

H O E H O O R T H E T

drs. P.T. Kraft en drs. C. de Leur.

voor Theo-Evert

Kind,
jouw wereld is de mijne niet
omdat ik wel kan horen,
het doet me denken aan verdriet en zo
maar jij blijkt blij te zijn,
dat is mijn niet-begrijpen.
Je kijkt me aan en lacht
en ik heb tranen in mijn ogen....
wil ik dan toch verdriet,
laat mij jouw vreugd verhogen
want als ik leren wil te leven
hoort daar jouw leven bij,
dat is niet enkel accepteren
dat moet jij doen met mij.
Kind,
jouw wereld moet de mijne worden
ook met een goed gehoor
want Gods stem klinkt niet door de oren
Hij spreekt wel klare taal
Hij wil ons hart en leven
Hij wil ons allemaal.

Oldeboorn, voorjaar 1987
Sjoukje van Balken, vriendin van
de moeder van Theo-Evert.

In het volgende artikel zal over patienten, onderzoekers en dergelijke in de mannelijke vorm worden gesproken. Dit om de leesbaarheid te vergroten en niet om te suggereren dat er een verschil bestaat in slechthorendheid of wetenschappelijke kwaliteit tussen mannen en vrouwen.

OVERPEINZING VOORAF

"Audiologie is letterlijk : de wetenschap van het horen. Zij omvat de bestudering van het gehoor en zijn afwijkingen vanuit fysische, medische, (ortho-)pedagogische, psychologische en sociale gezichtspunten. Daarnaast is zij gericht op het wegnemen of tot een minimum reduceren van de gevolgen van slechthorendheid en doofheid in de praktijk. De audiologie is derhalve interdisciplinair en de audiologische begeleiding van een slechthorende of dove multidisciplinair."

P.Th. KRAFT GOUDENREGENSTRAAT 19 8922 CN LEEUWARDEN

aan
de weledelgeleerde heer
drs C de Leur
soestdijkse weg 11
3732 HC de Bilt

leeuwarden 23-7-87

beste Cor,

zojuist kwam mij een gedichtje onder ogen van een vriendin van de moeder van een bijna doof jongetje, dat bij ons wekelijks communicatie-training krijgt. Ik vind het zo mooi, en tegelijk zo naïef literair, ik was er erg door ontroerd. Het geeft in een paar regels weer hoe een doodgewoon iemand uit Oldeboorn zich ineens met een schok realiseren kan wat dit betekenen moet. Daarmee toont het wat ons drijft in dit beroep.

Ik wilde graag ons verhaal voor de klinische fysica met dit gedichtje openen. Dat heeft tevens een sterk aandacht-trekkend effect. Als dit de starter is, dan snap je als lezer direct dat hier over Mensen gesproken wordt door Mensen, dat het niet de doofheid is die centraal zal staan in het artikel, maar de dove (en slechthorende) Mens.

Omdat er nog zo weinig tijd is voor mijn vakantie ga ik er van uit (jou kennende) dat je ermee akkoord gaat. De openingspagina tref je hierbij aan. Ik heb die dus nu ook aan Ad Maas van de redactie gestuurd met het verzoek dat er bij op te nemen. Als je niet akkoord gaat kun je me dit weekend nog bellen thuis: 058-155663
En anders veel groeten, ook van Saskia, we verheugen ons er op je weer eenSeen avond te zien!


peter kraft

In het volgende artikel zal over patienten, onderzoekers en dergelijke in de mannelijke vorm worden gesproken. Dit om de leesbaarheid te vergroten en niet om te suggereren dat er een verschil bestaat in slechthorendheid of wetenschappelijke kwaliteit tussen mannen en vrouwen.

OVERPEINZING VOORAF

"Audiologie is letterlijk : de wetenschap van het horen. Zij omvat de bestudering van het gehoor en zijn afwijkingen vanuit fysische, medische, (ortho-)pedagogische, psychologische en sociale gezichtspunten. Daarnaast is zij gericht op het wegnemen of tot een minimum reduceren van de gevolgen van slechthorendheid en doofheid in de praktijk. De audiologie is derhalve interdisciplinair en de audiologische begeleiding van een slechthorende of dove multidisciplinair."

Deze tekst citeren wij uit het jaarboekje van de Nederlandse Vereniging voor Audiologie (de N.V.A.), zij het dat wij het daarin gebruikte woord "gehoorstoornis" veranderd hebben.

Slechthorenden en doven noemen zichzelf liever niet gehoorgestoord omdat dit iets ernstigers suggereert dan slechthorendheid of doofheid alleen. En zij hebben leergeld betaald want Aristoteles (384-322 v. Chr.) vond dat blinden voor onderwijs bevattelijker zijn dan doven. Dit werd rondverteld als: doven zijn dom. Deze uitspraak is tot in de zestiende eeuw geldig gebleven. Niemand begon er meer aan om doven (en slechthorenden) op te voeden. Trouwens, niemand minder dan de Kerkvader Augustinus (354-430 n. Chr.) had gesteld dat doven niet tot geloof konden komen, immers "zo is dan het geloof uit het horen" (Romeinen 10:7). Deze uitspraak werd niet minder dan zo'n 700 jaar na die van Aristoteles gedaan en bevestigde die dus. In het jaar 529 verschijnt de Codex Justinianus met een deel van het Romeins recht. Hierin worden (slechthorenden en) doven feitelijk met geestelijk onvolwaardigen gelijkgesteld. Hun worden de rechten van het Romeins staatsburgerschap ontnomen. De tijd van gezaghebbende onterechte uitspraken is trouwens ook nu nog niet voorbij. We dienen voortdurend op te passen niet in zo'n ban terecht te komen. Die uitspraken zitten met hun wetenschappelijk bewijs (!) de hulpverlening soms danig in de weg.

Klinische audiologie is de toepassing van de audiologie op mensen met een al dan niet vermeend hoordefect en soms ter vaststelling van goedhorendheid in geval van keuringen of expertises. Er

is trouwens onderscheid. Er bestaat een wereld van goedhorenden, van slechthorenden en van doven. De bewoners van die drie werelden, die ruimtelijk en in de tijd toch zijn vermengd, kunnen elkaar niet doorgronden. In de filosofie van het oude Griekenland wist men dat als gelijk kan slechts door gelijk worden gekend. De slechthorenden laten zich onderverdelen in verminderd goedhorenden, slechthorenden, ernstig slechthorenden en mensen met benutbare hoorresten. De doven zijn totaal doof, vibratiedoof of hebben niet-benutbare hoorresten. Een andere indeling krijgt men als men de leeftijd waarop iemand slechthorend of doof is geworden in aanmerking neemt. Zo onderscheiden we prelinguaal slechthorenden of doven en zij die dit in de fase van de opvoeding zijn geworden of later in het arbeidsproces. Ook is er beroepsslechthorendheid, ouderdomsslechthorendheid en er zijn plotsdoven: mensen die van het ene op het andere ogenblik doof worden. Aan de ene kant is er dus een grote verscheidenheid aan oorzaken voor het zintuigelijk dysfunctioneren en aan de andere kant een enorm aantal verschillende gevolgen. Nu komt de aap uit de mouw: behalve met het horen, verstaan, begrijpen en functioneren via het gehoororgaan bemoeit de klinische audiologie zich met de mens als totaliteit voor zover die van het gehoor afhankelijk is en erdoor wordt bepaald. De zorg strekt zich trouwens ook uit over de groep van mensen waar een slechthorende deel van uitmaakt: zijn gezin, het verkeer, de school, de werkgemeenschap, de vereniging, het bejaardenhuis en zo meer. Slechthorendheid en doofheid is steeds een groepsprobleem, het alternatief is de bedreigende vereenzaming of isolatie. De articulatie van goedhorenden, de akoestiek van gebouwen, aanvullende gebaren, en gelaatgerichtheid vallen, evenals preventie en vroegtijdige diagnostiek onder de aandacht van de klinische audiologie.

INLEIDING

De patient wordt door een medisch specialist naar het audiologisch centrum verwezen. Die specialist is meestal een k.n.o.-arts en vaak een kinderarts. Het onderzoek begint met een anamnesegesprek, uitgaande van de informatie die van de specialist verkregen is. Wat is de klacht, het verloop, de ernst en wat zijn mogelijk erfelijke factoren? Dan volgt de bepaling van de gevoeligheid van elk van de beide oren en indien dit onvoldoende is, een onderzoek naar de plaats in de gehoorbaan van een eventuele beschadiging. Allereerst geldt: is het probleem door medisch ingrijpen op te heffen? In dat geval dienen de meetresultaten als argumenten voor

de aanvullende medische diagnostiek. De klinisch audioloog treedt dan in gesprek met met de medisch specialist wat inhoudt dat beiden dezelfde taal moeten spreken. Een klinisch audioloog dient derhalve medisch geschoold te zijn. De patient (en niet zijn goedgevoerde begeleider!) blijft in dat gesprek de hoofdrol spelen en wordt er zoveel als mogelijk is bij betrokken. Ten tweede geldt dat als medisch ingrijpen onmogelijk of ongewenst is, er een audiologische diagnose dient te worden gesteld. Zowel bij de diagnostiek als bij de revaliderende therapie verbreedt de klinische audiologie zich met een tal van andere disciplines. Maatschappelijk werk, psychologie, techniek, logopedie en orthopedagogie kunnen bijdragen. De klinisch audioloog speelt doorgaans nu een coördinerende rol, hoewel het geen sine qua non is dat juist hij dat doet. Dit alles impliceert dat de audioloog de taal, die in deze alfa-, beta- en gamma-denkpatronen wordt gehanteerd en de achterliggende filosofieën op waarde weet te schatten, terwijl zijn vaktaal en visie, in casu de natuurfilosofie, bij anderen begrip moet vinden. In de praktijk betekent dit dat er interdisciplinair, door elkaar beïnvloed, wordt gediscussieerd. De uitvoering van een behandelingsplan is daarentegen weer duidelijk multidisciplinair: elk heeft een eigen taak, elkaar daarbij aanvullend. De rol van de fysicus-audioloog als onderzoeker zit vooral in de eerste lijn: bepaling van de gehoorscherppte en spraakonderscheidend vermogen en eventueel enige compensatie van het verlies met behulp van hoortoestellen.

De opzet van dit artikel is de lezer een indruk te geven van het werkkterrein van de audioloog, en geen uitputtende opsomming te geven van alle mogelijke tests.

1 DEFINITIE VAN HET PROBLEEM .

Wat is slechthorendheid? Een fysicus zou nu graag enige natuurkundige parameters zien verschijnen, die op het Audiologisch Centrum zorgvuldig los van elkaar kunnen worden gemanipuleerd met als eindresultaat een vergelijking met 1 onbekende waaruit de slechthorendheid kan worden opgelost. Laten we de mogelijke parameters eens inventariseren waarbij we de klachten van mensen die beweren een slecht functionerend gehoororgaan te hebben als uitgangspunt nemen.

Waarover wordt zoal geklaagd? Veelal over een achteruitgang van de gevoeligheid van het oor: "het is net of de mensen steeds zachter praten!". Veel mensen ook klagen over een partieel

gehoorsverlies: sommige dingen hoor ik even goed als vroeger, andere geluiden, zoals vogels, niet. Anderen zeggen evenveel te horen als vroeger, maar het verstaan kost steeds meer moeite, daarbij lijkt het wel of er zelfs overlast bestaat voor harde geluiden. Dit is het zogenaamde "grootmoeder-effect": op normale conversatiesterkte verstaat oma je slecht, maar verhef je je stem, dan zegt ze geërgerd: "je hoeft niet zo te schreeuwen jongen, ik ben niet doof." Het verschijnsel wordt recruitment genoemd: een pathologische dynamiek-verkleining. Sommige mensen verstaan vooral slecht in geroezemoes. Anderen verstaan juist in een lawaaige omgeving heel redelijk maar in een stille omgeving kost het juist moeite. Er zijn ook mensen die zeggen best te horen, maar klagen over fluittonen of storm in het oor, sommigen horen zelfs psalmen. Mengvormen van deze klachten bestaan ook.

Wat moeten we hiermee? Als we al deze klachten onder 1 noemer willen brengen kunnen we het nog knap lastig krijgen. En daarmee zou het dan mogelijk moeten zijn om de mate van horendheid uit te drukken in bijvoorbeeld een percentage? Nee, wie dat meent onderschat het probleem nog.



fig 1 het definieren van bomen

Slechthorendheid samenvatten in een percentage of een getal veronderstelt dat de hinder van fluittonen in eenzelfde dimensie is uit te drukken als de hinder van mompelende mensen of kwetterende kleinkinderen.

Slechthorendheid te definieren op basis van wat slechthorenden er over zeggen lijkt voorlopig geen handige weg, het is als het definieren van bomen in grootheden als zonlicht, regen en

mest. Het leidt in elk geval moeilijk tot een eenduidig begrip. Onze definitie van slechthorendheid kunnen we wellicht beter baseren op de bouw en functie en samenhang van de samenstellende delen van het gehoororgaan. Wij zullen in de volgende paragraaf daaraan enige aandacht geven. Natuurkundig is deze manier van benaderen weliswaar zeer gebruikelijk, doch nu dient zich een moeilijkheid aan: wij kunnen bij lange na nog niet elk deelnemend systeem tot in details beschrijven. Met een exacte beschrijving van het functioneren van het middenoor is men aardig gevorderd.

De beschrijving van de werking van het binnenoor lijkt de laatste jaren interessante vorderingen te maken (een fysisch-mathematisch model van het toononderscheidend vermogen zit bijvoorbeeld erg in de lift), maar een exacte beschrijving van de werking van het hele slakkehuis lijkt nog ver weg. Er bestaat ook wel enig inzicht in de overdracht van geluid door de zenuwbanen tussen het binnenoor en de hersenstam, maar van de projectie op de hersenschors is eigenlijk niets bekend. Na deze projectie moet het geluid worden herkend en dan pas is er geluidspceptie. De volgende stap is het begrijpen van wat het geluid heeft te betekenen. Dit begrijpen noemen we "gnosis". Het begrepen moet nu nog worden ingepast in ons mogelijk denken en doen en dit proces van inpassen noemen we de "cognitieve functie".

Het mag allemaal nog zo'n mooie naam hebben, maar goed beschouwd is er maar bitter weinig aan het proces van horen, verstaan en begrijpen waar we iets van weten. Toch zit er voor de fysisch-audioloog eigenlijk niets anders op dan de blik op nul te zetten, het verstand op oneindig en deze weg maar te volgen, in afwachting van kennis die nog komen moet. Maar, laten we eerlijk zijn, het maakt het werk dan wel wat minder exact, de klinicus leeft op.

Van nu af gaan wij dus over slechthorendheid spreken in termen van wat wij weten over de bouw en werking van de verschillende delen van het gehoororgaan en drukken dat uit in grootheden zoals gevoeligheid voor akoestische energie, gevoeligheid voor veranderingen daarin, frequentieonderscheidend vermogen, tijdoplossend vermogen, en gevoeligheid voor (standaard-) stoorgeluid. Om de klachten van patienten te kunnen objectiveren zullen wij tevens moeten zoeken naar relaties tussen subjectieve en objectieve parameters. Men denke daarbij aan luidheidsgewaarwording versus akoestische energie en toonhoogtegewaarwording versus frequentie. In dit artikel echter, zal daartussen geen onderscheid worden gemaakt.

Natuurlijk is elk verhaal over audiologie, dat vooral bedoeld is voor niet-vakbroeders onvolledig zonder een beknopte beschrijving van de anatomie van het oor. Aan het uitwendig deel, de oorschelp en de gehoorgang zullen wij verder weinig aandacht besteden. Wij vermelden alleen, dat het simpele gebaar van een hand achter het oor de spraakfrequenties zo'n 15 dB versterkt.

Het middenoor speelt een rol bij de signaaloverdracht, niet bij de signaalverwerking. Het systeem bestaat uit het trommelvlies en een keten van drie uiterst kleine z.g. gehoorbeentjes: de hamer, een geheel vormend met het trommelvlies, het aanbeeld en de stijgbeugel daaraan scharnierend vastzittend.

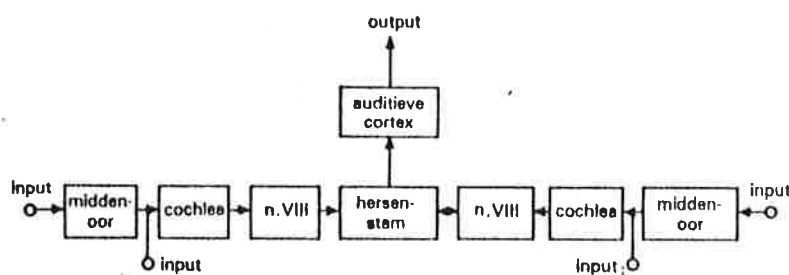


fig 2 blokschema gehoororgaan

De functie van het middenoor is het zeer kwetsbare binnenoor af te schermen van vuil, stof, grote temperatuurschommelingen en dergelijke. Het systeem werkt echter vooral, zeer vernuftig, als een transformator. Geluid bereikt ons trommelvlies namelijk als variaties in luchtdruk, maar het binnenoor is gevuld met vloeistof (voor de omzetting van mechanische naar electro-chemische energie is dat handig). Zonder speciale maatregelen zou er aan het grensvlak van lucht en vloeistof nogal wat energieverlies optreden in de vorm van terugkaatsend geluid en de lezer begrijpt dat zulks juist niet de bedoeling is. Om dezelfde reden trouwens, draagt geluid over een wateroppervlak juist zo ver: er wordt weinig energie door de vloeistof geabsorbeerd. De gehoorbeentjesketen nu, zorgt ervoor dat de geluidsenergie zodanig wordt omgezet dat vrijwel alles door het vloeistofsysteem kan worden opgenomen. Voor de diagnostiek is het van belang te weten dat de stijgbeugels (zowel links als rechts) met behulp van een spiertje (m.stapedius) enigszins gekanteld worden wanneer aan een van beide oren geluid wordt

7
fungeert zo als automatische gehoorbeschermer. Volledige uitval van het middenoor heeft 60 dB gehoorsverlies over het hele toongebied tot gevolg.

Het binnenoor is het meest delicate deel van het perifere gehoororgaan. Het evenwichtsgedeelte, bestaande uit de drie halfcirkelvormige kanalen vormt met het slakkehuis (of cochlea) een geheel, dat gezien moet worden als een holte in het rotsbeen. Het is daardoor zeer goed beschermd maar niet uitwisselbaar met bijvoorbeeld een donor-binnenoor. We laten de booggangen verder voor wat ze zijn en beperken ons tot het slakkehuis. Het slakkehuis is een kokertje van zo'n drie centimeter lengte, in tweeneenhalve winding opgerold. Voor een goed begrip is het handig om het uitgerold voor te stellen. We zien dan een pijpje dat overlangs in tweeën gedeeld is door een structuur waarop het eigenlijke gehoorzintuig ligt: het orgaan van Corti. Het bestaat uit zo'n 25.000 achter elkaar liggende cellen, haarcellen genaamd, elk voorzien van een aantal wuivende uitsteekseltjes,

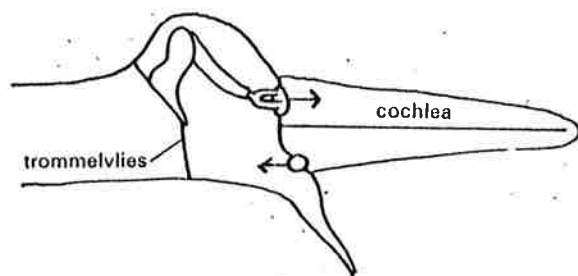


fig 3 midden- en binnenoor schematisch

Voor de lezer is het nu interessant te weten, dat aanbieden van een hoogtonig geluid uitsluitend activiteit in het voorste stuk van de cochlea tot gevolg heeft en naarmate een geluid lager van toon is, wordt naar achteren toe meer van het slakkehuis geactiveerd met een nadruk in sterkte op het achterste deel. Gesimplificeerd kan men zeggen, dat bij elke toonhoogte een bepaalde plaats in de cochlea hoort: van hoog naar laag, van voor naar achter. Voor het kiezen van de juiste testgeluiden is het van belang te weten dat elke frequentieverdubbeling in het toonaanbod vrij goed overeenkomt met een gelijk aantal millimeters in het slakkehuis. Door in het gehooronderzoek tonen in oktaven aan te bieden,

doorlopen we dus in ongeveer gelijke stappen het slakkenhuis en hopelijk geeft ons dat zinvolle informatie over eventueel dysfunctioneren van het orgaan.

8

Het retrocochleaire deel van het gehoororgaan betreft de zenuwbaan tussen slakkehuis en hersenschors. We komen nu meer op het terrein van de neurologie. In het kader van dit artikel is het slechts interessant te weten dat het signaal in de zenuw een aantal schakelstations (synnapsen) passeert. Bij aankomst in een synnaps wordt ter plaatse een chemische stof vrijgemaakt die aan de overkant van het station wordt opgevangen. Dit is het vertreksein voor een gelijksoortig signaal, richting volgende synnaps. De bedoeling van dit estafette-achtige proces is om verzwakking van de signaalsterkte op te vangen. Retrocochleair onderzoek richt zich in de klinische toepassing op de snelheid waarmee de zenuwimpuls (het antwoord van de cochlea op geluid) de zenuwbaan doorloopt tussen cochlea en hersenstam. Ruimte-innemende structuren (tumoren) in dit gebied kunnen een vertragend effect hierop hebben.

MEETMETHODEN

Willen wij iets meten aan iemands gehoororgaan, dan verdient allereerst een ogenschijnlijk zeer on-fysisch maar desalniettemin interessant probleem onze aandacht. In de natuurkunde is het ongebruikelijk dat het onderwerp van studie er een eigen mening op na houdt, toch is het bij de huidige stand der techniek nauwelijks mogelijk idee te krijgen van de hoorfunctie van een patient zonder hemzelf uitspraken daarover te laten doen. De kunst is daarom die uitspraken allereerst betrouwbaar en reproduceerbaar te laten zijn. Betrouwbaar betekent hier: het onderling in overeenstemming zijn van de resultaten van verscheidene metingen die van elkaar onafhankelijk zijn. De natuurkunde die (noodzakelijkerwijs helaas) de mens zelf als meetinstrument gebruikt, wordt "psycho-fysica genoemd". In een goed psychofysisch onderzoek kan de proefpersoon geen subjectieve kwalificaties (mooi zo/he, wat jammer) toekennen aan het experiment en treedt elke bewuste beïnvloeding van het experiment door de proefpersoon direct aan het licht. Regels waaraan een psychofysisch onderzoek moet voldoen zijn sinds lange tijd geformuleerd (handboek der psychonomie) Bij gebrek aan beter is niet ieder psychofysisch gehooronderzoek een goed psychofysisch onderzoek, maar ervaring van de onderzoeker en wat "Fingerspitzengefühl" kan daar aardig aan tegemoet komen.

Bij gehooronderzoek zullen we een keus moeten maken uit testgeluiden (stimuli). Enerzijds moet een testgeluid fysisch liefst makkelijk te definiëren zijn, anderzijds willen we graag een eenvoudige relatie met de geluiden van alledag (spraak).

Laten we er maar niet te lang omheen draaien, natuurlijk willen we vooral gewoon een zuivere toon als stimulus, ofschoon er heel wat mensen rondlopen die nog nooit een zuivere toon gehoord hebben en dus ook niet kunnen beoordelen of zij een zuivere toon goed of slechthoren. Dat is nu jammer, maar de natuurkunde snelt ons te hulp. Volgens de wetten van Fourier kan elk willekeurig geluid, dus ook spraak, opgebouwd gedacht worden uit een (soms oneindig groot, dat wel) aantal zuivere tonen. Op fysische gronden kunnen we daarom, zeker voor een aantal onderzoeken gebruik maken van zuivere tonen. Overigens blijkt er in de praktijk wel enige relatie te bestaan tussen het horen van allerlei zuivere tonen en het verstaan van spraak, maar een echt eenvoudig verband ertussen is nog niet gevonden. We zullen er daarom toch niet aan ontkomen om gestandaardiseerde spraak als testgeluid te gaan gebruiken, maar daarover straks.

Voor de diagnostiek is het zinvol om onderscheid te maken in metingen met geluidsterktes in de buurt van de gehoordrempel (drempelmetingen) en metingen met geluidsterktes ruim boven de hoordrempels (bovendrempelige metingen). Gebleken is namelijk dat bij retrocochleaire aandoeningen met een intact perifeer gehoororgaan (middenoor met binnenoor) de drempelmetingen niet of nauwelijks gestoord hoeven te zijn, maar de bovendrempelige metingen duidelijk wel.

drempelmetingen:

Toon-audiometrie De audiometer is geen meetapparaat, dat is de patient zelf, zoals al eerder ter sprake kwam. De audiometer is een ergonomisch fraai uitgevoerde generator van zuivere tonen. Met behulp van een koptelefoon kan een toon aan de patient aangeboden worden waarvan de frequentie en de geluidsintensiteit nauwkeurig kunnen worden ingesteld. De patient moet nu aangeven of hij de aangeboden toon heeft gehoord. Zo ja, dan wordt de toon met minder intensiteit aangeboden. Dit herhaalt zich totdat het zachtste geluid gevonden is dat door de patient kan worden waargenomen. In oktaven wordt nu het voor het spraakverstaan relevante toongebied doorlopen, om redenen die eerder zijn genoemd. Op deze wijze wordt een indruk verkregen van de gevoeligheid van het totale gehoor, inclusief het middenoor. Door in plaats van een koptelefoon een z.g. beengeleider te gebruiken die op het rotsbeen wordt geplaatst

wordt informatie verkregen over het functioneren van het gehele hoorsysteem m.u.v. het middenoor. Door deze metingen met elkaar te vergelijken krijgt men derhalve idee over de werking van het middenoor. Wij hebben hiermee dus een instrument voor een differentiaal diagnose in handen. De aldus verkregen gevoeligheid van het oor als functie van de frequentie wordt grafisch weergegeven in het audiogram. De methode faalt als de patient aan een zijde volledig doof is en de onderzoeker daarvan nog niet op de hoogte is, bijvoorbeeld omdat de patient (of het patientje) het zelf nog nooit gemerkt heeft. Bij al te grote geluidsintensiteiten aan de dove kant (boven de 50 dB reeds!) zal het testgeluid dwars door de schedel heen het goede oor bereiken. De patient, onwetend over zijn eenzijdige doofheid, veert nu op: Ja, hij hoort iets! Wij hebben nu de akoestische demping van de schedel bepaald en de

reactie van het goede oor, maar dat weten wij zelf nog niet. Om zeker te zijn dat wij het gewenste oor aan het onderzoeken zijn maken wij met ruis het niet-testoor a.h.w. doof. Bij sommige vormen van slechthorendheid kan het toepassen van te veel ruis de meting toch weer bederven, maar het zou te ver voeren hier in detail op in te gaan. De audiometer beschikt over voorzieningen om dit soort metingen te kunnen doen.

Zoals bij alle psychofysische experimenten faalt deze meetmethode natuurlijk ook, als de patient niet kan of wil meewerken. Bij jonge tot zeer jonge kinderen wordt de eerste vijf minuten van het onderzoek een bewegingsreflex geconditioneerd: als je een bepaald geluid hoort, is er op zekere plaats ook iets aardigs te zien of mag je iets leuks doen. Ook kan de koptelefoon in voorkomende gevallen vervangen worden door luidsprekers, door reflecties in de onderzoeksruijnte echter is de geluidsintensiteit daarmee wat minder goed te definiëren.

Automatische audiometrie. Een cooperatieve patient kan, met een druk op een knop aangeven wanneer hij een geluid juist hoort en door de knop los te laten duidelijk maken dat hij het geluid niet meer hoort. Tijdens het onderzoek loopt de toonhoogte van de stimulus met zekere snelheid op (of neer). Op deze manier kan de patient een schrijvende recorder een zigzag spoor laten trekken dat zich beweegt rond zijn gehoordrempels. Het testgeluid kan hierbij intermitterend of continu worden aangeboden. Diagnostisch interessant is nu dat bij patienten met een pathologische dynamiek van het gehoor er daardoor een verschil in drempelwaarden kan ontstaan. Dit blijkt zich uitsluitend voor te doen bij aandoeningen van het binnenoor, daarmee

hebben wij een opnieuw een aardig instrument in handen voor een differentiaaldiagnose: middenoor, binnenoor, retrocochleair.

bovendrempelige metingen.

Het is mogelijk de beweeglijkheid van het trommelvlies te meten en daarmee een uitspraak te doen over de akoestische weerstand van het gehele middenoorsysteem. De meting heet impedantiemetrie. Het aardige van dit onderzoek is dat het een klassiek fysische meting is: de patient behoeft geen uitspraken te doen of handelingen te verrichten. Bij dit onderzoek wordt de gehoorgang luchtdichtafgesloten met een flexibel kunststof dopje. Door het dopje steekt de uitgang van een zuig-perspompje, een luidsprekertje en een microfoon. Met behulp van de pomp kan een lichte over- of onderdruk worden aangebracht, zodat het trommelvlies naar wens wat naar binnen of buiten kan bollen, waardoor de soepelheid van het middenoorsysteem wordt gewijzigd. De mate waarin een door het luidsprekertje geproduceerd toontje door het trommelvlies wordt gereflecteerd, zegt iets over de stand van het trommelvlies: in bolle en holle stand reflecteert het trommelvlies veel energie, in de evenwichtsstand is de echo gering en de geluid-doorlaat derhalve groot. Door nu de luchtdruk op het trommelvlies gelijkmatig te variëren wordt een grafiek verkregen van de akoestische weerstand van het middenoor als functie van de luchtdruk. Een star trommelvlies heeft vaak vochtophoping in de middenoorholte als oorzaak en kan reden zijn een patient naar de kno-arts te verwijzen. Maar de impedantiemetrie kan meer. Zoals eerder ter sprake kwam, kantelen de stijgbeugels enigszins wanneer aan een van beide oren (bijvoorbeeld het andere oor) een geluid iets boven spraakniveau wordt aangeboden. Bij een constant gehouden druk, moet dat resulteren in een veranderde stand van het trommelvlies, en een veranderde echo van het meettoontje. Dit fenomeen staat buiten de wil van de patient. Met de impedantiemeter is de intensiteit waarop deze reflex begint op te treden vrij nauwkeurig te bepalen. Is een zeker gehoorsverlies geheel te wijten aan middenoordefecten dan is dit direct terug te vinden in overeenkomstig verschoven reflexdrempels. Bij zuivere binnenoorverliezen ligt het minder eenvoudig doordat dat vaak samengaat met een pathologische luidheidswaarneming, die eerder in dit artikel al genoemd werd als recruitment. Het bepalen van deze reflexdrempels kan echter zeer wel in overeenstemming zijn met eerder (psychofysisch) gevonden meetresultaten, dan wel er juist mee in tegenspraak

zijn zodat de onderzoeker op tijd de kans krijgt te twijfelen aan die eerder gevonden resultaten.

Maar de impedantiemetrie kan nog meer. Biedt men aan een gezond oor gedurende tien seconden zo'n ruim bovendrempelige stimulus aan dan zal het stijgbeugelspiertje gedurende de volle tien seconden zijn kracht behouden. Dit is te zien aan een constant blijvende trommelvliesuitslag gedurende stimulatie. Verliest echter gedurende die tijd de spier een beduidend deel van zijn contractie (teruglopende trommelvliesuitslag) dan kan dat wijzen op een retrocochleair ziektebeeld.

Spraakaudiometrie Het zou fijn zijn als het toonaudiogram snel en overzichtelijk duidelijkheid verschafte over het verstaan van spraak in allerlei denkbare akoestische omstandigheden. Een zekere relatie is er ook wel. Om in te zien welke, moet de lezer zich realiseren dat de hoge frequenties in spraak veel informatie bevatten (zoals medeklinkers) maar weinig energie. Een verlies aan hoge-tonen-gevoeligheid leidt daarom al snel tot verslechterd spraakverstaan, terwijl de patient niet in de eerste plaats klaagt over gebrek aan luidheid. Een dergelijk gehoorsverlies (veel voorkomend op oudere leeftijd en bij lawaaibeschadiging) is in gezelschap desastreus. Immers, tracht de patient een gesprek a deux te voeren dan dringen de lage tonen uit de omringende gesprekken ongegeneerd tot hem door, zodat hij zich in het verstaan nu ernstig gehinderd voelt. Zijn goedgehoorde gesprekspartner hoeft zich slechts te concentreren op het hoog dat hij hoort, de hoge tonen van de kwebbelende omgeving zijn met hun gebrek aan energie al lang in de gordijnen verdwenen. Het hoog dat hij wel hoort is louter afkomstig van zijn gespreksgenoot, het storende laag schakelt hij als het ware uit. Er is kortom een duidelijke relatie tussen het gehoorsverlies in de hoge tonen en spraakverstaan in geroezemoes enerzijds en om overeenkomstige redenen tussen lage-tonen-gehoorsverlies en spraakverstaan in stille ruimtes anderzijds.

Ondanks alle optimistische geluiden over de wetten van Fourier, volgens welke we spraakgeluid opgebouwd mogen denken uit een groot aantal zuivere tonen, blijkt er toch een groot verschil te kunnen blijven bestaan tussen een zeker toonaudiogram en het spraak-discriminerend vermogen van veel patienten. Misschien heeft het te maken met eventueel gestoord toon-onderscheidend vermogen, wat bij toonaudiometrie immers niet wordt getest. Ook zou de snelheid waarmee

geluidssignalen op meer centraal niveau worden verwerkt een rol kunnen spelen. Soms ook is er bij een symmetrisch toonaudiogram een merkwaardig asymmetrisch spraakaudiogram. Hoe dan ook, er zijn de afgelopen dertig, veertig jaar een aantal tests ontwikkeld, die tot doel hebben een reproduceerbaar beeld te geven van de mogelijkheden die de patient heeft om spraak te verstaan, zowel in akoestisch goede als ongunstige omstandigheden. De tests bestaan uit lijsten met spraakuitingen. Met een cassette-recorder en een geijkte versterker worden de lijsten aangeboden aan de patient aan wie gevraagd wordt elk gehoord woord of klank na te zeggen. De lijsten zijn zo goed mogelijk fonetisch uitgebalanceerd, wat wil zeggen dat elke lijst beschikt over dezelfde klankeenheden (fonemen) die per lijst naar verhouding even vaak voorkomen als in het Nederlands. Met behulp van deze fonemen worden per lijst wel verschillende woorden aangeboden om een leereffect tegen te gaan. Essentieel is dat bij zekere luidheid de score per lijst niet of nauwelijks mag veranderen. De informatie-inhoud van de zo gevormde woorden is zo gekozen dat 'goed gokken' moeilijk is. Zo zal een woord als 'lantarenpaal' een slecht testwoord zijn, en 'kat' een goed. Wordt een woord als 'kat' namelijk goed nagezegd, dan is de kans groot dat elke foneem erin ook goed is verstaan. Door per lijst een relatief groot aantal woorden te nemen wordt dit gokelement tot een aanvaardbaar minimum teruggebracht. Het percentage goed nagezegde woorden als functie van de gebruikte luidheid kan nu in een grafiekje worden uitgezet: het spraakaudiogram. Een geoefend onderzoeker kan hier een schat aan gegevens uit halen. De benodigde intensiteit bij zeker percentage vergeleken met het spraakaudiogram van een goedhorende (norm-curve), zegt iets over de mate van verlies aan luidheid van de patient. Als ondanks luider maken van de testwoorden het percentage goed nagezegde woorden niet verbetert, zegt dat iets over de ernst van de handicap. Ook kan het gebeuren dat bij luider maken van de woorden de score juist afneemt. De steilheid van de curve tenslotte zegt iets over de dynamiek van het oor (recruitment).

Spraakaudiometrie behoort tot de routineonderzoeken in de audiologie. Bij kinderen is het mogelijk van af hun vijfde, zesde jaar. Het spraakaudiogram is van grote waarde bij de vraag of er wel of niet hoortoestellen nodig zijn. Bij kinderen is het spraakaudiogram van belang bij een schooladvies.

Tot zover het spraakaudiometrisch onderzoek met losse woorden in stille ruimtes.

Er is (en wordt) zeker ook veel onderzoek gedaan naar spraakverstaan in stoorgeluid, en niet in de laatste plaats met zinnen in plaats van woorden om de situatie van alledag een beetje te benaderen. Aan de klinische routinematige toepassing zijn deze tests eigenlijk nog niet geheel toe, het laatste woord is er nog lang niet over gezegd.

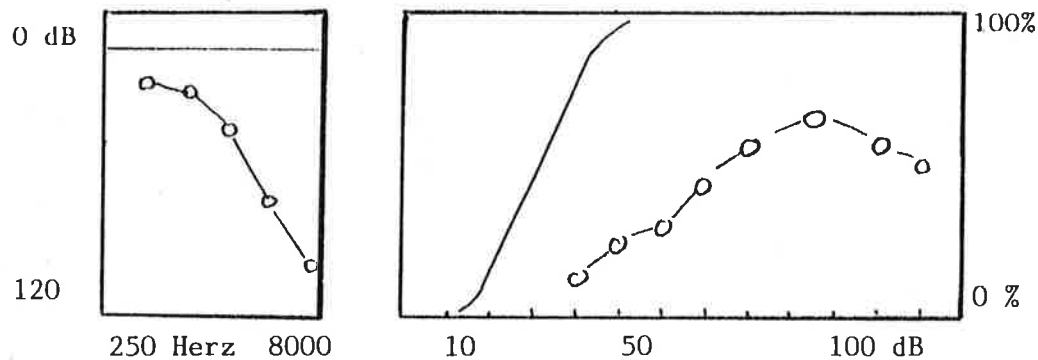


fig 4 voorbeeld van toon- en spraakaudiogram.

evoked response audiometrie Oorzaken van gehoorsverlies kunnen dus door middel van allerlei tests gelocaliseerd worden in middenoor, binnenoor, maar ook in het gedeelte van de gehoorbaan dat zich na de cochlea uitstrekt, het retrocochleaire gebied. Het daar bijbehorende klachtenpatroon betreft vaak een eenzijdig, enigszins progressief gehoorsverlies en een vervelend, drukkend, vol gevoel aan die zijde in het hoofd. Bij audiologisch onderzoek blijkt vaak een asymmetrisch toonaudiometrisch verlies en bij automatische audiometrie is soms een specifiek patroon te herkennen. Bij impedantiometrie verlopen de stijgbeugelreflexdrempels bij aangehouden geluids aanbod. Het spraakaudiogram aan de aangedane zijde is veelal opmerkelijk gestoord. Een aantal jaren geleden werd voor de diagnose nog vrij vaak een aantal zogenaamde centrale spraaktests gebruikt. Hiermee werden links-rechts verschillen in spraakverstaan opgespoord en ook de mate van fusie van gelijktijdig aan beide oren aangeboden spraakgeluiden. Deze veel tijd vragende onderzoeken zijn in de klinische routine langzamerhand verdrongen door de zg Brainstem Evoked Response Audiometrie (BERA), zo genoemd omdat hiermee op electro-encephaloscopische wijze het pad tussen slakkenhuis en hersenstam wordt onderzocht. Het is een objectief audiometrische methode, wat wil zeggen dat aan de patient wordt gemeten, eventueel onder narcose zoals bij onrustige patienten. Via een paar elektroden kunnen zeer kleine elektrische spanningen aan de schedel gemeten worden. Uiteraard is de onderzoeker

slechts geïnteresseerd in elektrische hersenactiviteit die het directe gevolg is van aan de patient aangeboden testgeluid. Om deze activiteit zichtbaar te maken binnen het totaal aan meetbare spanningen aan de schedel zijn bijzondere voorzieningen vereist. Het meetapparaat biedt een geluidsstimulus aan en meet direct daarna het totale spanningsverschil tussen de elektroden. Het toestel herhaalt dit een zeer groot aantal malen en telt iedere meting algebraïsch op bij de vorige, waarna de uitkomst gemiddeld wordt. Spannings-bijdragen die geen enkel causaal verband hebben met de akoestische stimulus zullen na een groot aantal middelingen statistisch even vaak eenzelfde positieve als negatieve bijdrage leveren. Deze ongewenste bijdragen verliezen daarmee, al middelend, langzaam aan betekenis. Op het beeldscherm van het meetapparaat is het effect dat de feitelijke responsie langzaam als het ware uit een zee van signalen oprijst.

hier komt een foto

fig 6 BEERA

Relevant in het meetresultaat is de responsie die in de eerste 6 milliseconde volgt op de stimulus. Zoals in een eerdere paragraaf ter sprake kwam passeert het zenuwsignaal in zijn race tussen cochlea en hersenstam een aantal schakelstations. De hierbij vrijkomende chemisch stoffen zijn er de oorzaak van dat vanaf het moment van stimulering er ongeveer elke milliseconde een klein elektrisch spanningspiekje te meten is. De exacte tijdsafstand hiertussen geeft informatie over de snelheid waarmee het signaal de weg doorloopt en daarmee informatie over mogelijke pathologie. Het exacte responsie patroon is uiteraard afhankelijk van een aantal fysische en fysiologische parameters waarvan vooral de intensiteit van het

aangeboden geluid diagnostisch belangrijk is. We komen hier op terug. De audioloog zou als test geluid natuurlijk weer graag een zuivere toon gebruiken, maar dat zit hem als fysicus niet glad! Een toon van bijvoorbeeld 1000 Hz heeft een trillingsgetal van 1000 keer per seconde. Een trilling van het luidsprekertje in de koptelefoon kost dus al 1 milliseconde. Maar we kunnen nooit volstaan met 1 trilling want op fysische gronden ontkomen we er niet aan de koptelefoon een aantal trillingen te laten uitvoeren met geleidelijk toe- en weer afnemende intensiteit. Het gevolg zou zijn dat de koptelefoon nog bezig is met de stimulus te leveren terwijl de eerste responsies al voorbij zijn (elke milliseconde een!). Van een eenduidig te interpreteren resultaat zou geen sprake meer zijn. Hoewel er op wetenschappelijk niveau wel wordt geëxperimenteerd met zuivere tonen als stimulus wordt er in de kliniek gebruik gemaakt van een z.g. click. Dit is een enkelvoudige heen en weer slingering van het koptelefoon-speakertje. De stimulus bevat hiendoor volgens de wet van Fourier helaas weer veel vervorming, maar in de praktijk blijkt dit toch een zeer werkbaar apparaat op te leveren.

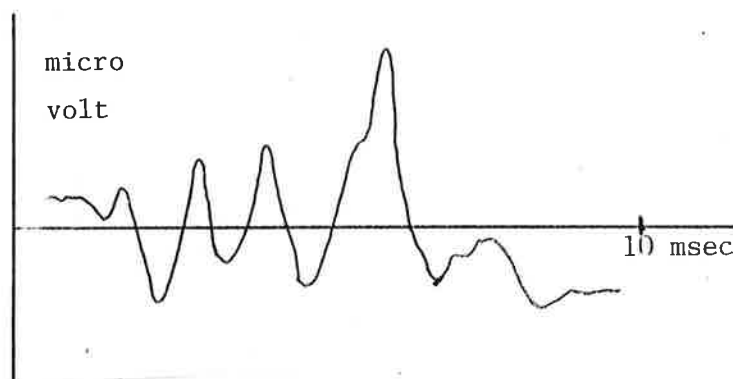


fig 7 typisch responsie patroon van de BERA

Niet onvermeld mag blijven dat de intensiteitsparameter interessante mogelijkheden biedt. Blijkt men namelijk voldoende luid te stimuleren dan is er inderdaad elke milliseconde een potentiaalpiekje te zien. Wordt de intensiteit nu langzaam verminderd dan verdwijnen steeds meer piekjes uit beeld tot net boven de hoordrempel alleen de vijfde piek nog te zien is. Dit verschijnsel geeft ons dus de mogelijkheid een uitspraak te doen over de gehoorscherpthe bij mensen waarbij dat anders niet mogelijk is. Het betreft dan de gehoorscherpthe voor klik geluiden, maar gelukkig blijkt er toch een correlatie te bestaan met het gehoor voor de hoge

tonen. Aangezien de hoge tonen voor het spraakverstaan van groter belang zijn dan de lage tonen, geeft dit ons toch een vrij krachtig objectief drempelmeet -instrument in handen

REVALIDATIE

Het is een van de expliciete taken van de audiologie om de gevolgen van slechthorendheid en doofheid in de praktijk zo klein mogelijk te doen worden. Een van de mogelijkheden tot revalidatie is het gebruik van hoortoestellen. Voordat wij daaraan wat meer aandacht gaan geven, willen de auteurs vaststellen dat huns inziens hoorrevalidatie iets anders is dan een hoortoestel alleen. Voor jonge slechthorende kinderen moet een psychologisch en logopedisch onderzoek inzicht geven in de intellectuele en de spraak- en taalmogelijkheden. In een vroeg stadium moet een keuze worden gemaakt met betrekking tot het te volgen onderwijs. Bij ernstig slechthorende of dove kinderen moet zo snel mogelijk de communicatie met het gezin op gang gebracht worden. De psychosociale problemen die in gezin en werk kunnen ontstaan vragen een aparte aanpak. Dat geldt zeker ook voor slechthorende volwassenen. Daarnaast verdienen ook de akoestische eigenschappen van de ruimte waar geleefd wordt, gewerkt wordt of waar onderwijs wordt ontvangen in de revalidatie grote aandacht. Slechthorendheid, ook in lichte vorm reeds, dreigt je al heel snel buiten de samenleving te plaatsen. De lezer kan zich wellicht enig idee daarover vormen, wanneer hij zich indenkt in een anders-talig milieu te zijn, neem een gezelschap Fransen. Voortdurend zal hij het idee hebben dat fijne details hem ontgaan, voortdurend klinkt gelach op waarvan hij de reden niet kent, elke paar woorden moet hij een denkpauze nemen om na te gaan of klopt wat hij gehoord heeft. Hij voelt zich al heel snel verloren, zelfs als iemand uit het gezelschap heel begripvol wat extra aandacht aan hem geeft. Voor slechthorenden en doven betekent revalidatie : contact houden met de medemens, hoe dan ook.

het hoortoestel.

De taak van het (electronische) hoortoestel is versterking te bieden in die frequentie gebieden waar de gevoeligheid van het oor is verminderd. De versterking moet liefst zodanig kunnen worden geregeld, dat geen overlast gaat ontstaan voor harde geluiden. Bovendien is het in sommige gevallen zaak dat er in sterkte een groter verschil wordt aangebracht tussen gewenst

geluid en stoorgeluid, ook wel aangeduid met signaal-ruisverhouding. Om maar met dat laatste te beginnen, verbetering van signaal-ruisverhouding is tot nu alleen alleen mogelijk met behulp van apparatuur die een losse microfoon plaatst bij de gewenste geluidsbron. De benodigde versterking van het hoortoestel zelf kan dan teruggebracht worden, waardoor de relatieve bijdrage van stoorgeluid vermindert. Nieuwe ontwikkelingen hierin betreffen de frequentie-analyse van gewenst en ongewenst geluid. Zoals eerder ter sprake kwam bestaat in een kwebbelend gezelschap het stoorgeluid voornamelijk uit lage tonen, terwijl het gewenste geluid vooral hoog bevat. Door nu voorzieningen te treffen die onder dit soort omstandigheden de versterking van laag en hoog afzonderlijk regelen zou het mogelijk moeten zijn aan de hinder van geroezemoes tegemoet te komen. In de praktijk blijkt het effect echter tegen te vallen.

Als compensatie voor de verminderde dynamiek van menig slecht gehoor wordt nogal eens een automatische versterkingsregeling gebruikt, die de versterking aanpast aan de sterkte van het uitgangssignaal van het hoortoestel, of ook wel aan de sterkte van het geluidsaanbod. Het effect hiervan is inderdaad dat pieken in luidheid naar boven en naar beneden door het toestel worden geegaliseerd, maar aangezien spraak zijn verstaanbaarheid voor een deel juist ontleent aan zijn dynamiek is het resultaat van deze compressie nogal dubieus en in ieder geval slecht te voorspellen.

Afgezien van allerlei technische hoogstandjes echter zal het hoortoestel in de eerste plaats plezierig moeten zijn in het gebruik. Weinig slechthorenden zullen nu nog bereid zijn een rugzak met electronica mee te torsen. Met de komst van de transistor in de vijftiger jaren werd een vergaande miniaturisering mogelijk en de ontwikkelingen van vandaag kunnen een hoortoestel als een erwt in de gehoorgang brengen. Het bedienen van al dit kleins kan draadloos op afstand gebeuren met een paneeltje in de hand op credit-card formaat. Dit alles neemt niet weg dat de maten van het luidsprekertje nogal bepalend blijven voor de geluidskwaliteit van het hele toestel en dat er om het geheel te voeden, steeds kleinere batterijtjes moeten komen, die steeds minder lang meegaan. Het is trouwens niet ondenkbaar dat in de toekomst, net als bij de pacemaker het hoortoestel operatief kan worden ingebouwd in het middenoor en dat bijvoorbeeld elke vijf jaar de batterij wordt vervangen.

Het zal de lezer na het voorafgaande duidelijk zijn geworden dat het hoortoestel geen totale oplossing van alle hoorproblemen biedt. Het is een lomp versterkertje, dat naar oordeel van veel gebruikers vaak de verkeerde dingen versterkt. Slechts mensen met middenoorpathologie kunnen goed geholpen zijn met toestellen. Op zijn best kunnen hoortoestellen gezien worden als wandelstokken voor mensen die slecht ter been zijn : zij worden er geen soepele sprinters mee.

Desondanks zijn hoortoestellen voor velen natuurlijk toch wel een hele steun. Het vermogen van de mens zich aan te passen aan nieuwe omstandigheden kan hieraan trouwens veel bijdragen. Bij elk type gehoorsverlies zal het de taak blijven van de audioloog een zeker toestel te adviseren en de karakteristiek ervan aan te passen aan de aard van het gehoorsverlies van ieder van de beide oren van de patient. De aansluiting van hoortoestel aan de gehoorgang brengt daarbij een aantal zeer relevante akoestische problemen met zich mee die veel aandacht van de audioloog vragen. De kwaliteitsbewaking van deze stukjes mechanische en electronische techniek zal trouwens een belangrijke taak van de fysicus - audioloog blijven. Het Audiologisch Centrum beschikt daartoe over dezelfde meetapparatuur, die door de fabrikant en de importeur gebruikt wordt bij de afregeling van nieuwe hoortoestellen.

EPILOOG

De audiologie is een jonge wetenschap. Weliswaar sticht prof. Gyot in 1790 in Groningen het eerste nederlandse doveninstituut, het zesde in de wereld, maar pas in 1902 wordt het eerste elektrische hoortoestel gemaakt. Vanaf die tijd worden doven en slechthorenden van elkaar onderscheiden. In 1908 wordt dan de nederlandse vereniging van slechthorenden opgericht. In 1914 onstaat de eerste school voor slechthorende kinderen en in 1929 komen er draagbare hoortoestellen. De latere hoogleraar prof. H.C. Huizing (overleden in 1972) wordt in datzelfde jaar als jong fysicus toegevoegd aan de Groningse kliniek voor keel-, neus en oorheelkunde. Prof. J.J. Groen (1910-1971) te Utrecht ontwerpt het Audiologisch Centrum met zijn interdisciplinaire aanpak van de klinische audiologie.

Het is inmiddels duidelijk dat klinische audilogie een groot terrein omvat. De audioloog hanteert de meettechnieken waarbij naast de nauwkeurigheid en de reproduceerbaarheid van de meetresultaten de fysische betrouwbaarheid van de einduitspraak belangrijk is. Hij overziet en kent alle electro-akoestische systemen die als hulpmiddel bij de revalidatie kunnen worden

toegepast. De fysische denkpatronen en de wijze van redeneren spelen een rol als in het team een diagnose wordt benaderd en een behandelingsplan wordt opgesteld en later wordt geëvalueerd.



fig 7 Kind met koptelefoon

In het team van het Audiologisch Centrum participeert verder de psycholoog en/of de opvoedkundige, de technicus, de maatschappelijk werker, de receptionist, de logopedist en soms direct de medisch specialist. Op de achtergrond, maar niet gering van invloed spelen commerciële, organisatorische, financiële, verzekeringstechnische of juridische aspecten mee. Omgekeerd worden door de invloed van de andere disciplines het fysisch denken gerelativeerd en het taalgebruik aan dat van het hele team aangepast. Deze wederzijdse beïnvloeding maakt een audiologisch team interdisciplinair en, om de titel van dit artikel te parafraseren, zo hoort het ook.

.....

de auteurs:

Drs. C. de Leur werd in 1924 te Utrecht geboren. Hij studeerde sedert 1942 in Delft vliegtuigbouw maar door oorlogsomstandigheden werd dit afgebroken. Na de oorlog begon hij opnieuw, nu te Utrecht en hij koos later medische fysica als studierichting. In 1953 werd het doctoraalexamen in de filosofische faculteit afgelegd. Van 1948 tot 1968 was hij leraar wiskunde, mechanica, cosmografie en natuurkunde, tot 1959 te Utrecht (chr H.B.S.) en daarna te Hilversum aan (het Nieuwe Lyceum). In 1954 werd zijn slechthorendheid manifest. Sedertdien werd hij tot audioloog opgeleid hoewel dat woord en het beroep toen nog niet bestonden. Prof. J.J. Groen was in de Utrechtse kliniek voor keel-, neus en oorheelkunde zijn leermeester. Hij adviseerde de patienten van een aantal k.n.o.-artsen te Utrecht, Beverwijk, Hengelo, Tilburg, Eindhoven, Bergen op Zoom en Goes terwijl hij eveneens hoortoestellen voorschreef in het Centraal Instituut van de Nederlandse Vereniging van Slechthorenden te Amsterdam. Van 1968 tot 1978 was hij als audioloog aan het Audiologisch Centrum van de Koninklijke Annnanstichting te Rotterdam verbonden om daarna audioloog-directeur te worden van het A.C. Tilburg en omstreken (tot 1981) en van het A.C. Eindhoven tot 1985. Thans is hij als audioloog part-time aan het Militair Hospitaal te Utrecht en aan het Bioëvalidatiecentrum te Arnhem verbonden.

Drs. P.T. Kraft werd in 1947 in Den Helder geboren. Na een teleurstellende ervaring in de electronica behaalde hij het staatsexamen HBS-B en studeerde experimentele natuurkunde in Groningen. In 1982 bij studeerde hij af bij prof. H. Duifhuis op een psychofysisch onderzoek naar niet lineaire verschijnselen in het menselijk gehoororgaan. Na een start bij prof. R. Ritsma op het Audiologisch Instituut in Groningen werd hij audioloog-directeur van het Audiologisch Centrum Friesland in Leeuwarden