnen diverse specialismen als spectaculaire medische verrichting ervaren. Te denken is aan het aanbrengen van kunstledematen, het plaatsen van pacemakers en, in de eigen specialisatie, het mogelijk maken van de geluidsperceptie met een cochleaire implant.

4-5.3.2 Het voorschrijven behoeft niet ingewikkeld te zijn.

Vaak kan men de verzuchting horen dat het selecteren van een toestel erg veel technische deskundigheid vereist en te specialistisch en te complex is. Inderdaad zal de kno-arts door het grote aanbod en de diversiteit van hoortoestellen moeite hebben overzicht te houden. Allerlei technische

informatiebulletins over de unieke werking van bijzondere hoortoestellen kunnen dit gevoel van onbehagen versterken. Een gevoel van onvermogen is echter niet terecht.

De werking van hoortoestellen moge ingenieus en complex zijn, het is maar zeer de vraag of een als uitzonderlijk geschikt aangeprezen produkt in de werkelijkheid waar kan maken wat er over geschreven wordt. In feite zijn er meer overeenkomsten dan verschillen tussen de meeste hoortoestellen. Uitgaande van de basale audiometrische meetgegevens (zoals in 4-3 besproken) is voor elke slechthorende (met behulp van categorisering op papier of in de vorm van computerprogramma's) op eenvoudige wijze een selectie te maken uit de grote diversiteit van hoortoestellen. In feite betreft het voor c.a. 80% presbycusis patiënten waarbij geen indicatie aanwezig is voor het toepassen van een geavanceerd toestel.

Bovendien kan gesteld worden dat wanneer in een reclamefolder van een hoortoestel de instelmogelijkheden niet op eenvoudige en inzichtelijke wijze worden uitgelegd dit primair wijst op een onvoldoende deskundigheid van de aanbieder van het produkt.

De tegenwerping kan gemaakt worden dat met een globale wijze van selecteren en instellen niet de optimale hoortoestelaanpassing verkregen wordt. Deze bedenking snijdt wel hout, echter de belangrijkste factoren zijn de ervaring van de aanpasser en van de slechthorende zelf. Iedere geïnteresseerde aanpasser gaat als vanzelf steeds meer deskundig worden. Het knelpunt bij een hoorrevalidatie met een mager resultaat ligt vaak niet zozeer bij de beperkte kennis van de aanpasser maar met name ook bij de veelal beperkte mogelijkheden van het te ondersteunen oor. Helaas zijn met de huidige audiometrische testen de beperkingen van het gehoor niet gedetailleerd vast te leggen. Deze testen zijn globaal van aard en meten het gehoor in een niet alledaagse gunstige luistersituatie. Het doel van de revalidatie activiteit is te bewerkstelligen dat de slechthorende in zijn dagelijkse leefsituatie het geluid optimaal (en dat is vaak niet perfect) kan waarnemen en interpreteren. Dat vereist creativiteit en inventiviteit van de aanpasser. Terecht is de hoorrevalidatie met een hoortoestel onderdeel van de geneeskunst. Wanneer men bij een probleemgeval ervaart dat men zelf niet in voldoende mate over de vereiste specialistische deskundigheid beschikt ligt het voor de hand deze expertise door consultatie van een AC in te schakelen.

4-5.3.3 De hoortoestel aanpassing wordt niet op de juiste wijze gehonoreerd.

Wellicht heeft de geringe honorering van de voor de aanpassing vereiste activiteiten van de kno-arts de tendens nog versterkt, om de revalidatie verder uit handen te geven. De belangencommissie zou het als taak kunnen zien een honorering tot stand te doen komen die beter in overeenstemming

is met de vereiste inspanningen.

4-5.4 Indicatie voor het aanpassen van een hoortoestel.

Wanneer de kno-arts constateert dat de klachten over slechthorendheid door toepassing van een hoortoestel moeten worden ondervangen, ligt het voor de hand dat deze conclusie met de slechthorende wordt besproken. Hierbij dient dan te worden uitgelegd in welke mate door middel van een hoortoestel een verbetering van het horen bewerkstelligd kan worden.

Er zijn dan verschillende modellen denkbaar waarin de kno-arts zelf een groter of kleiner aandeel van de aanpassing zelf doet. De indruk bestaat - al zijn hierover weinig gegevens beschikbaar - dat het aantal kno-artsen dat zelf als aanpasser werkt beperkt is. In een aantal kno-praktijken wordt deze activiteit overgedragen aan een akoepediste. Een probleem hierbij is dat het ziekenhuis de aanstelling niet vergoedt en dat de vergoeding voor de hoortoestelrevalidatie ontoereikend is om de kosten te bestrijden.

Voor het behouden van deskundigheid en vaardigheid is het essentieel dat een kno-arts die hoorrevalidatie in zijn praktijkvoering heeft, zelf ook deze activiteit practiseert. Wellicht is het binnen een grotere maatschap wel mogelijk af te spreken wie het aanpassen van hoortoestellen op zich nemen. Er kan dan een apart aanpas-spreekuur gecreëerd worden met audiometrie faciliteiten. Indien mogelijk moet een slechthorende, die geholpen zal worden met een hoortoestel, al bij het maken van de eerste poli-afspraken als zodanig herkend worden. Er kan dan rechtstreeks een afspraak op dit spreekuur gemaakt worden. Dit bespaart de soms slecht ter been zijnde presbycusispatiënt een extra polikliniek bezoek en voorkomt ook een extra belasting tijdens het reguliere kno-spreekuur.

4-6. DE GANG VAN ZAKEN BIJ HET VOORSCHRIJVEN VAN EEN HOORTOESTEL.

Wanneer een patiënt komt vanwege gehoorproblemen zal eerst in kaart gebracht worden welke klachten er zijn en in welke situaties die voorkomen. Daarnaast zal mede op grond van audiometrisch onderzoek worden vastgesteld welke behandelingsmethode(n) mogelijk zijn.

Wij gaan er nu vanuit dat dit leidt tot de indicatie voor het gaan gebruiken van een hoortoestel.

In het proces dat leidt tot het aanpassen van een hoortoestel zijn vijf stappen te onderscheiden:

1. de keuze van het te ondersteunen oor.
2. de eisen aan het toe te passen hoortoestel.

3. het overzicht over de beschikbare toestellen.
4. het met de patiënt selecteren van het toestel.
5. het voorschrift aan de audiciens voor een proefperiode.

4-6.1 De keuze van het te ondersteunen oor.

Als eerste stap in de hoortoestelaanpassing zal overwogen moeten worden voor welk oor de geluids aanpassing zal worden gerealiseerd, zie ook 7-8, 7-9 en 7-10.

Uiteraard zijn de gepresenteerde klachten en de voorkeur van de patiënt belangrijke informatiebronnen. Echter otologische bevindingen kunnen bepalend zijn of op een oor wel of geen toestel mag worden gedragen.

Naast deze aspecten zijn de audiometrische meetgegevens van centraal belang omdat die een indicatie geven voor het te bereiken resultaat met een goed gekozen hoortoestel.

Theoretisch is het gunstig beide oren optimaal en zoveel mogelijk gelijk te laten functioneren. Als de beide oren een wezenlijk verschil in gevoeligheid hebben is er geen goed tweezijdig horen het zogenaamde stereohoren. Dit stereo-horen is essentieel voor het richting-horen en een optimaal verstaan in rumoer en een goede akoestische oriëntatie in de ruimte (2-3.6). Het éénzijdig aanpassen van een hoortoestel bij iemand met een symmetrisch gehoorverlies veroorzaakt eigenlijk één-oorigheid. De vraag is echter of elk van de beide oren afgesloten mag worden. Er kunnen zeer wel otologische contra-indicaties zijn.

Voor stereo horen zijn niet altijd twee toestellen nodig. Het kan zijn dat de balans tussen twee niet gelijke oren hersteld wordt met één toestel. Ook is het mogelijk dat één van beide oren zodanig slecht is dat geluidsversterking aan dat oor geen feitelijke verbetering van de geluidswaarneming bewerkstelligt.

Er zijn uiteraard extra kosten verbonden aan het verstrekken van een tweede toestel en niet ten onrechte wordt door de regelgeving van de AWBZ de vraag gesteld wat het effect is van deze extra investering. Als norm geldt dat het spraakverstaan 10% extra moet toenemen en/of het lokaliseren van een geluidsbron moet hersteld zijn tot binnen 45 graden. In hoofdstuk 15-4. worden deze regels besproken.

4-6.2 De eisen aan het toe te passen hoortoestel.

Voor het kiezen van een geschikt toestel moeten voor de in 4-4 besproken karakteristieke factoren van een hoortoestel normwaarden worden geformuleerd uitgaande van de audiometrische gegevens van het te ondersteunen oor (zie ook 7-4).

De karakteristieke factoren zijn:

1. de versterking

2. de frekwentie karakteristiek
3. de bandbreedte
4. het maximaal uitgangsvermogen
5. de vereiste begrenzingsmogelijkheden
6. het type toestel

4-6.2.1 De vereiste versterking.

De vereiste versterking is af te leiden:

a) Uit het toonaudiogram.

Hierbij kan men er van uitgaan dat de intensiteit van de normale conversatie spraak, ongeveer in het midden van de hoorspan van het gezonde oor ligt (zie Figuur 1-1). Wanneer dit als werkmodel wordt toegepast op het oor met een **cochleair-perceptief** verlies wordt een versterking nagestreefd waarmee het normale spraakgebied in het midden van de verschoven hoorspan komt te liggen. Deze versterking is dan dus maar ongeveer de helft van de verschuiving van de hoordrempel omdat de OAL niet of nauwelijks verschoven zal zijn (zie figuur 4-2). Dit is de achtergrond voor de basis regel bij de hoortoestel aanpassing: de HALF GAIN RULE.

Bij een geleidingsverlies is in principe de dynamiek van het oor niet gereduceerd en dus zal hier waarschijnlijk de volledige drempelverschuiving moeten worden gecompenseerd (FULL GAIN RULE).

b) Uit het spraakaudiogram.

Hier geeft de intensiteit waarbij de maximale verstaanbaarheidsscore wordt bereikt I_{\max} de sleutel informatie. Immers de normale spraak van c.a. 50 dB moet tot dit nivo versterkt worden. De gewenste versterking ligt dus rond $(I_{\max} - 50)$ dB. De verschuiving van de discriminatiecurve op het nivo van de 50% score is niet de juiste maat omdat de curve bij recruitment abnormaal steil kan oplopen.

De aanwijzingen voor de vereiste versterking uit toon- en spraakaudiogram mogen uiteraard niet veel uiteen lopen.

Een te kiezen toestel moet in ieder geval voldoende versterking kunnen leveren met nog enige reserve (ca 20 dB) omdat zowel het toestel als het gehoor wat kunnen teruglopen in de periode waarin het toestel gebruikt zal worden (c.a. 6 jaar). Het kiezen van een krachtiger toestel dan geïndiceerd, kan als voordeel hebben dat, dank zij de grote reserve, de geluidskwaliteit soms beter is. Er ontstaat echter het gevaar dat de patiënt het toestel niet voldoende zacht kan zetten in situaties met een hoog geluidsnivo. Bovendien kan het hoge maximale uitgangsnivo een ongunstig effect hebben.

4-6.2.2 De vereiste frekwentiekarakteristiek.

Bij perceptieve verliezen met gereduceerd hoorspan geldt de bovengenoemde HALF GAIN RULE voor de versterking bij elk van de gemeten

frekwenties. Dit impliceert dat bij een perceptief hogetonen verlies de gewenste frekwentiekarakteristiek van het hoortoestel **nooit** gevonden kan worden door het toonaudiogram te spiegelen. De HALF GAIN RULE leidt tot een frekwentiekarakteristiek die oploopt met de helft van de steilheid van de hoordrempel. Dat is de helling van de denkbeeldige middenas van de hoorspan (zie figuur 1-1).

Bij een geleidingsverlies met niet vlakke hoordrempel zou wel de volle steilheid gecompenseerd moeten worden (spiegel audiogram) maar dit komt weinig voor.

Nagenoeg alle toestellen hebben een toonregeling waarmee de lage tonen relatief verzwakt worden dan wel de hoge tonen benadrukt worden (Figuur 4-2c). Dit kan gunstig zijn om het omgevingslawaai (met vaak veel energie in de lage tonen) relatief wat minder te versterken ten opzichte van het spraaksignaal. Voor een goede discriminatie van klinkers en medeklinkers is een nadrukkelijk aanbod van de hoge tonen nodig. Een te nadrukkelijk aanbod van lage frekwenties kan het waarnemen van deze hogere frekwenties verhinderen door maskering (Upward spread of masking 7-2.1).

Bij het bespreken van het oorstukje komt ook de invloed van dit onderdeel op de geluidswaergeving ter sprake. De op het oor per frekwentie bewerkstelligde geluidsversterking kan dus zeer wel afwijken van de op een kunstoor gemeten frekwentiekarakteristiek. Dit geldt met name als in het oorstuk een ventingkanaal met grotere diameter wordt toegepast (Zie 6-3, en 7-5)

Er zijn toestellen waarin het te versterken frekwentiegebied in twee of zelfs drie delen wordt gesplitst en waarin voor elk van deze delen een onafhankelijke aanpassing van het geluid kan worden ingesteld. Met dergelijke meerkanaalstoestellen kan in gevallen van een bijzonder verloop van de hoordrempel of van de hoorspan een optimale aanpassing worden gerealiseerd (zie 5-3.).

4-6.2.3 De gewenste bandbreedte.

Over het algemeen zal een hoortoestel met een grotere bandbreedte een betere geluidswaergeving kunnen verzorgen. Bij steile hoge tonen verliezen of uitgesproken lage tonen verliezen of komvormige hoordrempels kunnen toestellen met kleine bandbreedte geïndiceerd zijn. Theoretisch kan dan een denkbeeldige horizontale lijn in het toondrempelaudiogram op het nivo 30 dB boven het diepste meetpunt een indicatie geven voor de gewenste grootte en ligging van de bandbreedte.

4-6.2.4 Het maximaal toegestane uitgangssignaal

De gemeten grens van onaangename luidheid, de OAL, en de maximaal getolereerde sterkte van de woorden bij het meten van het spraakaudiogram

geven een aanwijzing voor het instellen van het maximaal toegestane uitgangsnivo. Deze twee gegevens behoeven niet geheel de zelfde waarde aan te geven. Bij het meten van de OAL wordt alle geluidsenergie bij één frekwentie aangeboden en bij spraakgeluiden is dat verspreid over een breder gebied en dus zal de tolerantie daarvoor groter zijn. Bedacht moet worden dat het geluid van een parkiet en het tikken van glas geluiden zijn met een kleine bandbreedte en dus is dan de OAL indicatief. Anderzijds zal een slechthorende vaak langere tijd geen harde geluiden gehoord hebben en dus kan er na een kennismakingsperiode een grotere tolerantie tot stand komen. Hinder van harde geluiden is echter een van de meest voorkomende klachten tijdens de proefperiode.

4-6.2.5 De vereiste begrenzingsmogelijkheden.

Een begrenzing van het uitgangssignaal door een PC-schakeling kan een vrij ingrijpende afsnijding van pieken betekenen. Als het oor een klein hoorspan heeft verdient het aanbeveling het toestel een reductie van de dynamiek van de (spraak)geluiden te laten uitvoeren. Dat kan door een toestel te kiezen dat een ingangcompressie heeft met een laag aangrijpingspunt. De "spraakbanaan" (zie figuur 1-1) wordt dan als het ware wat geplet en past dus beter in de kleine hoorspan. Als bescherming tegen overlast door harde geluiden blijft daarnaast dan een instelbare uitgangsbegrenzing nuttig.

In het spraakaudiogram geeft een helmvormige curve (fonemische regressie) aanwijzing voor het toepassen van een toestel met automatische volume controle, opdat onafhankelijk van de sterkte van hetingangssignaal het uitgangssignaal steeds rond de $I(\max)$ aan het oor wordt aangeboden.

4-6.2.6 Het type toestel.

Als een patiënt al ervaring heeft met een hoortoestel kan daar op ingespeeld worden.

Bij een eerste aanpassing zal zelden voor een kasttoestel gekozen worden. Argumenten kunnen zijn: een zeer grote versterking, een zeer zwakke motorische vaardigheid om het toestel te bedienen, een geluidsaanbod via een beengeleider wegens vochtige oren.

Menige patiënt wil een zo klein mogelijk toestel. De beperking van het In-Het-Oor (IHO) toestel ligt bij de relatief kleine versterking (maximaal c.a. 40 dB) en/of het lage maximale uitgangsvermogen. Het schaalteje moet de gehoorgang echter toch goed afsluiten omdat microfoon en telefoon op geringe afstand zijn geplaatst. Dit kan bezwaarlijk zijn zowel vanwege het occlusie effect t.a.v. het horen van de eigen stem als vanwege reacties in de afgesloten ruimte. Metname bij geleidingsverliezen liggen hier ernstige contra-indicaties. Positieve aspecten zijn:

- de plaats van de telefoon dicht bij het trommelvlies, waardoor de hoge tonen beter overgedragen worden,

- de plaats van de microfoon in de gehoorgang. Dit betekent: geen belasting achter het oor, beter richtinghoren en minder windgeruis.

Enkele discutabele overwegingen kunnen zijn:

- een geringere zichtbaarheid
- bedieningsgemak

Een nadeel is:

- het ontbreken van de luisterspoel tenzij gekozen wordt voor het (relatief wel zichtbare) concha-toestel.

Over het algemeen kan bij een eerste kennismaking met een hoortoestel het beste met een oorhanger begonnen worden. Een belangrijke overweging is dat de onervaren slechthorende niet weet wat van het toestel te verwachten is. Het omruilen van een oorhanger is veel minder kostbaar dan van een Inhet-oor toestel. Bovendien zijn de mogelijkheden van afstellen met instel schroefjes of filtertjes of ventingkanaal groter.

4-6.3 Het overzicht over de beschikbare toestellen.

In het voorgaande is besproken hoe de audiometrische gegevens aanwijzingen geven voor de karakteristieke grootheden van het toe te passen toestel. De keuze die daarna gemaakt moet worden uit het grote aanbod van alle verschillende toestellen op de Nederlandse markt is danook geen sinecure. Hiervoor zijn inmiddels echter goede handreikingen voor de voorschrijver beschikbaar. Systematisch gerangschikte overzichten van het grote aanbod van hoortoestellen maken het mogelijk op eenvoudige wijze enkele geschikte toestellen te kiezen.

Zonder naar volledigheid te streven willen wij er enkele noemen:

- Door Entermid is een aanzet gegeven voor een programma waarmee, op grond van in te voeren audiometrische gegevens, suggesties worden gedaan voor toestellen van verschillende merken.
- De Fenac ontwikkelde het OBLX overzicht (zie hoofdstuk 6 en 7) voor alle hoortoestelmerken die aangesloten zijn bij GAIN (het samenwerkingsverband van de hoortoestelfabrikanten en importeurs)
- Binnenkort komen de samenwerkende fabrikanten met het Noah programma.
- Philips geeft een eenvoudig selectie programma voor eigen toestellen.
- Widex heeft een instelcomputerprogramma voor de Quattro.
- Het Pics-programma geeft aanwijzingen voor de Phonak toestellen.
- Siemens heeft een aanpasprogramma voor de geavanceerde toestellen.
- Bij de M4 wordt een Quick-fit programma op de computer geleverd.
- Bernafoon heeft een selectie module voor eigen toestellen

Voor enkele computerprogramma's geldt dat na het invoeren van de vereiste audiometrische gegevens niet alleen suggesties gedaan worden voor enkele te proberen toestellen maar ook worden instellingen aangegeven voor de

afregelmogelijkheden van de desbetreffende toestellen. Dergelijke programma's zijn gebaseerd op een door deskundigen ontwikkelde aanpasregel (Pogo, NAL e.d.). Enkele computerprogramma's geven de aanpasser de mogelijkheid een keus te maken uit diverse beschikbare aanpasregels. Voor een inzicht in de achtergronden van deze regels verwijzen wij naar hoofdstuk 7-2.

De laatste tijd komen er steeds meer programmeerbare hoortoestellen beschikbaar. In hoofdstuk 5 worden de verschillende soorten besproken. Deze toestellen hebben als voordeel dat er meer parameters ingesteld kunnen worden; dit soms in combinatie met verschillende programma's. Het instellen van deze geavanceerde toestellen wordt in snel tempo gemakkelijker dankzij de ontwikkelingen van intelligente computerprogramma's. De prijzen liggen duidelijk hoger dan van standaard toestellen. Het optimaal benutten door de slechthorende van de aangereikte mogelijkheden vereist inzicht in audiologische en akoestische factoren. Om deze redenen is een keuze voor deze toestellen vooral geïndiceerd voor die patiënt waarbij een gewone aanpassing niet lukt en/of bij patiënten die in veel wisselende akoestische omstandigheden verkeren. Een nadeel van dit soort toestellen is dat de patiënt steeds moet afwegen welk programma het beste zal zijn. Dit kan leiden tot een doorlopend hiermee bezig zijn. In feite is dit in strijd met het ideaal namelijk dat het toestel de gehoorstoornis zo goed mogelijk ondervangt en geen aandacht of bijstelling zou moeten behoeven.

Wat dit laatste betreft verdienen toestellen de voorkeur die met een automatische sterkte regeling en zonder bedienbare volumeregelaar een optimale ondersteuning kunnen leveren. Helaas blijkt dit niet bij alle slechthorenden tot een bevredigend resultaat te leiden. Wel bieden deze toestellen goede mogelijkheden voor slechthorenden die motorisch gehandicapt zijn of die om andere redenen niet goed in staat zijn zelf het toestel te bedienen.

Ongetwijfeld zullen op korte termijn diverse noviteiten in deze serie op de markt komen. Het selecteren en optimaal instellen van de mogelijkheden van de programmeerbare en geavanceerde toestellen vereist momenteel een extra tijdsinvestering en deskundigheid van de aanpasser. Bij indicatie valt te overwegen de slechthorende voor het aanpassen van deze geavanceerde toestellen voorlopig nog te verwijzen naar een AC.

4-6.4 Het met de patiënt selecteren van een hoortoestel.

Met nadruk zij gesteld dat met behulp van deze regels en programma's een eerste selectie van in aanmerking komende toestellen gemaakt kan worden maar dat de slechthorende zelf de gelegenheid moet hebben te beoordelen welk toestel voor hem of haar het meest geschikt is. Door twee of drie

toestellen met een optimale instelling aan de patiënt te laten horen krijgen zowel de slechthorende als de aanpasser een eerste indruk welk toestel de voorkeur krijgt en wat het eerste effect is.

Hiervoor moet de aanpasser de beschikking hebben over een aantal toestellen in een zogenaamde proefset. Deze set moet enkele toestellen uit elke te onderscheiden klasse (zie 6 bijlage A) bevatten en bij voorkeur moet een aantal verschillende merken daarin vertegenwoordigd zijn. De samenstelling van de proefset zou tot stand kunnen komen in overleg met het Audiologisch Centrum in de regio.

Bij de proefaanpassing zal meestal gebruik gemaakt zijn van een confectie oorstukje: een oorspeentje. De audiciens zal zorgen voor het maken van het maatoorstukje. Omdat het geluids aanbod van het hoortoestel via het oorstukje verloopt en dit een essentiële invloed heeft op de geluidswaergave, kan het optimaliseren van het hoortoestel niet gebeuren zonder dat een goed passend en op maat gemaakt oorstukje beschikbaar is (6-3 en 7-4).

Alvorens de slechthorende een proef met een hoortoestel te doen starten is het belangrijk dat door de voorschrijver, op grond van de audiometrische bevindingen, wordt uitgelegd wat er redelijkerwijze van te verwachten is. Overtrokken verwachtingen moeten wel leiden tot teleurstelling en bij onvoldoende verwachting zal het hoortoestel tijdens de proefperiode geen serieuze kans krijgen om het nut te bewijzen.

Uiteraard dienen bij de aanpassing ook de financiële consequenties van een aanschaf van een hoortoestel aan de orde gesteld te worden. De patiënt moet bij benadering weten waar hij aan toe is. Daarnaast is het nuttig de slechthorende er op te wijzen dat een door de audiciens op proef verstrekt toestel niet valt onder de WA-verzekering en dat het verstandig kan zijn het toestel tijdens de proefperiode te verzekeren tegen verlies en diefstal.

Een belangrijke overweging voor de voorschrijver moet zijn of de patiënt de komende periode van ongeveer zes jaar daar goed mee geholpen zal zijn. Het is niet verstandig concessies te doen als het gaat om de primaire functie van het hoortoestel. Een en ander moet uiteraard gerelateerd worden aan de lichamelijke en geestelijke toestand van de patiënt.

4-6.5 Het voorschrift aan de audiciens voor een proefperiode.

Het toestel dat het meest geschikt lijkt te zijn wordt door middel van een recept of voorschrift aan de audiciens doorgegeven. Bij een verantwoorde aanpassing dient de kno-arts in het recept aanwijzingen te geven om welk oor het gaat en om welk toestel met vermelding van merk, type en afstellingen betreffende maximale output en frekwentie karakteristiek alsook het beoogde type oorstukje en de diameter van het eventuele venting kanaaltje.

De audicien maakt dan het maatoorstukje en geeft het hoortoestel voor een proefperiode mee aan de patiënt.

Belangrijk zijn goede contacten met de audicien(s) in de regio zodat zij op de gewenste wijze meewerken aan de hoorrevalidatie. Gedurende de proefperiode zal de slechthorende met vragen of moeilijkheden naar de audicien gaan die, zo nodig na ruggespraak met de kno-arts, een oplossing zal verzorgen. Om de audicien in staat te stellen in de revalidatie mee te denken is het nuttig het recept vergezeld te doen gaan van de relevante audiometrische gegevens. In goed overleg kunnen dan afspraken gemaakt worden over de begeleiding tijdens de proefperiode waarin de slechthorende ervaring opdoet met het voorgeschreven toestel.

Om verscheidene redenen is het niet aan te bevelen steeds alle patiënten naar dezelfde audicien te verwijzen. Natuurlijk staat voorop dat de patiënt vrij is in de keuze van zijn audicien, maar meestal wordt de specialist wel om advies gevraagd. Indien er niet om bepaalde redenen een voorkeur bestaat en er geen duidelijk kwaliteitsverschillen zijn, is het een goed uitgangspunt te verwijzen naar de audicien die voor de patiënt vanuit zijn woning het gemakkelijkst bereikbaar is. Op deze wijze krijgt men ook een goede spreiding over een bepaald rayon. De audicien kan de voorschrijver waardevolle informatie geven omtrent reparatiegevoeligheid, service van de fabrikant etc.

De beoordeling van het effect van het toestel zal door de slechthorende in zijn eigen leefomstandigheden moeten gebeuren. In feite moet de patiënt zelf deskundig worden en ervaring opdoen. Daartoe wordt het toestel door de audicien ter beschikking gesteld gedurende de zogenaamde proefperiode. Deze duurt minimaal twee weken en maximaal drie maanden, dit laatste in verband met afname verplichting van de audicien tegenover de fabrikant-importeur van het toestel.

De audicien zal de patiënt de bediening van het toestel uitleggen en de vaardigheid oefenen om het maatoorstukje in het oor aan te brengen. Hij is in de proefperiode het eerste aanspreekpunt voor de patiënt indien er problemen rondom de aanpassing zijn ontstaan.

4-7. DE EVALUATIE NA DE PROEFPERIODE.

Het essentiële moment in de hoorrevalidatie is de evaluatie na de proefperiode. Teneinde de slechthorende te beschermen tegen een te grote commerciële invloed van de audicien is het nodig dat de kno-arts deze controle in eigen beheer doet. Hier geldt dat om op effectieve wijze leiding te

kunnen geven aan het hoortoestel aanpassen, de kno-arts zelf daarin ervaring zal moeten opdoen en onderhouden.

De centrale vraag is of de klachten waarmee de patiënt zich in eerste instantie presenteerde zo goed mogelijk zijn gereduceerd. Vaak zal het uiteindelijk resultaat niet als perfect worden beleefd. Als beoordelingsnorm geldt dat met een toestel niet méér bereikt kan worden dan het gestoorde gehoor aan mogelijkheden biedt. Het optimaal benutten van die mogelijkheden vereist echter wel een goede kennis van de oor-fysiologie, de audiologie, de mogelijkheden van de beschikbare hoortoestellen en psychologisch inzicht. Als de resultaten niet optimaal lijken te zijn of voor de slechthorende onbevredigend blijven kan een beroep gedaan worden op de expertise van het Audiologisch Centrum in de regio.

Het verslag dat de slechthorende uitbrengt (na een proefperiode met het hoortoestel en het gemaakte oorstukje in de eigen leefsituatie) moet aan de aanpasser informatie verstrekken of het resultaat al of niet bevredigend is. Het is vaak heel nuttig als de voorschrijver even het toestel van de patiënt beluistert om een indruk te krijgen of het goed functioneert. Het komt voor dat een patiënt zeer tevreden is met een toestel dat een lege batterij blijkt te bevatten of terecht ontevreden is over een toestel dat het geluid kwalitatief slecht aanbiedt.

Bij de beoordeling dienen aspecten als pasvorm van het oorstuk, mate van versterking, aangenaam klinken van geluiden (en vooral ook de eigen stem), het spraakverstaan in rustige omgeving alsook in rumoer, begrenzing, maximale uitgangsvermogen en dergelijke aandacht te krijgen. Dit kan het beste door systematisch een checklist af te werken.

Vragenlijst voor de controle na proefperiode.

- Hoe is het toestel bevallen tijdens de proefperiode?
- Bent u tevreden over de resultaten of is het tegengevallen?
- Zijn uw gezinsleden tevreden over het resultaat met het toestel?
- Klinken de geluiden met het toestel normaal?
- Hebt u met het toestel hinder van harde geluiden?
- Klinkt met het toestel uw eigen stem normaal?
- Past het oorstukje goed?
- Piept het toestel wel eens, zo ja wanneer?
- Kunt u met het toestel de gezinsleden goed verstaan?
- Kunt u met het toestel de nieuwslezer op de TV goed verstaan?
- Kunt u met het toestel de telefoon verstaan?
- Wanneer draagt u het toestel?
- Hoeveel uur per dag is dat?

Het gaat allereerst om de algemene indruk van patiënt en eventuele partner. Niet tevreden zijn kan veroorzaakt worden door te hoge verwachtingen of door het tekortschieten van het toestel. Met behulp van de woordenlijst van het spraakaudiogram kan een score van het spraakverstaan in stilte gemeten worden als maat van het bereikte resultaat.

- De klank van geluiden moet bij voorkeur natuurlijk zijn, maar na een lange periode van niet goed horen van de hoge tonen kan de optimale geluids aanpassing in eerste instantie scherp klinken. Een goed horen van de hoge tonen is essentieel voor het goed onderscheiden en verstaan van (spraak)klanken. Daarom moeten niet te lichtvaardig concessies worden gedaan aan het prettig klinken. Anderzijds wordt een toestel met een onprettig geluid niet of nauwelijks gedragen. Aanpassingen van de klank van het geluid zijn mogelijk met de toonregeling, modificaties van het oorstuk en met toonbochtjes op het toestel (zie hoofdstukken 6 en 7).

- Hinder van harde geluiden is één van de ernstigste factoren die het toestelgebruik beperken.

- Als allerlei geluiden wel goed klinken maar de eigen stem niet dan wijst dit op een te goed afgesloten zijn van de gehoorgang, het z.g. oclusie-effect. Een ventilatiekanaaltje in het oorstukje (met grotere diameter) kan hier verbetering geven. Een te grote diameter kan echter weer fluitproblemen veroorzaken!

- Een oorstukje moet glad gepolijst zijn om geen irritatie van de huid te veroorzaken en voldoende afsluiten om rondfluiten bij de vereiste versterking te voorkomen. Als bij fluitproblemen de oplossing gezocht wordt in verlaging van de versterking of van het maximale uitgangsvermogen of in een wegfilteren van de hoge tonen dan zijn dat absoluut onjuiste benaderingen van het probleem.

- De verstaanbaarheid van de televisie blijkt een belangrijke graadmeter te zijn voor het subjectief ervaren nut. Bij specifieke problemen hierbij bestaan er hulpmiddelen zoals een ringleiding en infra-rood apparatuur die voor een belangrijk deel vergoed worden door de AWBZ (zie 14-2). Het is bijzonder nuttig in de spreekkamer ter demonstratie over deze faciliteit te beschikken.

- Het verstaan van de telefoon blijft vaak een moeilijke zaak, hiervoor zijn ook hulpmiddelen beschikbaar (zie 14-2).

- Informatie over het gebruik in de verschillende situaties is uiteraard van cruciaal belang om te kunnen besluiten of de hoortoestelverstrekking als zinvol is aan te merken.

Bij de evaluatie na de proefperiode dient wel bedacht te worden dat een hoortoestel een minuscule geluidversterker is die uit een zeer kleine luidspreker een grote geluidsdruk aan het oor moet aanbieden. De geluidskwaliteit, met name voor muziek, valt vaak tegen. Een goede hoofdtelefoon op een versterker met een goede toonregeling werkt vaak veel beter.

Klachten als "Wel horen maar niet kunnen verstaan", "Niet kunnen verstaan in grotere gezelschappen" behoeven niet direct geïnterpreteerd te worden als bewijs voor een foute toestel keuze, vaak zal een onvermogen van het resterende gehoor om deze hoorfuncties goed te vervullen een rol spelen. De selectiviteit van het gehoor kan sterk verminderd zijn. Het harder zetten van het toestel werkt in zo'n situatie vaak averechts. Goede voorlichting aan de patiënt, zowel bij de indicatiestelling als bij het aanpassen is essentieel. Om objectieve informatie te verkrijgen over de mogelijkheden van het gehoor op dit onderdeel kan het spraakverstaan in lawaai gemeten worden met en zonder toestel (De z.g. zinstest van Plomp en Mimpen).

Als er essentiële wijzigingen worden doorgevoerd betreffende het in de proefperiode beoordeelde toestel dient, na een vervolgproufperiode, opnieuw een evaluatie door de voorschrijver plaats te vinden. Een vereiste verfijning van de aanpassing kan complex en tijdrovend zijn. Hier spelen de deskundigheid en ervaring van de aanpasser en ook de ervaring van de patiënt een grote rol. Wanneer patiënt klachten blijft houden die niet goed te plaatsen zijn verdient het aanbeveling het AC in de regio te consulteren.

Wanneer de resultaten wel ongeveer optimaal maar desalniettemin mager zijn en de communicatie moeizaam blijft verlopen, dient overwogen te worden andere hulpmiddelen of methoden te laten benutten. Communicatie training, spraak-afzien en/of aanvullende technische hulpmiddelen kunnen goede aanvulling geven naast de gestoorde waarneming van geluid. Voor trainings- en begeleidingsactiviteiten kan ook het AC benaderd worden.

4-8. HET BESLUIT TOT VERSTREKKEN VAN HET TOESTEL.

Als met de slechthorende na de proefperiode geconstateerd wordt dat

- het voorgeschreven toestel aan de redelijkerwijs te stellen eisen voldoet,
- het geluid normaal en prettig wordt ervaren,
- het bereikte spraakverstaan overeenkomt met het optimale resultaat zoals bekend op grond van het audiometrisch onderzoek,

zal de patiënt geadviseerd worden over te gaan tot aanschaf van het toestel. De verzekeringen vragen dan een verklaring van de voorschrijver dat het toestel het (meest) geschikte is, alvorens een deel van de aanschaf kosten te vergoeden.

De verzending van dit bericht verloopt niet via de audicien maar deze moet wel mededeling krijgen dat verstrekking van het toestel is aangevraagd opdat zijn nota door hem ingestuurd wordt. De voorschrijver dient op de hoogte te zijn van de geldende vergoedingsregels, de verschillen per regio en verzekering zijn soms groot.

Het is goed met de patiënt afspraken te maken over de stappen die kunnen worden ondernomen bij problemen rondom zijn gehoor en/of hoortoestel. Medische zaken horen thuis bij de kno-arts of de huisarts, technische zaken horen uiteraard in eerste instantie thuis bij de audicien. Het is nuttig dit even met de toesteldrager te bespreken want veel slechthorenden durven niet bij herhaling naar de audicien te gaan omdat zij ervaren dat zij lastig gevonden worden. De kwaliteitsbewaking van de revalidatie blijft primair de taak van de voorschrijver.

5. TECHNISCHE MOGELIJKHEDEN VAN HOORTOESTELLEN.

W.A. Dreschler

5-1. TYPEN HOORTOESTELLEN.

5-1.1 Luchtgeleidingshoortoestellen.

De ouderwetse akoestische hoorns hebben als hoortoestel niet alleen hun charme, maar bezitten ook opvallend goede eigenschappen, o.a. een prima richtingsgevoeligheid. In dit hoofdstuk willen wij ons echter volledig wijden aan de elektronische hoortoestellen. Technische ontwikkelingen hebben zich vooral gericht op een verdergaande miniaturisering van de verschillende componenten. Hoortoestellen zijn in principe opgebouwd uit de volgende onderdelen (zie figuur 5-1):



Figuur 5-1: Overzicht van de opbouw van een hoortoestel.

- Een **ontvanger** of een microfoon, die het te versterken geluid opvangt. Hiervoor worden uitsluitend nog elektreet-microfoons toegepast, die klein zijn en voor frekwenties tot 6kHz een ongeveer gelijke gevoeligheid bezitten.
- Een **versterker**, die het opgevangen geluid versterkt. De versterker kan steeds verder worden verkleind, hetgeen in veel gevallen nauwelijks ten koste hoeft te gaan van de akoestische eigenschappen. Naast selectieve versterking van bepaalde frekwentiegebieden kunnen in de versterker niet-lineaire schakelingen worden opgenomen, o.a. ten behoeve van compressie en ruis-onderdrukking.

- Een **weergever**, meestal een hoortoestel-telefoon maar soms ook een beengeleider (zie 5-1.2), om het geluid aan te bieden aan de slechthorende. Nieuwe technische ontwikkelingen hebben geleid tot een gedeeltelijke integratie van versterker en telefoon (klasse D versterkers).
- Een **energiebron** of batterij om de elektrische voeding te verzorgen. Ook de miniaturisering van de batterij heeft in belangrijke mate bijgedragen aan het steeds kleiner worden van hoortoestellen. Dit heeft echter wel grote invloed gehad op de capaciteit en de bijkomende kosten, zoals staat uitgewerkt in Bijlage 5-A.

Voor de aansluiting van het hoortoestel op het oor wordt in de regel een oorstukje gebruikt. De wijze van uitvoering van het oorstukje kan in belangrijke mate het effect van het hoortoestel beïnvloeden en is daarom van essentieel belang (zie hoofdstukken 6-3 en 7-4).

De meest voorkomende soorten hoortoestellen zijn het kasttoestel, het achter-het-oor toestel (aho) en het in-het-oor-toestel (iho). Deze toesteltypen hebben ieder specifieke voor- en nadelen, die kort staan samengevat in tabel 5-1.

Tabel 5-1: Enkele voor- en nadelen per toesteltype

	voordelen	nadelen
kasttoestel	<ul style="list-style-type: none"> - grote versterking - goede bedienbaarheid - goedkoop, ook in gebruik - verschillende telefoons - gebruik handmicrofoon 	<ul style="list-style-type: none"> - cosmetisch niet fraai - kledingruis - plaats microfoon - snoertje is kwetsbaar
achter-het-oor toestel (aho)	<ul style="list-style-type: none"> - stereo mogelijk - kleine aho's fraai 	<ul style="list-style-type: none"> - fluitproblemen - zichtbaarheid
in-het-oor toestel (iho)	<ul style="list-style-type: none"> - cosmetisch fraai - stereo mogelijk - plaats microfoon - betere overdracht van de hoge frekwenties 	<ul style="list-style-type: none"> - fluitproblemen - max. versterking gering - windruis - cerumen-problemen - geen (sterke) luisterspoel

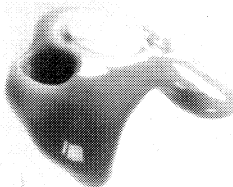
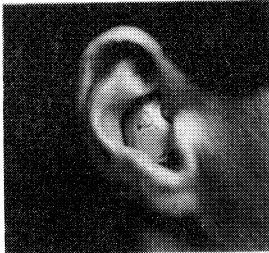
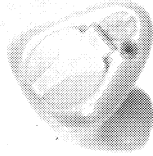
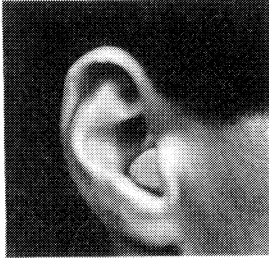
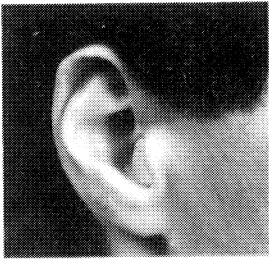
Het **kasttoestel** wordt op de borst gedragen, waarbij een snoertje zorgt voor de verbinding naar de hoortoestel-telefoon, die door middel van een oorstukje in de oorschelp is geplaatst. Deze uitvoering heeft enkele nadelen, onder andere van cosmetische aard. Echter, het kasttoestel maakt door de grote afstand van de microfoon tot het oor een grote versterking mogelijk, is goed bedienbaar en kan in omgevingslawaai als handmicrofoon gebruikt worden. Voor tweezijdige aanpassingen worden er meestal twee telefoons

aangesloten op hetzelfde kasttoestel; de binaurale aanpassing.

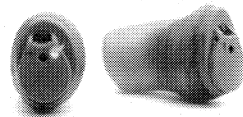
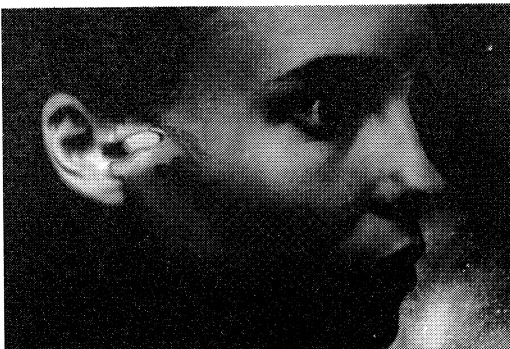
De **aho** heeft als belangrijkste voordeel, dat de microfoon op een natuurlijker plaats zit, waardoor door middel van twee toestellen een echte stereo aanpassing mogelijk wordt. De aho is in de regel ruim instelbaar. Boven de 50 dB versterking worden er hoge eisen gesteld aan de pasvorm van het oorstukje om fluitproblemen te voorkomen.

Bij de **iho** zit de plaats van de microfoon zelfs binnen de oorschelp. Dit geeft goede mogelijkheden voor stereo-aanpassing, maar door de plaats van de microfoon kunnen al bij lagere versterking fluitproblemen optreden. Daarom zijn iho's niet geschikt voor slechthorenden met grote gehoorverliezen. Bij lichtere verliezen zijn er echter zowel cosmetische als audiologische voordelen. Ook zijn de instelmogelijkheden de laatste jaren sterk verbeterd. Het is wel lastig om in de proefperiode van merk te veranderen omdat dan meestal een nieuw oorschaaltje moet worden gemaakt. Iho's kunnen worden onderverdeeld in toestellen, die de gehele concha vullen (concha-toestellen) en toestellen, die geheel in de gehoorgang geplaatst worden (kanaal-toestellen, mini-iho's of miho's), zie figuur 5-2. Naar produktie-wijze kan een nadere indeling worden gemaakt. Geheel modulaire toestellen behoeven na het verlaten van de fabriek nog slechts door een maatoorstukje te worden omsloten. Bij semi-modulaire toestellen dienen de telefoon en de versterker-module apart in het oorschaaltje te worden gemonteerd. Bij individueel geproduceerde iho's worden alle componenten in het oorschaaltje samengesteld tot een hoortoestel.

Een belangrijk nadeel van het in-het-oor toestel is het resoneren van de eigen stem t.g.v. het occlusie-effect. Dit kan niet altijd met een beluchtingskanaaltje in het toestel kan worden voorkomen. Uit onderzoek is gebleken, dat dit effect vermindert bij een dieper schaal-tje, dat de gehoorgang afsluit in het benige deel van de gehoorgang. Miniaturisering heeft een **paratympanaan** hoortoestel mogelijk gemaakt, een hoortoestel dat in zijn geheel in het benige deel van de gehoorgang wordt geplaatst (zie figuur 5-3). Hiermee is het occlusie-effect aanzienlijk verminderd, terwijl ook andere typische iho-problemen zoals windruis en rondzingen bij het telefoneren zijn opgelost. Het paratympane toestel heeft ook duidelijke cosmetische voordelen. Voorlopig komt echter slechts een beperkt aantal slechthorenden voor een paratympanaan hoortoestel in aanmerking, omdat de gehoorgang ruim en recht moet zijn en het trommelvlies in perfecte staat. Andere nadelen zijn de hoge kosten van aanschaf en het ontbreken van een volumeregelaar.

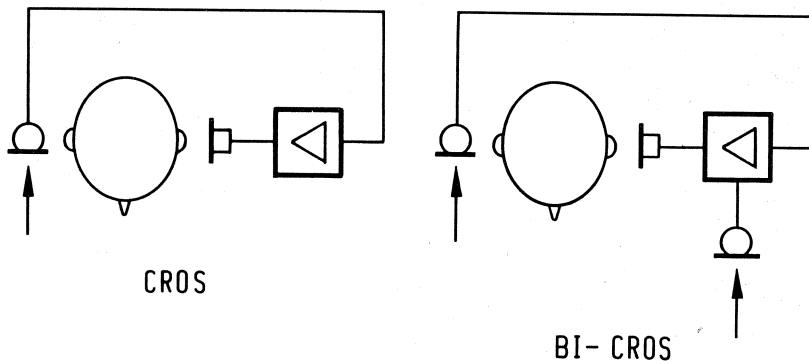


Figuur 5-2: Overzicht van de drie typen iho's: mini-ihó's (boven), low-profile ihó's (midden) en concha-toestellen (onder)



Figuur 5-3: Het paratympane in-het-oor toestel.

Bij slechthorenden met één doof of bijna doof oor kan een **CROS-aanmeting** ("Contralateral Routing Of Signals") worden toegepast als het andere oor nog goed is of een bicros-aanmeting als het andere oor slechthoerend is (zie figuur 5-4). Hierbij wordt het geluid aan de kant van het dove oor m.b.v. een (extra) microfoon opgevangen en - meestal via een snoetje langs de nek of een snoetje in een brilmontuur - overgebracht naar het andere oor. Indien het geluid van de kant van het betere oor niet versterkt wordt en direct via een open oorstukje het oor bereikt, spreken wij van CROS; indien ook voor dit geluid versterking wordt gebruikt spreken wij van biCROS. Tenslotte kan een CROS-aanmeting worden gebruikt om akoestische terugkoppeling (feedback) te voorkomen als er veel versterking nodig is: men spreekt dan van powerCROS.



Figuur 5-4: Schematische weergave van het principe van de CROS- (links) en bi(CROS)-aanmeting (rechts).

5-1.2 Beengeleidingshoortoestellen.¹

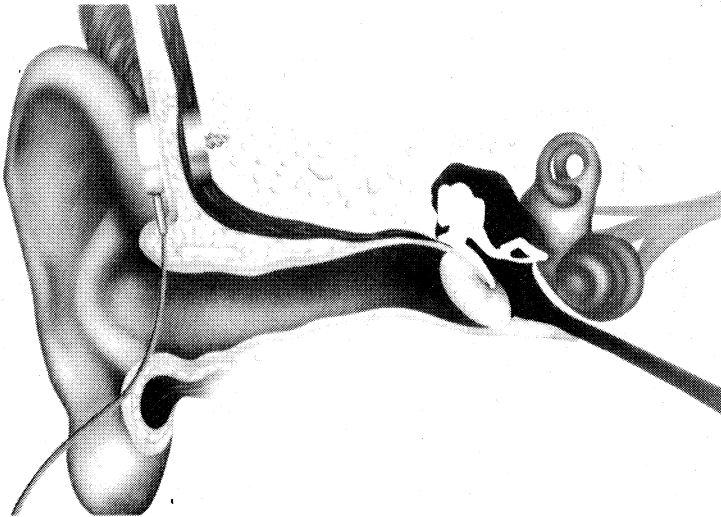
Een hoortoestel via de beengeleiding wordt toegepast indien een oor om medische redenen niet mag of kan worden afgesloten met een oorstukje. Dit kan zijn in verband met risico op (herhaalde) oorontstekingen of in verband met vergroeiingen van de gehoorgang. Bij dit type hoortoestel wordt het geluid via een oscillator op het rotsbeen overgebracht. Via de schedel komen de geluidstrillingen bij de cochlea. Er zijn drie mogelijkheden om de oscillator op de goede plaats te houden.

- Met behulp van een beugel die op het hoofd wordt geplaatst wordt een losse oscillator tegen het rotsbeen gedrukt. Als hoortoestel wordt meestal

¹ hoofdstuk 5-1.2 kwam tot stand i.s.m. ir. F. Jorritsma.

een kasttoestel gebruikt. Cochleaire verliezen tot ongeveer 45 dB kunnen op deze manier gecompenseerd worden.

- Een tweede oplossing is het inbouwen van het hele hoortoestel in de brilveer. De oscillator zit op het einde van de veer. Door de korte afstand tussen microfoon en oscillator gaat dit type toestel eerder rondzingen. Bij cochleaire verliezen boven 25 dB geeft deze oplossing onvoldoende versterking. Het voordeel van deze toepassing boven de beengeleiderbeugel is de mogelijkheid van een stereo aanpassing. Bij beide oplossingen moet de oscillator tegen het rotsbeen aangedrukt blijven. Dit levert vaak pijnklachten op en soms atrofie van huid en bot. Bovendien is de overdracht van de geluidstrillingen door de huid en het onderhuids vetweefsel niet erg efficiënt. De hoortoestellen moeten daardoor veel energie leveren en hebben daardoor weinig dynamiek.
- Sinds kort zijn er ook implanteerbare beengeleiderschroeven (zie figuur 5-5). Fixatie vindt plaats door een schroef in de schedel te implanteren. Bij de implanteerbare beengeleider van het **transcutane type** (Audiant) wordt de huid over deze schroef weer gesloten en vindt de koppeling naar een extern gedragen transducer inductief plaats. Bij de implanteerbare beengeleider van het **percutane type** (Bone Anchored Hearing Aid of BAHA) wordt het hoortoestel met een bajonetskoppeling op een in het rotsbeen geïmplanteerde schroef, het beenanker, gemonteerd. Het hoortoestel houdt zich als het ware zelf vast.



Figuur 5-5: Principe van een implanteerbare beengeleider, hier weergegeven voor het transcutane type. Het snoertje wordt aangesloten op een aho of kasttoestel.

Bij de implanteerbare beengeleiders geldt dat de drukpijn van de beugel of de brilveer wordt vermeden. De geluidstrillingen worden nu via een titaan implantaat op de schedel overgedragen, dit geeft vooral voor de hoge tonen een efficiëntere overdracht. Bij metingen blijkt dat vooral voor het percutane toestel de dynamiek groter is dan bij de eerder genoemde beengeleiderbril.

De transcutane beengeleider kan worden aangestuurd door een (fors) kasttoestel of een aho. In beide gevallen dient het cochleaire gehoorverlies niet hoger te liggen dan gemiddeld 25 dB bij 500, 1000 en 2000 Hz. De percutane beenankerhoortoestellen bestaan zowel als losse oscillator met een kasttoestel als een "bij-het-oor" hoortoestel. Bij de eerste oplossing is een cochleair verlies tot 60 dB te overbruggen, het "bij-het-oor" hoortoestel is geschikt voor cochleaire verliezen tot 45 dB. De kenmerken van de verschillende typen zijn samengevat in tabel 5-2.

Implanteerbare beengeleiders worden (nog) niet in stereo aanpassing gebruikt. Eerste pogingen van de ontwikkelaars van deze toestellen daartoe gaven een negatief resultaat; bovendien is de prijs een belemmering. Sinds 1994 is het uitwendige deel van de implanteerbare beengeleider in het 'Besluit Kunst- en Hulpmiddelen' opgenomen en wordt hiervoor (voorlopig) een vergoeding gegeven gelijk aan die voor een normaal hoortoestel. Op basis van de resultaten van een inmiddels afgesloten onderzoek binnen het Fonds Ontwikkelingsgeneeskunde zal de Ziekenfondsraad tot nadere voorstellen voor vergoeding komen.

Tabel 5-2: Enkele voor- en nadelen per type beengeleider

	voordelen	nadelen	max. cochleair verlies
kasttoestel met beengeleiderbeugel	- normale vergoeding - eenvoudige aanpassing	- drukpijn - beperkte dynamiek	45
beengeleider bril	- normale vergoeding - stereo mogelijk	- drukpijn - beperkte dynamiek	25
AUDIANT aho of kast	- geen drukpijn - implantaat met gesloten huid	- operatie nodig - beperkte dynamiek - vergoeding onzeker	25
BAHA bij het oor	- geen drukpijn - grotere dynamiek	- operatie nodig - vergoeding onzeker	45
BAHA met kast	- geen drukpijn - grotere dynamiek	- operatie nodig - vergoeding onzeker	60

5-2. EXTRA VOORZIENINGEN IN HOORTOESTELLEN.

5-2.1 Richtinggevoelige microfoons.

Een aantal toestellen kan worden uitgerust met een richtinggevoelige microfoon. Bij enkele toestellen is dit eenvoudig omschakelbaar door de slechthorende zelf. Door gebruik te maken van twee geluid-ingangen kan een zekere scheiding gemaakt worden voor geluiden afkomstig van voor en van achter het toestel. De effecten hiervan zijn groot in een reflectievrije ruimte. In de praktijk is het effect ten gevolge van reflecties echter aanzienlijk geringer. Immers, het gewenste effect treedt alleen op voor het directe geluid van de bron. In principe is het technisch mogelijk gebleken de richtinggevoeligheid op te voeren door gebruik te maken van meerdere microfoons. Door o.a. financiële en cosmetische problemen heeft dit helaas nog niet geleid tot een commercieel verkrijgbaar hulpmiddel.

5-2.2 De Luisterspoel.

Naast geluid-opvang door de microfoon kan bij veel toestellen een magnetisch ringleidingsveld als bron dienen. Hiervoor moet het toestel op de T-stand worden gezet voor ontvangst via de luisterspoel of op de MT-stand voor ontvangst via de luisterspoel bij een meestal teruggeregelde microfoon gevoeligheid. De overdrachts-karakteristiek van de luisterspoel behoort volgens IEC 118-1 te worden gemeten bij een constante veldsterkte van 10mA/m. Indien de specificaties zijn gebaseerd op 1mA/m zijn deze waarden 20 dB lager.

5-2.3 De audio-input.

Verder kan de microfoon worden uitgeschakeld ten gunste van ontvangst via de zogenaamde audio-input, een elektrische ingang waarop uitgangssignalen van radio of TV eenvoudig kunnen worden aangesloten. Deze aansluiting kan ook worden benut voor het gebruik van aparte microfoons en de koppeling met solo-apparatuur. De audio-input wordt in de regel gebruikt om een CROS of biCROS-aanpassing te realiseren.

5-2.4 De externe volumeregelaar.

Niet iedere slechthorende blijkt even goed in staat te zijn de volumeregelaar van het hoortoestel te bedienen. Als de behoefte aan versterking konstant mag worden verondersteld kan de volumeregelaar worden gefixeerd. Indien de slechthorende zelf de mate van versterking moet kunnen regelen kan gebruik worden gemaakt van een externe volumeregelaar. Maar steeds vaker wordt hiervoor de in hoofdstuk 5-3.2 beschreven afstandbediening toegepast.

5-3. PROGRAMMEERBARE HOORTOESTELLEN.

Naast de in hoofdstuk 5-1 gepresenteerde indeling van typen hoortoestellen is er een ontwikkeling in de richting van programmeerbare hoortoestellen. Het belangrijkste toepassingsgebied voor hoortoestel-programmering vindt men bij de aho en de iho. Soms worden programmeerbare hoortoestellen ten onrechte digitale hoortoestellen genoemd. Het gaat immers meestal om analoge hoortoestellen, die vanuit een digitale programmer of vanuit de computer kunnen worden geprogrammeerd. Een betere benaming is dan ook **digitaal programmeerbare analoge hoortoestellen**. Bij de meer complexe hoortoestellen (zie hoofdstuk 5-4) komt het ook wel voor dat een digitale regeling binnen het hoortoestel de bewerking van het analoge signaal beïnvloedt: **digitaal gecontroleerde analoge hoortoestellen**. Er is anno 1993 slechts één volledig (echt) digitaal hoortoestel op de markt, waarbij het signaal zelf van analoog naar digitaal wordt omgezet en na bewerking weer analoog wordt gemaakt (zie hoofdstuk 5-4.3).

5-3.1 Programmering door de aanpasser.

De eerste toepassing van digitale programmering van hoortoestellen is het gebruik van programmeerbaarheid ten behoeve van de aanpasser. Hierbij worden een programmeer-unit of een personal computer gebruikt als "electronische schroevendraaier": in plaats van handmatig de instellingen van het hoortoestel te veranderen vindt elektrische instelling van het toestel plaats, hetzij via een snoer hetzij draadloos via een zend/ontvang schakeling.

Programmering door de aanpasser heeft een aantal potentiële voordelen:

- Het aantal instelbare parameters wordt vergroot. Dit is voor complexe hoortoestellen een 'must'.
- Voor eenvoudiger hoortoestellen wordt het regelbereik vergroot. Bij kleine hoortoestellen helpt dit de beoogde miniaturisering. Maar het hoortoestel kan ook eenvoudiger worden bijgesteld als het gehoor na verloop van tijd verandert.
- Op den duur zal men hiermee het aantal hoortoesteltypen kunnen verminderen en dit zou kunnen leiden tot daling van de productie- en voorraadkosten.
- De instelling kan flexibel worden gewijzigd, terwijl het hoortoestel in het oor blijft. Dit maakt paarsgewijze vergelijking van verschillende instellingen eenvoudiger.
- De aanpasser behoudt een beter overzicht en kan eenvoudiger voorschrijfgels toepassen. Anderzijds is het gevaar aanwezig dat de aanpassing geheel of grotendeels door de computer wordt gedicteerd.

Een interessante vraag is wie het meeste profiteert van bovenstaande voordelen: de aanpasser of de slechthorende. Het valt niet objectief vast te stellen in hoeverre de kwaliteit van de aanpassing werkelijk vooruit gaat bij programmeerbare hoortoestellen. Bij verstandig gebruik van handmatig ingestelde toestellen is het verschil naar verwachting bescheiden. En tegenover de voordelen staan (nog steeds) een aantal nadelen als hogere kosten, een toegenomen batterij-verbruik en dikwijls meer eigen ruis.

Een punt van zorg is verder de grote verscheidenheid van de tot nu toe geïntroduceerde programmeringsmethodieken, zowel qua 'hardware' als qua 'software'. Ondanks enkele pogingen tot standaardisatie (Phox en PMC) is het aantal programmeringssystemen te groot om er de gemiddelde aanpasser overzichtelijk mee te laten werken. Bij ieder systeem van programmering is een betrekkelijk gespecialiseerde kennis nodig om met het systeem om te kunnen gaan. Sinds 1993 wordt actief gewerkt aan meer standaardisatie, te beginnen met de hardware-koppeling tussen een PC en een programmeerbaar hoortoestel. Hiertoe is het HIPRO-interface (Hearing Instrument PROGRAMmer) geaccepteerd door een tiental belangrijke hoortoestelmerken. Drie fabrikanten zijn nog een stap verder gegaan en hebben een software-platform in het leven geroepen om gestandaardiseerde aanpas-software voor de PC te ontwikkelen. Het eindproduct, NOAH, moet het werken met programmeerbare hoortoestellen van de drie merken uniform maken, al zal ieder merk zijn eigen "gezicht" houden.

5-3.2 Programmering door de gebruiker.

Een andere toepassing van programmeerbaarheid is de programmeerbaarheid ten behoeve van de slechthorende zelf. Naast het regelen van de versterking blijkt het zinvol als de slechthorende ook een aantal andere parameters van het hoortoestel kan beïnvloeden, zoals de frekwentiekarakteristiek, de begrenzing en de mate van compressie. Op deze wijze kan de verminderde flexibiliteit van het pathologisch gehoor worden gecompenseerd door vergrote flexibiliteit van het hoortoestel. Omdat de gemiddelde slechthorende niet over voldoende audiologische kennis beschikt om zijn eigen 'aanpasser' te zijn, zijn de verschillende instellingen ondergebracht in twee tot acht luister-programma's, die geschikt zijn gemaakt voor specifieke luistersituaties zoals een twee-gesprek, een groepsconversatie, spraakverstaan op straat en het luisteren naar muziek. Men spreekt van **meer-programma-hoortoestellen**, niet te verwarren met de in hoofdstuk 5-4 te bespreken **meer-kanaals hoortoestellen**.

Het kiezen van het voorkeurs-programma wordt meestal gerealiseerd met een afstandsbediening. Hiermee heeft de vroeger op kasttoestellen voorkomende N/H-schakelaar (die werd gebruikt als anti-lawaai schakelaar) een 'high-tech' opvolger gekregen. Een probleem kan zijn gelegen in de

aanpassing, omdat ieder programma een individuele afstemming vraagt, gebaseerd zowel op het gehoorverlies als op de akoestische eigenschappen van de beoogde luistersituatie. In wezen moeten twee tot acht verschillende hoortoestel-aanpassingen worden verricht. Hierbij kan uiteraard dankbaar gebruik worden gemaakt van een aantal in de computer opgeslagen vuistregels, in ieder geval als eerste benadering. Meer-programma hoortoestellen zijn dan ook altijd tevens programmeerbaar door de aanpasser. Het omschakelen levert soms echter problemen op.

Een voorbeeld van de wijze waarop de uitbreiding van de mogelijkheden voor aanpasser en gebruiker elkaar kunnen versterken is de 'datalogging techniek'. Hiermee wordt binnen een acht-programma toestel geregistreerd hoe vaak de slechthorende van programma wisselt en hoe lang ieder programma wordt gebruikt. De slechthorende heeft acht programma's tot zijn beschikking, terwijl de aanpasser nuttige informatie krijgt om de instelling van het hoortoestel te optimaliseren. Wel is het gewenst de slechthorende mee te delen dat hij door zijn eigen hoortoestel wordt geobserveerd.

5-4. COMPLEXE HOORTOESTELLEN.

Uit de hoofdstukken 5-1 en 5-3 blijkt reeds dat veel ontwikkelingen in het hoortoestel zich hebben geconcentreerd op miniaturisering en programmeerbaarheid. Deze ontwikkelingen laten onverlet dat er daarnaast permanent wordt gezocht naar methoden om de versterking in het hoortoestel zelf slimmer te maken. Een goede compensatie van het slechthorende gehoor is immers veel complexer dan simpel versterken. Naast handmatige aanpassingen door verandering van de versterking of de keuze voor een ander programma moet het toch mogelijk zijn een aantal aanpassingen automatisch te laten verlopen. De meeste automatische aanpassingen worden gerealiseerd met behulp van compressie-regelingen, die automatisch de versterking aanpassen. Dit kan worden toegepast om het gemiddelde uitgangsniveau ongeveer constant te houden, of om het maximale uitgangsniveau te begrenzen met een minimum aan vervorming. Deze schakelingen kunnen worden toegepast in zogenaamde meerkanaals-hoortoestellen, waarbij het mogelijk wordt om in verschillende frekwentiebanden verschillende (automatische) signaal-bewerkingen toe te passen.

5-4.1 Twee-kanaals hoortoestellen.

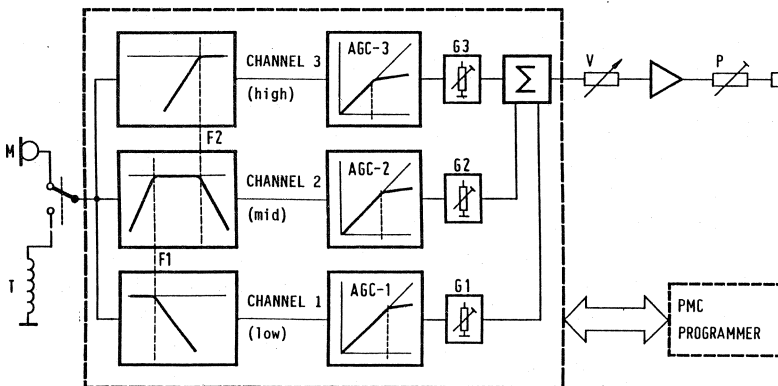
Oorspronkelijk zijn twee-kanaals hoortoestellen geïntroduceerd als een automatische regeling voor de klassieke anti-lawaai schakeling, die handmatig moest worden bediend. Door in het laag-frekwente kanaal compressie toe te passen werd een niveau-afhankelijke overdracht gereali-

seerd, waarbij de versterking voor de lage frekwenties relatief sterk afneemt voor hogere niveaus (zie figuur 6-6).

Verwarrend genoeg werd voor deze vorm van 'Automatic Signal Processing' de term "ASP-hoortoestellen" ingevoerd. Op dit moment zijn er vele andere signaalbewerkingen, die deze titel met minstens evenveel recht verdienen. De term 'Level Dependent Frequency Response' (LDFR) is dan ook meer op zijn plaats en in de Engelstalige literatuur worden drie klassen LDFR-hoortoestellen onderscheiden:

- type BILL (Bass Increases at Low Levels): de versterking van de lage tonen neemt af voor hogere niveaus, zoals hierboven.
- type TILL (Treble Increases at Low Levels): de versterking van de hoge tonen neemt af voor hogere niveaus.
- type PILL (Programmable Increases at Low Levels): de versterking van de of de lage of de hoge tonen neemt af voor hogere niveaus.

Al deze toestellen benutten één of meer traditionele vormen van compressie waarbij de versterking afneemt voor hoge ingangsniveaus. Er zijn echter ook mogelijkheden om juist de dynamiek bij lage ingangsniveaus te comprimeren. Deze vormen worden toegepast in zogenaamde 'K-amp' en 'Multifocus' schakelingen. De dynamiek wordt op een dermate "natuurlijke" manier gereduceerd dat een volume-regelaar op het hoortoestel niet meer nodig wordt geacht.



Figuur 5-6: Blokschema van een hoortoestel met drie-kanaalscompressie, programmeerbaar vanuit een Programmable Multi Channel (PMC) programmer.

5-4.2 Toestellen met drie-kanaals compressie.

Een verfijning op het twee-kanaals concept is het hoortoestel met drie-kanaals compressie. Er zijn een aantal theoretische voordelen te verwachten van meerkanaals hoortoestellen in het algemeen en van meerkanaals compressie in het bijzonder:

- Binnen iedere frekwentieband kan de bandbreedte en de mate van versterking zo worden ingesteld, dat de gewenste frekwentiekarakteristiek met grote nauwkeurigheid kan worden benaderd.
- Het maximale uitgangsvermogen kan (in principe) frekwentie-afhankelijk worden ingesteld.
- In iedere frekwentieband kan de mate van compressie (zie hoofdstuk 6-1.2 en 6-2.4) worden gekozen overeenkomstig de restdynamiek van de slechthorende voor de betreffende frekwenties.
- De compressie-regeling in een bepaalde band zal alleen worden geactiveerd door geluid in de betreffende frekwentieband. Zo zal laagfrequent stoorgeluid geen invloed meer hebben op de compressie van de hogere frekwenties.

Zoals blijkt uit het blokschema van figuur 5-6 vereist de instelling van een dergelijk hoortoestel wel vele keuzen, die een aparte aanpas-strategie noodzakelijk maken. Dit geldt in versterkte vorm voor die meerkanaals hoortoestellen, die tevens meer-programma toestellen zijn. Een programmeer-unit (zoals de Programmable Multi-Channel of PMC-programmer) is dan onmisbaar.

5-4.3 Toestellen met feedback reductie.

Bij het aanpassen van zwaar slechthorenden is het optreden van 'akoestische feedback' of rondzingen één van de grootste problemen. Rondzingen ontstaat als het geluid vanuit de gehoorgang weglekt, de microfoon weer bereikt en opnieuw wordt versterkt, waarbij de rondgaande versterking groter is dan 1. Ondanks de ontwikkelingen in oorstukjes-materialen (zie hoofdstuk 6-3) geldt nog regelmatig dat de gebruikte versterking niet wordt bepaald door de individuele versterkingsbehoefte, maar door de versterking waarvoor "nog juist geen rondzingen optreedt". Dit komt noch het spraakverstaan noch de geluidskwaliteit ten goede.

Recent is een hoortoestel geïntroduceerd met 'feedback equalization', een techniek waarbij de transmissieweg van oorstukje en hoortoestel continue wordt gemeten en er een soort 'anti-geluid' wordt gegeven zodra er kans is op akoestische feedback. Voor de bepaling van de transmissieweg is een testsignaal noodzakelijk, dat soms hoorbaar is als toestelruis. Verder vraagt deze techniek om een volledig digitaal hoortoestel, hetgeen kostbaar is zowel in aanschaf als in batterijverbruik. Daar staat tegenover, dat een 5 tot 10 dB hogere versterking kan worden gehaald voordat rondzingen begint op te treden.

BIJLAGE 5-A: DE BATTERIJ.

Voor een goede werking van het toestel is voldoende batterij-spanning noodzakelijk. Hoortoestellen werken gewoonlijk op batterijen met een spanning van ongeveer 1,3 V. In tabel 5-3 wordt een overzicht gegeven van de verschillende uitvoeringen, hun belangrijkste toepassingsgebied, de hoeveelheid opgeslagen energie en een ruwe indicatie van de prijs per lading-eenheid. De kosten in deze tabel zijn gebaseerd op uitvoeringen met kwik. Uit milieu-overwegingen is men helemaal overgeschakeld op gebruik van zink-lucht batterijen. In zink-lucht batterijen is zuurstof uit de omgeving een actieve component. Vanaf het moment van openen van het zegel begint de cel zich te ontladen, ook als er geen elektrische energie geleverd hoeft te worden. Echter, bij meer dan ongeveer 4 uren gebruik per etmaal is de levensduur langer dan van een overeenkomstige kwikcel. Het leveren van hoge vermogens is soms problematisch, zodat de sterkste toestellen soms toch met kwikcellen betere prestaties leveren.

Alle cellen geven een vrijwel constante spanning van 1,3 V totdat bijna alle chemische energie is omgezet in elektrische energie. De meeste toestellen houden vrij abrupt op te functioneren, zodra de spanning onder een kritische grens komt. Een enkel toestel is bovendien uitgerust met een controle lampje dat als batterij-tester dienst kan doen. Voor penlight batterijen, de 675-cel en de 13-cel bestaat er ook een oplaadbare alternatieven, accu's genoemd. Bij een frekwent gebruik is het met accu's mogelijk de batterijkosten te beperken, maar de beperkte capaciteit van de accu's maakt het noodzakelijk de accu's in het hoortoestel veel vaker te verwisselen dan bij batterijen het geval is. Dit vraagt een grote discipline en maakt sommige slechthorenden onzeker, omdat hun accu's er binnen korte tijd mee op kunnen houden.

Tabel 5-3: Overzicht van kwik-oxyde en zink-lucht batterijen voor hoortoestellen met een indicatie van de gemiddelde lading in mAh en een ruwe indicatie van de kosten per mAh.

type	formaat (in mm)	belangrijkste toepassing	lading kwik (mAh)	lading zink-lucht	kosten per 100 mAh
penlight	14,0 x 5,0	kast	2400	-	f. 0,13
675	11,6 x 5,4	aho	240	400	f. 0,75
13	7,9 x 5,4	mini aho	85	130	f. 1,25
312	7,9 x 3,6	iho	40	70	f. 2,60
230 / A10	5,9 x 3,6	mini iho	-	50	f. 5,60

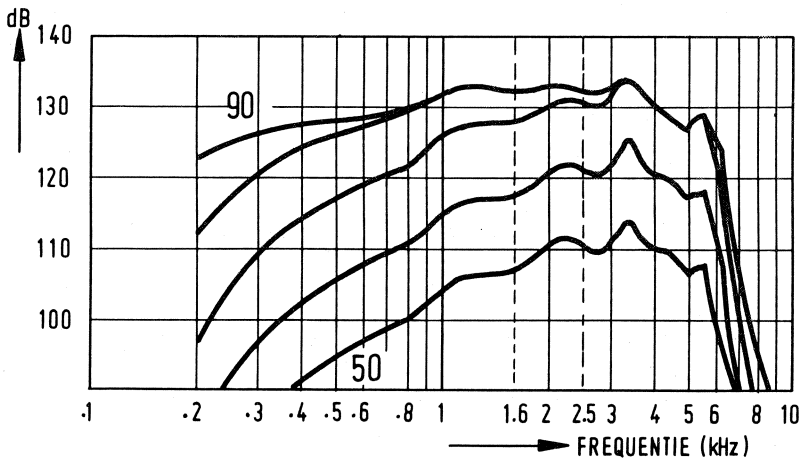
6. SPECIFICATIE EN CLASSIFICATIE VAN HOOR-TOESTELLEN.

W.A. Dreschler

6-1. TECHNISCHE SPECIFICATIE VAN HET HOORTOESTEL.

6-1.1 Basis-eigenschappen.

Om bij een bepaald gehoorverlies een geschikt hoortoestel te kunnen vinden is het van essentieel belang om van ieder toestel enkele basis-eigenschappen vast te leggen. In de eerste plaats gaat het hierbij om de versterking, die het hoortoestel kan leveren. In de regel zal de versterking afhankelijk zijn van de frekwentie van het aangeboden geluid. Daarom wordt de versterking afgeleid van een **amplitude-frekwentie karakteristiek**, kortweg **frekwentie-karakteristiek** genoemd, gemeten met een toon waarvan de frekwentie verandert en de sterkte gelijk blijft (toonswaai). Verder is belangrijk te weten hoeveel geluidenergie er maximaal door het toestel kan worden afgegeven: het **maximale uitgangsvermogen**. Benadrukt moet worden, dat het bij de metingen van de maximale versterking en het maximale uitgangsvermogen om essentieel verschillende informatie gaat: bij lineaire hoortoestellen zijn de gegevens over de versterking slechts geldig totdat het maximale uitgangsvermogen wordt bereikt. Zodra dit het geval is treedt de begrenzing van het hoortoestel in werking en neemt de versterking af. De meetresultaten zijn sterk afhankelijk van het niveau van het ingangssignaal.

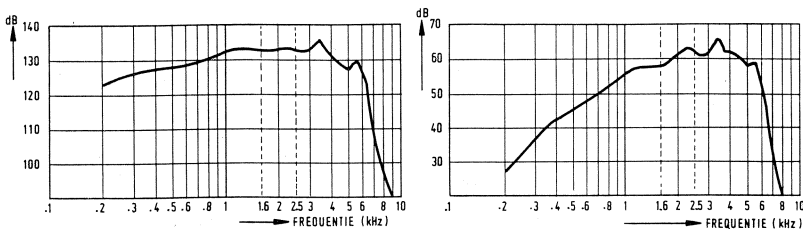


Figuur 6-1: Curvenschaar van amplitude-frekwentie karakteristieken met de geluidsdruk aan de ingang als parameter, in 10 dB stappen oplopend van 50 tot 90 dB SPL.

In Figuur 6-1 zijn de frekwentiekarakteristieken weergegeven voor toonzwaaien van een telkens 10 dB hoger ingangsniveau. Voor lage ingangsniveaus verschuiven de uitgangscurven ook telkens 10 dB. Voor hogere ingangsniveaus echter wordt het uitgangsniveau begrensd door het maximale uitgangsvermogen en is de verschuiving geringer: de versterking blijft relatief achter voor een steeds groter deel van het frequentiegebied. Bij niet-lineaire toestellen met compressie is de niveau-afhankelijkheid nog sterker aanwezig.

Voor de beschrijving van de akoestische eigenschappen van een hoortoestel en de invloed van de instel-regelaars daarop, zijn eenduidig keuzen nodig. De basis-eigenschappen van een hoortoestel worden als volgt gespecificeerd:

1. het **maximale uitgangsvermogen**, gedefinieerd als de frekwentiekarakteristiek voor een toonzwaai met een ingangsniveau van 90 dB bij maximale versterking van het hoortoestel: de OSPL-90-curve (Output Sound Pressure Level bij 90 dB, zie figuur 6-2.a).
2. de **maximale versterkingscurve**, eveneens gemeten bij maximale versterking, maar met een toonzwaai van 60 dB, tenzij de begrenzing ('peak clipping' of compressie) bij dit ingangsniveau al geactiveerd wordt (zie figuur 6-2.b).



Figuur 6-2: Basis-metingen aan een hoortoestel: het maximale uitgangsvermogen (links) en de curve van de maximale versterking (rechts).

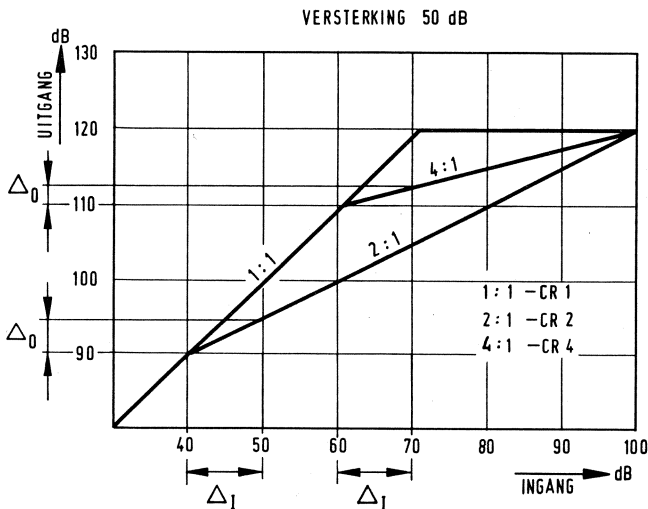
3. de **nominale frekwentiekarakteristiek**, gemeten voor hetzelfde ingangssignaal van 60 dB of lager, maar bij een meer bij de praktijk aansluitende versterking (de referentie test versterking).²

² De referentie test versterking is gedefinieerd als de instelling van de volumeregelaar die bij de referentietest frequentie (meestal 1600 Hz) een toon van 60dB versterkt tot een uitgangsnivo, dat 15dB onder de OSPL-90 waarde voor die frequentie ligt.

Bij alle metingen dient tevens de stand van de instel-regelaars te worden vermeld. Daarnaast is het belangrijk om de kwaliteit van het hoortoestelgeluid vast te leggen met behulp van metingen van de vervorming van het geluid en de eigen ruis van het hoortoestel.

6-1.2. Eigenschappen van compressie-regelingen

Naast de mogelijkheden om de basis-eigenschappen van een hoortoestel in te stellen bestaan er compressieregelingen en regelingen voor ruis-onderdrukking. Het feit, dat deze regelingen blijkbaar andere eigenschappen dan basis-eigenschappen regelen komt niet omdat zij minder belangrijk zouden zijn, maar omdat niet-lineaire regelingen niet tot de "klassieke" regelingen behoren. Een onplezierig gevolg daarvan is dat het effect van deze regelingen minder eenvoudig kan worden aangegeven in de basis-karakteristieken. De basis-karakteristieken dienen te worden gemeten met een toonzwaai die te zacht is om op enig punt de compressie-schakeling te activeren. De compressie zelf wordt meestal gedocumenteerd m.b.v. zogenaamde ingangs-uitgangs karakteristieken (zie figuur 6-3).

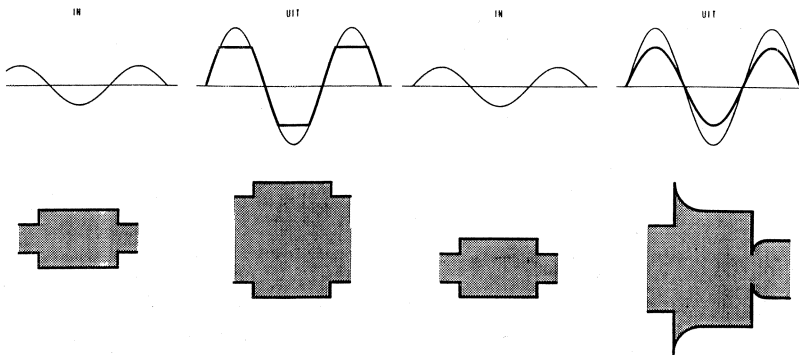


Figuur 6-3: Ingangs-uitgangs karakteristieken voor een hoortoestel met instelbare compressie-verhouding (CR).

De ingangs-uitgangs karakteristieken geven het verband tussen in- en uitgangsniveau voor aangehouden zuivere tonen (meestal bij 1600 of 2000 Hz). Belangrijke parameters zijn de compressie-verhouding (CR) en het niveau, waarbij de compressor begint te werken: de compressie-drempel. Het gedrag voor breedbandige signalen kan niet zonder meer worden

afgeleid uit de ingangs-uitgangs karakteristieken. Nog ingewikkelder is het om te voorspellen hoe de compressie-regeling zal omgaan met dynamische signalen, omdat dit sterk afhankelijk is van de snelheid van de compressie-regeling.

Het voordeel van compressie is, dat voor stationaire signalen de golfvorm behouden blijft. Immers, alleen de mate van versterking wordt aangepast. Het nadeel van compressie is, dat voor dynamische veranderingen de schakeling even tijd nodig heeft om te reageren (in- en uitregeltijden) en er daardoor transiënt-vertorming ontstaat (zie figuur 6-4). In de bovenste rij wordt aangegeven wat begrenzing betekent voor de golfvorm van een sinussignaal aan de ingang. In het uitgangssignaal zou zonder begrenzing het dun getekende signaalniveau worden bereikt. Door begrenzing wordt het uitgangssignaal gereduceerd tot het dik getekende signaal, waarvan de golfvorm bij 'peak clipping' duidelijk is vertormd. De onderste rij geeft weer wat de begrenzing betekent voor de omhullende van het signaal: compressie verandert de vorm van de omhullende ten gevolge van in- en uitregeltijden.



Figuur 6-4: Overzicht van de relatie tussen ingangs- en uitgangs-signalen bij begrenzing door 'peak clipping' (links) en compressie (rechts).

Een compressie-regeling kan automatisch de versterking aanpassen aan het binnenkomend of uitgaand signaalniveau. De snelheid waarmee dit gebeurt is afhankelijk van het doel waarvoor men compressie wil gebruiken:

- Trage compressie-regelingen met regeltijden boven de 50 msec worden toegepast om het "long-term" gemiddelde niveau ongeveer constant te houden: zogenaamde **AVC**-regelingen (Automatic Volume Control).
- Snelle compressie-regelingen met regeltijden van 10 tot 50 msec worden toegepast om de niveau-verschillen van opeenvolgende spraakelementen te beïnvloeden ter verbetering van de spraakverstaanbaarheid: zogenaamde **syllabische compressie**.
- Zeer snelle compressie-regelingen met regeltijden kleiner dan 10 msec worden toegepast om het oor te beschermen tegen hoge piek-niveaus; zogenaamde **compressie limiters**. Hierbij wordt in de regel gebruik gemaakt van een hoge compressie-verhouding ($CR > 5$).

6-1.3. Gestandaardiseerde kunstoren.

De werking van het hoortoestel op het oor van de slechthorende is sterk afhankelijk van individuele factoren, zoals o.a. het oorstukje (zie hoofdstuk 6-3). Toch dienen wij voor de selectie van een toestel ten behoeve van de aanmeting en voor technische controle-metingen aan de toestellen te beschikken over een soort gemiddeld gedrag van ieder type hoortoestel. Daartoe kan het geluid uit een hoortoestel worden gemeten met behulp van een gestandaardiseerd kunstoor (coupler).

Voor metingen bij de technische controle van het hoortoestel kan volstaan worden met de traditionele 2-cc coupler, zoals beschreven in de internationale norm IEC-126. In een nieuwere norm (IEC-711) wordt een meer geavanceerde coupler beschreven, de zogenaamde "Occluded Ear Simulator" of O.E.S.. Het gedrag van de O.E.S.-coupler komt dankzij de hierin opgenomen resonantieholtes gemiddeld beter overeen met het akoestische gedrag van het oor van een volwassen mens, indien afgesloten met een oorstukje. Het is wenselijk en waarschijnlijk, dat de aanpas-gegevens in de toekomst vooral gebaseerd zullen worden op de O.E.S.-metingen, terwijl de 2-cc coupler in gebruik zal blijven voor de technische controle. De verschillen tussen 2-cc metingen en O.E.S.-metingen kunnen per toestel variëren; de voornaamste verschillen treden op vanaf 1 kHz, waar het uitgangsniveau voor de O.E.S.-coupler 5 tot 15 dB hoger kan liggen dan voor de 2-cc coupler. Het is echter van wezenlijk belang te beseffen, dat het effect in het individuele oor ook ten opzichte van de meer geavanceerde O.E.S.-coupler aanzienlijk kan afwijken van het gemiddeld effect, zoals voorspeld door de coupler-metingen.

6-2. INSTEL-MOGELIJKHEDEN VAN HET HOORTOESTEL.

Ondanks het grote aanbod van verschillende hoortoestellen is binnen vrijwel ieder toestel nog een keur van instellingen mogelijk. In aansluiting op de basis-eigenschappen, zoals hierboven geformuleerd, zijn er regelingen om de maximale versterking terug te regelen en zogenaamde toonregelingen, die de vorm van de frekwentiekarakteristiek beïnvloeden. Hoewel deze regelingen niet altijd onafhankelijk van elkaar zijn zullen ze wel als zodanig worden besproken.

6-2.1 Instellen van het maximale uitgangsvermogen.

Bij begrenzingsregelingen is het doel het beperken van het maximale uitgangsvermogen. In de meeste toestellen kan dit alleen frekwentie-onafhankelijk gebeuren, zodat de curve van het maximale uitgangsvermogen in zijn geheel daalt, zie figuur 6-5.a. De klassieke manier waarmee deze begrenzing kan worden gerealiseerd heet "peak-clipping". Hierbij worden uitgangsniveaus boven een ingestelde waarde begrensd tot het maximum. Een moderne manier om dit te regelen is een uitgangsafhankelijke compressie-regeling.

6-2.2 Instellen van de maximale versterking.

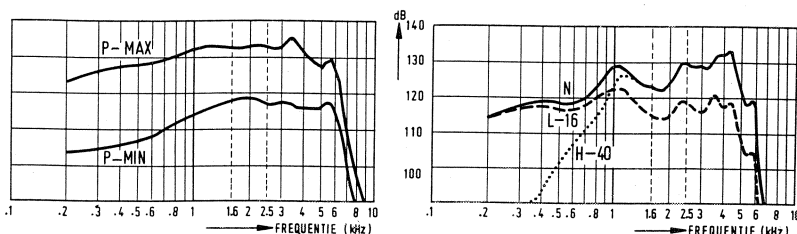
In een aantal toestellen wordt automatisch de maximale versterking gereduceerd als de begrenzing wordt ingesteld. Bij andere toestellen werkt de regeling van de maximale versterking onafhankelijk van de begrenzing. Dit biedt voordelen in gevallen waarin de benodigde versterking en de maximaal toelaatbare geluidsdruk geen gelijke tred houden. Ook voor het tegengaan van akoestische terugkoppeling kan een aparte versterkingsregeling van nut zijn.

6-2.3 Instellen van de frekwentiekarakteristiek.

Met toonregelingen of filteringen kan men de vorm van de frekwentiekarakteristiek beïnvloeden, waarbij de versterking in de lage of hoge frekwenties wordt verminderd. Meestal kan deze vermindering worden ingesteld tussen 0 en 6 dB/octaaf vanaf een vast knikpunt. Indien het regelbereik groter is spreekt men van een actieve toonregeling. Soms is ook de plaats van het knikpunt instelbaar.

Ongelukkigerwijs wordt de regeling van de lage frekwenties meestal de H-regeling genoemd, omdat met een zogenaamd high-pass filter wordt geregeld hoeveel en vanaf welke frekwentie het signaal wordt doorgelaten. Volgens dezelfde filosofie wordt de regeling van de hoge frekwenties de L-regeling genoemd, want hierbij wordt met een low-pass filter geregeld hoeveel en tot welke frekwentie het signaal mag worden doorgelaten.

Verder is het goed gebruik om het instelbereik van de toonregelaars aan te geven in de frekventiekaracteristiek (zie figuur 6-5.b). De toonregeling heeft in principe geen invloed op de curve van het maximale uitgangsvermogen. Alleen wordt voor de frekventies waarbij de versterking is afgenomen het maximale uitgangsvermogen pas voor hogere ingangsniveaus bereikt.



Figuur 6-5: Invloed van de begrenzingsregeling op het maximale uitgangsvermogen (links) en het effect van de toonregeling op de frekventiekaracteristiek (rechts).

6-2.4 Instellen van de compressie.

De momenteel verkrijgbare hoortoestellen hebben in het algemeen een zeer korte inregeltijd en een uitregeltijd tussen de 10 en 50 msec met uitzondering van de anti-lawaaï schakelingen, die een langere uitregeltijd hebben omdat zij als AVC-regeling worden toegepast. In slechts enkele hoortoestellen kunnen de in- en uitregeltijden van de compressor door de aanpasser worden ingesteld. Een bepaalde toepassing van compressie zal dan ook meer bepalend zijn voor de keuze van het toestel dan voor de keuze van de instelling. Ook de compressie-verhouding is slechts bij uitzondering instelbaar. De meest voorkomende instel-parameter van de compressie is de compressie-drempel. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen uitgangs- en ingangs-afhankelijke compressie:

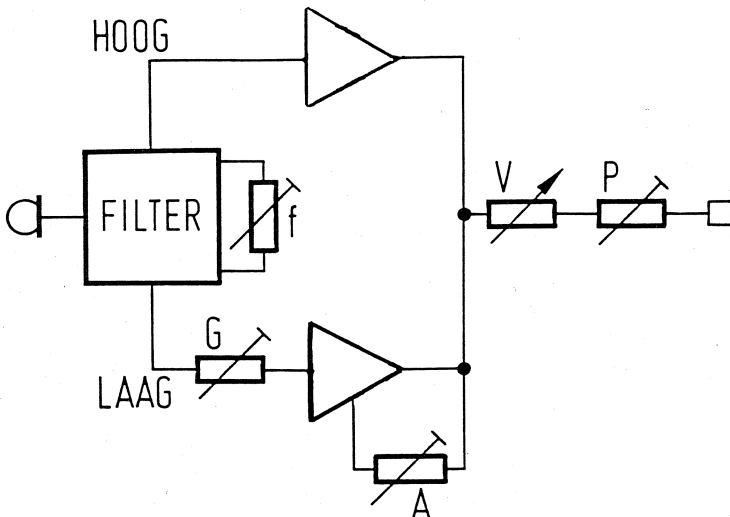
- Bij uitgangs-afhankelijke compressie of **AGC-O** wordt de instelling van de compressie-regeling bepaald door het uitgangsniveau. De compressie-drempel wordt ingesteld op een vast uitgangsniveau.
- Bij ingangs-afhankelijke compressie of **AGC-I** wordt de instelling van de compressie-regeling bepaald door het ingangsniveau. De compressie-drempel wordt ingesteld op een vast ingangsniveau.

Het belangrijkste audiologische verschil is de interactie met de volumeregelaar. Bij AGC-O ligt de compressie-drempel ongeacht de stand van de volumeregelaar bij een vast uitgangsniveau: dit lijkt een ideale situatie voor een compressie-schakeling, die gebruikt wordt als compressie-limiter. Bij

AGC-I bevindt de compressie-drempel zich ongeacht de stand van de volume-regelaar bij een vast ingangsniveau: dit lijkt een ideale situatie voor een compressie-schakeling, die gebruikt wordt als AVC-regeling of als syllabische compressie.

6-2.5 Instellen van de ruis-onderdrukking.

Zoals beschreven in hoofdstuk 5-4.1 kan automatische aanpassing van de karakteristiek worden gerealiseerd door een compressie-schakeling apart op het laag-frekvente deel van het spectrum te laten werken (zie figuur 6-6). Het resultaat is een adaptief filter, dat zich aanpast aan de aard en het niveau van het ingangssignaal. Bij een dergelijk hoortoestel is dikwijls de scheidingsfrequentie (f) tussen de twee frekwentiebanden instelbaar, evenals de compressie-drempel (A) en de versterking (G) van het laag-frekvente kanaal. Bij hoortoestellen met 3-kanaals compressie kan de compressie-drempel per frekwentieband worden ingesteld (zie hoofdstuk 5-4.2).



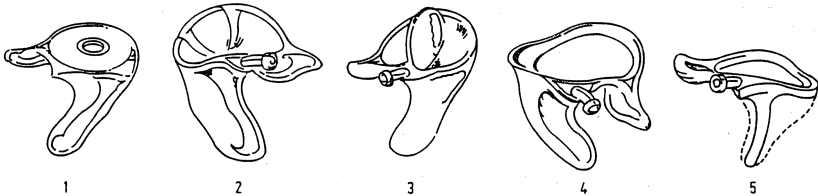
Figuur 6-6: Een twee-kanaals toestel met compressie-regeling (A) tegen lawaai. Scheidingsfrequentie f en laag-frekvent versterking G kunnen vaak apart worden ingesteld.

6-3. HET OORSTUKJE.

6-3.1 De aansluiting van het hoortoestel op het oor

Een oorstukje is noodzakelijk voor de aansluiting van het hoortoestel op het oor. Bij een kasttoestel hoeft alleen de telefoon aan het oorstukje bevestigd te worden (zie figuur 6-7, nr.1). Bij een aho wordt het gehele toestel met

een verbindingsslang aan het oorstukje bevestigd (figuur 6-7, nr.2-5). Bij de iho vormt het oorschaaltje een integraal onderdeel van het toestel zelf (zie figuur 5-2).



Figuur 6-7: Enkele typen oorstukjes: kasttoestel oorstuk (1), dichte charmefoon voor oorhanger (2), idem met handgreep (3), open charmefoon (4) en IROS- of CROS-oorstukje (5).

6-3.2 De afdichting van het oor.

Een tweede essentiële functie van het oorstukje is dat het een afdichting van de gehoorgang kan vormen om akoestische terugkoppeling te voorkomen. Akoestische terugkoppeling ontstaat als het geluid vanuit de gehoorgang de microfoon weer bereikt en opnieuw versterkt in de gehoorgang komt, zodat de rondgaande versterking groter dan 1 wordt. Theoretisch is een goed afsluitend oorstukje hiervoor de beste oplossing. In de praktijk kan echter niet ieder oor even goed afgesloten worden, o.a. bij kaak-bewegingen en bij de noodzaak van beluchting. Juist bij iho's is dit een probleem, dat de toepasbaarheid van deze toestellen beperkt. Bovendien treedt bij iho's eerder mechanische terugkoppeling op ten gevolge van contactgeluid.

6-3.3 Beïnvloeding van het geluid door het oorstukje.

Het oorstukje is in belangrijke mate bepalend voor de uiteindelijke eigenschappen van het hoortoestel, aangesloten op het oor. Het oorstukje kan zelfs bewust worden gebruikt om akoestische veranderingen tot stand te brengen, die met de instelmogelijkheden van hoofdstuk 6-2 niet of maar ten dele mogelijk zijn. Door een geschikte keuze van o.a. de slanglengte en de slangdiameter en het toepassen van beluchtingskanaaltjes, zgn. hoorn-boringen (Libby-horn of Bakke-horn, zie figuur 7-1), resonantieholtjes en filtertjes kan men de frekwentie-karakteristiek op allerlei manieren beïnvloeden. Tabel 6-1 geeft een schematisch overzicht van de effecten van een aantal mogelijkheden om een bestaand niet-geventileerd oorstukje te modificeren.

Tabel 6-1: Mogelijke modificaties op een bestaand ongeventileerd oorstukje en hun effect op de akoestische overdracht, aangegeven als een sterke of zwakke toename van de versterking (+ + of +), een ongeveer gelijk blijvende versterking (0) of een sterke of zwakke afname van de versterking (-- of -) in het aangegeven frekwentiegebied.

MODIFICATIES	tot 1kHz	van 1 tot 3 kHz	boven 3 kHz
eenvoudig			
horn-boring	-	0	++
parallel venting >0.8 mm	--	0	0
Y-venting > 0.8 mm	--	0	-
venting vergroten	--	0	0
laag-af filter	--	0	0
etymotisch filter	0	--	0
hoog-af filter	0	-	--
moeilijker			
kanaallengte korter	-	0	+
kanaaldiameter groter	-	0	++
ingewikkeld			
resonantieholte geluidkanaal	locale ++		
resonantieholte ventingkanaal	locale --		

6-3.4 Het eigene van de geluidsbeïnvloeding door het oorstukje.

Het voornaamste verschil met de in hoofdstuk 6-2 genoemde regelaars is, dat bij modificaties in oorstukjes niet alleen de frekwentiekarakteristiek wijzigt, maar dat ook het maximale uitgangsvermogen frekwentie-afhankelijk beïnvloed wordt. Dit is een verschil met de beschreven toonregelaars, die in principe geen invloed hebben op het maximale uitgangsvermogen. Dit is ook een verschil met de beschreven begrenziings-regelaars, die slechts frekwentie-onafhankelijke werken. Een nadeel is, dat de grootte van het effect moeilijk voorspelbaar is.

6-3.5 Materiaalsoorten voor het oorstukje.

Er kunnen verschillende materialen worden toegepast, variërend van hard acryl tot zeer flexibel bioflex. In het algemeen geldt, dat hoe zachter het materiaal, des te meer kans op irritaties, des te moeilijker schoon te houden, des te korter de levensduur, maar des te beter de afsluiting. Bij harde oorstukjes kan verglazen, verzilveren of vergulden helpen tegen allergische reacties. Bij iho-schaaltjes kan het nuttig zijn een zogenaamd anti-slip laagje aan te laten brengen, indien het hoortoestel te los in de gehoorgang zit.

6-4. CLASSIFICATIE VAN HOORTOESTELLEN.

De complexiteit van de hoortoestel-gegevens heeft geresulteerd in een indeling in klassen. Men moet zich hierbij realiseren dat veel toestellen dankzij de instelregelaars in meer dan één klasse ondergebracht kunnen worden. Bovendien kan een classificatie, gezien de zojuist beschreven effecten van het oorstukje, nooit meer zijn dan een eerste benadering. Voor de eerste selectie is dit niettemin zinvol. Een belangrijke indelingsparameter is de maximale versterking. Hierbij verdient het de voorkeur niet te letten op de versterking voor één bepaalde frekwentie, maar op het gemiddelde van de maximale versterking voor meerdere frekwenties in het spraakgebied, bijvoorbeeld 1000, 1600 en 2500 Hz. Ook kan een indeling worden gemaakt naar de vorm van de frekwentiekarakteristiek in laag, midden of breedband en hoog. Deze indeling kan eventueel ook worden gemaakt op basis van de grensfrekwenties. Een belangrijke indelingsparameter is het maximale uitgangsvermogen, gemeten bij een ingangsniveau van 90 dB (de OSPL-90 curve). Conform IEC 118-10, gebaseerd op de O.E.S.-coupler, zijn er 5 categorieën: A (< 105 dB) t/m E (135 dB en hoger). Het besluit kunst- en hulpmiddelen van de Nederlandse overheid kent slechts één grenswaarde, die helaas nog op 2-cc metingen is gebaseerd: bij een maximaal uitgangsniveau van 130 dB of meer, gemeten op een 2-cc coupler, is de fabrikant verplicht de waarschuwing "Attentie hoog vermogen toestel" op te nemen in de documentatie en bij te sluiten bij het hoortoestel. Ook kunnen toestellen worden ingedeeld naar hun bouwwijze (grootte, richtinggevoelige of omni-gevoelige microfoon, enz). en naar de opbouw van de gebruikte schakelingen (push-pull, AGC-I of AGC-O, enz.).

Uit het bovenstaande mag worden afgeleid, dat er behoefte is aan diverse selectie-criteria en selectie-methoden in verband met de overmaat aan eigenschappen. Tot nu toe werken de meeste Audiologische Centra met zelf ontworpen overzichtsschema's. Een universele opslag van alle gegeven in een databank en het draaien van selectie-programmatuur op een computer lijkt echter meer voor de hand te liggen. Op initiatief van de FENAC is op het A.M.C. het **programma OBLX** ontwikkeld, een documentatie- en selectie-pakket dat vanaf 1994 landelijk zal worden verspreid. OBLX streeft er niet naar een aanpas-computer te zijn, maar is bedoeld om de aanpasser te ondersteunen in de selectie op basis van technische selectie-criteria. Deze criteria zijn overigens ten dele niet audiologisch van aard, omdat ook anatomische, ergonomische of cosmetische factoren van doorslaggevende betekenis kunnen zijn bij de definitieve keuze van een geschikt hoortoestel. Een globale beschrijving van OBLX is opgenomen in Bijlage 6-A. Hierbij is tevens een overzicht gevoegd van een aantal achter-het-oor hoortoestellen, geïnclassificeerd volgens OBLX.

BIJLAGE 6-A: Voorlopig overzicht volgens OBLX

OBLX is een documentatie en selectieprogramma, dat in opdracht van de FENAC op het Audiologisch Centrum van het A.M.C. is ontwikkeld door drs. M.J. Maré. Selectie van hoortoestellen gebeurt op technische criteria, waarbij gebruik wordt gemaakt van een classificatiesysteem. OBLX is vooral flexibel als softwarepakket, maar het programma genereert ook overzichten, die kunnen worden gebruikt voor 'handmatige' selectie. In deze bijlage is als voorbeeld een lijst van ruim 70 aho's opgenomen. Deze lijst is voorlopig, omdat tot nu toe slechts 6 merken deelnemen aan het systeem. Alle toestellen worden geklasseerd op grond van:

1. het soort hoortoestel: aho, kast, iho (concha) en iho (kanaal).
2. de eventuele processing: lineair, AGC-O, AGC-I, 3-kanaals etc.
3. het bereik van het maximale uitgangsvermogen, zowel in getalvorm als grafisch weergegeven.
4. het maximale uitgangsvermogen bij één bepaalde frekwentie.
5. de vorm van de frekwentiekarakteristiek: 'balans' van zeer laag (ZL) tot zeer hoog (ZH).
6. en grafische presentatie van de versterkingsklasse, variërend van zacht (Z) tot power (P).

De rangordening van de toestellen in deze lijst is naar maximale versterking.

Curven & Curve-klassen

Alle electro-akoestische eigenschappen die in OBLX zijn opgenomen, zijn bepaald volgens de IEC normen 118-0 en 711, hetgeen inhoudt dat de eigenschappen gemeten werden met de **Occluded Ear Simulator** (en dus niet met de 2cc coupler).

Informatie over een toestel is uiteraard niet compleet zonder zijn karakteristieken. De karakteristieken zijn in een zestal *curve-klassen* verdeeld:

Curve-klasse:	Beschrijving:
OSPL 90	Maximaal uitgangsvermogen bij 90 dB ingangssignaal.
Full-On Gain	Maximale versterking bij volumewiel maximaal.
Gain Toonregeling	Invloed van toonregeling op versterking bij referentie test volume stand.
Gain Toonbochtjes	Invloed van toonbochtjes op versterking bij referentie test volume stand.
Processing	Invloed van signaalbewerking (bv. ruisonderdrukking) op versterking/output.
Input/Output	Input/output karakteristiek.

Elk van deze klassen zal weer bestaan uit een aantal curven: bij één curve hoort één bepaalde instelling van het toestel. Op zijn beurt bestaat elke curve weer uit een serie meetpunten.

Kentallen

Voor elk toestel wordt een aantal parameters oftewel kentallen berekend. Deze parameters worden gebruikt om het toestel bondig te karakteriseren en om toestellen te classificeren.

De volgende tabel wordt weergegeven waar de diverse kentallen van worden afgeleid (bron) en in welke vorm u ze zult tegenkomen: als getal of geïnclassificeerd (bv. klein, middel, groot).

Naam	Bron	Vorm
Uitgangsvermogen	OSPL90 curven	getal
Max. Uitgangsvermogen	OSPL90 curven	getal
Balans	Gain toonregeling curven	geïnclassificeerd
Versterking	Full-on gain curven	geïnclassificeerd
Sterkte luisterspoel	Sterkte luisterspoel en Full-on gain curven	getal
Formaat	Lengte, breedte en hoogte	geïnclassificeerd

De gemiddelde maximale versterking wordt geïnclassificeerd in de volgende klassen: zacht (max. versterking < 50dB), medium (50 - 60 dB), Hard (60 - 70 dB) en Power (> 70 dB).

De Balans is een bondige karakterisering van de frekwentie karakteristiek. Bij de bepaling van de balans wordt gekeken naar twee gemiddelde niveau's van de gain curve (van de Gain toonregeling klasse): één lage frekwentie-band (333-1000 Hz) en één hoge (2000-6000 Hz). Uit deze twee waarden wordt een nieuw getal berekend: *balans* = (hoog-laag). Het getal dat hieruit komt wordt dan als volgt geïnclassificeerd: Zeer Laag (balans < -6), Laag (-6 tot +6), Midden (6 - 12), Hoog (12 - 24) en Zeer Hoog (> 24).

7. SELEKTIE VAN HET HOORTOESTEL.

J. Verschuure.

7-1. INLEIDING.

De centrale vraag bij de hoorrevalidatie is: hoe kom ik bij een bepaalde patiënt met een bepaald gehoor tot de keuze van een hoortoestel waarmee deze in zijn omstandigheden zo goed mogelijk kan functioneren?

In het verleden werd de selectie van een hoortoestel gezien als een kunst van de aanpasser. Uit ervaring koos men enkele toestellen, probeerde deze uit, paste de instellingen aan, vergeleek de resultaten en koos het beste toestel. Deze benadering is uitvoerig besproken in hoofdstuk 4. Een nadeel van deze methode is dat er veel onduidelijkheid was over de aanpasprocedure, dat de kennis omtrent de aanpassing slecht was over te dragen en dat veel tijd nodig was voor het steeds weer uitproberen van andere toestellen en andere instellingen.

Om aan deze tijdrovende en weinig bevredigende aanpak te ontkomen zijn er methoden ontwikkeld waarbij uit de audiometrische gegevens de gewenste karakteristiek van een toestel kon worden berekend. Vanwege gebrek aan kennis en inzicht zijn hiervoor meerdere methoden ontwikkeld. Bepalend voor de voorkeur voor een procedure zijn de ideeën van waaruit men werkt en welke audiometrische testen men gewoonlijk uitvoert.

In een aantal landen wordt weinig gebruik gemaakt van spraakaudiometrie of wordt spraakaudiometrie onbetrouwbaar geacht. Veelal heeft dit te maken met het ontbreken van standaardisatie of met de hoeveelheid tijd, middelen en mankracht, die men voor hoorrevalidatie uittrekt. Daarom zijn er allereerst selectie procedures of aanpasregels ontwikkeld op grond van het toonaudiometrisch onderzoek alleen. De meest bekende procedures zijn de half-gain rule volgens Lybarger (1963), de regels volgens Berger (Berger et al., 1977), de regels van Skinner & Pascoe (1981), de POGO (Prescription Of Gain and Output) regel (McCandless & Lyregaard, 1983) en de NAL (National Acoustic Laboratories, Australië) regels (Byrne & Tonisson, 1976; Byrne, 1987).

Voor de aanpassing op grond van spraak- en toonaudiogram zijn minder duidelijk omschreven regels. Ook hier geldt dat verschillen in uitgangspunten hebben geleid tot verschillende procedures.

Wij geven in Nederland de voorkeur aan aanpassing op grond van toon- en spraakaudiogram omdat het bij hoorrevalidatie vooral gaat om het verbeteren van de auditieve communicatie. De voordelen hiervan zijn dat

steeds een doelscore met hoortoestel bekend is: de maximale score uit het spraakaudiogram. Dit levert direct de mogelijkheid de kwaliteit van de aanpassing te kunnen controleren d.m.v. het testen met een gestandaardiseerde spraaklijst. Deze test is zowel bij de eerste aanpassing te gebruiken als bij de nakontrolé.

Indien men deze methode niet wil of kan toepassen, kan men gebruik maken van een van de methoden gebaseerd op het toonaudiogram. Deze zijn eveneens geschikt voor een eerste selectie van een mogelijk hoortoestel.

In dit hoofdstuk gaan we verder uit van het OBLX-systeem. Dit systeem is een klassifikatie van hoortoestellen naar versterking, frekwentie-karakteristiek, maximaal uitgangsnivo en andere eigenschappen. De indeling wordt beschreven in Hoofdstuk 6.

7-2. AANPASPROCEDURES OP GROND VAN HET TOONAUDIOMETRISCH ONDERZOEK.

7-2.1 Uitgangspunten.

Bij de ontwikkeling van al deze procedures gaat men er van uit dat de slechthorende alleen woorden kan verstaan indien de signalen volledig binnen de verkleinde hoorspan liggen. De hoorspan wordt begrensd door de verhoogde drempel en de vaak niet verhoogde onaangename luidheid. De geluiden moeten enerzijds versterkt worden zodat alle spraakinformatie hoorbaar is; anderzijds moet voorkomen worden dat geluiden te hard worden. Op grond hiervan zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd voor de berekening van de gewenste frekwentie karakteristiek, zoals:

- De karakteristiek dient overeen te komen met de helft van het verlies. Hierbij gaat men ervan uit dat de onaangename luidheid onveranderd blijft en dat het spraakverstaan optimaal is in het midden van de hoorspan; bij geleidingsverliezen gelden derhalve andere regels.
- De karakteristiek van het toestel dient overeen te komen met de nivo's van de aangename luidheid. Hierbij gaat men ervan uit dat dit het midden van de hoorspan is en leidt tot optimale plaatsing van de spraakinformatie binnen de hoorspan.
- De maximale luidheid van de pieken van spraak dienen niet uit te komen boven de onaangename luidheid. Dit legt met name nadruk op het voorkomen van onaangenaam luide signalen waarover veel patiënten klagen.
- De karakteristiek dient zodanig gekozen te worden dat zoveel mogelijk de frekwenties en intensiteiten van het normale spraaksignaal binnen de hoorspan worden gebracht; voor de afweging van het belang van de bijdragen van de verschillende frekwentiegebieden of intensiteitsgebieden kan de maximaal te behalen score van spraakverstaan worden uitgerekend

via een aangegeven procedure (b.v. de artikulatie index). Hierbij ligt de nadruk op het hoorbaar maken van de spraakinformatie zonder aannames over de aangename luidheid.

- In meerdere procedures wordt op de een of andere manier de berekende karakteristiek aangepast aan het gemiddelde spektrum van spraak.

Voor iedere van de genoemde procedures gelden een of meerdere van deze uitgangspunten.

Aan de genoemde procedures liggen nog enkele impliciete uitgangspunten ten grondslag. Een aantal hiervan willen we hier opsommen:

- Slechthorende patiënten wennen niet aan harde geluiden, waardoor de onaangename luidheid onveranderd en nauwkeurig op hetzelfde nivo blijft liggen.
- Signaaldelen boven de onaangename luidheidsdrempel dragen niet bij tot het spraakverstaan.
- Indien de luidheid boven de onaangename luidheid uitkomt, zal de patiënt weigeren het toestel te dragen.
- De verwerking van akoestische signalen binnen de hoorspan is normaal; dit betekent dat geen afwijkingen in frekwentie- en tijd-oplossend vermogen worden verondersteld; alles wat wordt gehoord wordt ook korrekt verwerkt en verstaan.
- Maximaal spraakverstaan wordt bereikt rond de aangename luidheid of halfweg tussen drempel en onaangename luidheid.

Er zijn nadrukkelijk bedenkingen tegen de omschreven uitgangspunten. De methoden die erop gebaseerd zijn, geven ondanks dat toch vaak een goede, eerste benadering van een gewenste karakteristiek.

De bezwaren zijn:

- Patiënten verkeren vaak in verschillende akoestische omstandigheden. Dit betekent dat bij de keuze van het toestel rekening gehouden moet worden met een aangepaste manier van praten door de omgeving en verschillen in stoorgeluiden. Zo zullen de akoestische omstandigheden voor iemand die als ziekenverzorger werkt (weinig stoorgeluid, zachte stemmen) anders zijn dan voor een winkelier (akoestiek afhankelijk van soort zaak, normale stemmen) of voor iemand die veel vergadert (richtinghoren, horen op afstand, door elkaar praten). We zullen de eigenschappen van de toestellen op deze verschillen moeten instellen. Verder zullen we de lage frekwenties wat minder moeten versterken indien er veel geluid producerende apparaten in de werk/school/thuis omgeving zijn.
- De procedures gaan uit van het feit dat de verwerking binnen de hoorspan normaal is. Bekend is echter dat de frekwentieselektiviteit van het slakkehuis, die een rol speelt bij de spraakanalyse, bij gehoorafwijkingen verminderd is en dat derhalve lage frekwenties de neiging hebben

hoge frekventies onhoorbaar te maken (**upward spread of masking**). Hoe sterk dit optreedt, verschilt van patiënt tot patiënt, ook al lijken de audiogrammen op elkaar. Dit kan betekenen dat bij veel versterking in de lage frekventies de eerste formant van klinkers zo hard wordt dat de tweede en hogere formanten niet meer waargenomen kunnen worden. Daarom moet de versterking in de hoge frekventies voldoende zijn.

- Bij het spraakverstaan in lawaaierige omstandigheden zijn uiteraard de verschillen tussen de spektra van spraak en storing van belang. Bij gelijke spektra blijken de hogere frekventies (rond 2 kHz) belangrijker te zijn voor het spraakverstaan in lawaai en in stilte dan de lagere frekventies (gebied rond 0,5 en 1 kHz). Daarom zullen patiënten met meer lawaai in hun omgeving (denk hierbij ook aan iemand die veelvuldig vergadert) meer versterking in de hoge frekventies nodig hebben. Onze ervaring is dat het spraakverstaan in lawaai als bepaald met de Plomp-zinnen, in gevallen met aflopende audiogrammen en voldoende hoge tonen versterking soms aanzienlijk verbetert door het dragen van een toestel (Verschuure & v. Benthem, 1993).
- De procedures zijn niet gerelateerd aan het spraakverstaan. Om te kijken of patiënt voldoende geholpen is zullen we zijn spraakverstaan moeten testen.
- De berekende versterking is steeds ongeveer de helft van het verlies. Onze ervaring is dat de ingestelde versterking van hoortoestellen beter te beschrijven is met 0,8 keer het verlies verminderd met 30 dB:

$$(G_{\text{gem}} = 0,8 * (H_{\text{gem}} - 30 \text{ dB})).$$

Deze formule levert voor kleine verliezen aanzienlijk minder gewenste versterking op en voor grote verliezen iets meer.

- De door de patiënt ervaren versterking wordt mede bepaald door de resonantie van open gehoorgang, Deze resonantie heeft een behoorlijke versterking van het geluid tot gevolg in de buurt van 3 kHz (gemiddeld ongeveer 18 dB). Dit effect verdwijnt wanneer het oor door een oorstukje wordt afgesloten. Deze resonantie verschilt sterk van patiënt tot patiënt. Met dit persoonlijk effect zal rekening gehouden moeten worden.

Het voordeel van methoden die op grond van het toonaudiogram een frekwentiekaracteristiek berekenen, is de mogelijkheid snel tot een redelijke en via objectieve methoden te verifiëren keuze van een hoortoestel te komen. Deze selectie kan dan ook in de computer geprogrammeerd worden. Het nadeel van een dergelijke procedure is dat de aanpassing onvoldoende rekening houdt met de verschillen in verwerking door het pathologische oor en met de verschillende akoestische omstandigheden waarin een individuele patiënt zich normaal bevindt. In feite berust het alleen op (te) beperkte audiologische gegevens.

Een gevaar voor de kwaliteit is dan ook het toegeven aan de verleiding de regels zonder nadenken toe te passen. Dit leidt enerzijds wel tot het verminderen van het aantal foutieve en zeer slechte aanpassingen maar anderzijds ook tot het verminderen van het aantal optimale aanpassingen, speciaal bij mensen die vanwege hun beroep of hun karakter het maximum uit hun gehoor willen of moeten halen. Zoals zo vaak geldt voor algemene regels, kan de toepassing ervan leiden tot een grijze eenheidsbrei indien we ophouden redelijk te denken en rekening te houden met bijzondere omstandigheden.

De verschillen komen voort uit de verkleining van de dynamiek van het gehoor. Ideaal zou een hoortoestel met compressie zijn. Dit toestel zou voor zachte geluiden een karakteristiek moeten hebben die overeenkomt met het (gespiegelde) verlies en voor harde geluiden niet moeten versterken (transparant moeten zijn) omdat hier geen versterking nodig is wegens het vrijwel ongewijzigde nivo van onaangename luidheid. Een dergelijk compressietoestel is recent ontwikkeld in de K-amp versterker maar heeft in laboratorium omstandigheden (Lippmann et al, 1981) tot gevolg gehad dat het spraakverstaan achteruit ging. De eerder genoemde aanpasregels zijn te zien als lineaire compromissen, lineair omdat dit het beste verstaan geeft en een compromis in de vorm van halve compensatie omdat hiermee gemiddeld wordt over twee uitersten.

7-2.2 Aanpasregels - procedures.

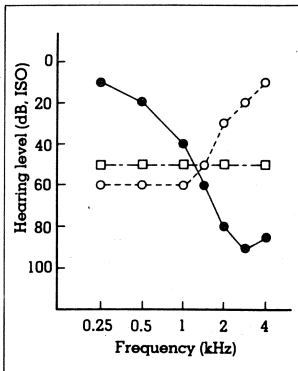
We willen in deze paragraaf één aanpasregel uitvoerig beschrijven. Het doel hiervan is inzicht te geven in de opzet en mogelijkheden van dergelijke procedures. Wellicht kan men nagaan in hoeverre de methode afwijkt van de tot nu toe door de lezer gehanteerde methode. Wij hebben gekozen voor beschrijving van de meest recente procedure, te weten de NAL regel uit 1987, omdat deze nadrukkelijk aangeeft hoe de aanpassing is te verifiëren. De beschrijving wordt gegeven als bijlage 1.

Wij blijven benadrukken dat het resultaat niet voor alle patiënten optimaal is en dus uitsluitend geschikt voor een eerste selectie. Uit een recent onderzoekje is wel gebleken dat ongeveer 70% van de patiënten uiteindelijk uitkomt op een instelling die niet al te veel afwijkt van deze NAL-regel.

Inmiddels zijn reeds computerprogramma's beschikbaar om uit het audiogram een gewenste karakteristiek uit te rekenen. Een voorbeeld hiervan is het programma PHASE IV, Program for Hearing Aid Selection and Evaluation van het Central Institute for the Deaf, St. Louis, USA. Dit programma berust op methode Skinner & Pascoe. Verder zitten er in sommige insertion gain apparaten die te koop zijn, programma's die volgens een of andere standaard regel een gewenste versterking berekenen. De

keuze voor een bepaalde procedure is meestal bepaald door het land van herkomst van apparatuur en procedure of door de commerciële mogelijkheden.

Ook andere methoden zouden gepresenteerd kunnen worden zoals de NAL methode in de bijlage. Deze leveren ons echter geen dieper inzicht op. Vanwege het grote aantal gepubliceerde procedures komt de vraag op hoe groot de verschillen tussen de procedures zijn. Byrne (1986) heeft hiervan een overzicht gegeven, waaruit we in Figuur 7-1 een voorbeeld geven.



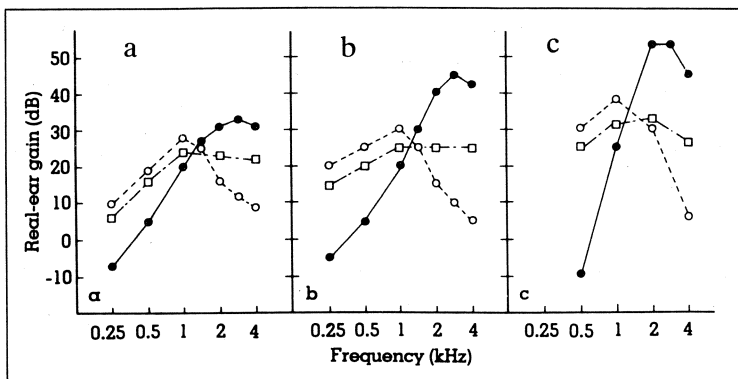
- - □ vlak
- - ○ lage-tonen verlies
- - ● hoge-tonen verlies

Figuur 7-1: Verschillen tussen de resultaten van diverse procedures.

De karakteristieken worden voor drie soorten audiogrammen (vlak, oplopend en aflopend) berekend m.b.v. de verschillende procedures. Deze staan in Figuur 7-2. Uit deze figuur wordt duidelijk dat er inderdaad behoorlijke verschillen zijn.

Deze verschillen hebben vooral betrekking op de verhouding tussen de versterking in de hoge en lage frekwenties. Het valt hierbij op dat de NAL-regel bij sterke hoge-tonen verliezen minder hoge tonen versterking vraagt. Dit komt tegemoet aan de vraag van ouderen naar een niet te grote verandering in geluidsindruk (niet te scherp geluid) maar houdt minder rekening met het spraakverstaan. Bij de vlakke en oplopende verliezen vraagt de NAL-regel minder lage-tonen versterking wat gedaan is om het spraakverstaan te bevorderen door het voorkomen van "Upward Spread of Masking". Op grond hiervan hebben wij een voorkeur voor de NAL-regel waarbij we bij steile verliezen graag de hoge-tonen versterking wat extra

benadrukken, indien dit praktisch mogelijk is. Juist hier kunnen verschillen in omstandigheden van een patiënt bijregeling noodzakelijk te maken. Het blind vertrouwen op de exactheid van de voorschrijfgeregels met hun verschillen is dus ook al op deze grond fout; persoonlijke afregeling blijft noodzakelijk.



Figuur 7-2: Verschillen van de procedures voor drie vormen van audiogrammen.

7-3. AANPASPROCEDURE OP GROND VAN TOON- EN SPRAAK-AUDIOGRAM.

Het primaire doel van een hoortoestelaanpassing is het verbeteren van het spraakverstaan onder alle omstandigheden dus zowel in stilte als in lawaai. Daarbij dient men echter niet te vergeten dat ook het waarnemen van omgevings- of waarschuwingsgeluiden als bellen en verkeersgeluiden van belang is. Uitgaande van het doel van goed verstaan van spraak ligt het voor de hand bij de hoorrevalidatie uit te gaan van testen van het spraakverstaan zoals het spraakaudiogram. Daarbij geldt uiteraard dat een zo groot mogelijk deel van de spraakinformatie waarneembaar moet zijn, dus dat het spektrum van de spraak zoveel mogelijk boven de drempel moet komen te liggen. Daarnaast zal rekening gehouden moeten worden met zowel de verkleinde hoorspan als de veranderde cochleaire verwerking (tijd- en frekwentie oplossend vermogen).

7-3.1 Uitgangspunten.

Bij de uitwerking van de karakteristiek gaan we uit van enkele belangrijke gegevens:

- Een normaalhorende kan spraak vrijwel volledig verstaan indien alleen

- de frekwenties boven 1200 Hz worden aangeboden.
- Voor het verstaan van spraak in achtergrondlawaai is het frekwentiegebied rond 2000 Hz het belangrijkste.
- De maskerende werking van lage frekwenties op de hoge frekwenties (upward spread of masking) neemt toe met de grootte van het gehoorverlies.

We kiezen als uitgangspunten:

- Het spectrum van spraak moet zoveel mogelijk boven de drempel komen te liggen.
- Voor het verstaan van spraak, vooral in lawaai, zijn de hogere frekwenties (ongeveer 1500 tot 4000 Hz) van groter belang dan de lagere frekwenties.
- Bij de afweging van hoge en lage frekwenties moet er voor gezorgd worden dat de lage frekwenties (b.v. eerste formant) de hogere frekwenties (b.v. tweede formant) niet maskeren.
- Bij het gebruik van gesloten en geventileerde oorstukjes wordt de gehoorgang afgesloten zodat we het verlies van de gehoorgangresonantie (gemiddeld ongeveer 18 dB rond 3000 Hz, maar individueel afwijkend en bij middenoorafwijkingen zeker sterk afwijkend) moeten compenseren
- De eerste resonantiepiek van een achter-het-oor hoortoestel (rond 1 kHz) bepaalt, indien aanwezig, grotendeels de luidheid van signalen vanwege de oplopende karakteristiek in de lage frekwenties en het onderdrukken van de gehoorgangresonantie in de hoge frekwenties.
- Voor het verstaan in rumoer is het nodig voldoende versterking te geven in het frekwentiegebied tot 4 kHz. Dit is een gevolg van het feit dat de verslechtering van het verstaan in rumoer voornamelijk bepaald wordt door de helling van het audiogram (Verschuure en v. Benthem, 1992). Bij aflopende audiogrammen kan gemiddeld 2/3 van de verslechtering weer worden teruggewonnen door voldoende hoge-tonen versterking. Hierdoor zal ook een nuttig effect ervaren kunnen worden in rumoer.

Alvorens over te gaan tot een aanpassing dient men zich te overtuigen van de juistheid van de uitgevoerde audiometrie en met name van de overeenkomst tussen toon- en spraakaudiometrie. Indien deze niet aanwezig is, dient eerst de audiometrie geoptimaliseerd te worden.

De relatie tussen het toonaudiogram en het spraakverstaan hangt sterk af van het gebruikte spraakmateriaal. Zo wordt de mate van verstaan van redundante spraak (zinnen in context) in stilte vooral bepaald door het frekwentiegebied 500 tot 1000 Hz, het verstaan van losse woorden in stilte door het gebied 500 tot 2000 Hz en het verstaan in rumoer door het gebied rond 2000 Hz.

De relatie tussen het toonaudiogram en de opschuiving van het spraakaudiogram (SRT) wordt voor vlakke en naar de hoge tonen toenemende verliezen het beste verkregen via het gemiddelde verlies bij 500, 1000 en 2000 Hz (Fletcher index). Voor verliezen die in de lage frekwenties groter zijn kan beter het hoge-tonen gemiddelde gebruikt worden: het gemiddelde verlies bij 1000, 2000 en 4000 Hz.

De steilheid van de spraakcurve bij lage-tonen verliezen en vlakke verliezen komt over het algemeen overeen met de referentie curve. Discriminatieverliezen treden op vanaf een verlies van ongeveer 60 dB. Bij verliezen die naar de hoge tonen toenemen zien we een langzamer stijgende spraakcurve en kan een discriminatieverlies worden gevonden.

Het doel van de revalidatie is het verschuiven van de curve van de verstaanvaardigheidscurve naar de positie waarin normale en rustige spraak optimaal verstaan wordt. Normale, rustige spraak heeft een nivo van ongeveer 65 dB SPL wat bij de gebruikelijke ijking van het spraakaudiogram (50-% punt bij 25 dB) overeenkomt met het nivo van 60 dB. We dienen bij vlakke verliezen daarom een versterking te kiezen zodanig dat de gehele curve opschuift en de maximale spraakscore bereikt wordt voor het aanbiedingsnivo van 60 dB. Bij steilere hoge-tonen verliezen moeten we naast een eventuele algemene versterking, de hoge tonen zodanig extra versterken dat de spraakcurve een normale steilheid krijgt. Het doel is daarbij eveneens om bij een aanbiedingsnivo van 60 dB een optimaal spraakverstaan te bereiken. Op grond van deze uitgangspunten zullen we nu de gewenste eigenschappen van het hoortoestel aangeven.

7-4. DE GEWENSTE EIGENSCHAPPEN VAN HET HOORTOESTEL.

7-4.1 De maximale versterking.

We berekenen de gewenste versterking van een toestel vanuit het feit dat een patiënt rustige spraak op ongeveer een meter afstand moet kunnen verstaan. Het geluidsnivo van rustige spraak ligt tussen de 60 en de 70 dB SPL. We moeten dit nivo terug zoeken in het audiogramformulier, waarbij we ons moeten realiseren dat het afhankelijk is van de ijking van de audiometer. Bij de vrij gebruikelijke ijking waarbij het 50% punt van de referentie curve op een nivo van 25 dB ligt, is het nivo van rustige spraak ongeveer 60 dB. Indien U een andere ijking gebruikt dient U uit te zoeken met welk nivo rustige spraak overeen komt.

De gewenste maximale versterking van een toestel kunnen we berekenen door uit het spraakaudiogram het nivo te bepalen waarbij de maximale spraakscore wordt bereikt. Hier trekken we het nivo van rustige spraak

vanaf, veelal dus 60 dB. Dit is de gewenste gebruiksversterking. Hier tellen we 10 dB bij op als reserve. Dit levert de gewenste gemiddelde maximale versterking van het toestel op. Dit getal is opgenomen in het OBLX-klassifikatie systeem. De gebruiksversterking wordt dan bereikt door de volume knop op ongeveer 2/3 van het maximum te zetten.

Aan de hand van de berekende gewenste maximale versterking is een eerste selectie te maken van hoortoestellen. Deze worden vaak ingedeeld in zwakke, middelmatig sterke, sterke en zeer sterke toestellen. Tevens kunnen we hierbij de keuze betrekken tussen oorhangers en in-het-oor toestellen omdat deze laatste tot nu toe een maximale versterking hebben die nauwelijks meer is dan 40 dB.

Bij een audiogram dat vrij steil afloopt naar de hogere frekquenties wordt een spraaudiogram gemeten dat vrij langzaam oploopt doordat een steeds breder frekwentiebereik hoorbaar wordt naarmate het nivo hoger wordt. Uiteraard geldt hierbij wel dat de hoge tonen versterkt moeten worden overeenkomstig de regel van maximale spraakverstaanbaarheid. De gemiddelde versterking over de middenfrekquenties mag dan soms wel kleiner zijn, afhankelijk van de verderop te bespreken regel voor de helling van het hoortoestel. Dit betekent concreet dat de toestellen dan in eventueel in een lagere klasse gekozen kunnen worden. Leidraad hierbij is dus veel meer de versterking in het frekwentiegebied rond de 2 tot 4 kHz dan de gemiddelde versterking. Het uitgangsvermogen moet in deze gevallen wel hoog liggen om de benodigde versterking in de hoge tonen te kunnen halen. Dit kan proefondervindelijk worden vastgesteld door het toestel te gaan proberen. Hierop komen wij nog terug.

Samenvattend:

<p style="text-align: center;">Benodigde versterking is: niveau maximum spraakverstaan minus niveau rustige spraak (60 dB) + 10 dB reserve</p>
--

7-4.2 De frekwentiekaracteristiek.

De bepaling van de frekwentiekaracteristiek gaat in eerste instantie op geleide van het toonaudiogram, rekening houdend met fonetische eigenschappen van spraak en de afwijkende cochleaire analyse bij gehoorverliezen. Vervolgens proberen we het toestel op de patiënt uit,

waarbij gelet moet worden op de gemaakte fouten (fouten f, s, t: te weinig hoge tonen; fouten p, b, w: te weinig lage tonen). Het gaat er daarbij primair om of de maximale score uit het spraakaudiogram gehaald wordt, of zelfs een hogere score indien er in het audiogram een helling aanwezig is, dat wil zeggen indien het verlies groter wordt naarmate de frekwentie hoger wordt. Hierbij dient men te bedenken dat ook de uitvoering van het aanzet bochtje van het toestel, het knietje, en het oorstukje van grote invloed zijn op de karakteristiek. Men dient daarom bij voorkeur de proefaanpassing te doen met een standaard Libby-hoorn in schuimkraagje (zie ook paragraaf 7-5). Bijstelling kan gebeuren via de toonregeling, een toonbochtje, aangepaste boringen in het oorstukje of door de keuze van een ander toestel.

Voor de berekening van de gewenste helling (in hoofdstuk 5 en OBLX-systeem aangegeven door $G_{2,4k} - G_{500,1k}$) dient men te letten op de helling in het toonaudiogram en de grootte van het verlies. We dienen de helling van de karakteristiek van het hoortoestel aan te passen aan dit verloop van het audiogram. Binnen het OBLX-systeem wordt de helling van de hoortoestel-karakteristiek weergegeven als een **balans**getal. Dit getal is het verschil tussen de gemiddelde versterking in het gebied tussen 300 Hz en 1000 Hz en het gebied tussen 2000 Hz en 6000 Hz. Omdat er bij de slechthorenden sprake is van een verkleinde dynamiek, compenseren we in de praktijk ongeveer de helft van het verlies. Indien we dit niet zouden doen, zouden normale luide geluiden te hard worden. Omdat het spraakspectrum afloopt naar de hoge frekwenties moeten we bij de helling volgens het audiogram nog ongeveer 6 dB optellen voor het verloop. Het verschil tussen de hoge en lage tonen in de frekwentiekarakteristiek van het toestel moet dus het halve verschil zijn van het verschil in het audiogram vermeerderd met 6 dB.

Bij grotere verliezen dient ter opheffing van de "upward spread of masking" een wat steilere karakteristiek gebruikt te worden. We tellen daartoe bij verliezen van meer dan ongeveer 60 dB in het spraakgebied nog eens 6 dB extra op bij de waarde van de helling als vastgesteld volgens de net besproken methode.

De toestellen binnen het OBLX-systeem zijn in balansklassen ingedeeld. De klassen zijn zeer laag (ZL; tussen -6 en +6 dB), laag (L; tussen 6 en 12 dB), midden (M; tussen 12 en 18 dB), hoog (H; tussen 18 en 24 dB) en zeer hoog (ZH; meer dan 24 dB). Ook hier bestaat door toonregeling veelal de mogelijkheid een toestel in meerdere klassen te gebruiken.

In de praktijk blijkt dat bij naar het hoog oplopende verliezen vaak toch veel minder laag-frekwente versterking moet worden gegeven. Dit geldt m.n. voor de Ménière patiënten waar de lage tonen sterk vervormd klinken en het spraakverstaan storen.

Het verdient aanbeveling een toestel te kiezen dat in de berekende klasse past maar waarvan de helling van de frekwentiekarakteristiek ook is in te stellen in een klasse verschoven naar het hoog.

Samenvattend:

$$\begin{aligned} & \text{helling van karakteristiek is:} \\ & \{(\text{gemiddeld verlies 2 en 4 kHz}) - \\ & (\text{gemiddeld verlies 0,5 en 1 kHz})\} / 2 + \\ & \quad 6 \\ & \quad (+6 \text{ bij grote verliezen}) \end{aligned}$$

men dient te bedenken dat de helling te beïnvloeden is door gebruik te maken van etymotische toestellen (speciale F-versies) of etymotische bochtjes (E-knie, gouden bocht e.d.).

7-4.3 Keuze van het soort toestel.

In Hoofdstuk 5 zijn een aantal voor- en nadelen opgenoemd van in-het-oor toestellen ten opzichte van achter-het-oor toestellen. Algemeen kan gesteld worden dat de maximale gemiddelde versterking van een iho-toestel ligt tussen de 30 en de 40 dB. Dit betekent praktisch dat de benodigde versterking, berekend vanuit het spraakaudiogram, niet meer dan 30 dB mag zijn. Voor grotere verliezen zijn de toestellen te zwak of ze gaan rondzingen. Er zijn wel enkele sterkere iho toestellen, maar deze zijn slechts beperkt toepasbaar. De praktijk laat zien dat de bij de patiënt behaalde versterking bij de iho's soms meer is dan men verwacht op grond van de technische specificaties, soms minder. Dit heeft te maken met het afgesloten volume in de gehoorgang, de vorm van de gehoorgang en het functioneren van het middenoor. Ook het spraakverstaan met iho's kan nogal verschillen zonder dat wij een goed inzicht hebben in de reden daarvoor. Vaak kan dit wel teruggevonden worden in de insertion gain. Omtrent de toepassing van iho's dient men daarom gereserveerd te zijn, zeker als het sterkere iho's betreft; deze twijfel dient men ook naar de patiënten te uiten.

In twijfelgevallen is het verstandig met de patiënt te bespreken dat het niet zeker is dat met een iho een goede aanpassing bereikt kan worden en dat er bedenkingen zijn tegen het voorschrijven van toestellen die geen optimaal resultaat geven. Als een patiënt staat op het aanschaffen van een iho terwijl dit een onvoldoende resultaat geeft, kan dit in de informatie aan de

zorgverzekeraar worden vermeld. Deze maakt dan nog al eens het beding dat binnen 5 jaar geen vervanging van de toestellen is toegestaan, ook als mocht blijken dat het toestel niet voldoet.

Vanuit de intentie de karakteristiek van het toestel aan te passen aan de vorm van het gehoorverlies zal er een duidelijke voorkeur bestaan voor achter-het-oor toestellen of in-het-oor toestellen die daarvoor de mogelijkheid geven via instelschroeven, programmeereenheden of modulaire opbouw. Door het toenemen van het aantal programmeerbare iho's neemt het belang van dit argument af. Tenslotte geeft het oorstukje bij aho's meer mogelijkheden de karakteristiek te beïnvloeden, wat vooral van belang is bij steilere audiogrammen met een vrijwel normale gevoeligheid voor de lage tonen. De beluchting dient dan groot genoeg te zijn om de lage tonen ongestoord door te laten.

Momenteel zijn er vier ontwikkelingen die bij de keuze van het toestel betrokken zullen moeten worden. Bij de toestellen op de markt doen ze zich soms in combinaties voor. Men dient zich ten alle tijde te bezinnen op de kosten/baat verhouding.

1. Programmeerbaarheid.

Een aantal toestellen is m.b.v. randapparatuur te programmeren. Hierdoor kan met minder typen hoortoestel een groter aantal patiënten geholpen. Dit levert voor aho's meestal geen voordelen op voor de patiënt, wel voor de fabrikant. Het voordeel voor de aanpasser is dat iho's nu beter instelbaar zijn. Als voordeel voor de patiënt geldt een betere nastelbaarheid van het toestel.

2. Afstandsbediening.

Dit lijkt van groot voordeel te zijn voor de patiënt omdat het toestel beter ingesteld kan worden. Hij moet wel altijd zijn afstandsbediening bij de hand hebben. Het voordeel voor de patiënt is dat zijn hand niet meer dicht bij het toestel hoeft te komen met alle problemen van fluiten. De handelbaarheid lijkt iets beter al zal de patiënt zijn toestel nog steeds in moeten kunnen doen en de batterij moeten kunnen vervangen.

3. Meerdere gebruikersprogramma's.

Door de afstandsbediening is het nu ook mogelijk meerdere frekwentie-karakteristieken in te programmeren en door de patiënt te laten kiezen. Het is de vraag of dit altijd een voordeel is, de gewenning aan een bepaald geluid en het optimaliseren van de verwerking van spraak kan hierdoor gestoord worden. Inmiddels is duidelijk geworden (Gatehouse, 1992) dat langdurige gewenning (enkele maanden) aan een bepaalde karakteristiek nodig is om het spraakverstaan te optimaliseren. Onze

ervaring is dat daarnaast ook enige tijd (enkele weken) nodig is om aan een veranderde klankkleur te wennen. Wel kan een dergelijk toestel in een behoefte voorzien bij patiënten die op deze manier bepaalde standaard achtergrondgeluiden kunnen wegdrukken (b.v. tandartsen en assistentes: horen met en zonder boorgeluid). Inzicht in de verschillende omstandigheden door de patiënt is een vereiste. Voorlopig ontbreken harde gegevens voor een standpuntbepaling voor of tegen.

4. Ruisonderdrukking.

Inmiddels zijn er enkele toestellen op de markt die proberen achtergrondruis weg te drukken. Voor zover dit onderdrukking van de laagfrequentie stoorsignalen is, werken deze toestellen wel bevredigend. Het levert echter geen verbetering van de signaal-ruis verhouding op, wel comfort verhoging door het weghalen van nare en harde geluiden. De vraag is echter of een betere afstemming van de hoortoestelkarakteristiek (m.n. wat betreft de onderdrukking van de 1-kHz piek) niet even goed werkt. Voor de achtergrondonderdrukking van andere menselijke stemmen werken slechts systemen met een sterk richtingsgevoelige karakteristiek. Voor een werkzaam effect zijn echter omvangrijke mikrofoons noodzakelijk zoals een array van mikrofoons. De grootte hiervan werkt de akseptatie tegen. Mogelijk zal een compromis gevonden worden tussen de grootte van de mikrofoon(s) en de mate van ruisonderdrukking in de vorm van nieuw te ontwikkelen mikrofoons (Jacobi-mikrofoon?).

5. Fluitonderdrukking.

Inmiddels is het eerste echte digitale toestel op de markt verschenen. Dit toestel onderdrukt het fluiten actief. Hierdoor is een grotere beluchting mogelijk wat van groot voordeel kan zijn bij grote groepen slechthorenden: patiënten met beginnende presbycusis die een open (IROS) oorstukje nodig hebben of bij patiënten die een hoge versterking nodig hebben. Voor de groep beginnende presbycusis patiënten zijn deze toestellen echter nog niet geschikt omdat deze slechthorenden veelal de hinderlijke stuursignalen zullen horen.

Nieuwe ontwikkelingen op deze punten zijn op korte termijn te verwachten, met name toestellen die actiever zullen reageren op veranderingen in de akoestische omstandigheden. Ruisonderdrukkende toestellen zijn er inmiddels, maar de beschikbare toestellen hebben nog geen bewezen positief effect. Dit geldt voor meer nieuwe ontwikkelingen die vaak technologisch mooi zijn maar niet altijd van voordeel voor patiënten. Men dient sceptisch te staan tegenover nieuwe technologische hoogstandjes als deze geen bewezen audiologisch nut hebben.

Op één groep slechthorenden willen wij apart ingaan: patiënten met een hoge tonen verlies. Bij de hoge tonen verliezen vinden we vaak een normaal gehoor in de lage tonen. Om de patiënt niet van de wal in de sloot te helpen is een zeer ruime beluchting noodzakelijk. Over de precieze vorm van aanpassen zullen wij later nog spreken, maar het moge duidelijk zijn dat het niet mogelijk is een ventilatiegat te boren door de elektronische onderdelen. Derhalve zal bij deze uitgesproken hoge tonen verliezen met een normaal gehoor voor de lagere tonen (vaak voorkomend bij beginnende presbycusis en bij lawaaibeschattingen) veelal een achter-het-oor toestel gekozen zal moeten worden omdat anders de beluchting te beperkt is. Fluitonderdrukking kan hierbij belangrijk zijn.

7-4.4 Keuze van een toestel uit de lijst.

Uit het spraakaudiogram is te bepalen wat de gewenste versterking is en dus ook wat de gemiddelde maximale versterking dient te zijn. Dit levert binnen het OBLX-systeem de versterkingsklasse op waarin een geschikt hoortoestel gezocht moet worden.

Op grond van de gegevens van de geïndiceerde frekwentiekaracteristiek is de karakteristiek-kategorie vast te stellen als balansgetal. Vervolgens kan een aantal toestellen worden geselecteerd op grond van deze karakteristieken. Men dient er daarbij wel op te letten dat door de regelaars vele toestellen in meerdere klassen zijn in te delen en dit wordt door het bereik aangegeven. Zo is bijvoorbeeld dat de Siemens Triton, een programmeerbaar toestel, in te stellen in alle balans- en in vele versterkingsklassen.

Nadere keuze binnen een bepaalde categorie is te maken via het systeem door te kijken naar het maximale uitgangsvermogen. Indien uit het spraakaudiogram blijkt dat het verstaan ernstig terugloopt voor hoge aanbiedingsnivo's moet voorkomen worden dat spraak zo hard wordt aangeboden omdat anders de patiënt het toestel niet zal aksepteren. Afhankelijk van de voorkeur kan de schatting van het maximale uitgangsvermogen gebeuren m.b.v. de hier omschreven spraakaudiometrie of m.b.v. de bepaling van de onaangename luidheid of het gebruik van schalingsmethoden als Pascoe-audiometrie of Würzburger Hörfeld Audiometrie. Deze laatste methoden hebben een sterke voorkeur boven het vragen aan te geven wanneer geluid te hard wordt wegens allerlei bezwaren die kleven aan niet gestandaardiseerde procedures.

Een verdere keuze is ook mogelijk naar grootte van het toestel en naar "processing". Dit betreft AGC regelingen in toestellen. Het zijn veelal complexe toestellen die ook alleen van belang zijn voor patiënten met grote moeilijkheden. In die gevallen zal een verwijzing van een kno-arts naar een Audiologisch Centrum voor de hand liggen. Op alineaire toestellen wordt

verderop ingegaan. De meeste toestellen zijn wel als lineair toestel te gebruiken (AGC uit).

Uit het voorgaande is duidelijk dat vooral de vorm van de karakteristiek van groot belang is. Deze is terug te vinden in de dokumentatie van de importeurs of in de dokumentatiebladen van OBLX. De belangrijkste punten zijn:

1. Gepiektheid van karakteristiek rond tussen 1 en 2 kHz.

In combinatie met het verlies aan effectieve versterking rond 3 kHz ten gevolge van de afsluiting van de gehoorgang levert deze piek een grote versterking in dit middengebiet. Een gevolg is dat patiënten veel last kunnen hebben van dreunende achtergrondgeluiden, m.n. voetstappen en verkeer. Het verstaan valt veelal tegen, vooral het verstaan van spraak in rumoer omdat daarbij het gebied van 2 tot 4 kHz vooral van belang is. Door upward-spread-of-masking wordt dit gemaskeerd. Toestellen zonder een 1-kHz piek verdienen daarom de voorkeur of toestellen waarin deze piek door de toonregeling weggewerkt kan worden; de toonregeling is dan uiteraard beperkter toepasbaar. Vanuit deze piek kan veelal de noodzaak van bijregelen van de karakteristiek in rumoer omstandigheden beargumenteerd worden, of juist het gebrek aan noodzaak van het wegsnijden van lage tonen in rumoer als deze piek niet voorkomt in de karakteristiek.

2. Het doorlopen van de karakteristiek.

Veel toestellen geven nauwelijks versterking boven de 3 kHz. In combinatie met de verstoorte resonantie van de gehoorgang geeft dit vaak een afsnijfrequentie van ongeveer 2 kHz, terwijl voor het spraakverstaan met name in rumoer de frequenties tot 4 kHz van belang zijn. Het verdient daarom aanbeveling toestellen te kiezen waarvan de frequentiekarakteristiek doorloopt tot 4 à 6 kHz.

7-5. HET OORSTUKJE.

Van groot belang is de uitvoering van het oorstukje. Het doel van het oorstukje is uiteraard de afscherming van de microfoon van het geluid dat uit de telefoon komt, ter voorkoming van rondzingen. Daarnaast heeft het echter ook een filterende werking, wat te vaak vergeten wordt. Hierbij gelden eenvoudige fysische principes van akoestische filters die tot deels gunstige en deels ongunstige effecten kunnen leiden.

Samengevat geldt:

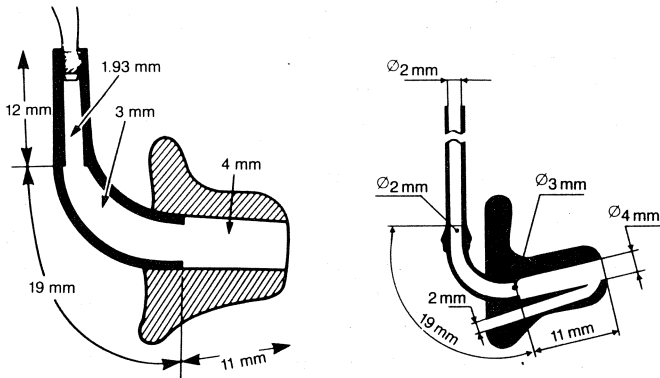
- Bij een boordiameter van het geluidskanaal van minder dan 3 mm worden de hoge tonen relatief benadeeld (laag-doorlaat filter).

- Bij een knik in de boring van het geluidskanaal (b.v. t.g.v. het boren vanuit de twee uiteinden onder verschillende hoeken) ontstaat een dubbele resonantie waardoor pieken in de frekwentie karakteristiek ontstaan.
- De maximale versterking wordt mede bepaald door het luchtvolume tussen telefoon en trommelvlies: hoe kleiner het volume des te groter de versterking (voordeel iho's).
- Een hoornvormige boring aan de kant van het trommelvlies bevoordeelt de overdracht van de hoge frekwenties (tweeter-principe; Libby-hoorn).
- Indien in het kanaal plaatselijk grotere diameters voorkomen, werkt dit kanaal als een filter dat bepaald frekwenties weghaalt, afhankelijk van de vorm en de diameter van de extra ruimte(n).
- Een parallel geboord beluchtungskanaal met een diameter van minder dan 1 mm beïnvloedt de overdracht van het geluid nauwelijks. Bij grotere diameters neemt de overdracht van de lage frekwenties steeds meer af. In het extreme geval van een slangetje in de gehoorgang (IROS) beïnvloedt het toestel de waarneming van tonen onder de 1,5 kHz nauwelijks.
- Een beluchtungskanaal dat uitkomt in het geluidskanaal (sidevent of Y-venting) beïnvloedt de frekwentie karakteristiek in ernstige mate, waarbij de overdrachtskarakteristiek afhankelijk is van de plaats waar het beluchtungskanaal in het geluidskanaal komt en de diameter van beide kanalen.

Uitgangspunt bij oorstukjes dient te zijn dat het oor zoveel mogelijk geventileerd moet worden (vocht, druk, resonanties). Deze mogelijkheden worden beperkt door de versterking van het toestel. Bij versterkingen boven de 50 dB kunnen problemen van rondfluiten ontstaan bij iedere vorm van ventilatie.

Het effect van de oorstukjes op het geluid van het hoortoestel is groot en kan het beste via een insertion gain meting of bepaling van de functionele versterking bepaald worden. In de literatuur wordt naar voren gebracht dat hoortoestellen vaak onvoldoende versterking in de hoge tonen opleveren door een slecht gemaakt oorstukje en dat daardoor een te slecht spraakverstaan wordt bereikt of klachten ontstaan van wel veel, maar onduidelijk geluid.

Praktisch betekent dit dat bij presbycusis patiënten in verreweg het grootste aantal gevallen een parallel geventileerd oorstukje (boring > 1 mm) gemaakt moet worden, zonder knikken in het kanaal en met een hoornvormig uiteinde. Hiervoor zijn twee principes bruikbaar, te weten de Libbyhoorn en de Bakkehoorn.



Figuur 7-3: Afbeeldingen van de Libbyhoorn links en de Bakkehoorn (met ventilatiekanaaltje) rechts.

Uit: Audiology in practice II-2, 1985.

De Libbyhoorn is een standaard slangetje dat ingegoten wordt in het oorstukje of ingelijmd. De Bakkehoorn is een geboord kanaal volgens een nauwkeurig omschreven protocol (zie figuur 7-3). Het voordeel van de Libby-hoorn is dat de vorm altijd optimaal is, wat bij de Bakkehoorn zeker niet het geval is. Het nadeel van de Libby-hoorn is dat vervanging van het slangetje moeilijker is en meestal enig boorwerk met zich meebrengt. Vanwege deze afweging heeft de Libby-hoorn de voorkeur. Bij kleine verliezen dient een IROS-oorstukje gebruikt te worden om da lage tonen niet af te schermen in combinatie met een Libby-hoorn.

Een gevolg van grote aandacht voor de weergave van de hoge frekwenties is het sneller fluiten van de hoortoestellen. De eisen die gesteld moeten worden aan de oorstukjes zijn hierdoor groter. Het opofferen van hogetonen weergave aan minder fluiten dient zoveel mogelijk voorkomen te worden omdat dit ten koste gaat van het vermogen spraak te verstaan in rumoer. Dit effect hangt echter sterk samen met de helling van het audiogram (Verschuure en van Benthem, 1993).

7-6. ETYMOTISCHE TOESTELLEN OF FILTERS IN BOCHTJES.

Om voldoende versterking in de hoge frekventies te krijgen moet de resonantiepiek bij 1 kHz onderdrukt worden, zoals in het voorgaande is besproken. Hiervoor worden veelal de zgn. etymotische bochtjes gebruikt (E-knie, gouden bocht e.d.) of speciale etymotische toestellen. Deze beïnvloeden de luidheid van het geluid vaak heel sterk.

Indien etymotische bochtjes gebruikt worden, dient men de patiënt te wijzen op de mogelijkheid dat dit filtertje verstopt kan raken.

Bij presbycusis patiënten dient het gebruik van etymotische toestellen en bochtjes met nadruk overwogen te worden. Bij patiënten met steile hoge tonen verliezen is het veelal een eerste noodzaak.

7-7. DE KLANKKLEUR, HET MAXIMAAL NIVO EN DE DYNAMIEK VAN HET GELUID.

De besproken keuzes betekenen een uitgesproken hoge tonen karakteristiek, die door patiënten in het begin vaak als blikerig en onaangenaam schel wordt ervaren. Het is onze ervaring dat bij een goede versterking in de hoge frekventies patiënten na enige tijd wennen aan het geluid en de voordelen van een beter spraakverstaan gaan waarderen. Het is opmerkelijk dat in de literatuur dit aspect nadrukkelijk tegengesproken wordt, met name door auteurs die procedures voorstaan die alleen gebaseerd zijn op het toonaudiogram.

Om de gewenning te bevorderen kan voor een geleidelijk indraaien van de hoge tonen gekozen worden. Dit dient dan met de patiënten besproken te worden met als belangrijkste argument dat zij geleidelijk en daardoor ook ongemerkt het geluid doffer hebben horen worden en nu plotseling gekonfronteerd worden met veel hoge tonen en met harde geluiden; dit vergt een leer- en gewenningstijd. Aan patiënt moet dan duidelijk gemaakt worden dat goed verstaan en aangenaam klinken soms aanvankelijk strijdig zijn. Juist dit punt levert nogal eens een meningsverschil met een audiicien op. Deze is eerder geneigd zogenaamd patiëntvriendelijk te zijn door toe te geven aan wat de patiënt aangenaam vindt. Het is juist de taak van de voorschrijver hem maximaal te laten functioneren, wat voor de communicatie meestal neerkomt op een zo goed mogelijk verstaan van spraak.

Bij klachten over te hard geluid dient men niet zondermeer de maximale luidheid terug te draaien, maar dient gekeken te worden of niet teveel versterking in het 1 tot 2 kHz gebied gegeven wordt. Het terugdraaien van

het maximale nivo kan het spraakverstaan nml. nadelig beïnvloeden.

Bij patiënten met een zeer beperkte hoorspan dient men hoortoestellen met compressie te gebruiken. Men kan de beperktheid van de hoorspan opmeten door het spraakaudiogram voort te zetten tot de hoge nivo's of de dynamiek via luidheidsschattingen in beeld te brengen. Indien uit het spraakaudiogram blijkt dat tussen het geluidsnivo nodig voor het bereiken van de maximum score en het nivo waar het spraakverstaan significant afneemt (met meer dan 15%) of waar de luidheid niet meer verdragen wordt, minder is dan 30 dB, moet aan compressie worden gedacht. Welke compressie gekozen wordt (ingang- of uitgangsgestuurd), welke compressiefactoren nodig zijn en hoe de knie punten ingesteld moeten worden, hangt af van de manier waarop de luidheidswaarneming verloopt. Patiënten waarvoor dit van belang is, dienen doorverwezen te worden naar een audiologisch centrum. De overgrote meerderheid van patiënten heeft geen ingestelde compressie nodig. Integendeel, zij verstaan vaak slechter met toestellen waarvan de compressie is ingeschakeld.

7-8. EISEN WAARAAN DE AANPASSING MOET VOLDOEN.

Om te kunnen evalueren of een aangepast hoortoestel voldoet, hebben we een maat nodig die aangeeft wat de patiënt met zijn hoortoestel moet kunnen verstaan. We doen dit weer aan de hand van het spraakaudiogram door het gebruik van de maximale spraakscore. Deze score dient minimaal met een toestel gehaald te worden. Bij vrij vlakke audiogrammen zien we dat dit over het algemeen vrij nauwkeurig de score met toestel is; bij naar de hoge tonen aflopende audiogrammen wordt met een goed aangepast toestel (voldoende hoge-tonen versterking) veelal een hogere score bereikt.

Indien de doelscore niet gehaald wordt bij het goed gecontroleerd woordjes voorlezen, het afspelen van de spraak-CD in de spreekkamer of in vrije veld audiometrie op het nivo van rustige spraak, dient de aanpassing als onvoldoende geklassificeerd te worden en moeten andere instellingen, toestellen of boringen van het oorstukje gebruikt worden. De keuze hiertussen zal veelal makkelijk op geleide van insertion gain bepalingen kunnen geschieden. Het verdient aanbeveling ook het spraakverstaan op wat hogere nivo's te meten om zo een indruk te verkrijgen of de beperkte dynamiek van het toestel niet de oorzaak is van onnodige vervorming en dus slechter verstaan. Bij slechthorenden met een beperkte dynamiek van hun gehoor kan zo ook een indruk verkregen worden of compressie nodig is, dan wel of de compressie goed is ingesteld.

7-9. DE TWEEZIJDIGE AANPASSING.

Over dit onderwerp verschillen de meningen in Nederland. In de audiologische literatuur is men in het algemeen voor het zoveel mogelijk toepassen van hoortoestellen op beide oren. Men bedenke dat we twee oren hebben om:

- Geen last te hebben van de hoofdschaduw en gesprekken zowel links als rechts te kunnen voeren.
- Het bepalen van de richting waaruit een geluid komt.
- Het beter kunnen verstaan in lawaai, zonder dat gewenst en ongewenst geluid ruimtelijk gescheiden zijn (Markides noemt dit het squelch effect).
- Selektief te luisteren naar bronnen die ruimtelijk gescheiden zijn; dit maakt een beter verstaan in lawaai mogelijk.
- Richtinghoren.

Op grond van deze gegevens is het duidelijk dat voor spraakverstaan in stilte en in lawaai en voor het waarnemen van omgevingsgeluiden het kunnen horen met twee oren van groot belang is en dus wellicht ook het gebruiken van twee hoortoestellen. Dit dient als algemeen uitgangspunt gekozen te worden. Beperkingen treden dan op als de oren zoveel verschillen dat bovengenoemde effecten niet meer kunnen optreden.

Dit komt voor bij:

- Grote asymmetrie; hierbij wordt alle geluid door overhoren in het betere oor waargenomen, zodat door het toestel alleen de hoofdschaduw wordt opgeheven. Hoofdschaduw kan ook worden opgeheven via een CROS (contralateral routing of signals) toestel.
- Grote verliezen; uit onderzoek is naar voren gekomen dat met name het voordeel van het luisteren met twee oren in lawaai afneemt naarmate het verlies groter is; er geldt dat pas in de praktijk te bepalen is wat het voordeel is, eventueel met een spraak-in-ruis meting.
- Een onmogelijkheid, om welke reden dan ook, de bij de patiënt verstoorde hoorfunctie te compenseren; dit zal veelal pas blijken na een proefperiode met twee toestellen; men diene de uitspraken van de patiënt in deze te geloven nadat men zich vergewist heeft dat niet de weerstand tegen het dragen van twee toestellen de reden voor een afwijzing is.
- Otologische redenen om niet beide oren af te sluiten; men dient te overwegen het toestel te plaatsen op het meest geschikte oor of het afwisselend te laten dragen op een van beide oren.

Veelal zullen patiënten met een licht tot matig verlies melden dat zij nog zo goed horen dat twee toestellen niet nodig zijn. Deze misvatting is algemeen verbreid en wordt veelal geaksepteerd. Aandringen op een tweezijdige aanpassing heeft hier zin, omdat anders de voordelen van het beter verstaan in stilte wegvallen tegen het verminderd verstaan in lawaai en de effecten

van verminderd richtinghoren en hoofdschaduw. De prothetisering met slechts één toestel heeft grote kans te mislukken wegens te weinig baat wanneer het toestel in niet stille omstandigheden wordt gebruikt.

Opvallend is dat de eisen die de regelgeving van de AWBZ stelt voor het vergoeden van twee toestellen bij een tweezijdige aanpassing (zie hoofdstuk 15) nauwelijks aansluiten bij de functie die onze twee oren hebben. De stijging van het spraakverstaan met twee toestellen in stilte gaat alleen op indien de oren elkaar aanvullen en in die situatie een beter spraakverstaan bewerkstelligen. Het speciale nut van tweezijdig horen komt echter juist naar voren in moeilijker luistersituaties wanneer de hogere gehoorcentra, dank zij de twee informatie stromen, in staat zijn tot selectief horen. In gunstige luistersituaties is dit effect niet zo duidelijk vereist en ook niet makkelijk meetbaar. Richtinghoren is wel een normale binaurale functie. Hoofdschaduw geldt niet als reden voor aanvraag en ook niet een beter verstaan in lawaai, en dit zijn de twee belangrijkste redenen voor tweezijdige aanpassingen.

7-10. DE KEUZE VAN HET TE ONDERSTEUNEN OOR.

Indien men om welke reden dan ook, geen twee toestellen wil of kan aanschaffen, moet gekozen worden welk oor aangepast wordt.

Als regel geldt hiervoor:

- Bij gelijke maximale spraakdiscriminatie: het slechtste oor. Op grond van het spraakaudiogram kan men hieromtrent een schatting verkrijgen. Het verdient wel aanbeveling dit na te gaan met een proefaanpassing. Men bedenke dat de nauwkeurigheid van een score in het spraakaudiogram ongeveer 10 % is. Er is dus pas sprake van een asymmetrie als het verschil meer dan 10 % is.
- Bij significante verschillen in de maximale spraakdiscriminatie: het beste oor, want anders hoort men via het slechtste oor wel meer geluid zonder te verstaan.
- Het komt voor dat het spraakverstaan in lawaai voor de twee oren verschillend is. Een dergelijk verschil kan door de patiënt als zodanig aangegeven worden. Het is ook mogelijk dat het uit metingen blijkt. In dit geval is de nauwkeurigheid van de spraak-in-ruis drempel ongeveer 1 dB. Bij een patiënt voor wie deze luister situatie van belang is, dient men bij eenzijdige aanpassing zonder meer voor het beste oor te kiezen.

Het effect van het hoortoestel op het verstaan in rumoer kan worden samengevat als sterk samen te hangen met de helling van het audiogram. Volgens Verschuure en v. Benthem (1992) geldt:

- de drempel voor spraakverstaan-in-ruis wordt zonder toestel bepaald door

de helling van het audiogram.

- het effect van het hoortoestel hangt eveneens samen met de helling van het audiogram.
- het hoortoestel verslechtert het spraakverstaan in rumoer met ongeveer 1 dB.
- de verslechtering t.g.v. de helling van het toonaudiogram wordt door het hoortoestel ongeveer voor $2/3$ gecompenseerd.
- de regel dat hoortoestellen niets doen aan de spraak-in-ruis drempel is derhalve onjuist, mits er een helling in het audiogram aanwezig is.

Bijlage 1.

7-11. De NAL procedure.

Uitgangspunt bij de NAL procedure is de idee dat bij cochleaire verliezen de gewenste versterking ongeveer overeen dient te komen met het halve verlies. Daarop wordt een correctie toegepast voor het verloop van het gemiddelde spektrum van spraak, voor de helling van het audiogram, voor de specifieke eigenschappen van het soort toestel dat wordt voorgeschreven (kasttoestel, achter-het-oor, in-het-oor) en voor de manier waarop de gegevens over het toestel worden verkregen. Hierbij kan b.v. ten behoeve van de selectie gebruik gemaakt worden van door de fabrikant verstrekte 2-cc coupler gegevens en kan de verdere bijstelling en controle plaats vinden via een meting van de frekwentiekarakteristiek van de werkelijke versterking die door toestel, oorstukje en slangetje op het trommelvlies wordt gegeven (insertion gain meting) of via de door de patiënt ervaren versterking die kan worden bepaald door de drempel met en zonder toestel te meten en van elkaar af te trekken (functional gain).

In de NAL procedure kan de gewenste versterking bij een bepaalde frekwentie n (G_n) berekend worden uit drie termen:

- een term X die samenhangt met het gemiddelde verlies
- een term die afhangt van het verlies bij de betreffende frekwentie
- een term T_n die afhangt van soort toestel, de methode van evaluatie en het gemiddelde verloop van het spektrum van spraak

In formulevorm wordt dit weergegeven als:

$$G_n = X + 0,31 * H_n + T_n$$

met

$$X = 0,05 * (H_{500} + H_{1k} + H_{2k})$$

waarbij

G_n de gewenste versterking bij frekwentie n is

H_n het gehoorverlies bij frekwentie n is, dus

H_{500} is het gehoorverlies bij 500 Hz

H_{1k} is het gehoorverlies bij 1 kHz enz.

de term T_n opgenomen is in onderstaande tabel

Bij de term T_n wordt onderscheid gemaakt tussen evaluatie van het toestel via insertion gain metingen of de functionele versterking en de selectie die gebaseerd is op 2-cc coupler gegevens uit de documentatie bladen. Belangrijk is hierbij dat bij evaluatie methoden de gewenste versterking wordt uitgerekend zonder rekening te houden met een reserve in de versterking, terwijl bij de 2-cc coupler gegevens de gewenste maximale

Tabel III. Benodigde versterking per frekwentie volgens gereviseerde NAL-regel

	inserti- on gain	2-cc coupler		
		aho	iho	kast
$G_{250} = X + 0,31 * H_{250} +$	-17	1	-1	0
$G_{500} = X + 0,31 * H_{500} +$	-8	9	9	2
$G_{750} = X + 0,31 * H_{750} +$	-3	12	13	8
$G_{1000} = X + 0,31 * H_{1000} +$	1	16	16	13
$G_{1500} = X + 0,31 * H_{1500} +$	1	13	14	22
$G_{2000} = X + 0,31 * H_{2000} +$	-1	15	14	25
$G_{3000} = X + 0,31 * H_{3000} +$	-2	22	15	26
$G_{4000} = X + 0,31 * H_{4000} +$	-2	18	13	17
$G_{6000} = X + 0,31 * H_{8000} +$	-2	12	4	-

G_n = benodigde versterking bij betreffende frequentie
 H_n = gehoorverlies bij de betreffende frequentie
 $X = 0,05 * (H_{500} + H_{1000} + H_{2000})$

versterking wordt berekend, rekening houdend met een in te bouwen reserve. Dus wordt bij de 2-cc coupler de maximale versterking uitgerekend en bij de insertion gain meting de feitelijke versterking in de stand waarin het toestel gebruikt wordt.

Grofweg komt de NAL-regel erop neer dat de gewenste versterking iets minder is dan de helft van het verlies. U kunt dit eenvoudig inzien, door een vlak audiogram als uitgangspunt te nemen en vervolgens de verliezen in te vullen. U komt dan op 0,46 keer het verlies.

8. TESTEN VAN HOORTOESTELAANPASSING.

8-1. INLEIDING

Bij het testen van de kwaliteit van de aanpassing komen drie soorten testen naar voren:

1. testen van het functioneren van het toestel
2. testen van het functioneren van de patiënt met een/twee toestel(len)
3. toetsen van de subjectieve waardering van het toestel door de drager

8-1.1 Het functioneren van het toestel.

Het testen van het toestel heeft het doel vast te stellen of het gebruikte toestel voldoet aan algemene kwaliteitsnormen en voldoet aan de specificaties van dit type toestel; verder bepalen we of de geluidswaardering aan het oor overeenkomt met wat op grond van specificaties van toestel, boringen, 6filtertjes e.d. en op grond van de audiologische gegevens verwacht mag of moet worden. Dit betekent dus dat we ook kijken of slangetjes, oorstukje e.d. voldoen.

8-1.2 Het functioneren van de patiënt met toestel(len).

Het testen van de patiënt met toestel(len) sluit aan bij de procedure van de aanpassing van het hoortoestel.

Het betreft hier dan ook in de eerste plaats het verstaan van spraak in stilte, eventueel van spraak in lawaai en het testen van de samenwerking tussen de twee oren, b.v. het richtinghoren. Hierbij gaan we na of het doel van de hoorrevalidatie zoals omschreven in het vorige hoofdstuk ook werkelijk gehaald wordt.

Vervolgens bekijken we de relatie tussen het spraakverstaan met het hoortoestel en het functioneren van de patiënt in zijn dagelijkse omgeving. Hierbij dienen we de behaalde scores te relateren aan de door de patiënt ervaren problemen.

Tot slot gebruiken we deze testen voor de aanvraag van de vergoeding bij ziekenfonds of verzekeringsmaatschappij.

8-1.3 De subjectieve waardering voor het toestel.

Het testen van de subjectieve waardering is bedoeld om het effect van de aanpassing te bepalen bij het gebruik van het hoortoestel door de patiënt in zijn eigen omstandigheden. Hierbij bepalen we in welke omstandigheden nog problemen ervaren worden en bekijken we of hieraan, gezien de audiologische metingen en het behaalde resultaat, nog wat te verbeteren is, b.v. via het bijregelen van het toestel, verandering van het oorstukje, het akoestisch aanpassen van werk- of woonruimte, geven van lipleeslessen.

Het is o.i. de taak van de voorschrijver na te gaan of aan alle kwaliteitseisen voldaan wordt. Het komt ons onjuist voor deze taak te leggen bij een persoon die financieel betrokken is bij de uitkomsten, van hoeveel goede wille deze ook moge zijn. Daarnaast vergt de interpretatie van de gegevens en de vertaling naar het functioneren van de patiënt in zijn eigen omstandigheden veel kennis omtrent de eigenschappen van de toestellen en de afwijkende verwerking van geluiden door het oor. Beide functies dienen geïntegreerd bekeken te worden. Alleen de voorschrijver zou in staat geacht moeten worden dit te kunnen en van hem mag dit ook verwacht worden.

8-2. TESTEN VAN HET FUNKTIONEREN VAN HET TOESTEL.

J. Verschuure.

De specificaties van toestellen worden gegeven voor een 2-cc coupler of voor de OES.

Afhankelijk van de gebruikte apparatuur dienen de verkregen resultaten met de overeenkomstige specificaties te worden vergeleken. Het voordeel van de 2-cc coupler meting is dat deze meting makkelijk uit te voeren is, goed gestandaardiseerd is en dat voor alle toestellen de referentiewaarden bekend zijn. Het voordeel van de OES meting is dat deze meer lijkt op de functionele versterking van het toestel.

Een tweede manier om het toestel te controleren is met behulp van de insertion gain meting. Hierbij wordt een signaal via een luidspreker aangeboden aan de patiënt met hoortoestel. We meten via een slangetje in de gehoorgang op hoe dit geluid wordt doorgegeven aan het trommelvlies. Bij deze meting wordt dus niet alleen de werking van het hoortoestel opgemeten, maar wordt ook bepaald wat het effect is van het toonbochtje, het slangetje, de grootte van het afgesloten volume in de gehoorgang en de trommelvlies impedantie op de overdracht van het geluid. Het hele systeem wordt dus bemeten.

Bij deze meting wordt ook de natuurlijke resonantie van de open gehoorgang gemeten. Door deze bijdrage van de gemeten frekwentie karakteristiek af te trekken, kunnen we de effectieve versterking van het hoortoestel met bijbehoren bepalen, daarbij rekening houdend met de specifieke eigenschappen van het oor van de patiënt.

Tot voor kort was het noodzakelijk per soort meting apparatuur aan te schaffen. Inmiddels is er apparatuur op de markt gekomen waarmee beide controle methoden uitvoerbaar zijn.

8-2.1 COUPLER METINGEN.

8-2.1.1 Gestandaardiseerde kunstoren.

De werking van het hoortoestel op het oor van de slechthorende is sterk afhankelijk van individuele factoren, zoals o.a. het oorstukje (zie hoofdstuk 5.4). Toch dienen wij voor de selectie van een toestel ten behoeve van de aanmeting en voor technische controle-metingen aan de toestellen te beschikken over een soort gemiddeld gedrag van de hoortoestellen. Daartoe kan het geluid uit een hoortoestel met behulp van een gestandaardiseerd kunstoor (coupler) worden gemeten. Voor metingen bij de technische controle van het hoortoestel kan volstaan worden met de traditionele 2-cc coupler, zoals beschreven in de internationale norm IEC-126.

In een nieuwere norm (IEC-711) wordt een meer geavanceerde coupler beschreven, de zogenaamde "OCCLUDED EAR SIMULATOR" of O.E.S., waarvan het gedrag dankzij de hierin opgenomen resonantieholtjes gemiddeld beter overeenkomt met het akoestische gedrag van het oor van een volwassen mens, indien zijn gehoorgang wordt afgesloten met een oorstukje. Het is wenselijk en waarschijnlijk, dat de aanpasgegevens in de toekomst vooral gebaseerd zullen worden op de O.E.S.-metingen, terwijl voor de technische controle de 2-cc coupler in gebruik zal blijven. De verschillen tussen 2-cc metingen en O.E.S.-metingen kunnen per toestel variëren. De voornaamste verschillen treden op boven 1 kHz. Het is echter van wezenlijk belang te beseffen, dat in beide gevallen het effect op het individuele oor nog steeds aanzienlijk kan afwijken van het gemiddeld effect, zoals voorspeld door de coupler-metingen.

8-2.1.2 Vervormingsmetingen.

Bij alle metingen dient tevens de stand van de instel-regelaars te worden vermeld. Daarnaast is het belangrijk om de kwaliteit van het hoortoestel-geluid vast te leggen met behulp van metingen van de vervorming van het geluid en de eigen ruis van het hoortoestel. Bij de vervormingsmetingen kan men onderscheid maken tussen harmonische vervorming, intermodulatie-vervorming en transiënt-vervorming. Het is gebruikelijk om in ieder geval het percentage totale harmonische vervorming bij één of meer frekwenties in de documentatie op te nemen. De mooiste vorm van presentatie is echter een curve van het percentage totale harmonische vervorming (THD) als functie van de frekwentie.

De INTERNE RUIS van een toestel wordt bepaald door een meting van het ruisnivo bij de referentie-testversterking. Door van het gemeten ruisnivo aan de uitgang van het hoortoestel de ingestelde versterking af te trekken rekent men dit nivo als het ware om in een ingangsnivo: het RUIS-EQUIVALENTE INGANGSSIGNAAL bij de referentie-testfrekwentie.

8-2.1.3 Verificatie van productinformatie.

Met behulp van een coupler is de frekwentiekarakteristiek van een hoortoestel op te meten alsmede de vervormingsprodukten die geproduceerd worden, met name 2^e en 3^e harmonische en intermodulatie vervorming.

Indien we na willen gaan of aan de specificaties van de fabriek is voldaan, dienen deze volgens standaard procedures gecontroleerd te worden. Deze zijn vastgelegd in IEC-normen en worden beschreven in het jaarboekje van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie.

Praktisch bepalen we:

- de frekwentiekarakteristiek op gebruikversterking (toestel 3/4 open) met een ingangsignaal van ongeveer 60 dB zodat vervormingen nog niet van belang behoren te zijn; deze karakteristiek dient vergeleken te worden met de gepubliceerde specificaties van de versterking (gain).
- het maximale geluidsniveau dat met het toestel geproduceerd kan worden; dit wordt opgemeten door de volume knop helemaal open te zetten en een niveau voor het ingangsignaal te gebruiken van 90 dB; deze gegevens moeten we weer vergelijken met specificaties van het maximale uitgangsnivo (MOP).
- de vervormingsprodukten op gebruiksterkte; deze dienen minstens 20 dB onder de frekwentie karakteristiek te liggen.

Aan de hand van deze meetresultaten kunnen we nagaan of het toestel kwalitatief in orde is. Praktisch blijken de frekwentie karakteristiek en het maximale uitgangsnivo bij nieuwe toestellen heden ten dage meestal wel goed te zijn. Bij patiënten die voor vervanging van oude toestellen komen, is het de moeite waard deze metingen uit te voeren en te kijken of vervanging wel noodzakelijk is.

De meting van de vervorming laat soms wel sterk afwijkende resultaten zien. Het is onze ervaring dat dit bij sommige merken vaker voorkomt dan bij andere. Vaak blijkt ook dat te veel vervorming gevonden wordt in toestellen bij patiënten die klagen over bijgeluiden.

8-2.2 INSERTION GAIN METING.

Vanuit het standpunt van de aanpassing verdient het aanbeveling de frekwentie karakteristiek van het hele systeem te bepalen, dus van toestel, bochtje, oorstukje en gehoorgang. Dan kunnen we ook bepalen wat er effectief in alle onderdelen gebeurt. De mogelijkheid hiervoor wordt geboden door de insertion gain meting.

Bij deze meting wordt een dun slangetje langs het oorstukje geschoven tot

minstens een halve centimeter voorbij de top van het oorstukje (na te gaan via ringetje voor markering). Dit slangetje is verbonden met de meetmikrofoon.

Via een luidspreker wordt een gestandariseerd signaal (kalibratie vooraf is daarvoor noodzakelijk; procedure: slangetje en ijkmikrofoon vlakbij elkaar houden ongeveer op plaats waar de patiënt komt te zitten en kalibratie curve bepalen) afgegeven, wat ter voorkoming van staande golven in de meetruimte, meestal een in frekwentie gemoduleerde toon is. Een ijkmikrofoon vlakbij het oor van de patiënt meet hoeveel signaal door de mikrofoon van het hoortoestel wordt opgevangen en regelt zo nodig het meetsignaal bij. Hierdoor hoeft het hoofd van de patiënt niet gefixeerd te worden.

Vervolgens meten we welk niveau de signalen in de gehoorgang hebben terwijl het gestandariseerde en gekalibreerde signaal wordt aangeboden.

We bepalen gebruikelijk:

- de curve waarbij het signaal dat aan het hoortoestel wordt aangeboden, dus bij de ijkmikrofoon, in geluidsdruk gelijk gehouden wordt. Deze meting komt redelijk overeen met de specificatie van het hoortoestel zoals het door de fabriek is opgesteld, mits een goed oorstukje gemaakt is en geen middenoorpathologie aanwezig is.
- de resonantie van de open gehoorgang. Hierbij wordt het toestel met oorstukje verwijderd en wordt met het slangetje op dezelfde plaats als in de vorige conditie, eveneens voor een konstante geluidsdruk, opgemeten hoeveel geluid er op het trommelvlies valt. Deze curve is voor de beoordeling van het toestel niet direct relevant, maar is noodzakelijk voor het bepalen van de effectieve versterking. De door de patiënt ervaren versterking is immers het verschil tussen het horen met een open gehoorgang en met het toestel. Het verdient aanbeveling deze resonantie curve van de gehoorgang apart uit te schrijven om bij sterk afwijkende responsies, als gevonden bij middenoorafwijkingen, te kunnen beoordelen hoe men kan komen tot een beter totaal produkt.
- de insertion gain waarbij van de eerstgenoemde curve de resonantie van de gehoorgang wordt afgetrokken. Dit is dus de bepaling van de effectieve versterking van het hele hoortoestel met alles eraan. De gebruikte apparatuur bepaalt in hoeverre deze meting apart uitgevoerd moet worden of door aftrekking in de apparatuur gebeurt.

Er is momenteel apparatuur op de markt die een snellere meting toelaat. Daarbij wordt de gehoorgang resonantie van het andere oor gebruikt. Dit dient als een foutieve meting afgewezen te worden omdat de verschillen tussen de gehoorgangen erg groot kunnen zijn, vooral als middenoorafwij-

kingen een rol spelen. Gegevens op deze manier verkregen hebben geen praktische geldigheid.

Bij het beschikbaar zijn van deze apparatuur ligt het voor de hand de karakteristiek van een hoortoestel uit het audiogram te berekenen en vervolgens te testen of de insertion gain meting hiermee overeen stemt. Veel apparatuur is hierop toegespitst. De voor- en vooral de nadelen hiervan hebben we in het vorige hoofdstuk reeds besproken.

De betrouwbaarheid van de huidige apparatuur is beperkt tot ongeveer 5 kHz. Voor hogere frekwenties is de test-retest betrouwbaarheid uiterst slecht. De meting vertelt ons uitsluitend iets over de overdracht van geluid tot 5 kHz.

Het nut van deze meting zit in de mogelijkheid te beoordelen wat de frekwentie karakteristiek van het totale systeem is. Al te vaak blijkt dat het effect van een op zich goed toestel te niet gedaan wordt door een slecht oorstukje. Indien dit namelijk niet voldoende de hoge tonen doorgeeft, zal de patiënt wel veel geluid horen, zelfs tot het onaangename toe, maar zal hij niet verstaan. In onze visie is van groot belang te letten op de responsie in het 2-kHz gebied (zie Hoofdstuk 6). Dit apparaat laat deze controle toe en verschaft vaak inzicht in onverklaarbare bevindingen bij het testen van het spraakverstaan.

Een tweede voordeel van de methode hangt samen met de meting van de gehoorgang resonantie. Vaak zien we dat toestellen een karakteristiek hebben die mooi oploopt naar de hoge frekwenties. Dit suggereert dat de hoge frekwenties goed worden doorgegeven. Veel van dit effect wordt echter teniet gedaan doordat het oorstukje de gehoorgang afsluit en daardoor de natuurlijke gehoorgang resonantie weg neemt. De resonantie bedraagt gemiddeld ongeveer 18 dB (met uitschieters tot boven de 20 dB) en heeft zijn piek bij ongeveer 3 kHz. Door het optreden van dit effect zal die mooie hoge-tonen versterking van de frekwentie karakteristiek vaak erg tegenvallen als we de effectieve versterking meten. De insertion gain meting geeft hier snel een goed inzicht in.

In de praktijk blijkt de effectieve versterking hierdoor vaak zijn maximale waarde bij 1 kHz te hebben waardoor het spraakverstaan in lawaai bepaald niet bevorderd wordt, noch het draagcomfort bij de patiënt. Bescherming tegen harde geluiden kan dan bereikt worden door de versterking bij 1 kHz te verminderen.

Opvallend is dat de resonantie frekwentie bij oren met middenoorafwijkingen vaak afwijkt van het gemiddelde. De verschillen zijn theoretisch meestal goed te begrijpen. Bij de hoortoestelaanpassing dient hier echter wel

rekening mee gehouden te worden.

Vanwege de grote verschillen die zowel door gehoorgang als door oorstukje veroorzaakt worden, is het o.i. zeer aanbevelenswaardig dat deze meting algemene ingang zal vinden. Zo vinden we nogal eens systematische fouten bij het testen van de patiënt met woorden, welke op grond van de keuze van het toestel onverklaarbaar zijn. Het is onze ervaring dat veel van deze vreemde bevindingen het gevolg zijn van effecten in het oorstukje e.d. en alleen via een insertion gain gevonden kunnen worden. Op geleide van de insertion gain en met kennis van de frekwentie karakteristieken van het toestel, van de effecten van afmetingen van de boorgaten en de beluchting en van het gebruik van dempende filtertjes in de boogjes, kan dan vaak een betere oplossing bereikt worden.

8-3. HET TESTEN VAN HET FUNCTIONEREN VAN DE SLECHT-HORENDE MET HET HOORTOESTEL.

W.A. Dreschler

Naast de technische evaluatie van een hoortoestel is het van groot belang na te gaan wat de hoortoestel-drager ervaart. Voor een deel kan dit worden vastgelegd met psychofysische metingen in goed gestandaardiseerde condities, voor een ander deel gaat het om louter subjectieve ervaringen die moeilijk in maat en getal zijn vast te leggen.

8-3.1 Aansluiting bij het toonaudiogram.

In aansluiting op het toonaudiogram zijn er allereerst psychofysische metingen mogelijk met zuivere tonen of andere spectraal en temporeel nauwkeurig beschreven signalen. Analoog aan het meten van het toonaudiogram met hoofdtelefoon kan ook in het zogenaamde vrije veld de hoordrempel worden bepaald. Om eventuele tekortkomingen van de akoestiek te omzeilen gebeurt dit meestal niet met zuivere tonen, maar met frekwentie-gemoduleerde tonen (warble of wobbeltönen) of met smalband-ruisjes. Het verschil in toondrempels, gemeten met en zonder hoortoestel, wordt 'functional gain' genoemd en is de psychofysische variant van de 'insertion gain'. De insertion-gain meting heeft de functional gain echter geheel verdrongen, omdat in een veel kortere meettijd ongeveer gelijkwaardige informatie wordt verkregen voor aanzienlijk meer meetpunten.

Echter, naast drempel-metingen lijken ook bovendrempelige metingen van grote waarde bij de evaluatie van een hoortoestel. Zo geven metingen voor de aangename en onaangename luidheid met en eventueel zonder hoortoestel

veel informatie. Het maximale uitgangsvermogen met een hoortoestel ligt immers vaak hoger dan de maximale geluiddruk die de audiometer kan afgeven. En ook de invloed van de koppeling van het toestel aan het oor is van wezenlijk belang. Bij metingen van de (on)aangename luidheid is de instructie van grote invloed op het gevonden resultaat. Het is aan te raden altijd te werken met een gestandaardiseerde instructie, bijvoorbeeld zoals in tabel 8-1, en een gestandaardiseerde meetprocedure. De wijze van antwoorden kan ook geschieden door de slechthorende een cijfer aan de luidheid toe te laten kennen. Met behulp van deze zogenaamde "schalingsmethoden" kan een nauwkeurig inzicht worden verkregen in de gehele luidheidsopbouw, met of zonder hoortoestel. In een aantal Audiologische Centra wordt voor dit doel gebruik gemaakt van Pascoe-audiometrie of de Würzburger Hörfeld Skalierung (WHS). Wanneer voor luidheidsmetingen gebruik wordt gemaakt van een gedempte sinus spreekt men van otometrie.

Tabel 8-3.1

soort meting	instructie
MCL	Geef aan wanneer het aangeboden geluid een luidheidsniveau heeft dat u prettig vindt om gedurende langere tijd naar te luisteren.
UCL	Geef aan wanneer het aangeboden geluid een luidheidsniveau heeft waarnaar u niet langer zou willen luisteren.

8-3.2 Aansluiting bij het spraakaudiogram.

In aansluiting op het spraakaudiogram kan men gebruik maken van metingen met spraakmateriaal. Bij het selecteren van een geschikt hoortoestel, zoals beschreven in hoofdstuk 7, speelt het toonaudiogram eigenlijk een te grote rol. Dit is een logisch gevolg van het feit, dat hoortoestel-eigenschappen zijn vastgelegd m.b.v. metingen met zuivere tonen (zie hoofdstuk 6). In de praktijk zal het echter in de eerste plaats gaan om verbetering van de spraakverstaanbaarheid. Helaas is dit een veel complexer criterium dan verbetering van de drempel. Immers, bij het verbeteren van de drempel voor de detectie van zuivere tonen speelt alleen de gevoeligheid van het oor een rol, terwijl bij de spraakverstaanbaarheid het geluid niet alleen gedetecteerd, maar ook geanalyseerd en geïnterpreteerd moet worden. Los van een aantal centrale functies, die hiervoor noodzakelijk zijn is dit afhankelijk van auditieve functies als de luidheidskodering en het oplossend vermogen van het oor, zowel temporeel als spectraal. Omdat deze auditieve eigenschappen slechts met veel moeite gemeten kunnen worden lijken directe psychofysische metingen met spraakmateriaal onmisbaar voor de evaluatie van de effecten van een hoortoestel op het spraakverstaan.

Het conventionele spraakaudiogram met mono-syllaben of spondaeën kan ook in het vrije veld met en zonder hoortoestel worden gemeten. Om een indicatie te krijgen van de interactie met het spraakafzien wordt dikwijls gebruik gemaakt van live-gesproken woordlijsten met en zonder lipbeeld en met en zonder toestel. De resultaten worden vaak weergegeven in een kruistabel volgens tabel 8-2. Het gemis van een goed gedefinieerde signaalsterkte valt vaak ruimschoots weg tegen de flexibiliteit en het praktische nut van deze meting. Zo blijkt in de praktijk de respons-snelheid, hoewel hiervoor nog geen goed gedefinieerde maat is ontwikkeld, een vrijwel even belangrijk criterium te zijn als de behaalde score. Ook de aard van de gemaakte fouten geeft een ruwe indicatie van wat er aan de hand kan zijn (zie hoofdstuk 7-3.2.2).

Tabel 8-3.2: Kruistabel voor presentatie van de spraakscores met/zonder lipbeeld en met/zonder hoortoestel.

R / L / bdz.	zonder tst	met tst
zonder lipbeeld	%	%
met lipbeeld	%	%

Voor nauwkeuriger metingen en als men inzicht wil krijgen in het dynamisch bereik van de slechthorende met hoortoestel is het noodzakelijk een heel spraakaudiogram te meten: de verstaanscores voor woordlijsten als functie van het gemiddelde presentatieniveau. Als maat voor het effect van een hoortoestel is niet alleen de verschuiving van de spraakaudiogram-curve naar lagere presentatieniveaus belangrijk, maar ook een mogelijke verbreding van de curve (toename van de dynamiek, bijvoorbeeld dankzij toepassing van compressie) en het al dan niet bereiken van de onaangename luidheid voor spraak.

Echter, ook met deze tijdrovende metingen heeft men alleen nog maar kwantitatieve gegevens over het spraakverstaan. Kwalitatieve gegevens verkrijgt men pas als ook de verwarringspatronen geanalyseerd worden. Hieraan kleven echter nog een flink aantal praktische en experimentele bezwaren, bijvoorbeeld ten gevolge van de invloed van het aantal alternatieven voor een bepaald woord op de respons. Het werken met zogenaamde 'nonsense-woorden' kan hierin theoretisch verbetering brengen, maar gezien de training die hierbij vereist is voor een betrouwbaar resultaat lijkt dit klinisch niet toepasbaar.

8-3.3 Aansluiting op de dagelijkse praktijk.

Tenslotte zijn er psychofysische metingen mogelijk, die niet eenvoudig gerelateerd kunnen worden aan het toonaudiogram (inclusief MCL en UCL-drempels) en het spraakaudiogram. Het doel van deze metingen is min of meer aansluiting te vinden bij de dagelijkse praktijk onder zo goed

mogelijk gestandaardiseerde condities.

Een goed voorbeeld hiervan is de **zinstest**, ontwikkeld door Plomp en Mimpen (TNO-IZF, Soesterberg). Ten opzichte van de normale spraakaudiometrie heeft deze test het voordeel dat de spraak in de context van een zin wordt aangeboden en dat de test kan worden toegepast in condities met stoorgeluid zoals continue achtergrondruis, fluctuerende achtergrondruis, een concurrerende spreker of in condities met nagalm. Voor deze test is een stoorruis beschikbaar waarvan de spectrale inhoud gelijk is aan het gemiddelde spectrum van de gesproken zinnen. Mede hierdoor en door het gebruik van zinslijsten met telkens 13 zinnen voor iedere te meten drempel resulteert deze test in zeer nauwkeurig reproduceerbare 50%-drempels, SRT-waarden genoemd ('Speech Reception Thresholds'). Het aanbiedingsniveau voor de zinnen wordt in stappen van 2 dB gevarieerd op basis van het al of niet foutloos naspreken door de luisteraar (een adaptieve procedure). Indien de SRT-drempels worden gerelateerd aan het niveau van het gebruikte stoorgeluid ontstaan kritische signaal-ruis waarden (S/R of overeenkomstig de engelse terminologie S/N), die een directe maat zijn voor de moeilijkheden die de luisteraar bij stoorgeluid ondervindt. Deze waarden kunnen eenvoudig voor verschillende condities of hoortoestellen worden vergeleken, ook als de gemiddelde versterking van de hoortoestellen niet geheel overeenkomt. Hierbij is het van groot belang te bedenken, dat een drempel-verschuiving in stilte meestal door versterking kan worden gecompenseerd, maar dat een drempelverschuiving in kritische signaal-ruis verhouding slechts bij wijze van uitzondering zal verbeteren bij gebruik van een hoortoestel (bijvoorbeeld bij sterk hellende audiogrammen). Om deze reden is een gehoorverlies van enkele dB's in benodigde S/R-verhouding aanzienlijk ernstiger dan een zelfde verlies in stilte.

Een andere eigenschap, die in de praktijk van groot belang is, is het **richtinghoren**. Tests voor het bepalen van het richtinghoren worden meestal uitgevoerd met een halve cirkel met 9 of 13 luidsprekers, waardoor ruisstootjes kunnen worden aangeboden. Het resultaat kan worden uitgezet in een richtinghoordiagram, zie figuur 8-1.

De beperkingen van deze meting zijn, dat de geluiden alleen voor verschillende hoeken in het horizontale vlak worden aangeboden en alleen alleen aan de voorzijde van de hoortoestel-drager. Verder is het resultaat sterk afhankelijk van de gebruikte testsignalen, waarbij in het algemeen geldt, dat de resultaten gunstiger zijn bij langer aangehouden stimuli en bij een lagere centrale frekwentie. Aanzienlijk moeilijker kan de test worden bij fixatie van het hoofd.

Gezien de ontwikkelingen bij de meer-programma hoortoestellen is het

8-4. HET TOETSEN VAN DE WAARDERING VAN DE GEBRUIKER VOOR HET TOESTEL.

J.A.P.M. de Laat

8-4.1 INLEIDING.

Een belangrijk onderdeel van de (subjectieve) evaluatie van een hoortoestel-aanpassing is het oordeel van de slechthorende zelf. Als een slechthorende voor het eerst in zijn leven geconfronteerd wordt met een hoortoestel is het zich welbevinden tijdens het dragen van het toestel zeker zo belangrijk als de technische en de psychofysische aspecten. De motivatie van de (toekomstige) hoortoestelgebruiker wordt positief beïnvloed als hij/zij bij zichzelf goed overweegt wat de mogelijkheden en de beperkingen van het hoortoestel zijn t.a.v. de mate van slechthorendheid en de omstandigheden waarin het toestel gebruikt wordt. Dat laatste is pas echt mogelijk als het na een proefperiode enigszins duidelijk is wat het precies inhoudt een hoortoestel te dragen. Uiteindelijk blijken de meest voorkomende klachten betrekking te hebben op het oorstukje, de klank van het hoortoestel en het verstaan van spraak in achtergrondlawaai.

8-4.2 HET OORSTUKJE.

Problemen als jeuk, transpiratie, looporen en oorsmeer zijn tegen te gaan met een zo open mogelijk oorstukje met grote ontluchting. Dit geeft opnieuw problemen met akoestische terugkoppeling, mogelijk ook in de frekwentiekarakteristiek. Een mini IHO toestel is hier ongeschikt. Afhankelijk van de gewenste versterking zal men telefoon en microfoon verder uit elkaar moeten brengen en bij looporen vaak tot een beengeleider besluiten. Pijn door drukplekjes moet worden verholpen door het oorstukje plaatselijk bij te werken. Vaak is de klacht aanvankelijk groter dan na enige weken; het probleem lijkt gedeeltelijk door gewenning te verdwijnen. Zijn de gehoorgangen te smal dan lukt het bij kleine verliezen vaak niet voldoende ontluchting in een mini IHO aan te brengen. Dit geeft klachten over de eigen stem en een afgesloten gevoel. Ook dan is een mini IHO niet mogelijk. Bejaarden en zo veel mogelijk mensen uit hun omgeving dienen goed geïnstrueerd te worden dat "piepen" aan het oorstukje ligt en hoe het oorstukje behoort te zitten.

8-4.3 DE KLANK.

Vaak gemelde klachten zijn te hol ofwel te dof, alle stemmen klinken op afstand, te veel galm, te schel, te scherp, metalig of blikkerig, computer-

stemmetjes, vervorming, onnatuurlijk, resoneren, hinder van te harde geluiden, etc. Als extra probleem komt hier nog bij dat soms schel en scherp bedoeld wordt als hol en dof gezegd wordt, of omgekeerd.

- Slechthorenden met gehoorverlies in de hoge tonen ervaren dat stemmen "op afstand" klinken. Stemmen op afstand hebben in hun timbre minder hoge tonen dan stemmen dichtbij omdat hoge tonen (korte golflengte) minder ver "dragen" dan lage; door een hoge tonen verlies verdwijnt dit onderscheid. Hoge tonen versterking zal dan de stemmen naar schel en scherp laten verkleuren omdat men niet meer aan hoge tonen gewend is. De klacht van metalig en blikerig heeft hier ook vaak mee te maken. Soms is dit een gevolg van een te kleine maximale versterking of van een ingestelde begrenzing (peak-clipping) waardoor het scherpe geluid mede bepaald wordt door hoogfrequent vervormingsproducten. Bestaat het achtergrondlawaai ook uit stemmen dan mag enige verbetering in het verstaan worden verwacht door opscherping van dichtbij-stemmen (hoge tonen versterking).
- Bij lage tonen verliezen zullen stemmen te zacht klinken. Lage tonen versterking maakt stemmen wel luid genoeg maar achtergrondgeluiden zullen ook worden versterkt. Om "upward spread of masking" tegen te gaan mag niet meer laagfrequent versterkt worden dan nodig is; bij klachten over te hol en te dof is er te veel lage tonen versterking gegeven.
- Bij vlakke verliezen mag een toestel wel iets te scherp of te schel, nooit te hol of te dof klinken. Het is over het algemeen beter hoge tonen versterking of bij lichte tot matige gehoorverliezen zelfs geen versterking toe te passen dan lage tonen versterking.
- Bij hinder van te harde geluiden kan compressie, bij voorkeur ingangscompressie (zie één van de voorgaande hoofdstukken) en soms peak-clipping worden gebruikt. De slechthorende moet ook te weten komen dat harde geluiden nu eenmaal harde geluiden zijn en dat hij die niet (meer) gewend is zó te horen.
- Resoneren heeft vaak met de combinatie oorstukje-toestel te maken en kan met een insertion-gain meting worden vastgesteld. Verandering van oorstukje, toonbochtje of toestel lost dit probleem meestal op.
- Onnatuurlijk is in eerste instantie alles wat men niet gewend is of waarmee men niet vertrouwd is. Soms heeft het te maken met het oorstukje of met de ingestelde begrenzing of een defect van het toestel.

Algemeen geldt dat men bij een subjectieve evaluatie "lijn" moet houden. De wel eens uitgesproken vuistregel, "een aanpassing is geslaagd als de patiënt tevreden is" moet niet te letterlijk worden opgevat. Dit zou anders kunnen leiden tot de navolgende situatie die anekdotisch overkomt, maar zeker niet zo bedoeld is. Een oudere slechthorende met een hoge tonen verlies klaagt over het sociaal functioneren. Na aanpassing van een hoortoestel klaagt hij over te schel en te scherp en het oorstukje zit te vast zodat hij het moeilijk in en uit kan doen. Nadat het oorstukje kleiner is gemaakt gaat het toestel wel snel "rondfluiten". Dit kan verholpen worden door de lage tonen iets meer te versterken waarna het toestel iets zachter wordt gezet. Nu fluit het toestel niet meer rond en omdat er relatief minder hoge tonen versterking is klinkt het minder schel. Maar in achtergrondlawaai treedt zoveel hinder op door de lage tonen versterking, dat het spraakverstaan pas verbetert als het toestel in de kast wordt gelegd.

8-4.4 VERSTAAN VAN SPRAAK IN VERSCHILLENDE AKOESTISCHE OMSTANDIGHEDEN.

Beter spraakverstaan in stilte, beter spraakverstaan in lawaai, het meer kunnen genieten van muziek en geluiden beter kunnen localiseren zijn vaak strijdige wensen en kunnen niet altijd in een toestel worden gerealiseerd. De beste beleidslijn lijkt het spraakverstaan aan te houden; dit sluit aan bij de criteria van de Vergoedingsregeling Hulpmiddelen volgens de AWBZ. Alleen bij zeer ernstige slechthorendheid kan het versterken van alle geluiden de voorkeur hebben (horen dat je geroepen wordt, het horen van kinderen op de trap, etc.); op de meeste toestellen voor deze groep slechthorenden zit een schakelaar voor het kiezen tussen spraakverstaan (geringe lage tonen versterking) en een breed klankbeeld inclusief achtergrondgeluiden (met lage tonen versterking).

Probeer bij hoge tonen verliezen altijd aan de slechthorende duidelijk te maken dat de aanpassing van een schel en scherp klinkend toestel onontkoombaar is en dat harde geluiden nu eenmaal bestaan. Soms heeft de voor-schijver de behoefte te zeggen: "U moet het toestel eerst tien dagen zo veel mogelijk dragen en dan pas zeggen wat u ervan vindt". Pas als het wennen echt niet lukt zal men compromissen moeten sluiten; soms is dat al na enkele dagen of weken nodig, soms hoeft het echter niet.

8-4.5 HET VERSTAAN IN ACHTERGRONDLAWAAI.

Behalve opscherping van de frekwentiekarakteristiek dient bij deze klacht, indien mogelijk, stereo-aanpassing te worden overwogen. Afhankelijk van

de wens en de noodzaak tot verbetering van het sociaal maatschappelijk functioneren zal de slechthorende bereid zijn tot het dragen van twee hoortoestellen. Er dient duidelijk instructie te worden gegeven dat het voordeel van het tweede toestel niet meteen behoeft te blijken en dat voor ruimtelijk horen een leerproces nodig is.

- Betreft het te prothetiseren tweede oor een altijd al erg slechthorend oor dan is de kans op verbetering van het verstaan in achtergrondlawaai door beter ruimtelijk horen gering. Soms raakt men zelfs afgeleid van het horen met het goede oor door het nieuwe lawaai in het slechte oor. Bij verworven slechthorendheden en een langdurige ervaring in ruimtelijk horen is de kans op verbetering groter.
- Door aan een betrekkelijk slecht tweede oor hoge tonen versterking te geven bereikt men soms, door beter ruimtelijk horen, minder vermoedelijkheid door betere concentratie en grotere alertheid. Tevens blijkt ook de "hoofdschaduw" te verminderen omdat de lage tonen als het ware om het hoofd naar het andere oor "buigen" (door de langere golflengte) en de hoge tonen, die niet mee "buigen", nu beter met het "tweede" oor worden opgevangen.
- Tenslotte bestaat voor eenzijdig slechthorenden ("éénorigen") een zogenaamde CROS-aanpassing. Taxichauffeurs, rij-instructeurs en mensen die links en rechts aanspreekbaar moeten zijn (bijvoorbeeld in de horeca) maken er tijdens hun werk dankbaar gebruik van; na afloop van de werkzaamheden (aan het eind van de werkdag) blijken ze doorgaans het toestel vrij spoedig af te doen.

8-4.6 BEGELEIDING EN NAZORG VANUIT HET AUDIOLOGISCH CENTRUM.

Het is niet altijd mogelijk alle klachten van de slechthorende te verhelpen. Buiten de in hoofdstuk 9 besproken mogelijkheden beschikken de Audiologische Centra ook over de volgende faciliteiten.

- Informatiebijeenkomsten.

Voor slechthorenden met hun begeleiders is het mogelijk deze zittingen bij te wonen, waarin alle aspecten van het hoortoestel aan de orde komen; voorlichting over verenigingen en over (andere) hulpmiddelen wordt gegeven en gedragsregels (langzaam praten, duidelijk praten, elkaar aankijken, niet **door** elkaar maar **na** elkaar praten, spreker en luisteraar dichter bij elkaar, lichtinval op het gezicht van de spreker, lawaai vermijden, etc.) ter sprake komen.

- **Cursussen in spraakafzien.**

Deze worden vooral gevolgd door ernstig slechthorenden en doven, door slechthorenden met progressief gehoorverlies (NB audiometrie en hoortoestelinstelling periodiek controleren/evalueren!) en door alleenstaande slechthorenden.

- **Hoortraining.**

Aan jonge kinderen die voor het eerst een toestel dragen en aan plotseling slechthorenden of plotsdoven wordt hoortraining gegeven. Hierbij wordt tevens gelet op de luisterhouding en wordt de omgeving geïnstrueerd in gedragsregels.

- **Huisbezoeken.**

In de omgeving waar de slechthorende zich over het algemeen het meest op zijn gemak voelt kan soms een beter oordeel over zijn problematiek worden verkregen. Ook hier kunnen zaken besproken worden zoals: akoestiek, gebruik van ringleiding of handmicrofoon, huisbelsignalering, afstandsbediening, hulpmiddelen voor betere ontvangst van radio en televisie (infrarood-apparatuur, extra luidspreker of ringleiding) of telefoon (extra versterker). Voor werk- of schoolomstandigheden zijn zo nodig solo-apparatuur of extra conferentie-microfoons aan te bevelen. Tevens moet men wijzen op contacten die met de Nederlandse Vereniging Voor Slechthorenden (NVVS), Slechthorende Jongeren Organisatie (SHJO) of de Federatie van Ouders van Slechthorende kinderen (FOSS) kunnen worden gelegd.

8-4.7 EVALUATIE DOOR MIDDEL VAN EEN VRAGENLIJST.

Een indicatie voor de noodzaak van deze faciliteiten (extra hulpmiddelen, begeleiding en nazorg, het leggen van contacten) kan onder meer worden verkregen uit de gegevens van de geretourneerde vragenlijsten die door de Audiologische Centra doorgaans een half jaar na het definitief worden van de hoortoestelaanpassing naar de slechthorenden worden gestuurd. Uit deze gegevens blijkt soms ook of een gehoorverlies fluctuerend is of dat er progressie is opgetreden. In die gevallen zal de slechthorende voor herhaling van de metingen worden opgeroepen. Ongeveer 75% van de lijsten wordt geretourneerd, waaruit globaal de hierna volgende bevindingen opgetekend kunnen worden.

- de gewenningsperiode m.b.t. het hoortoestel ligt tussen de 1 en 2 maanden,
- 85% gebruikt het toestel dagelijks,
- 60% heeft last van te harde geluiden of teveel omgevingslawaai,
- scherp en schel wordt als onprettig ervaren maar tegelijkertijd wordt wel

- verbetering in spraakverstaan erkend,
- verstaan in achtergrondlawaai wordt als matig beoordeeld,
- de klank wordt als redelijk tot goed ervaren,
- éénzijdig geprothetiseerden met beiderzijds gehoorverlies klagen significant vaker over problemen met richtinghoren en spraakverstaan in geroezemoes dan dubbelzijdig geprothetiseerden,
- bij 50% van de mensen die last hebben van oorsuizen geeft het gebruik van (een) hoortoestel(len) en/of (een) oorsuismaskeerder(s) verlichting,
- er bestaan nauwelijks klachten over spraakverstaan in stilte,
- 20% heeft problemen met het oorstukje dat meestal veranderd moet worden (bijschaven, glaslak of edelstaal, venting, nieuw oorstukje, alsnog boring in de vorm van Bakke- of Libby-horn),
- 10% heeft een andere instelling van het toestel nodig,
- 15% heeft behoefte aan extra hulpmiddelen en contact (uitleg etc.).

Door het gebruik van een vragenlijst is vaak een niet optimale aanpassing alsnog te verbeteren.

BIJLAGE 8-4.

De hierna volgende vragenlijst hoorapparaten is samengesteld op grond van alle vragenlijsten die door de Nederlandse Audiologische Centra gebruikt worden.

VRAGENLIJST HOORAPPARATEN

Algemeen

Wilt u bij de meerkeuze-vragen het antwoord aankruisen dat voor u van toepassing is.

1. Naam:
- Adres:
- Postcode en plaats:
- Telefoon:
- Geboortedatum:
- Invuldatum:
- Ingevuld door:
- Telefoon (van invuller):

2. Woonsituatie:
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> inwonend | <input type="checkbox"/> zelfstandig |
| <input type="checkbox"/> bejaardentehuis | <input type="checkbox"/> verzorgings- of verpleeghuis |
| <input type="checkbox"/> | |
3. Beroep:
4. Wat voor hoortoestel hebt u?
- | | |
|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 1 oorhanger | <input type="checkbox"/> 2 oorhangers |
| <input type="checkbox"/> 1 in het oor | <input type="checkbox"/> 2 in het oor toestellen |
| <input type="checkbox"/> hoorbril | <input type="checkbox"/> 1 of 2 beengeleider(s) |
| <input type="checkbox"/> kasttoestel | |
5. Hoeveel uur draagt u het toestel (gemiddeld) per dag?
- | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> minder dan 1 uur | <input type="checkbox"/> 1-2 uur | <input type="checkbox"/> 3-5 uur |
| <input type="checkbox"/> meer dan 5 uur | | |
6. Hoeveel tijd heeft u nodig gehad om aan het toestel te wennen?
- | | | |
|--|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> minder dan 1 week | <input type="checkbox"/> 1-2 weken | <input type="checkbox"/> 3-5 weken |
| <input type="checkbox"/> meer dan 5 weken | <input type="checkbox"/> nog steeds niet gewend | |

Bediening en gebruik van het toestel

7. Doet u het oorstukje zelf in het oor?
- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nee |
|-----------------------------|------------------------------|
8. Kunt u het toestel zelf bedienen?
- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nee |
|-----------------------------|------------------------------|
9. Gebruikt u het toestel thuis?
- | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> altijd | <input type="checkbox"/> vaak | <input type="checkbox"/> soms | <input type="checkbox"/> nooit |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
10. Gebruikt u het toestel tijdens het werk?
- | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> altijd | <input type="checkbox"/> vaak | <input type="checkbox"/> soms | <input type="checkbox"/> nooit | <input type="checkbox"/> n.v.t. |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
11. Gebruikt u het toestel op school?
- | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> altijd | <input type="checkbox"/> vaak | <input type="checkbox"/> soms | <input type="checkbox"/> nooit | <input type="checkbox"/> n.v.t. |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
12. Gebruikt u het toestel tijdens het uitvoeren van uw hobby?
- | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> altijd | <input type="checkbox"/> vaak | <input type="checkbox"/> soms | <input type="checkbox"/> nooit | <input type="checkbox"/> n.v.t. |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
13. Gebruikt u het toestel als u alleen bent?
- | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> altijd | <input type="checkbox"/> vaak | <input type="checkbox"/> soms | <input type="checkbox"/> nooit | <input type="checkbox"/> n.v.t. |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|

14. Gebruikt u het toestel in het verkeer?
 altijd vaak soms nooit n.v.t.
15. Maakt u gebruik van de draaiknop om het toestel harder of zachter te zetten?
 vaak soms nooit
16. Is uw toestel in de afgelopen periode gerepareerd?
 nee 1 keer meer dan 1 keer

Profijt van het hoortoestel

Hoe goed hoort u met het toestel in de volgende situaties:

17. In een gesprek met 1 persoon in een rustige omgeving?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
18. In een gesprek met 2 of 3 personen in een rustige omgeving?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
19. In een gesprek met 1 persoon in een rumoerige omgeving (verjaardag)?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
20. In een vergadering of een groepsgesprek?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
21. In een winkel?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
22. In een kerk?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
23. Radio?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
24. Televisie?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
25. Telefoonbel?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.
26. Telefoongesprek?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.

27. In een schouwburg of concertzaal (klank)?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.

28. In verkeer (claxon, bel, etc.)?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.

29. Hoe klinkt uw toestel?
 goed redelijk matig slecht

Hoe vindt u zelf uw eigen stem klinken met het toestel?
 goed redelijk matig slecht

30. Kunt u met het toestel horen uit welke richting het geluid komt?
 goed redelijk matig slecht

Irritaties

31. Hoe is de pasvorm van het oorstukje?
 goed redelijk matig slecht n.v.t.

32. Jeukt het oor weleens t.g.v. het oorstukje?
 nooit soms vaak altijd

33. Fluit of piept het toestel tijdens het dragen?
 nooit soms vaak altijd

34. Hebt u veel last van het suizen van de wind?
 nooit soms vaak altijd

35. Hebt u veel last van harde geluiden?
 nooit soms vaak altijd

36. Wordt u nerveus van het toestel?
 nooit soms vaak altijd

37. Hebt u t.g.v. het dragen van het hoortoestel meer of minder last van (inwendig) oorsuizen dan normaal?
 meer normaal minder n.v.t.

38. Vindt u de bediening lastig?
 ja gaat wel nee

39. Zijn er andere irritaties? Zo ja, welke?
40. Hoe reageren de mensen met wie u omgaat op uw slechthorendheid (b.v. uw partner, kinderen, vrienden, werkgever, collega's)?

Hulpmiddelen

41. Heeft uw toestel een luisterspoel (T-stand)?
 ja nee
42. Zet u het toestel op de T-stand bij telefoneren?
 nooit soms vaak altijd n.v.t.
43. Zet u het toestel op de T-stand in de kerk of in de schouwburg?
 nooit soms vaak altijd n.v.t.
44. Zet u het toestel op de T-stand bij radio en/of televisie?
 nooit soms vaak altijd n.v.t.
45. Zet u het toestel op de T-stand bij een vergadering of in de recreatie-zaal?
 nooit soms vaak altijd n.v.t.
46. Hebt u een extra geluidsvolume-regelaar op uw telefoon(hoorn)?
 ja nee
47. Hebt u speciale voorzieningen voor radio en/of televisie?
 ja nee
48. Hebt u andere hulpmiddelen dan de zojuist genoemde?
Zo ja, welke?

Adviezen t.a.v. uw slechthorendheid

Bent u tevreden over:

49. De hulp en de adviezen van het Audiologisch Centrum?
 tevreden matig tevreden ontevreden
50. De hulp en de adviezen van de Audiciën?
 tevreden matig tevreden ontevreden

51. Kunt u de waardering voor uw toestel in een getal uitdrukken?

- | | | |
|--|---|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10 uitmuntend | <input type="checkbox"/> 9 zeer goed | <input type="checkbox"/> 8 goed |
| <input type="checkbox"/> 7 redelijk | <input type="checkbox"/> 6 voldoende | <input type="checkbox"/> 5 matig |
| <input type="checkbox"/> 4 onvoldoende | <input type="checkbox"/> 3 slecht | |
| <input type="checkbox"/> 2 zeer slecht | <input type="checkbox"/> 1 geen enkel nut | |

52. Zijn de mensen met wie u omgaat tevreden met het bereikte resultaat?
Is dit ook in een getal uit te drukken?

- | | | |
|--|---|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10 uitmuntend | <input type="checkbox"/> 9 zeer goed | <input type="checkbox"/> 8 goed |
| <input type="checkbox"/> 7 redelijk | <input type="checkbox"/> 6 voldoende | <input type="checkbox"/> 5 matig |
| <input type="checkbox"/> 4 onvoldoende | <input type="checkbox"/> 3 slecht | |
| <input type="checkbox"/> 2 zeer slecht | <input type="checkbox"/> 1 geen enkel nut | |

Hebt u nog opmerkingen die nog niet aan de orde geweest zijn:

53. Omtrent het hoortoestelgebruik?

54. Omtrent de hulp en de adviezen van het Audiologisch Centrum?
.....

55. Omtrent de hulp en de adviezen van de Audiciën?

56. Wilt u geïnformeerd worden over het volgen van lipleeslessen?

- ja nee

57. Wilt u geïnformeerd worden over de Nederlandse Vereniging Voor Slechthorenden (NVVS)?

- ja nee

58. Kunt u omschrijven hoe u (eventueel in verschillende omstandigheden) wat uw gehoor betreft functioneert **zonder** hoortoestel?

59. Kunt u omschrijven hoe u (eventueel in verschillende omstandigheden) wat uw gehoor betreft functioneert **met** hoortoestel?

60. Hebt u tenslotte nog andere vragen en/of opmerkingen?

9. DE INVLOED VAN SLECHTHORENDHEID OP HET DAGELIJKS LEVEN VAN VOLWASSENEN.

T. de Boer, A.W. Dondorp en C. Sijstra.

9-1 INLEIDING

In onze samenleving wordt verondersteld dat iemand met wie men aan de praat komt een goed gehoor heeft. Hoewel slechthorendheid, vooral bij ouderen, veel voorkomt, is er niet alleen weinig bekendheid met de doorwerking van een slecht gehoor in het functioneren van iemand maar er is ook weinig begrip voor. Meestal is wel bekend dat door het niet goed horen het verstaan, en dus ook het voeren van een gesprek veel moeilijker wordt. Men realiseert zich echter onvoldoende wat daarvan de gevolgen zijn totdat iemand zelf, of iemand in de naaste omgeving, slechthorend wordt. Acceptatie van slechthorendheid en het overwinnen van weerstanden tegen het dragen van hoortoestellen verloopt niet bij iedereen even gemakkelijk. Een slechthorende zal proberen die oplossingen te bedenken die voor haar of hem in de eigen omstandigheden het beste zijn.

9-2. DE INVLOED VAN VERWORVEN SLECHTHORENDHEID.

9-2.1 Knelpunten ten gevolge van slechthorendheid

Wanneer slechthorenden hun problemen beschrijven (Engels onderzoek, Stephens, 1980) blijkt, dat die in vier categorieën ingedeeld kunnen worden. Met een op dezelfde wijze opgezet onderzoek in Nederland, (Sijstra, 1987) werd bij 114 slechthorenden (ouder dan 55 jaar) dezelfde indeling gevonden. Het bleek mogelijk door middel van een aantal gerichte vragen de knelpunten betrouwbaar en valide vast te leggen.

Het betreft problemen met:

- Situaties, waarin het verstaan moeilijkheden geeft
- Het eigen gedrag van de slechthorende (bijvoorbeeld zich terug gaan trekken)
- De houding van de mensen in de omgeving
- Eigen gevoelens, zoals bijvoorbeeld onzekerheid

Problemen ten gevolge van niet goed kunnen horen worden door de slechthorende niet zo gemakkelijk aan de orde gesteld. Voor een deel is dit begrijpelijk omdat het vaak moeilijk is om te doorzien in hoeverre het de slechthorendheid is die maakt dat contacten zo stroef verlopen of maakt dat men zo snel vermoeid is. Slechthorenden houden zich vaak op de vlakte wat betreft hun minder goed horen als er niet heel expliciet naar gevraagd wordt.

Door een slechthorendheid die op latere leeftijd is ontstaan worden onderlinge relaties en taakverdelingen beïnvloed. Deze ontwikkelingen zijn te koppelen aan trefwoorden:

1. Afhankelijkheid
2. Onzekerheid en vermoeidheid
3. Rolverandering
4. Dagelijkse praatjes over het weer e.d.

9-2.2 Afhankelijkheid.

In het algemeen betekent een verworven slechthorendheid dat men voor informatie meer afhankelijk wordt van anderen dan het geval is voor goedhorenden. Het is moeilijk om greep te houden op wat er gebeurt en dat kan onzekerheid veroorzaken. Omdat er voortdurend een tekort aan relevante informatie dreigt, betekent dit ook dat men men door het niet goed horen afhankelijk raakt van de welwillendheid van anderen waardoor het zelfstandig functioneren in gevaar kan komen. Vooral voor mensen die gewend waren op eigen oordeel te vertrouwen vraagt het een hele omschikeling om met een dergelijke afhankelijkheid te functioneren.

9-2.3 Onzekerheid en vermoeidheid.

Om zicht te houden op wat er gebeurt is goede informatie nodig. Slechthorenden merken dat het verkrijgen van de relevante informatie veel extra inspanning kost en dat heeft tot gevolg dat zij eerder vermoeid zijn dan anderen. De informatie waar het om gaat betreft niet alleen WAT er wordt gezegd maar ook HOE het wordt gezegd. Uit subtiele aanwijzingen kan men constateren dat er iets aan de hand is. Als voorbeeld de volgende situatie:

Een leerkracht met een slecht gehoor zal een begin van onrust in een bepaalde hoek van de klas pas relatief laat opmerken, waardoor hij er niet meteen op kan inspelen en mogelijk te laat reageert.

Bij een tekort aan informatie kan de slechthorende minder invloed uitoefenen op de gang van zaken en minder sturend optreden. Daarbij komt de twijfel aan zich zelf, door het besef dat iets mogelijk niet goed verstaan is. Dit veroorzaakt een voortdurende onzekerheid, ook in situaties waarin men wél goed verstaan heeft. Bovendien hebben achtergrondlawaai en akoestiek op het verstaan van de slechthorende een grotere invloed, zowel op het minder goed verstaan als op het vermoeid raken dat sneller optreedt en het verstaan weer ongunstig beïnvloedt. Bijvoorbeeld in de volgende situaties:

Een gesprek met zijn vieren is prima te voeren maar als er op de achtergrond muziek aanstaat ontstaan er moeilijkheden. De goedhorende merkt het verschil in luisteromstandigheden nauwelijks op.

In een lawaaiig warenhuis verstaat een slechthorende slecht, terwijl er in een gesprek onder vier ogen in een rustige eigenlijk geen problemen zijn.

Deze verschijnselen kunnen voor personen in de omgeving heel verwarrend ja zelfs bijna onbegrijpelijk zijn. Men zal er op bedacht moeten zijn, dat door een ontstaan gehoorverlies de communicatie niet meer zo gemakkelijk verloopt als vroeger. Men moet er rekening mee houden dat een gesprek, vooral bij luisteren in een grotere groep, meer tijd vergt en van de slechthorende extra concentratie vraagt. Ook zal het regelen van bepaalde zaken, dat eerder door de slechthorende zelf werd gedaan nu assistentie vragen of zelfs overgenomen moeten worden.

9-2.4 Rolverandering

In een gezin heeft vaak een ieder een eigen aandeel in de dagelijkse gang van zaken. Deze taken (of rollen) kunnen totaal anders komen te liggen als één van de partners slechthorend wordt.

Als een ouder zo slechthorend is geworden dat hij zich niet meer kan redden bij ouderavonden op school zal de andere ouder hier moeten bijspringen of dit misschien op zich moeten nemen.

9-2.5 Dagelijkse praatjes over het weer e.d.

In het dagelijks leven wordt heel wat afgepraat.

In veel gesprekken gaat het niet zozeer om het uitwisselen van zakelijke informatie, maar vooral om het onderhouden van contacten met personen in de directe omgeving. Met name bij een eerste kennismaking met iemand wordt vaak met een oppervlakkig praatje begonnen.

Een praatjes over het weer bijvoorbeeld.

Omdat een slechthorende met name in rumoer het gesprokene moeilijker kan verstaan gaan dergelijke terloopse praatjes nog al eens aan hem voorbij. Hierdoor komt hij buiten de oppervlakkige communicatie van alle dag te staan en heeft minder deel aan de gezelligheid.

Dit kan ook gelden voor informatie uitwisseling in het gezin tijdens het eten. Vraagt hij naar wat er gezegd is, dan krijgt hij een samenvatting van een langere conversatie in enkele zinnen. Zakelijk is hij dan wel op de hoogte van wat er aan de orde was maar inhoudelijk heeft hij niet mee gedaan aan de gedachtenwisseling. Daarbij zijn immers diverse meningen, gevoelens, visies en emoties in het spel. Het gaat in een communicatie vooral ook om hints, die besloten liggen in haperingen, klankkleur of intonatie. Hiermee worden dan genuanceerde aanwijzingen verkregen over wat het werkelijke belang is van de uitgewisselde informatie. Men kan, formeel gesproken, inhoudelijk geïnformeerd zijn en toch het gevoel hebben het meest wezenlijke te hebben gemist.

9-3. HULPVERLENING.

9-3.1 Informatie verstrekking

In een aantal gevallen kan hulpverlening uiterst moeizaam verlopen, wanneer de slechthorende zijn beperking moeilijk kan accepteren en (nog) veel weerstand heeft tegen het dragen van hoortoestellen heeft. Ook kan het zijn dat zijn omgeving niet voldoende meewerkt omdat men bijvoorbeeld te hoge verwachtingen heeft en denkt dat de slechthorende nu hij een hoortoestel draagt, weer goed hoort.

Ook al geeft men veel informatie aan de slechthorende en investeert men extra tijd en aandacht aan het bespreken van de problemen dan zijn die daarmee nog niet altijd opgelost. Vooral bij ouderen met presbycusis wordt het onvoldoende geïnformeerd zijn nog al eens ten onrechte toegeschreven aan cognitieve beperkingen (achteruitgang van verstand, geheugen), terwijl het in feite gaat om de gevolgen van een slecht gehoor. Het is belangrijk dat de slechthorende zelf, alsook de personen in zijn omgeving, de (sluipende) gevolgen van slechthorendheid leren doorzien en leren hanteren.

9-3.2 Verwijzing

Het is voor een KNO-arts (en huisarts) niet altijd gemakkelijk de mensen te herkennen die extra steun nodig hebben bij het accepteren van en leren omgaan met hun slechthorendheid.

In een gesprek met een slechthorende merkt men dat in eerste instantie een medische oplossing wordt verwacht en dat problemen wat worden gebagetelliseerd. Voor een deel komt dit, doordat de slechthorende zich er nog niet van bewust is in welke mate de ervaren moeilijkheden in de communicatie veroorzaakt worden door het niet goed horen.

Een deel van de slechthorenden zal de eigen weg wel weten te vinden wanneer goede informatie is gegeven over de gevolgen slechthorendheid en over de mogelijkheden die hulpmiddelen kunnen bieden.

Andere slechthorenden zullen echter als gevolg van het ongemerkt minder gaan horen problemen hebben gekregen bijvoorbeeld met de partner, in het gezin, op het werk. Dit laatste kan zelfs leiden tot omscholing of afkeuring. In dergelijke situaties kan verwijzing naar een Audiologisch Centrum gewenst zijn. Daar wordt in een multidisciplinair team gewerkt en kan naast de directe hoorrevalidatie ook hulp worden geboden op psycho-sociaal terrein door ervaren medewerkers.

Voor alle plots-doven en progressief slechthorenden is een verwijzing naar een Audiologische Centrum geïndiceerd in verband met de vele vragen en de veelal ernstige en complexe problemen die dan binnen korte tijd ontstaan en veelal een crisissituatie veroorzaken.

9-3.3 De interdisciplinaire benadering

In de Audiologische Centra wordt naast de meer technische revalidatie

aandacht besteed aan communicatietraining en psycho-sociale begeleiding. Dit geschiedt in nauwe samenwerking door leden van het team die allen gespecialiseerd zijn in gehoorsproblematiek, maar afkomstig uit verschillende disciplines: de fysisch-audioloog, de audiologie-assistent, de maatschappelijk werker, de psycholoog, en de logopedist. Afhankelijk van de aard van de problematiek worden in eerste instantie één of meer teamleden ingeschakeld. Door een nadere inventarisatie van de problemen wordt dan duidelijk welke begeleiding de slechthorende en zijn omgeving nodig hebben.

9-3.4 Communicatietraining

Wanneer de communicatievaardigheid een knelpunt vormt zal gezocht worden naar mogelijkheden voor spraakafzien (al dan niet in een groep), of alternatieve vormen van communicatie zoals ondersteunende gebaren. Daarnaast is het dan nodig om aandacht te besteden aan de zogenaamde hoorstrategieën. De slechthorende en zijn omgeving krijgen tips aangereikt om de situatie zo te beïnvloeden dat het verstaan van spraak geoptimaliseerd wordt. Het kan nodig zijn ook te werken aan de vereiste goede sociale vaardigheid. Bij deze activiteiten heeft de logopedist de centrale plaats.

9-3.5 Psychosociale begeleiding

Bij de psychosociale begeleiding richt in eerste instantie de maatschappelijk werker zich op het systematisch aan de orde stellen van de slechthorendheid. Het doel is dan duidelijk te maken dat de slechthorendheid een realiteit is die men niet ontlopen kan. In deze gesprekken die, als de betrokkene dat wil, in aanwezigheid van gezinsleden of collega's worden gevoerd, wordt veel informatie gegeven.

Deze gesprekken geven inzicht maar zijn ook confronterend.

Het audiogram van de slechthorende kan als uitgangspunt dienen voor een gesprek waarbij ook de gevolgen van de slechthorendheid voor het leven van alledag in zijn algemeenheid zal worden besproken.

De situaties waarin het verstaan problemen geeft komen dan uiteraard ter sprake evenals de wijze waarop de patiënt zich in die moeilijke situaties kan redden. Ook wordt aandacht besteed aan de bijdrage die vanuit de omgeving kan worden geleverd.

Met de individuele problematiek van de slechthorende komt ook zijn emotionele beleving aan de orde. Zo nodig wordt ingegaan op emoties als woede, agressie, verdriet, pijn en angst.

Naast individuele gesprekken kan er ook groepsgewijs worden gewerkt afhankelijk van doel en vraagstelling.

9-3.6 Problemen in huiselijke kring

De maatschappelijk werker zal systematisch met de slechthorende nagaan

waar de knelpunten liggen en in overleg met hem, gesprekken voeren met gezinsleden. Bij hen kunnen vragen leven en zij kunnen ook knelpunten ervaren. Belangrijk is dat bij hen voldoende kennis en begrip aanwezig is betreffende de mogelijkheden en onmogelijkheden van de slechthorende zelf, van de hoortoestellen en van andere technische hulpmiddelen.

Nagegaan wordt of er een acceptatieproblematiek is, of er problemen zijn met veranderende rolpatronen, of met het dragen van verantwoordelijkheden, of er teleurstellingen en zorgen zijn over een veranderd toekomstbeeld (geld), het dragen van de verantwoordelijkheid voor kinderen etc. Zijn er aanwijzingen voor misverstanden, isolering, vereenzaming?

9-3.7 Problemen op het werk

De maatschappelijk werker bekijkt met de slechthorende welke invloed de slechthorendheid uitoefent in de werksituatie. Is er voldoende medewerking van collega's en chef? Zijn er veranderingen nodig, zoals technische aanpassingen? Wordt er gedacht aan herplaatsing, omscholing, blijft promotie mogelijk, dreigt er ontslag?

Als er knelpunten zijn zal in nauw overleg met de slechthorende een benadering ontwikkeld worden zonodig met inschakeling van andere instanties zoals een juridisch adviseur of een vakbondsmedewerker.

9-3.8 Problemen in de vrije tijd

Doordat het luisteren voor de slechthorende zo vermoeiend is, kan de energie gaan ontbreken voor aandacht voor vrienden en kennissen. Er kan dan zo weinig contact overblijven dat de vriendenkring uitdunt, zeker als de partner hier niet een stimulerende rol vervult. Wordt een sport of een hobby nog als ontspanning ervaren als het sociale contact zoveel inspanning kost? In de kantine van een vereniging kan de slechthorende zich geïsoleerder en eenzamer voelen dan wanneer hij alleen thuis zit.

9-3.9 Het inschakelen van andere instanties

Tijdens de psycho-sociale begeleiding kunnen zich problemen voordoen die een specialistische aanpak vragen die niet door een Audiologisch Centrum geboden kan worden. Dit kan knelpunten betreffen die direct voortvloeien uit het slechter gaan horen maar ook problemen die daar indirect mee samenhangen.

In die situaties zal het AC-team verwijzen naar of samenwerken met andere instanties als het Algemeen Maatschappelijk Werk, de RIAGG, het Arbeidsbureau, de GMD/GAK enz. Enkele RIAGG's hebben zich speciaal toegelegd op hulpverlening aan doven, dit geldt vooral voor het RIAGG in Ede genaamd GOUDT dat staat voor: Gelders / Overijssels / Utrechts (Flevolands) Doventeam.

9-4. "TE" LATE ONDERKENNING.

De factoren die een rol spelen bij het hulp zoeken bij slechthorendheid kan men aan de hand van het Health Belief Model onderscheiden. Dit model beschrijft in het algemeen wat de drijfveren zijn van mensen die problemen met hun gezondheid krijgen om daarvoor hulp te gaan zoeken.

Het gaat om de inschatting van de ernst van de ziekte en een beoordeling van de mogelijkheden tot vermindering van de klachten. Hierbij is van belang de verhouding tussen het profijt en het ongemak van de te nemen maatregelen. Aandachtspunten zijn: geld, tijd, aandacht en moeite. De norm van de samenleving, de cultuur, speelt daarbij een grote rol.

Als dit model wordt toegepast op slechthorendheid blijkt dat een slechthorende pas hulp gaat zoeken wanneer hij de slechthorendheid als voldoende ernstig inschat. Deze inschatting wordt bemoeilijkt omdat de betrokkene zijn referentiekader, zijnde het functioneren met een goed gehoor geleidelijk aan is kwijt geraakt. Daarbij speelt bovendien een rol dat in onze samenleving slechthorendheid vaak gezien wordt als een teken van "oud" zijn, terwijl het in feite gaat om de onmacht tot participatie in de snelle communicatie.

Ten aanzien van hoortoestellen is er vaak een te hoge en tegelijk een te lage verwachting wat de verbetering betreft. Dit geldt zowel voor de betrokkene als voor zijn omgeving. Hoe groot de "prijs" is die betaald moet worden voor de zichtbaarheid van het hoortoestel hangt samen met de beleving van de betrokkene en de houding van de omgeving.

Het uitstelgedrag van de slechthorende wordt nog extra duidelijk beïnvloed door de visies op en de meningen over de slechthorendheid in de maatschappij. Jammer genoeg bestaat er vaak ook bij medici nog onvoldoende inzicht in de problematiek en in de beschikbare behandelingsmethoden. Zolang het algemeen aanvaard is, ook in de media, dat de ouderdom nu eenmaal met gebreken komt en aan de gevolgen van slechthorendheid weinig te doen is, zullen met name ouderen het gaan dragen van hoortoestellen steeds weer uitstellen.

Engels onderzoek (Brooks, 1989) heeft aangetoond, dat hoortoestellen, die op relatief jongere leeftijd worden aangepast bij slechthorenden met presbycusis, op latere leeftijd beter worden gedragen.

9-5. GESCHIKTE VRAGEN VOOR EEN ANAMNESE.

Ervaring met het afnemen van de anamnese heeft geleerd, dat met het stellen van enkele vragen op de vier eerder genoemde probleemgebieden, in korte tijd een betrouwbare indruk van de problemen van de slechthorende en zijn omgeving kan worden verkregen. Dit levert een basis om te beoordelen of iemand in aanmerking komt voor verwijzing naar een Audiologisch Centrum.

Allereerst zijn er vragen te stellen over de situaties waarin moeilijkheden worden ervaren. De vragenlijst die als bijlage A bij hoofdstuk 8 is opgenomen geeft hiervoor informatie.

Daarnaast zijn er geschikte vragen die zijn ontleend aan de GVH, de Groninger Vragenlijst voor de Hoorrevalidatie.

- **Betreffende het gedrag van de slechthorende:**
 - "Vermijdt u groepen, omdat U slecht hoort?"
 - "Houdt u zich maar stil in een groep, om te vermijden dat u verkeerde dingen zegt?"
 - "Trekt u zich maar terug uit het gesprek, wanneer er veel mensen door elkaar heen praten?"
- **Betreffende problemen met anderen**
 - "Praten de mensen, met wie u omgaat zonder u verder, wanneer U het gesprek niet kunt volgen?"
 - "Ergeren de mensen met wie u omgaat er zich aan als u iets niet verstaat?"
- **Betreffende de eigen gevoelens van de slechthorende:**
 - "Wordt u er wel eens moedeloos van, wanneer u iemand keer op keer verkeerd verstaat?"
 - "Voelt u zich buitengesloten wanneer U het gesprek niet goed kunt volgen?"
 - "Voelt u zich door uw slechthorendheid belemmerd in het contact met anderen?"
 - "Is luisteren voor u zó inspannend, dat u er vermoeid door raakt?"

Als een slechthorende met de beantwoording van deze vragen aangeeft dat het gevraagde vaak of bijna altijd het geval is, kan geconstateerd worden dat er een probleem is op dat gebied. De slechthorende komt dan in aanmerking voor verwijzing naar aan Audiologisch Centrum.

9-6. TOT SLOT.

Het moge duidelijk zijn dat het nodig is de samenleving er goed van op de hoogte te brengen wat slechthorendheid is en welke beperkingen van het dagelijks functioneren daardoor veroorzaakt worden.

Dit kan door medici gebeuren die open staan voor klachten van mensen met een slechter wordend gehoor en die een realistisch beeld kunnen geven van de mogelijkheden van hoortoestellen en andere hulpmiddelen. Deze informatie verstrekking kan leiden tot het gaan proberen van een hoortoestellen in een vroegtijdig stadium van slechthorendheid en/of tot een verwijzing naar een Audiologisch Centrum.

Naast medici en Audiologische Centra ligt hier ook een taak voor de verschillende patiëntenverenigingen.

Meer informatie in de samenleving zal er toe kunnen bijdragen, dat meer slechthorenden en hun omgeving de hulp krijgen die voorhanden is.

9-7. LITERATUUR.

Héту, R., Jones, L., Getty, L.,

The Impact of Acquired Hearing Impairment on Intimate Relationships:
Implications for Rehabilitation. *Audiology* 1993; 32: 363-381

Groninger Vragenlijst Hoorrevalidatie,

informatie te verkrijgen bij AZG/KNO/Audiologisch Centrum,
Groningen.

Rodenburg, M. (coörd),

Geen goed gehoor; wat nu? 1990, de Tijdstroom

Stephens, S.D.G.,

Evaluating the problems of the Hearing Impaired
Audiology 1980; 19: 205-220

Sijstra, C.,

Vragen staat vrij in OUDEREN EN COMMUNICATIE bij een slecht
gehoor 1988, FENAC

HOREN tijdschrift van de Nederlandse Vereniging Voor Slechthorenden.

10. HET METEN EN BEOORDELEN VAN SLECHTHORENDHEID BIJ KINDEREN.

A. Clemens.

10-1. INLEIDING.

In Nederland worden jaarlijks ongeveer 175000 kinderen geboren.

- Hiervan is 0,1% zeer ernstig slechthorend (meer dan 90 dB verlies bij 500 Hz en hogere frekwenties) tot doof (hooguit tactiele waarneming bij geluidsnivo's van 70 dB HL bij 125 Hz toenemend tot 130 dB HL bij 1000 Hz en hogere frekwenties). Doveninstituten noemen deze categorieën doorgaans respectievelijk doof en volledig doof.
- 1,6% heeft een bij 500, 1000 en 2000 Hz gemiddeld gehoorverlies aan het beste oor groter dan 26 dB.
- Ongeveer 5% heeft een hoorprobleem. Naast kinderen met bovenstaande verliezen zijn hierin ook betrokken éénorigheid, wisselende geleidingsverliezen, perceptieve verliezen kleiner dan 26 dB en hoogfrequentieverliezen (boven 2000 Hz).
- Meer dan 76% van alle kinderen heeft op 6 jarige leeftijd minstens een keer otitis media gehad (Howic 1976).

Slechthorendheid moet zo vroeg mogelijk onderkend worden. Door op zo jong mogelijke leeftijd geluidsversterking toe te passen kan een hoger niveau in taal-spraakontwikkeling worden bereikt, dan bij latere aanpassing mogelijk is. Dit heeft te maken met betere leermogelijkheden van het jonge kind, gekoppeld aan het ontbreken van een referentiekader waardoor onbevangen het hoortoestelgeluid wordt geïntegreerd. Een andere oorzaak is de snellere myelinisatie van de auditieve banen en de verbetering in de synaptische efficiency bij aanbieden van adequate stimuli, i.c. versterkt geluid (Markides 1976).

10-2. "HIGH RISK" KINDEREN.

Kinderen hebben een verhoogd risico op de aanwezigheid van slechthorendheid indien:

- uit de anamnese blijkt dat in de familie ernstige slechthorendheid (anders dan een geleidingsverlies of presbycusis) voorkomt.

- er perinatale infecties zijn opgetreden zoals:
 - viraal (Cytomegalie, Rubella en Herpes Zoster)
 - bacterieel (Lues)
 - parasietair (Toxoplasmose).
- er perinataal bloedingen of ademhalingsproblemen zijn opgetreden.
- er prenataal ototoxische medicamenten zijn gebruikt.
- het geboortegewicht kleiner dan 1500 gram is.
- er tengevolge van bloedafbraak (b.v. rhesusantagonisme) kernicterus is ontstaan (meer dan 20mg % bilirubine in serum).
- er afwijkingen bestaan die op de aanwezigheid van een congenitaal syndroom wijzen.
- er een groot zuurstoftekort is opgetreden (asfyxie) zoals bij kinderen met APGAR scores 0-3 of die binnen 10 minuten niet spontaan ademen of die 2 uur na de geboorte nog hypotoon zijn.
- er postnataal ototoxische medicamenten zijn toegediend.
- er postnataal bacteriële meningitis is opgetreden.

Zoals in het rapport "Erfelijke Doofheid en Slechthorendheid" van Cremers, Hageman en Huizing is aangegeven, dienen de volgende vormen van congenitale slechthorendheid en doofheid onderscheiden te worden:

1. Bij de niet-syndromaal congenitale gehoorverliezen bestaan bij dominante overerving doorgaans grote perceptieve verliezen. Bij recessieve overerving variëren de verliezen van beperkt in de hoge tonen tot totaal.
2. De niet-syndromale progressieve gehoorverliezen komen bij jonge kinderen waarschijnlijk niet voor omdat bij de drie bekende vormen de verliezen eerst na het 5e jaar optreden.
3. Syndromale gehoorverliezen komen in combinatie met andere afwijkingen voor, bijvoorbeeld:

- met dysplasie van het uitwendige oor	S. van Goldenhar;
- met retina afwijkingen	S. van Usher;
- met aangezichtsafwijkingen	S. van Treacher Collins;
- met schedelafwijkingen	S. van Crouzon;
- met halswervelafwijkingen	S. van Wildervanck;
- met huidafwijkingen	S. van Waardenburg;
- met nierafwijkingen	S. van Alport;
- met schildklierafwijkingen	S. van Pendred;
- met hartafwijkingen	S. van Jervell, Lange-Nielsen.

Buiten de bij kinderen nauwelijks voorkomende erfelijke progressieve slechthorendheid is ook de niet erfelijke progressieve perceptieve

slechthorendheid zeldzaam; deze kan zich voordoen bij chronisch verlopen-
de infecties (Lues, Toxoplasmose), stapelingsziekten en systeemziekten.

High risk kinderen kunnen in principe kort na hun geboorte worden getest met geluid. Daar in de baarmoeder een geluidsniveau van 72 dB SPL optreedt en in neonatologische afdelingen van ziekenhuizen een niveau van 60 tot 65 dB SPL gewoon is, mag bij een onderzoek weinig reactie worden verwacht op stimuli met geringere luidheid.

Kinderen blijken duidelijke de voorkeur te geven aan brede-band stimuli; op de Nova Scotia conferentie (Mencher, 1976) is afgesproken als standaard stimulus witte ruis te nemen die bij 750 Hz highpass met 30 dB/octaaf afvalt. Combinatie van deze witte ruis (opdat goedhorende kinderen niet uitvallen) en bandruis (opdat slechthorende kinderen niet reageren) is wenselijk.

Herkenning van reacties op geluid is, zelfs voor getrainde waarnemers, zeer moeilijk. Daarom is apparatuur ontwikkeld waarmee reacties, zoals reflexen en veranderingen in ademhaling of temperatuur, kunnen worden geregistreerd. In de literatuur wordt de gevoeligheid en specificiteit van deze testen doorgaans vergeleken met die van hersenstamaudiometrie; hierbij krijgt steeds hersenstamaudiometrie in alle opzichten de voorkeur.

Bij metingen met het CRIB-O-GRAM (Durieux Smith, 1985) bleek dat bij kinderen met lage responsdrempel in de hersenstamaudiometrie (< 30 dB SPL) er 20% niet op geluiden van het CRIB-O-GRAM reageerden. Bij slechte responsdrempels (> 60 dB SPL) reageerde desondanks 30% goed in het CRIB-O-GRAM.

Bij metingen met de Auditieve Respons Cradle (Mc Cormack, 1984) bleek 0,76% niet op zeer luide stimuli te reageren; dit is bijna een factor 10 groter dan de 0,1% die verwacht mag worden.

Voornoemde testen hebben altijd het probleem dat een goedhorend kind door gewenning soms niet reageert, terwijl een slechthorend kind door "overtraining" van andere sensoren soms wel reageert.

Objectieve metingen zoals hersenstamaudiometrie, tympanometrie en in toenemende mate ook toepassing van Oto-Akoestische Emissies (OAE) hebben de voorkeur.

Bij voldragen kinderen (38 weken) is top 1 in de hersenstamaudiometrie uitgerijpt; top V kan echter nog sterk in latentie verlaat zijn en zal pas op 1,5 a 2 jarige leeftijd in de "volwassenen normaal marge" behoren te liggen.

Prematuren kunnen ook in top 1 een grote latentie vertonen omdat de

middenoren nog met vocht gevult kunnen zijn. Dit blijkt dan ook uit tympanometrie, aangenomen dat deze meting bij de kleine oortjes lukt. Spoedig na de geboorte kan bij het "High risk" kind hersenstam-audiometrie (in combinatie met tympanometrie) worden verricht waarbij op de responsdrempel wordt gelet. Door vlak na de voeding te meten is doorgaans zonder premedicatie te werken. Is de responsdrempel te hoog of de latentie te groot dan moet de meting na 1 jaar worden herhaald, gezien mogelijke rijping van het gehoor. Op de hersenstamaudiometrie zullen we onder "screening" verder ingaan.

Eveneens spoedig na de geboorte kan een OAE-meting worden verricht waarbij een echo op een klikgeluid wordt gemeten. Deze z.g. Evoked OAE (EOAE) geeft tot dusver een kwalitatieve screening: zijn er EOAE's dan is het gehoor globaal beter dan 20 dB vlak. Zijn er geen EOAE's dan is het gehoor slechter dan 35 dB vlak. In de literatuur worden deze marges nog enigszins verschillend aangegeven.

10-3. SCREENING.

Op een leeftijd tussen de 7 en 13 maanden worden kinderen in Nederland opgeroepen voor een z.g. "Ewing-test" op het consultatiebureau. Deze testen staan onder supervisie van districtsteams van de Nederlandse Stichting voor het dove en slechthorende kind. Er wordt naar 86% van de kinderen een oproep verzonden. Dit percentage is vrij stabiel en groeit helaas niet omdat door kruisverenigingen soms de prioriteiten anders worden gelegd, en van enquête lijsten gebruik wordt gemaakt. Nagenoeg de meeste kinderen (94% hiervan) verschijnen op de oproep.

We veronderstellen de "Ewing -test" bekend (Ewing, 1944).

Sinds eind 1992 wordt de Ewingtest op de Consultatieburo's vervangen door de CAPAS (Compacte Amsterdamse Pedo Audiometrische Screening) en er wordt naar gestreefd dat deze vervanging in 1995 in heel Nederland is doorgevoerd.

10-3.1 Screening met afwijkend resultaat.

Na een duidelijk afwijkende reactie bij eerste screening maar in ieder geval bij twijfel na een tweede screening met afwijkend resultaat heeft doorverwijzing al dan niet via een KNO-arts, plaats naar een Audiologisch Centrum voor vrije-veldaudiometrisch onderzoek in de kinderkamer. Hierbij kunnen via verschillende verspreid over de ruimte opgestelde geluidsboxen, geluidsstimuli met bekende luidheid worden aangeboden zoals 1/3 octaaf bandruis rond middenfrequenties van 125 Hz, in octaven oplopend tot 8000 Hz. Ook kunnen "geluiden uit de kinderwereld" via compact disk worden aangeboden; deze stimulie zijn voor het kind attractiever. Eventueel kan het

stemgeluid van de moeder, die zich dan voor een microfoon achter het one-way screen bevindt, al dan niet gefilterd via de boxen worden aangeboden.

Reageert het kind niet of zeer slecht op deze stimuli dan wordt hersenstamaudiometrie verricht. Meestal is bij kinderen van deze leeftijd premedicatie nodig omdat ze anders niet gedurende 2 tot 3 kwartier meetbaar zijn. In ieder geval dient bij een slecht meetresultaat de meting onder premedicatie te worden herhaald om hyperactiviteit als oorzaak van het ontbreken van respons uit te sluiten.

Momenteel is alleen hersenstamaudiometrie met klik-stimuli klinisch relevant. De gevoeligheid en specificiteit bij andere stimuli, zo ook de "40 Hz following respons" (Galambos, 1982) en de "slow wave response", zijn beduidend minder.

De responsdrempel bij hersenstamaudiometrie met kliks correleert in principe alleen maar met de subjectieve toondrempel bij 4000 Hz.

Kinderen met verdenking van ernstige slechthorendheid tot doofheid worden in principe binnen drie maanden door de Audiologische Centra doorverwezen naar Stichtingen voor Gezinsbegeleiding.

10-3.2 Interpretatie van de hersenstamaudiometrie resultaten.

De hersenstamaudiometrie resultaten worden als volgt geïnterpreteerd:

- Als de hersenstamaudiometrie normale responsdrempels van 20 dB HL of minder heeft dan mogen we normaal gehoor in de hoge tonen verwachten. Theoretisch bestaat de mogelijkheid van een laagfrequent, perceptief verlies maar een dergelijk verlies is slechts bekend als een betrekkelijk weinig voorkomend, erfelijk, progressief verlies en dientengevolge onbekend bij jonge kinderen. Indien geleidingsverliezen, die zich vooral laagfrequent manifesteren, kunnen worden uitgesloten is het gehoor dus zeer waarschijnlijk normaal.

- Als de hersenstamaudiometrie hoge responsdrempels of geen electrical respons heeft mag verband met het toonaudiogram worden verwacht als het kind niet neurologisch bekend is. Bij hersenstamlaesies, (zoals bijvoorbeeld bij volwassenen met Multiple Sclerose) is bij een volledig afwijkende hersenstamaudiometrie vaak toch een normaal gehoor mogelijk. Er is dan geen eenduidig verband tussen responsdrempel en subjectieve toondrempel. Bij kinderen met deze laesies is de primaire medische zorg zodanig gericht dat doorgaans prothetisering niet onmiddellijk geïndiceerd lijkt.

- Als de hersenstamaudiometrie hoge responsdrempels of geen electrical respons heeft en het kind niet neurologisch bekend is mag een hoogfrequent verlies worden verwacht. Ook nu spreekt de methode zich niet over lage

tonen uit. Bij het op afstand aanroepen van een kind bereiken alleen de lage tonen het kind omdat de hoge tonen onderweg worden geabsorbeerd. Klagen ouders niet over het gehoor van hun kind dan zijn de lage tonen doorgaans in orde en dient aanpassing met hoge tonen versterking te worden overwogen. Klagen de ouders wel over het gehoor van hun kind dan kan er een groot, vlak gehoorverlies bestaan. Hoewel met o.a. tympanometrie de geleidingsverliescomponent moet worden ingeschat en zo mogelijk verholpen, dient aanpassing van een hoortoestel te worden overwogen.

Hersenstamaudiometrie met kliks heeft, zoals aangegeven, slechts beperkte mogelijkheden. Met electrocochleografie kan wel frekwentie-selectieve informatie worden verkregen. Deze methode is echter invasief en kan bij jonge kinderen slechts onder narcose omstandigheden plaats vinden. De meting is technisch onoverzichtelijk omdat de electrode zich, niet observeerbaar, achter het trommelveel bevindt en meestal binnen de hoofdtelefoon wordt gefixeerd. Het voordeel van de frekwentie-selectiviteit weegt doorgaans bij screening niet op tegen deze nadelen, sinds hersenstamaudiometrie een uitspraak over de hoge tonen mogelijk heeft gemaakt. De behoefte aan objectieve frekwentie-selectieve metingen blijft echter bestaan. Misschien dat metingen met hoogwaardige electrodes in de uitwendige gehoorgang in combinatie met vrije veld aanbod van geluid, ingeijkt ter plekke van het oor, in de toekomst in deze behoefte kunnen voorzien.

10-3.3 Toondrempel-audiometrie bij peuters.

Toondrempel-audiometrie is doorgaans mogelijk op 3 tot 4 jarige leeftijd. Op 3 jarige leeftijd kan men in verschillende sessies, zonder maskering, beengeleidingspunten proberen te vinden. Dit geeft inzicht in de beengeleidingsdrempel van het beste oor. Met tympanometrie kan een eerste uitspraak over het geleidingsverlies worden gedaan. Aan de vervorming in het gehoor kan voor het eerst op 4 jarige leeftijd worden gemeten met behulp van de Spraakaudiometrietest met plaatjes (SAP).

10-4. WAAROP MOET MEN ALERT ZIJN OM SLECHTHORENDEHEID BIJ KINDEREN TE ONTDEKKEN?

Op het gebied van de taal- en spraakontwikkeling wordt hierop uitgebreid ingegaan door Goorhuis-Brouwer in "wat normaal verwacht mag worden" en door Van der Lem in "hoe bij ernstige slechthorendheid hiervan wordt afgeweken" in de FENAC Symposium uitgave-1984: Taal en Spraak, ook met een slecht gehoor.

In principe brabbelen alle kinderen. Op een leeftijd van 9 maanden treedt

gevarieerd brabbelen op. Bekende klanken uit de moedertaal worden vastgehouden en intonatie geeft steeds meer melodie. Rond de eerste verjaardag komt het eerste woord. Het brabbelen blijft doorgaan maar er zijn hierin steeds meer onvolledige woorden herkenbaar. Op de leeftijd van 1,5 jaar worden naast papa en mama nog enkele andere "woorden" gezegd zoals taat = paard en pa-pu = paraplu. Op 2 jarige leeftijd moeten er 2 woorduitingen ontstaan als kinne-boem = de vlinder zit op de bloem en fieze buit = ik wil fietsen buiten.

Het ernstig slechthorende kind zal veel minder gevarieerd brabbelen en in het ernstigste geval hiermee zelfs ophouden. Speelgoed is alleen visueel en tactiel interessant; zo wordt een rammelaar bijvoorbeeld nauwelijks bewogen om geluid op te wekken. Als op de leeftijd van 1 jaar een kind goed op anderen is gericht maar alleen maar aa/ en /oe/ klanken uitbrengt, kan het slechthorend zijn.

Ouders van deze kinderen vertonen vaak, intuïtief aangeleerd, geprononceerde mimiek en over het algemeen meer lichaamstaal. Het kind vertoont meer gelaatgerichtheid en veelvuldig oogcontact, waarvan de mate bepalend is voor de grootte van het verlies. Vooral in het tweede levensjaar zal de ernstige slechthorendheid zich steeds meer manifesteren omdat er nauwelijks andere communicatie mogelijk is dan over het "hier en nu".

Hoe meer de slechthorendheid zich manifesteert, hoe meer men eigenlijk te laat is met hoortoestelaanpassing.

LITERATUUR:

- Cremers, C.W.R.J., Hageman, M.J., Huizing, E.H.,
Erfelijke doofheid en slechthorendheid. Rapport aan de 155e Verg. Ned. Ver. KNO-Heelk. en Heelk. van het Hoofd- Halsgebied, 1982.
- Durieux Smith, A., Picton, A.T., Edwards, C.,
The cribogram in the NICU: An evaluation based on brainstem electric response audiometry. *Ear.Hear.*,6-20, 1985.
- Ewing, I.R., Ewing, A.W.G.,
The ascertainment of deafness in infancy and early childhood. *J.Laryngol.Otol.* 59-309, 1944.
- Galambos, R., Hicks, G., Wilson, M.,
Electro-physiological techniques in audiology and otology: Hearing loss in graduates of tertiary intensive care nursery. *Ear.Hear.*,3-87, 1982.
- Mc.Cormack, B., Curnock, D.A., Spavis, F.,
Auditory screening of special care neonates using the auditory response-cradle. *Arch.Dis.Child.* 59/12-1168, 1984.
- Mencher, G.T.,
Early Identification of hearing loss. Karger, Basel Switzerland, 1976.

11. HET EFFECT VAN HOORTOESTELLEN BIJ EEN VROEGTIJDIGE INTERVENTIE.

J.P.L. Brokx, Th. Crul en C. Hoekstra

11-1. INLEIDING.

Een Kinder Audiologisch Centrum rekt tot haar eerste doelstellingen zeer jonge gehoorgestoorde kinderen zo vroeg mogelijk te leren hun gehoorresten optimaal te gebruiken. Wanneer dit lukt in de vroeg-linguale periode of nog beter in de pre-linguale periode, dan kan het horen een functionele rol spelen bij de spraak/taalontwikkeling van het kind.

Dit kan gedaan worden door alle slechthorende kinderen tussen 0 en 4 jaar, een intensief revalidatieprogramma aan te bieden, waarbij 1 a 2 x per week poliklinisch het A.C. wordt bezocht. Hierdoor bestaat tevens de mogelijkheid voor longitudinale diagnostiek. Deze gerichte aanpak is intensiever dan die waarbij de slechthorende kinderen door middel van hometraining aan huis begeleid worden.

In dit hoofdstuk worden een drietal hoofdlijnen aan de orde gesteld:

- Als eerste het belang van een vroegtijdige aanpak voor de perceptuele ontwikkeling van het gehoorzintuig bij het jonge gehoorgestoorde kind. Het is bekend dat kinderen vanaf de geboorte potentiële auditieve vermogens hebben, die als ze voldoende geactiveerd kunnen worden, de spraak en taalontwikkeling fundamenteel bepalen. Auditieve deprivatie gedurende het eerste levensjaar vermindert dit vermogen en bemoeilijkt de spraakontwikkeling.
- Als tweede het revalidatieprogramma, zoals dat gebruikt wordt voor slechthorende kinderen tussen 0 en 4 jaar. Integraal onderdeel hiervan is het aanpassen van hoortoestellen.
- Als derde de uiteindelijke effecten die de vroege aanpak heeft op de persoonlijkheidsontwikkeling en het auditief functioneren van de slechthorende kinderen.

11-2. HET BELANG VAN HOORTRAINING BIJ ZEER JONGE SLECHTHORENDE KINDEREN.

De laatste twintig jaren worden de ontwikkelingspsychologie en de psycholinguïstiek gekenmerkt door een steeds groter wordende belangstelling voor het zeer jonge, nog niet sprekende kind. Het blijkt, vooral uit experimenteel

onderzoek, dat baby's beneden de leeftijd van 0.5 jaar tot veel meer in staat zijn dan vroeger werd verondersteld en dat de ontwikkeling van belangrijke functies zoals het socialiseringsproces, cognitieve vaardigheden en ook de receptieve en expressieve spraak en taal aanmerkelijk eerder inzet dan in de oudere theorieën wordt beschreven. Als deze bevindingen al van groot belang zijn voor de ontwikkeling van een normaal kind zonder lichamelijk of zintuigdefect, hoe belangrijk zijn deze dan wel niet voor het gehandicapte kind?

Tijdens en onmiddellijk na de 2e wereldoorlog ontwikkelde zich in de paedo-audiologie de filosofie van de z.g. "auditory approach", met de nadruk op een vroegtijdige stimulering van het restgehoor bij auditief gehandicapte kinderen. Deze filosofie baseerde zich zowel op de technologische mogelijkheden om via elektronische versterking van de moderne hoorapparatuur het restgehoor te bereiken als op het effect dat bij jonge kinderen hiermee was geconstateerd. De wens van een zo vroeg mogelijke interventie had direct te maken met de algemeen aanvaarde opvatting van het in eerste instantie neurobiologisch begrip "kritische ontwikkelingsperiode". Hiermee werd bedoeld dat b.v. een zintuiglijk systeem in een vroege periode van zijn ontwikkeling zeer gevoelig is voor bepaalde en veelvuldige stimulering. Impliciet werd daarbij gedacht dat dezelfde stimulering na verloop van de kritische fase weinig effect meer had en dat bij uitblijven van stimulering het zintuigstelsel ongevoelig werd (Ross, 1990). Dit laatste is nog onduidelijk, maar over het effect van een tijdige stimulering is tegenwoordig ieder het wel eens. Van zich vroeg ontwikkelende hoorfuncties was nog niet zo erg veel bekend.

De psycholinguïstische en ontwikkelingspsychologische experimenten bij kinderen vanaf de geboorte en gedurende het eerste levensjaar geven sinds vrij kort concrete steun aan de bovengenoemde eerste stelregels betreffende een vroegtijdige auditieve aanpak (Crul, 1984; Eimas, 1982; Wally e.a., 1981; Fry, 1966; Lindblom e.a., 1986). Zonder er hier nader op in te gaan kunnen wij enkele resultaten noemen die voor een vroege auditieve stimulering pleiten. Al onmiddellijk na de geboorte onderscheidt de baby spraakgeluiden van niet-spraakgeluiden en moeders stemgeluid van andere stemmen (Eisenberg, 1976). Hij geeft ook snel aan een voorkeur te hebben voor het klankidioom van de moedertaal boven dat van een vreemde taal (Mehler, 1988).

In de eerste levensmaanden wordt al een perceptueel onderscheid gemaakt tussen de meeste op elkaar gelijkende fonemen die in de wereldtalen voorkomen, ook al maken die geen deel uit van het specifieke moedertaal-repertoire. Later in het eerste levensjaar vindt onder invloed van hoorervaring een zodanige perceptuele reorganisatie plaats dat met name de specifieke spraakklanken van de moedertaal goed worden gediscrimineerd,

terwijl het perceptuele onderscheid tussen niet specifieke spraakklanken van een vreemde taal vervaagt of zelfs verloren kan gaan (Best, 1991). Dit vroege psycholinguïstische leerproces loopt ongeveer parallel met de verandering van specifieke vocale uitingen van baby's in meer specifieke brabbels met duidelijke spraakkenmerken uit de moedertaal (Oller, 1980; Boysson-Bardies et. al., 1984; Levitt & Aydelott Utman, 1991.)

De centrale verwerking van spraakgeluiden is gelateraliseerd in de dominante hersenhemisfeer als het kind in de 8e levensmaand gaat brabbelen met geluiden die op echte spraakgeluiden lijken, wanneer het horen en de stemproductie geïntegreerd worden (Molfese, 1977). De baby reageert al vrij snel op de betekenis van intonatiepatronen in spraak en kan hiervan snel gebruik maken voor dat het echte spraakgeluiden leert maken. Wij hebben ons bij deze opsomming beperkt tot enkele auditieve functies. Het is inmiddels ook bekend dat baby's al snel weten wat voor gelaatsbewegingen bij een bepaalde spraakklank horen en dus gevoelig blijken voor de akoestische- en visuele specificaties van een spraakgeluid (Kuhl and Melzoff, 1982). Hierdoor is een integratie van luisteren en kijken naar spraak op zeer jonge leeftijd aangetoond. Al deze ontwikkelingen die voor een groot deel op auditieve ervaringen berusten, spelen zich af beneden de leeftijd van 12 maanden, de meeste zelfs in de eerste levensmaanden van het kind.

11-3. REVALIDATIE EN HOORTOESTELLEN.

Vanuit het voorgaande is duidelijk dat een essentieel onderdeel van de auditieve benadering is, dat slechthorendheid zo vroeg mogelijk wordt gedetecteerd en dat direct met een geschikt revalidatieprogramma gestart wordt. Het aanpassen van hoortoestellen is hier een onderdeel van. De hoortoestellen zijn nodig om de kinderen geluidssensaties te geven en het revalidatieprogramma moet zorgen dat de perceptuele mogelijkheden van het gehoorgestoorde kind zoveel mogelijk uitgebuit kunnen worden.

11-3.1 De baby geluidsbewust maken.

Het programma omvat het leren dragen van hoortoestellen, hoortraining, het stimuleren van de spraak/taalverwerving en het actief laten participeren van de ouders aan de programma onderdelen. Als eerste stap worden kinderen bij de hoortraining geluidsbewust gemaakt. Ze leren op geluiden te letten, te lokaliseren, te herkennen en uiteindelijk om er een betekenis aan te hechten. Daarnaast wordt de productie van eenvoudige stemgeluiden en later van specifieke spraakklanken gestimuleerd. Direct na het vaststellen van de gehoorstoornis wordt onafhankelijk van de leeftijd van het kind gestart met het programma. De uiteindelijke invulling van de onderdelen van het programma is uiteraard afgestemd op het ontwikkelingsniveau van het kind.

Bij zuigelingen wordt direct begonnen met het gelaatgericht en geluidbewust maken en leren dragen van hoortoestellen. Liefst nog voor de leeftijd van 1 jaar wordt begonnen met het oefenen van eenvoudige niet-spraak geluiden. Omdat het oefenen met niet-spraakgeluiden niet zo zeer een duidelijk effect heeft op het vermogen om specifieke spraakklanken te discrimineren maar eerder op het luistergedrag van een kind, wordt gelijktijdig met het oefenen van spraakklanken begonnen.

Een ander onderdeel van de training is het introduceren van allerlei activiteiten die zowel de spraakproductie als de expressieve en receptieve taalverwerking stimuleren. Deze activiteiten moeten natuurlijk precies aansluiten bij de communicatieve behoeften van het betrokken kind.

11-3.2 Het aanpassen van hoortoestellen.

Zodra slechthorendheid is geconstateerd, wordt gestart met het aanpassen van hoortoestellen. Gewoonlijk is er op dat moment slechts een beperkte hoeveelheid informatie over de gehoorstoornis van het kind ter beschikking. Dat betekent dat zeker in de eerste fase van de aanpasprocedure grote zorg moeten worden besteed aan het interpreteren van de beschikbare gegevens en aan het beoordelen van het gedrag van het kind. Tijdens de hoortraining moet geleidelijk-aan duidelijk worden hoe het kind in de diverse situaties op geluiden reageert en of eventueel een andere instelling van de hoortoestellen gewenst is.

Ook wanneer er sprake is van doofheid, is het van belang om inzicht te hebben in de mogelijke auditieve restvermogens van een kind. Wanneer er bijvoorbeeld bij dove kinderen nog responsen gevonden worden op geluidstimuli rond 110 - 120 dB bij frekwenties die boven 1000 Hz liggen, is er een redelijke kans dat met een goede hoortoestelaanpassing gecombineerd met een adequate hoortraining nog een heel behoorlijke discriminatie en soms identificatie van spraaksignalen verkregen kan worden.

Vanwege de jonge leeftijd van het kind zijn de eerste gegevens over de mate van de gehoorstoornis vaak beperkt. Gewoonlijk wordt begonnen met otologisch onderzoek en met observatie van de reacties van de kinderen bij het aanbieden van allerlei geluiden. Dit kunnen geluiden zijn die door geluidgevend speelgoed worden voortgebracht, zoals bij de Ewing methode, of geluiden uit een vrije veld audiometer. Afhankelijk van de leeftijd van het kind en afhankelijk van de aangeboden geluidsstrekte zijn de reacties vaak uiterst gevarieerd. Dit kunnen reacties zijn als het open sperren van de ogen, het direct draaien van het hoofd in de richting van waar het geluid komt tot bijvoorbeeld het stil vallen van een kind. Ook de mate waarin dergelijke geobserveerde reacties dichterbij de echte hoordrempels liggen is afhankelijk van de leeftijd of het ontwikkelingsnivo van het kind (Northern and Downs, 1991). Door gebruik te maken van conditionerings-

methoden, bijvoorbeeld visuele reinforcers, kan men vaak al bij kinderen rond 1 jaar al reacties zien bij geluidsterkten die heel dicht de hoordrempels benaderen.

Bij kinderen rond een leeftijd van 2 jaar kan, door tijdens de hoortraining voor te bereiden, al vaak met spelaudiometrie een audiogram met koptelefoon verkregen worden. In veel gevallen wordt gebruik gemaakt van Brainstem Evoked Respon Audiometrie (B.E.R.A.) om de betrouwbaarheid van de gegevens te vergroten. Aanvullende gegevens, bijvoorbeeld ten aanzien van onaangename geluidnivo's, kunnen worden verkregen uit het gedrag van het kind of van de drempelnivo's van de stapedijs reflex.

11-3.3 De selectie van de hoortoestellen.

Op grond van deze beperkte informatie moeten de hoortoestellen worden geselecteerd. Een eenduidige richtlijn is hier niet voor te geven. Allereerst moet men er rekening mee houden dat de gegevens van de hoortoestellen (die gebaseerd zijn op metingen van een 2-CC coupler of een Ear Simulator) niet voor kinderen van toepassing zijn. Afhankelijk van de grootte van de gehoorgang en het middenoor kunnen deze gegevens tot wel 12 dB afwijken. Daarbij komt ook nog het effect dat een oorstukje kan hebben op het geluidssignaal dat uiteindelijk ter hoogte van het trommelylies wordt aangeboden. Bij perceptieve verliezen tot ongeveer 60 dB is de "half gain rule" (zie hoofdstuk 6) redelijk geschikt om een eerste keuze van de hoortoestellen te maken. Bij de wat grotere verliezen is deze regel, althans wat betreft het gebruik ervan bij kinderen, niet goed bruikbaar. Indien mogelijk moet de versterking zo gekozen worden dat bij de intensiteit van conversatiespraak stemloze consonanten tenminste hoorbaar zijn.

Een vanzelfsprekende vereiste is dat de hoortoestellen enige reserve hebben. Behalve bij kinderen met wisselende gehoorverliezen wordt een reserve van ongeveer 10 dB a 15 dB aangehouden t.o.v. de versterking waarbij de indruk bestaat dat de kinderen auditief voldoende functioneren. Om bij ongecontroleerd verdraaien van de volumeregelaar overbelasting van het oor te voorkomen, wordt in de regel een grotere reserve niet wenselijk geacht. Als op een later tijdstip aanwijzingen gevonden worden dat toch een grotere versterking wenselijk is wordt (ook al zijn de hoortoestellen nog geen 5 jaar oud) alsnog een proef met andere toestellen gestart.

Wanneer er geen informatie is ten aanzien van de hoordrempel bij de lagere frekwenties, hetgeen bijvoorbeeld het geval is als alleen een B.E.R.A. gegevens beschikbaar zijn, moet bij de aanpassing veel zorg besteed worden aan de instelling van de lage tonen. Te grote versterking van de lage tonen kan niet alleen resulteren in onaangenaamheids-reacties, maar kan zeker bij de gematigde gehoorverliezen opwaartse maskering en een verminderde

spraakdiscriminatie veroorzaken ("Upward spread of masking": zie hoofdstuk 7-2). In een dergelijk geval moet tijdens hoortrainingen de juiste instelling gevonden worden.

Verder moet grote zorg besteed worden aan de begrenzing van de maximum output van de hoortoestellen. Begrenzing is vaak nodig om het risico van een mogelijk lawaaitrauma te beperken, terwijl aan de andere kant - zeker bij de zeer ernstig slechthorende of bij de dove kinderen - het risico bestaat dat de akoestische signalen onder de waarnemingsdrempel worden aangeboden. Extreme begrenzing met behulp van peak clipping is vanwege de vervorming die dit met zich meebrengt ongewenst. Men kan daar met de keuze van de hoorapparatuur rekening mee houden.

11-3.4 De stereo-aanpassing.

Bij kinderen wordt bij voorkeur een stereo-hoortoestelaanpassing met oorhangers toegepast. Immers een snelle en correcte lokalisatie van de geluidsbron is een vrijwel vanzelfsprekende voorwaarde voor een goede ruimtelijke oriëntatie op het gehoor en voor het gelaatgericht maken van de kinderen. In vergelijking met het gebruik van kasttoestellen leveren oorhangers tevens veel minder maskerende bijgeluiden zoals kledinggeruis. De waargenomen effecten van een dubbelzijdige aanpassing zijn in vergelijking met een monaurale of enkelzijdige aanpassing zo groot, dat ook in gevallen van twijfel de voorkeur hieraan gegeven wordt.

Na de eerste hoortoestelaanpassing kan de hoortraining van start gaan. Essentieel daarbij is dat de leden van het team en via hen ook de ouders goed geïnstrueerd moeten zijn. Zij moeten weten wat de veronderstellingen zijn geweest bij de keuze van de hoortoestellen en de instelling ervan. Uit de reacties van het kind tijdens de hoortrainingen moeten de teamleden aanvullende informatie zien te krijgen om de instelling van de hoortoestellen te optimaliseren. Deze observaties van de teamleden en van de ouders zijn van essentieel belang voor een goede aanpassing.

11-3.5 Het evalueren van de hoortoestelaanpassing.

Het is een voortdurende noodzaak om in de gaten te houden hoe het kind met de hoortoestellen functioneert. Periodiek en bij voorkeur maandelijks worden door de leden van het team de otologische en audiologische bevindingen, de resultaten van de hoortraining en de vooruitgang in de spraak/taal ontwikkeling besproken. Als het nodig is worden de hoortoestellen bijgesteld of wordt er verder onderzoek gedaan om eventueel ontbrekende informatie te verkrijgen. De besproken informatie en de gekozen strategie om de hoortoestellen te optimaliseren, wordt vervolgens steeds met de ouders doorgenomen. Als uiteindelijk de hoortoestellen optimaal ingesteld blijken te zijn, dient een en ander het liefst nog bevestigd te

worden door met een vrije veld audiogram met gebruik van hoortoestellen. Daarmee is de aanpasprocedure afgelopen. Afhankelijk van het kind kan de hele aanpasprocedure vier tot twaalf maanden duren.

Ook al is de aanpassing van de hoortoestellen afgerond, het blijft noodzakelijk reacties van het kind nauwlettend te volgen. Bij bepaalde vormen van congenitale slechthorendheid - al of niet syndromaal bepaald - kan er sprake zijn van progressie in het gehoorverlies gedurende de eerste levensjaren. Een andere instelling van de hoortoestellen kan dan nodig worden. Ook de conditie waarin de hoortoestellen en de oorstukjes of charmafoontjes zich bevinden, is bij kinderen heel wisselend en vraagt om voortdurende aandacht. Er wordt daarom doorgegaan met het regelmatig bespreken van de vooruitgang van het kind en indien nodig wordt geïnterveneerd.

11-4. EFFECTEN VAN DE VROEGTIJDIGE INTERVENTIE.

Een vroegtijdige opvang en begeleiding van het jonge, gehoorgestoorde kind en zijn ouders is noodzakelijk voor een optimaal functioneren. Een gehoorstoornis heeft namelijk grote invloed op de algemene ontwikkeling en vorming van het kind en op de opvoedingstijl van de ouders. De resultaten van een vroege behandeling kunnen als volgt worden samengevat:

- Een vroegtijdig gestarte auditieve behandeling, waarbij een adequate hoortoestelaanpassing een eerste vereiste is, blijkt de luistergerichtheid al op jonge leeftijd te kunnen bevorderen. Geluidsbewustzijn, geluidsherkenning en discriminatie moeten al heel vroeg gestimuleerd worden aangezien deze vaardigheden niet vanzelf worden verworven door ernstig slechthorende kinderen. Uit onderzoek (Ross, 1990) blijkt dat kinderen die pas na hun achtste levensjaar een tweede hoortoestel aangepast kregen, geen lokaliseringsvermogen meer ontwikkelden in tegenstelling tot kinderen die voor hun vierde jaar binauraal geprothetiseerd werden.

- De communicatieve ontwikkeling verloopt bij vroegtijdige behandeling meer analoog aan de ontwikkelingsleeftijd van het kind. Het voordeel is dat het linguïstisch systeem op een meer natuurlijke manier verworven wordt in plaats van dat het aangeleerd moet worden. Ouders leren al in een vroeg stadium hoe zij het beste met hun jonge kind kunnen communiceren. Hierdoor worden eventuele problemen beperkt of voorkomen. Deze verbeterde communicatiemogelijkheden hebben een positieve invloed op de ouder-kind relatie. Bij laat gedetecteerde slechthorende kinderen constateren we vaak op jonge leeftijd een nauwelijks verstaanbare spraak en een forse achterstand in het taalbegrip. Hierdoor kunnen allerlei problemen ontstaan die ook hun weerslag hebben op het functioneren in het gezin. Wel zien we

bij laat gedetecteerde kinderen, na aanpassing van hoortoestellen en begeleiding vaak inhaaleffecten optreden t.a.v. de spraak/taalontwikkeling.

Bij de meeste ernstig slechthorende of marginaal dove kinderen die een vroegtijdige interventie op basis van een auditieve benadering hebben ondergaan, kan een lange-termijneffect worden geobserveerd in die zin, dat tengevolge van de vroege stimulering van hun restgehoor de spraak op latere leeftijd een goede en natuurlijk klinkende verstaanbaarheid heeft en de gesproken taal een zodanige kwaliteit bezit dat velen van hen adequaat tussen normaalhorende leeftijdsgenoten kunnen verkeren. (Markides, 1986).

- Het hebben van een gehoorverlies verhoogt het risico op problemen in de sociaal emotionele ontwikkeling. De kans op gedragsproblemen bij later gedetecteerde slechthorende kinderen is groter door de continu onvoldoende of beperkte auditieve informatie. De kinderen worden vaak onzeker, hetgeen zich kan uiten in extreem teruggetrokken gedrag of juist clownesk of agressief gedrag. Deze scheefgroei is vaak irreversibel. De persoonlijkheidsstructuur blijft duidelijk verstoord. Bij vroegtijdig behandelde slechthorende kinderen zien we een veel harmonischer persoonlijkheidsontwikkeling. Dit heeft o.a. te maken met de houding van de ouders t.o.v. hun slechthorende kind. Uit onderzoek blijkt dat ouders de handicap van hun kind moeilijker kunnen verwerken als deze na het eerste levensjaar ontdekt is. De discrepantie tussen verwachtingen van de ouders en de realiteit is dan moeilijker te overbruggen. Hoe vroeger kinderen dus als niet goedgehoord worden herkend en behandeld, hoe beter de ouders dit kunnen verwerken en hoe actiever zij kunnen participeren in de behandeling. Daarbij hebben ouders steun en begeleiding nodig van andere ouders en een goed samenwerkend team van hulpverleners.

Vooraf bij kinderen met een gehoorverlies groter dan 90 dB die voor hun eerste verjaardag herkend en behandeld worden zien we een zeer gunstige ontwikkeling in de verwerking van auditieve stimuli en de spraak/taalontwikkeling (Markides, 1986). Hierdoor en door een positieve persoonlijkheidsontwikkeling en goede ouderparticipatie zien we bij deze categorie kinderen gunstige schoolplaatsingen. Meer dan driekwart van deze zeer ernstig slechthorende kinderen wordt geplaatst in het slechthorenden onderwijs doordat de auditieve bereikbaarheid en spraak/taalontwikkeling voldoende aanknopingspunten biedt voor het volgen van dit type onderwijs. Uiteraard spelen ook andere factoren als gedrag, sociale competentie en cognitieve vaardigheden een grote rol. Een aantal kinderen volgt het reguliere onderwijs met begeleiding van een Audiologisch Centrum of ambulante begeleiding vanuit het speciaal onderwijs.

LITERATUUR:

- Best, C.T.,
The emergence of native-language phonological influences in infants: A perceptual assimilation model. Haskins Laboratories Status Report on Speech Research, SR-107/108, pp.1-30, 1991.
- Boysson-Bardies, B. de , Sagart, L. & Durand, C.,
Discernible differences in the babbling of infants according to target language. *Journal of Child Language*, 11, 1-15, 1984.
- Crul, Th.,
Hoortraining: Waarom, hoe en wanneer. In: J. Th. Bonnema en T.S. Kapteyn (Eds.): *Communicatie door spraak en taal*. Amsterdam, FENAC U.A. 37-47, 1984.
- Eimas, P.,
Speech perception: A review of the initial state and perceptual mechanics. In: J. Mehler, E. Walker and M. Garret (Eds.): *Perspectives on mental representation*. Hillsdale, N.J., Erlbaum, 339-360, 1982.
- Eisenberg, R.,
Auditory competence in early life: the roots of communicative behaviour. Baltimore, Univ. Park Press, 1976.
- Fry, D.,
The development of the phonological system in the normal and the deaf child. In: F. Smith and G. Miller (Eds.), *The genesis of language*. Cambridge, Mass M.I.T. Press, 187-206, 1966.
- Kuhl, P & Melzoff, A.,
The bimodal perception of speech in infancy. *Science*, 218, 1138-1141, 1982.
- Levitt, A. & Aydelott-Utman, J.,
From babbling towards the sound systems of English and French: A longitudinal two-case study. Haskins Laboratories Status Report on Speech Research; SR-107/108, pp. 41-62, 1991.
- Lindblom, B. and Zetterstorm, R.,
Precursors of early speech. M. Stokton Press, 1986.
- Markides, A.
Age at fitting of hearing aids and speech intelligibility. *British Journal of audiology*, 20, 165-167, 1986.
- Mehler, J. Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertocchini, e.a.,
A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29, 143-178, 1988.
- Molfese, D.,
Infant cerebral asymmetry. In: S. Segalowitz and F. Gruber (Eds.): *Language development and neurological theory*. N.Y., Ac. Press, 1977.
- Northern, J.L. and Downs, M.P.,
Hearing in Children. Baltimore, Williams & Wilkins, 1991.

Oller, D.K.,

The emergence of the sounds of speech in infancy. In G.H. Yeni-Komshian, J.F. Kavanaugh & E.C.A. Ferguson (Eds.), *Child phonology*, Vol 1: Production. New York: Academic Press. 1980.

Ross, M.,

Implications of delay in detection and management of deafness. *The Volta Review*, pp. 69-79, 1990.

Wally, C., Pisoni, D., and Aslin, R.,

The role of early experience in the development of speech perception. In: R. Aslin, J. Albers and M. Petersen (Eds.): *Development of perception*. Volume I, N.Y. Ac. Press, 219-225, 1981.

12. HET KIND MET EEN HOORTOESTEL IN DE ONDERWIJSSITUATIE.

J.Th.Bonnema.

12-1. INLEIDING.

De eerste waarschuwing die meestal gegeven wordt aan allen die met hoortoestel dragers te maken krijgen is: " Een hoortoestel maakt van een slechthorende geen goedhorende". Dit betekent dus dat een slechthorende, hoe goed ook geprothetiseerd, altijd in meerdere of mindere mate auditieve informatie mist. Bij oudere slechthorenden met een normaal taalbezit geeft dit feit aanleiding tot het zoeken naar aanvullende, meestal visuele informatie. Bij slechthorende kinderen is de emotionele, sociale en cognitieve ontwikkeling nog in volle gang. De taal- en spraakontwikkeling spelen bij dit proces een zeer belangrijke rol en in deze ontwikkeling is het verkrijgen van auditieve informatie vooral in de eerste levensjaren essentieel. Deze stelling houdt direkt in dat slechthorende kinderen, indien zij op grond van audiometrische gegevens hiervoor in aanmerking komen, op zo jong mogelijke leeftijd hoortoestellen moeten gaan gebruiken en dat tevens zonodig onmiddellijk aanvullende visuele informatie moet worden gegeven. Ouderbegeleiding en later logopedische hulp zijn hierbij onontbeerlijk. De praktijk leert dat bij een dergelijke handelwijze veel ontwikkelingsproblemen tengevolge van slechthorendheid kunnen worden voorkomen. (zie ook hoofdstuk 10).

12-2. DE SCHOOLKEUZE.

Naast een meer of minder slecht gehoor heeft een kind echter veel meer eigenschappen zoals intelligentie, taalgevoeligheid, een introverte- of extraverte instelling, concentratie, geheugen, doorzettingsvermogen etc. Bij niet erfelijke slechthorendheid is de kans groot dat er ook lichte of ernstige neven defecten bestaan, waardoor al bovengenoemde functies meer of minder gestoord kunnen zijn. Denk bijvoorbeeld aan Minimal Brain Dysfunction (MBD) en het Inhibitie Zwakte Syndroom (IZS). Men neemt aan dat een stoornis van het zenuwstelsel aan de basis van M.B.D. ligt. Kinderen met deze stoornis hebben vooral problemen met aandacht, vrije motorische beheersing, emotionaliteit en soms met lezen en rekenen (Kalverboer). Het Inhibitie Zwakte Syndroom kan omschreven worden als een onvermogen van het centraal zenuwstelsel tot prikkeldemping en prikkel selectie. De effecten hiervan lijken veel op de effecten van M.B.D. zoals concentratiezwakte, verhoogde afleidbaarheid, inprentingsstoornissen, bewegingsonrust, stoornissen in het slaapritme, verhoogde emotionele

labiliteit, stoornissen in relatie tot de omgeving en specifieke leerstoornissen (Hagen, 1987). Deze problemen beïnvloeden de gevolgen van het slechthorend-zijn negatief.

Ieder kind wordt in een meer of minder taalstimulerend milieu opgevoed. Hieruit volgt dat ook al is de technische kant van de revalidatie optimaal, de ontwikkeling moeilijkheden kan blijven geven. Scholen waar speciaal onderwijs wordt gegeven zullen dan ook altijd nodig blijven.

Om te komen tot een goed schoolkeuze advies moeten we ons realiseren dat taalbegrip en de mogelijkheden tot communicatie voorwaarden zijn voor een goede sociale- en emotionele ontwikkeling en dat onderwijsdoelen slechts door middel van taal zijn te bereiken. Een goed schoolkeuze onderzoek is multidisciplinair en bevat tenminste een audiologisch, psychologisch en logopedisch deel. Zeer waardevolle gegevens kunnen ook verkregen worden uit een pedagogisch-didactisch en een sociaal-maatschappelijk onderzoek. Het belangrijkste criterium bij de beslissing regulier of speciaal onderwijs moet zijn de relatieve taal- en spraakachterstand, d.w.z. het individuele spraak- en taalniveau gerelateerd aan de leeftijd en de niet-verbale intelligentie. Ook aan de sociale- en emotionele ontwikkeling moet aandacht worden besteed. Het is echter opmerkelijk dat bij een redelijk taal- en spraakniveau weinig problemen in de emotionele ontwikkeling worden waargenomen. Bij de definitieve schoolkeuze spelen de ouders een beslissende rol. Hoewel de stap naar het speciaal onderwijs vaak moeilijk is zullen er, als de ouders goed worden geïnformeerd, meestal geen controversen ontstaan. De meeste ouders voelen goed aan wat het beste is voor hun kind. Het is een illusie dat integratie van alle slechthorende kinderen in het regulier onderwijs bereikt kan worden door:

- solo-apparatuur,
- vloerbedekking,
- goede akoestiek,
- logopedische hulp,
- toepassen van speciale didactieken,
- remedial teaching,
- kennis van de problemen van slechthorenden,
- kennis van spraak-taal problematiek,
- goede ouderbegeleiding.

Ten eerste is het regulier onderwijs ondanks zorgverbreding niet ingesteld op deze faciliteiten en ten tweede komen er ondanks deze voorzieningen grote moeilijkheden wanneer taalbegrip en taalgebruik niet aansluiten bij datgene wat in het regulier onderwijs wordt verwacht. Gelukkig zijn er veel slechthorende kinderen waarvoor dit wel het geval is. In die gevallen kan met ondersteuning door middel van ambulante begeleiding veel worden bereikt.

12-3. ONTWIKKELINGSFASEN.

We zullen nu het slechthorende kind in verschillende fase van zijn ontwikkeling bekijken.

12-3.1 De zuigeling.

Het eerste half jaar kenmerkt zich vooral door groei en oefening van lichamelijke functies en van de zintuigen. Hierbij is contact met en stimulering door de moeder of een substituut daarvan erg belangrijk. Het zal maar zelden opvallen dat het kind niet goed hoort en prothetisering komt danook vrijwel niet voor. In het tweede half jaar begint de zuigeling met het zich oriënteren in zijn wereld. Het kind doet dit met al zijn zintuigen en vormt zich op deze wijze beelden van de buitenwereld, waarin het zich straks moet kunnen bewegen. Het zal duidelijk zijn dat bij doofheid of ernstige slechthorendheid de auditieve beelden niet of schaars of vervormd zullen worden opgebouwd. Algemeen is bekend dat de voorbereiding tot de spraakontwikkeling in interactie met de ouders, in deze periode plaatsvindt. Prothetisering en ouderbegeleiding is in deze periode zo mogelijk danook zeer gewenst.

12-3.2 De peuter.

De peuter gaat de wereld actief exploreren. De kinderen gaan in de komende periode kruipen en lopen, en onderzoeken alles wat ze tegen komen zowel tactiel als visueel als auditief. Het kind neemt kennis van allerlei geluiden en leert de betekenis ervan. Ook de betekenis van spraakklanken dringt langzaam tot hem door, waardoor taalbezit begint te ontstaan. In interactie met moeder en andere gezinsleden ontwikkelt zich communicatie. Het kind krijgt beelden van zinsstructuren en zinsmelodie. In deze periode begint ook de verbale gedragsregulatie voornamelijk door de moeder. "Pas op, blijf af, kom hier, mondje open" enz. Met andere woorden het kind moet leren luisteren, dat wil zeggen gehoorzamen aan wat gezegd wordt. Dit kan alleen in deze "bevelen" begrepen worden. Op deze wijze wordt het kind gesocialiseerd, aangepast aan de normen van het gezin. Het ligt voor de hand dat in deze periode het gebruik van hoortoestellen bij onvoldoende geluidswaarneming onontbeerlijk is.

De ruimte achter ons is alleen HOORBAAR. Als het kind geen richting en afstand kan bepalen is de ruimte achter hem onbekend en dus onveilig. Beleving van veiligheid is essentieel voor het exploreren van de wereld door het jonge kind. Het gaat hier niet in eerste instantie om verstaan, maar om geluidbeleving op primitief nivo. Daarom is zo mogelijk een stereo aanpassing met breedband toestellen gewenst. Kinderen zitten bijna altijd in een situatie waar gezinsleden en/of speelkameraadjes door elkaar praten. Het selectief luisteren dat zich op basis van richtinghoren ontwikkelt, is dan

ook van groot belang voor taallerende kinderen. Ook dit wijst weer in de richting van stereo-akoësie (Bonnema 1967). Een neveneffect van ruimtelijk kunnen horen is een verminderde afleidbaarheid door het niet steeds rond moeten kijken waardoor de concentratie verbetert. Is het gehoorverlies ernstig dan zullen aanvullende gebaren moeten worden gebruikt om te zorgen dat de communicatie tussen moeder en kind gewaarborgd blijft.

Gaat het kind naar een peuterspeelzaal, crèche of kinderdagverblijf dan is het van belang dat de peuterleidster inzicht heeft in de gevolgen van slechthorendheid en kennis heeft van het gebruik van hoortoestellen. De meeste peuters begrijpen elkaar heel goed en communiceren op alle manieren met elkaar. Bovendien zijn peuters zich nog niet zo bewust van "anders zijn dan anderen", zodat de acceptatie geen probleem vormt. Zelfs voor dove kinderen kan het verblijf op een gewone peuterspeelzaal gunstig werken, mits de leidster begrip heeft voor doofheid en de gevolgen daarvan.

12-3.3 De kleuter.

De kleuters zijn sinds de invoering van de basisschool een minder duidelijke groep. Toch is deze periode zeer belangrijk, omdat in deze fase de basis voor het latere leren wordt gelegd. Het kind moet leren knippen en plakken, pen en potlood hanteren, kleuren binnen de lijntjes, tijdsindeling begrijpen en vooral taal leren begrijpen en gebruiken. Het is nodig dat het kind zich leert concentreren, werk afmaken en luisteren waarbij je moet stil zitten. Tegelijkertijd leert de kleuter met anderen omgaan, samen spelen, ruzie maken, lief zijn voor elkaar enz., hetgeen de basis vormt voor de sociale ontwikkeling. Om met vrucht te kunnen meedoen op de gewone basisschool mag de taal- en spraakontwikkeling niet te ver zijn achtergebleven vergeleken met het niveau van het gemiddelde kind. Is dit wel het geval dan is speciaal onderwijs aan te bevelen, ongeacht het gehoorverlies. Enkelzijdig slechthorende kinderen hebben in deze fase vrij weinig moeilijkheden en zijn soms nog niet als zodanig ontdekt.

Omdat kleuters zich vaak vrij door het lokaal bewegen is tweezijdige aanpassing uiteraard het beste. De akoëstiek in het lokaal moet zo goed mogelijk zijn. Solo-apparatuur is niet direct noodzakelijk, omdat bij luisterlesjes, verhaaltjes vertellen en gesprekjes de kinderen meestal in een kring om de leidster heen zitten. Ook hier geldt dat de groepsleidster op de hoogte moet zijn van de moeilijkheden van slechthoren en kennis hebben van het hoortoestelgebruik. Ze moet zich realiseren dat onbegrip bij een slechthorend kind veel voorkomt en dat extra uitleg nodig kan zijn. Slechthorende kinderen hebben in het algemeen een minder ontwikkeld gevoel voor taalstructuur. Daarom is een geïntensiveerde en gevisualiseerde manier van taalervaring nodig. Op de scholen voor speciaal onderwijs voor slechthorende kinderen wordt daar veel gebruik gemaakt van het, ook reeds bij 4- en 5 jarigen, in het kort opschrijven van door een kind geuite gedachte of belevenissen. Het regulier onderwijs kan deze didactiek

eveneens met vrucht toepassen speciaal als er een slechthorende leerling in de groep aanwezig is.

12-3.4 De scholier.

Vanaf 6-7 jaar staat het leren centraal. Het komt er nu opaan de opgedane ervaringen te ordenen. Het kind moet nu de methodische beginselen van lezen en rekenen in zijn geheugen prenten. Welk systeem ook wordt gekozen: het kind bouwt door eindeloos oefenen een psychische inventaris op, die naar willekeur moet kunnen worden herinnerd. Taalonderricht is het begin van alle onderwijs. Hoe de methoden ook mogen zijn, het gaat om de taalwetten die het goede gebruik bepalen. Zinsontleding en zinsvorming zijn daarbij even belangrijk. Taal moet uitdrukingsmogelijkheid worden van het kind zelf, van zijn denken. Het kind moet verstaanbaar worden, de taal moet gemeenschapsfunctie krijgen. Alle verdere kennisoverdracht is van de beheersing van de taal afhankelijk (Hugenholz 1978).

Het zal duidelijk zijn dat het in deze fase essentieel is dat de leerkracht goed wordt verstaan. Om welk gehoorverlies het ook gaat: zowel bij enkelzijdige slechthorendheid, lichte slechthorendheid of zeer ernstige slechthorendheid, altijd moet het spraakverstaan met hoortoestellen optimaal zijn. Hieruit is af te leiden dat een rustige groep, een goede akoestiek en een goed sprekende leerkracht van belang is. Als het kind ontwikkelingspsychologisch en pedagogisch in staat geacht mag worden het gewone basis onderwijs te volgen, maar de klasse situatie is akoestisch gezien ongunstig, dan is het gebruik van solo-apparatuur te overwegen.

Een tweede facet van het leren is het aanbrengen van structuur in het geleerde. De meeste kinderen doen dat vanzelf, maar leerlingen met lichte nevendefecten hebben hier grote moeite mee. Ze horen alles door elkaar, kunnen moeilijk onthouden en overzien een taak niet. Blijft de taalontwikkeling achter of treden er leermoeilijkheden op dan valt alsnog plaatsing op het speciaal onderwijs te overwegen.

De vraag of ouderwets klassikaal onderwijs dan wel eerder bijvoorbeeld Montessori of Dalton onderwijs is aan te bevelen valt moeilijk te beantwoorden. Het klassikaal onderwijs had het voordeel van rust en een vaste plaats in de klas van leerling en leerkracht. Het achtergrondrumoer was zwak en de leerlingen konden gemakkelijk spraakafzien. De meer individueel gerichte onderwijssystemen evenals de vernieuwingsscholen hebben echter het voordeel dat de slechthorende leerling meer individuele aandacht kan krijgen en dat er extra op zijn zwakke (taal) punten kan worden gelet. De vraag moet niet zijn: "Is dit het goede schooltype" maar "Is dit een goede school". Rust en orde zijn altijd belangrijk, maar de criteria om het goed-zijn van een school te beoordelen zijn moeilijk exact

te formuleren. Het gaat mede om de sfeer op een school. Is die sfeer kindvriendelijk, kindvolgend? Kunnen de leerkrachten de flexibiliteit opbrengen zich naar het kind te richten? Worden de kinderen positief benaderd? Angst om te falen komt veel voor bij slechthorende kinderen en dreigt een beperking te zijn voor hun ontwikkeling.

Hetzelfde geldt voor de methoden die worden gebruikt. Natuurlijk moet de methode overzichtelijk zijn, moeten er toetsmomenten inzitten en moet worden aangegeven wat te doen als een kind faalt op een bepaald moment. Het belangrijkste is echter niet de methode maar de leerkracht, die de methode hanteert. Hoe wordt ingespeeld op vragen of problemen van het kind? Is er tijd om een kind onopvallend even apart te helpen? Worden er geen onredelijke eisen gesteld? Een kind gerichte leerkracht zal zich verdiepen in de moeilijkheden van het slechthorende kind en geïnteresseerd zijn in het gebruik van hoortoestellen. Hij of zij zal begrijpen dat het van belang is het kind te laten verwoorden wat het heeft beleefd. Het in taal omzetten van gebeurtenissen uit het emotionele en sociale leven van het kind draagt bij tot beter taalgebruik en persoonlijke groei. Deze didactiek wordt op de scholen voor kinderen met hoor- en taal/spraak moeilijkheden danook veel toegepast.

Bij een goede leerkracht behoeft een combinatieklas geen probleem te zijn. Vier verschillende leerkrachten in deeltijdarbeid is voor het slechthorende kind (en ook voor zijn goedgehoorde medeleerlingen) echter zeer ongunstig. Het opbouwen van een vertrouwensrelatie en het kiezen van een indentificatieobject wordt hierdoor bemoeilijkt terwijl deze aspecten voor een goede persoonlijkheidsontwikkeling van grote betekenis zijn.

Een andere waarschuwing geldt de licht tot matig en de enkelzijdig slechthorende kinderen. Zij kunnen hun handicap gemakkelijk verbergen en neigen hier danook veel sneller toe dan hun ernstig slechthorende lotgenoten. De leerkracht dient juist bij dit type kind extra alert te zijn. Wegens bovengenoemde problematiek is voortdurende begeleiding ook voor licht en matig slechthorende leerlingen danook op zijn plaats.

12-3.5 De puber.

Op het regulier voortgezet onderwijs zien we meestal vrij grote groepen en wisselende leerkrachten. In deze situatie is solo-apparatuur bijna altijd aan te raden. Een probleem hierbij is echter dat de puber in zijn strijd om te komen tot zijn eigen identiteit en zelfstandigheid liever geen hoortoestellen draagt. Het kind wil niet afwijkend zijn. In de praktijk blijkt dat sommige kinderen hierin erg ver kunnen gaan, doch dat dit een voorbijgaande fase is. Meestal wordt na korte tijd de voorgeschreven apparatuur weer gebruikt, mits deze echt noodzakelijk is en ook voldoet. Een puber is kritisch en heeft een duidelijk eigen mening. Men luistere in deze goed naar de leerling en

zijn noden. Het is van groot belang dat de slechthorende leerling een mentor heeft, waarmee een vertrouwensrelatie kan worden opgebouwd en waarmee de begeleider contact heeft.

Een van de grootste moeilijkheden naast persoonlijkheidsproblemen van slechthorende leerlingen in het gewoon voortgezet onderwijs vormt het talenpraktikum, waar met geluidsbandjes wordt gewerkt. Soms is een technische oplossing mogelijk via een apart regelbare hoofdtelefoon. Is dit niet mogelijk dan zal de leerkracht de slechthorende leerling bij deze les apart moeten helpen. Engels geeft vaak problemen doordat spraakafzien bij gebruik van deze taal moeilijk is. Fonetisch schrift kan hier helpen. Wiskunde levert vaak moeilijkheden op omdat de abstracte taal, die wiskunde is, via de moedertaal, waarin slechthorenden niet sterk zijn, wordt uitgelegd.

Ook thuis heeft de slechthorende puber het moeilijk. In zijn streven naar onafhankelijkheid wil de jongere zelf kunnen telefoneren, zelf de bel kunnen horen, goed televisie kunnen kijken en luisteren enz. De zogenaamde hulpparaatuur kan hierbij in sterkere mate dan gewoonlijk het geval is, van nut zijn.

Doordat veel vaker dan vroeger gebruikelijk was groepsgesprekken en discussies worden gehouden in de onderwijs sfeer is een extra probleem ontstaan, waarvoor solo-apparaatuur geen goede oplossing biedt. Ook een deel van de enkelzijdig slechthorenden komen hierbij in moeilijkheden. Het kan nuttig zijn in geval van moeilijkheden een proef te nemen met een cros- of een bicros-hoortoestel.

Tegen het einde van het voortgezet onderwijs is het nodig de slechthorende kinderen speciaal voor te bereiden op wat hen in de maatschappij te wachten staat. Dit kan niet worden overgelaten aan de decaan van de school. Samenwerking met en begeleiding vanuit een Audiologisch Centrum is noodzakelijk. Voor het goed functioneren in de maatschappij is de acceptatie van de slechthorendheid zowel door het kind zelf als door zijn ouders als de school van essentieel belang. Dit betekent dat er veel gepraat moet worden met ouders en slechthorende leerlingen over het slechthorend zijn, de mogelijkheden en onmogelijkheden van het betreffende kind en de beleving van het anders zijn. Ook is het van belang dat ouders van verschillende slechthorende kinderen contact met elkaar hebben alsook dat de slechthorende leerlingen andere slechthorende jongeren kennen. Dit laatste nu vindt vanzelf plaats als de jongeren hun basisopleiding op het speciaal onderwijs hebben gekregen. Binnen de ambulante begeleiding is opgevallen dat dan het acceptatieproces van ouders en leerlingen in het algemeen goed is verlopen; beter dan bij leerlingen (en hun ouders) die van het regulier onderwijs komen. Dat wil niet zeggen dat de acceptatie van het slechthorend zijn voor de vele licht en

matig slechthorenden (en hun ouders) die het regulier onderwijs volgden en goed begeleid werden vanuit een audiologisch centrum, een groter probleem zou zijn. De kans dat de verwerking niet of onvoldoende plaats vindt is echter groter. Het "gewoon zijn" moet meer waar gemaakt worden en er bestaat meer prestatiedwang. Dit laatste is een reden te meer om, zoals reeds eerder gesteld is, de begeleiding (ambulant of vanuit een A.C.) de gehele schoolperiode meer of minder intensief te laten voortduren.

12-3.6 De (jong)volwassene.

In de werksituatie zien we analoge problemen optreden als in de schoolsituatie zijn beschreven. Soms zijn de hoortoestellen plotseling waardeloos geworden, omdat de werksituatie akoestisch gezien erg ongunstig is. Om te beoordelen welke technische mogelijkheden bruikbaar zijn om de gewenste of vereiste communicatie te optimaliseren, dient ter plaatse overlegd te worden met de slechthorende jongere en zijn chef. In het algemeen gesproken blijkt er veel onbegrip te bestaan over het gedrag van de slechthorende en het slechthorend-zijn. Het is danook zinvol, zo niet noodzakelijk, dat chefs en collega's van jonge slechthorende werknemers vanuit het Audiologisch Centrum voorlichting ontvangen over wat de gevolgen zijn van slechthorendheid en welke perspectieven technische hulpmiddelen kunnen bieden. Uiteraard kan dit alleen gebeuren met instemming van de desbetreffende slechthorende. Daarom is het van belang dat deze problematiek bij een bezoek aan het audiologisch centrum ter sprake wordt gebracht. Hoewel de huidige werkloosheid ernstige gevolgen heeft voor jongeren en speciaal voor jongeren met een handicap is het bemoedigend te zien hoe vele slechthorenden een goede carrière hebben opgebouwd.

LITERATUUR:

Bonnema, J.Th.,

Psychologische aspecten bij stereo-akoësie. In: Het gehorgestoorde kind, oktober 1967.

Hagen, J.,

Diagnostisering van het kind met ernstige spraak- taalmoeilijkheden in het perspectief van de pedagogische/didactische behandeling. In: Van Horen Zeggen, mei 1987.

Kalverboer, A.F.,

Onduidelijkheden bij de diagnose M.B.D. In: Meer begrip voor buitenbeentjes, uitgeverij: de Tijdstroom.

Hugenholz, P.T.H.,

Van tijdelijke makelij. Uitgeverij: Van Rijckenvorst, Amsterdam 1978.

13. HET BENUTTEN VAN GELUIDSWAARNEMING BIJ DOVEN.

F. Coninx.

13-1. INLEIDING.

Dit hoofdstuk handelt over de prothetisering van dove mensen; mensen met minimaal of geen restgehoor. De prothetisering houdt in het aanpassen en gebruiken van hulpmiddelen die de mogelijkheden om geluid waar te nemen zullen verbeteren.

We spreken van een hoorprothese als zo'n hulpmiddel op continue basis door de dove persoon gebruikt kan worden in de meest voorkomende situaties van zijn of haar dagelijkse levensomstandigheden: werk, school, etc.

Dit in tegenstelling tot therapeutische hulpmiddelen, die weliswaar ook de waarneming van geluid en informatie over bepaalde geluidsaspecten tot doel hebben, maar die vooral of uitsluitend in oefensituaties worden toegepast. Men gaat er dan van uit dat de getrainde cq ontwikkelde vaardigheden generaliseren en ook buiten de oefensituatie zonder gebruik van het hulpmiddel behouden blijven.

Dit hoofdstuk zal vooral de hoorprothesen behandelen.

De mogelijkheid om via medisch/chirurgisch ingrijpen de hoormogelijkheden te verbeteren blijven in dit hoofdstuk onbesproken, tenzij de chirurgische handeling noodzakelijk is om (een deel van) de prothese aan te brengen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de cochleaire implant.

13-2. MINIMAAL OF GEEN RESTGEOHOR: DOOF.

Stoornissen van het gehoor kennen vele vormen en gradaties. Doofheid duidt een extreme vorm van verlies aan, waarbij de mogelijkheden tot geluidswaarneming onvoldoende zijn om primair via het gehoor de gesproken taal te kunnen verstaan. Voor doven verloopt de communicatie en het contact met de omgeving primair visueel.

Doofheid impliceert niet altijd dat er helemaal geen restgehoor aanwezig is. In dat geval wordt van TOTALE DOOFHEID gesproken, of soms ook wel van VIBRATIEDOOFHEID omdat geluid dan alleen nog via het taktiele zintuig als vibratie waar te nemen is.

Bij doofheid is in veel gevallen wel nog een zekere mate van restgehoor aanwezig. De diskriminatieve en analyserende functies van dit restgehoor zijn evenwel wezenlijk beperkter dan bij slechthorendheid het geval is. Een overgang tussen kwalitatief goed restgehoor en het minimale restgehoor van

doven, blijkt te bestaan in de buurt van 90 - 100 dB gehoorverlies (Erber 1974, Coninx 1983 en 1984, Lamoré 1985).

Bij doofheid (minimaal restgehoor) en bij totale doofheid (geen restgehoor) zijn de konsekwenties voor het kommunikatief funktioneren van de betroffene hetzelfde: de dove is primair een zie-mens.

Geluidswaarneming heeft voor de dove wel een aanvullende funktie en betekenis. Het voegt iets toe aan de primair visuele waarneming en beleving van zijn omgeving. Dit in tegenstelling tot slechthorenden, waar de geluidswaarneming zodanig hersteld kan worden dat het geprothetiseerde oor weer de belangrijkste waarnemingsmodaliteit wordt.

De geluidsondersteuning bij doven is slechts mogelijk door het gebruik van technische hulpmiddelen, in de vorm van hoorprothesen. Een zestal typen van hoorprothesen zal besproken worden. Hier volgt eerst een korte opsomming:

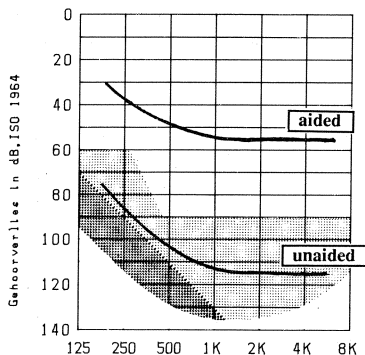
1. Geluidsversterkers : lineaire analoge versterkers met akoestische output
2. Geluidsbewerkers : versterkers met akoestische output, en een bewerking op het geluid in intensiteits- of frekwentiedomein. Compressietoestellen en transposers.
3. Geluidsverwerkers : analyseren het geluid en isoleren een bepaald geluidskenmerk (bijv. grondtoon F0) dat vervolgens versterkt als akoestisch signaal wordt afgeleverd
4. Elektrische binnenoorprothese (cochleaire implant): het elektrisch stimuleren van de gehoorzenuw
5. Taktiele prothesen : bewerken geluid tot een vibratoir of elektrisch signaal dat aan de taktiele receptoren in de huid wordt aangeboden (vibrotaktiel resp elektrotaktiel).
6. Visuele prothesen : zetten geluid of geluidsaspekten om in een optisch signaal.

13-2.1 Geluidsversterkers.

De geluidsversterkers of akoestische hoortoestellen vinden ruim toepassing binnen de groep "doven met minimaal restgehoor". Deze toestellen zijn immers zeer vergelijkbaar met die voor de veel grotere groep van slechthorenden. De ontwikkeling en produktie in grote aantallen levert relatief goedkope, kleine en esthetisch goed verzorgde toestellen op.

Het doel van het geluidsversterkend hoortoestel voor de dove met minimaal restgehoor is primair : het zodanig versterken van het opgevangen geluid, dat het gevoeligheidsverlies op voldoende wijze wordt gekompenseerd. Op "voldoende wijze" houdt in dat de meeste omgevingsgeluiden in de nabijheid van de dove waarneembaar cq hoorbaar worden. Het akoestisch kontakt met de omgeving wordt daardoor voor een deel hersteld. Dit is

terug te zien in het gestileerde audiogram van figuur 13-1.



Figuur 13-1: Gestileerde audiogram-kurven:

- onderste curve - gemiddeld audiogram uit de categorie "doof met minimaal restgehoor", zonder hoortoestel (unaided)
- bovenste curve - idem, maar met hoortoestel (aided)

De onderste curve laat een gemiddeld audiogram zien uit de categorie "doof met minimaal restgehoor". Door het gebruik van een hoortoestel met 60 dB versterking, komt de geprothetiseerde drempel (eng: "aided threshold" of "lifted audiogram") op ongeveer 55 dB te liggen.

Een nog hogere versterking is niet aan te raden. Ten eerste worden de achtergrondgeluiden dan tot een storend nivo mee versterkt. Een tweede nadeel van nog hogere versterking is het optreden van akoestische feedback door een niet ideaal passend en dus akoestisch "lekkend" oorstukje. Dit resulteert in het genereren ofwel rondfluiten van het hoortoestel.

De betekenis van de geluidswaarneming kan erg verschillen van persoon tot persoon, maar omvat naast het eerder genoemde herstel van het akoestisch contact met de omgeving, ook nog :

- Het waarnemen van de eigen stem.

Daardoor verbetert de controle op het geproduceerde stemvolume, en in sommige gevallen ook de geproduceerde toonhoogte. Dit laatste is echter in het algemeen bij minimaal restgehoor onmogelijk (Risberg 1975)

- Het waarnemen van prosodische structuren in geluid.

Dit lukt zeker na enige training meestal goed. Dat geldt in het bijzonder ten aanzien van temporele patronen, zoals ritme, lang-kort, pauzes enz. Omgevingsgeluiden kunnen vaak herkend worden op basis van hun temporele structuur, aangevuld met de kontekst informatie en het verwachtingspatroon.

- Voor jonge dove kinderen heeft het hoortoestel een duidelijke therapeutische waarde in het kader van taalverwerving en spreken. Door het waarnemen van de ritmische patronen in de taal, kunnen taalgeheugen en taalstructuur beter ontwikkeld worden.

- Een goede auditieve diskriminatie is bij minimaal restgehoor per definitie niet aanwezig. Toch is in veel gevallen het herkennen van een beperkt aantal fonemen wel tot op zekere hoogte mogelijk. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid restgehoor, maar ook van de luisterstrategie (verworven via training), moment van doofworden enz. Door het versterken van spraakgeluid werkt ook beperkte diskriminatie sterk ondersteunend op het proces van spraakafzien (liplezen). In een aantal experimenten liet Breeuwer (1985) al zien hoe de lipleesscore verhoogd kon worden door minimale toevoeging van akoestische cues.

- Vaardigheden op het gebied van auditieve diskriminatie ondersteunen niet alleen de receptieve spraakfuncties (al dan niet in combinatie met liplezen), maar ook de produktieve spraakfuncties. Elk identificeerbaar foneem zal de eigen spraakproduktie via feedback verbeteren.

De lineaire akoestische hoortoestellen beschikken in het algemeen over toonregelingen. In het bijzonder voor doven met minimaal restgehoor zijn sinds het begin van de tachtiger jaren 'lage-tonen toestellen' op de markt. De frekwentiekarakteristiek kan zodanig ingesteld worden dat deze erg vlak doorloopt tot in de lage frekwenties, tot 100 Hz en zelfs lager. Alhoewel dit voor slechthorenden in het algemeen ongunstig is (maskering naar midden-hoge frekwenties, zie ook Upward spread of masking hoofdstuk 7), wordt dit door de doven juist als gunstig en aangenaam ervaren. Dit is zeker het geval als boven 1 kHz in het geheel geen restgehoor aanwezig is. In zulke gevallen kan bovendien de hoge-tonen regeling ingesteld worden op minder versterking boven 1 kHz, waardoor het optreden van rondzingen met enkele dB's wordt beperkt en de versterking in de praktische situatie inderdaad tot op 60 dB haalbaar is.

Ingeval van wat "beter restgehoor" in de midden-hoge tonen, i.c. ongeveer 100-110 dB, moet toch voorzichtigheid betracht worden met het te sterk weergeven van de lage tonen. Enige vorm van foneemherkenning, hoe beperkt ook, op basis van spektrale verwerking van middenfrekwenties, wordt dan wellicht gemaskeerd. Bij later doofgewordenen is een vergelijkende spraaktest met twee toonregelingstanden mogelijk, en kan bovendien nagegaan worden wat de dove zelf prefereert ten aanzien van geluidskomfort (aangenaamheid). Voor jongere dove kinderen is het resultaat van de toonregeling meestal een lange-termijn effect.

Binnen de geluidversterkende (lineaire) hoortoestellen komen voor doven met minimaal restgehoor slechts een tweetal vormen in aanmerking: kastrotoestellen en achter-het-oor toestellen (AHO's), meestal oorhangers genoemd. In beide gevallen gaat het om super-power, of op zijn minst high-power toestellen.

De populaire IHO's zijn bij minimaal restgehoor nauwelijks of niet toepasbaar. De maximale output (ca. 110 dB) en de maximale versterking, zijn doorgaans ontoereikend. In de praktijk doet zich bovendien een beperkende faktor voor ten aanzien van de akoestische feedback, waardoor het hoortoestel bij de noodzakelijke hoge versterkingsfaktor gaat rondzingen.

De hierboven genoemde noodzakelijke versterking van ca. 60 dB kan voor veel doven met minimaal restgehoor niet alleen door het kastrotoestel, maar ook door een oorhanger gerealiseerd worden. Ten aanzien van draagcomfort en akseptatie verdient de oorhanger de voorkeur boven het kastrotoestel. Bovendien bieden oorhangers de mogelijkheid van stereo-aanpassing. De voordelen daarvan zijn dezelfde als bij slechthorenden. De winst ten aanzien van spraakverstaan-in-ruis is evenwel nauwelijks aantoonbaar, omdat het puur auditief spraakverstaan als zodanig al erg beperkt is. Als voordelen van twee oorhangers blijven evenwel bestaan :

- een beter draagcomfort in de vorm van 'balansgevoel'
- een (theoretische) gevoeligheidswinst van 3-6 dB, welke audiometrisch echter moeilijk aantoonbaar is.
- minder ernstige gevolgen van schommelingen in de konditie van een van beide middenoren, zich manifesterend in een extra geleidingsverlies die het minimale restgehoor relatief zeer sterk vermindert.
- het hoofdschaduw effect wordt opgeheven (alleen van belang bij doven met hoge tonen restgehoor). Dit kan een winst van 15-20 dB in het 2-4 kHz gebied betekenen.
- bij niet geheel gelijkvormige audiogrammen op linker en rechter oor, vullen de meest gevoelige frekwentiebanden elkaar aan.

Op grond van deze algemene overwegingen is ook voor doven met minimaal restgehoor het aanpassen van een stereo-aanpassing - ook wel een volledige prothese genoemd - te verkiezen boven een enkelzijdige aanpassing.

Kontra-indikaties voor dubbelzijdige prothetisering kunnen bestaan ingeval van medisch/anatomische problemen aan een van beide gehoorgangen, te grote assymetrie in audiogrammen of voorkeur van de dove voor enkelzijdige prothetisering.

Voor een kleine groep doven blijft het kastoortoestel een betere of soms zelfs de enige oplossing. Het minimale effect van een geluidversterkend hoortoestel is toch dat de geprothetiseerde drempel gunstiger ligt dan de ongeprothetiseerde drempel. Uit vrije-veld onderzoek blijkt dat de geluidswaarneming bij sommige doven niet verbetert door een oorhanger, terwijl dat met een kastoortoestel wel het geval is.

De maximale output van de oorhanger is beperkt door een minder krachtige batterij en kleinere transducer (telefoontje). Het meest wezenlijke van het kastoortoestel is evenwel dat het zowel akoestisch als taktiel stimuleert. Zeker door de krachtige weergave in de lage tonen zal het op het oorstukje geplaatste telefoontje een contact-trilling aan de wand van de gehoorgang aanbieden. Dit is bij de oorhanger geheel afwezig. Voor de doven met uiterst gering restgehoor, op de grens van totale doofheid, is die ondersteuning met taktiele componenten onmisbaar.

Het kastoortoestel blijft daarom een noodzakelijk alternatief voor de groep doven op de grens van "geen restgehoor" (totaaldoof).



Foto 13-1: Het kastoortoestel (rechts) en de oorhanger (links): niet altijd gelijkwaardig.

Een praktisch, erg belangrijk verschil tussen kastoortoestel en oorhanger is het rondfluiten van de apparatuur door akoestische feedback bij de noodzakelijke hoge versterking. Dit is bij de oorhanger een groter probleem door de geringere afstand van oorstukje (geluidlek) tot mikrofoon. Ten aanzien van de akoestische afdichting van het oorstukje moeten hoge eisen gesteld worden, waardoor het toepassen van venting kanaaltjes niet mogelijk is. In veel gevallen kunnen hardnekkige feedback-problemen bij oorhangers worden opgelost door toepassing van een 'power-cross', waar het mikrofoontje naar het andere oor wordt verplaatst en met een snoetje achter in de nek

verbonden wordt met de versterkende oorhanger. Rondfluiten kan daar bijna altijd mee worden voorkomen. Een dubbelzijdige aanpassing is echter niet wel mogelijk.

De mogelijkheid van verdere beschadiging van restgehoor door het gebruik van hoortoestellen met hoge output, tot 135-140 dB SPL toe, krijgt al sinds vele jaren terechte aandacht. In casuïstieken wordt vaak voor enkelingen een verslechtering van het gehoor beschreven terwijl voor grotere groepen de balans neutraal blijkt te zijn (Markides 1971, Rintelmann & Bess). Een zeer nauwlettend volgen van het gehoorverlies van elke gebruiker van hoortoestellen met hoge output is aan te raden.

Het interpreteren van eventueel gekonstateerde veranderingen in gehoorverlies wordt vertroebeld door andere invloeden, zoals een wisselende geleidingskomponent die bij doven met minimaal restgehoor niet is vast te stellen, betere geluidgerichtheid na training, de klinisch-audiometrische meetfout (zeker bij kinderen 5 a 10 dB) en progressie in gehoorverlies op basis van etiologie.

Het beperken van de risico's op verdere beschadiging zou op drie manieren kunnen : begrenzing van de maximale output, beperkt gebruik ervan (lage 'exposure time' en veel 'recovery time') en gebruik in akoestisch weinig belastende situaties.

De begrenzing van de maximale output is een veel toegepaste, maar niet wenselijke benadering. Het aanwezige restgehoor wordt daardoor weliswaar 'beschermd', maar ook niet voldoende of zelfs helemaal niet benut. Een combinatie van beperkt (selektief) gebruik van het hoortoestel, in akoestisch weinig belastende omstandigheden verdient dan ook de voorkeur.

Bij heel jonge dove kinderen krijgt een sterk kashoortoestel de voorkeur, mits gebruikt gedurende een aantal gecontroleerde kortere perioden per dag, waarin bij een laag nivo van achtergrondgeluiden voor het kind zinvolle en te verwerken geluiden worden gepresenteerd. Ook in het belang van de hoorfunctietraining/ontwikkeling is zo'n situatie aan te bevelen. Veelvuldig audiometrisch onderzoek is dan noodzakelijk, om indien nodig, direct de apparatuur of de gebruikswijze bij te stellen.

13-2.2 Geluidbewerkers.

Deze vorm van hoorapparatuur is noodzakelijk als het restgehoor in het frekwentie en/of het intensiteitsdomein te sterk begrensd is.

Indien het gehoor niet alleen beperkt wordt door een verhoogde detectiedrempel, maar bovendien door een verlaagde pijndrempel, kan een hoortoestel met compressieregeling toegepast worden. Ten behoeve van de groep slechthorenden zijn compressiesystemen in geluidversterkende hoortoestellen ingebouwd, waarmee zonder al te veel spektrale vervorming de maximale versterking en/of output begrensd kunnen worden. Deze systemen vervormen echter wel in het temporele domein : de tijdstructuur

van de geluidsomhullende ondergaat veranderingen. Omdat doven met minimaal restgehoor meer last kunnen hebben van temporele vervormingen dan van spektrale vervorming, wordt bij voorkeur een peak-clipping regeling gebruikt om te begrenzen.

Indien het restgehoor zich niet over een breed frekwentiegebied uitstrekt, maar beperkt is tot een smalle band in de lage of de hoge tonen, kan een verschuiving van spektrale componenten overwogen worden. Dergelijke hoortoestellen worden aangeduid met TRANSPOSERS.

De meest bekende zijn de toestellen waarbij hogere frekwenties via frekwentiedelers of vokedertechnieken naar de lagere frekwenties worden verschoven. Het voordeel van deze geluidbewerking is nooit zo groot gebleken dat invoering op grote schaal tot stand is gekomen. Bestudering van de literatuur doet overigens wel vermoeden dat de transposers vrijwel alleen zijn geprobeerd bij groepen normaalhorenden (met gemaskeerd gehoor) en bij zwaar slechthorenden.

Een tweede groep wordt gevormd door de opwaartse transposers, die gebruik maken van ultra-hoog-frekwent restgehoor (Berlin 1978).

13-2.3 Geluidverwerkers.

Deze toestellen nemen een gedeelte van de analyserende en verwerkende taak van het gehoor over. Een bepaald relevant spraakaspekt wordt al in het hoortoestel uit het komplekse spraaksignaal geïsoleerd, en in versterkte vorm aan het oor aangeboden. Een goed voorbeeld is de Sinus-Voice SiVo, ontwikkeld door de EPI groep te Londen (Rosen 1987).

Het hoortoestel bevat een microprocessor waarmee de grondtoon uit het spraaksignaal wordt afgeleid. Deze grondtoon wordt als een zuivere toon akoestisch aan het oor aangeboden. Spektrale informatie wordt volledig verwijderd, in de veronderstelling dat het minimale restgehoor daar toch niets meer mee kan doen. Deze veronderstelling moet via diagnostiek per patient getoetst worden.

Het voordeel van deze SiVo is een ondersteuning op het liplezen en betere controle van intonatiepatronen, zowel receptief als productief. Het ondersteunend effect van eenvoudige akoestische signalen op liplezen werd aangetoond door Breeuwer (1985). Het apparaat wordt door de Londense groep zelf toegepast, maar inmiddels ook door het Instituut voor Doven te St. Michielsgestel bij kandidaten die voor cochleaire implant werden afgewezen op grond van te veel restgehoor. Ook wordt onderzocht of de SiVo therapeutische waarde heeft bij de spreeklessen voor prelinguaal jonge dove kinderen.

13-2.4 Elektrische binnenoortoese (cochleaire implant).

Ingeval van totale doofheid met een volledige cochleaire uitval, heeft het aanbieden van versterkt geluid aan het oor geen enkele zin meer. Indien er

nog restfunctie van de gehoorzenuw aanwezig is, kunnen hoorsensaties opgewekt worden door de zenuwuiteinden ter plekke van de cochlea elektrisch te stimuleren. In dat geval spreken we van een cochleaire implant of elektrische binnenoorprothese.

Het operatief in het lichaam aangebrachte deel van de prothese bestaat uit een elektrode-systeem dat in of buiten de cochlea op een of meerdere plaatsen (tonotopisch bepaald) elektrische stroompjes in de gehoorzenuw stuurt. Afhankelijk van het transmissiesysteem, percutaan met stekker of transcutaan met spoelen, wordt ook een elektronische schakeling mee geïmplanteerd.

Buiten het lichaam worden gedragen: een mikrofoon, spraakprocessor en zendspoel of stekker, verbonden met een of twee snoertjes.

De spraakprocessor is een wezenlijk onderdeel van het systeem. De geluiden worden hier omgezet in een kode die de geïmplanteerde elektroden op een geschikte wijze van signalen moet voorzien.

In 1987 waren wereldwijd al meer dan 10 verschillende systemen met klinische toepassing beschikbaar. De verschillen zijn vooral in de spraakkoördinering terug te vinden.

Voor een overzicht wordt verwezen naar Huizing & Smoorenburg (1986).

Vanwege de noodzakelijke chirurgische ingreep en het daardoor niet-vrijblijvend karakter van de aanpassing, is een zorgvuldige voorbereiding en daarmee een goede selectie onontbeerlijk. Deze selectie moet erop gericht zijn dat de kandidaat voor cochleaire implant een goede prognose heeft om er functioneel op vooruit te gaan ten opzichte van de mogelijkheden van de non-invasieve akoestische hoortoestellen. Op grond van dit uitgangspunt wordt vooralsnog het criterium van tweezijdige totale doofheid gehanteerd. Het belang van dit criterium blijkt uit een vergelijkend onderzoek uitgevoerd door Coninx (1985) naar de auditieve waarnemingsfuncties van een groep dove kinderen met minimaal restgehoor (gemiddelde audiogramdrempel op 110 dB) die oorhangers gebruikten en een groep doven met cochleaire implant zoals gerapporteerd door Tyler en McFarland (1985). De prestaties blijken in eerste benadering vergelijkbaar te zijn. Dit betekent dat doven met minimaal restgehoor op het nivo van 110 dB, weinig perceptief heeft om er met een cochleaire implant substantieel op vooruit te gaan.

Voor een adequaat gebruik van de implant zowel als van het hoortoestel is een intensief revalidatieprogramma noodzakelijk. Deze revalidatie is bij later doofgewordenen noodzakelijk omdat de cochleaire implant geen sensaties oproept die vergelijkbaar zijn met de vroegere indrukken van en herinneringen aan geluid. Ook zal de dove na en kortere of langere tijd van doofheid weer moeten wennen aan een wereld die niet alleen uit zien, maar ook uit horen bestaat. De nieuwe hoorsensaties via de implant moeten nog

integreren met andere receptieve en produktieve functies. Al deze leerprocessen lopen maar zeer gedeeltelijk spontaan. Gerichte trainingsprogramma's, steun en begeleiding zijn onmisbaar.

Terwijl de eerste klinische toepassingen van de cochleaire implant er al in het begin van de zeventiger jaren waren, met name in de House-groep (Los Angeles), volgde Nederland pas in 1984. Het Instituut voor Doven te Sint-Michielsgestel startte met de revalidatie van twee doven die in Duren (W.Duitsland) waren geopereerd. Toen werden in Nederland nog geen operaties uitgevoerd. In 1985 startte het academisch ziekenhuis Utrecht met de operatie en revalidatie van een groep van 3 patienten. In 1986/87 ging ook het Radboudziekenhuis Nijmegen over tot selectie en operatie van een eerste groep van drie patienten. Het Radboudziekenhuis werkt samen met het Instituut voor Doven, dat het revalidatieprogramma verzorgt.

Naar de toekomst gezien is het niet ondenkbaar dat de selectiekriteria gaan verschuiven. Er tekenen zich tendenzen af waaruit blijkt dat met de meerkanaals intra-cochleaire systemen een betrekkelijk hoog nivo van zuiver auditief spraakverstaan kan worden bereikt. Daarvoor zou wel eens een zekere mate van restgehoor cq restfunctie van de gehoorzenuw als voorwaarde kunnen gelden. Zodra duidelijk zou worden dat doven met minimaal restgehoor (dus niet totaal doof) met de genoemde implant systemen tot beter spraakverstaan kunnen komen dan met akoestische hoortoestellen, zullen de selectiekriteria daarop aangepast kunnen worden.

Het implanteren van jonge totaaldove kinderen veroorzaakt ook voor hen een verbetering van de hoorfunctie, zodat zij op het nivo van "doof met restgehoor" kunnen komen en daardoor in hun ontwikkeling van spraak- en taalfuncties sterk verbeterde mogelijkheden krijgen. Dit vereist wel dat het revalidatieprogramma geïntegreerd wordt in het onderwijsprogramma van het kind. De revalidatie zal zich over vele jaren uitstrekken, en steeds een geheel moeten vormen met spraak- en taalverwerving. De revalidatie zal voor een belangrijk deel in de school, maar ook daarbuiten, moeten plaatsvinden. Dovenscholen met bestaande oraal/auditieve programma's zijn daar klaar voor. Voor deze kinderen zijn dan de bestaande oraal/auditieve opvoedingsprogramma's, met slechts lichte bijstellingen, toepasbaar.

Alhoewel de potentiële voordelen van een binnenoorprothese voor jonge dove kinderen dan ook zeker aanwezig zijn, bestaan er toch een aantal overwegingen die tot de nodige voorzichtigheid en vanzelfsprekende zorgvuldigheid aanleiding geven:

- de diagnose van 'totale doofheid' en het kennen van de mogelijkheden van de akoestische hoortoestellen bij een doof kind is vaak niet op zeer jonge leeftijd vast te stellen (Coninx 1986).

- mogelijke extra otologische risico's in de voor middenoorproblemen gevoelige leeftijdsfase beneden 10 jaar.
- de ethische vragen die door sommigen gesteld worden, in het bijzonder de kwestie of ouders mogen beslissen over de implantatie van hun kind.

Anderen hebben de opvatting dat de beslissing over een implantatie wel zeker vanuit de ouderlijke verantwoordelijkheden genomen mag worden. Dit vraagt dan wel een volledige en adequate voorlichting.

13-2.5 Taktiele prothesen.

Ingeval van totale doofheid en een volledige uitval van de gehoorzenuw, hebben akoestische hoortoestellen en de cochleaire implant geen zin. Ook kan om andere redenen een cochleaire implant als ongewenst of onmogelijk beschouwd worden. In zulke gevallen kunnen taktiele hulpmiddelen uitkomst bieden.

Taktiele hulpmiddelen zijn gebaseerd op een vibratoire of elektrische stimulatie van de taktiele receptoren in de huid, de tastzin. Indien een geluid spektrale componenten in de lage tonen bevat en deze ook voldoende sterk zijn, kan dat geluid ook al zonder een speciaal hoortoestel 'met het hele lichaam' gevoeld worden. Dit verschijnsel heet resonantievoelen, in tegenstelling tot contactvoelen waar het geluid wordt waargenomen door de hand op de geluidsbron te leggen. Bij spreektherapie is het leggen van de hand op de keel of borstbeen daar een goed voorbeeld van.

Voor een praktische en brede toepassing van taktiele waarneming, is het gebruik van specifieke hulpmiddelen te prefereren.

Het meest toegepast zijn de eenkanaals taktiele prothesen. De prothese bestaat in wezen uit een microfoon, die het opgevangen geluid doorgeeft aan een geluidbewerkend/geluidverwerkend toestel en een of meerdere vibrators of stimulatie-elektroden.

Als voorbeeld hiervan kan de minivib-3 genoemd worden, een produkt van Special Instruments (Stockholm). De spraakprocessor in het hoortoestel bepaalt het sterkteverloop van het geluid in de tijd cq de omhullende en moduleert daarmee een blokgolf met een frekwentie in het voor de tastzin gevoelige laagfrequent gebied. De versterkte blokgolf stuurt een trillingsexcitorator/vibrator welke op de pols of met een oorstukje op de gehoorgang is geplaatst.

Alle spektrale informatie wordt uit het signaal verwijderd. De dynamiek van het signaal wordt wel gekodeerd, waardoor een /s/ zachter gevoeld wordt dan een /z/. De waarde van een taktiele prothese zoals de minivib-3, ligt in het realiseren van enig akoestisch contact met de omgeving en in het ondersteunend effect op lippen. Nogmaals wordt verwezen naar de experimenten van Breeuwer, die liet zien hoe belangrijk de aanvullende

informatie van zelfs een beperkt deel van het akoestische spraaksignaal op het liplezen kan zijn.

In de praktische toepassing moet rekening worden gehouden met enige beperkingen van taktiele stimulatie. Spektrale analyse door de tastzin is niet mogelijk, zeker niet bij de minivib-3. Meerdere geluiden tegelijk, of elkaar snel afwisselende geluiden zijn niet van elkaar te onderscheiden. De signaal/ruisverhouding is daardoor kritisch. Als er teveel voelbare achtergrondgeluiden zijn, zal er niet alleen een fysiologische vermoeidheid optreden maar ook een negatieve 'luisterhouding' ontstaan, waarbij de binnenkomende trillingen als een niet te identificeren kompleks van achtergrondgeluiden wordt ervaren zonder dat de aanwezigheid van een betekenisvol/belangrijk signaal daarin wordt opgemerkt. Dit betekent dat de taktiele ondersteuning niet in alle situaties van het dagelijks leven en vaak ook niet continu de hele dag zinvol is. De patient moet leren de taktiele prothese selektief te gebruiken.

Ook moet speciaal getraind worden op de combinatie liplezen met 'horen'. Zeker voor later doofgewordenen is een integratie van beide sensorische modaliteiten geen vanzelfsprekende zaak die spontaan tot stand komt. Voor hen is het taktiele kanaal altijd al erg nieuw van aard. Een revalidatie is om dezelfde redenen en in vergelijkbare vorm als bij de cochleaire implant noodzakelijk.

Voor prelinguaal dove kinderen heeft de taktiele prothese ook sterke therapeutische waarde. Ten aanzien van de hoorontwikkeling wordt de taktiele prothese in een aanvangsfase vaak gebruikt om geluidbewustheid te ontwikkelen. Bij het volledig ontbreken van informatie over het gehoorverlies, is het ook een 'veilig' hulpmiddel, waarmee geen lawaaibeschatiging van restgehoor kan ontstaan. Het vormt in die fase ook een voorbereiding om tot audiometrie te komen met het zeer jonge dove kind.

Bij spreek- en lipleestraining, produktief resp. receptief, wordt bij totaal dove kinderen de vibrator als therapeutisch middel ingezet.

Naast de zojuist beschreven eenvoudige minivib-3, een een-kanaals systeem met een vibrator, bestaan er ook meer komplekse systemen.

Zo is er de Siemens minifonator, een tweekanaals systeem met een vibrator die op de pols gedragen wordt. Het eerste kanaal bestaat uit een lineair versterkt deel van het geluidsspektrum in de lage, direkt voelbare, frekwenties. Het tweede kanaal bestaat uit een transposer die de spektrale componenten uit de niet voelbare hogere frekwenties naar lagere, wel voelbare, frekwenties verplaatst. De beide kanalen worden via een enkele transducer (vibrator) aan de huid aangeboden.

Het Kanievski Sound Device (Israel) is vergelijkbaar met de minifonator, behalve dat de twee kanalen, via twee onafhankelijke vibrators wordt aangeboden op twee verschillende posities op de huid. Deze spatiele scheiding maakt het waarnemen van de verschillende spektrale componenten beter mogelijk, dan dat bij de minifonator het geval is. Het taktiele systeem heeft nl. op zichzelf geen spectraal analyserend vermogen.

De hierboven genoemde drie taktiele hulpmiddelen zijn allen klinisch toepasbaar. Dat geldt nog niet, of in mindere mate voor een aantal ontwikkelingen die nog niet uit de experimentele fase zijn: de MESA, een tweedimensionale elektrotaktiele afbeelder van het geluidsspectrum (Sparks ea 1978 en 1979), de pitch-extractor met eendimensionale vibrotaktiele codering van grondtoon (Boothroyd 1986).

De grote aandacht voor de cochleaire implant heeft ook tot gevolg dat er nieuwe aandacht voor en ontwikkeling is op het gebied van de taktiele prothesen, die volgens Pickett (1985) vergelijkbare resultaten kan opleveren.

13-2.6 Visuele prothesen.

De dove, met minimaal of geen restgehoor, neemt zijn omgeving primair visueel waar; de dove is een zie-mens. Enerzijds betekent dit dat visuele hulpmiddelen bij uitstek geschikt zouden moeten zijn, anderzijds zijn zij moeilijk te combineren met de toch al visueel gerichte activiteiten van de dove.

Visuele hulpmiddelen zullen meestal niet "aanvullend" kunnen werken, maar wel "vervangend". Een dove die zijn visuele systeem al gebruikt om te liplezen, zal een visuele presentatie van geluid of bepaalde geluidskennmerken daarmee moeilijk kunnen combineren. Met de Upton-bril (Upton, 1986) is dat wel geprobeerd, maar nog zonder veel succes en nog zonder klinische toepassing. Bij de Upton-bril worden spraakkenmerken, zoals stemhebbendheid, friktie, nasaliteit ed, op de binnenkant van een brilglas geprojecteerd. Deze informatie wordt daardoor optisch gesuperponeerd op het lipbeeld van de spreker, en de dove zou door de aanvullende informatie van het akoestisch spraaksignaal tot beter liplezen moeten komen. Zoals boven gesteld, biedt de visuele presentatie van geluid grotere mogelijkheden als "vervangend" hulpmiddel. Daardoor is de toepassing ervan ook vooral te vinden in therapeutische situaties. Deze kunnen variëren van eenvoudige klemtoonlampjes tot visuele spraakafbeelders en spektrogrammen, vaak gerealiseerd op computersystemen.

LITERATUUR:

- Berlin, C., Wexler, K., Jerger, J., Halperin, H., Smith, S.,
A new type of hearing loss wich correlates with unusually good speech
in the 'profoundly deaf'. Trans. Am. Acad. Ophthal. Oto-lar. 86: ORL-111-
ORL-116, 1978.
- Boothroyd, A., Hnath, T.,
Lipreading with tactile supplements, Veterans Administration (VA)
Journal of rehabilitation 23 139-146, 1986.
- Breeuwer, M.,
Speechreading supplemented with auditory information. Doctoral thesis,
VU Uitgeverij, Amsterdam 1985.
- Coninx, F.,
Hoortoestel aanpassing bij doven. FidaVisie, 6 15-19, 1983.
- Coninx, F.,
Hoe slecht horend is doof? In: Van Horen Zeggen, 25-1 p.49-59 1984.
- Coninx, F.,
Cochlear Implants. Proceedings of the Int. Congress on Education of the
Deaf, Manchester 1985 (to be published).
- Coninx, F.,
Audiologische selectie criteria. In: 'Workshops on artificial hearing
stimulation: selectie', Universitaire Instelling Antwerpen, p12-24
sept. 1985.
- Coninx, F.,
Innenohr-Prothesen fur Kinder. In: P.Plath (edt), Innenohr-Implantate,
3. Multidisziplinare Kolloquium der Geers Stiftung, Schriftenreihe band
6 (Geers Stiftung) april 1986.
- Erber, N.,
Pure tone thresholds and word-recognition abilities of hearing impaired
children. J. of speech and hearing research 17, 194-202, 1974.
- Huizing, E.H., Smoorenburg, G.F. (red.),
De elektrische binnenoortprothese. Uitgave Ned. Vereniging voor
Audiologie, 1986.
- Lamoré, P.J.J., Verweij, C. en Brocaar, M.P.,
Investigations of the residual hearing capacity of severely hearing-
impaired and profoundly deaf subjects. Audiology 24, 343-361 1985.
- Markides, A.,
Do hearing aids damage the user's residual hearing? Sound, 5, 99-105
1971.
- Pickett, J.M., McFarland, W.,
Auditory implants and tactile aids for the profoundly deaf. J. of speech
and hearing research, 28, 134-150 1985.
- Rintelmann, W.F., Bess, F.H.,
High-level amplification and potential hearing loss in deaf children. In:

- 'Childhood Deafness", ed. F.H.Bess, ch.21, p.267-293 1977.
- Risberg, A. ea,
Measurements of frequency discrimination ability of severely and profoundly hearing-impaired children. In: Quarterly Progress and Status Report STL-QPSR 2-3, p.40-49, Deptm. of Speech Communication, Un. of Stockholm 1975.
- Rosen, S., Walliker, J.R., Fourcin, A., Ball, G.,
A microprocessor-based acoustic hearing aid for the profoundly impaired listener. Veterans Administration (VA) Journal of rehabilitation 24 1987.
- Sparks, D.W.B., Kuhl, P.K., Edmonds, A.E., Gray, G.P.,
Investigating the MESA (Multipoint Electrotactile Speech Aid): the transmission of segmental features of speech. JASA 63, 246-257 1978.
- Sparks, D.W., Ardell, L.A., Bourgeois, M., Wiedmer, B., Kuhl, P.K.,
Investigating the MESA (Multipoint Electrotactile Speech Aid): the transmission of connected discourse. JASA 65, 810-815 1979.
- Tyler, R.S., Gantz, B.J., Otto, S.R., McCabe, B.F., Lowder, M.W.,
IOWA cochlear implant clinical project: results with two single channel cochlear implants and one multi-channel cochlear implant. Laryngoscope 95, 443-449 1985.
- Upton, H.W.,
Wearable eyeglass speechreading aid. American Ann. of the Deaf 113, 222-229 1968.

14. HULPMIDDELEN EN DE INVLOED VAN ZAALAKOESTIEK.

H.P. Wit.

14-1. INLEIDING.

Door geluid staat de mens voortdurend in direkt contact met zijn omgeving. De Amerikaanse psycholoog Ramsdell ("The Psychology of the Hard-of-Hearing and the Deafened Adult", in Hearing and Deafness, 4 th ed., editors Davis and Silverman, chapter 19.) onderscheidt voor het gehoor drie nivo's:

- Symbolic level
- Warning level
- Primitive level

Een gehoor funktionerend op symbolisch niveau is nodig voor een probleemloze communicatie via spraak met de medemens. Daling van het gehoor beneden dit nivo maakt deze communicatie problematisch.

De slechthorende zal hierdoor geneigd zijn minder aan gesprekken deel te nemen. De gevolgen zijn dus vooral van sociale aard, maar kunnen juist daardoor tot psychische problemen leiden (neerslachtigheid).

Daalt het gehoor beneden het waarschuwningsnivo dan ontstaan er ernstige problemen in het dagelijks leven, omdat allerlei waarschuwingssignalen niet meer gehoord worden. Bijvoorbeeld naderend verkeer op straat. De slechthorende gaat zich onzeker voelen en moet veel meer dan normaal gebruik maken van andere zintuigen. Deze andere zintuigen kunnen de taak van het gehoor echter slechts gedeeltelijk overnemen. We zien bijvoorbeeld niet wat er achter ons gebeurt.

Daling van het gehoor beneden het primitieve nivo betekent dat elk geluidskontakt met de omgeving verloren is gegaan. Onbewust staan wij voortdurend in kontakt met de omgeving via allerlei geluiden, en het wegvallen hiervan leidt tot onaangename gevoelens. Grote psychische problemen kunnen het gevolg zijn.

De mens gebruikt geluid behalve voor kontakt met zijn omgeving ook voor ontspanning. Muziek is vooral dankzij de mogelijkheden van electronische (re)productie niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Slechthorenden zullen muziek anders waarnemen dan normaalhorenden en er daardoor misschien minder plezier aan beleven. Literatuur over dit facet van slechthorendheid is schaars.

14-2. HULPMIDDELEN VOOR HOORTOESTELDRAGERS.

Uit het stuk over de invloed van de akoestische eigenschappen van de ruimte, aan het eind van dit hoofdstuk, zal duidelijk worden dat spraak het best kan worden verstaan, als het oor dicht bij de mond van de spreker wordt gebracht. Dan is de signaal-ruis-verhouding maximaal: het nuttige geluid (de spraak) is het sterkst ten opzichte van stoorgeluid uit de omgeving. Verder wordt zo het spraakgeluid zo weinig mogelijk vervormd door de akoestische eigenschappen van de ruimte, waarin wordt gesproken. Lang niet altijd is het voor de slechthorende mogelijk om de spraakbron dicht te benaderen (toneelvoorstellingen, kerkdienst, leraar voor klas met leerlingen, enz.). Een oplossing is dan om het geluid op de ideale plaats op te vangen met een microfoon en het ongestoord over te brengen naar het hoortoestel van de slechthorende.

14-2.1 De infrarood-apparatuur.

Bij infrarood-apparatuur gebeurt dit ongestoord overbrengen van geluid met infrarode straling. De luisteraar gebruikt dan een speciale ontvanger om dit "licht" weer om te zetten in geluid, dat hij kan waarnemen met een koptelefoon of met een hoortoestel.

14-2.2 De solo-apparatuur.

De solo-apparatuur is speciaal ontwikkeld om slechthorende kinderen te kunnen laten deelnemen aan het normale onderwijs. De leraar draagt hierbij een microfoon en een kleine FM-radiozender. De leerling draagt een hierop afgestemd ontvangertje, waarvan het signaal weer naar het hoortoestel wordt gevoerd. In principe wijkt solo-apparatuur niet af van de draadloze microfoon, die veel vocale artiesten tegenwoordig gebruiken.

14-2.3 De ringleiding.

Een ringleiding kan men gelukkig meer en meer aantreffen in zalen, waarin een spreker door middel van een geluidsinstallatie een groot gezelschap toespreekt. Het signaal van de spreekmicrofoon wordt na versterking als een elektrische stroom door de ringleiding gestuurd, in zijn meest eenvoudige vorm een draad die langs de wanden van de zaal loopt. De stroom door de ringleiding wekt in de zaal een wisselend magnetisch veld op (principe van de elektromagneet). Het zogenaamde luisterspoeltje van het hoortoestel kan dit wisselende magnetische veld omzetten in een elektrische spanning (inductieprincipe), waarna versterking door het hoortoestel plaatsvindt. Een schakelaartje hierop wordt in dat geval in de T(elefoon)-stand gezet. (T is eigenlijk de afkorting van het engelse "Telecoil"; een spoeltje dus om op afstand veranderingen van een magnetisch veld te registreren.) Deze naam is te danken aan het feit dat het luisterspoeltje ook het in een telefoonhoorn opgewekte magnetische veld kan opvangen. Veel slechthorenden verstaan

de telefoon beter wanneer zij hun hoortoestel op de T-stand zetten, in plaats van direct te luisteren naar het geluid uit de telefoon met hun toestel op de M(microfoon)-stand.

Van de benodigde stroomsterkte door een ringleiding kunnen we op vrij eenvoudige wijze een schatting maken. De magnetische veldsterkte H op een afstand van d meter van een lange rechte draad, waardoor een stroom met sterkte I Ampere gaat, wordt gegeven door:

$$H = I/2\pi d$$

Wanneer we dus langs alle wanden van een vierkante zaal van 10 bij 10 m een draad leggen, zal midden in de zaal ($d=5$ m) de veldsterkte ongeveer zijn:

$$H = 4.I/2\pi 5 = 0.13 \times I \text{ Ampere/meter} = 130 I \text{ mA/m.}$$

(De faktor 4 is een gevolg van het feit dat 4 draadstukken een bijdrage leveren). De gevoeligheid van de luisterspoel van een oorhanger wordt opgegeven door de door het apparaat geproduceerde geluidsterkte te vermelden bij een wisselende magnetische veldsterkte (frequentie 1 kHz) met een sterkte van 10 mA/m. Voor moderne oorhangers is deze geluidssterkte in de orde van 110 dB SPL (in een 2 cc coupler). Voor 130 dB SPL - de maximale output van de oorhangers - is dan nodig een veldsterkte van 100 mA/m. Dus een stroom met een sterkte van 1 A door de draad in bovenstaand voorbeeld zal een veld produceren dat voldoende sterk is (130 mA/m). Een dergelijke stroomsterkte kan gemakkelijk worden geleverd door de luidspreker uitgang van een moderne audio-versterker. (Door een 10 Watt luidspreker met een impedantie van 4 Ohm gaat bij vol vermogen een stroom van 1.6 A).

14-2.4 De extra microfoon.

Voor beter verstaan in kleine gezelschappen kunnen sommige oorhangers tegenwoordig worden voorzien van een losse microfoon, die door een soepel snoertje met het toestel is verbonden. De luisteraar kan deze microfoon zelf bij de mond van de spreker houden. Het is duidelijk dat de slechthorende dan wel uitkomt voor zijn handicap. Uit het feit dat veel slechthorenden vragen naar onopvallende hoortoestellen, kan worden afgeleid dat dit voor de meesten een moeilijke stap is.

14-3. ANDERE TECHNISCHE HULPMIDDELEN.

In het dagelijks leven wordt geluid nogal eens gebruikt om ons op iets te attenderen of als waarschuwingssignaal. Denk bijvoorbeeld aan de deurbel,

telefoonbel of babyfoon, waarvan het geluid voor een ernstig slechthorende moeilijk of niet waarneembaar is. Vrijwel alle hulpmiddelen, die voor de oplossing van dit probleem zijn ontwikkeld, maken gebruik van lichtsignalen in plaats van geluid.

14-3.1 De vibrator-wekker.

Als vervanging van de wekker biedt het knipperlicht echter nauwelijks uitkomst, vooral niet bij vast slapers. Voor deze categorie slechthorenden is er de vibratorwekker. Bij sommige systemen kan de vibrator onder het kussen worden gelegd, bij andere aan een bandje om de pols worden gedragen.

14-3.2 De telefoonversterker.

De telefoon is voor communicatie over grotere afstanden een onmisbaar apparaat. Ook hiervan kan de slechthorende meestal minder goed gebruik maken. Als hulpmiddel is al genoemd de luisterspoel in het hoortoestel. Helaas is het magnetisch veld van de allernieuwste telefoonhoorns zwak. Op aanvraag kan de PTT hier iets aan doen. Nuttig is ook de telefoonversterker, die het door de telefoon geproduceerde geluid versterkt. Deze telefoonversterkers zijn los leverbaar en worden met een elastiek op de luisterschelp geklemd (ook handig in de telefooncel). Een andere mogelijkheid is de aanschaf via de PTT van een toestel met ingebouwde versterker, zoals dat op een van de eerste pagina's van de telefoongids wordt beschreven (hoorn met volume regelaar). Ook een z.g. luidsprekertelefoon kan soms uitkomst bieden.

14-3.3 De teksttelefoon.

Wanneer de slechthorendheid zo ernstig is, dat communiceren door middel van spraak via de telefoon niet mogelijk is, kan de teksttelefoon worden aangevraagd. Ook deze voorziening wordt door de PTT geleverd. Om voor vergoeding van de aanschafkosten in aanmerking te komen, moet de slechthorende of dove aan bepaalde voorwaarden voldoen. De teksttelefoon bestaat uit een toetsenbord, zoals dat van een homecomputer, en een klein schermje waarop twee regels tekst weergegeven kunnen worden. Twee teksttelefoonbezitters kunnen via geschreven boodschappen met elkaar communiceren. Ook bezitters van een gewoon druktoetsen-telefoonstelsel kunnen boodschappen sturen naar een teksttelefoon, omdat de toetsen corresponderen met letters.

(De letter A is de combinatie van de toetsen * en 1).

Er zijn ook teksttelefoonssystemen op de markt die werken met een beeldscherm, waarop uitgebreide boodschappen kunnen worden weergegeven, in wezen zijn dit via het telefoonnet gekoppelde personal computers.

14-3.4 Televisie en Teletekst.

Tot slot moet het televisietoestel worden genoemd als hulpmiddel, zowel voor informatieverstrekking (Teletekst) als voor ontspanning. Wat het laatste betreft, is het voor de slechthorende een geluk dat er weinig Nederlands wordt gesproken in de wereld: alle buitenlandse series en films zijn ondertiteld.

14-4. DE INVLOED VAN AKOESTISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE RUIMTE.

14-4.1 Geluid in het "vrije veld".

In het "vrije veld" (een ruimte waarin geen weerkaatsing van geluidsgolven plaats vindt) neemt het door een geluidsbron uitgezonden geluid in sterkte af bij toenemende afstand tot de bron. De reden hiervoor is dat de door de bron per seconde uitgezonden energie zich bij grotere afstand over een groter oppervlak heeft verdeeld, waardoor de intensiteit is afgenomen. (Intensiteit = energie per seconde per m²; energie per seconde = vermogen, dus intensiteit = vermogen per m² met als maat Watt/m²).

Wanneer een bron met vermogen P in alle richtingen even sterk geluid uitzendt (de geluidsgolven rondom de bron heten dan bolvormig) zal voor de intensiteit I op afstand r van de bron gelden:

$$I = P/4\pi r^2$$

In deze formule is $4\pi r^2$ het oppervlak van de bol met de bron als middelpunt en r als straal.

Vaak wordt als maat voor geluidssterkte niet de intensiteit gebruikt, maar geluidsdruk.

Tussen geluidsdruk p en intensiteit I bestaat het volgende verband:

$$p^2 = z \cdot I$$

De evenredigheidsconstante z in deze formule, die specifieke akoestische impedantie heet, hangt af van de stof waarin het geluid zich voortplant. z is het produkt van de dichtheid van de stof (soortelijke massa) en de voortplantingssnelheid van geluid in de stof. Voor lucht van 20° C. bijvoorbeeld is bij normale atmosferische druk de specifieke impedantie 415 Rayls.

Uit metingen is gebleken dat in het vrije veld een toon van 1000 Hz nog juist hoorbaar is als de intensiteit ervan 10⁻¹² Watt/m² is.

Invullen van deze waarde voor I en de waarde voor z van lucht in bovenstaande formule voor p levert na wat rekenwerk op:

$$p = 20,4 \times 10^{-6} \text{ Pascal.}$$

Voor de praktijk is dit getal afgerond tot $20 \times 10^{-6} \text{ Pa} = 20 \text{ uPa}$, de bekende referentiewaarde voor de geluidsdruk ($20 \text{ uPa} = 0 \text{ dB SPL}$).

Door $I = P/4\pi r^2$ in te vullen in $p^2 = z \cdot I$ ontstaat de betrekking:

$$p^2 = zP/4\pi r^2 \text{ waaruit volgt: } p = 1/r \times (zP/4\pi)^{1/2}$$

Uit deze formule volgt dat in het vrije veld de geluidsdruk omgekeerd evenredig is met de afstand tot de bron. Dit betekent bijvoorbeeld dat de geluidsdruk bij verdubbeling van de afstand met 6 dB afneemt.

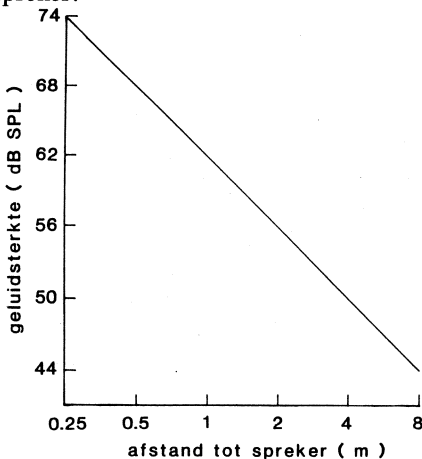
Als voorbeeld berekenen we de geluidsterkte op een afstand van 1 m van een spreker met een stemvermogen van $20 \times 10^{-6} \text{ Watt}$ (20 uW).

De formule voor p geeft dan (met $z = 415 \text{ Rayls}$):

$$p = 1/1 \times (415 \times 20 \times 10^{-6} / 4\pi)^{1/2} \text{ Pa} = 25,7 \times 10^{-3} \text{ Pa.}$$

Deze druk ligt 62 dB boven de referentiewaarde van 20 uPa en komt dus overeen met een geluidsterkte van 62 dB SPL.

In figuur 14-1 is de geluidsterkte uitgezet voor verschillende afstanden tot de spreker.



Figuur 14-1: In de "vrije veld"-situatie neemt de sterkte van het stemgeluid telkens met 6 dB af als de afstand tot de spreker verdubbelt.

14-4.2 Geluid in een gesloten ruimte.

Wanneer iemand spreekt in een gesloten ruimte (kamer, zaal), is de situatie heel anders dan in de boven besproken "vrije veld" situatie. Als een bron in een gesloten ruimte geluid produceert, zal de geluidssterkte in die ruimte voortdurend toenemen, omdat de bron steeds energie aan de ruimte toevoert. Omdat de wanden van de ruimte geluidsenergie absorberen, zal er ook voortdurend energie uit de ruimte verdwijnen. Er ontstaat een evenwichtssituatie; waarbij er per seconde evenveel energie uit de ruimte verdwijnt, als de bron produceert. Een waarnemer ergens in die ruimte zal een bepaalde geluidssterkte waarnemen, die afhangt van de sterkte van de bron en de mate waarin de wanden absorberen. Het geluid zal de waarnemer op twee manieren bereiken: rechtstreeks vanuit de bron (direkte geluid) en via een meer weerkaatsingen tegen de wanden (indirekte of diffuse geluid). Bij benadering kan gesteld worden dat het indirecte geluid op elke plaats in de ruimte dezelfde sterkte heeft. Voor het directe geluid blijft, zoals in de vrije veld situatie, gelden dat de sterkte ervan afneemt bij toenemende afstand tot de bron.

De geluidsdruk in een willekeurig punt van de ruimte veroorzaakt door het indirecte geluid wordt gegeven door:

$$p_i = (4 \cdot z \cdot P/a)^{1/2}$$

P is in deze formule weer het vermogen van de bron, terwijl a een maat is voor geluidsabsorptie door de wanden van de ruimte. We zien aan de formule dat het indirecte geluid des te zwakker is, naarmate de wanden sterker absorberen.

Voor a geldt:

$$a = a_1S_1 + a_2S_2 + a_3S_3 + \dots + a_nS_n.$$

waarin $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ absorptiecoëfficiënten zijn van verschillende gedeelten van de binnenwand van de ruimte met respectievelijke oppervlakten $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$

De absorptiecoëfficiënten kunnen waarden aannemen tussen 0 (geen absorptie) en 1 (totale absorptie).

(Het totale binnenoppervlak S is de som van de deeloppervlakken $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$)

De naam voor a is: de totale geluidsabsorptie van de ruimte, uitgedrukt in (metrische) Sabins (genoemd naar W.C. Sabine).

1 metrische Sabin komt overeen met 1 m^2 materiaal met perfecte geluidsabsorptie (bijvoorbeeld een open raam).

Voor de spreker, waarvoor eerder de geluidssterkte op verschillende afstanden in het vrije veld werd uitgerekend, zullen we nu de sterkte van het indirecte geluid berekenen. We veronderstellen dat de spreker zich bevindt

in een huiskamer van 4x6x2,25 m en dat alle wanden een absorptiecoëfficiënt van 0,2 hebben.

Omdat de totale binnenoppervlakte van de ruimte 93 m² is, heeft a de waarde $93 \times 0,2 = 18,6$ Sabins.

Met $P = 20 \mu\text{W}$ en $z = 415$ Rayls levert de formule voor p_i op:

$$p_i = (4 \times 415 \times 20 \times 10^{-6} / 18.6)^{1/2} = 42,2 \times 10^{-3} \text{ Pa} = 66,5 \text{ dB SPL}$$

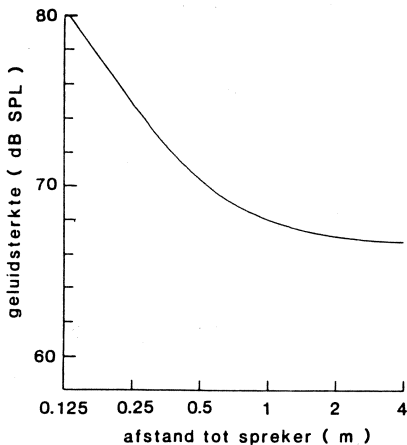
Vergelijken we dit antwoord met figuur 14-1, dan valt op dat alleen heel dicht bij de spreker het direkte geluid sterker is dan het indirecte geluid.

Tabel 14-1: ABSORPTIECOEFFICIENTEN

Frekwentie (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Betonvloer	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
Houtenvloer	0,15	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Vloer met tapijt	0,1	0,15	0,25	0,3	0,3	0,3
Bakstenen muur	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Gordijnen	0,05	0,12	0,15	0,27	0,37	0,50
Akoestische panelen	0,15	0,3	0,75	0,85	0,75	0,4
Een zitten de persoon	0,18	0,4	0,46	0,46	0,51	0,46

(absorptie in Sabins per m²)

Tabel 14-1: De waarde van de absorptiecoëfficiënt voor verschillende materialen.
De mate van absorptie hangt duidelijk af van de frekwentie van het geluid.



Figuur 14-2: De totale geluidsterkte in de kamer (direkte plus indirecte geluid) uitgezet.

In figuur 14-2 is te zien dat in een kamer de sterkte van het stemgeluid alleen dicht bij de spreker (afstand kleiner dan c.a. 1 meter) sterk afhankelijk van de afstand. Wat verder weg, buiten de z.g. GALMSTRAAL hangt deze sterkte vrijwel niet meer van de afstand af door de bijdrage van het indirecte (weerkatste) geluid.

Uit de formules voor de sterkte van het directe veld en van het indirecte veld kan eenvoudig worden afgeleid dat de afstand tot de bron, waarbij directe en indirecte geluid even sterk zijn, wordt gegeven door:

$$R = 1/4 \times (a/\pi)^{1/2}$$

Voor de kamer uit het zojuist behandelde voorbeeld is deze afstand $R = 0,61$ m.

In een klaslokaal met weinig demping ($a=0,1$; zie tabel I) met afmetingen $10 \times 8 \times 2,5$ m zal de waarde $R=0,71$ m zijn. Met 40 personen in deze klas (0,5 sabins per persoon, tabel I) zal R een wat grotere waarde hebben, omdat a dan groter is.

Berekening levert in dit geval op $R=0,95$ m. Dus ook in een groot klaslokaal is alleen dicht bij de spreker het directe geluid sterker dan het indirecte geluid.

De demping van een ruimte is natuurlijk niet alleen van invloed op de sterkte van het geluid van een spreker, maar ook op die van stoorbronnen (bijvoorbeeld ventilator, diaprojector bij voordrachten etc.) Omdat spreker en stoorbronnen dezelfde demping ondervinden, zal de sterkteverhouding in het indirecte veld bepaald worden door de verhouding van het door de spreker geproduceerde vermogen en dat van de stoorbron(nen). Het is dus niet zo dat bij meer demping een spreker zachter zou hoeven te spreken om "boven het stoorlawaai uit te komen". Wel is het zo dat het dempingsmateriaal van invloed kan zijn op het door de stoorbron geproduceerde vermogen ter plaatse van de luisteraar. Vergelijk bijvoorbeeld het geluid van schuivende voeten en meubilair in een klaslokaal met een houten vloer met dat in een lokaal met tapijt.

14-5. DE INVLOED VAN DE AKOESTIEK OP DE VERSTAAN- BAARHEID VAN SPRAAK.

14-5.1 Nagalm in een ruimte.

Lettergrepen in een woord duren enkele tienden van seconden. In een grote ruimte (bijv. een kerk), waar het indirecte geluid de luisteraar veel later bereikt dan het directe geluid, kan daarom "versmearing" van woorddelen optreden. Hiermee wordt bedoeld dat in het directe geluid de volgende

lettergreep al begonnen is, terwijl in het indirecte geluid het laatste deel van de vorige lettergreep nog klinkt. Dit "verschil in aankomsttijd" van het directe en het indirecte geluid heeft een negatieve invloed op de verstaanbaarheid van spraak. Deze invloed zal des te groter zijn, naarmate de nagalmtijd van de betreffende ruimte groter is. Met nagalmtijd wordt bedoeld de tijd dat een kortdurend geluid (bijv. een harde knal) naklinkt. De exacte definitie is: Nagalmtijd is de tijd in seconden die verstrijkt na het uitschakelen van een geluidsbron tot de geluidsterkte met 60 dB is afgenomen.

De nagalmtijd voor een bepaalde ruimte is geen vast getal, omdat de nagalmtijd afhangt van de frekwentie van het naklinkende geluid. Een indruk van de grootte van de nagalmtijd in seconden kan worden verkregen met de in 1895 door Sabine empirisch gevonden formule:

$$T = 0,16xV/a$$

V is het volume van de ruimte in m³

a is de al eerder genoemde totale geluidsabsorptie, uitgedrukt in (metrische) Sabins.

Voor het eerder behandelde voorbeeld van de huiskamer van 4x6x2,25 m³ met een absorptie van 18,6 Sabins levert de formule een nagalmtijd op van 0,46 seconden.

En voor het klaslokaal van 10x8x2,5 m³. met a=0,1 waarin zich 40 personen bevinden, levert de formule op: T = 0,71 seconden.

Voor niet te sterke absorptie van de wanden geeft de formule van Sabine een goede waarde voor de nagalmtijd. Bij sterke absorptie echter is de met de formule verkregen waarde niet korrekt. Dit kunnen we eenvoudig inzien als we veronderstellen dat alle wanden perfect absorberen (a=1). In dat geval is a in de formule gelijk aan het totale binnenoppervlak van de ruimte. De formule levert dus een bepaalde waarde op voor de nagalmtijd. Bij totale absorptie kaatsen de wanden echter geen geluid terug, zodat er geen sprake kan zijn van geleidelijk afnemen van de geluidsterkte bij plotseling uitschakelen van de bron. (Voor de situatie bij sterke absorptie zijn meer gecompliceerde formules ontwikkeld).

Volgens het zakboekje voor ruimteakoestiek van de firma Bruel en Kjaer (1986) is bij een frekwentie van 500 Hz. een nagalmtijd van 0,5 tot 0,8 sec acceptabel voor een klaslokaal met een volume van 200 m³.

Hierbij zal er vanuit gegaan zijn dat zich in het lokaal luisteraars bevinden met een normaal gehoor.

14-5.2 Invloed van nagalm op de verstaanbaarheid van spraak.

Nagalmartijd en achtergrondlawaai zijn van invloed op de verstaanbaarheid van spraak. Om verstaanbaarheid te kunnen voorspellen, uitgaande van de akoestische eigenschappen van een ruimte, zijn verschillende meet-en rekenmethoden ontwikkeld. In de Verenigde Staten is ongeveer 30 jaar geleden ingevoerd de "Articulation Index" (AI). Dit is een getal dat een waarde kan aannemen van 0 tot 1, met de volgende definitie: "AI is a weighted fraction representing, for a given speech channel and noise condition, the effective proportion of the normal speech signal which is available to a listener for conveying speech intelligibility". (Kryter, JASA 34 (1962) 1689).

Ter bepaling van de AI voor een ruimte wordt het spraaksignaal (geproduceerd door een stem of luidspreker) ter plaatse van de luisteraar met een microfoon opgevangen en in frekwentiebanden geanalyseerd. Per frekwentieband wordt de sterkte van het spraaksignaal t.o.v. het ruissignaal (signaal-ruis-verhouding) bepaald. Via een voorgeschreven procedure wordt daarna, uitgaande van de bijdragen per frekwentieband, de AI berekend. Frekwentiebanden die belangrijk zijn voor het verstaan van spraak leveren een grotere bijdrage dan banden die minder belangrijk zijn. In de standaard-procedure wordt het spraaksignaal in 20 frekwentiebanden verdeeld. Er kan eventueel worden volstaan met een verdeling in 15 banden met een breedte van 1/3 oktaaf. En bij een minder nauwkeurige snelle procedure wordt gebruik gemaakt van een verdeling in 5 banden met een breedte van 1 oktaaf.

Een van de bezwaren tegen de AI-methode is dat de invloed van nagalm niet korrekt wordt weergegeven.

Uit in Nederland eind vijftiger jaren uitgevoerde verstaanbaarheids tests met PB-lijsten bleek dat er een relatie bestaat tussen de z.g. Articulation Loss for Consonants (AL_c) en de Articulatie Index (AI); (Peutz en Tolk). Na uitgebreide meetseries bleek de logaritme van AL_c evenredig te zijn met AL.

Om zowel de invloed van de signaal-ruis-verhouding als de nagalm op de verstaanbaarheid te kunnen voorspellen, werd door Peutz en medewerkers ingevoerd de informatieindex I. Deze informatieindex kan volgens bepaalde formules worden berekend als de akoestische eigenschappen van de ruimte bekend zijn. Tussen I en AL_c bestaat de volgende relatie:

$$\log AL_c = - M_c \times I$$

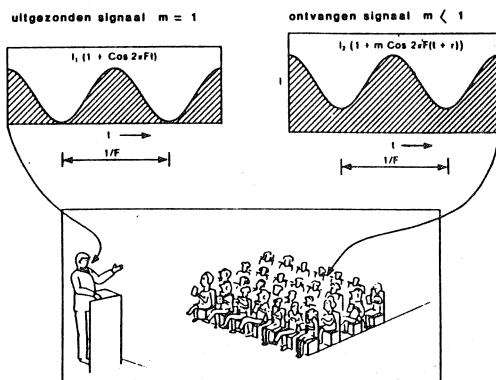
Hierin is M_c de "herkenningsmaat" voor de over te brengen boodschap. (Meer details over deze methode zijn te vinden in publicatie nr. 68 van het Nederlands Akoestisch Genootschap).

Een methode die sterk afwijkt van die ter bepaling van de artikulatie-index werd in de zeventiger jaren ontwikkeld in het Instituut voor Zintuig Fysiologie (IZF, Soesterberg) door Houtgast en Steeneken. Zij voerden de spraaktransmissie-index (STI) in als voorspellende maat voor de verstaanbaarheid van spraak in gesloten ruimten. Deze STI is een getal dat wordt afgeleid uit "Modulatie Transfer Funkties" (MTF) voor het geluidstransmissiesysteem.

De intensiteit van een spraaksignaal vertoont grote en vrij snelle fluktuaties, wanneer deze wordt gemeten met een geluidsterktemeter. De akoestische eigenschappen van de ruimte en achtergrondlawaai hebben invloed op deze fluktuaties en daardoor op de verstaanbaarheid van het spraaksignaal. De sterkte van de fluktuaties kan daarom gebruikt worden als een maat voor verstaanbaarheid. In principe worden deze fluktuaties als volgt gemeten: Verdeel het spraaksignaal in frekwentiebanden met een breedte van 1 oktaaf. Bepaal per band het frekwentiespektrum van de intensiteitsfluktuaties, zowel ter plaatse van de bron, als bij de ontvanger. Vergelijk daarna de fluktuaties (intensiteitsmodulaties) op beide plaatsen met elkaar. Op deze manier wordt de invloed van de ruimte op de "modulatie-overdracht" bepaald.

In de praktijk worden de metingen niet uitgevoerd met een spraaksignaal, maar met 100% sinusvormig gemoduleerde ruis (figuur 14-3).

In de praktijk worden de metingen niet uitgevoerd met een spraaksignaal, maar met 100% sinusvormig gemoduleerde ruis (figuur 14-3).



Figuur 14-3: Het bij de RASTI-meting gebruikte signaal is een 100% gemoduleerde ruis ($m=1$). Ter plaatse van de luisteraar is de modulatie kleiner.

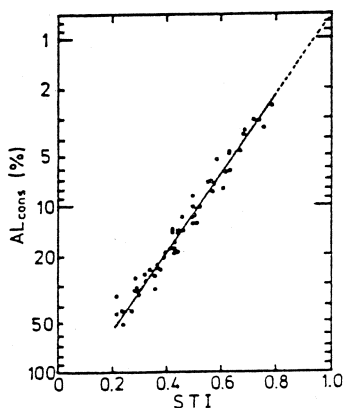
Hierbij krijgt de modulatiefrekventie achtereenvolgens waarden die met 1/3-oktaaf stappen opklimmen van 0,63 tot 12,5 Hz.

Per frekwentie wordt de reductie in modulatie bepaald (ontvanger t.o.v. bron). Zo'n meetserie met 14 verschillende modulatiefrekquenties wordt 7

keer herhaald, met verschillende waarden voor de frequentie van de ruis zelf. De ruis wordt daartoe gefilterd met een breedte van 1 oktaaf van 125 Hz tot 8 kHz. Uit de aldus uitgevoerde 98 metingen wordt volgens een bepaalde rekenregel de spraaktransmissieindex (STI) voor de ruimte bepaald.

Omdat deze methode nogal tijdrovend is, is er een snellere methode ontwikkeld. Hierbij worden in plaats van de bovengenoemde 98 metingen slechts 9 bepalingen uitgevoerd: Voor een ruisband rond 500 Hz bij de modulatiefrequenties 1,2,4 en 8 Hz en voor een ruisband rond 2 kHz bij modulatiefrequenties 0,7, 1,4, 2,8, 5,6 en 11,2 Hz. Op deze manier wordt niet de STI maar de RASTI (rapid speech transmission index) bepaald. De firma Bruel & Kjaer heeft hiervoor apparatuur op de markt gebracht (zie B&K Technical Review No 3, 1985).

De STI (of RASTI) is een getal tussen 0 en 1, dat zowel goed de invloed van nagalm als die van achtergrondlawaai op de verstaanbaarheid van spraak weergeeft. Dit is in praktijktests aangetoond. Zo geeft bijv. figuur 14-4 het verband weer tussen de STI en de AL_{cons} (JASA 77, 1985, 1069, fig.6). In tabel II is de STI vertaald in mate van verstaanbaarheid.



Figuur 14-4:

Experimenteel gevonden relatie tussen de "speech transmission index" en de verstaanbaarheid van woorden. Metingen werden gedaan in 57 situaties, zoals die in zalen aanwezig kunnen zijn (achtergrondlawaai, nagalm, echo).

In sommige situaties is het mogelijk de RASTI te berekenen zonder metingen uit te voeren. Als voorbeeld zullen we dit doen voor een geval waarbij alleen nagalm aanwezig is. We gaan uit van het eerder besproken klaslokaal met 40 personen met een nagalmtijd $T = 0.71$ sec en veronderstellen dat deze nagalmtijd zowel geldt voor de ruisband van 500 Hz als voor die van 2 kHz.

De modulatie-redukatie faktor m wordt voor nagalmtijd T gegeven door:

$$m(F) = [1 + (2\pi \times F \times T/13,8)^2]^{-1/2}$$

Dit levert voor de bij de RASTI-bepaling gebruikte modulatiefrekquenties waarden voor m op die dalen van 0.975 (voor $F = 0.7$ Hz) tot 0.266 (voor $F = 11.2$ Hz).

Deze m -waarden worden daarna omgerekend naar een signaal-ruis-verhouding met:

$$S/N = 10 \cdot \log(m/(1-m)) \text{ dB.}$$

Voor $F = 0.7$ Hz vinden we dan $S/N = 15.9$ dB. Bij toenemende F wordt de "signaal-ruis-verhouding" steeds slechter. Bij 11.2 Hz tenslotte vinden we $S/N = -4.4$ dB.

De gemiddelde S/N voor alle 9 F -waarden is 5.0 dB (waarden die in plus of min richting 15 dB overschrijden zijn daarbij afgerond). Uit deze gemiddelde S/N -waarden kan de RASTI worden berekend met :

$$\text{RASTI} = (S/N + 15)/30$$

Dit levert met $S/N = 5.0$ dB dus op: $\text{RASTI} = 0.67$.

Volgens tabel 14-3 betekent dit een goede spraakverstaanbaarheid.

Tabel 14-2:

Modulatie frekwentie	Oktaafband	
	500 Hz.	2 kHz.
1	1 Hz	0.7 Hz.
2	2 Hz.	1.4 Hz.
3	4 Hz.	2.8 Hz.
4	8 Hz.	5.6 Hz.
5		11.2 Hz.

Modulatierefactoren per frekwentieband voor de verschillende modulatiefrekquenties.

Tabel 14-3:

STI	verstaanbaarheid
0.00 - 0.30	slecht
0.30 - 0.45	matig
0.45 - 0.60	redelijk
0.60 - 0.75	goed
0.75 - 1.00	uitstekend

Relatie tussen de STI-waarde en de verstaanbaarheid van spraak.

Tabel 14-4:

Modulatie frekwentie	Oktaafband	
	500 Hz.	2 kHz.
1	0.85	0.97
2	0.72	0.75
3	0.41	0.58
4	0.14	0.38
5		0.34

RASTI = 0.56

Modulatiereductiefactoren per frekwentieband voor de verschillende modulatiefrekwenties (uit B&K product type 3361 data-blad).

In tabel 14-4 is een voorbeeld gegeven van de uitkomst van een RASTI-bepaling met het daarvoor door de firma B&K ontwikkelde apparaat.

15. DE MOGELIJKHEDEN VOOR HET VERSTREK- KEN VAN HOORTOESTELLEN, HULPMIDDELEN EN AANVULLENDE HULP EN NAZORG VOOR SLECHTHORENDEN.

C.L. van Ligtenberg.

15-1. INLEIDING.

Met betrekking tot onderzoek en/of behandeling van (h)oorklachten zijn er in Nederland vijf 'organisatiesferen' die zich daarmee bezig houden.

échelonsfeer	behandelaar/instelling	financieringsbron
a. Preventieve sfeer	1. Vroegtijdige Opsporing gehoorstoornissen (VOG), Ned. Stichting voor het Dove en Slechthorende Kind en het Consultatiebureau.	AWBZ
	2. Opsporing slechthorendheid bij schooljeugd; Schoolartsdienst.	Departement Onderwijs/ Volksgezondheid
	3. Opsporing slechthorendheid in bedrijven; Bedrijfsgezondheidsdienst.	Bedrijfsleven
b. Onderzoek- sfeer	1. Huisarts.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
	2. Keel-, Neus- en Oorarts.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
	3. Audiologisch Centrum.	AWBZ
c. Therapeutische sfeer	1. Huisarts.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
	2. Keel-, Neus- en Oorarts.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
d. Revaliderende sfeer	1. Keel-, Neus- en Oorarts.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
	2. Audiologisch Centrum.	AWBZ
	3. G.M.D.	AAW/WAO
	4. Logopedist.	Z.F./Part.Z.K.Verz.
	5. Maatschappelijke dienst.	AAW/WAO/Bijst.wet
	6. Bijzondere instellingen, AVO-Ned; Hand. & Studie	Bijzondere fondsen
e. Educatieve sfeer	1. School voor slechthorenden.	Dep. Onderwijs
	2. School/Instituut voor Doven.	Dep. Onderwijs/AWBZ
	3. Ambulante Begeleiding.	Dep. Onderwijs

In de volgende tabel zijn deze organisatiesferen of echelons aangegeven met de daarbij behorende belangrijkste beroepsgroepen en instellingen, alsmede de financieringsbronnen.

15-2. PREVENTIEF ONDERZOEK.

15-2.1 De zuigelingen.

Nagenoeg 85 % van alle zuigelingen worden met betrekking tot het gehoor op de consultatieburo's gescreend onder coördinatie van de afdeling Vroegtijdige Opsporing Gehoorstoornissen van de Nederlandse Stichting voor het Dove en Slechthorende Kind te Amsterdam. Voor ongeveer 7 % volgt een verwijzing naar de huisarts, omdat de reacties onvoldoende waren.

15-2.2 De schooljeugd.

Bijna alle schoolkinderen in de eerste klassen van het basisonderwijs worden regelmatig door de schoolarts en zijn medewerkers op het gehoor onderzocht. Ook vanuit deze groep zal een gedeelte naar de huisarts worden verwezen, omdat de reacties op het gehooronderzoek niet bevredigend waren.

15-2.3 De werkenden.

Veel bedrijven zijn aangesloten bij Regionale Bedrijfsgezondheidsdiensten en andere bedrijven hebben de beschikking over een eigen dienst, die regelmatig bij vele werknemers een audiogram maken. Het Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde (NIPG) vervult hierin een coördinerende en stimulerende rol.

De genoemde onderzoeken in preventieve sfeer zijn voorzieningen, waarvoor geen directe financiële bijdrage van de onderzochte wordt gevraagd.

15-3. ONDERZOEK EN THERAPIE.

Een patiënt met klachten over zijn gehoor, al of niet gesignaleerd door een instelling in de preventieve sfeer, zal de huisarts consulteren. In veel gevallen zal de huisarts op grond van zijn bevindingen doorverwijzen naar de kno-arts. Indien de huisarts meent, dat revalidatie, bij voorbeeld door middel van hoorapparatuur, of uitsluitend een functie-onderzoek, gewenst is, kan deze sinds 1991 - zij het onder bepaalde voorwaarden - de patiënt ook direct naar het Audiologisch Centrum verwijzen (zie hieronder).

De kno-arts zal na zijn onderzoek - waarin het basis-functieonderzoek een

belangrijke plaats inneemt - overwegen welke de mogelijkheden zijn voor therapeutische behandelingen (poliklinisch en/of klinisch) dan wel voor revaliderende activiteiten (b.v. hoortoestelaanpassing).

Zowel voor een diepgaander functie-onderzoek als voor een verdergaande revaliderende behandeling kan de kno-arts een beroep doen op een Audiologisch Centrum.

Het onderzoek en de behandeling van een patiënt door een kno-arts houdt - weliswaar vaak vanzelfsprekend en stilzwijgend - een overeenkomst in tussen patiënt en arts, waaruit onmiddellijk voortkomt dat voor iedere behandeling (b.v. operatie) instemming van de patiënt vereist is. Ook mag in de toekomst verwacht worden dat het de gewoonste zaak van de wereld zal zijn, dat de betrokken patiënt het inzagerecht of zelfs het eigendomsrecht van de verkregen medische gegevens kan uitoefenen.

Zowel het onderzoek als de behandeling worden gehonoreerd volgens een verrichtingentarief, hetgeen betekent dat voor ieder onderdeel waaruit een onderzoek en/of behandeling bestaat een tarief is vastgesteld.

Op centraal niveau zijn afspraken gemaakt tussen de specialisten en ziekenfondsen en particuliere ziektekostenverzekeraars (tegenwoordig 'zorgverzekeraars' genoemd), onder goedkeuring van het C.O.T.G. (Centraal Orgaan Tarieven Gezondheidszorg), welke tarieven voor welke verrichtingen gelden. Alle kosten worden, hetzij door de ziekenfondsen (dat betreft 60 % van de bevolking), hetzij door particuliere ziektekostenverzekeraars (al of niet afhankelijk van het eigen risico van betrokkene) vergoed.

Indien naar een Audiologisch Centrum wordt verwezen kan voor een tweetal aspecten een beroep op het Audiologisch Centrum worden gedaan:

- a. Het verrichten van een diepgaand functie-onderzoek.
- b. Het ontwikkelen en uitvoeren van een revalidatieplan voor de slechthorende.

Voor de laatste tijd geeft een diepgaand functieonderzoek meer mogelijkheden een juiste diagnose te stellen. Omdat een goed functieonderzoek veel tijd, mankracht en technische apparatuur vereist, is een organisatorische vorm als van een Audiologisch Centrum daartoe zeer geschikt.

Ook voor het opstellen en uitvoeren van een revalidatieplan ten behoeve van de slechthorende is het Audiologisch Centrum goed toegerust doordat er gewerkt wordt met een multidisciplinair team van medewerkers.

In januari 1991 is de nieuwe regeling "Audiologische Hulp Ziekenfondsverzekering" van kracht geworden en is de oude 'Beschikking' van 1966 vervallen. De nieuwe regeling beoogt geen wezenlijke verandering te brengen in de aard en omvang van de hulpverlening. De toegankelijkheid is wel verbeterd, doordat de huisarts de bevoegdheid heeft verkregen patiënten direct naar het Audiologisch Centrum te verwijzen. (Verwijzing

door specialisten is beperkt tot kno-artsen en tot kinderartsen voor kinderen beneden de 16 jaar).

In januari 1992 is de financiering van de Audiologische Zorgverlening door Audiologische Centra overgeheveld naar de AWBZ als voorbereiding tot de opnemng van de Audiologische Centra in het 'Nieuwe Stelsel Gezondheidszorg' (Simons).

De invoering van het nieuwe stelsel gezondheidszorg (mogelijk in 1994 of 1995) voor de Audiologische Centra zal de volgende belangrijkste consequenties hebben:

- a. De zorgaanspraken (de zogenoemde 'Functionele Omschrijving') zullen slechts op summier wijze worden beschreven en vastgesteld door de overheid.
- b. Aan de zorgverzekeraars (ziekenfondsen en particuliere ziektekostenverzekeraars) zal de 'zorgplicht' worden opgedragen. Dit betekent dat de zorgverzekeraars gehouden zijn ervoor te zorgen dat voor hun verzekerden de mogelijkheid wordt gecreëerd, audiologische hulp te kunnen verkrijgen, hetgeen wordt vastgelegd in de polisvoorwaarden.
- c. De zorgverzekeraars en de instituten voor zorgverlening (lees: Audiologische Centra) hebben de verplichting contracten af te sluiten (Uitkomst van Overleg = UVO), waarin de omvang, de kwaliteit en de tarieven van de zorg e.d. worden geregeld.

Recent (1993) zijn de eerste raamovereenkomsten (UVO's) tussen zorgverzekeraars en Audiologische Centra tot stand gekomen, waarin met betrekking tot de kwaliteit van de dienstverlening een belangrijke paragraaf is vastgesteld. Met betrekking tot de vaststelling van de omvang van de zorg en een meer gedifferentieerd tariefstelsel wordt momenteel een studie verricht.

- d. Na een overgangstijd zal de wettelijke erkenning vanwege de overheid van de Audiologische Centra vervallen en zullen de reeds genoemde afzonderlijke contracten (UVO's) daarvoor in de plaats treden.
- e. Het bovenstaande heeft tevens tot gevolg dat in de toekomst een meer gedifferentieerd tariefstelsel voor de audiologische hulpverlening zal worden ingevoerd ('output - pricing').

Tot nu toe en eveneens in de overgangstijd behoren Audiologische Centra wettelijk gezien tot de instellingen die vallen onder het regime van de Wet Ziekenhuisvoorzieningen. Zij zijn echter als één van de weinige instellingen

(althans de zelfstandige Stichtingen, de zgn. privaatrechtelijke Audiologische Centra) niet gebudgetteerd. Wel is een limiet gesteld inzake de personeelskosten (salarissen en sociale lasten) waarvan de hoogte is gerelateerd aan het aantal in te schrijven nieuwe patiënten per jaar. De Audiologische Centra behorende bij Academische Ziekenhuizen hebben een deelbudget van het totale budget van het Academische Ziekenhuis toegewezen gekregen. Ook hier geldt overigens dat het deelbudget een relatie heeft met het aantal nieuwe patiënten per jaar.

In tegenstelling tot de honoreringswijze (verrichtingentarief) van specialisten en andere zelfstandige beroepsbeoefenaars in de gezondheidszorg zijn de medewerkers van een Audiologisch Centrum in loondienst en wordt het Centrum - tot nu toe - bekostigd door het declareren van een eenheidsjaarkaarttarief. Voor kinderen (0 - 16 jaar) wordt een jaartarief berekend dat 1 1/2 keer zo groot is dan dat van de volwassene. Het tarief komt tot stand volgens onderstaande regel:

Het tarief voor een volwassene is het N-de deel van de totale begrote exploitatielasten per jaar. Hierin is N gelijk aan de som van anderhalf maal het aantal in te schrijven nieuwe kinderen en één maal het aantal in te schrijven nieuwe volwassenen.

Dit betekent dat voor een ieder hetzelfde tarief geldt, onafhankelijk van het feit of men één of meerdere keren een beroep doet op het Audiologisch Centrum, gedurende een periode van 12 maanden.

Met ingang van 1986 is, althans voor de Audiologische Centra die een zelfstandige stichting zijn (de privaatrechtelijke Audiologische Centra) ingevoerd dat voor een eenmalig bezoek korter dan 1 1/2 uur het jaartarief wordt gehalveerd. Dit laatste betreft in de perifere Audiologische Centra 10 a 15 % van de patiënten. Een aantal Audiologische Centra verbonden aan Academische Ziekenhuizen volgt nu vrijwillig deze gedragslijn. Alle berekende tarieven zijn overigens - zolang het nieuwe stelsel van de gezondheidszorg voor de Audiologische Centra niet volledig is ingevoerd - onderhevig aan de goedkeuring van het C.O.T.G.

De reeds in werking getreden AWBZ financiering voor de Audiologische Centra in 1992 heeft tot gevolg dat voor iedere verzekerde, hetzij aangesloten bij het Ziekenfonds hetzij bij een Particuliere Ziektekostenverzekeraar, het AC - tarief betaalbaar gesteld moet worden zonder inhouding van een eigen risico. De verzekeraars verhalen deze kosten op de fondsen van de AWBZ.

Tot nu toe geldt enerzijds dat voor een onderzoek in een Audiologisch Centrum van te voren toestemming (machtigingaanvraag) aan de verzekeraar

moet worden gevraagd (onder overlegging van de verwijzing), anderzijds heeft iedere verzekerde het recht in een Audiologisch Centrum onderzocht te worden. In de praktijk wordt met de verplichting van te voren een machtiging te moeten aanvragen soepel omgegaan door de verzekeraars.

15-4. REVALIDATIE.

Met betrekking tot de revalidatie van de slechthorende zijn in Nederland diverse instanties werkzaam: kno-artsen, Audiologische Centra, G.M.D.'s, Logopedisten, Maatschappelijke Diensten, enz.

De kno-arts kan na onderzoek van de patiënt deze adviseren een hoortoestel te gaan gebruiken omdat een medische behandeling ter verbetering van het gehoor uitgesloten is. In veel gevallen zal hij dan een voorschrift (recept) voor een hoortoestel uitschrijven waarmee de patiënt zich tot een hoortoestelleverancier (audiçiën) kan wenden. De procedure is beschreven in hoofdstuk 4-6.

Bij vragen omtrent de technische kwaliteit van het op proef geleverde hoortoestel is voor het beoordelen daarvan de kno-praktijk niet geequipeerd. De praktijkvoering er veelal ook niet op ingericht de patiënt intensief te begeleiden gedurende de periode dat deze een hoortoestel moet leren gebruiken. In hoofdstuk 4 is besproken dat in dergelijke situaties het regionale Audiologisch Centrum kan worden ingeschakeld.

In het Audiologisch Centrum zijn voor de aanpassing en controle meer mogelijkheden.

- In de eerste plaats is de laatste tijd speciale apparatuur in opkomst, waarmee effecten van de aanpassing beter bepaald kunnen worden ("insertion gain metingen" e.d., zie hoofdstuk 7-2).
- In de tweede plaats heeft ieder Audiologisch Centrum de beschikking over meetapparatuur waarmee na de proeftijd de eigenschappen van het hoortoestel gecontroleerd kunnen worden.
- In de derde plaats zijn er speciaal opgeleide functionarissen in dienst van het Audiologisch Centrum zoals de audioloog, de logo-akoepediste, de audiologie-assistent en de maatschappelijk werkende die de patiënt additieve hulp kunnen verlenen, vooral tijdens de eerste periode dat deze een hoortoestel gebruikt.
- Tenslotte laat de accommodatie en de organisatievorm van het Audiologisch Centrum het toe meer aandacht (ook in tijd) aan de patiënt te besteden.

Het is vooral een voordeel van het jaartarief van het AC dat ook nog na langere tijd de aanpassing gecontroleerd kan worden, zonder dat dit extra kosten voor de patiënt met zich meebrengt. Ook zal bij invoering van een meer gedifferentieerd tariefstelsel er naar gestreefd worden, dat zonder extreme kostenverhoging een langdurige begeleiding mogelijk wordt.

Het Audiologisch Centrum vervult tevens een belangrijke functie met betrekking tot voorlichting, onderwijs en onderzoek. Door nagenoeg ieder Audiologisch Centrum zal voorlichting gegeven worden betreffende de beperkingen die optreden ten gevolge van slechthorendheid aan Huisartsen, Schoolartsen, Wijkverplegenden, Leerkrachten, Maatschappelijke Diensten, Staven van verzorgingshuizen etc.

Daarnaast vervullen vele medewerkers van Audiologische Centra een onderwijsfunctie bij logopedische, audiologische en andere opleidingen. Ook wordt deelgenomen aan fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek met betrekking tot het gehoor.

15-5. REGELGEVING VERSTREKKING HULPMIDDELEN VIA DE AWBZ.

15-5.1 Verstrekking van een hoortoestel

Met betrekking tot de verstrekking van hoortoestellen vigeert de "Regeling Hulpmiddelen AWBZ" van 1 januari 1989, laatstelijk gewijzigd in mei 1993. In deze regeling wordt beschreven dat hoortoestellen electro-akoestische hoortoestellen zijn voor persoonlijk gebruik, in gewone dan wel bijzondere uitvoering, bestemd om op of aan het menselijk lichaam te worden gebezigd ter verbetering van een gestoord gehoor (kasttoestel, achter het oor-toestel AHO, in het oor-toestel IHO, hoorbril etc.), alsmede zogenaamde hoorlepels of hoorslangen die het geluid via mechanische weg versterken.

In de regeling worden ook de bijzondere uitvoeringsvormen beschreven, zoals cros, bicos, binaurale aanpassing etc.

De regeling geeft aan dat hoortoestellen voor kinderen beneden de 16 jaar uitsluitend mogen worden voorgeschreven door Audiologische Centra en dat voor patiënten ouder dan 16 jaar zowel kno-artsen als Audiologische Centra mogen voorschrijven.

De belangrijkste voorwaarden om als patiënt in aanmerking te kunnen komen voor een vergoeding zijn:

- a) Het drempelverlies van het audiogram van het beste oor moet tenminste 35 dB bedragen (gemeten als het gemiddelde verlies over de frequenties van 1000, 2000 en 4000 Hz). Tevens dient door het gebruik van het hoortoestel het spraakverstaan met ten minste 20 % toe te nemen.
- b) Twee hoortoestellen zijn geoorloofd, indien de spraakverstaanbaar-

digheid ten minste 10 % meer bedraagt dan bij toepassing van één hoortoestel, dan wel als het richtinghoren hersteld wordt tot binnen een hoek van 45 graden.

- c) In bijzondere gevallen kan ook na overleg met de adviserend geneeskundige een hoortoestel worden geadviseerd.

De vergoeding krachtens de regeling kan de 90 % van de kosten, met een maximum van ongeveer f 1.135,- per hoortoestel, niet overschrijden. Indien een hoortoestel in een specifieke situatie en in een bijzondere uitvoering als hoorbril wordt voorgeschreven kan een aanvulling krachtens de AWBZ worden gegeven.

Daarnaast kan soms een 'Aanvullingsfonds' van een zorgverzekeraar nog voor een aanvullende vergoeding zorgen.

Een novum in de regeling is dat hoortoestellen door de zorgverzekeraar in bruikleen gegeven kunnen worden. Vooral een aantal ziekenfondsen maken als uitvoeringsorgaan van de AWBZ daarvan gebruik. Uitvoeringsorganen invloed uitoefenen op de keuze van het toestel en de prijsstelling daarvan. Eén en ander heeft tot gevolg, dat er geen eenduidigheid meer bestaat inzake de financiële afwikkeling van de verstrekking.

Ook is opgenomen dat reparatiekosten van het toestel voor rekening van de AWBZ genomen kunnen worden, e.e.a. wel ter beoordeling van de medisch adviseur.

15-5.2 Verstrekking van hulpmiddelen.

De regeling voorziet ook in een vergoeding voor de aanschaf van ringleidingen, bestaande uit snoer en versterker met eventueel een tafelmicrofoon dan wel infrarood-apparatuur voor geluidsoverdracht, bestaande uit een ontvanger en een zender, al dan niet met inductiespoel of hoofdtelefoon, of in kinbeugel-uitvoering.

Een indicatie voor ringleiding en infrarood-apparatuur is aanwezig:

1. Indien er sprake is van een toondrempelverlies op het beste oor van 40 dB, gemiddeld over 500, 1000, en 2000 Hz (zogenaamde Fletcher-index) of 50 dB gemiddeld over 1000, 2000 en 4000 Hz op het beste oor, of
2. Indien volgens de meetmethode van Plomp sprake is van een hinderlijk verlies voor spraakverstaan in ruis van minimaal 3 dB, waarbij rekening dient te worden gehouden dat dit met name bij jonge kinderen moeilijk of niet te meten is.

Sinds 1989 is het ook mogelijk om volgens de "Regeling Hulpmiddelen AWBZ" solo-apparatuur in bruikleen te verstrekken. Met betrekking tot de indicatiestelling worden dezelfde regels gehanteerd als de bepalingen die gelden bij aanschaf van ringleidingen. Bovendien kan de apparatuur slechts

worden verstrekt, indien de verzekerde:

1. de apparatuur gebruikt voor het volgen van her- of bijscholing, dan wel niet tot het regulier onderwijs behorende beroepsopleidingen in klassikaal-onderscheidenlijk groepsverband, of
2. de apparatuur gebruikt voor het volgen van regulier onderwijs, of
3. de apparatuur gebruikt voor het volgen van speciaal onderwijs in klassikaal-onderscheidenlijk groepsverband dat niet specifiek is gericht op dove of slechthorende kinderen, of
4. de apparatuur gebruikt tijdens het op medische noodzakelijke gronden ondergaan van een groepsgewijze therapeutische behandeling, of
5. de apparatuur gebruikt bij het in een gestructureerd en georganiseerd verband verrichten van betaalde of niet betaalde werkzaamheden.

De GMD adviseert met betrekking tot de toepassing van de regels, die in de Algemene Arbeids Ongeschiktheids Wet (AAW) en de Wet op de Arbeids-Ongeschiktheid (WAO) zijn neergelegd. De WAO/AAW regelt de besluitvorming over uitkeringen aan personen tijdens een periode van langdurige arbeidsongeschiktheid en beoordeelt mede ten aanzien van de vragen over passende arbeid. Voorts bevatten de desbetreffende vigerende wetten ook regelingen voor het verstrekken van voorzieningen.

Globaal worden er een tweetal categorieën van voorzieningen onderscheiden:

- a. Voorzieningen al of niet medisch, betrekking hebbend op behoud, herstel of ter bevordering van de arbeidsgeschiktheid.
- b. Voorzieningen al of niet medisch, betrekking hebbend op verbetering van de levensomstandigheden.

Zoals al werd aangegeven bevat ook de "Regeling Hulpmiddelen AWBZ" bepalingen omtrent vergoedingen voor medische en heelkundige behandelingen en/of voorzieningen (revalidatiemiddelen) aan personen die ziek of gehandicapt zijn.

Indien een voorziening behoort tot de verstrekking krachtens de AWBZ (b.v. hoortoestellen, ringleidingen, solo-apparatuur e.d.) kunnen deze voorzieningen niet krachtens de

WAO/AAW verstrekt worden. Krachtens de WAO/AAW worden op advies van de GMD uitkeringen verstrekt ten behoeve van de aanschaf van b.v. doventelefoon, wek- en waarschuwingsapparatuur e.d. Het is overigens niet uitgesloten dat in de toekomst deze speciale apparatuur ook tot de voorzieningen krachtens de AWBZ gerekend zal worden.

Tevens adviseert de GMD met betrekking tot de aanpassing inzake het werk, terwijl de GMD ook voor doven en slechthorenden als arbeidsbemiddelaar kan functioneren (Wet Arbeid Gehandicapte Werknemer; WAGW).

Daar de GMD over het algemeen niet is toegerust voor de specifieke vragen, die de slechthorendheid met zich meebrengt, zal in veel gevallen het Audiologisch Centrum door de GMD gevraagd worden hierover advies uit te brengen. Dit kan zowel gelden voor de advisering van apparatuur voor de werknemer als omtrent voorzieningen inzake de werksituatie. Indien onverhoopt afkeuring dreigt, kan het Audiologisch Centrum gevraagd worden een validiteitsschatting te verrichten.

Ten behoeve van de doven en slechthorenden zijn ook nog een aantal andere instellingen werkzaam, zoals de AVO en de Stichting Handicap en Studie. De AVO-Nederland is een al 60 jaar oude vereniging, die zich voortdurend inspant voor arbeid en welzijn van mensen met een handicap. Enkele jaren geleden is door de Minister van Sociale Zaken aan de AVO vergunning verleend om arbeidsbemiddelend op te treden voor gehandicapten. Ook kan een beroep worden gedaan op deze instelling voor een tegemoetkoming in de kosten van bijzondere hulpapparatuur.

De Stichting Handicap en Studie kan voorzien in een vorm van begeleiding van een gehandicapt kind in het onderwijs. Inzake de begeleiding van slechthorenden en doven buigt de Stichting zich nagenoeg over dezelfde problematiek als waar de Audiologische Centra zich ook mee bezig houden.

15-6. EDUCATIEVE SFEER.

15-6.1 Toelating tot het speciaal onderwijs

Kinderen, die naar een school voor slechthorenden of naar een school voor doven worden verwezen zullen, om voor toelating in aanmerking te komen, door de Commissie van Onderzoek worden getoetst. In de Commissie voor Onderzoek functioneren een arts, bekend met de problematiek slechthorendheid, een audioloog, een psycholoog, een maatschappelijk werkende en de directeur van de school. Meestal zullen de slechthorende/dove kinderen reeds zijn onderzocht door een Audiologisch Centrum, zodat de daardoor verkregen gegevens ter beschikking kunnen worden gesteld aan de Commissie van Onderzoek.

15-6.2 Hoortoestel verstrekking in het speciaal onderwijs.

Indien tijdens de schoolperiode nieuwe hoortoestellen nodig zijn schrijft bij een aantal scholen de audioloog van de school een ander hoortoestel voor. In andere gevallen wordt een beroep gedaan op het Audiologisch Centrum. Sinds 1 augustus 1985 hebben deze scholen de bevoegdheid oudlerlingen, die thans het reguliere onderwijs bezoeken, te begeleiden in pedagogisch-didactisch opzicht. Ook slechthorende leerlingen die nimmer het speciaal onderwijs hebben bezocht, kunnen voor deze zogenaamde Ambulante Begeleiding in aanmerking komen. Het spreekt vanzelf dat de ambulante

begeleider (leerkracht van een slechthorende school) voor nadere evaluatie, onderzoek en/of hoortoestelaanpassing, een beroep kan doen op het Audiologisch Centrum. In deze vervult de begeleider van een school een signalerende functie.

15-6.3 Omvang van het speciaal onderwijs.

In Nederland functioneren een 35-tal scholen voor speciaal onderwijs voor slechthorende kinderen en kinderen met ernstige spraak - taalmoeilijkheden en deze zijn gevestigd in ongeveer 20 verschillende plaatsen die over het land verspreid liggen.

Totaal bezoeken ongeveer 4000 leerlingen deze vorm van onderwijs en ca. 1/3 deel van hen heeft hoorklachten.

Het corresponderende voortgezette onderwijs wordt door ongeveer 1000 leerlingen bezocht, waarvan ca. 2/3 slechthorend is. In de 5 doveninstituten (en scholen) krijgen ongeveer 1300 leerlingen onderwijs.

16. PERSPECTIEVEN MET SIGNAALBEWERKING IN HET HOORTOESTEL.

J.M. Festen en R. Plomp

16-1. INLEIDING.

Het hoortoestel heeft zich in ruim een halve eeuw ontwikkeld van een volumineus apparaat met geringe versterking en een beperkt frekwentiebereik tot een efficiënte miniatuurversterker met een groot aantal instelmogelijkheden. Bij slechthorendheid is echter niet alleen de gevoeligheid van het gehoor verminderd maar ook het scheidend vermogen. Daarom is versterking alleen vaak niet voldoende en blijven we beperkingen ervaren in de huidige hoortoestellen tengevolge van de complexiteit van slechthorendheid. Deze problemen komen het meest duidelijk naar voren bij het verstaan van spraak in rumoer; een slechthorende heeft, ondanks het hoortoestel, voor het verstaan over het algemeen een gunstiger signaalruisverhouding nodig dan een goedgehoorde. Daarnaast zijn er ook in de moderne hoortoestellen nog technische problemen. De belangrijkste tekortkomingen zijn: het rondzingen door akoestische terugkoppeling en de afwezigheid van een aanpassing van de toesteleigenschappen aan variaties in de akoestische omstandigheden.

Het verminderd spraakverstaan in rumoer is een algemeen probleem van slechthorendheid waaraan tot nu toe noch een monuraal hoortoestel (Duquesnoy en Plomp, 1983) noch een binaurale hoorprothese (Festen en Plomp, 1986) veel verandert. In stationaire ruis is het verlies in spraakverstaan een paar decibel, waarbij we moeten bedenken dat één dB overeenkomt met ca. 20% in zinsverstaanbaarheid en dat normaalhorenden in veel situaties met rumoer nauwelijks een reserve hebben. Bij een fluctuerende stoorryuis kan dit verlies nog oplopen tot ruim 10 dB. Een verbetering in deze situatie zal moeten voortkomen uit systemen die in staat zijn spraak en storing te scheiden of ruis te onderdrukken.

Van de genoemde problemen is de akoestische terugkoppeling een bijna zuiver technisch probleem. Theoretisch is hiervoor een oplossing beschikbaar, waarbij met een zwak hulpsignaal de eigenschappen van de terugkoppeling worden gemeten en de versterking wordt gereduceerd voor frekwenties waarvoor de terugkoppeling te groot is. In de praktische toepassing hiervan is een extra versterking van circa 10 dB haalbaar.

Adaptatie van het hoortoestel aan de akoestische omstandigheden wordt tot nu toe slechts toegepast in de vorm van een zich snel instellende compressie. Het motief voor deze regeling is tweeledig, enerzijds wordt de dynamiek in het signaal aangepast aan het beperkte dynamisch bereik van

de slechthorende en wordt het gehoor beschermd tegen harde geluiden, anderzijds wordt beoogd zwakke signaaldelen zoals medeklinkers beter waarneembaar te maken. Tegenwoordig worden vooral compressiesystemen onderzocht met meerdere onafhankelijke frekwentiebanden omdat het dynamisch bereik van de slechthorende sterk met de frekwentie kan variëren en omdat het als ongewenst wordt beschouwd dat bijvoorbeeld sterke signalen in de lage frekwenties de versterking beïnvloeden voor de hoge frekwenties. In de literatuur zijn voor meerkanaals-compressie zowel positieve als negatieve effecten op het spraakverstaan gerapporteerd. Bij het evalueren van de verstaanbaarheid met dergelijke systemen is echter de keuze van de referentie-conditie van doorslaggevende betekenis. In het ideale geval zou alleen de compressie mogen variëren en moeten alle overige parameters constant zijn, zoals de intensiteit van de signalen en bijvoorbeeld de filtering. Op dit punt bestaan er grote verschillen tussen de diverse studies maar de negatieve resultaten werden met name verkregen uit de onderzoeken waarin de referentie met zorg gekozen werd (Lippmann e.a. 1981, Bustamante en Braida 1987). De oorzaak voor het achterblijven van de verstaanbaarheid wordt door Plomp (1988) toegeschreven aan het aantasten door snelle compressie van de natuurlijke fluctuaties in de spraak die te beschouwen zijn als de drager van de informatie.

16-2. DIGITALE SIGNAALBEWERKING.

De toepassing van digitale technieken voor signaalbewerking is een flinke stimulans geweest voor het bestuderen van vernieuwingen in het hoortoestel. Het grote voordeel van een digitaal hoortoestel is de programmeerbaarheid. Hierdoor wordt het mogelijk geavanceerde rekenkundige technieken voor ruisonderdrukking op hun bruikbaarheid te toetsen en de toesteleigenschappen te adapteren aan de akoestische omgeving. Daarnaast kunnen details in de electro-akoestische eigenschappen nauwkeurig en met een grote stabiliteit worden ingesteld. Als extra snufjes valt verder te denken aan de mogelijkheid om met een meetmicrofoon in het oorstukje de signaaloverdracht tot het trommelvlies te meten en bij te sturen, of aan het inbouwen van audiometerfuncties voor een optimale aanpassing bij wisselende of progressieve gehoorverliezen. We staan aan de vooravond van de toepassing van deze ontwikkelingen; een digitale signaalprocessor kan tegenwoordig voldoende klein gefabriceerd worden om in een hoortoestel te passen en ook het elektrisch vermogen dat nodig is voor de omzetting van analoge in digitale signalen is niet langer de beperkende factor.

Er zijn twee tussenvormen mogelijk tussen een digitaal en een volledig analogo hoortoestel. Deze zijn eenvoudiger te realiseren maar zijn ook beperkter in de mogelijkheden tot signaalbewerking. De eerste soort is het

digitaal gestuurde analoge hoortoestel. Hierbij worden globale signaalparameters afgeleid uit een ruwe digitale representatie van het signaal en deze worden gebruikt voor het instellen van analoge filters en versterkers. Een dergelijke techniek werd door Graupe e.a. (1987) toegepast bij het ontwikkelen van een adaptief filter voor het selectief wegfilteren van ruis. De door hen toegepaste signaalbewerkingen waren echter nog te grof om een groot succes te worden. Doordat de techniek is verbeterd en de doelstellingen wat zijn teruggebracht, is inmiddels is een groot aantal hoortoestellen beschikbaar waarin digitale technieken in de sturing worden toegepast (zie 5-3 en 5-4). De tweede soort is een kwasi-digitaal hoortoestel; hierin worden de signalen wel bemonsterd maar hun representatie blijft analoog (als spanning op een condensator). In dit systeem kunnen filters verwezenlijkt worden door manipulaties met de bemonsterde signalen (een vertragsingslijn met terugkoppelingen). Voor een aantal vormen van signaalbewerking die op het ogenblik worden onderzocht, geldt dat ze in beginsel zowel analoog als digitaal te realiseren zijn. Het onderzoek gebeurt veelal aan digitale systemen omdat deze een grotere flexibiliteit hebben en problemen met een batterijvoeding in het laboratorium geen rol spelen. Door het voortschrijden van de technologie komt echter tegenwoordig ook al een enkel volledig digitaal hoortoestel op de markt en het is te verwachten dat vele zullen volgen.

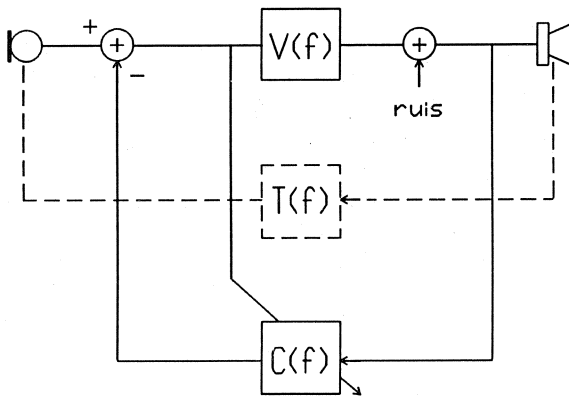
16-3. VERMINDERING VAN AKOESTISCHE TERUGKOPPELING.

Het signaal aan de output van een hoortoestel komt altijd gedeeltelijk terug op de ingang o.a. door lek langs het oorstukje. Er ontstaat echter een probleem voor frekwenties waarbij de versterking van het hoortoestel groter is dan de verzwakking in de terugkoppeling en het totale teruggekoppelde systeem geen fasedraaiing heeft. In deze situatie gaat het hoortoestel oscilleren of rondzingen. Bij de aanwezigheid van fasedraaiing treedt oscillatie pas op bij een iets grotere versterking. In het algemeen kan gesteld worden dat in actieve systemen, dus ook in hoortoestellen, de rondgaande versterking (dat is het product van versterking en lek tussen in- en uitgang) niet groter dan één mag worden. Het optreden van oscillaties bij toenemende versterking kan daarom uitgesteld worden door uitschieters in het frekwentieverloop van de rondgaande versterking te reduceren.

Een methode om dit te realiseren, is weergegeven in figuur 16-1 en bestaat uit een extra terugkoppeling in tegenfase. De figuur toont een hoortoestel met versterking $V(f)$ en een terugkoppeling $T(f)$ die gestreept is weergegeven omdat we de lokatie niet precies kennen. Met een zwak hulpsignaal R (ruis) bepaalt het toestel de rondgaande versterking $V(f) \cdot T(f)$. Omdat de voorgeschreven versterking $V(f)$ een bekende is, kan $T(f)$ berekend worden.

Door nu met een digitaal filter een tweede terugkoppeling $C(f)$ aan te brengen, die gelijk is aan $T(f)$, kan door aftrekken de oorspronkelijke terugkoppeling worden gecompenseerd.

Aan een dergelijk systeem is gewerkt door zowel Dyrlund en Bisgaard (1991) als door Engebretson en French-St. George (1993). Beide groepen verkregen een winst van 10 à 15 dB meer versterking voordat oscillatie optreedt. Sinds kort wordt door Danavox voor grote gehoorverliezen een toestel op de markt gebracht met de hierboven beschreven compensatie.



Figuur 16-1:

Blokschema van een hoortoestel met versterking $V(f)$ en een terugkoppeling $T(f)$ tussen de in- en uitgang ten gevolge van een akoestisch lek. Het adaptieve compensatiefilter $C(f)$ reduceert de maxima in de rondgaande versterking waardoor oscilleren pas optreedt bij grotere versterking.

16-4. RUISONDERDRUKKING.

Op het gebied van ruisonderdrukking is in de afgelopen tien jaar een aantal signaalbewerkingen voorgesteld, dat er op gericht is de verstaanbaarheid van verstoorde spraak te verbeteren. Onder druk van de tot nu toe zeer bescheiden resultaten wordt tegenwoordig vaak nadrukkelijk onderscheid gemaakt tussen enerzijds een verbetering van de kwaliteit van de spraak (de vermindering van ruizigheid) en anderzijds een verbetering van de verstaanbaarheid. Systemen voor ruisonderdrukking zijn onder te verdelen in twee categorieën, systemen met één ingang en systemen met meerdere ingangen of microfoons. Van beide soorten zullen we een aantal voorbeelden de revue laten passeren.

16-4.1 Eén microfoon.

De eenvoudigste vorm van ruisonderdrukking is filteren. Een lineair filter dat optimaal ruis uitfiltert en spraak doorlaat is het zogenaamde Wiener filter. Mathematisch kan aangetoond worden dat de doorlaatkarakteristiek van dit filter eenvoudig te beschrijven valt met de vermogensspectra van de spraak en de storing. Omdat het gemiddelde spraakspectrum bekend is en het spectrum van de storing geschat kan worden uit de perioden zonder spraak, is voor elk stoorspectrum dit filter te berekenen. Het zal duidelijk zijn dat deze techniek vooral goed werkt als de spectra van spraak en storing weinig overlappen of als het stoorsignaal erg smalbandig is.

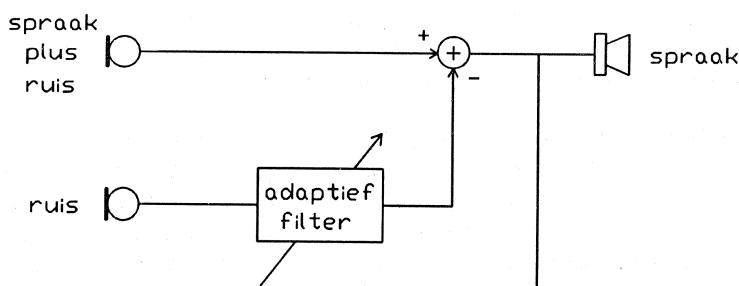
Een andere methode maakt gebruik van de wetenschap dat de spectrale variaties in spraak belangrijk zijn voor de verstaanbaarheid. Het signaal wordt opgesplitst in korte fragmenten waarvan het spectrum berekend wordt. Na een niet-lineaire transformatie op de spectra, zoals een wortelfunctie, wordt elk van deze spectrale momentopnamen verminderd met een schatting van het ruispectrum en daarna wordt het signaal gereconstrueerd met per frekwentiecomponent de oorspronkelijke fase. Met dit systeem is het mogelijk gebleken storing met een heel ander karakter dan spraak te reduceren, maar de verstaanbaarheid nam niet toe. Deze aanpak werkt minder goed naarmate de spectra van spraak en storing meer op elkaar lijken en is daarom slechts van geringe praktische betekenis.

Weer een andere methode maakt gebruik van het periodieke karakter van de golfvorm voor stemhebbende fonemen. Deze periodiciteit geeft in het frekwentiedomein een lijnenspectrum bestaande uit een aantal harmonischen die behoren bij de grondtoon van de spraak. De storing heeft in het algemeen geen periodiek karakter en daardoor is in het frekwentiedomein de energie niet beperkt tot lijnen maar diffuus verdeeld. Door nu een kamfilter te gebruiken waarvan de afstand tussen de tanden nauwkeurig de grondtoon van de spraak volgt, is het mogelijk een hoeveelheid ruis kwijt te raken. Deze procedure is onderzocht door Lim e.a. (1978) waarbij "schone" spraak werd gebruikt om het adaptieve filter te sturen. Het resultaat was ontmoedigend omdat weliswaar de signaal-ruisverhouding verbeterde maar tegelijkertijd de verstaanbaarheid afnam.

In een geheel andere aanpak wordt spraak meer resistent gemaakt tegen storing door bepaalde kenmerken te accentueren. Voor medeklinkers kan de bewerking soms erg eenvoudig zijn, zoals bij de plosieven het versterken van het begin of het inlassen van een korte pauze aan het begin en voor de fricatieven het toepassen van een hoogdoorlaatfilter. Deze bewerkingen verbeteren weliswaar de discriminatie van medeklinkers in ruis en zullen dus hoogstwaarschijnlijk ook de spraakverstaanbaarheid verbeteren maar het probleem van de discriminatie tussen typen van medeklinkers is verschoven

van de slechthorende naar zijn hoortoestel. Het is erg onwaarschijnlijk dat men op korte termijn in staat zal zijn procedures te ontwikkelen die in ruis de diverse klassen van medeklinkers in lopende spraak kunnen onderscheiden. Klinkers zouden tegen storing resistent gemaakt kunnen worden, of zelfs na verstoring door ruis ten dele kunnen worden gereconstrueerd, door het opscherpen van de spectrale omhullende. De winst moet hier verkregen worden doordat de positie van de formanten duidelijker wordt en daarmee het onderscheid tussen de klinkers. Een degelijke procedure werd door Baer e.a. (1993) geëvalueerd met slechthorende proefpersonen. Zij vonden een zeer geringe verbetering voor het spraakverstaan in ruis in condities waarin de opscherping werd gecombineerd met amplitudecompressie.

De algemene conclusie ligt voor de hand; spraak en storing zijn gemakkelijker van elkaar te scheiden naarmate zij hetzij temporeel hetzij spectraal meer van elkaar verschillen. Een goed voorbeeld hiervan is een spraaksig-naal dat wordt verstoord door korte krachtige pulsen. Het is zeer eenvoudig deze pulsen te detecteren en de spraak te herstellen door een interpolatie tussen de signalen voor en na de puls. Het herstellen van het oorspronkelijke signaal wordt echter aanzienlijk moeilijker als de amplitude van de pulsen in dezelfde orde van grootte komt als de amplitude van de spraak. Voor goedgehoorden bestaat er een nauwe relatie tussen de maskering van spraak door ruis en hun onderlinge spectrale overlap waardoor ruisonderdrukking buiten het frequentiegebied van de spraak nauwelijks tot een beter spraakverstaan zal leiden. Voor slechthorenden ligt de situatie anders en kan een smalbandige storing een maskerende werking hebben over een breed frequentiegebied. Voor hen valt te verwachten dat onderdrukking van deze storing kan bijdragen tot een beter spraakverstaan.



Figuur 16-2:

Blokschema van een adaptieve ruisonderdrukker. De tweede microfoon ontvangt een gefilterde versie van de ruis in het primaire kanaal.

16-4.2 Meerdere microfoons.

Voor systemen met meerdere ingangen zijn meer verbeteringen van de spraakverstaanbaarheid te vermelden. Een signaalbewerking die veel aandacht krijgt, staat bekend als het Widrow-Hoff algoritme en werd reeds ontwikkeld in 1959. Het principe is schematisch weergegeven in fig. 16-2.

De methode maakt gebruik van twee ingangen: een primaire ingang voor het gewenste signaal plus ruis en een secundaire of referentie-ingang voor ruis die gecorreleerd is met de ruis in het primaire kanaal en die gebruikt wordt als schatter voor de primaire ruis. Het signaal aan de uitgang van de schakeling kan beschreven worden als:

(Spraak plus Ruis 1) minus een gefilterde versie van Ruis 2.

Het adaptieve filter moet zich zodanig instellen dat dit signaal minimaal is. Omdat spraak en ruis ongecorreleerd zijn, zal hieraan voldaan zijn als de gefilterde ruis uit het referentie-kanaal zo goed mogelijk de ruis in het primaire kanaal benadert. Theoretisch is dit systeem in staat aan de uitgang een volledig ruisvrij signaal te produceren, maar in de praktijk zijn er een aantal, soms aanzienlijke, beperkingen.

De eerste beperking is de aanwezigheid van ruis in het primaire kanaal die niet gecorreleerd is met de ruis in het referentie-kanaal (bijv. door nagalm) en daardoor niet kan worden uitgefilterd. Deze situatie kan zich ook gemakkelijk voordoen in een omgeving met meerdere stoorbronnen. Een tweede beperking is de aanwezigheid van spraak in het referentie-kanaal. In dit geval zal de schakeling ook een deel van de spraak onderdrukken en is de maximaal haalbare signaal-ruisverhouding gelijk aan de verhouding tussen ruis en spraak in het referentie-kanaal. De verdere beperkingen hangen samen met de inregeltijd van het adaptieve filter. Een selectief filter heeft een lange impulsresponsie en zal daarom ook veel tijd vergen om zich optimaal in te stellen. Daar staat tegenover dat juist een korte insteltijd gewenst is om niet-stationaire stoorbronnen te 'volgen'.

Door Peterson e.a. (1987) werd op basis van het hierboven besproken systeem een akoestische antenne ontwikkeld. Een bruikbaar primair en referentie-signaal werd verkregen door, uitgaande van twee microfoons, som- en verschilsignaal te bepalen. In het verschilsignaal komen geen bestanddelen van het signaal voor die met dezelfde fase en amplitude bij de twee microfoons aankomen. Dus, door de twee microfoons c.q. het hoofd met aan weerszijde een microfoon te richten naar de gewenste spreker kan een goed referentie-signaal worden verkregen en daarmee een sterke ruisonderdrukking. In een simulatie van deze antenne kwam de afstand tussen de microfoons overeen met de dimensies van een hoofd; de spraakbron bevond zich in het mediane vlak en een stoorbron onder 45°.

In een echo-vrije ruimte werkt dit systeem goed (30 dB verbetering in signaal-ruisverhouding voor 50% woordverstaanbaarheid) maar met geringe galml verdwijnt dit voordeel (15 dB winst bij een nagalmtijd van 120 ms en 0 dB bij 480 ms). Een normale huiskamer heeft een nagalmtijd van ca. 300 ms. De verwachting is dat een uitbreiding van dit systeem met meer microfoons de onderdrukking van meerdere onafhankelijke stoorbronnen mogelijk maakt.

Een andere methode om de twee ingangssignalen voor de adaptieve ruisonderdrukker te verkrijgen, werd onderzocht door Weiss (1987). Hij monteerte twee microfoons vlak bij elkaar aan een kunsthoofd. Eén microfoon was gevoelig voor geluid uit alle richtingen en werd gebruikt voor het primaire kanaal; de andere microfoon voor het referentie-signaal was richtinggevoelig en naar achteren gericht zodat deze zo min mogelijk van de frontaal aangeboden spraak ontving. Met deze op het eerste gezicht vreemde opstelling van de microfoons werd de signaal-ruisverhouding aan de uitgang van de ruisonderdrukker gemeten voor één of meerdere stoorbronnen in verschillende posities. De beste resultaten werden bereikt voor een stoorbron recht achter het kunsthoofd en in een echo-vrije ruimte (verbetering S/R verhouding > 10 dB). Zelfs voor meerdere stoorbronnen in andere posities bleef van deze winst nog een aanzienlijk deel over. In een ruimte met een nagalmtijd van 380 ms waren de resultaten over de gehele linie iets minder gunstig, maar toch bleef er vrijwel in alle condities een paar decibel winst in signaal-ruisverhouding bestaan. Zoals in de inleiding werd besproken kan een paar decibel in signaal-ruisverhouding nog een aanzienlijke winst opleveren in spraakverstaanbaarheid.

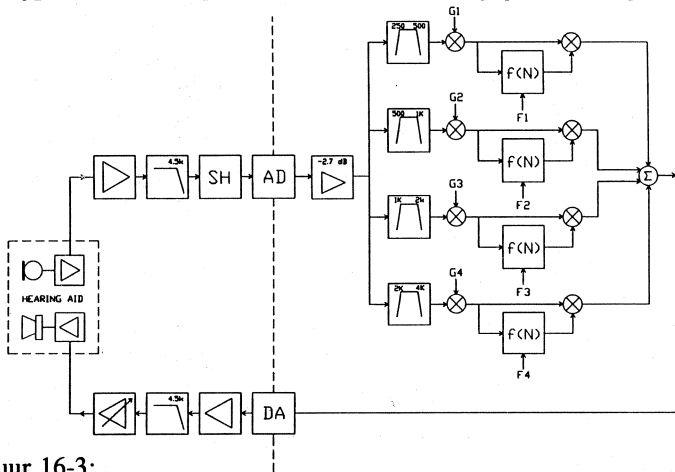
Het effect van een adaptieve ruisonderdrukker in niet-stationaire situaties is onderzocht door Schwander en Levitt (1987) in een experiment waarin de luisteraar beperkte hoofdbewegingen maakte. De opstelling van de microfoons was vergelijkbaar met die van Weiss en de gebruikte nagalmtijd was 410 ms. In tegenstelling tot de vorige studies werden de resultaten hier gepresenteerd als toename van het percentage woordverstaanbaarheid. Zonder hoofdbewegingen ging dit percentage van 33% voor de onbewerkte conditie naar 73% met ruisonderdrukking. Met hoofdbewegingen nam het laatstgenoemde percentage af tot 62%.

Een andere methode om met meerdere microfoons de signaal-ruisverhouding te verbeteren, is de constructie van een samengestelde microfoon met een grote richtinggevoeligheid. Door Soede e.a. (1993) werd met microfoonarrays gemonteerd op een bril bij slechthorende proefpersonen in een omgeving met diffuus stoorgeluid een verbetering van het spraakverstaan in ruis verkregen van 7 dB. Het grootste voordeel van al deze systemen met meerdere microfoons boven de eerder besproken eenkanaals-systemen is,

dat in condities waarin de signaalbewerking niet effectief is de winst tot nul reduceert in plaats van negatief te worden ten gevolge van de introductie van vervorming in het signaal.

16-5. AUTOMATISCHE REGELING NAAR DE AKOESTISCHE OMSTANDIGHEDEN.

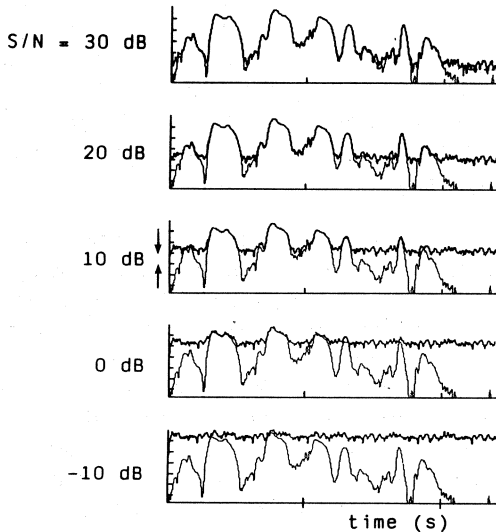
In de vorige paragraaf is gedemonstreerd dat de mogelijkheden om ongewenste signalen zoals ruis in een hoortoestel te elimineren beperkt zijn. Het is daarom van het grootste belang om het totaal resterende signaal van spraak en eventuele storing optimaal aan de slechthorende aan te bieden. Dit betekent dat de versterking van het hoortoestel geen constante mag zijn. In een rustige omgeving spreken we niet luid en heeft de slechthorende versterking nodig maar in een rumoerige omgeving waarin ook luider gesproken zal worden, kan de versterking geringer zijn. Een zelfde versterking als voor de rustige omgeving is niet alleen overbodig maar kan ook betekenen dat signalen onaangenaam luid worden. Omdat bovendien de storing niet altijd hetzelfde spectrum heeft en zich in verschillende frekwentiebanden kan voordoen, mag ook de frekwentie-karakteristiek van het hoortoestel niet gefixeerd zijn. Dit betekent dat we in rumoer behoefte hebben aan een meerkanalig adaptief hoortoestel. Onderzoek naar de mogelijkheden van een dergelijk toestel is uitgevoerd aan de Vrije Universiteit met subsidies van het Innovatiegericht Onderzoek Programma Hulpmiddelen Gehandicapt en Philips N.V. Een blokschema van een prototype voor het adaptieve hoortoestel is weergegeven in Fig. 3.



Figuur 16-3:

Blokschema van een vierkanalig hoortoestel met een adaptieve versterkingsregeling.

De signalen worden gesplitst in vier octaafbanden; per band worden vervolgens de minima in de omhullende gebruikt om een schatting te maken van de hoeveelheid ruis en op grond daarvan wordt de versterking automatisch bijgesteld. Spraak is een sterk in amplitude gemoduleerd signaal met momenten van bijna volledige rust zoals te zien is in Fig. 4. Deze variaties in amplitude zijn voor gefilterde spraaksignalen nog duidelijker.



Figuur 16-4:

De omhullende van spraak plus ruis in een octaafband van 500 tot 1000 Hz voor 5 waarden van de signaal-ruisverhouding (dikke lijnen). De omhullende van 'schone' spraak in dezelfde octaafband is weergegeven met een dunne lijn. Bij toename van de ruis worden primair de dalen van de omhullende aangetast.

Een storing in hetzelfde frequentiegebied als de spraak is op basis van de omhullende goed te detecteren als een vermindering van de modulatie-diepte (zie Fig. 4). Het doel van de regeling is nu per octaafband gemoduleerde signalen [zoals spraak] te versterken tot ruim boven de hoordrempel en ongemoduleerde signalen [vaak storing] slechts tot ongeveer drempelniveau. Om dit te bereiken, is gekozen voor een systeem waarbij de versterking zo wordt geregeld dat de minima in de omhullende van het akoestisch signaal nog juist boven de hoordrempel van de slechthorende worden aangeboden. Om te voorkomen dat de variaties in de versterking de natuurlijke

tijdconstante, in de orde van 500 ms, aan bij de akoestische omstandigheden. Een voordeel van deze versterkingsregeling is dat maskering van de hoge frekwenties door een sterke laagfrequentie storing wordt vermeden doordat per octaaf de storing niet meer wordt versterkt dan tot net boven de hoordrempel.

Met een versterkingsregeling gebaseerd op dit principe werden spraakverstaan en luistercomfort gemeten door van Dijkhuizen (1991). In termen van verstaanbaarheid werden de grootste effecten verwacht voor condities waarin het spectrum van de storing in een beperkt frequentiegebied sterk afwijkt van het spraakspectrum. Bij 20 dB extra stoornuis in de octaafband van 500 tot 1000 Hz werd gemiddeld over 12 slechthorende proefpersonen een drempelverhoging van 5,5 dB gevonden. Met een frequentie-afhankelijke regeling van de versterking kon hiervan 4 dB worden teruggewonnen. Een breedbandige versterkingsregeling had geen effect.

In een vervolgonderzoek werd voor een aantal representatieve omgevingsgeluiden de reductie in rumoerigheid bepaald van de adaptieve versterkingsregeling. Aan slechthorende proefpersonen werd gevraagd, voor verschillende stoorgeluiden en verschillende stoorniveaus, de versterking van een niet-adaptief hoortoestel zo in te stellen dat de rumoerigheid gelijk was aan die met het adaptieve toestel. Zoals verwacht, was het effect van de versterkingsregeling klein in het geval van één enkele spreker, en was het effect het grootst voor geluiden met een meer continu karakter (bijvoorbeeld geruis of muziek). Voor dit laatste type stoorgeluiden blijft bij gebruik van de adaptieve regeling de toename van de rumoerigheid sterk achter bij een toename van het aangeboden stoorniveau. Voor elke 5 dB toename van de storing nam de rumoerigheid slechts toe als overeenkomstig met 1,5 dB.

Samenvattend, meerkanalige automatische versterkingsregeling op basis van de minima in de omhullende geeft, in verschillende akoestische omstandigheden, een maximaal spraakverstaan bij een minimaal storend achtergrondlawaai, zonder dat de luisteraar daarbij zelf de toesteleigenschappen behoeft in te stellen.

16-6. CONCLUSIES.

De huidige geavanceerde systemen voor signaalbewerking met één ingang hebben in het algemeen het nadeel dat storing wordt onderdrukt ten koste van enige vervorming in het signaal. In situaties waarin de storingsonderdrukking niet effectief is, blijft de vervorming over. Bovendien wordt in deze systemen vaak gebruik gemaakt van voorkennis omtrent het gewenste signaal (bijv. de toonhoogte) die in de praktijk niet beschikbaar is. De

systemen met meerdere ingangen zijn gemakkelijker te realiseren; ze geven een verbetering van de signaal-ruisverhouding en een beter spraakverstaan, maar de winst schrompelt helaas snel ineen onder invloed van nagalm. Een verbeterde richtinggevoelige microfoon bestaande uit een samenstel van individuele microfoons lijkt nog het meest resistent tegen galm. Wat betreft een optimale aanpassing van de eigenschappen van het hoortoestel aan de akoestische omgeving, lijken er goede perspectieven te zijn die afhankelijk van de stand van de techniek digitaal of analoog kunnen worden uitgevoerd.

LITERATUUR:

- Baer, T., Moore, B.C.J., en Gatehouse, S.,
Spectral contrast enhancement of speech in noise for listeners with sensorineural hearing impairment: effects on intelligibility, quality, and response times, *J. Rehab. Res. Dev.* 30, (1), 49-72 1993.
- Bustamante, D.K., en Braidà, L.D.,
Multiband compression limiting for hearing-impaired listeners, *J. Rehab. Res. Dev.* 24, (4), 14 9-160 1987.
- Dijkhuizen, van J.N.,
Studies on the effectiveness of multichannel automatic gain-control in hearing aids, academisch proefschrift Vrije Universiteit 1991.
- Duquesnoy, A.J. en Plomp, R.,
The effect of a hearing aid on the speech-reception threshold of hearing-impaired listeners in quiet and in noise, *J. Acoust. Soc. Am.* 73, 2166-2173 1983.
- Dyrlund, O. en Bisgaard, N.,
Acoustic feedback margin improvements in hearing instruments using a prototype DFS (digital feedback suppression) system, *Scand. Audiol.* 20, 49-53 1991.
- Engbretson, A.M. en French-St. George, M.,
Properties of an adaptive feedback equalization algorithm, *J. Reb. Res. Dev.* 30 (1), 8-16 1993.
- Festen, J.M. en Plomp, R.,
Speech-reception threshold in noise with one and two hearing aids, *J. Acoust. Soc. Am.* 79, 465-471 1986.
- Graupe, D., Grosspietsch, J.K. en Basseas, S.P.,
A single-microphone-based self-adaptive filter of noise from speech and its performance evaluation, *J. Rehab. Res. Dev.* 24 (4), 119-126 1987.
- Lim, J.S., Oppenheim, A.V. en Braidà, L.D.
Evaluation of an adaptive comb filter method for enhancing speech degraded by white noise addition, *IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Proc.* 26, 354-358 1978.

- Lippmann, R.P.; Braida, L.D. en Durlach, N.I.,
Study of multichannel amplitude compression and linear amplification for persons with sensorineural hearing loss, *J. Acoust. Soc. Am.* 69, 524-534 1981.
- Peterson, P.M., Durlach, N.I., Rabinowitz, W.M. en Zurek, P.M.,
Multimicrophone adaptive beamforming for interference reduction in hearing aids, *J. Rehab. Res. Dev.* 24 (4), 103-110 1987.
- Schwander, T.J. en Levitt, H.,
Effect of two-microphone noise reduction on speech recognition by normal-hearing listeners, *J. Rehab. Res. Dev.* 24 (4), 87-92. 1987.
- Soede, W., Bilsen, F.A., Berkhout, A.J., en Verschuure, J.,
Directional hearing aid based on array technology, *Scand. Audiol. Suppl.* 38, 20-27. 1993.
- Plomp, R.,
The negative effect of amplitude compression in multichannel hearing aids in the light of the modulation-transfer function, *J. Acoust. Soc. Am.* in druk 1988.
- Weiss, M.,
Use of an adaptive noise canceller as an input preprocessor for a hearing aid, *J. Rehab. Res. Dev.* 24 (4), 93-102 1987.

17. EPILOOG.

door de redactie.

In deze bundel is een procedure geschetst om op basis van het toonaudiogram en het niveau van onaangename luidheid en met behulp van regels zoals bijvoorbeeld de half-gain-rule te komen tot een keuze van een hoortoestel waarbij gegevens uit het spraakaudiogram bepalend zijn voor de instelling van begrenzings- of compressiesystemen. Insertiongain-metingen betrekken hierin zelfs het oorstukje.

Vaak blijkt hierna dat kleine variaties in de ingestelde variabelen nauwelijks verschil geven in het spraakverstaan en in de acceptatie in het algemeen. Blijkbaar zijn we door gewenning in staat een zekere variabiliteit van hoortoestelinstellingen "in te pakken". Soms echter lukt niets hoe we de instelling ook variëren. Er kunnen kennelijk randvoorwaarden worden overschreden waarbinnen wel gewenning kan optreden. Het voordeel van bovengenoemde procedure is dat we daarmee ruim binnen deze randvoorwaarden blijven.

We wijzen echter nogmaals op de opmerking uit hoofdstuk 4 en 7 dat het toepassen van procedures het aantal foutieve en zeer slechte aanpassingen vermindert, maar tegelijkertijd ook het aantal optimale aanpassingen vermindert omdat, afhankelijk van sociaal-maatschappelijke omstandigheden, een andere instelling of toestel gewenst kan zijn. Dit dient men bij een controle altijd te overwegen. Om echter eindeloze controles te voorkomen dient bij de aanpassing een duidelijk beeld te worden geschetst wat er van de slechthorende wordt verwacht en wat deze dan zelf mag verwachten.

Met bovenstaande aanpasprocedure komt men dan, wetmatig, zo goed mogelijk bij deze verwachtingswaarde. Deze aanpasprocedure is extra aantrekkelijk nu bij het programmeerbare hoortoestel geen toestel meer hoeft te worden uitgezocht omdat het toestel wordt ingesteld volgens geprogrammeerde regels zoals half-gain-rule e.a. nadat audiometrische gegevens zijn ingevoerd. Een dergelijk toestel zou, samen met IHO's die alle onderling sterk overeenkomstige karakteristieken hebben, de hele range van hoortoestellen kunnen omvatten.

Een belangrijk maar nog vrij onbekend aspect bij de aanpassing is de gewenning. Onderzoek naar de randvoorwaarden waarbinnen veel en waarbuiten niets mogelijk is, is noodzakelijk. Deze kennis is nodig om de slechthorende een duidelijke inschatting van zijn mogelijkheden met het toestel te geven zodat gericht naar dat optimum kan worden gewerkt.

Momenteel zijn over gewenning en actieve leerprocessen slechts kwalitatieve aspecten bekend.

- Jonge kinderen hebben nog geen "gevuld referentiekader", weten dus niet hoe het zou moeten, hebben dus geen angst. Zijn we op tijd met aanpassing dan wordt het horen met een bepaald toestel voor hen "hun normaal horen". Vernieuwing van een hoortoestel in een later stadium geeft, voor het eerst bewust, timbre veranderingen van alle bekende geluiden en alle problemen vandien.

Zijn we bij grote slechthorendheid te laat met aanpassing dan geldt niet dat er geen referentiekader is voor geluid maar dat in het referentiekader ligt opgesloten dat geluid nauwelijks bestaat. Geluidsversterking kan dan angst geven.

- Bij oudere mensen kan dit referentiekader zo dwingend worden dat alleen vertrouwd geluid wordt geaccepteerd; veranderen van toestel kan dan grote problemen geven.

- Bij compressieregelingen en zeker bij de in de toekomst te verwachten adaptatieve schakelingen is gewenning ook medebepalend. Of aan een timbre verandering van een stem bij toenemend achtergrondlawaai te wennen valt is niet zeker omdat timbre verandering gekoppeld wordt aan emotionele aspecten. Compressie mag echter ook niet bij voorbaat worden afgekeurd omdat de hierdoor veroorzaakte geluidsdrukvariaties zouden interfereren met die van de spraak zelf. Door het steeds aanspannen van de musculus stapedius bij luide spraak treedt ook steeds compressie op maar hier klaagt niemand over.

Selectief horen is bij de normaal horende bekend omdat hij de een kan aankijken terwijl hij naar de ander luistert. Ritsma noemde reeds het verschijnsel dat, als je naar galm luistert en een oor dicht drukt, je verwacht dat de galm zachter wordt. De galm wordt echter luider. De galm is door gewenning verdrongen; druk je een oor dicht dan is galm geen galm meer en komt in al zijn storend-zijn te voorschijn. Weinig is nog bekend over verbetering in selectief horen na hoortoestelaanpassing.

- Bij laagfrequent geleidingsverliezen wordt vaak, na een geslaagde operatie, geklaagd over het erge lawaai. De galm wordt versterkt en door upward spread of masking is het spraakverstaan slechter. Na 1 tot 2 maanden zijn de klachten meestal verdwenen omdat blijkbaar weer selectiever horen is opgetreden. Het eigene van een operatie is echter dat deze nooit afgezet kan worden en een hoortoestel wel.

- Bij hoge tonen verliezen zou een (mini) IHO wel eens de beste kansen

op selectief horen kunnen geven omdat deze toestellen "vergeten kunnen worden". Hierdoor wordt zo goed mogelijk de situatie van het jonge normaalhorende kind benaderd dat niet met zijn oren maar met horen bezig is. Het niet verstrekken van deze toestellen omdat het om cosmetische overwegingen zou gaan is kortzichtig.

Bij tweezijdige maar ook bij eenzijdige verliezen zou men sneller voor herstel van het ruimtelijk horen moeten beslissen. Hoewel bij tweezijdige verliezen slechts onder speciale voorwaarden stereo aanpassing vergoed wordt en bij eenzijdige verliezen in principe geen vergoeding wordt gegeven is tweezijdig horen niet alleen belangrijk voor richtinghoren, symmetrische aanspreekbaarheid en spraakverstaan in lawaai maar ook voor het zich kunnen concentreren en alert reageren in lawaai.

Omdat deze vergoeding wel mogelijk zou moeten zijn en er tevens financiële ruimte moet zijn voor de innovatie van nieuwe hoortoestellen zullen wij samen moeten proberen de gelden van de gezondheidszorg zorgvuldig te beheren.

Tenslotte zouden we nog willen opmerken dat, nadat een aantal decennia de slechthorende door de elektronische ontwikkelingen in de focus van de audiologische belangstelling heeft gestaan, nu ook in weliswaar bescheiden mate de dove door ontwikkeling van de implant hierin deelt. Moge de groei in kennis over "speechprocessing" en de ervaring in het begeleiden van implantpatienten ook resulteren in betere hoortoestellen voor spraakverstaan en betere leerbaarheid aan de ernstige slechthorende.

ZAKENREGISTER

A.

aanpassing geluid aan gehoorverlies	4-6.2
aanpasregels voor hoortoestel	4-6.2.1, 7-1, 7-2.2
AAW/WAO	15-4
acceptatiegehoorstoornis	9-1,
(zie ook gehoorstoornis sociaal)	
adaptatie	2-3.3,
adaptatief hoortoestel	16-1
afsluiten voor geluid	2-3.9,
aggravatie	2-2,2-3.9
Akoestiek:	14-4
- akoestiek in een kamer	14-5.1
- akoestiek in een lokaal	14-5.1, 15-5
- direct geluid	14-4.1
- indirect geluid	14-4.2
- geluidabsorptie	14-4.2
- nagalm	8-2.3.1, 14-5.1
- nagalmtijd	14-5.1, 16-3
ambulantebegeleiding	12-3.5
anamnese	9-5
anti-geluid	5-4.3
articulatie (index Ai)	1-3, 15-5.2
articulation-loss-for-cons. (Alc)	15-5.2
audicien	4-5.2.1, 4-6.5, 4-8
audiologisch centrum	4-5.2.2, 4-7, 8-4.6, 9-3, 15-3
auditory approach	11-2
Automatische Vol. Contr.(AVC)	2-3.2,
AVO	15-4
AWBZ	4-5.2.2, 4-7, 7-9, 15-5.2

B.

Bakkehoorn	7-5
bandbreedte	4-4.3
batterij	5.1.1, bijl.5-a, 13-2.1
begeleiding door AC	9-3.3, 12-3.5, 15-5
- informatie bijeenkomsten	8-4.5
- huisbezoeken	8-4.5
- vragenlijst	8-4.6
begrenzingsschakelingen	8.3.2 8-4.2, 13-2.1
beperking t.g.v. slechthoren	2-4, 9-2,

BERA zie onder gehoorscreening	
besluit Kunst- en Hulpmiddelen	15-4
brabbelen	10-4, 11-2
bruikleen toestel	15-4
C.	
cocktailparty-effect	2-3.6,
centrale-hoortesten	2-3.6,
cochleaire implant	13-2.4
compressiesystemen	13-2.2, 16-1
COTG	15-3
D.	
decibel (dB HL, dB SPL)	1-2
digitaal-hoortoestel	16-2
doofheid:	13-2
- restgehoor	13-2
- totaal-doof	13-2
- vibratie-doof	13-2
E.	
echelons in gezondheidszorg	15-1
eenzijdig slechthoren	3-3.1
etymotisch	7-6
evalueren aanpassing	4-7, 8, 11-3.5
F.	
fluiten van hoortoestel zie rondfluiten	
fonetische regressie	4-3.3, 4-6.2.5
frekwentiekarakt. (zie hoortoestel)	4-4.2
functional-gain	7-5, 7-11, 8-3.1
G.	
galmstraal	14-4.2
gehoorbeschadiging tgv toestel	13-2.1
gehooronderzoekmethoden:	
- auditieve response cradle	10-2
- cribogram	10-2
- Ewing test	10-3, 11-3.2
- hersenstamaudiometrie	2-3.1, 10-2, 10-4.2, 11-3.2
- spraakaudiogram	4-3.3, 8-3.2
- stapediuserflex	11-3.2
- toonaudiogram	4-3.1, 8-3.1
- vrijeveld audiometrie	10-3.1, 11-3.2

gehoorgang (uitwendig)	3-5.2
- resonantie	7-2.1, 8-2,
gehoorstoornissen-med./prev.	
- congenitale gehoorstoornissen	3-3.1, 10-2
- erfelijke gehoorverliezen	10-2, 12-2
- high-risk kinderen	10-2
- progressieve gehoorstoornissen	10-2, 11-3.4
- psychogene slechthorendheid	2-3.9,
- retro-cochleair	2-3.3, 2-3.9, 3-5.5
- syndromale gehoorverliezen	10-2, 11-3.4
- vroeg-opsporing	3-3.1, 10-1
gehoorstoornis - sociaal	9-2,
- in de gezinssituatie	9-2.2
- moe-makende werking	9-2.3
- toekomstmogelijkheden	9-3.2, 9-3.9
gelaatbewust maken	10-4, 11-3.1, 11-4
geluidbewust maken	11-3.1, 11-4
GMD	15-4, 15-5.2
H.	
hometraining	11-1
hoorfuncties:	2-2,
- discriminatievermogen	1-4, 2-2, 2-3.4,
- dynamiek	1-2, 2-2, 2-3.2, 8-3.2
- functionele slechthorendheid	2-2, 2-3.9
- gevoeligheid	2-2, 2-3.1,
- interne ruis (oorsuizen, tinnitus)	2-2, 2-3.7,
- samenwerking beide oren	2-2, 2-3.6,
- selectief-horen	2-2, 2-3.5
- stabiel-zijn	2-2, 2-3.3
hoornivo's	14-1
hoortraining	8-4.5
hoorspan	1-2, 2-3.2, 7-2.1, 7-3,
hoortoestel - aanpasprocedures	
- half-gain-rule	4-6.2.1, 7-1
- NAL-methode	7-1, 7-2.2, 7:bijl.1
- op grond van toonaudiometrie	7-2
- op grond van toon- en spraak	7-3
hoortoestel - basis eigenschap:	6-1.1
- bandbreedte	4-6.2.3, 7-4.4.2
- begrenzing	4-4.5, 4-6.2.5, 6-1.2, 7-7
- compressie	6-1.2, 6-2.4, 7-7
- dynamiek van het geluid	7-7

- frekwentiekarakteristiek 4-4.2, 4-6.2.2 6-1.1, 6-2.3, 7-3.2, 8-2.2, 16-4
- helling frekwentiekarak. 7-4.2
- indeling toestellen zie OBLX
- interne ruis toestel 6-1.1, 8-2.1.2
- ruisonderdrukking 6-2.5, 7-4.3.4, 16-4, 16-3.1
- klankkleur 7-7, 8-4.3
- maximaal uitgangsvermogen 4-4.4, 4-6.2.4, 6-1.1, 6-2.1, 8-2.2
- maximale versterking 6-1.1, 6-2.2, 7-4.1
- vervormingsmetingen 8-2.1.2, 8-2.1.3
- hoortoestel - extra's:
 - afstandbediening 7-4.3.2
 - audio-input 5-2.3
 - externe volumeregelaar 5-2.4
 - luisterspoel 5-2.2
 - richtinggevoelige microfoon 2-3.5, 5-2.1
- hoortoestel keuze 4-6.2, 4-6.4, 7-4.3, 7-4.4
- hoortoestel opbouw 5-1
- hoortoestel soorten (zie OBLX) **5-1**,
 - achter-het-oor (AHO) 5-1.1, 13-2.1
 - beengeleidingstoestellen **5-1.2, tab5-2**,
 - (bi)CROS 5-1.1, 7-9, 8-4.4
 - concha toestel 5-1.1,
 - digitale toestellen 5-4, 16-2
 - in-het-oor (IHO) 4-6.2.6, 5-1.1, 8-4.1, 13-2.1
 - kasttoestel 5-1.1, 13-2.1
 - meerkanaalstoestellen **5-3.2** 5-4.1, 5-4.2
 - meerprogrammatoestellen 7-4.3.3
 - paratympaan toestel 5-1.1
 - programmeerbare toestellen 4-6.3, **5-3**
- hoortraining 11-2, 11-3.2, 11-3.4, 13-2.1
- hulpmiddelen zie technische hulpmiddelen
- hulpverlening 9-3

- I.
- inhibitie-zwakte syndroom 12-2
- insertiongain 7-11, 8-2.2,

- K.
- KEMAR metingen zie kunstoor
- keuze van het te revalideren oor 4-6.1, 7-9, 7-10
- kunstoor (coupler) 6-1.3, 8-2, 8-2.1, 11-3.3

L.	
luisterstrategie	9-2.5, 13-2.1
Libbyhoorn	7-5, 8-2.2,
M.	
maatschappelijk werk	9-2
minimal brain dysfunction (MBD)	12-2
modulatietransferfunctie	14-5
N.	
nagalm	14-5
NAL	4-6.3, 7-11
O.	
OBLX (indeling hoortoestellen)	4-6.3, 6-4, bijl.6-a, 7-4.2
occlusie effect	4-7, 5-1.1
occluded-ear-simulator (O.E.S.)	6-1.3, 8-2.1
onaangename luidheid (OAL,UCL)	2-3.2, 4-3.2 , 4-6.2.4, 7-2.1, 8-3.1
ontwikkelingsfasen kind	12-3
ooperaties	3-3.2, 3-5.3, 3-5.4, 4-2.1
oorschelp	3-5.1
oorstukje	4-6.4, 6-3 , tabel 6-1, 7-5 , 8-2.3, 8-4.2, 13-2
oorsuizen	2-2, 2-3.7, 4-5.2
opsporing (vroegtijdige)	3-3.1
otitis externa	3-5.2
otitis-media	3-2.2, 3-5.3
otometrie	8-3.1
ouderdomslechthorendheid zie presbycusis	
P.	
preventie	3-2, 3-2.2, 15-2
presbycusis	3-1, 3-2.3, 3-3.3, 3-4, 9-4,
proefperiode met toestel	4-6.5, 7-8
prosodie	1-3, 13-2.1
R.	
radicaalholte	3-5.4
recruitment	2-3.2, 4-3.2
redundantie	1-4,
richtinghoren	7-9, 8-3.3
rondfluiten	4-7, 5-4.3, 7-4.3.5, 8-4.3, 13-2.1, 16-3
Ruis equivalent ingangssignaal	8-2.1.2,

S.	
schoolkeuze-advies	12-2
selecteren hoortoestel	4-6.4
signaal-ruis verhouding	2-3.5, 16-4.1, 16-4.2
simuleren	2-3.9,
Slechthorendheid en:	
- achtergrondruis	12-3.4
- carrière	12-3.6
- combinatieklassen	12-3.4
- groepsgesprekken	12-3.5
- nevendefecten	12-3.4
- onderwijssystemen	12-3.4
- ontwikkelingsfasen	12-3
- talenpracticum	12-3.5
sociaal functioneren zie gehoorstoornis- sociaal	
speciaal onderwijs	15-6
spraakafzien (liplezen)	1-3, 8-3.2, 8-4.5, 13-2.1, 13-2.3, 13-2.5
spraakkenmerken (nasaal e.d.)	1-4, 13-2.6
spraakperceptie	1-4,
- bottom-up	1-4,
- cohorttheorie	1-4,
- redundantie	1-4,
- top-down	1-4,
- woordherkenningsnelheid	2-3.8,
spraakproductie	1-3,
- articulatie	1-3,
- formant	1-3, 7-2.1
- grondtoon van de stem	1-3, 16-3.1
- intonatie	1-3,
- klankpatronen	1-3, 2-3.8
- prosodie	1-3, 13-2.1
- stemhebbend	1-3,
- temporele structuur	1-3,
- timbre	1-3,
spraak-taalontwikkeling	10-4, 11-2, 12-1.4
spraakverstaan in rumoer	4-3.4, 7-2.1, 7-10, 8-3.3, 8-4.4, 16-1
spraakverstaan in galm	15-5.2
spraak-transmission index (STI)	15-5.2
stemvorkproeven	3-5.5
stereo-horen	2-3.6, 4-6.1
stereo-aanpassen	7-9, 8-4.4, 11-3.4, 12-3.2
STI zie spraaktransmissie	

T.

taalelementen:

- difoon 1-3
- foneem 1-3, 13-2.1
- klinker (vocaal) 1-3, 2-3.4
- medeklinker (consonant) 1-3, 2-3.4, 11-3.3

taalstructuur

12-3.3, 13-2.1

tarieven (C.O.T.G.)

15-3

technische hulpmiddelen:

8-4.5, 12-3.5

- infrarood-apparaat 14-2.1
- solo-apparaat 2-3.5, 8-4.5, 12-3.3, 14-2.2
- ringleiding 2-3.5, 8-3.3, 8-4.5, 14-2.3
- externe microfoon 8-4.5, 14-2.4
- vibrator-wekker 14-3.1, 15-4
- telefoonversterker 14-3.2, 15-4
- teksttelefoon 14-3.3
- teletekst 14-3.4

technische hulpmiddelen voor doven:

- geluidversterkers 13-2.1
 - geluidbewerkers 13-2.2
 - geluidverwerkers 13-2.3
 - elektrische binnenoar prothese 13-2.4
 - tactiele prothesen 13-2.5
 - transposers 13-2.2
 - visuele prothesen 13-2.6
- temporele vervorming 13-2.2

U.

upward-spread-of-masking 1-3, 2-3.4, 7-2.1, 7-3.1,
7-4.4, 11-3.3, 13-2.1

UVO

15-3

V.

vergoeding voor toestel/voorzieningen 7-9,
voorschrift voor hoortoestel 4-6.5, 4-8
vragenlijst voor anamnese 9-5
vragenlijst dragen toestel 8-4.7, bijlage 8-4
vrijeveld audiometrie 4-3.4, 8-3.1

W.

WAO

15-5.2

Z.

zinsverstaanbaarheid 8-3.3, 14-5, 16-3.2

Slechthorendheid is een veel voorkomende klacht. Ongeveer een miljoen Nederlanders hebben geen goed gehoor en de helft hiervan is slechthorend, indien als criterium genomen wordt een drempelverschuiving in het spraakgebied van meer dan 35 dB aan het beste oor. Dit criterium staat geformuleerd als een van de voorwaarden om een vergoeding te ontvangen van een ziekenfonds bij het aanschaffen van een hoortoestel. De meesten van de desbetreffende personen beleven de slechthorendheid als handicap en de helft - dus ongeveer 250.000 personen - beschikt over een hoortoestel ter ondervanging van de ongevoeligheid van het gehoor. Dit betekent dat elke Nederlander de problematiek van slechthorendheid van dichtbij kent. In feite zal praktisch iedereen op latere leeftijd ervaren dat hij of zij minder goed hoort dan vroeger het geval was. Door de vergrijzing van de Nederlandse bevolking zal slechthorendheid procentueel nog toenemen.

Dit boek wil een handleiding geven voor de hulpverlening aan slechthorenden. Het is in eerste instantie geschreven voor de leden van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie, waarvan alle KNO-artsen en de medewerkers van de Audiologische Centra deel uitmaken.

Daarnaast is het ook als leidraad te gebruiken door huisartsen, logopedisten, audiciens, kortom allen die betrokken zijn bij de hulpverlening aan slechthorenden.

Na een inleiding - ook over het normale horen, verstaan en communiceren door spraak - wordt in de volgende hoofdstukken besproken wat een hoortoestel technisch kan en op welke wijze gekomen wordt tot de keuze van een geschikt toestel.

In het tweede deel wordt speciaal aandacht besteed aan de specifieke aspecten van slechthorendheid betreffende de spraak-taalontwikkeling bij zeer jonge kinderen alsook bij zeer ernstige slechthorendheid tot doofheid in het algemeen.

Ook wordt besproken hoe de luisteromstandigheden kunnen worden verbeterd door aanvullende technische hulpmiddelen en aanpassingen van de akoestische omstandigheden.