

Kortikale Komper-oudiometrie

„Electric Response Audiometry (ERA)“

I. S. HAY

*Departement Sprakheelkunde, Oudiologie en Sprakwetenskap,
Universiteit van Pretoria*

Inleiding

Alle studente van die vakgebied Oudiometrie, is bewus van die noodsaaklikheid van die bestaan van gestandaardiseerde, objektiewe oudiometriese metodes. Sodanige metodes het as vereistes praktiese uitvoerbaarheid sowel as response sonder die bewuste samewerking van die individu. Daar bestaan talle situasies waar geen betroubare response volgens subjektiewe metodes verkry kan word by die ondersoek van 'n persoon se gehoordrumpel nie. Hierdie situasie kom voor by bykans alle ouderdomsgroepe, maar dis veral by die baba of jong kind wat dit van kardinale belang is dat 'n redelik betroubare oudiogram verkry kan word. Die vroeë diagnostisering van gehoorverlies by die baba en jong kind kan deurslaggewend wees wat die aanleer van taal en spraak betref asook die algemene opvoedbaarheid van die kind.

Verskeie objektiewe oudiometriese metodes is in die afgelope drie dekades ontwikkel met mindere of meerdere mate van sukses, maar geeneen van dié metodes word vandag as roetinemetodes in die praktyk gebruik nie. Bekendste van die metodes is seker die Elektro-dermale metode waar 'n ligte elektriese skokstimulus kondisionerend gebruik word om 'n velweerstandsverandering te bewerkstellig by die aanbieding van 'n klankstimulus. Behalwe vir die vrees wat die skok veral by kinders inboesem, word die metode onaanvaarbaar weens die vele vals positiewe response wat ontstaan by ontvangs van stimuli anders as klankstimuli. Hoewel die response objektief genoeg kan word, is die interpretasie van resultate, wat baie tyd in beslag neem, beslis subjektief van aard.

Die elektro-ensefalografie bied 'n ander moontlikheid van objektiewe gehoorondersoek aangesien klankstimuli, soos meeste ander sensoriese stimuli, een of ander uitwerking het op die EEG-patroon wat gelyktydig met die aanvang en beëindiging van die stimulus plaasvind. Hierdie metode word nog in sommige navorsingsinrigtings oorseë gebruik, maar is vanweë die ongeveer drie uur wat benodig word om die resultate te ontleed, nie geskik as 'n roetine oudiometriese metode nie. Netsoos by die elektro-dermale metode is die beoordeling van die resultate hier meestal subjektief aangesien die verandering wat in die EEG-patroon plaasvind nie altyd onomstrede is nie. Sedert die vroeë sestigerjare

is daar gewerk aan 'n gewysigde EEG-metode wat gebruik maak van 'n sommeringsproses wat die klein en twyfelagtige ouditiewe response in die geheue van 'n rekenaar bewaar en met elke opvolgende stimulus sommeer tot 'n positiewe respons wat as sodanig erken kan word sonder enige twyfel. Hierdie nuwe metode wat reeds in baie klinieke oor die aardbol heen met groot welslae gebruik word, word genoem „Cortical Evoked Response Audiometry” of „Cortical Average Evoked Response Audiometry”. Aangesien die Engelse terme nie gereedelik in Afrikaans vertaal kan word nie, het prof. P. de V. Pienaar voorgestel dat die metode in Afrikaans moet heet: Kortikale Komperoudiometrie, om daardeur te wys op die feit dat 'n komper („computer”) in die apparaat gebruik word.

Historiese Agtergrond

Caton (1875) kan beskou word as die eerste wetenskaplike wat resultate van kortikale potensiale gemeet op diere, gepubliseer het. Hy het hierdie metings gemaak as reaksies op sensoriese stimuli sowel as spontane breinaktiwiteit. Hierna is veel gepubliseer op hierdie gebied, maar dit was Hans Berger (1929) wat die wetenskaplikes bewus gemaak het van die bestaan van die spontane elektriese breinaktiwiteit by die mens. Sedertdien het menige ondersoek Berger se bevindinge aangaande die bestaan van breinritmes bevestig.

Tussen 1930 en 1940 het baie ondersoekers die stadige bringolf-ritmes beskryf asook die elektriese kortikale response op visuele, ouditiewe en ander sensoriese stimulasies. Pogings is ook aangewend om die bron van hierdie kortikale response vas te stel, maar dit was nie baie suksesvol nie. (Douchin en Lindsley, 1969.) Die kortikale response was egter nie by alle individue maklik as sodanig identifiseerbaar nie aangesien veranderinge voortdurend in die EEG-optekeninge plaasgevind het. Verder was die response dikwels veel kleiner as die spontane aktiwiteit van die brein. Wetenskaplikes het dus besef dat 'n metode gevind moes word waardeur die response op opeenvolgende stimuli bymekaar getel kon word sonder om die spontane breinaktiwiteit te sommeer.

Die eerste pogings tot so 'n sommeringsproses was dié van Dawson (meganiese kommutator) en Spoor (fotografiese superposisie), maar beide metodes was as minder geslaagd beskou. Dit was eers met die koms van spesiaal ontwerpte rekenaars wat 'n suksesvolle metode van sommering ontwikkel is. Response wat aan die stimuli in tyd gebonde was, kon in die geheue van 'n rekenaar gesommeer word. Aangesien die spontane breinaktiwiteit nie in tyd aan die stimulus gebonde is nie, kanselleer dit geleidelik uit terwyl die response geleidelik groei tot 'n duidelik waarneembare positiewe gesommeerde respons. In werklikheid groei die response met N , die aantal response wat gesommeer word, terwyl die spontane aktiwiteit groei met \sqrt{N} . Die komper wat verantwoordelik is vir hierdie elektroniese „toertjie”, word genoem 'n

„gemiddelde responskomper“, en dit vorm die hart van die kortikale komper-oudiometrie. Vir 'n kort tydjie na die stimulus maak die geheue van die komper oop en daar word weggeleë 'n rekord van die elektriese kortikale respons. Daar word 'n ander soortgelyke stimulus aangebied. Die komper beskou weer die breinrespons onmiddellik na die stimulus, en voeg hierdie response by die response wat reeds in die geheue vasgeleë is. Die proses van sommering van response word herhaal met die aanbieding van elke stimulus. Die gemeenskaplike eienskappe van al die response voeg saam terwyl die spontane breinaktiwiteit neig om uit te kanselleer. Die komper verbeter dus die sein-tot-ruisverhouding deur 'n groot aantal tyd-gebonde-response te sommeer. (Davis, 1968)

Die Vertekspotensiaal

Vanhan (1969) het isopotensiaal-kaarte van die skedel opgestel waarop hy die verspreiding van potensiale van response op visuele, auditiewe en somato-sensoriese stimuli aandui. Hieruit blyk dit dat die verteks (die kruispunt van twee reghoekige lyne wat die inion en nasion enersyds, en die twee eksterne oorkanale andersyds oor die skedel verbind) die gunstigste posisie op die skedel is waar response op stimuli van al drie genoemde modaliteite waargeneem kan word. (Douchin en Lindsley, 1969.) Die verteks het die verdere voordeel dat dit ver genoeg weg is van die gesig vanwaar steurings vanaf spiere tydens oogknipbewegings ontstaan. Hierdie steurings kan 'n nadelige uitwerking hê op die kortikale potensiale. Die vertekspotensiaal word algemeen beskou as 'n diffuse, nie-spesifieke respons wat opgewek kan word deur auditiewe, visuele en somato-sensoriese stimuli. Die golvorms van response op stimuli van die verskillende modaliteite is in 'n mate verskillend, maar hulle het almal dieselfde algemene vorm. (Fig. 1.) Die fisiologiese betekenis van hierdie potensiaal is onbekend.

Dit bevat positiewe en negatiewe pieke wat ons aandui deur N_0 , P_1 , N_1 , P_2 ens., en met benaderde latensies van $N_0=30$, $P_1=50$, $N_1=100$, $P_2=175$, $N_2=300$ msek respektiewelik. Die mees konstante en kenmerkende paar is $N_1 - P_2$ en ons meet die amplitude van die vertekspotensiaal hier tensy dit anders gespesifiseer word. (Davis en Zerlin, 1966.)

Een van die uitstaande kenmerke van die vertekspotensiaal, is sy variabiliteit selfs wanneer dit beskou word as 'n gesommeerde respons. Hierdie variabiliteit kan slegs deels gewyt word aan veranderinge in die staat van die geval.

Sekere fisiese parameters is bepalend wat die grootte van die respons betref, en is van belang by die interpretasie van oudiometriese resultate. Die volgende parameters is van die grootste belang:

(1) Interstimulus-intervalle

Die response is die grootste wanneer die intervalle tussen stimuli die grootste is. Hierdie feit staan heelwaarskynlik in verband met die

absolute refraktêre periode wat benodig word voordat die „stelsel” weer gereed is vir ’n verdere respons netsoos ’n senuvesel ’n periode

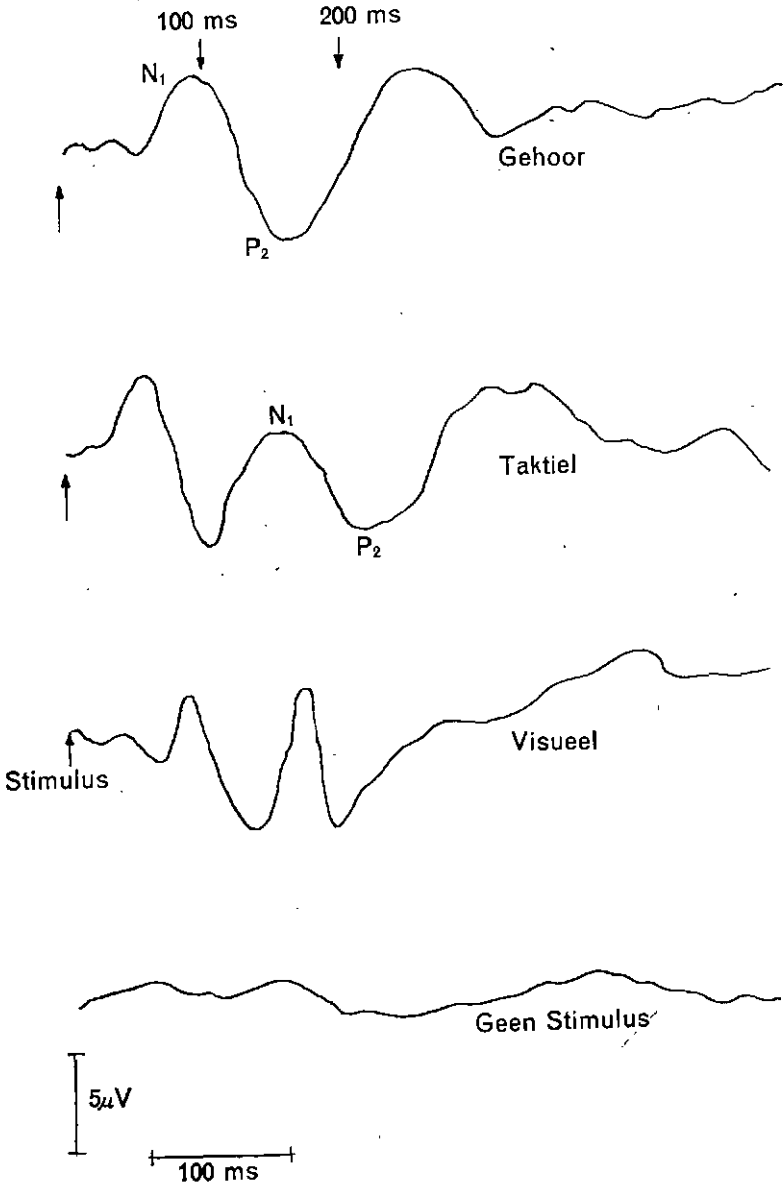


Fig. 1. Voorbeelde van tipiese kortikale responsgolfvorme vir stimuli van verskillende modaliteite (gehoor, taktiel en visueel). Die komponente N1-P2 is die mees stabiele fase en word die „vertekspotensiaal” genoem.

van rus benodig voordat dit vir 'n tweede keer kan vuur. Lang-intervalle veroorsaak egter 'n lang toetsperiode wat ongewens is wanneer klein kindertjies ondersoek word. Tydens 'n oudiometriese ondersoek stel ons belang in die grootste lewering per minute en dit word bereik met 1 of 2 stimuli per sekonde. (Davis *et al*, 1966.)

(2) Stimulussterkte

Daar is 'n geleidelike toename in responsgrootte met verhoging van stimuluspeil. Ongeveer 25 desibel sensasiepeil word benodig vir 'n verdubbeling van die vertekspotensiaal. (Davis en Zerlin, 1966.)

(3) Aantal Response wat Gesommeer Word

Hoe groter die aantal stimuli wat vir sommasie aangebied word, hoe groter die gesommeerde respons. In werklikheid groei die respons lineêr met die aantal response. Die agtergrond of spontane aktiwiteit groei met die vierkantswortel van die aantal response wat gesommeer word. Weereens word 'n beperking op die aantal gelê deur die tydsfaktor veral by jong kinders.

(4) Gereelde vs Ongereelde Intervalle

Navorsing het bewys dat ongereelde intervale 'n geringe voordeel het bo gereelde aanbiedings, maar die voordeel regverdig nie die addisionele koste van die apparaat wat vir ongereelde intervale benodig word nie.

Die toestand van die toetsling kan ook 'n uitwerking hê op die kortikale respons. Die beste resultate word verkry wanneer die geval òf heeltemal wakker is, òf in 'n diepe slaap verkeer. 'n Toestand van ligte slaap of in 'n oorgangstadium veroorsaak 'n veranderende responspatroon wat die interpretasie van resultate bemoeilik. Hieruit kan afgelei word dat bewuste aandag nie noodsaaklik is by die opwekking van response nie, solank dié gevalle in die wakkertoestand ontspanne sit en lees.

Wanneer 'n kind dus in die slaaptoestand ondersoek word, moet daar noukeurig gelet word op die diepte van slaap deur na die onverwerkte EEG-patroon te kyk terwyl die toets aan die gang is.

Apparaat

Basies bestaan die apparaat wat in die algemeen vir kortikale komper-oudiometrie gebruik word, uit vier hoofonderdele:

1. Oudiometer

'n Standaard oudiometer, volgens internasionale standaard ingestel, word gebruik vir die lewering van stimuli deur middel van oorfone, 'n vibrator, of 'n luidspreker.

2. Tydreëling

Ten einde beheer uit te oefen oor die aantal stimuli wat aangebied word asook die intervalle tussen die stimuli, word 'n teller en tydreëlings-apparaat gebruik. Die teller word gekoppel aan die geheue van die rekenaar aangesien dit bepaal hoeveel response gesommeer moet word.

3. Komper

'n Spesiale tipe komper wat die elektriese potensiale vanaf die verteks sommeer en sodoende 'n gesommeerde of gemiddelde respons in die geheue vaslê, word gebruik. Die golfvorm van die kortikale respons, word netso in die geheue vasgelê sodat die gesommeerde respons 'n potensiaal-tyd funksie is waarin die oorspronklike funksie behoue gebly het. Die geheue bestaan uit 100 tyd „bins” wat 'n goeie akkuraatheid verseker.

4. EEG-apparaat

Standaard EEG-toerusting word gebruik vir die versterking en filtrering van die elektriese potensiale wat deur elektrodes op die skedel opgeneem word. Na die versterker en filter verdeel die geleiding: een baan gaan direk na 'n skrywer vir die optekening van die onverwerkte EEG-patrone, die tweede baan gaan via die rekenaar na 'n ander skrywer waar die gesommeerde response opgeteken word.

Kliniese Toepassing

Die kliniese toepassing van die kortikale komper-oudiometriese metode, bestaan daaruit dat response op stimuli gesommeer word en dat die finale gesommeerde respons beskou word om vas te stel of dit as 'n positiewe respons geag kan word.

(a) Elektrodes

Drie elektrodes moet aan die kopvel vasgeheg word: die aktiewe elektrode kom op die verteks, die verwysingselektrode op die mastoïed en die grondelektrode op die voorkop.

Die beste tipe elektrode om te gebruik, is die miniatuur Beckman-elektrodes wat deur middel van klewerige plastiek aan die skedel vasgeheg word.

(b) Beheer van die Kind

Die kind wat in 'n gewekte toestand getoets word, moet besig gehou word terwyl hy stil sit. Dit verg meestal 'n bekwame persoon wat die vertroue van die kind kan wen en sy aandag kan wegkeer van die oorfone

en elektrodes op sy kop. Hierdie assistent kan beskou word as 'n baie belangrike lid van die toetsspan.

Die kind wat in die slaaptoestand ondersoek word, moet gerieflik gemaak word, verkieslik in 'n bababed.

Indien 'n luidspreker in plaas van oorfone gebruik word, is dit belangrik om dit te yk vir 'n bepaalde afstand vanaf die luidspreker. Dit word dikwels gevind dat 'n kind weier om die oorfone op die kop toe te laat en in so 'n geval is die luidspreker die aangewese klankbron.

(c) Toetsfrekwensies

Daar is gewoonlik nie tyd vir toetse by meer as drie frekwensies nie. Die kind wat in die gewekte toestand getoets word kan nie langer as uiters een uur besig gehou word nie. Die slapende kind sal ook nie lank genoeg in daardie toestand verkeer nie. Derhalwe is dit raadsaam om slegs by 250, 1 000 en 3 000 Hz te toets. Positiewe resultate by hierdie 3 frekwensies sal 'n baie goeie beeld gee van die kind se gehoorvermoë.

(d) Intensiteitspeil

Vanweë die tydsbeperking is die keuse van die aanvangsintensiteit baie belangrik. Indien 'n erge verlies vermoed word, moet daar by 'n hoë intensiteit begin word (bv. 90 desibel) en indien 'n geringe verlies vermoed word, sal 50 desibel voldoende wees. Aangesien hierdie ondersoek 'n drempelwaarde soek, sal die intensiteitspeil verminder word totdat geen respons meer waargeneem word nie.

Gewoonlik word daar nie laer as 30 desibel getoets nie aangesien die response te klein word vir identifikasie. 'n Redelike respons by 30 desibel word dus beskou as 'n aanduiding van normale gehoor.

Hoë intensiteitspeile by lae frekwensies (250 en 500 Hz) kan moontlik 'n taktiele respons tot gevolg hê en die toetsafnemer moet op sy hoede wees by die interpretasie van sodanige toetse.

(e) Kontrolestimulasie

In die geval van atipiese ouditiewe response, is dit nuttig om van stimuli van 'n ander modaliteit gebruik te maak teneiende die sentrale sensustelsel te toets. 'n Flitsende lig of 125 Hz vibrasie op die hand of voet, is goeie voorbeelde van sodanige stimulasie. Die kortikale respons van die taktiele vibrasies het feitlik dieselfde vorm as dié van die ouditiewe respons en kan gebruik word as voorbeeld van hoe die ouditiewe respons behoort te lyk.

(f) Identifisering van Positiewe Response

Vir die volwasse persoon bestaan daar 'n betreklike normatiewe kortikale respons op ouditiewe stimuli. By so 'n individu verskyn die kenmerkende positiewe en negatiewe pieke van die responsgolfvorm

altyd op min of meer dieselfde plekke. In sodanige gevalle is dit redelik maklik om tot 'n beslissing te kom of die respons positief is, al dan nie.

By die kind en veral die voorskoolse kind, is die respons minder stabiel en wanneer die kind in die slaaptoestand getoets word, kry ons te doen met 'n veranderende golfvorm waarin die kenmerkende vorm glad nie verskyn nie. In so 'n geval kan 'n positiewe respons slegs herken word indien die respons, wat sy vorm ookal, herhaalbaar is. Die beoordeling van hierdie herhaalbaarheid, is 'n subjektiewe proses, maar met genoegsame oefening en deur superponering van verskeie resultate kan die positiewe response geïdentifiseer word. Voorts is dit die temporale aspek van die respons wat die herhaalbaarheid bepaal en nie die amplitude nie. Die amplitude van die respons is in die reël baie onstabiel en kan nie sondermeer as norm gebruik word nie.

(g) Bepaling van 'n Gehoordrempel

Aangesien dit selde gebeur dat 'n positiewe kortikale respons by 'n subjektiewe drempel gevind word, dien dit geen doel om so 'n respons te soek nie. Indien 'n positiewe respons by 30 desibel geïdentifiseer kan word, kan normale gehoor aanvaar word aangesien slegs 'n redelike groot respons identifiseerbaar is te midde van die kortikale agtergronds-aktiwiteit.

Soos voorheen aangedui, neem die grootte van die respons toe met verhoogde stimulus intensiteitspeil. Teoreties sal dit dus moontlik wees om die opgetekende response by verskillende intensiteitspeile te vergelyk en waar te neem hoe die response kleiner word met afnemende intensiteitspeile. In die praktyk is soiets alleen waarneembaar met talle replikasies by dieselfde intensiteitspeile wat natuurlik nie moontlik is nie aangesien tyd 'n faktor is. Tydens die toets van 'n jong kind word daar slegs gesoek na die laagste intensiteitspeil waar wel 'n respons te bespeur is, verkieslik na 'n enkele herhaling by elke intensiteitspeil. (Fig. 2.)

Dit is ook toelaatbaar (Davis *et al.* 1967) om te interpoleer of te ekstrapoleer deur die grootte en identifiseerbaarheid van die respons in ag te neem.

(h) Kortikale Response van Kinders

Die response van die kind verskil in vorm van dié van die volwasse persoon. Op 7 jaar is daar tekens van stabilisasie en begin die response in vorm te vergelyk met dié van die volwassene. Die respons van 'n baba van 'n paar dae oud lyk ook heeltemal anders as dié van 'n baba van 'n paar maande oud.

Verder is die variabiliteit van die respons by die kind veel groter as dié van die volwasse persoon wie se variabiliteit al klaar groot afmetings aanneem. Hierdie feit maak die akkurate toetsing van 'n jong kind baie moeilik. Daar is 'n neiging by die respons van die kind om die N1-komponent te verloor en N2 begin dan toeneem in belangrikheid.

In so 'n geval is dit noodsaaklik dat daar gesoek word na die karakteristieke vorm van die kind se respons eerder as om 'n ideale, eenvoudige, gemiddelde patroon voor te hou.

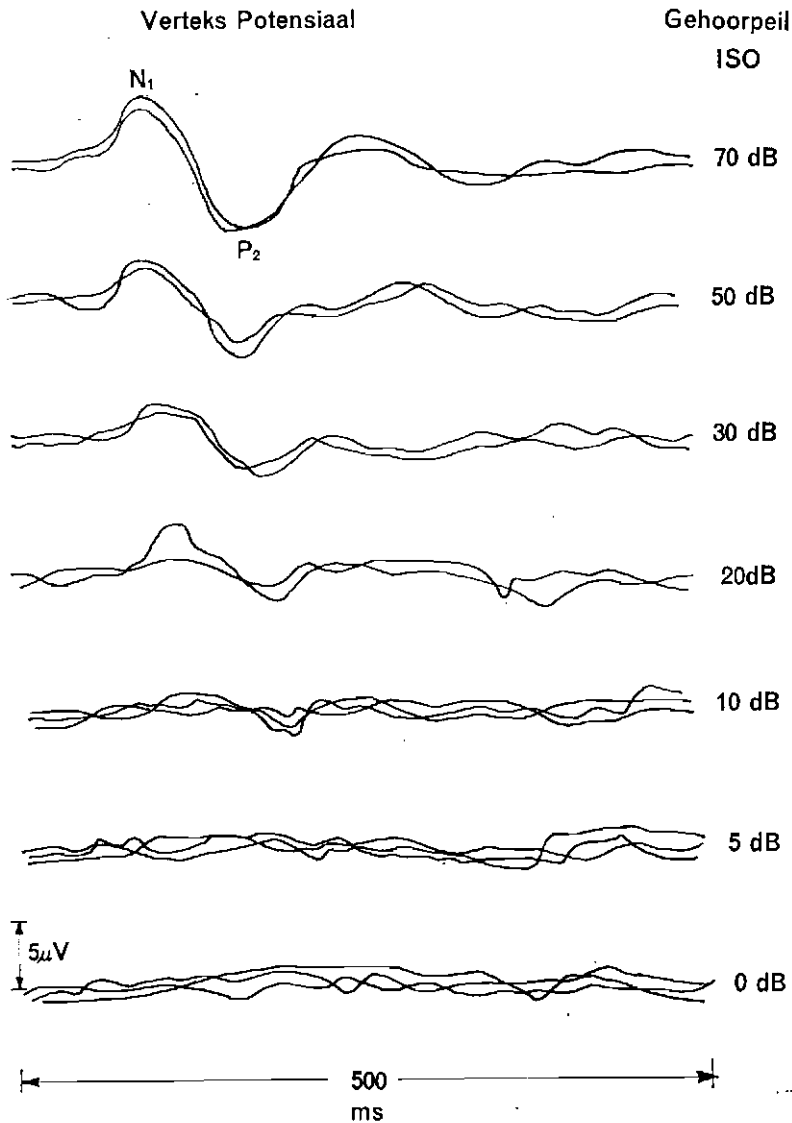


Fig. 2. Die vertekspotensiaal by verskillende gehoorpeile. Dit stel voor die respons van 'n volwasse persoon met 'n goed gevormde en konstante response. Die N1-P2 fase is duidelik sigbaar by die hoër peile, maar verdwyn naby die drempel. (Negatief opwaarts).

(i) Gebruik van Kalmeermiddels

Die gebruik van 'n kalmeer- of selfs slaapmiddel, word voorgeskryf waar hiperaktiwiteit die kans op 'n suksesvolle toets onwaarskynlik maak. Die baba tussen 6 en 18 maande oud, is moeilik beheerbaar en moet sondermeer 'n slaapmiddel toegedien word. Die baba onder 6 maande oud, kan gewoonlik net na voeding getoets word wanneer hy gou aan die slaap raak. Die voordeel van 'n slaapmiddel is egter dat die kind vir 'n langer tydperk vir toetsing beskikbaar is. Die hiperaktiewe kind se bewegings is in die reël sodanig dat indien die elektrodes nie heeltemal afgetrek word nie, dan werk die spieraksies nadelig in op die kortikale response. Hoewel dit altyd beter is om 'n kind in die gewekte toestand te toets in welke toestand 'n meer bekende respons-golfvorm ontstaan, moet ons aanvaar dat by die kind wat baie beweeg daar min hoop is op 'n goeie toetsresultaat.

Die effek van die kalmeer- of slaapmiddels varieer van een preparaat tot 'n ander wat hul wysiging van die kortikale respons betref. Die hoeveelheid wat toegedien word sal in die reël afhang van die ouderdom en massa van die kind. Dis egter die slaaptoestand of diepte van slaap wat 'n groter uitwerking het as die middel self. 'n Statiese toestand is ook gunstiger as 'n veranderende een.

Die middels wat die skrywer as die mees suksesvolle beskou, is Secobarbital en Chloral-hydrate. Eersgenoemde hou die kind langer in 'n slaaptoestand en het die minste uitwerking op die EEG-patroon.

Opsomming

Die nuutste objektiewe oudiometriese metode wat vandag wêreldwyd aanvaar is, is die Kortikale Komper-oudiometrie. Dit maak gebruik van 'n gespesialiseerde komper wat die elektriese response wat in tyd aan die stimuli gebonde is, sommeer tot 'n identifiseerbare respons. By die volwassene het die gesommeerde vertekspotensiaal 'n golfvorm wat min verskil van een individu tot 'n ander. By die kind onder sewe jaar oud, en veral in die slaaptoestand, is die golfvorm minder konstant. Vanweë die steurende effek van spierbewegings op die kortikale respons, is dit verkieslik dat die jong aktiewe kind met kalmeermiddels tot 'n slaaptoestand gebring word.

Na die sommering van 'n voorafgekose aantal response, word die gesommeerde response uitgeskryf om 'n permanente rekord te vorm. Deur superponering kan die resultate by verskillende frekwensies en intensiteite vergelyk word deur hulle oor 'n sterk lig te hou. Vergelykbare response word as positief geïdentifiseer en die drempel geskat volgens die laagste intensiteit waar positiewe response sigbaar is. Wanneer 'n standard golfvorm nie verskyn nie, word gesoek na die kenmerkende golfvorm vir die betrokke individu.

Summary

The Electric Response Audiometric method is being accepted the world over as a reliable objective method. It utilizes a special purpose

computer which averages time locked responses in such a way that an identifiable response emerges. The waveform of the averaged cortical responses of adults differs little from one individual to another. The averaged response of children under the age of seven, varies greatly especially when they are tested in a state of sleep. Because of the interference caused by muscle action while the testing is in progress, it is always desirable to test the active young child after application of a sedative which will put the child to sleep.

After averaging a predetermined number of responses, a permanent record is made by writing out the summated response. The results of stimuli of different frequencies and intensities are compared by superimposing the results over a strong light. Comparable responses can thus be identified and an estimate made of the thresholds according to the lowest intensity levels which gave positive response. When a standard waveform does not appear, it is suggested that the individual's characteristic waveform be sought.

Bibliografie

1. Douchin, E. en Lindsley, D. B. (Ed.): Average Evoked Potentials, National Aeronautics and Space Administration, 1969.
2. Davis, H.: Slow Electrical Responses of the Human Cortex. Proc. of Amer. Philosophical Society. Vol. 112, 3, 1968.
3. Davis, H. en Zerlin, S.: Acoustic Relations of the Human Vertex Potential. Journal of Acoustic Society of America. 39, 1, 109-116, 1966.
4. Davis, H., Mast, T., Yoshie, N. en Zerlin, S.: Slow Response of the Human Cortex to Auditory Stimuli: Recovery Process. Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 1966, 21: 105-113.
5. Davis, H., Hirsh, S. K., Shelmutt, J. and Bowers, C. Further validation of Evoked Response Audiometry (ERA). Journal of Speech and Hearing Research, Dec. 1967. Vol. 10, No. 4.