

Diss. Utrecht 1963, 34.

DE WAARDE VAN HET
IMPEDANTIEONDERZOEK
VOOR DE EXPLORATIEVE
TYMPANOTOMIE

J. H. RIETJENS

Diss.
recht

DE WAARDE VAN HET IMPEDANTIEONDERZOEK
VOOR DE EXPLORATIEVE TYMPANOTOMIE

IMPEDANCE INVESTIGATION FOR
DE EXPLORATIEVE TYMPANOTOMIE

THE SIGNIFICANCE OF THE IMPEDANCE INVESTIGATION
FOR THE EXPLORATIVE TYMPANOTOMY

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

PROEFSCHRIFT

TES VERSTICHTING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR
IN DE WETENSCAPEN AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT
TE UTRECHT OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNI-
FICUS DR. W. C. VAN DYNK, HONORERBAAR IN
DE FACULTEIT DER GOEDGELEERDHEID, VOLGENS
BESLUIT VAN DE SENAAT DER UNIVERSITEIT
OPLEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT
DER WETENSCAPEN TE VERDEDIGEN OP DONSDAG
4 JUNI 1901 DES NAMIDDAGS TE 4.15 UUR

DOOR

JOHANNES HENDRICUS RIETJENS

GEBOREN TE UTRECHT

UTRECHT: DEKKER & VAN DE VEGT N.V. — NIJMEGEN



STATE OF NEW YORK
IN SENATE
JANUARY 15, 1913

RECEIVED
STATE OF NEW YORK
JAN 15 1913

Jan

Diss. Utrecht 1963, 34

DE WAARDE VAN HET
IMPEDANTIEONDERZOEK VOOR
DE EXPLORATIEVE TYMPANOTOMIE

THE SIGNIFICANCE OF THE IMPEDANCE INVESTIGATION
FOR THE EXPLORATIVE TYMPANOTOMY

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR
IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJSUNIVERSITEIT
TE UTRECHT OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNI-
FICUS DR W. C. VAN UNNIK, HOGLERAAR IN
DE FACULTEIT DER GODGELEERDHEID, VOLGENS
BESLUIT VAN DE SENAAT DER UNIVERSITEIT
TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT
DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN OP DINSDAG
4 JUNI 1963 DES NAMIDDAGS TE 4.15 UUR

DOOR

JOHANNES HENDRICUS RIETJENS

GEBOREN TE UTRECHT

Aan mijn ouders

UTRECHT — DEKKER & VAN DE VEGT N.V. — NIJMEGEN

BIBLIOTHEEK
RIJSUNIVERSITEIT
UTRECHT

DE WAARDE VAN HET IMPEDANTIEONDERZOEK VOOR DE EXPLORATIEVE TYMPANOTOMIE

THE SIGNIFICANCE OF THE IMPEDANCE INVESTIGATION
FOR THE EXPLORATIVE TYMPANOTOMY

(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

PROSCHRIFT

DE VERENIGING VAN DE GEAZD VAN DOCTOR
IN DE GEMEENSCHAP AAN DE RIJKSVRIJESCHOOL
TE UTRECHT OF GEDR. VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
PIET DE W. C. B. B. B. B. B. B. B. B. B. B. B. B. B.
DE FACH VAN DE NEDERLANDSE UNIVERSITEIT
UTRECHT IN VERBAND MET DE FACULTEIT
VAN DE NEDERLANDSE UNIVERSITEIT
UTRECHT IN VERBAND MET DE FACULTEIT
VAN DE NEDERLANDSE UNIVERSITEIT
UTRECHT IN VERBAND MET DE FACULTEIT
VAN DE NEDERLANDSE UNIVERSITEIT

Promotor:

PROF. DR P. G. GERLINGS

DOOR

JOHANNES HENDRICUS RIETJENS

PROSCHRIFT

UTRECHT — DEKLE 5 VAN DE VRIJ N.V. — NEDERLAND



VOORWOORD

Bij het verschijnen van dit proefschrift wil ik allereerst U, vader en moeder, hartelijk danken voor de gelegenheid die U mij hebt gegeven om de gekozen studie te volgen. Het staat mij tot grote vreugde dat U beiden in goede gezondheid de voltooiing van dit proefschrift kunt meemaken.

Hoogleraren en Docenten van de Utrechtse Universiteit, U benig ik mij dank voor het gezamenlijk onderwijs.

Hooggeleerde Gedings, hooggeacht Promotor, mijn opleiding en kennis- en ervaring bij U te ontvangen, beschouw ik als een voorrecht. De groot mate van vrijheid die U ons toestemt, geeft en het vriendschappelijk contact waardoor wij sent. Van Uw grote ervaring en beleefdheid profiteren wij dagelijks. In het bijzonder mag ik U dankzeggen voor Uw hulp bij het bewerken van dit proefschrift en voor het feit, dat U thans als mijn Promotor optreedt.

Geleerde Groen, zonder de steun op Uw afdeling zou dit proefschrift niet zijn ontstaan. Mogt ik U danken voor de vele adviezen gegeven tijdens het onderzoek en bij het nu stand komen van dit manuscript.

Zoogeleerde Seder, U dank ik voor het grote aandeel dat U in mijn opleiding hebt. Uw omgang met patients en Uw grote operationele vaardigheid zijn voor mij een voorbeeld.

Zoogeleerde Damsé, voor het wegwijs maken in de moeilijke materie van de biologie, dank ik je zeer.

Geleerde Buisson, ik dank je voor de nauwgezetheid, waarmee je ons de operationele vaardigheid trachtte bij te brengen.

Geleerde Van der Steen, ik ben je zeer erkentelijk voor de nauwgezetheid, waarmee je het proefschrift hebt gerevisieerd.

Collega's medestudenten, door de collegiale, amichele sfeer is het werken in onze kliniek een genoegen.

Voor mijn dank in de kliniek werd bewaard in de Kliniek van de Rijksuniversiteit

Aan mijn ouders

Aan mijn vrouw en kinderen

Dit proefschrift werd bewerkt in de Kliniek voor
Keel-, Neus- en Oorheelkunde van de Rijksuniversiteit
te Utrecht.

VOORWOORD

Bij het verschijnen van dit proefschrift wil ik allereerst U, vader en moeder, hartelijk danken voor de gelegenheid die U mij hebt gegeven om de gekozen studie te volgen. Het stemt mij tot grote vreugde dat U beiden in goede gezondheid de voltooiing van dit proefschrift kunt meemaken.

Hoogleraren en Docenten van de Utrechtse Universiteit, U betuig ik mijn dank voor het genoten onderwijs.

Hooggeleerde Gerlings, hooggeachte Promotor, mijn opleiding tot keel- neus- en oorarts bij U te ontvangen, beschouw ik als een voorrecht. De grote mate van vrijheid die U ons, assistenten, geeft en het vriendschappelijk contact waardenen wij zeer. Van Uw grote ervaring en belezenheid profiteren wij dagelijks. In het bijzonder moge ik U dankzeggen voor Uw hulp bij het bewerken van dit proefschrift en voor het feit, dat U thans als mijn Promotor optreedt.

Geleerde Groen, zonder de stage op Uw afdeling zou dit proefschrift niet zijn ontstaan. Moge ik U danken voor de vele adviezen gegeven tijdens het onderzoek en bij het tot stand komen van dit manuscript.

Zeergeleerde Sedee, U dank ik voor het grote aandeel dat U in mijn opleiding hebt. Uw omgang met patiënten en Uw grote operatieve vaardigheid zijn voor mij een ideaal.

Zeergeleerde Damsté, voor het wegwijs maken in de moeilijke materie van de foniatrie, dank ik je zeer.

Geleerde Bottema, ik dank je voor de nauwgezetheid, waarmee je ons de operatieve vaardigheid tracht bij te brengen.

Geleerde Van der Steen, ik ben je zeer erkentelijk voor de nauwkeurigheid, waarmee je het proefschrift hebt gecorrigeerd.

Collegae assistenten, door de collegiale, amicale sfeer is het werken in onze kliniek een genoegen.

De zusters van de afdeling, de operatiekamer en de polikliniek, de akoepedisten en het administratief personeel ben ik dankbaar voor de prettige samenwerking. In het bijzonder wil ik mejuffrouw Nieuwenhuys danken voor de enthousiaste wijze, waarop zij het vele typewerk heeft verricht.

De heren Van Klaveren, Wolkers, Van den Akker en Van Duivenbouden dank ik voor de vervaardiging van de apparatuur en de hulp tijdens de experimenten.

Verder wil ik allen danken, die op enigerlei wijze hebben meegewerkt aan het tot stand komen van dit proefschrift.

Mijn bijzondere dank gaat uit naar de Stichting Het Heinsius Houbolt Fonds voor het schenken aan onze kliniek van de akoestische impedantimeter, waarmee het onderzoek werd verricht.

Liny, jouw aandeel in dit werk is groter dan je wilt aannemen. De gunstige atmosfeer die je in ons gezin schiep, was de basis waarop het voltooid kon worden. Mogelijk komt nu meer tijd vrij voor jou en de kinderen.

INHOUD

INLEIDING	1
HOOFDSTUK I	
De anatomie van het middenoor	5
HOOFDSTUK II	
De fysiologie van het middenoor	11
HOOFDSTUK III	
De pathologie van het middenoor	21
HOOFDSTUK IV	
De diagnostiek van de geleidingshardhorendheid	31
HOOFDSTUK V	
Het impedantieonderzoek	43
HOOFDSTUK VI	
De waarde van het impedantieonderzoek	54
SAMENVATTING EN CONCLUSIES	82
SUMMARY AND CONCLUSIONS	85
LITERATUUR	88

INLEIDING

Onder een exploratieve tympanotomie verstaat men een exploratie van de trommelholte, met als doel de oorzaak van een geleidingshardhorendheid te ontdekken. Op grond van de bevindingen zal dan, indien tenminste mogelijk, een gehoorsverbeterende ingreep plaatsvinden.

De exploratie wordt vaak uitgevoerd met als enig gegeven: de gevonden geleidingshardhorendheid. Deze geleidingshardhorendheid wordt aangetoond door toondrempelbepaling voor lucht- en beengeleiding met behulp van een audiometer. Het verschil tussen de lucht- en beengeleiding beschouwt men in het algemeen als de grootte van het geleidingsverlies.

De oorzaak van een geleidingshardhorendheid blijft herhaaldelijk onbekend. Bij het spiegelonderzoek zijn enkele oorzaken waar te nemen, zoals een atresie van de gehoorgang, cerumen, secreet of een exostose in de gehoorgang, perforaties in het trommelvlies en acute of chronische ontstekingen in het middenoor met vorming van granulaties of cholesteatom. Ook stoornissen in de functie van de tuba Eustachii, waardoor de luchtdruk in het middenoor en de omgeving niet meer gelijk blijft en waardoor de drainage van het middenoor bemoeilijkt wordt, kunnen gemakkelijk worden herkend.

Bij de exploratieve tympanotomie gaat het echter om die gevallen, waar een geleidingshardhorendheid wordt gevonden bij een intact trommelvlies en een goed doorgankelijke tuba Eustachii, met de mogelijkheden van otosclerose, congenitale afwijkingen, onderbreking van de gehoorbeentjesketen, postinfectieuze toestanden, enz.

De diagnose otosclerose wordt voornamelijk gesteld op de anamnese: het ongemerkt sluipende begin rond de twintig jaar, de progressieve hardhorendheid, het oorsuizen, het verschijnsel van de paracusis Willisii (het beter horen in lawaai), de toename van het gehoorsverlies tijdens of na de graviditeit en het voorkomen van slechthorendheid in de familie. Het van de geboorte af bestaan van een geleidingshardhorendheid kan op een congenitale anomalie van het middenoor wijzen. Het ontstaan van een geleidingshardhorendheid door een schedeltrauma of door een operatieve ingreep in het middenoor duidt op een luxatie van de gehoorbeentjesketen. Blijkt uit de anamnese, dat de patiënt vroeger een otitis media doorgemaakt heeft, dan bestaat de mogelijkheid van adhesies, tympanosclerose of ingedikt secreet in het middenoor. Wij zien dus dat de anamnese herhaaldelijk in een bepaalde richting wijst.

Ook bij het spiegelonderzoek zijn soms aan of door het intacte trommelvlies afwijkingen te zien, die wijzen op een bepaalde vorm van geleidingshardhorendheid. Zo wijzen kalkvlekken op een mogelijke tympanosclerose, een rose verkleuring van het trommelvlies op otosclerose. Afwijkingen aan de oorschelp (microtie) of in de omgeving daarvan (fistels), gaan vaak samen met ontwikkelingsstoornissen in het geleidingsstelsel.

Bij het onderzoek naar de functie van het oor kan men met de proef van Gellé het vastzitten van de stijgbeugel in het ovale venster aantonen. Deze proef zal echter bij verschillende vormen van geleidingshardhorendheid hetzelfde resultaat geven.

Het audiogram en het spraakaudiogram wijzen soms ook in een bepaalde richting. Wij hoeven maar te denken aan de „Carhart notch” in de beengeleidingscurve, die vooral bij otosclerose, doch ook bij andere vormen van geleidingshardhorendheid wordt gevonden.

De kennis van de pathologie van het middenoor is door de grote vlucht van de microchirurgie sterk toegenomen. De belangstelling voor de operatieve ingrepen in het middenoor is te verklaren door de verbetering van het instrumentarium (operatiemicroscop en verfijnde boren). Het vroegere standpunt, dat men zich bij een geleidingshardhorendheid van onbekende aard tot conservatieve maatregelen moet beperken, is door de resultaten van de laatste jaren achterhaald en moet worden herzien (Gerlings 1962).

De differentiële diagnostiek bij het onderzoek der geleidingshardhorendheid laat echter nog veel te wensen over. Het is gebleken, dat in vele gevallen, waar preoperatief de diagnose otosclerose was gesteld, men in het geheel niet met otosclerose te maken had. Lempert (1945) sprak dan ook van „clinical otosclerosis”. Goodhill (1960) verzamelde de gevallen die klinisch lijken op otosclerose, onder de naam „pseudotosclerosis”. Hij rekende hiertoe fixaties van de gehoorbeentjesketen, ziekten van het aanbeeld, niet otosclerotische aandoeningen van de stijgbeugel en aangeboren afwijkingen van de gehoorbeentjes en de beide vensters.

Het is vanzelfsprekend, dat men is gaan zoeken naar methoden, om vóór een eventuele operatie de aard van een geleidingshardhorendheid vast te stellen. Men zocht vooral naar mogelijkheden om de toestand en de functie van de verschillende onderdelen van het geleidingsstelsel te onderzoeken, zoals de beweeglijkheid van het trommelvlies, de beweeglijkheid en het intact zijn van de gehoorbeentjesketen met haar gewrichten en ligamenten, de contractie van de intra-aurale spiertjes en de functie van de beide vensters. Het is nu gebleken, dat men met behulp van impedantiemetingen van het middenoor vaak preoperatief

tot een betere diagnose kan komen, ook als men zich beperkt tot de impedantieomslagmethode. Deze metingen, die klinisch nog weinig worden toegepast, zullen uitvoerig worden besproken. Tevens zal dan worden ingegaan op de nieuwe inzichten, die door het onderzoek van patiënten in onze kliniek werden verkregen. Andere toepassingen van de methode dan voor de diagnostiek van de geleidingshardhorendheid zullen eveneens worden vermeld.

Het doel van het onderhavige onderzoek was, de waarde van het impedantieomslagonderzoek voor de differentiële diagnostiek van die geleidingshardhorendheid na te gaan, die voor een exploratie in aanmerking komt. Hiertoe zijn de resultaten, die bij het preoperatieve onderzoek met behulp van de impedantieomslagmeter werden verkregen, vergeleken met de bevindingen bij de exploratieve tympanotomie.

De trommelholte is een kleine, conglomeraatvormige in het algemeen die gelegen is tussen de gehoorgang en het binnenoor. Deze ruimte, die door een aantal wanden in vierde wordt verdeeld, naar links in een eeglijke trommelholte en in een koopeholte, wordt in verbanding met de mastoïden door middel van de rube Eustachii en met de mastoïden door middel van de aditus ad antrum.

De trommelholte wordt door twee wanden begrensd. De laterale wand wordt gevormd door het ossiculatierand en de benige omranding hiervan. Het ossiculatierand wordt verdeeld in een pars tensa en een pars flaccida. Het is bevestigd in de sphenus-sphenoid, die ter plaatse van de pars flaccida indrukt. Met onderscheid in het ossiculatierand drie lagen, een oppervlakkige laag, een fibreuse laag (die omvatte in de pars flaccida) en een diepste laag. De fibreuse laag was niet alleen van belang zijn voor een versterking van de membrana, maar ook een functie hebben in de geleidingsvermogen (H. H. H. H.). Het dak van de trommelholte wordt gevormd door een dunne lamina, het tegmen tympani. Hierdoor wordt de koopeholte van de mastoïden scheidelijkelijk afgescheiden. De bodem van het ossiculatierand ligt dan de onderwand van het ossiculatierand. Onder deze bodem ligt de bulla van de mastoïden. De voorwand gaat over in de rube Eustachii. In de achterwand bevindt zich de opening naar de mastoïden, de aditus ad antrum. Hieronder ligt de concha pyramidalis. Deze geeft de ten eeglijke vorm van in de trommelholte uit. De achterwand van de trommelholte heeft een aantal verticale wanden. Bij een sterke uitbreiding naar voren spreidt men wel van een excessus retrotympanicus (H. H. H. H.). De marge tympanica vormt de laterale begrenzing hiervan. De mediale wand van de trommelholte wordt gevormd door de benige laag van het labrynth in het midden onderscheidt men het postmastoïden. Achter het postmastoïden aan de onderzijde bevindt zich een

HOOFDSTUK I

DE ANATOMIE VAN HET MIDDENOOR

Slechts van die onderdelen in het middenoor zal de anatomie vermeld worden, die voor een bespreking van de fysiologie en de pathologie van het middenoor en van de diagnostiek der geleidingshardhorendheid o.a. met behulp van de impedantieomslagmeter van belang zijn.

De trommelholte is een kleine, onregelmatige ruimte in het slaapbeen, die gelegen is tussen de gehoorgang en het binnenoor. Deze ruimte, die door sommige auteurs in tweeën wordt verdeeld, namelijk in een eigenlijke trommelholte en in een koepelholte, staat in verbinding met de nasopharynx door middel van de tuba Eustachii en met de mastoidcellen door middel van de aditus ad antrum.

De trommelholte wordt door zes wanden begrensd. De laterale wand wordt gevormd door het trommelvlies en de benige omranding hiervan. Het trommelvlies wordt verdeeld in een pars tensa en een pars flaccida. Het is bevestigd in de sulcus tympanicus, die ter plaatse van de pars flaccida ontbreekt. Men onderscheidt in het trommelvlies drie lagen, een oppervlakkige huidlaag, een fibreuze laag (deze ontbreekt in de pars flaccida) en een slijmvlieslaag. De fibreuze laag zou niet alleen van belang zijn voor een versteviging van de membraan, maar tevens een functie hebben in de geluidsoverdracht (Helmholtz). Het dak van de trommelholte wordt gevormd door een dunne beenplaat, het tegmen tympani. Hierdoor wordt de koepelholte van de middelste schedelgroeve gescheiden. De bodem van het middenoor ligt lager dan de onderrand van het trommelvlies. Onder deze bodem ligt de bulbus venae jugularis. De voorwand gaat bovenaan over in de tuba Eustachii. In de achterwand bevindt zich de toegang naar de mastoidcellen, de aditus ad antrum. Hieronder ligt de eminentia pyramidalis. Deze steekt als een afgestompte kegel vrij in de trommelholte uit. De achterwand van de trommelholte kan aanzienlijke variaties vertonen. Bij een sterke uitbochtiging naar achteren spreekt men wel van een recessus retrotympanicus (Dworacek 1960). De margo tympanicus vormt de laterale begrenzing hiervan. De mediale wand van de trommelholte wordt gevormd door de benige kapsel van het labrynt. In het midden onderscheidt men het promontorium. Achter het promontorium aan de onderzijde bevindt zich een

driehoekig gevormde opening. Dit is de nis van het ronde venster. Achter het promontorium aan de bovenzijde is de nis gelegen, die toegang geeft tot het ovale venster. De diepte van deze nissen kan zeer wisselend zijn.

In het middenoor vindt men de gehoorbeentjes, de hamer, het aanbeeld en de stijgbeugel, die door middel van gewrichten en ligamenten een geheel vormen. De hamer is met de steel met het trommelvlies verbonden. De verbinding is het stevigst in het midden van het trommelvlies bij de umbo en wordt naar de rand toe zwakker. De kop van de hamer steekt in de koepelholte uit. Hier bestaat een verbinding met het aanbeeld door middel van een gewricht. Het gewricht tussen de hamer en het aanbeeld wordt zadelvormig genoemd. Een convex gedeelte van de hamer past in een concaaf gedeelte van het aanbeeld en een convex gedeelte van het aanbeeld past in een concaaf gedeelte van de hamer. De gewrichtsvlakken zijn met kraakbeen bedekt en het geheel is omgeven door een dun kapsel. De hamerkop is met drie ligamenten, één aan de voorkant, één aan de bovenkant en één aan de zijkant verbonden met de wanden. Vanaf het lichaam van het aanbeeld, dat eveneens in de koepelholte ligt, loopt een ligament naar de bovenwand. Het korte been rust op de bodem van de aditus en is daarmee met een ligament verbonden. Het lange been van het aanbeeld loopt evenwijdig met de meer lateraal gelegen hamersteel. Het uiteinde van het lange been, dat omgebogen is (de processus lenticularis), vormt een gewricht met het stijgbeugelkopje. De gewrichtsvlakken, die meestal in het sagittale vlak gelegen zijn, hebben een effen oppervlak en zijn elliptisch van vorm. Gewoonlijk is de processus lenticularis iets naar voren op het stijgbeugelkopje geplaatst. De stijgbeugel, die horizontaal ligt, is met zijn voetplaat verankerd in het ovale venster door een ligament (ligamentum annulare). Dit is zowel aan de voorzijde als aan de achterzijde versterkt.

De gehele trommelholte en alles wat zich hierin bevindt, is bedekt met slijmvlies. Het macroscopisch aspect van het slijmvlies is glad, bleek en dun. Microscopisch blijkt het hoofdzakelijk uit plaveiselepitheel te bestaan. Op de bodem vindt men cubische of cilindrische cellen met trilhaar. De richting van de trilhaarbeweging is naar het ostium van de tuba Eustachii.

De twee spiertjes die op de gehoorbeentjesketen inwerken, liggen wat hun spierbuik betreft in ruimten omgeven door bot. De musculus tensor tympani ontspringt aan het kraakbenig gedeelte van de tuba Eustachii en aan de wanden van het omgevende bot. Het botkanaal (semicanalis musculi tensoris tympani) loopt evenwijdig met en vlak boven het benige gedeelte van de tuba. Een dunne beenplaat scheidt de beide

kanalen. Aan het uiteinde van het kanaal loopt de pees van de *musculus tensor tympani* om de *processus cochleariformis*. Vervolgens loopt zij dwars door de trommelholte naar de steel van de hamer. De insertie vindt plaats aan het bovenste deel van de achterrand van de hamersteel. De *musculus stapedius* is niet, zoals veelal wordt vermeld, in de *eminentia pyramidalis* gelegen, maar de buik van het dubbel gevederde spiertje bevindt zich in een botruimte, die gewoonlijk direct in het facialiskanaal overgaat (*cavum musculi stapedii*, Platzer 1961). Het spiertje ontspringt aan de wanden van deze ruimte en aan de door bindweefsel gevormde afscheiding tussen het *cavum* en de *canalis facialis*. Zelden vindt men het *cavum musculi stapedii* als een door bot van het facialiskanaal afgescheiden ruimte. In de *eminentia pyramidalis* is alleen de pees van de *musculus stapedius* gelegen; spierweefsel wordt er niet in aangetroffen. De pees insereert, na haar uittreding uit de *eminentia*, gewoonlijk aan de achterzijde van het kopje van de stijgbeugel.

DE BLOEDVOORZIENING

Het vaatverloop in de trommelholte geeft enig inzicht in de pathologische afwijkingen aan de gehoorbeentjes, die mogelijk door een stoornis in de bloedvoorziening kunnen worden verklaard.

Een van de voornaamste arteriën die het middenoor van bloed voorziet, is de *arteria stylomastoidea*. Deze arterie, die afkomstig is van de *arteria auriculotemporalis*, loopt door het facialiskanaal. Behalve de mastoidcellen worden de *musculus stapedius*, de achterwand en de bodem van de trommelholte door deze arterie verzorgd. Verder nemen nog de volgende vaten deel aan de bloedvoorziening van het middenoor en zijn inhoud: de *arteria caroticotympanica*, de *arteria petrosa superficialis*, de *arteria tympanica superior*, de *arteria tympanica inferior* en de *arteria tympanica anterior*. De *arteria caroticotympanica* bestaat meestal uit twee takjes, die van de *arteria carotis interna* afkomstig zijn. Zij voorzien de voorwand en het voorste deel van de mediale wand van bloed. Uit de *arteria meningea media* ontspringt de *arteria petrosa superficialis*. Deze vormt in het facialiskanaal een anastomose met de *arteria stylomastoidea*. Tevens nemen takjes, die naar de stijgbeugel verlopen, hun oorsprong hieruit. De *arteria tympanica superior*, die eveneens een aftakking van de *arteria meningea media* is, komt door de *canaliculus tympanicus superior* in het middenoor en voorziet, behalve de *musculus tensor tympani* ook een gedeelte van de koepelholte van bloed. Bovendien loopt een takje naar de voorkant van de stijgbeugel. De *arteria tympanica inferior*, die afkomstig is van de *arteria pharyngea ascendens*, loopt samen met de zenuw van Jacobson door de *canaliculus tympanicus*

inferior en verzorgt de bodem van de trommelholte, het promontorium en de tubamond.

De arteria tympanica anterior, een takje van de arteria maxillaris interna, splitst zich in de fissura petrotympanica in drie takjes. Door Nager en Nager (1953) werd het verloop van deze takjes voor het eerst uitvoerig beschreven. Zij onderscheiden een bovenste tak, een achterste tak en een tak voor de gehoorbeentjes. Deze tak voor de gehoorbeentjes splitst zich weer in tweeën, een takje voor de hamer en een voor het aanbeeld. Het takje voor de hamer loopt samen met het laterale ligament en dringt het bot van de hamer binnen. Het takje voor het aanbeeld heeft een zeer wisselend verloop. Meestal loopt het langs de laterale wand van de koepelholte en door een slijmvliesplooi naar het aanbeeld. Tussen deze twee takjes bestaat gewoonlijk een anastomose, die over de kapsel van het gewricht tussen hamer en aanbeeld loopt. In het slijmvlies op de hamer en het aanbeeld en in het merg van beide beentjes bevindt zich een uitgebreid netwerk van vaten. De hamerkop krijgt bovendien nog een takje van de bovenste tak van de arteria tympanica anterior en het korte been van het aanbeeld krijgt een takje van de achterste tak van laatstgenoemde arterie. De bloedvoorziening van het uiteinde van het lange aanbeeldbeen en van de processus lenticularis wordt waarschijnlijk verzorgd vanuit het netwerk van vaten, welke in de kapsel van het aanbeeldstijgbeugelgewricht gelegen is (Smith 1958, 1962).

De stijgbeugel wordt aan de voorzijde door twee takjes, één van de arteria tympanica superior en één van de arteria tympanica inferior bereikt. Zij eindigen in het dichte netwerk van vaten om het incudostapediale gewricht. Het achterste beentje van de stijgbeugel krijgt een takje van de arteria petrosa superficialis. Tussen de vaten van beide stijgbeugelbeentjes (crura) bestaan enkele anastomosen, gevormd door kleine takken, die in de rand van de voetplaat, langs de onderrand van het ovale venster en in slijmvliesplooien tussen de crura lopen. Een overblijfsel van de arterie, die tijdens het embryonale leven de stijgbeugelring doorboort (arteria stapedia), is na de geboorte niet meer te vinden.

Bij de bovengenoemde onderzoeken is gebleken, dat alleen het botweefsel in het kopje en de hals van de stijgbeugel en in de verdikte rand van de stijgbeugelvoetplaat bloedvaten bevat. In beide crura en in het dunne gedeelte van de stijgbeugelvoetplaat zijn geen vaten te vinden. De voeding moet hier plaatsvinden door middel van diffusie uit het bedekkende slijmvlies.

DE ZENUWVOORZIENING

Het uitwendige oor en het middenoor worden door verschillende zenuwen geïnnerveerd en wel door de nervus trigeminus, de nervus

glossopharyngeus en de nervus vagus. Ook takjes van de cervicale zenuwen bereiken het oor.

De oorschelp en de uitwendige gehoorgang worden verzorgd door de nervus auriculotemporalis (nervus trigeminus), de nervus auricularis magnus (plexus cervicalis) en door de ramus auricularis van de nervus vagus. Takjes van de nervus auriculotemporalis, de nervi meatus auditorii externi, dringen de gehoorgang bij de overgang van het kraakbenige in het benige gedeelte binnen. Eén takje verzorgt de bovenwand en één de onderwand van de gehoorgang. Het bovenste takje geeft een aftakking naar het trommelvlies (nervus membranae tympani). De ramus auricularis nervi vagi splitst eveneens takjes af, die de achteronderwand van de gehoorgang bereiken. Terwijl de buitenkant van het trommelvlies verzorgd wordt door de nervus membranae tympani, wordt de binnenkant verzorgd door de nervus tympanicus, komend uit het ganglion petrosum van de nervus glossopharyngeus.

De zenuwvoorziening van de trommelholte geschiedt hoofdzakelijk door de plexus tympanicus. Deze plexus wordt door verschillende zenuwen gevormd. De nervus tympanicus bereikt de trommelholte door de canaliculus tympanicus en verlaat deze weer door de apertura superior tympanici en begeeft zich als nervus petrosus superficialis minor naar het ganglion oticum (anastomose van Jacobson). De plexus is eveneens verbonden met de nervus facialis en met de sympatische plexus, die om de arteria carotis interna gelegen is (nervi caroticotympanici).

De musculus stapedius wordt geïnnerveerd door een takje van de nervus facialis. Deze zenuw, afkomstig van de hersenstam, loopt in de inwendige gehoorgang en treedt aan het einde hiervan, boven de gehoorszenuw, het rotsbeen binnen. Het kanaal van de aangezichtszenuw (canalis facialis Fallopii) verloopt naar lateraal tot de mediale wand van de trommelholte, buigt naar achteren en loopt tussen de laterale booggang en het ovale venster. Vervolgens maakt de zenuw weer een bocht, nu naar beneden, waarna zij afdaalt naar het foramen stylomastoideum. Uit het verticale gedeelte ontspringt een kleine motorische tak, die door een beenkanaal naar de musculus stapedius loopt (nervus stapedius). De vezels, die de chorda tympani vormen, komen eveneens uit het verticale gedeelte. De chorda tympani dringt door de canaliculus chordae tympani in de trommelholte en loopt vrijhangend in een boog tussen de hamersteel en het lange been van het aanbeeld naar de voorwand. Hier verdwijnt de zenuw uit de trommelholte door de fissura petrotympanica.

De innervatie van de musculus tensor tympani blijkt ingewikkelder te zijn dan tot voor kort werd aangenomen. Gewoonlijk wordt voor de motorische innervatie een tak van de ramus mandibularis van de nervus trigeminus aangegeven. In de musculus tensor tympani eindigen echter

ook zenuwvezels, die van de plexus tympanicus afkomstig zijn. De vezels van deze plexus lopen over het promontorium. Op de plaats, waar de plexus tympanicus overgaat in de nervus petrosus superficialis minor, treden enkele vezels de canalis musculo-tubarius binnen, om in de spier te eindigen (Lawrence 1962).

DE ONTWIKKELING

Met de kennis van de ontwikkeling van het middenoor, kan men de congenitale afwijkingen in de trommelholte beter beoordelen.

Het geleidingssysteem ontwikkelt zich uit een deel van het kieuwboogstelsel. Uit de eerste kieuwpleet ontstaat de gehoorgang en uit het eerste kieuwzakje de tuba Eustachii. Bij een embryo van 4¹/₂ week is voor het eerst het weefsel, dat de gehoorbeentjes gaat vormen te onderscheiden van het omgevende mesenchym door een grotere celconcentratie. Bij een embryo van 5¹/₂ week zijn in dit mesenchym twee gedeelten te herkennen: een gedeelte voor de ontwikkeling van de hamer en het aanbeeld en een voor de ontwikkeling van de stijgbeugel. De stijgbeugel en de musculus stapedius ontwikkelen zich uit het mesenchym van de tweede kieuwboog. De hamer en het aanbeeld ontwikkelen zich uit de eerste kieuwboog en uit de verbinding tussen de eerste en de tweede kieuwboog. Deze verbinding tussen de beide bogen bestaat hoofdzakelijk uit materiaal van de tweede kieuwboog. Hieruit zou voortvloeien, dat de steel van de hamer en het lange been van het aanbeeld zich uit de tweede kieuwboog ontwikkelen (Hanson, Anson en Strickland 1962).

Alle onderdelen ondergaan een verdere vormverandering om het systeem voor de geluidsgeleiding geschikt te maken. Bij een foetus van 8¹/₂ week zijn aan de hamer een kop en een steel te onderscheiden. Verder zijn de beide benen van het aanbeeld en het kopje en de voetplaat van de stijgbeugel te zien. De verbinding tussen het aanbeeld en de stijgbeugel is tot stand gekomen. De voetplaat, die zich ontwikkelt uit kraakbeen van de labyrintkapsel, staat hiermee in verbinding ter plaatse van het toekomstige ovale venster.

Rond de 20e week van de graviditeit is het bindweefsel dat het middenoor opvult, zeer losmazig geworden. Verdere epithelialisatie vindt plaats vanuit het kieuwzakje. Tijdens de geboorte treedt lucht in het middenoor binnen.

HOOFDSTUK II

DE FYSIOLOGIE VAN HET MIDDENOOR

Rond het begin van onze jaartelling had men al enig idee van het geluid als een trilling in de lucht. De geluidsperceptie werd in het middenoor gelocaliseerd. Het heeft tot de 16e eeuw geduurd, alvorens men vooruitgang boekte. Door nauwkeurig anatomisch onderzoek werd een beter inzicht in het middenoorsysteem verkregen. In 1566 bracht Coiter als eerste een geluidgeleidingstheorie, die als volgt luidde: „Het geluid gaat door de uitwendige gehoorgang, valt op het trommelvlies en gaat door de gehoorbeentjes naar de cochlea.” Ook een directe overdracht door middel van de lucht in het middenoor werd door hem aangenomen. Du Verney kwam in 1683 met een zeer uitgebreide en nauwkeurige studie (*Traité de l'organe de l'ouïe*). Hij beschouwde de overdracht via de gehoorbeentjesketen als de voornaamste. Du Verney localiseerde de perceptie van het geluid zowel in de cochlea als in de halfcirkelvormige kanalen. Terwijl algemeen werd aangenomen, dat het binnenoor met lucht gevuld was, ontdekte Cotugno in 1760, dat het binnenoor vloeïstof bevatte. Verder werd de basilairmembraan door hem als enige resonator voor de perceptie van het geluid aangenomen.

De kennis van de anatomie en daardoor van de fysiologie van het gehoororgaan is sterk toegenomen, nadat in het begin van de 19e eeuw de microscoop bij het onderzoek in gebruik werd genomen. Ook de studie van het geluid is van groot belang geweest.

Geluid is hoorbare trilling. Meestal zal het een trilling van de lucht betreffen; een enkele maal een trilling van de schedel, door contact met een trillend voorwerp daarop overgebracht. Het is de taak van het middenoor, de door de lucht aangevoerde trilling te transporteren naar de cochlea en de trilling van de schedel of kaken de passage naar de cochlea te belemmeren. De mens moet kunnen waarnemen wat om hem heen plaats vindt; hij moet daarbij zo min mogelijk gehinderd worden door geluiden, die hij zelf produceert. Het middenoor fungeert als een druktransformator, teneinde de impedantie van de cochlea-inhoud aan te passen aan die van de lucht. Indien het middenoorsysteem er niet was, zouden de geluidsgolven grotendeels gereflecteerd worden, aangezien de genoemde impedanties te ver uiteen liggen om een redelijke overgang zonder bemiddeling mogelijk te maken. Het middenoorsysteem zorgt niet

alleen voor deze overdracht, maar het heeft zelfs een versterkende werking.

Helmholtz maakte een uitgebreide studie van het geleidingssysteem (Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells 1868). Hij heeft moeite gedaan om de werking van de verschillende onderdelen van het systeem afzonderlijk en in zijn geheel te begrijpen. Hij onderscheidde een hefboomwerking van de vezels van het trommelvlies, een hefboomwerking van de gehoorbeentjes en een hydraulische werking door het verschil in oppervlak van het trommelvlies en de stijgbeugelvoetplaat. Helmholtz beschouwde de overbrenging door het trommelvlies als de belangrijkste factor. Vooral aan het radiaire en circulaire vezelverloop in het trommelvlies hechte hij veel waarde. In het trommelvlies zouden spanningen aanwezig zijn. Verder heeft Helmholtz nog op enkele volgens hem belangrijke punten in het geleidingssysteem gewezen. Bij de rand van het trommelvlies zijn het anteriore en het laterale ligament aan de hamer bevestigd. De achterste bundels van het laterale ligament noemde hij het ligamentum mallei posticum. Deze vezels en de vezels van het ligamentum mallei anterius vormen volgens hem de as, waar de hamer om draait, wanneer geluid op het trommelvlies valt. Verder wees hij op het belang van het gewricht tussen hamer en aanbeeld. Door de structuur van het gewricht zou het aanbeeld een draaiing van de hamer in een bepaalde richting moeten volgen en in een andere richting niet. In de straffe verbinding van het aanbeeld met de achterwand zag hij een beperking van de bewegingsmogelijkheden. Helmholtz stelde zich de beweging in de gehoorbeentjesketen als volgt voor: bij een binnenwaartse beweging van het trommelvlies beweegt de hamersteel zich naar binnen en een weinig achterwaarts omhoog. De kop van de hamer komt naar buiten en voorwaarts omlaag. De voorwaartse beweging wordt tegengewerkt door de verbinding, die de hamerkop met het aanbeeld heeft. Doordat het korte been van het aanbeeld stevig verbonden is met de achterwand, beweegt de kop van de hamer recht naar binnen en naar buiten, evenals de steel. De hamer maakt hierbij een lichte draaiing, welke niet geheel door het aanbeeld wordt gevolgd. Bij het naar buiten bewegen van de hamerkop en het lichaam van het aanbeeld gaat het lange been van het aanbeeld naar binnen, evenals de hamersteel. Binnen- en buitenwaartse bewegingen van het lange been van het aanbeeld worden op de stijgbeugel overgebracht. Aangezien de stijgbeugelvoetplaat aan de achterrand een vastere verbinding heeft dan aan de voorrand, nam Helmholtz een sterkere beweging aan de voorzijde dan aan de achterzijde aan.

Het zijn voornamelijk de uitgebreide onderzoeken van de Nobelprijswinnaar von Békésy geweest, die het inzicht in het geleidings-

systeem verbeterd hebben. Von Békésy vond geen enkele spanning in het trommelvlies. Indrukken van het trommelvlies gaf een circulaire indeuking en niet een elliptische, zoals men bij anisotropische spanning in het trommelvlies zou mogen verwachten. Wanneer hij gedeelten uit het trommelvlies sneed, vond hij geen vormveranderingen van de perforatie. Hij beschouwt het trommelvlies als een stijf oppervlak, dat draait om een as, die loopt door zijn bovenrand. In verband met deze draaiing is de trillingsuitslag het grootst aan de onderrand. Dit impliceert een grote mobiliteit ter plaatse. Inderdaad wordt aan de onderrand van het trommelvlies een zogenaamde plooi gevonden. Het trommelvlies zou dus niet, zoals Helmholtz dacht, de drukoverdracht door bijzondere vezelstructuren versterken. Versterking treedt alleen op door de verhouding van de oppervlakken van het trommelvlies en de stijgbeugelvoetplaat. Uit metingen is gebleken, dat van het totale oppervlak van het trommelvlies van 85 mm^2 slechts 55 mm^2 stijf met de hamersteel zijn verbonden. Aangezien het stijgbeugelvoetplaatoppervlak $3,2 \text{ mm}^2$ is, ontstaat een versterking van 17 maal. De hefboomwerking van de gehoorbeentjes geeft nog eens een versterking van 1,3 maal, zodat de totale drukversterking een theoretische waarde heeft van 22.

Von Békésy heeft experimenten gedaan op slaapbeenderen om de geluidsoverdracht van het geleidingssysteem te meten. Hij zond een geluidsgolf, waarvan de druk bekend was, in de gehoorgang en tegelijkertijd van het geopende binnenoer uit een geluidsgolf op het cochleaire oppervlak van de stijgbeugelvoetplaat. De amplitude en de fase van deze laatste geluidsgolf werden nu zodanig veranderd, dat de stijgbeugelvoetplaat in rust bleef. De drukversterking bleek onder de 2400 Hz 10 tot 18 maal te zijn en zo goed als onafhankelijk van de frequentie. Bij een verdere verhoging van de frequentie nam de versterking af.

Vele onderzoekers hebben zich bezig gehouden met de fysiologie van de middenoorspiertjes. De musculus stapedius is de kleinste spier van het menselijk lichaam. De lengte bedraagt $6,3 \text{ mm}$ en de doorsnede $4,9 \text{ mm}^2$ (Wever en Lawrence 1954). De spier is omgeven door een benig omhulsel. De pees, die op de top van de eminentia pyramidalis te voorschijn komt, loopt naar de achterrand van de kop van de stijgbeugel. De andere middenoorspier, de musculus tensor tympani, 25 mm in lengte en $5,85 \text{ mm}^2$ in doorsnede (Wever en Lawrence 1954), ligt in de semicanalis musculi tensoris tympani. De ligging van deze spiertjes in een benig omhulsel zou als voordeel hebben, dat er een demping verkregen wordt van de geluiden, die door spiercontracties worden opgewekt. Beide spiertjes zijn opgebouwd uit een groot aantal korte spiervezels, die parallel verlopen. Hierdoor wordt bij contractie een geringe verplaatsing en een grote kracht verkregen. Door de meeste onderzoekers

werd in de spiertjes dwarsgestreept spierweefsel gevonden. Dat naast het dwarsgestreepte spierweefsel ook glad spierweefsel aanwezig zou zijn (Byrne 1938), werd door de andere onderzoekers niet bevestigd (Eggston en Wolff 1947).

Hensen ontdekte in 1878 een akoestische reflex van de musculus tensor tympani bij de hond. Hij opende het middenoor en stak een naald door de pees. Als hij nu geluidsprikkels aan het oor toediende, bewoog de naald. Pollak (1886) toonde eveneens bij honden aan, dat de akoestische reflex van de musculus tensor tympani afhankelijk was van het geluidsniveau en dat een eenzijdige akoestische prikkel een reflex gaf in beide oren. Hammerschlag (1899) bevestigde deze proefnemingen. Kato vond in 1913 bij honden en katten niet alleen een akoestische reflex van de musculus tensor tympani, maar ook van de musculus stapedius. Bij een matige geluidssterkte zou de musculus stapedius alleen contraheren, terwijl bij hogere intensiteiten beide spiertjes contracties zouden vertonen. Door Lorente de Nó en Harris (1933) werd dit bij dierexperimenten bevestigd voor frequenties boven de 10.000 Hz en onder de 3000 Hz. Tussen de 3000 Hz en de 10.000 Hz werkten beide spiertjes steeds samen.

Lüscher (1929) was de eerste, die de akoestische musculus stapedius reflex bij de mens waarnam. Met behulp van een door hem ontworpen microscoop, zag hij door een trommelvliesperforatie bewegingen van de pees van de musculus stapedius. Bij het geven van zuivere tonen met stijgende sterkte, zag hij eerst trekkingen in de spier optreden; vervolgens trad een blijvende contractie op. De contractie hield pas op na het wegnemen van het geluid. Verder vond Lüscher, dat de reflex zeer gemakkelijk werd opgewekt door de conversatiespraak op 50 cm van het oor, het houden van een licht aangeslagen stemvork voor het oor en een licht blaasgeluid in het oor. De contractie was steeds bilateraal en kon zelfs opgewekt worden bij de verwachting van een geluidsprikkel (geconditioneerde reflex).

Hierna beschreven Lindsay, Kobrak en Perlman (1936) gelijke bevindingen. Bij 25 patiënten met een trommelvliesperforatie in het achterbovenkwadrant, werd de drempel van de akoestische musculus stapedius reflex bepaald. Deze werd gevonden bij 70 tot 90 db boven de gehoordrempel.

De baan die de akoestische reflex doorloopt, is door verschillende onderzoekers uitvoerig nagegaan. De efferente baan werd door Politzer in 1861 gevonden toen hij aantoonde, dat de musculus tensor tympani geïnnerveerd wordt door de nervus trigeminus en de musculus stapedius door de nervus facialis. Pollak toonde in 1886 aan, dat bij een vernietiging van beide cochleae bij de hond, geen reflex meer was op te

wekken. De cochlea zou dus een onderdeel van de reflexbaan vormen. Hammerschlag (1899) bestudeerde bij honden en katten het afferente gedeelte van de reflexbaan. Deze onderzoeken waren aanvankelijk gericht op de beantwoording van de vraag, of de door Hensen en Pollak gevonden *musculus tensor tympani reflex*, met recht een akoestische reflex genoemd kon worden. Hierbij vond hij, dat het afferente gedeelte van de reflexbaan door de *nervus acusticus* wordt gevormd. Bij vernietiging van de *nervus acusticus* en de cochlea aan één kant was vanuit het andere oor nog een *musculus tensor tympani reflex* op te wekken. Na doorsnijding van beide gehoorszenuwen was dit niet meer mogelijk. De gehoorszenuw was dus onontbeerlijk om een akoestische reflex van de *musculus tensor tympani* te verkrijgen. Bij verdere experimenten, waarbij hij frontale sneden maakte in de hersenstam, kon het subcorticale verloop van de reflex worden aangetoond. De reflexcentra bleken in de pons te zijn gelegen.

Bij de mens is de reflexbaan nog niet geheel duidelijk, maar verloopt waarschijnlijk als volgt: de gehoorszenuw vormt het afferente gedeelte van de reflexboog. Het perifere axon van de bipolaire cellen in het ganglion spirale loopt naar de basilairmembraan van het orgaan van Corti in de cochlea en het centrale axon loopt naar de akoestische kernen van de hersenstam. Het tweede stelsel neuronen is afkomstig van de *nucleus ventralis* en *dorsalis*, die in de hersenstam gelegen zijn. De vezels uit deze beide kernen, die het *corpus trapezoides* vormen, staan door middel van de *lemniscus lateralis* met de *colliculus inferior* van de *corpora quadrigemina* in verbinding. Van de *colliculus inferior* loopt de *tractus longitudinalis medialis* naar de kernen van de verschillende hersenzenuwen. Beiderzijds wordt de *musculus stapedius* via de *nervus facialis* bereikt.

De tijd die verloopt tussen het begin van de prikkel en de eerst merkbare contractie van de middenoorspiertjes (latentietijd), wordt in de literatuur zeer verschillend opgegeven. De verschillen lijken hoofdzakelijk te worden bepaald door het uiteenlopen van de onderzoeksmethoden bij de dierexperimenten. In het algemeen wordt voor de *musculus stapedius reflex* een duidelijk kortere latentietijd (6 msec) opgegeven dan voor de *musculus tensor tympani reflex* (15 msec). Fisch en von Schulthess (1962) brachten bij de mens micro-electroden aan in de *musculus stapedius* en de *musculus tensor tympani*. Zij vonden voor de *musculus stapedius* een latentietijd van 10—14 msec en een volledige contractie na 100 msec. De *musculus tensor tympani*, die een constante tonus bleek te bezitten, vertoonde geen reactie op geluid.

Op verschillende manieren heeft men getracht na te gaan, of de akoestische reflexcontracties van de middenoorspiertjes bewegingen van

de hamersteel of het trommelvlies veroorzaakten. De mededelingen in de literatuur zijn niet eensluidend. Door bepaalde belichting van spiegeltjes, die op het trommelvlies waren aangebracht, werden bij het geven van akoestische prikkels bewegingen gezien (Köhler 1910, Dahmann 1929, 1930). Waar (1923), die met behulp van een microscoop het trommelvlies bekeek tijdens het geven van verschillende geluiden, zag geen bewegingen van het trommelvlies. Hij kwam tot de conclusie, dat de musculus tensor tympani geen reflectoire contractie vertoont onder invloed van geluid. Bij twee personen, die hun middenoorspiertjes willekeurig konden samentrekken, zag hij bij een willekeurige contractie wel een duidelijke verplaatsing van het trommelvlies tot 60μ toe.

Von Békésy (1941) maakte, om de bewegingen van het trommelvlies na te gaan, gebruik van een sonde, die vlak voor het trommelvlies werd geplaatst en als condensatorplaat dienst deed. Het bewegende oppervlak van het trommelvlies fungeerde als de tweede condensatorplaat. Bij bewegingen van het trommelvlies ontstonden spanningsveranderingen, afhankelijk van de grootte van de beweging. Hij kon zo bewegingen van het trommelvlies op verschillende plaatsen nagaan. Ook Terkildsen (1957) kon bewegingen van het trommelvlies aantonen, die ten gevolge van intra-aurale spiercontracties ontstonden. Hij maakte hierbij gebruik van een manometersysteem. De luchtdicht afgesloten gehoorgang was verbonden met een capillair, waarin zich een druppel vloeistof bevond. Tijdens akoestische stimulatie (± 100 db 1000 Hz) werd in de meeste gevallen een buitenwaartse beweging van het trommelvlies gezien, die aan een contractie van de musculus stapedius werd toegeschreven. In sommige gevallen werd echter een binnenwaartse beweging waargenomen. Deze schreef Terkildsen aan een contractie van de musculus tensor tympani toe.

Op de onderzoeken, waarbij men heeft gewezen op de impedantieveranderingen van het middenoor tengevolge van de spierreflexen, zal later uitvoerig worden ingegaan.

Over de eigenlijke functie van de middenoorspiertjes is een uitgebreide literatuur verschenen. Er zijn tal van theorieën opgesteld. De voornaamste zijn:

1. de protectietheorie.
2. de fixatietheorie.
3. de labyrintdruktheorie.
4. de accomodatietheorie.

ad 1. Volgens de protectietheorie zouden de beide spiertjes van het middenoor door hun contractie, de geluidsgleiding van het overbrengingssysteem verminderen. Hierdoor zou het binnenoer een bescherming

tegen te sterke geluiden worden geboden. De beide spiertjes zouden als synergisten werken. De beschermende werking wordt echter hoofdzakelijk aan de musculus stapedius toegeschreven. Aangezien de spierreflexen juist optreden bij intensiteiten van 70 tot 90 db boven de gehoordrempel, lijkt deze beschermingstheorie aannemelijk. Ook de proeven van Kato (1913), waarbij in het dierexperiment veel sneller en gemakkelijker een lawaaibeschatiging van de cochlea was te verkrijgen, wanneer hij de middenoorspiertjes had doorgesneden, pleit voor deze theorie.

Door Simmons is in 1960 opnieuw de invloed nagegaan van lawaaitrauma bij katten. Door de cochleaire potentialen te meten met behulp van permanente elektroden in de ronde vensters en door de actiepotentialen te meten van de nervus acusticus, kon hij evenals Kato aantonen, dat de dieren, waarbij de middenoorspiertjes intact waren een aanzienlijk geringere beschadiging van het binnenoor vertoonden dan de dieren, waarbij de spiertjes tevoren waren doorgesneden of tijdens een algehele narcose waren verlamd. Hilding (1960) ging de beschermende functie van de middenoorspiertjes tegen lawaaibeschatiging (machinegeweer) op een geheel andere manier na. Vlak voor het traumatische geluid werd een toon van 1000 Hz met 100 db sterkte gegeven, tengevolge waarvan een aanspanning van de middenoorspiertjes optrad. Door deze aanspanning werd een uitstekende bescherming tegen lawaaibeschatiging verkregen. Deze bescherming was verdwenen na het doorsnijden van de musculus stapedius, zodat de contractie van dit spiertje voor de bescherming verantwoordelijk mocht worden gesteld.

In 1939 beschreef von Békésy een ander beschermingsmechanisme tegen te grote amplituden. Normaal maakt de stijgbeugelvoetplaat een beweging om een verticale as, die loopt door de achterrand van de voetplaat. Door deze draaiende beweging wordt vooral aan de voorkant een druk uitgeoefend op de inhoud van het binnenoor. Als de uitslagen van het trommelvlies echter groter worden, houdt deze manier van draaien van de stijgbeugelvoetplaat plotseling of geleidelijk (afhankelijk van de frequentie) op, om over te gaan in een beweging, waarbij de stijgbeugel draait om een as, die in de lengte ongeveer door het midden van de voetplaat loopt. Dan verplaatst de binnenoorvloeistof zich voornamelijk van de bovenhelft van de voetplaat naar de onderhelft of omgekeerd zonder verder de inhoud van de cochlea al te zeer te verplaatsen. De overgang van de ene vorm van trilling in de andere gaat gemakkelijk, omdat de draaiing van de gehoorbeentjes niet om een vaste as plaats vindt, maar om een punt, namelijk de punt van het korte been van het aanbeeld.

Een bescherming tegen te sterke bewegingen kan ook door een ander

mechanisme worden veroorzaakt. De twee crura van de stapes, die zeer dicht tegen de randen van de nis van het ovale venster liggen, zouden bij te sterke bewegingen in contact komen met deze randen. Hierdoor zou dus een bewegingsbeperking optreden.

ad 2. Volgens de fixatietheorie dragen de middenoorspiertjes bij tot de hechtheid van het middenoorsysteem. Zij zouden de gehoorbeentjesketen in de normale positie houden tijdens de vibratie. Als de spiertjes worden doorgesneden, blijkt het geleidingssysteem inderdaad zeer kwetsbaar te zijn geworden.

ad 3. De labyrintdruktheorie is gebaseerd op de veranderingen in de druk van de labyrintvloeistof, die door de middenoorspiercontractie ontstaan. Door deze drukveranderingen zou de gevoeligheid van het oor veranderd worden.

Davis, Derbyshire, Lurie en Saul (1934) vonden, dat een binnenwaartse beweging van de stijgbeugelvoetplaat, behalve een drukverhoging, een positieve potentiaalverandering in de scala vestibuli geeft en een buitenwaartse beweging, behalve een drukverlaging, een negatieve potentiaalverandering. Bij experimenten bleek nu, dat bij een contractie van de musculus stapedius een negatieve potentiaalverandering ontstond en bij een contractie van de musculus tensor tympani een positieve potentiaalverandering, die aan drukveranderingen werden toegeschreven. Hoewel ten gevolge van spiercontracties drukveranderingen zouden kunnen worden aangetoond, is uit experimenten gebleken, dat de geluidsoverdracht door drukveranderingen niet verandert. Lempert, Wever, Lawrence en Meltzer (1949) zagen bij proeven op apen bij een drukverhoging van de perilymf tot 50 mm Hg, geen enkel effect op de cochleaire potentialen bij het ronde venster, die werden opgewekt door tonen van 500 tot 2000 Hz.

ad 4. Volgens de accommodatietheorie zouden de middenoorspiertjes een functie hebben bij het opvangen van bepaalde geluiden. Du Verney (1683) sprak van een bepaalde spanning van het trommelvlies, waardoor een selectiviteit in de geluidsoverdracht zou worden verkregen. Mach (1863) vergeleek het oor met het oog en veronderstelde, dat het oor in staat was zich evenzo aan te passen aan het geluid als het oog aan het licht. Een aanspanning der spiertjes zou het oor gevoeliger maken voor hoge tonen en een ontspanning voor lage tonen.

Voor deze theoretische beschouwingen zijn experimenteel nooit aanknopingspunten gevonden. Men kan niet zeggen, dat door de werking van de middenoorspiertjes een zodanige selectieve overdracht van het

geluid wordt verkregen, dat de ene toon beter door het systeem wordt geleid dan de andere.

Tenslotte moet nog worden ingegaan op de betekenis van de beide labyrintaire vensters voor de geluidsoverdracht. Beweging in de vloeistof van het binnenoor is mogelijk door de aanwezigheid van de beide vensters. Als de luchttrillingen echter direct op beide vensters vallen, ontstaan bij beide vensters binnenwaartse bewegingen, die elkaar opheffen. Als één venster afgeschermd wordt, kan er wel een beweging ontstaan van het ene venster naar het andere.

Om van ieder van beide vensters de betekenis voor het horen te leren kennen, heeft men de invloed van een afsluiting van het ovale en van het ronde venster afzonderlijk en van beide vensters tegelijk, op de lucht- en de beengeleiding nagegaan.

Bij een afsluiting van het ovale venster in het dierexperiment, een situatie, die overeenkomt met otosclerose van het ovale venster bij de mens, wordt een sterk geleidingsverlies gezien tot 60 db toe. Het verlies is voor de lage tonen groter dan voor de hoge. De beengeleiding toont een zeer gering verlies. Een afsluiting van het ronde venster geeft een matig verlies bij alle frequenties voor de luchtgeleiding. Het beengeleidingsverlies is nog kleiner en in tegenstelling tot het luchtgeleidingsverlies, groter voor de hoge tonen dan voor de lage. De afsluiting van het ronde venster heeft ook wel eens geen invloed op de luchtgeleiding. Een enkele keer wordt zelfs een lichte verbetering gezien. Volgens Wever en Lawrence wordt dit veroorzaakt, doordat bij de afsluiting van het ronde venster een luchtbel wordt ingesloten. De ronde venster-membraan kan dan vrij uitwijken.

Het geringe verlies bij een afsluiting van het ronde venster kan worden verklaard, als er behalve het ronde venster nog andere uitwijkplaatsen in de cochlea bestaan. Ranke (1958) wees op de aquaeductus cochleae en de in- en uittreedplaatsen van bloedvaten en zenuwen, als mogelijke uitwijkplaatsen voor de perilymf (derde venster). Groen en Hoogland (1958) wezen eveneens op deze mogelijkheid. Zij kwamen tot de conclusie, dat indien bij een afsluiting van het ronde venster de aquaeductus als uitwijkplaats zou dienen, vooral de hoge frequenties hiervan hinder zouden ondervinden, daar de wrijvingsweerstand voor deze frequenties het grootst is. Een dalend audiogram met een toenemend verlies van 6 db per octaaf mag dan worden verwacht.

Uit de dierexperimenten van Tonndorf en Tabor (1962) is gebleken, dat bij een afsluiting van beide vensters het geleidingsverlies groter is dan bij een afsluiting van het ovale venster alleen. Het beengeleidingsverlies wordt echter niet groter. Dit is slechts weer te verklaren door

andere uitwijkplaatsen voor de perilymf aan te nemen. Inderdaad is uit verdere proefnemingen van laatstgenoemde onderzoekers gebleken dat, indien de aquaeductus te voren was afgesloten, een afsluiting van het ronde venster of van beide vensters wel duidelijk de beëngleiding in negatieve zin beïnvloedde.

HOOFDSTUK III

DE PATHOLOGIE VAN HET MIDDENOOR

Door de toename van het aantal exploraties van het middenoor, waarbij gebruik wordt gemaakt van de operatiemicroscop, zijn tal van aandoeningen van het middenoor meer bekend geworden. Terwijl vroeger bij een patiënt met een geleidingsverlies, een gaaf en beweeglijk trommelvlies en een open buis van Eustachius, de klinische diagnose otosclerose werd gesteld, is het de laatste jaren wel duidelijk geworden, dat niet alleen otosclerose een dergelijk klinisch beeld geeft. De verschillende afwijkingen die het klinische beeld van de otosclerose kunnen nabootsen, zijn door Goodhill (1960) onder de naam „pseudo-otosclerose” samengevat. Hij stelde de volgende indeling op:

- A. Volledige fixatie van de gehoorbeentjesketen.
 - 1. een zogenaamd lijmoor met adhesieve fibrosis.
 - 2. granulomateuze otitis.
 - 3. diffuse fibrosis.
 - 4. tympanosclerosis.
 - 5. panosteoarthritis.

- B. Ziekten van de incus.
 - 1. traumatische dislocatie van de incus.
 - 2. gefixeerde incus.
 - 3. incus atrofie.
 - 4. necrose van de processus lenticularis.

- C. Niet otosclerotische aandoeningen van de stapes.
 - 1. ziekte van Paget.
 - 2. osteogenesis imperfecta.
 - 3. tympanosclerosis.
 - 4. arthritis van de voetplaat.
 - 5. tentvorming om de stapes.

- D. Congenitale anomalieën van de gehoorbeentjes en de vensters.

Goodhill wees er reeds op, dat men de pseudo-otosclerose gevallen vooral zal vinden bij patiënten met een eenzijdige geleidingshardhoorheid. Otosclerose geeft veelal afwijkende verschijnselen in beide oren.

OTOSCLEROSE

Er is wel geen ziektebeeld in de keel-neus-oorheelkunde, dat de laatste 20 jaar zo in het middelpunt van de belangstelling staat als de otosclerose. Het is daardoor, dat er thans zeer veel gegevens van anatomische en histologische aard bekend zijn. Het otosclerotische proces speelt zich af in de labyrintkapsel. De normale labyrintkapsel bestaat uit verschillende lagen n.l. een endostale, een enchondrale en een periostale laag. De endostale laag is zeer dun. In de enchondrale laag van de labyrintkapsel zijn kraakbeenresten aanwezig. Deze kraakbeenresten blijven als verkalkte haarden gedurende het gehele leven aanwezig.

Men heeft verband gezocht tussen de verkalkte kraakbeenresten en het ontstaan van otosclerose. De haarden zijn bij voorkeur gelegen op de plaats van deze resten. Reuzencellen ruimen de verkalkte grondsubstantie en het omgevende bot op, zodat nieuw bot kan worden gevormd. Regelmatig worden naast de otosclerotische haarden, weefselveranderingen gevonden in de vorm van bindweefselreacties. Dit bindweefsel is celarm en vertoont geen ontstekingsverschijnselen. Er treedt veelvuldig verkalking in op. De otosclerotische haarden kunnen in de gehele labyrintkapsel worden aangetroffen. De voornaamste haard is gewoonlijk aan de voorzijde van het ovale venster te zien ter plaatse van de fissula ante fenestram. Wanneer de otosclerotische haard of de bindweefselreactie rond de haard het ovale venster bereikt, treden stoornissen in het geleidingssysteem op. De bewegingsmogelijkheden van de stijgbeugel kunnen op verschillende manieren worden beperkt. Men onderscheidt drie vormen van fixatie (Rüedi, Spoendlin 1957):

1. een fibreuze fixatie. Deze wordt veroorzaakt door de genoemde bindweefselreactie in het ligamentum annulare.
2. een inklemming of een subluxatie van de stijgbeugel. Deze treden op bij de uitbreiding van een otosclerotische haard in de ovale vensternis.
3. een benige ankylose van de stijgbeugelvoetplaat. Het ligamentum annulare of de voetplaat kunnen gedeeltelijk of geheel in de otosclerotische haard zijn opgenomen. De ovale vensternis kan vernauwd zijn, de voetplaat verdikt. Ook kan een fixatie optreden, doordat een haard op de rand van de ovale vensternis zich tot in een van de crura uitbreidt.

In de nis van het ronde venster komen eveneens otosclerotische haarden voor. Een totale afsluiting van het ronde venster wordt, in tegenstelling tot een vernauwing van de nis, zelden gezien. Alleen bij een volledige afsluiting van de ronde vensternis mogen gehoorsstoornissen worden verwacht.

Terwijl otosclerose aanvankelijk als een uniek botproces werd beschouwd, heeft men door onderzoeken van temporaalbeenderen bij patiënten met andere botziekten in enkele gevallen grote histologische overeenkomsten kunnen ontdekken. Bij de ziekte van Paget (osteitis deformans) zijn herhaaldelijk vergaande veranderingen aangetroffen door resorptie van de periostale en de enchondrale laag van de labyrintkapsel en afzetting van nieuw bot. Kalk- en botafzetting rond de stapesvoetplaat geven een beeld, dat een sterke overeenkomst vertoont met otosclerose. De ziekte van Paget, die ook erfelijk bepaald wordt, komt op latere leeftijd en meer bij mannen voor. De middenoorafwijkingen zijn niet symmetrisch.

Ook bestaat er een histologische overeenkomst tussen otosclerose en osteitis fibrosa (von Recklinghausen). De botresorptie, de fibreuze vervanging van het bot en de lamellaire botvorming, verschijnselen behorend bij otosclerose, worden eveneens bij de osteitis fibrosa gevonden. De aandoening tast, evenals otosclerose, het aanvankelijk gevormde bot aan. De gelocaliseerde vorm, optredend in het middenoor, geeft echter meestal een eenzijdige aandoening. Ook is geen duidelijke erfelijkheid aan te geven.

Door Van der Hoeve en De Kleijn is het eerst (1917) de trias genoemd, waarbij naast een sterke breekbaarheid der beenderen (osteogenesis imperfecta), blauwe sclerae en een geleidingshardhorendheid voorkomen. Het ziektebeeld van de otosclerose en de osteogenesis imperfecta zijn volgens verschillende onderzoekers nauw verwant. Beide ziekten, die voornamelijk bij vrouwen voorkomen, zouden berusten op een aangeboren aandoening van de osteoclasten en de osteoblasten. Bij het Van der Hoeve-syndroom komen in het middenoor en met name rond en in het ovale venster afwijkingen voor, die microscopisch niet te onderscheiden zijn van otosclerose.

Hoewel de otosclerose, de osteitis deformans, de osteitis fibrosa en de osteogenesis imperfecta alle min of meer hetzelfde histologische beeld vertonen, mag men deze ziektebeelden niet zo maar aan elkaar gelijk stellen. De meeste verwantschap lijkt wel te bestaan tussen de otosclerose en de osteogenesis imperfecta. De genoemde botziekten, anders dan otosclerose, kunnen door hardvorming in het middenoor en vooral rond en in het ovale venster, een fixatie van de stijgbeugel veroorzaken en het beeld geven van een geleidingshardhorendheid. Zij behoren tot de groep van de pseudo-otosclerose.

VOCHTOPHOPING IN HET MIDDENOOR

De aanwezigheid van vocht in het middenoor is een frequent voorkomende aandoening. Men onderscheidt een transsudaat en een exsudaat.

Het transsudaat is meestal een dun, helder, geel vocht. Dit sereuze vocht kan bij een langdurig bestaan in een zeer visceuze slijmprop („glue ear”) overgaan. De oorzaken van deze vochtophoping (sereuze otitis media) zijn talrijk. Alle aandoeningen, die een goede functie van de tuba verhinderen, zoals infecties van de bovenste luchtwegen, hypertrofie van het lymfatische weefsel van de ring van Waldeyer, tumoren in de nasopharynx, kunnen de oorzaak zijn. Ook een slechte occlusie van het gebit of de afwezigheid van het gebit kunnen door moeilijkheden bij het kauwen stuwning in de afvoerende venen en zo een transsudaat in het middenoor veroorzaken. Naast deze lokale factoren spelen soms algemene aandoeningen zoals allergie, hart- en nierziekten en hormonale disregulaties een rol. Een acute vorm komt voor bij plotselinge veranderingen in hoogte (barotrauma). Bij een infectie van het middenoor ontstaat een exsudaat. Naast een infiltratie van ontstekingscellen ziet men reeds spoedig de ingroei van fibroblasten en nieuw gevormde capillairen.

POSTINFECTIEUZE MIDDENOORAFWIJKINGEN

De gevolgen van de frequent voorkomende ontstekingen in het middenoor waren behalve door het postmortale onderzoek reeds bij de radicale en conservatieve radicale operaties waargenomen. De tympanoplastiekoperaties en de exploraties van het middenoor, die worden uitgevoerd met behulp van de microscoop, hebben veel nieuwe gegevens opgeleverd. Het blijkt gelukkig steeds weer, hoe groot het vermogen van de levende cellen is, om een goed functioneel herstel te bewerkstelligen. Zo blijven na een acute middenoorontsteking gewoonlijk geen restverschijnselen bestaan. Het middenoorslijmvlies reageert bij een acute infectie met hyperemie en exsudatie. Het slijmvlies met het omliggende weefsel wordt eveneens dikker door de ingroei van capillairen en fibreus weefsel en door celfiltraties. Bij voldoende lokale en algemene afweer blijft het proces tot het slijmvlies beperkt en er treedt geen aantasting van bot op. Als de infectie door de afweerkrachten van het lichaam zelf of met behulp van antibiotische therapie bedwongen wordt, nemen de verschijnselen snel af. Voor een goed functioneel herstel is het nodig, dat het slijmvlies het normale aspect terugkrijgt en dat het secreet in het middenoor wordt geresorbeerd of kan afvloeien. Bij een onvolledige resorptie ten gevolge van een verminderde weerstand of bij een antibiotische kuur zonder voldoende drainage kan men gehoorsstoornissen verwachten. De geleidingshardhorendheid die dan wordt gevonden, kan veroorzaakt worden door een meer of minder georganiseerd exsudaat of indien resorptie hiervan plaats vindt, door een plaatselijke of uitgebreide fibrosis. Bij een exploratie wordt dan achter een soms normaal uitzien-

trommelvlies, een netwerk van dikke fibrotische strengen gevonden. Een typische vorm hiervan vindt men bij de „peristapedial tent”, waarbij strengnetjes van de ovale vensternis naar het aanbeeldstijgbeugelgewricht verlopen. Deze littekenstrengen moeten niet verward worden met de fijne strengnetjes van nog aanwezig mesenchymaal weefsel, die regelmatig bij middenoorinspectie o.a. tussen de gehoorbeentjes en vooral rond de stijgbeugel gezien worden. Deze strengnetjes vormen geen belemmering voor de functie van het geleidingssysteem.

De chronische middenoorontsteking wordt als een afzonderlijk ziektebeeld beschouwd. De oorzaken voor het ontstaan van een chronische middenoorontsteking zijn onvolledig bekend. Een locale disfunctie, bepaald door de eigenschappen van het middenoorslijmvlies kan van betekenis zijn. Van oudsher wordt de chronische otitis media in een goedaardige en een kwaadaardige vorm onderscheiden. De goedaardige vorm heeft een centrale en de kwaadaardige vorm een randstandige of koepelholteperforatie. Vooral bij deze laatste vorm treft men cholesteatoomvorming aan. Op de verschillende theorieën over de cholesteatoomvorming zal hier niet worden ingegaan. Een intrekking van de membraam van Shrapnell, niet veroorzaakt door een tuba-afsluiting, zou steeds voorafgaan. De ophoping van epitheelprodukten in dit gevormde zakje, gepaard gaande met infectie, leidt tot een doorbraak in de koepelholte. De ontwikkeling van het zogenaamde primaire cholesteatoom is niet geheel duidelijk. Mogelijk is hier toch in een eerder stadium een perforatie geweest. In het laatste geval wordt achter een intact trommelvlies een cholesteatoommassa gevonden, die het geleidingssysteem kan hinderen in zijn functie. Ook vindt men wel een cholesteatoom achter een intact trommelvlies, indien op een vroeger tijdstip een myringoplastiek werd gedaan of als ten gevolge van een trauma, plaveiselepitheel in het middenoor is gekomen.

Bij de goedaardige vorm van de chronische otitis media is het slijmvlies en het subepitheliale weefsel in het middenoor verdikt door celinfiltratie en toename van het bindweefsel, waarbij poliepvorming kan ontstaan. Het trommelvlies is ook verdikt. Het exsudaat vertoont organisatie door ingroei van capillairen en fibroblasten. Het organisatieprodukt bestaat uit een myxomateuze massa of uit straffe bindweefselstrengen. Verkalking en verbening treedt soms vanuit het periost op. Hierdoor kan een ankylose ontstaan tussen de gehoorbeentjes onderling of een benige verbinding tussen de hamer en het aanbeeld met het dak van de koepelholte. Ook ziet men atrofie en necrose van de gehoorbeentjes. De hamer en het aanbeeld blijken in dezelfde frequentie te zijn aangedaan, maar de afwijkingen aan het aanbeeld zijn veelal groter. Het is vooral het lange been van het aanbeeld, dat getroffen wordt. Men ziet her-

haaldelijk bij een inspectie van het middenoor, dat de gehoorbeentjesketen verbroken is door het ontbreken van het lange been van het aanbeeld of een atrofie daarvan, waarbij een fibreuze verbinding tussen de stijgbeugel en de rest van het aanbeeld is blijven bestaan, terwijl daarnaast opvallend weinig verschijnselen van een doorstane infectie worden gevonden. De kwetsbaarheid van het lange been van het aanbeeld kan misschien verklaard worden uit de bloedvoorziening. Dit gedeelte van de gehoorbeentjesketen staat niet in directe verbinding met de wanden van het middenoor, maar bevindt zich vrij in de middenoorruimte. De bloedvoorziening van het aanbeeld vindt, zoals reeds werd vermeld, hoofdzakelijk plaats uit een takje van de arteria tympanica anterior. Waarschijnlijk wordt het uiteinde van het lange been van het aanbeeld en de processus lenticularis gevoed door takjes afkomstig uit het netwerk van vaatjes, dat in de kapsel van het aanbeeldstijgbeugelgewricht gelegen is. Tijdens een ontstekingsproces of door een traumatische luxatie van het aanbeeldstijgbeugelgewricht zou de bloedvoorziening van het lange been van het aanbeeld snel onvoldoende worden (Versteegh 1952).

TYMPANOSCLEROSE

Onder tympanosclerose verstaat men een sclerotische of hyalineachtige verandering in de mucosa van het middenoor. Von Trötsch beschreef als eerste in 1873 een sclerose van het weefsel in het middenoor. Het slijmvlies was vaster en minder elastisch. Zöllner (1956) beschouwt de tympanosclerose niet als een pathologische eenheid maar veeleer als een degeneratieve verandering, die optreedt na verschillende ontstekingsprocessen. Ook Sheehy en House (1962) zien de tympanosclerose niet als een specifieke aandoening, maar als het eindstadium van verschillende vormen van middenoorontsteking.

Bij herhaalde acute ontstekingen en bij chronische infecties van het middenoor treden irreversibele veranderingen op, die veroorzaakt worden door de ingroei van fibroblasten met collagene vezels. Hierin kan een hyaline degeneratie optreden; de weefselstructuur wordt onduidelijk en er ontstaat een homogene massa, waarin kalkafzettingen worden gevonden. Deze veranderingen komen alleen voor in de diepe laag van de submucosa. De epitheellaag blijft intact en het onderliggende bot wordt evenmin bereikt. Macroscopisch vindt men bij de tympanosclerose licht verheven, gladde, witte plekken, die tegen het normale slijmvlies afsteken. De gehoorbeentjes kunnen geheel door een sclerotische massa bedekt zijn. Het proces is vaak niet gelijkmatig over de trommelholte verdeeld, maar komt op bepaalde plaatsen voor, bij voorkeur in het

trommelvlies, het ovale venster en de koepelholte. Ook de beide middenoorspiertjes kunnen in het proces zijn betrokken. Aanvankelijk werd gedacht, dat bij een uitgebreide tympanosclerose een totale verwijdering van de gehoorbeentjes, die in het proces waren opgenomen, noodzakelijk was. De kraakbenige kalklaag kan echter geheel van het onderliggende bot worden afgepeld, zonder beschadiging te geven.

ONDERBREKING VAN DE GEHOORBEENTJESKETEN

Een onderbreking van de gehoorbeentjesketen, die voornamelijk wordt gevonden tussen het aanbeeld en stijgbeugel, kan verschillende oorzaken hebben. Zoals reeds bij de postinfectieuze aandoeningen van het middenoor werd vermeld, wordt hierbij herhaaldelijk een atrofie of necrose van het lange been van het aanbeeld waargenomen. Eventueel bestaat er nog een fibreuze verbinding tussen de rest van het aanbeeld en het kopje van de stijgbeugel.

Een belangrijke oorzaak van de onderbreking van de gehoorbeentjesketen is de iatrogene. Tijdens een mastoïdectomie kan door onvoorzichtig manipuleren het aanbeeld geluxeed of geheel worden verwijderd. Vooral bij kinderen is voorzichtigheid geboden. Ook bij andere chirurgische ingrepen, zoals tympanoplastiekoperaties en exploraties van het middenoor, die uitgevoerd worden om een gehoorsverbetering te verkrijgen en bij paracentese, kan een luxatie van het aanbeeld-stijgbeugelgewricht ontstaan. Deze gewrichtsscheiding kan gelukkig gemakkelijk hersteld worden, indien de processus lenticularis intact is gebleven.

Een oorzaak, die vooral de laatste jaren bekend is geworden, is het schedeltrauma. Terwijl de meeste bestaande studies over de invloed van het schedeltrauma op het gehoor gewijd zijn aan de ontstane perceptiehardhorendheid, komen er tegenwoordig steeds meer berichten in de literatuur over de posttraumatische geleidingshardhorendheid. Deze kan ontstaan door een haematotympanum, maar ook door een onderbreking van de gehoorbeentjesketen. Deze afwijkingen zal men, nu het aantal verkeersongevallen stijgt, terwijl de mogelijkheden om de verkeersslachtoffers in leven te houden talrijker zijn, in de toekomst veel vaker te zien krijgen.

Hough (1959) heeft zich bezig gehouden met de vraag, hoe de onderbreking door het trauma verklaard kan worden. Het trauma kan een rekking en verscheuring van de gewrichtskapsels geven. Wanneer het hoofd in beweging is en deze beweging plotseling wordt gestuit, zal de schedelinhoud voortgaan met de beweging. Vooral het aanbeeld, dat zich betrekkelijk vrij in het middenoor bevindt, zal doorschieten. Door het

trauma wordt ook een plotselinge tetanische contractie in de beide middenoorspiertjes opgewekt. Het aanspannen van de musculus stapedius, die het stapeskopje naar achteren trekt en de contractie van de musculus tensor tympani, die het uiteinde van het aanbeeld naar binnen doet bewegen, zouden een rol spelen bij het ontstaan van een luxatie in het aanbeeldstijgbeugelgewricht. Ook de verandering van de draaiingsas van de stijgbeugel bij een toename van de geluidsintensiteit, zou voor het ontstaan van een onderbreking in het aanbeeldstijgbeugelgewricht van betekenis kunnen zijn. Ook dislocaties van de hamer en de stijgbeugel kunnen voorkomen.

CONGENITALE AFWIJKINGEN

Voordat de exploratieve tympanotomie op ruime schaal werd toegepast, bestonden er slechts beschrijvingen van congenitale afwijkingen in het middenoor betreffende patiënten, bij wie operatief was ingegrepen om andere, uitwendig zichtbare, congenitale afwijkingen zoals microtie en atresie. De laatste jaren is echter gebleken, dat er, ook wanneer de oorschelp en de uitwendige gehoorgang normaal gebouwd zijn, toch congenitale afwijkingen in het geleidingssysteem kunnen bestaan. Bij een exploratieve tympanotomie kan men dus achter een normaal trommelvlies congenitale afwijkingen te zien krijgen.

Het is vooral Ombredanne (1960) geweest, die op tal van congenitale afwijkingen in het middenoor heeft gewezen. De afwijkingen kunnen zich voordoen in de spieren en pezen, in de gehoorbeentjes, in de gewrichten en in de beide vensters van het middenoor.

Wat de musculus stapedius betreft, de lengte van de stapediuspees wisselt en de variaties zijn groot. Een abnormaal verloop en een abnormale insertie worden wel gezien. De pees insereert meestal aan de nek van de stijgbeugel, soms aan het kopje of aan het crus posterius, soms echter aan de processus lenticularis van de incus. De musculus stapedius kan ook geheel afwezig zijn. Men mist dan de eminentia pyramidalis of er is in plaats van de spier slechts een weefselstreng. Ook een verbening van de musculus stapedius is als een congenitale aandoening beschreven.

Naast een volledige afwezigheid van de gehoorbeentjes (agenesie), zijn tal van misvormingen bekend, waardoor het gehoor in meer of mindere mate wordt belemmerd. Tussen de drie gehoorbeentjes kan ook een benige verbinding bestaan (synostosis). In het middenoor wordt dan een vormeloze botmassa aangetroffen. Een benige verbinding tussen de hamer en het aanbeeld is herhaaldelijk beschreven, waarschijnlijk omdat men reeds geruime tijd bij diverse ooperaties de koepelholte inspec-

teerde. Een benige verbinding tussen het aanbeeld en de stijgbeugel is ook in de literatuur vermeld. Het gewricht tussen de beentjes kan ook rudimentair, in de vorm van een kraakbeenplaat, aanwezig zijn.

De hamer vertoont opvallend weinig afwijkingen. Wel kan men een benige of fibreuze verbinding tussen de hamerkop en de koepelholte-wand aantreffen.

Een congenitale afwijking van het aanbeeld, waardoor geen volledige verbinding met de stijgbeugel plaats vindt, is geenszins zeldzaam. Terwijl een totale afwezigheid van het aanbeeld, zonder andere afwijkingen in het middenoor, zo goed als niet gezien wordt, komt men een onvolledige differentiatie van het lange been van het aanbeeld herhaaldelijk tegen als enige congenitale afwijking. De verbinding tussen het aanbeeld en de stijgbeugel kan dan bestaan uit een dunne bindweefselstreng. Een congenitale afwijking waarbij de beide gehoorbeentjes volledig uitgegroeid zijn en waarbij zij niet met elkaar in contact zijn gekomen, komt uiterst zelden voor. Wat de afwijkingen aan het aanbeeld betreft, moet nog vermeld worden, dat evenals bij de hamer, fibreuze of benige verbindingen met de trommelholte-wand kunnen voorkomen.

De congenitale afwijkingen van de stijgbeugel, die voor het gebruik van de microscoop bij de ooroperaties zo goed als niet bekend waren, komen verreweg het meest voor. De verschillende onderdelen van de stijgbeugel kunnen aanzienlijke anatomische variaties vertonen, zonder dat men van een congenitale afwijking behoeft te spreken. Ook de wijze waarop door het aanbeeld en de stijgbeugel het gewricht wordt gevormd, is zeer wisselend. De crura van de stijgbeugel kunnen variëren van vrij solide tot zeer dun. De opening tussen de beide crura kan door been-spangen overbrugd of door een dunne beenplaat opgevuld zijn. De insertie van de crura op de voetplaat, evenals de dikte van de voetplaat zelf, is wisselend. De stijgbeugel kan ook de vorm van een columella hebben.

Tot slot moet nog gewezen worden op de congenitale voetplaatfixatie. Deze congenitale anomalie, die zonder verdere afwijkingen in het middenoor kan bestaan, moet gedifferentieerd worden van otosclerose van de stijgbeugelvoetplaat. Terwijl de normale stijgbeugelvoetplaat geen uitgebreide vascularisatie laat zien en de randen van de voetplaat en van het ligamentum annulare duidelijk zijn te onderscheiden, vindt men bij otosclerose van het ovale venster een toename van de vascularisatie en een vervaging van de voetplaatrand ten opzichte van de ovale venster-rand ter plaatse van de otosclerotische haard. Bij de congenitale voetplaatfixatie is de rand van de voetplaat niet te onderscheiden van het omliggende bot. De voetplaat zelf is vrij dik en er bestaat geen abnormale vascularisatie.

De ligging, de grootte en de vorm van de nis van het ronde venster, bij een exploratie van het middenoor direct waarneembaar, vertonen eveneens aanzienlijke variaties. Deze nis kan ook volledig ontbreken. Het ronde venster zelf wordt nog al eens bedekt met resten van mesenchymaal weefsel. Onder een oppervlakkige membraan kan men dan de echte ronde venstermembraan aantreffen.

HOOFDSTUK IV

DE DIAGNOSTIEK VAN DE GELEIDINGSHARDHORENDHEID

Als een patiënt de keel-neus-oorarts bezoekt met klachten over een verminderd gehoor, zal deze, alvorens therapeutisch te kunnen handelen, tot een diagnose moeten komen. Aangezien door de ontwikkeling van de middenoorchirurgie gedurende de laatste jaren de therapeutische mogelijkheden voor een bepaalde groep van slechthorenden, namelijk zij, die lijden aan een geleidingshardhorendheid, sterk zijn toegenomen, is de diagnostiek van de geleidingshardhorendheid van groot belang. Een volledige anamnese en het spiegel- en Röntgenonderzoek geven reeds waardevolle aanwijzingen.

Aangaande otosclerose kan men zeggen, dat de aandoening dikwijls onopvallend begint en dat de eerste klachten tussen het 15de en 25ste jaar worden geuit. De aandoening kan echter op iedere leeftijd optreden. Tussen het 40ste en het 50ste levensjaar is het maximale gehoorsverlies meestal bereikt. Het gehoorsverlies kan geleidelijk, maar ook vrij snel ontstaan. In 80 % van de gevallen worden beide oren aangedaan. Als beide oren een geleidingshardhorendheid vertonen, wordt wel beter gehoord in lawaai (paracusis Willisii). Naast de hardhorendheid treedt vaak oorsuizen op. Af en toe hoort men over duizeligheid klagen. Otosclerose komt vaker voor bij vrouwen dan bij mannen. De graviditeit zou met een kans van een op vier verslechtering van het gehoor geven. De hardhorendheid blijkt veelal bij meer personen in de familie voor te komen (erfelijkheid). Het trommelvlies toont bij otosclerose geen specifieke kenmerken. Wel wordt steeds gewezen op het rose doorschemeren van een otosclerotische haard (symptoom van Schwartze). Op de Röntgenopnamen van het rotsbeen is in de regel een ruime pneumatisatie te zien. In enkele gevallen is met behulp van de planigrafie de diagnose otosclerose te stellen. Bij de planigrammen in voorachterwaartse richting, met een onderlinge afstand van 0,5 cm, ziet men normaal de vensters als uitsparingen in het bot van de labyrinthkapsel. Bij een door otosclerose sterk verdikte voetplaat, mist men de uitsparing, die door het ovale venster wordt veroorzaakt. Hoewel een rondevenster-sclerose eveneens op de voorachterwaartse planigrammen te zien zou zijn, is deze vaak duidelijker afleesbaar van de planigrammen, die volgens de door Stenvers aangegeven projectie zijn gemaakt.

Het bestaan van een geleidingshardhorendheid bij botziekten als osteogenesis imperfecta, osteitis fibrosa en osteitis deformans, wijst op mogelijke haarden van genoemde ziekten in het middenoor.

Bij een sereuze otitis media hoort men de klacht van een vol gevoel in het oor en van een gehoorsvermindering, die bij een gedeeltelijke vulling van het middenoor wisselend kan zijn en afhankelijk is van de stand van het hoofd. De diagnose wordt meestal gesteld op het trommelvliesbeeld. Het trommelvlies heeft een mat aspect, terwijl een blauwe verkleuring wijst op het langdurig bestaan van de afwijking. Een kalkachtige afzetting in de omgeving van de hamersteel en een lichte intrekking van het trommelvlies kunnen voorkomen. Bij een gedeeltelijke vulling van het middenoor wordt een vloeïstoflijntje gezien. Na politizeren of catheteriseren ziet men soms luchtbelllen achter het trommelvlies. De Röntgenopnamen van het rotsbeen tonen veelal gesluisde cellen.

Uit de anamnese zal ook moeten blijken of vroeger een middenoorontsteking werd doorstaan. De vroegere infectie laat soms sporen op het trommelvlies achter. Bij een tympanosclerose ziet men herhaaldelijk witte kalkmassa's in het trommelvlies. Bij een adhesieve fibrose is de beweeglijkheid van het trommelvlies verminderd tot opgeheven. De Röntgenopnamen van het rotsbeen tonen bij een vroeger doorstane chronische ontsteking een pneumatisatieremming.

De diagnose van een onderbreking in de gehoorbeentjesketen kan soms met behulp van de anamnese worden vermoed. Het ontstaan van een sterk gehoorsverlies na een ingreep in het middenoor wijst in deze richting. Ook het blijven bestaan van een aanzienlijk geleidingsverlies na een schedeltrauma zal tot de klinische diagnose, een discontinuïteit in de gehoorbeentjesketen, kunnen bijdragen. Bij het onderzoek met de pneumatische oortrechter van Siegle, zou men in deze gevallen een grotere beweeglijkheid van de hamer kunnen zien. Met behulp van de planigrafie is in enkele gevallen een onderbreking der keten aan te tonen.

De diagnostiek van de congenitale afwijkingen berust voor een groot deel op de anamnese. Congenitale afwijkingen worden veelal veroorzaakt door infectieziekten, die de moeder van de patiënt in de eerste drie maanden van de graviditeit heeft gehad of door medicamenten, die ze in deze periode heeft gebruikt. De slechthorendheid bestaat van de geboorte af en deze vertoont geen progressie. Vindt men bij het onderzoek afwijkingen aan de oorschelp, de omgeving van de oorschelp of de gehoorgang, dan zal men eerder op een congenitale anomalie van het middenoor verdacht moeten zijn. Congenitale afwijkingen van de oorschelp, de gehoorgang en het middenoor kunnen ook gepaard gaan met

afwijkingen aan de boven- en onderkaak (Treacher-Collins-syndroom, dysostosis mandibulo-facialis). Naast een hypoplasie van de onderkaak vindt men dan wel een hoog of gespleten palatum en een slechte occlusie. Ook kan men een choanale atresie aantreffen. Op de Röntgenopnamen van het rotsbeen en voornamelijk op de planigrammen worden soms misvormingen of de afwezigheid van de gehoorbeentjes waargenomen.

Uiteraard is de bepaling van het gehoorsverlies voor de diagnostiek van het grootste belang. De diagnostiek is eigenlijk pas volledig, als de grootte, de aard en de oorzaak van het gehoorsverlies bekend zijn. De bepaling van de grootte en de aard van het gehoorsverlies schept, in tegenstelling tot het vaststellen van de oorzaak, in de meeste gevallen geen problemen. Hiervoor kan men gebruik maken van verschillende onderzoeksmethoden. Bij het toepassen van deze methoden, dient men zich te verdiepen in de waarde en de betrekkelijkheid ervan.

Tot de meest gebruikte onderzoeksmethoden behoren de stemvorkproeven, het gebruik van de fluister- en conversatiespraak, de toon- en spraakaudiometrie. De methode waarbij gebruik wordt gemaakt van een luid tikkend horloge, wordt niet vaak meer toegepast. De afstand waarop het tikkend geluid niet meer wordt gehoord, is in vergelijking tot de afstand bij een normaal horende, een maat voor het gehoorsverlies. Het beter horen via de beengeleiding dan via de luchtgeleiding wijst op een geleidingsverlies. Aubry heeft in 1952 nog eens gewezen op de waarde van het gehooronderzoek met behulp van een tikkend horloge. Als voordeel noemt hij, dat er weinig intelligentie nodig is voor het aangeven van het tik-tak geluid. Verder ligt het geluid in het spraakgebied en men zou weinig hinder ondervinden van het omgevingsgeluid.

Bij keuringen, bijvoorbeeld in militaire dienst, maar ook voor een snelle oriëntatie in de kliniek, maakt men gebruik van de fluister- en conversatiespraak. Het gehoor van ieder van beide oren wordt aangegeven met het grootste aantal meters, waarop de spraak goed wordt verstaan; hier zijn normen voor bekend. Gegevens over het bestaan van een geleidings- of perceptieverlies worden niet verkregen. Fowler heeft in 1947 een publicatie gewijd aan de beperkte waarde van de fluister- en conversatiespraak als onderzoeksmethode. Hij vestigde de aandacht op het verschijnsel, dat de onderzoeker de stem verheft, naarmate de afstand tot de onderzochte groter wordt.

De stemvorkproeven vinden een uitgebreide toepassing. In 1855 beschreef Rinne de naar hem genoemde stemvorkproef, waarmee het bestaan van een geleidingshardhorendheid kan worden aangetoond. De proef wordt uitgevoerd door de stemvork voor het oor te houden en als

het geluid niet meer wordt gehoord, de steel van de stemvork op het mastoid of op de snijtanden te zetten. Bij een normaal gehoor en bij een perceptiehardhorendheid wordt dan evenmin geluid gehoord (positieve Rinne). Indien echter het gehoorsverlies door een stoornis in het geleidingssysteem wordt veroorzaakt, zal de patiënt het geluid van de stemvork wederom horen (negatieve Rinne). Foutieve uitkomsten van de proef volgens Rinne krijgt men bij een eenzijdige perceptieslechthorendheid. Hierbij kan in het perceptief gestoorde oor een negatieve Rinne worden gevonden. De gevoeligheid van de Rinne-test werd door Bunch (1941) onderzocht. Hij vergeleek de grootte van het geleidingsverlies, dat audiometrisch werd bepaald, met de uitkomsten van de stemvorkproef. Hierbij bleek, dat een negatieve Rinne veroorzaakt wordt door een geleidingsverlies van 20 db of meer.

Bij de proef die Weber in 1834 beschreef, wordt een aangeslagen stemvork op de tanden of in het sagittale vlak van de schedel geplaatst. Als de patiënt aangeeft, dat het geluid van de stemvork in het slechtste oor wordt gehoord, is er sprake van een geleidingshardhorendheid in dit oor. Wordt het geluid echter in het beste oor gehoord, dan bestaat er een perceptieve stoornis in het andere oor. De uitkomsten van de test en de waardering ervan worden bemoeilijkt door een eenzijdig perceptieverlies of een beiderzijds ongelijk perceptieverlies. Men heeft dus niet alleen te maken met het geleidingsverlies van beide oren, maar ook met het perceptieverlies. Uit de onderzoekingen van Rubinstein en Klein (1957), die de Weber-test met behulp van de beengeleider van een audiometer uitvoerden, is gebleken, dat deze test zeer gevoelig is. Bij een geleidingsverlies van 5 db in een oor werd de lateralisatie reeds gemakkelijk aangegeven.

Terwijl de proeven van Rinne en Weber kwalitatieve proeven zijn om de aard van het gehoorsverlies te bepalen, heeft Schwabach een relatieve stemvorkproef ingevoerd. Hierbij wordt de beengeleiding van de patiënt vergeleken met de beengeleiding van de onderzoeker. De aangeslagen stemvork wordt eerst met de steel op het mastoid van de patiënt geplaatst en wanneer deze de toon niet meer hoort, op het mastoid van de onderzoeker.

In 1827 beschreven Wheatstone en Tortual een verschijnsel, dat bekend is geworden als het occlusie-fenomeen. Als men een aangeslagen stemvork met de voet van de steel op het mastoid plaatst, wordt het geluid sterker bij een afsluiting van de uitwendige gehoorgang aan dezelfde kant. Volgens Bing (1891) kan men de stemvork ook in het sagittale vlak van de schedel plaatsen. Het geluid van de stemvork is, nadat het juist niet meer gehoord wordt, weer te horen door de uitwendige gehoorgang af te sluiten. Dit zogenaamde occlusieverschijnsel

treedt niet op bij een stoornis in het geleidingssysteem. Terwijl men met behulp van de Rinne-test een geleidingsverlies van 20 db of meer kan aantonen, blijkt het occlusie-fenomeen veel gevoeliger te zijn. Het is echter slechts betrouwbaar in het gebied van 250 tot 500 Hz (Naunton 1957).

Fournier heeft in 1953 gewezen op het verschijnsel, dat als men bij een patiënt met een eenzijdig geleidingsverlies en een lateralisatie naar dit oor het goede oor afsluit, een versterking van het via de beengeleiding aangeboden geluid in het slechte oor wordt gehoord. Fournier noemde dit het „faux-Bing” verschijnsel.

Tenslotte moet nog gewezen worden op de proef van Gellé (1885). Hierbij wordt een stemvork op het mastoid geplaatst, terwijl de druk in de uitwendige gehoorgang, bijvoorbeeld met een Politzer-ballon wordt verhoogd. Bij een verhoging van de druk wordt de toon zwakker, als het geleidingssysteem goed functioneert. Als de stijgbeugelvoetplaat onbeweeglijk in het ovale venster zit, krijgt men geen luidheidsverandering. Deze proef kan echter bij tal van andere geleidingsstoornissen eveneens pathologisch uitvallen.

Met behulp van een audiometer is het mogelijk om geluiden van verschillende frequentie en sterkte aan het oor toe te dienen. De moderne audiometer heeft een meetbereik van 125 tot 12000 Hz. Met stappen van 5 db kan men de toon verzwakken of versterken. De ijking is zodanig, dat de nullijn overeenkomt met de drempel van het normale gehoororgaan. Naast deze vorm van audiometrie heeft zich de continue audiometrie ontwikkeld (van Dishoeck 1952). Terwijl men zich als regel beperkt tot het bepalen van de gehoordrempel bij verschillende frequenties (octaafaudiometrie), krijgt men met de continue audiometrie een beeld van het gehoor bij alle frequenties (200—8000 Hz). Bij de octaafaudiometrie wordt bij één frequentie de intensiteit veranderd. Bij de continue audiometrie daarentegen, blijft het aantal decibels boven de normale toondrempel gelijk, maar doorloopt de toon het gehele frequentiegebied. Er worden als het ware horizontale sneden door het audiogram gemaakt.

Bij het opnemen van een audiogram wordt eerst de drempel voor de luchtgeleiding van beide oren bepaald. Als het luchtgeleidingsaudiogram van beide oren meer dan 40 tot 50 db verschilt, zal tijdens de bepaling van de luchtgeleiding van het slechtste oor, het andere gemaskeerd moeten worden. Na deze drempelbepaling voor de luchtgeleiding wordt met behulp van de beengeleider de proef van Weber uitgevoerd. Wordt het nog juist gehoorde geluid van de beengeleider, die op het voorhoofd is geplaatst, in een van de beide oren gehoord, dan zal in dat oor de

beengeleiding op het mastoid kunnen worden opgenomen. Om de beengeleiding van het andere, „niet-lateralisatie-oor” te verkrijgen, zal door maskering de functie van de cochlea van het lateralisatie-oor dienen te worden uitgeschakeld. Want terwijl het geluid dat via de luchtgeleiding wordt aangeboden met een verzwakking van ongeveer 50 db in het andere oor wordt gehoord, wordt het geluid, dat via de beengeleiding bij het ene oor wordt aangeboden, nagenoeg onverzwakt (hoogstens 10 db) in het andere oor gehoord. Hieruit volgt, dat alle beengeleidingsonderzoekingen een maskering van het niet aan onderzoek onderhevige oor vereisen. De effectiviteit van de maskering kan worden nagegaan door tijdens de drempelbepaling de maskeringsruis in het andere oor met stappen van 10 db te versterken. Aanvankelijk zal de beengeleidingsdrempel mee verschuiven („shadowing”, Hood 1960). Dit komt doordat de maskeringsruis en de onderzoektoon worden gehoord in het oor, dat niet wordt onderzocht. Op een bepaald moment treedt geen verdere verhoging van de beengeleidingsdrempel op. Dan is het niet aan onderzoek onderhevige oor goed gemaskeerd en heeft men het juiste beengeleidingsverlies in het onderzochte oor gevonden („change-over” punt, Hood 1960). Bij een eenzijdig perceptieverlies kan men bij de bepaling van de cochleaire reserve van het slechtste oor van deze „shadowing” techniek gebruik maken. Wil men bij een geleidingsverlies van meer dan 50 db, de beengeleiding in het andere oor bepalen, dan stuit men op moeilijkheden. De maskeringsruis moet sterker zijn dan 50 db. Hij bereikt dan evenwel ook het aan onderzoek onderhevige oor. Bij een versterking van de ruis zal de drempelcurve van de beengeleiding blijven volgen (geen „change-over” punt). De verzwakking van het luchtgeleidingsgeluid bij het transport naar het andere oor is hier van belang. Zwislocki (1951) heeft gewezen op het feit, dat deze verzwakking samenhangt met het oppervlak van de schedel, dat aan de door de lucht geleide geluidsgolven wordt blootgesteld. Hoe kleiner het oppervlak, des te groter de verzwakking. Door gebruik te maken van een intra-aurale telefoon is een verzwakking tot 90 db te verkrijgen. Het voordeel hiervan is, dat men een oor met een groot geleidingsverlies goed kan maskeren. Als de hardhorendheid bilateraal en van het gemengde type is, wordt een juiste maskering en daardoor een juiste bepaling van de cochleaire reserve van beide oren zeer moeilijk en soms zelfs onmogelijk.

Rainville (1955) heeft een bijzondere vorm van maskering uitgewerkt, door direct het te onderzoeken oor aan te pakken. Hij heeft dit bereikt door ook te maskeren via de beengeleiding. De procedure verloopt als volgt: eerst wordt de toondrempel voor de luchtgeleiding in het te onderzoeken oor bepaald. Vervolgens wordt in dezelfde koptelefoon een ruis aangeboden en deze wordt zodanig versterkt, dat de nog juist ge-

hoorde onderzoektoon verdwijnt. Hierna wordt de onderzoektoon gemaskeerd door een ruis, aangeboden via de beengeleiding. Het aantal decibels verschil tussen de benodigde lucht- en beengeleidingsruis, geeft het geleidingsverlies aan. De beengeleidingsdrempel is dan gemakkelijk te bepalen. Toch geeft deze methode niet in alle gevallen een oplossing voor de moeilijkheden.

Het toonaudiogram geeft de resultaten weer van de drempelbepaling voor de lucht- en beengeleiding. Men beschouwt de drempel van de luchtgeleiding als een maatstaf voor de totale gehoorsfunctie van een orgaan, in welke maatstaf alle mogelijke stoornissen van het geleidingsapparaat of van het perceptieve systeem zijn verwerkt. De drempel van de beengeleiding geeft de gevoeligheid van het perceptieve systeem aan. Het verschil tussen de lucht- en beengeleidingsdrempel wordt beschouwd als het geleidingsverlies.

De betrouwbaarheid van het beengeleidingsaudiogram werd in 1949 door Carhart en Hayes nagegaan en de luchtgeleidingsdrempelcurve werd in 1957 door Burns en Hinchcliffe onderzocht. Uit deze onderzoeken is wel gebleken, dat in het algemeen het verschil tussen de lucht- en de beengeleidingsdrempel een reële maat is van het geleidingsverlies. De beengeleiding geeft nog de meeste verwikkelingen. Terwijl de ijking van de beengeleider al moeilijkheden geeft, blijkt dat de beengeleiding geen zuivere weergave is van de cochleaire functie. Het zijn vooral van Békésy (1932) en Bárány (1938) geweest, die gewezen hebben op de verschillende onderdelen van de beengeleiding. Naast de compressie, onderscheiden zij een luchtgeleidingscomponent en een inertiefactor. Een stoornis in het geleidingsstelsel beïnvloedt de beengeleiding. Hieruit volgt, dat het beengeleidingsaudiogram bij middenoor-aandoeningen vaak geen juist beeld geeft van de cochleaire reserve van het oor. Het beste bewijs, dat de beengeleiding beïnvloed wordt door aandoeningen van het middenoor, wordt geleverd door de verbetering van de beengeleiding na het opheffen van de belemmeringen in het geleidingsstelsel. Verschillende niet uit te sluiten factoren, zoals de dikte van de huid en van het overige weefsel die het mastoid bedekken, de mate van pneumatisatie en variaties in de schedel, spelen ook een rol. Toch mogen we wel zeggen, dat het toonaudiogram ons belangrijke gegevens verschaft over het bestaan van een geleidingsverlies, perceptief of gemengd verlies.

Hoewel de vorm van het audiogram soms verdere diagnostische mogelijkheden geeft, kan men hier toch niet met zekerheid op af gaan. De meest voorkomende typen van luchtgeleidingsaudiogrammen bij geleidingshardhorendheid zijn:

1. Het grootste verlies in de baszone ten gevolge van een toename van

- de stijfheid van het geleidingssysteem (beginnende otosclerose, adhesies).
2. Een gelijkmatig geleidingsverlies door een toename van de stijfheid en de massa van het geleidingssysteem (gevorderde otosclerose, vochtophoping en adhesies).
 3. Een sterker verlies in de hoge frequenties bij een toename van de massa (vochtophoping).

Ook het beengeleidingsdrempelaudiogram kan bij aandoeningen van het middenoor verschillende vormen vertonen. Huizing (1960) onderscheidde:

1. Een normale beengeleidingscurve.
2. Een supranormale curve.
3. Een stijgende curve. Het beengeleidingsverlies in de lage frequenties zou veroorzaakt worden door een toename van de stijfheid van het geleidingssysteem.
4. Een curve waaruit een verlies in de middenfrequenties blijkt. Deze zogenaamde „Carhart notch”, welke een verlies vertoont van 5 db bij 512 Hz, 10 db bij 1024 Hz, 15 db bij 2048 Hz en 5 db bij 4096 Hz, komt vooral voor bij een stijgbeugelvoetplaatfixatie, maar ook bij andere middenooraandoeningen.
5. De vlakke en dalende curven. Het naast de geleidingsafwijking bestaan van een binnenooraandoening is de voornaamste oorzaak van een dalende curve.

Al deze zogenaamde karakteristieke vormen van het audiogram zijn echter niet meer dan aanduidingen, die gepast moeten worden in het gehele beeld, dat door de anamnese, het spiegelonderzoek en het Röntgenonderzoek wordt opgebouwd. Het is duidelijk dat, al kan men zich wel uitspreken over het bestaan van een geleidingshardhorendheid, het audiogram geen volledig uitsluitel kan geven over de oorzaak van het geleidingsverlies. Het toonaudiogram geeft hier differentiaaldiagnostisch geen verdere gegevens.

Naast de toonaudiometrie heeft zich de spraakaudiometrie ontwikkeld. Burger (1918) heeft er al op gewezen, dat het toonaudiometrisch onderzoek niet altijd een juiste indruk geeft over de functie van het gehoororgaan, wat het verstaan van het gesproken woord betreft. Een veel betere indruk van de spraakverstaanvaardigheid verkrijgt men met de spraakaudiometrie. Bij de spraakaudiometrie worden woorden van verschillende sterkte aan een oor (eventueel met ruis op het andere oor) of aan beide oren tegelijk aangeboden. Het spraakniveau kan met 5 db versterkt of verzwakt worden. Als het gesproken woord geleidelijk

sterker gemaakt wordt, wordt het bij 13 db ten opzichte van het internationale nulniveau voor het eerst als spraak herkend (onderscheidingsdrempel). Bij een sterkte van 20 db worden enkele woorden goed nagezegd (spraakgehoordrempel). Bij een normaal gehoor wordt het aantal woorden, dat goed wordt herhaald bij een toenemend spraakniveau steeds groter; tenslotte wordt de 100 % spraakverstaanbaarheid gehaald. Onder de spraakverstaanbaarheidsdrempel verstaat men het aantal db ten opzichte van het internationale nulniveau, waarbij 50 % van het gesproken woord goed wordt gehoord (Reijntjes 1951). Als onderzoeksmateriaal heeft men woordenlijsten zodanig samengesteld, dat ieder foneem daarin met hetzelfde percentage voorkomt als in de gewone omgangstaal. De uitkomsten van de spraakaudiometrie kunnen overzichtelijk in een diagram worden aangegeven. Bij de verschillende geluidsterkten wordt het percentage goed nagezegde woorden berekend. Dit wordt uitgezet in de ordinaat, terwijl het spraakniveau in de abscis wordt aangegeven.

De differentiële diagnose tussen een geleidingsverlies en een perceptieverlies is vaak met behulp van het spraakaudiogram te stellen. Het zuivere, vlakke geleidingsverlies zal een curve geven, die evenwijdig verloopt aan de curve van normaal horenden. Alleen is deze curve, afhankelijk van de grootte van het geleidingsverlies, meer of minder naar het gebied van sterker geluid verplaatst. Bij een dergelijk geleidingsverlies hoeft slechts de toegenomen weerstand van het middenoor overwonnen te worden. Dit is gemakkelijk te bereiken door het geluid te versterken. De patiënt hoort de klinkers en medeklinkers dan even goed als een normaal horende en hij zal bij een geschikte geluidsversterking de 100 % verstaanbaarheid halen. Een geleidingsverlies met een zogenaamde stijfheidscurve in het toonaudiogram geeft als regel een steiler verloop van het spraakaudiogram. Hierbij worden, nadat aanvankelijk hoofdzakelijk de medeklinkers duidelijk waren, bij toename van de sterkte van het geluid ook de klinkers beter gehoord, zodat de woorden dan goed nagezegd worden. Bij een groot hoge-tonenverlies zullen de woorden - hoe luid ze ook worden uitgesproken - nooit alle goed verstaan worden, omdat de patiënt de medeklinkers niet goed onderscheidt (discriminatieverlies). Bij een perceptieverlies wordt herhaaldelijk de 100 % verstaanbaarheid niet gehaald; soms ziet men bij een toenemende intensiteit het procentuele aantal goed verstaane woorden afnemen (recruitment).

In het algemeen blijkt, dat de gegevens van de toonaudiometrie en van de spraakaudiometrie met elkaar vergeleken kunnen worden. Voor niet te gecompliceerde gevallen geldt de praktische regel: het gemiddelde van het luchtgeleidingsverlies bij 500, 1000 en 2000 Hz komt overeen

met het verlies in het spraakaudiogram, dat wordt aangegeven door het verschuiven van het 50 % punt. Als er tussen het toonaudiogram en het spraakaudiogram een aanzienlijk verschil bestaat, moet men op zijn hoede zijn. Met verschillende mogelijkheden moet rekening worden gehouden, zoals met functionele hardhorendheid, aggravatatie en simulatie of centrale disfunctie.

Een methode van onderzoek moet nog worden vermeld, namelijk het gehooronderzoek met behulp van een geluidssonde. In navolging van Zöllner (1951) wordt een metalen sonde gebruikt, die bevestigd is op de beengeleidingstelefoon van een audiometer. Het blijkt, wanneer men de sonde op de umbo plaatst, dat bij normaal horenden een gehoordrempelaudiogram met een verlies van 20—30 db gevonden wordt. Dit verlies heeft technische oorzaken, namelijk de aansluiting van de beengeleidingstelefoon op de audiometeruitgang voor de luchtgeleiding, de inadequate geluidsoverdracht door de dunne sonde en het kleine contactoppervlak. Bij patiënten met een perceptieverlies ligt het sondeaudiogram eveneens 20—30 db onder het luchtgeleidingsaudiogram. Een totaal ander beeld ziet men bij een geleidingshardhorendheid. In plaats van 20—30 db onder het luchtgeleidingsaudiogram, verloopt de sondecurve in het ene geval in hetzelfde niveau als de luchtgeleidingscurve, in een ander ver daarboven. Zelfs kan de curve de 20—30 db lijn van een normaal horende bereiken. Aangezien de geluidssonde haar mechanische trillingen rechtstreeks op het geleidingsstelsel overdraagt, komt de normaal plaatshebbende akoestisch-mechanische overdracht te vervallen. Als een gehoorsverlies hoofdzakelijk door een gestoorde akoestisch-mechanische overdracht (perforatie in het trommelvlies) wordt veroorzaakt, zal dit in het sondeaudiogram tot uiting komen. De curve zal, als er geen perceptiefactor is, niet verschillen van die bij een normaal horende. Berust de slechthorendheid daarentegen op een stoornis in de mechanische trillingsoverdracht (stijgbeugelfixatie, discontinuïteit van de gehoorbeentjesketen), dan blijkt het sondeaudiogram dicht bij de luchtgeleidingscurve te liggen (Thullen 1955).

Meurman (1958) gebruikt de geluidssonde om bij een intact trommelvlies de beweeglijkheid van de stijgbeugel na te gaan. De sonde wordt vlak onder de processus brevis op de hamersteel geplaatst. De gehoordrempelbepaling, die bij 500 en 1000 Hz wordt verricht, zou bij een geringe fixatie een kleiner gehoorsverlies te zien geven dan bij een sterke fixatie.

In het voorafgaande zijn naast de mogelijkheden ook de onvolkomenheden in de meest gebruikelijke onderzoeksmethoden genoemd. De voorname onvolkomenheid is wel, dat men geheel is aangewezen op wat

de patiënt zegt te horen of niet te horen. Het zijn subjectieve methoden. Met het oog op het stellen van de diagnosen functionele hardhorendheid, aggraving en simulatie heeft men zich bezig gehouden met het vinden van objectieve methoden (objectieve audiometrie). Hoewel het niet de bedoeling is om op deze onderzoeksmethoden uitgebreid in te gaan, zullen zij toch in het kort worden vermeld.

Als men moet spreken in lawaai, zal een normaal horende onwillekeurig zijn stem verheffen (Lombard 1911). Bij de uitvoering van de proef, die hierop berust, laat men de patiënt voorlezen. Na enige tijd wordt een maskeringsruis ingeschakeld. Als men met minder maskeringsruis dan met het gehoorsverlies overeen zou komen kan volstaan om toch een stemverheffing te veroorzaken, is de gehoordrempel niet goed aangegeven.

Om een monauraal functioneel verlies of een monaurale aggraving of simulatie op te sporen, kan men de Stenger-test toepassen. Deze test berust hierop, dat bij een normaal horende, als aan beide oren een toon van gelijke frequentie maar van verschillende sterkte wordt aangeboden, het geluid slechts wordt waargenomen in het oor aan de kant waar de luidste toon weerklinkt. Deze test kan eveneens uitgevoerd worden met gesproken woorden. Hierbij wordt eerst geluid aangeboden aan het „goede” oor, zodat alle woorden goed worden nagezegd. Dan wordt geleidelijk het geluid op het oor met het aangegeven gehoorsverlies luider gemaakt. Als de patiënt nu de woorden inderdaad in zijn „slechte” oor gaat horen, zal hij in moeilijkheden komen. Hij weet niet meer, dat hij nog met het „goede” oor hoort en geeft geen of geen juiste antwoorden meer. Als de patiënt toch goede antwoorden geeft en het geluid in het „slechte” oor negeert, kan men het geluid aan het goede oor onttrekken. Blijft het antwoord goed, dan is het verlies in het „slechte” oor in ieder geval niet groter dan het niveau van de aangeboden woorden.

Ook de test, waarbij tijdens het voorlezen het geluid van de eigen stem met enige vertraging in de oren klinkt, wordt toegepast (delayed speech). Bij het horen van de stem gaat de spraak over in stotteren. Deze test kan zowel voor een een- als tweezijdig aangegeven slechthorendheid worden aangewend. Het goede oor moet bij een eenzijdige „slechthorendheid” worden gemaskeerd (Lee 1950).

Bij de psychogalvanische test wordt gebruik gemaakt van de elektrische weerstand van de huid. Deze weerstand, die betrekkelijk constant is onder rustige omstandigheden, verandert bij het geven van een stroomstootje op de huid. Als men enige malen op een aangeboden geluid een stroomstootje laat volgen, is men zeer snel geconditioneerd. Ofschoon de stroomstoot daarna achterwege blijft, zal steeds bij het horen van het geluid, uit angst voor de prikkel, de huidweerstand dalen. De stroom-

verandering, die door de weerstandsverandering van de huid optreedt, kan worden geregistreerd.

Ook met behulp van de elektro-encefalografie is het mogelijk om na te gaan of het aangeboden geluid inderdaad door het gehoororgaan en de hersenen als prikkel wordt verwerkt (evoked potential). Tot zover de objectieve methoden.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat de genoemde methoden in het algemeen de mogelijkheid bieden om een indruk te krijgen van de grootte en de aard van het gehoorsverlies. De meeste methoden zijn echter subjectief, dat wil zeggen men is geheel van de patiënt afhankelijk. Met de objectieve audiometrie kan als regel de grootte van het gehoorsverlies bepaald worden. Het objectief aantonen of uitsluiten van een geleidings- of perceptieverlies is hiermee veelal niet mogelijk. Aangezien het helaas geen zeldzame ervaring is, dat men met de tot nu toe besproken methoden een geleidingsverlies meent gevonden te hebben, welke het motief voor een exploratie vormt, waarbij dan geen enkele geleidingsstoornis wordt gezien, bestaat de behoefte aan een objectieve methode om een geleidingsverlies, hoe klein ook te kunnen aantonen.

De genoemde methoden geven evenmin voldoende mogelijkheden, om de verschillende oorzaken van een geleidingsverlies te kunnen differentiëren. Door de huidige operatieve mogelijkheden voor patiënten met een geleidingshardhorendheid en door de foutieve diagnosen, welke bij de exploratie van het middenoor aan het licht zijn gekomen, is de vraag naar differentiaaldiagnostische methoden toegenomen. De toepassing van de impedantiemetingen in de kliniek heeft in deze toestand een gunstige verandering gebracht.

HOOFDSTUK V

HET IMPEDANTIEONDERZOEK

Onder de akoestische impedantie van het oor verstaat men de weerstand, die het geluid op zijn weg naar het binnenoor in het geleidingssysteem ondervindt. Deze weerstand wordt bepaald door de stijfheid, de massa en de wrijving van het geleidingssysteem. De verhouding tussen de geluidsdruk en de snelheid van de volumeverplaatsing, die er het gevolg van is, geeft de grootte van de impedantie aan (Zwislocki 1961).

Lucae deed, voor zover bekend, in 1867 de eerste impedantiemetingen aan het oor. Hij toonde aan, dat slechts een gedeelte van het geluid, dat in de uitwendige gehoorgang komt, door het geleidingssysteem wordt opgenomen en dat een gedeelte door het trommelvlies wordt teruggekaatst. Lucae maakte bij zijn proefnemingen gebruik van een T-vormige buis. Terwijl aan het ene uiteinde van de hoofdbuis een toon werd gegeven, kon deze aan het andere uiteinde door de onderzoeker worden waargenomen. De zijbuis, die door middel van een rubber slang aan de hoofdbuis was bevestigd, kon worden afgesloten. De lengte van de zijbuis was te variëren en deze werd steeds gelijkgemaakt aan een vierde van de golflengte van de gebruikte toon. Bij een open zijbuis was het geluid voor de waarnemer zachter dan bij een afgesloten zijbuis. Lucae concludeerde hieruit, dat door het geleidingssysteem niet alle geluidsenergie wordt opgenomen, maar dat een gedeelte wordt teruggekaatst, waardoor interferentie in de zijbuis kan optreden. Lucae vond een sterkere interferentie, dus een grotere weerstand van het geleidingssysteem, bij afwijkingen in het trommelvlies of in het middenoor. West (1928) en Tröger (1930) deden vergelijkende impedantiemetingen door geluid te brengen in een pijp, die eerst door hard materiaal werd afgesloten en hierna door het oor. Door druk en fase te meten tijdens de twee verschillende afsluitingen, kon men de impedantie van het oor berekenen. Deze methode was zeer tijdrovend en de berekeningen, die er op volgden, waren zeer ingewikkeld. In 1932 verrichtte von Békésy impedantiemetingen door gebruik te maken van een telefoon als geluidsbron. Hij mat de geluidsdruk, zowel bij een bekende weerstand als bij het oor. Schuster (1934) en Robinson (1937) schiepen een meer eenvoudige meetmethode door een zogenaamde akoestische meetbrug te ontwikkelen. Hiermee bepaalden zij het geluidabsorberend vermogen

van materialen. Waetzman (1938) maakte van deze ontwikkeling gebruik en paste de meetbrug toe op het oor. Met deze brug, die volgens hetzelfde principe is opgebouwd als de brug van Wheatstone, wordt de onbekende impedantie van het oor vergeleken met een bekende variabele impedantie.

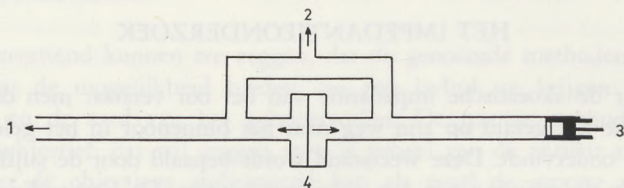


Fig. 1. De mechanisch-akoestische meetbrug. 1. Aansluiting met het oor; 2. Auscultatieplaats; 3. Variabele impedantie; 4. Telefoonmembraan.

De brug bestaat uit een buis, die aan de ene kant door het oor luchtdicht wordt afgesloten en aan de andere kant door de bekende variabele weerstand (fig. 1). In het midden van deze buis bevindt zich een telefoon, die naar beide kanten geluidstrillingen uitzendt. De geluidstrillingen aan de ene zijde van de membraan trillen in een fase tegengesteld aan die aan de andere zijde. Op precies gelijke afstand van de telefoon zijn twee zijbuisen aangebracht, die met elkaar in verbinding staan. Op deze verbindingsplaats kan de onderzoeker met behulp van een stethoscoop de toon beluisteren. Als de impedantie van het oor en van de variabele weerstand gelijk zijn, zal op de plaats, waar de auscultatie plaats vindt, door de interferentie geen geluid worden gehoord. De onderzoeker zal, om de impedantie van het oor te vinden, de variabele, bekende impedantie aan de ene zijde van de buis zodanig moeten veranderen, dat het geluid voor hem minimaal wordt of geheel verdwijnt.

Al spoedig was duidelijk, dat afwijkingen in het trommelylies, in de gehoorbeentjesketen en in het luchtkussen in het middenoor, de impedantie beïnvloedden. Vocht of adhesies in het middenoor, bewegingsbeperking van de gehoorbeentjes, waaronder otosclerose, gaven een duidelijke verhoging van de impedantie. Deze absolute impedantiemetingen zijn echter van tal van factoren afhankelijk, zeer moeilijk uit te voeren en weinig betrouwbaar. Tot een volledige bepaling van de impedantie behoort de bepaling van de fase en de amplitude van een zuivere toon. Hieruit laat zich de absorptie berekenen, die dan in een percentage uitgedrukt kan worden. Een grote impedantie mag men wel als kenmerkend beschouwen voor een geleidingshardhorendheid. Men vindt hierbij in 95 % van de gevallen een absorptie van minder dan 30 %. Als bij een gehoorsverlies de absorptie meer dan 30 % is, bestaat

er in 95 % der gevallen kans op een perceptiehardhorendheid. Er is echter geen strikt verband gebleken tussen de mate van gehoorsverlies en de mate van absorptie. Er bestaan afwijkingen, die het gehoor sterk beïnvloeden en de impedantie in geringe mate en omgekeerd.

Metz publiceerde in 1946 de resultaten, die hij had verkregen met de in Denemarken o.a. door Thorsen (1943) ontwikkelde meetbrug. Hij vond, dat door een sterke akoestische prikkel een meetbare impedantieverandering van het oor ontstaat. Hij bracht de meetbrug met één oor in verbinding en gaf in het andere oor een geluid door middel van een Bány-trommel. Terwijl aanvankelijk een evenwicht in de brug bestond en er geen toon gehoord werd, was het evenwicht tijdens de geluidsprikkel in het andere oor verbroken. Door de onderzoeker werd wederom de toon gehoord. De impedantieverandering bleek geleidelijk toe en af te nemen bij het geven en staken van het geluid. De grootte van iedere impedantieverandering in het oor kon berekend worden uit de verandering, die aangebracht moest worden in de variabele impedantie om het evenwicht te herstellen, zodat de toon bij het auscultatiepunt weer verdween. Hij schreef deze impedantieverandering toe aan een contractie van de middenoorspiertjes en hij sprak van de akoestische reflex of de intra-aurale spierreflex. De contractie van de middenoorspiertjes zou de impedantie van het geleidingsstelsel verhogen door een fixatie in de gehoorbeentjesketen en door een aanspanning van het trommelvlies. Met de impedantiemethode had men een middel in handen gekregen, om bij een intact trommelvlies de contractie van de middenoorspiertjes te bestuderen.

De volgende belangrijke vondst van Metz was, dat bij een geleidingshardhorendheid geen intra-aurale spierreflex was op te wekken. Het is echter de vraag of men bij de afwezigheid van de intra-aurale spierreflex mag concluderen, dat er een geleidingsverlies bestaat. Er zijn verschillende oorzaken, waardoor geen reflex ontstaat, zoals fouten in de apparatuur, afsluiting van het geluidskanaal, onvoldoende stimulatie of onderbreking van de reflexboog. Het is gebleken, dat men in de praktijk deze moeilijkheden wel kan uitsluiten. Dan blijkt het akoestisch niet kunnen opwekken van de intra-aurale spierreflex een zeer gevoelige en de enige objectieve methode om een geleidingsverlies, zelfs al is dit klein, aan te tonen.

Hoewel de klinische betekenis van de impedantiemetingen duidelijk is, worden ze sporadisch toegepast. De klinisch moeilijk te hanteren mechanisch-akoestische brug, hoewel eenvoudig van structuur, vereist een zeer nauwkeurige vervaardiging. Ook het inbrengen van een passende olijf in de gehoorgang, de luchtdichte afsluiting en de verbinding van de brug met de in het oor gebrachte olijf, was niet altijd eenvoudig.

De clinicus werkt nu eenmaal graag met een klein, handelbaar apparaat en dat is de mechanisch-akoestische meetbrug niet.

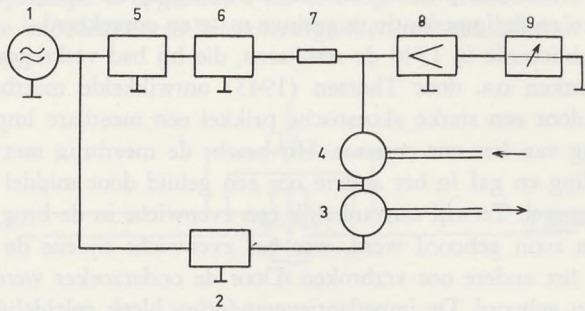


Fig. 2. De elektro-akoestische meetbrug. 1. Toongenerator; 2. Verzwakker; 3. Telefoon; 4. Microfoon; 5. Faseregelaar; 6. Amplituderegelaar; 7. Weerstand; 8. Selectieve versterker; 9. Buisvoltmeter.

Door Terkildsen en Scott Nielsen werd in 1960 een elektro-akoestische brug ontworpen, die volgens hetzelfde principe werkt als de mechanisch-akoestische brug van Metz, maar beter te hanteren is (fig. 2). De brugtoon wordt opgewekt door een toongenerator. Via een verzwakker en een telefoon komt de toon door een nauw buisje in de gehoorgang. Door een tweede nauw buisje, dat verbonden is met een microfoon, wordt het teruggekaatste geluid weer opgevangen. Het signaal dat opgevangen wordt, wordt als elektrisch signaal gebalanceerd met het oorspronkelijke signaal uit de toongenerator. Dit laatste doorloopt een fase- en een amplituderegelaar. Met behulp van een buisvoltmeter, die geleidelijk gevoeliger wordt gemaakt, streeft men naar een zo nauwkeurig mogelijke balans. Door gebruik te maken van dit balansprincipe wordt een mate van gevoeligheid verkregen, welke geschikt is om de impedantieveranderingen ten gevolge van de intra-aurale spierreflex aan te geven. Als frequentie van de brugtoon wordt 220 Hz gebruikt. De keuze van de brugtoon wordt door verschillende factoren bepaald. De reflexcontracties van de intra-aurale spiertjes geven een stijfheidstoename van het middenoorsysteem. Deze komt het meest duidelijk tot uiting in de lage en hoge frequenties. Verder ligt de drempel van de spierreflex voor lage en hoge frequenties hoger dan voor frequenties uit het middegebied (Jepsen 1951). Bij de gebruikte lage frequentie kan de brugtoon vrij luid zijn, zonder een reflex op te wekken. Ook de gevoeligheidskarakteristiek van de microfoon en telefoon, die stijgt met de frequentie tot circa 300 Hz, is van invloed op de keuze. Tenslotte moeten veelvouden van 50 Hz worden vermeden om inductie van het lichtnet te voorkomen.

Met behulp van een audiometer, die verbonden is met een op het andere oor geplaatste telefoon, kan een intra-aurale spierreflex in beide oren opgewekt worden. Hiervoor zal normaal een toon van 70 tot 90 db boven de gehoordrempel voldoende zijn. De reflex treedt op na een latentietijd van 10 msec. Na het wegnemen van het geluidssignaal verdwijnt de impedantieverandering geleidelijk. Bij een toename van de intensiteit van het geluid wordt de latentietijd korter en de impedantieverandering groter. De duur van de latentietijd en de grootte van de impedantieverandering is bij het klinische gebruik van geringe betekenis. Het is klinisch voldoende om te weten of er een reflex is of niet. De afwezigheid van een intra-aurale reflex mag namelijk als een zeer gevoelig bewijs voor het bestaan van een geleidingshardhorendheid worden beschouwd.

Lang heeft men in de literatuur gesproken over de intra-aurale spierreflex, omdat men niet precies wist of beide spiertjes of één ervan bij de reflex betrokken waren. Jepsen (1955) onderzocht enkele patiënten, bij wie tijdens een operatie de nervus facialis vlak bij de hersenstam was doorgesneden (o.a. musculus stapedius paralyse). Bij deze patiënten kon hij met sterke akoestische stimulering geen reflex opwekken. Een akoestische prikkel gaf dus geen musculus tensor tympani reflex of beter gezegd, geen met de door Jepsen gebruikte methode meetbare impedantieverandering. Bij twee patiënten met een motorische trigeminusuitval (musculus tensor tympani paralyse) was wel een akoestische reflex op te wekken. De musculus stapedius moest dus voor de akoestische reflex verantwoordelijk zijn. Jepsen sprak dan ook van de akoestische musculus stapedius reflex.

Door een sterk gehoorsverlies in het te stimuleren oor is het soms niet mogelijk een akoestische musculus stapedius reflex op te wekken. Het uitgangsniveau van een audiometer loopt maar tot 110 db en afgezien van recruitment zal men zeker 70 db boven de drempel van het luchtgeleidingsaudiogram moeten komen om een reflex te verkrijgen.

Er is gezocht naar een methode om de intra-aurale reflex op te wekken, zonder gebruik te maken van het gehoor. Het was reeds lang bekend, onder andere door proeven van Kato (1913) en Lorente de Nó (1933), dat bij dieren een musculus stapedius reflex opgewekt kan worden door een tactiele stimulatie in de gehoorgang. Aangezien deze vorm van stimulatie zeer moeilijk doseerbaar is, werd gezocht naar een meer bruikbare vorm. Het bleek, dat een elektrische prikkeling van de gehoorgangwand een intra-aurale reflex kon opwekken (Pichler en Bornschein 1957). Bij de onderzoeken van Klockhoff en Anderson (1959) werd nagegaan of de elektrisch opgewekte reflex inderdaad aan een contractie van de musculus stapedius mocht worden toegeschreven.

Het niet kunnen opwekken van een elektrocutane reflex bij een geleidingshardhorendheid, bij het bestaan van een perifere facialisparalyse en bij patiënten, bij wie de pees van de musculus stapedius tijdens een operatie was doorgesneden, werd als bewijs aangevoerd. De elektrocutane stapedius reflex is in tegenstelling tot de akoestische reflex alleen in het homolaterale oor te verkrijgen. De reflex blijkt snel uitputbaar en sterk afhankelijk van de aandacht van de patiënt. Bij afleiding, zoals bij het lezen van een boek of het maken van een eenvoudige berekening, wordt de reflex onderdrukt. De reflex is echter veel gemakkelijker op te wekken, als men naast de elektrocutane prikkel een geluidsprikkeling geeft, die onder de drempel van de spierreflex ligt. Er vindt dus summatie plaats.

Met de elektrocutane stimulatie alleen is nooit de maximale, akoestisch opgewekte impedantieverandering te bereiken. Ook kan de maximale, akoestisch opgewekte impedantieverandering niet door de elektrische prikkel vergroot worden. De maximale impedantieverandering ten gevolge van de elektrocutane stimulatie is echter steeds door een akoestische prikkel te vergroten.

Als bij een geleidelijke vergroting van de elektrische prikkel onaangename sensaties, zoals trekkingen in de oogstreek ontstaan, terwijl er geen reflex optreedt, mag de afwezigheid van de musculus stapedius reflex aangenomen worden; men weet dan zeker, dat het contact in de gehoorgang tussen de stimulator en de gehoorgangwand goed was.

In 1962 heeft Djupesland gewezen op een andere zeer bruikbare methode om een musculus stapedius reflex op te wekken. Terwijl Lüscher in 1929 al gevonden had, dat een reflex van de musculus stapedius was te verkrijgen door blazen op het oor en dat de reflex eveneens zeer gemakkelijk te verkrijgen was door een geluid van ruisachtig karakter, heeft Djupesland dit bij de impedantiemetingen toegepast. Met behulp van een luchtstroom op het oor was een verandering van de impedantie te verkrijgen. Deze impedantieverandering was bilateraal en bleef bestaan, zolang de luchtstroom aanhield. De grootte van de impedantieverandering was afhankelijk van de kracht van de luchtstroom. Als de lucht in de gehoorgang werd geblazen, was het effect het grootst. Het afsluiten van de gehoorgang deed in de meeste gevallen de reflex direct verdwijnen. Men kan eveneens een reflex opwekken door een akoestische prikkel en een luchtprikkel samen te laten inwerken, die ieder afzonderlijk te klein zijn om een reflex te geven (summatie).

Het is niet duidelijk, welke receptoren en welke banen voor deze reflex verantwoordelijk zijn. Men kan zich voorstellen, dat de luchtstroom een akoestische prikkel vormt voor het te onderzoeken oor.

Djupesland kon de reflex echter ook bij een patiënt vanuit een volledig doof oor opwekken. In hoeverre hier de mogelijkheid van overheoren een rol heeft gespeeld, wordt door de schrijver niet vermeld. Ook een prikkeling van receptoren in de gehoorgang werd mogelijk geacht. Maar na anesthesie van de oorschelp en de gehoorgang bleef de reflex bestaan. De anesthesie werd echter bij normaal horende oren gegeven, zodat een akoestische stimulatie hier weer mogelijk was. Ook de vraag of de middenoorspiertjes afzonderlijk of tezamen bij deze reflex betrokken zijn, is uit de vermelde onderzoeken niet duidelijk geworden.

Het is wel te begrijpen, dat men op de meest verschillende manieren getracht heeft een prikkel te vinden om de musculus tensor tympani te laten contraheren. Sterke reuk- en smaakprikkelers, fel licht op de ogen, tactiele stimulatie op de meest uiteenlopende plaatsen van het lichaam gaven geen enkel resultaat. Klockhoff en Anderson (1960) slaagden er echter in om een intra-aurale reflex op te wekken, die van een geheel andere aard was dan de musculus stapedius reflex. Als er met een Politzer-ballon of met een luchtstroom uit een luchtdrukcilinder geblazen werd op de oogstreek, verkregen zij een reflex, waarvan de latentietijd en de duur duidelijk korter waren dan bij de musculus stapedius reflex. De duur van de reflex was ongeveer 0,5 seconde. De contractie was door een voortdurende luchtstroom niet aan te houden. Ook trad bij herhaalde stimulatie zeer snel gewenning op. De reflex was homolateraal en veelal vanuit de gehele gelaatshelft op te wekken. Het sluiten van de ogen was nauwelijks van invloed. Ook bij een anesthesie van de oogbol of bij afwezigheid van het oog was de reflex aanwezig. Om een reflex te krijgen moet men een luchtstroom geven, die een spiercontractie geeft in het gehele gezicht en in de hals. Bij een te zwakke luchtstroom, waar slechts een zeer plaatselijke reactie optreedt, wordt geen reflex gezien. Bij het dierexperiment was reeds gebleken, dat bij een algemene schrikreactie de musculus tensor tympani contraheert. Men mag aannemen, dat de plotselinge luchtstroom op de oogstreek een dergelijke schrikreactie bij de mens oproept, waarbij dan een contractie van de musculus tensor tympani wordt verkregen. Deze musculus tensor tympani reflex is in staat om de impedantieverandering, die door een akoestische stapedius reflex was verkregen, te vergroten.

De vraag kwam opnieuw naar voren of deze reflex inderdaad aan een contractie van de musculus tensor tympani mocht worden toegeschreven. Bij patiënten met een geleidingshardhorendheid, welke bleek te berusten op een zuivere stijgbeugelvoetplaatfixatie, was de reflex aanwezig. Ook bij patiënten bij wie tijdens een operatie de pees van de musculus stapedius was doorgesneden en bij patiënten met een perifere facialis paralyse, waardoor geen akoestische stapedius reflex was op te wekken,

werd een reflex verkregen. Uit deze proeven moest men wel de conclusie trekken, dat de impedantieverandering door een contractie van de musculus tensor tympani was veroorzaakt. Vermeldenswaard is nog, dat ook bij patiënten, bij wie de musculus tensor tympani na een doorsnijding van de nervus trigeminus was verlamd, een reflex was op te wekken door een luchtstroom op het oog. Aangenomen moet worden, dat de musculus stapedius, indien mogelijk, eveneens op deze prikkel contraheert en een impedantieverandering geeft. Het onderzoek naar een musculus tensor tympani reflex wordt in het algemeen alleen dan gedaan, als de musculus stapedius reflex niet is op te wekken, zodat er zich klinisch geen moeilijkheden voordoen (Klockhoff 1961).

De wetenschap, dat de musculus tensor tympani zich contraheert door een schrikreactie, heeft niet veel bijgedragen tot een beter inzicht in de functie van deze spier. Men kan toch niet veronderstellen, dat de spier alleen een taak heeft tijdens een dergelijke reactie. Mogelijk heeft de spier een proprioceptieve functie.

In deze musculus tensor tympani reflex hebben wij echter een nieuw differentiaaldiagnostisch hulpmiddel voor de groep van de geleidingshardhorendheid verkregen. Terwijl de gegevens over de musculus stapedius reflex uitsluitel geven over het al of niet bestaan van een geleidingsverlies, geeft het onderzoek van de musculus tensor tympani reflex ons de gelegenheid om iets meer over de toestand in het middenoor te weten te komen en met name over de beweeglijkheid van het perifere gedeelte van de gehoorbeentjesketen. Uit praktische overwegingen onderscheidde Klockhoff en Anderson, wat de musculus tensor tympani reflex betreft, drie mogelijkheden:

1. de aanwezigheid van de reflex.
2. de afwezigheid van de reflex.
3. een zeer hoge reflex.

Het voorkomen van een niet registreerbare musculus stapedius reflex samen met een normale musculus tensor tympani reflex zou wijzen op het bestaan van een zuivere stijgbeugelvoetplaatfixatie. Als namelijk het geleidingsverlies alleen veroorzaakt wordt door het vastzitten van de stijgbeugelvoetplaat, mag men verwachten, dat er een - eventueel beperkte - beweeglijkheid in het perifere gedeelte van de geleidingsketen blijft bestaan. Dit is te verklaren door de aanwezigheid van de gewrichten tussen de gehoorbeentjes. Een musculus tensor tympani reflex zou dan op te wekken moeten zijn. Het niet kunnen opwekken van een musculus tensor tympani reflex zou wijzen op het voorkomen van afwijkingen in het middenoor, die het perifere gedeelte van de gehoorbeentjesketen in haar bewegingen belemmeren (adhesies, vocht, nega-

tieve druk). Deze afwijkingen kunnen al of niet op zichzelf staand voorkomen. Ook zou men bij de combinatie van een niet registreerbare musculus stapedius reflex met een niet registreerbare musculus tensor tympani reflex eerder grotere technische moeilijkheden bij de operatie mogen verwachten. Daarentegen kan men zich voorstellen, dat bij een onderbreking van de gehoorbeentjesketen, zoals bij een luxatie van het aanbeeld, een necrose van het lange been van het aanbeeld of een breuk in de crura van de stijgbeugel, een grotere beweeglijkheid van de hamer bestaat. Klockhoff en Anderson zagen in deze gevallen dan ook een abnormaal sterke tensor tympani reflex.

Samenvattend kan men zeggen, dat genoemde methoden, die berusten op het meten van impedantiewisselingen tengevolge van intra-aurale spiercontracties, het mogelijk maken om een geleidingsverlies objectief aan te tonen of uit te sluiten. Bovendien geven deze methoden mogelijk waardevolle inlichtingen bij de differentiaaldiagnostiek van de geleidingshardhorendheid.

VERDERE TOEPASSINGEN VAN DE IMPEDANTIEMETHODE

In het kort moge hier worden ingegaan op de verdere mogelijkheden van het impedantieonderzoek.

Sedert Dix, Hallpike en Hood (1948) gewezen hebben op de grote betekenis van het recruitmentfenomeen voor de differentiaaldiagnose tussen een labyrintair en retro-labyrintair gehoorsverlies, is deze bepaling voor de oto-neurologische diagnostiek van grote betekenis. De meest gebruikte klinische methode om recruitment aan te tonen is de test volgens Fowler (1937). Bij deze subjectieve test is men afhankelijk van het onderscheidingsvermogen van de patiënt. Deze moet de luidheid vergelijken van tonen van gelijke frequentie en gelijk niveau boven de normale gehoordrempel, die in beide oren afwisselend worden aangeboden. Bij een tweezijdige hardhorendheid of als een oor totaal doof is, moet de patiënt de luidheid van tonen van verschillende frequenties en gelijk niveau boven de normale gehoordrempel met elkaar vergelijken, die in één oor afwisselend worden aangeboden. Men is bij deze proeven sterk afhankelijk van de patiënt. Metz (1952) kon met behulp van de impedantiewisselingen, die door de akoestische middenoorspierreflex ontstonden, op objectieve wijze recruitment aantonen. Bij de recruitment bepaling volgens Metz maakt men gebruik van het gegeven, dat normaal een toon van 70 tot 90 db boven de luchtgeleidingsdrempel een intra-aurale spierreflex opwekt. Het blijkt, dat bij die vormen van perceptiehardhorendheid, die gepaard gaan met recruitment, een reflex is op te wekken met een toon, die minder dan 60 db boven de toon-

drempel ligt. Bij vormen van perceptiehardhorendheid, waar geen recruitment aanwezig is, is de reflex slechts op te wekken met een toon van 70 tot 90 db boven de drempel. Vaak is het uitgangsniveau van de audiometer in deze gevallen te klein om de drempel voor de spierreflex te kunnen bereiken. Het is vanzelfsprekend, dat een positieve uitkomst van deze test (een spierreflex bij minder dan 60 db boven de drempel) meer zegt, dan het ontbreken van een reflex. Behalve het beperkte uitgangsniveau van de audiometer, kan ook een geleidingsverlies in het oor, waarin zich de geluidssonde bevindt, het registreren van een musculus stapedius reflex onmogelijk maken. Als omtrent het bestaan van een geleidingsverlies twijfel bestaat, kan het onderzoek van de musculus tensor tympani reflex verdere gegevens verstrekken (Klockhoff 1961). Bij afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex mag een geleidingsverlies als oorzaak van het uitblijven van een musculus stapedius reflex worden beschouwd.

De test van Fowler en de intra-aurale spierreflexmethode bleken steeds dezelfde bevindingen te geven, zodat de methode volgens Metz een goed hulpmiddel is om op objectieve wijze recruitment aan te tonen (Thomsen 1955). Subjectieve invloeden kan men echter niet geheel uitschakelen, omdat rekening gehouden moet worden met het toondrempelaudiogram bij de beoordeling of al of niet recruitment aanwezig is.

De bepaling van de drempel van de akoestische musculus stapedius reflex is een waardevolle aanwinst voor de diagnostiek van een functionele hardhorendheid, simulatie of aggravatatie (Jepsen 1953, Thomsen 1955). In deze gevallen kan men een drempel van de spierreflex vinden, die kleiner is dan het aangegeven gehoorsverlies. Een spierreflex, opgewekt door een toon, die minder dan 70 db boven de drempel van het toonaudiogram ligt, wijst niet direct op een foutief aangegeven gehoorsverlies. Men moet hier met de mogelijkheid van recruitment rekening houden.

Het opwekken van een musculus stapedius reflex is verder van betekenis voor de localisering van een lesie van de nervus facialis (Metz 1946, Jepsen 1955). Indien de reflex aan de kant, waar een perifere verlamming van de nervus facialis bestaat, aanwezig is, zal de oorzaak perifeer van de aftakking van de nervus stapedius gezocht moeten worden. Hier is ook weer een positieve reflex van meer waarde dan het uitblijven van een reflex.

Met de impedantiemetingen kan ook het permanent openstaan van

de tuba Eustachii worden aangetoond (Metz 1953). Soms wordt bij deze abnormale toestand over autofonie geklaagd. De ademhaling veroorzaakt in deze gevallen een duidelijke verandering van de middenoordruk en hierdoor van de spanning van het trommelvlies. Synchroon met de ademhaling ziet men de impedantie wisselen. Diep in- en uitademen geeft sterkere impedantieveranderingen.

Ook de middenoordruk kan met de impedantiemethode worden bepaald (Terkildsen en Thomsen 1959). De impedantie van het trommelvlies is namelijk het kleinst als de druk in het middenoor gelijk is aan die in de gehoorgang. Deze toestand bereikt men door de druk in de gehoorgang te veranderen. Als controle op deze bepaling kan men, volgens het pneumofoonprincipe van Dishoeck (1938), de patiënt laten aangeven, wanneer de toon tijdens het variëren van de druk in de gehoorgang het luidst wordt gehoord (subjectieve methode).

HOOFDSTUK VI

DE WAARDE VAN HET IMPEDANTIEONDERZOEK

Het doel van ons eigen onderzoek was om de waarde van het impedantieonderzoek, als onderdeel van de preoperatieve diagnostiek na te gaan. Het onderzoek werd verricht bij patiënten, die in de Utrechtse Universiteitskliniek voor keel-, neus- en oorziekten werden opgenomen voor een exploratieve tympanotomie. Zo konden de gegevens, die bij het preoperatieve onderzoek met de impedantieomslagmeter werden verkregen, naderhand worden vergeleken met de operatieve bevindingen.

DE APPARATUUR

Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van de elektro-akoestische meetbrug volgens Terkildsen en Scott Nielsen, zoals deze door de firma Madsen in de handel wordt gebracht (Madsen model ZO 61). Deze akoestische impedantiemeter is opgebouwd uit drie delen:

1. Op de eerste plaats de akoestische meetbrug. Met behulp van een toongenerator en een micro-telefoon wordt een geluidstrilling van 220 Hz verkregen. Deze wordt in de gehoorgang geleid door middel van een doorboorde sonde (fig. 3). Deze sonde bevat drie kanalen. Twee kanalen, die een lengte hebben van 8 cm en een diameter van 0,7 mm, eindigen op de top van de sonde. Door een van deze kanalen komt het geluid in de gehoorgang. Het heeft aldaar een sterkte van 65 db boven de gehoordrempel. Tussen het uiteinde van de sonde en het trommelvlies ontstaat een geluidsveld, dat de som is van het aangevoerde en het gereflecteerde geluid. Dit geluid wordt door het andere kanaal naar een microfoon geleid. Het oorspronkelijke signaal uit de toongenerator wordt, na het doorlopen van een fase- en amplituderegelaar, met het opgevangen signaal in balans gebracht. Het in evenwicht brengen van de brug kan op een buisvoltmeter worden afgelezen.
2. Het tweede gedeelte van de impedantiemeter bestaat uit een drukstelsel, bevattende een pomp en een manometer. Deze zijn door middel van een dunne slang verbonden met een van de kanalen, die op de top van de sonde eindigen en zo met het luchtdicht afgesloten gedeelte van de gehoorgang. Met dit stelsel kan men de druk in de gehoorgang tot 400 mm water laten toe- of afnemen.

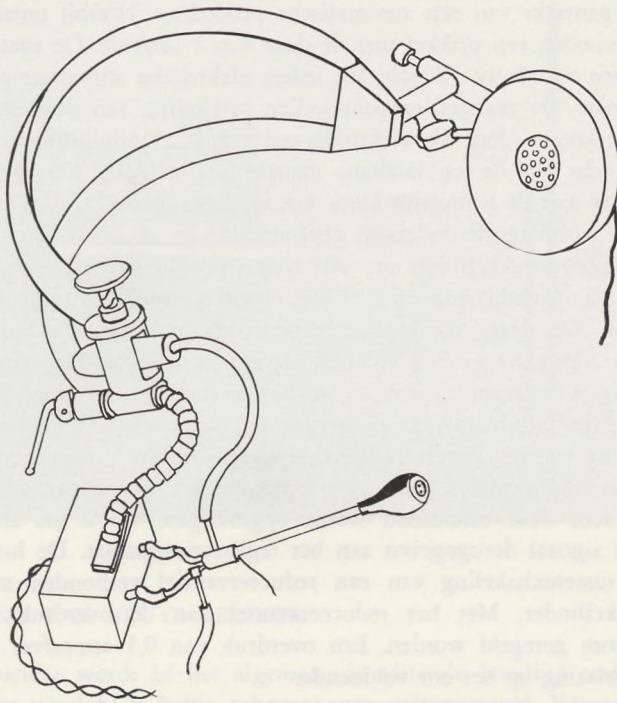


Fig. 3. Hoofdklem met geluidssonde en telefoon.

3. Het derde gedeelte van de impedantiemeter bestaat uit een toonaudiometer, die verbonden is met een koptelefoon, welke aan de hoofdklem is bevestigd. De toonaudiometer heeft een frequentiebereik van 125 tot 10.000 Hz. De sterkte kan men variëren met stappen van 5 db van 0 tot 110 db boven de drempel. Voor het opwekken van een bilaterale akoestische musculus stapedius reflex, wordt van deze audiometer gebruik gemaakt. Via de koptelefoon wordt een toon aan één oor toegediend. Door een speciale voorziening wordt het geven van een akoestische prikkel en de duur ervan geregistreerd.

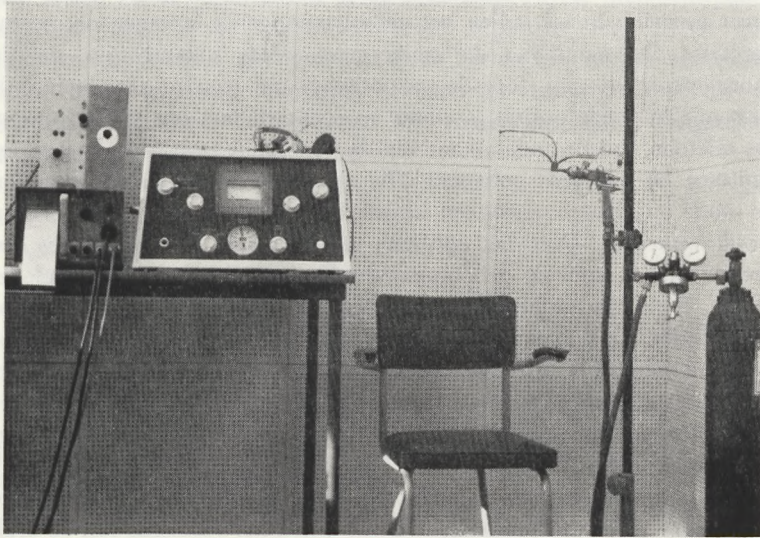
Voor het opwekken van een homolaterale elektrocutane musculus stapedius reflex is eveneens een aparte voorziening getroffen. Hiervoor wordt een elektrische stimulator gebruikt. Met deze stimulator kan een stroom van 50 pulsen per seconde worden gegeven, waarbij iedere puls een duur heeft van 1 milliseconde. De elektrische stimulator kan met de hand worden bediend, zodat op ieder gewenst ogenblik een elektrische

prikkel van gewenste duur kan worden gegeven. Gewoonlijk wordt gebruik gemaakt van een automatische prikkeling. Hierbij ontstaat om de 10 seconden een prikkel met de duur van 1 seconde. De spanning is te variëren van 0 tot 12 volt. Bij iedere elektrische stimulatie gaat een signaal naar het registratieapparaat. Een prikkeling van de gehoorgang wordt verkregen door als elektrode een reepje aluminiumfoelie te gebruiken, dat op de opblaasbare manchet is geplakt. De elektrische verbinding met de stimulator komt via de oorsonde tot stand. De andere elektrode wordt op de onderarm geplaatst.

Voor het opwekken van een bilaterale musculus stapedius reflex ten gevolge van luchtblazing op het oor, wordt gebruik gemaakt van een luchtspuit. Op deze gemakkelijk te bedienen luchtspuit bevinden zich twee, in tegenovergestelde richting geplaatste buisjes. De lengte van deze buisjes bedraagt 10 cm en de binnendiameter 1,7 mm. Een van beide buisjes wordt op het oor gericht op een afstand van 5 cm. Voor de opening van het andere buisje is, eveneens op een afstand van 5 cm, een microfoon geplaatst. Het geluid, dat bij het geven van een luchtstroom door deze microfoon wordt opgevangen, wordt als elektrisch versterkt signaal doorgegeven aan het registratieapparaat. De luchtspuit is met tussenschakeling van een reduceerventiel verbonden met een luchtdrukcilinder. Met het reduceerventiel kan de overdruk van de luchtstroom geregeld worden. Een overdruk van 0,5 atmosfeer is voor de luchtblazing op het oor voldoende.

De homolaterale musculus tensor tympani reflex wordt opgewekt door blazen op het homolaterale oog. De luchtblazing wordt verkregen met de genoemde luchtspuit. Een overdruk van 2 tot 3 atmosfeer geeft als regel, bij blazen op het gesloten oog, voldoende reactie.

Als registratieapparaat wordt gebruik gemaakt van een vierkanalen-schrijver van de firma Kelvin en Hughes. Het apparaat bestaat uit een permanente magneet, die tussen de poolschoenen een viertal draaispoel-eenheden draagt, welke zijn verbonden met stijve torsieveren. Aan elk van de draaispoelen is een metalen armpje bevestigd, dat aan het uiteinde voorzien is van een stalen pen met een platina-iridium punt. Deze pen rust op registratiepapier, dat door middel van een aandrijfmotor en een transportmechanisme onder de pen wordt doorgetrokken met een snelheid, instelbaar van 1 tot 3 mm per seconde. Gewoonlijk wordt de snelheid van 3 mm per seconde gebruikt. Een elektrische stroom, die van de pen, door het registreerpapier, naar de metalen geleidingsrol gaat, veroorzaakt een zwarte lijn op de bewegende papierstrook. Twee kanalen worden gebruikt, een voor registratie van de impedantieomslag en een voor registratie van de prikkel (akoestisch, elektrisch, luchtblazing). De gehele apparatuur is opgesteld in een geluidsarme kamer.



DE GANG VAN HET ONDERZOEK

De patiënt wordt in het algemeen in zittende houding onderzocht. Allereerst worden de beide gehoorgangen geïnspecteerd. Vooral de gehoorgang waarin de sonde wordt geplaatst, moet zorgvuldig worden gereinigd van cerumen of secreet, daar anders een verstopping van de sondeopeningen kan ontstaan. Indien men de elektrocutane prikkeling wil toepassen, wordt de gehoorgang met 70 % alcohol schoongemaakt. Hierna wordt aan de achterbovenzijde van de gehoorgangwand een dun laagje elektrodepasta aangebracht. Ook de elektrode die op de rubber manchet is bevestigd, wordt van een dun laagje elektrodepasta voorzien. De speciale verende klem, waaraan de sonde en de koptelefoon bevestigd zijn, wordt op het hoofd van de patiënt geplaatst. Alvorens de sonde wordt ingebracht, dient men er zich van te overtuigen, dat de manometer geen over- of onderdruk aangeeft. De sonde wordt onder goede belichting voorzichtig in het te onderzoeken oor geschoven, zodat de rubber manchet zich geheel in het perifere gedeelte van de gehoorgang bevindt. Söhoel en Arnesen (1962) hebben erop gewezen, dat bij een testtoon van 220 Hz de sonde vooraan in de gehoorgang moet worden geplaatst. Dan wordt de minste storing ondervonden van hoofd- en kaakbewegingen. In het algemeen heeft de gehoorgang een dergelijke afmeting, dat de sonde gemakkelijk is in te brengen. Bij een nauwe of kleine gehoor-

gang (kinderen) is het inbrengen soms moeilijk. De sonde wordt dan zover mogelijk in, of indien het geheel onmogelijk is, tegen de meatus geplaatst. De stand van de sonde moet steeds zodanig zijn, dat de kanaalopeningen niet door de gehoorgangwand worden afgesloten. Als de sonde in goede positie is, wordt ze gefixeerd met een snelklemming. De telefoon, aan de andere kant van de hoofdklem, wordt nu op het oor geplaatst en eveneens gefixeerd. Hierna wordt de rubber manchet om de sonde opgeblazen, zodat een luchtdichte afsluiting van de gehoorgang wordt verkregen. Door het opblazen van de manchet wordt tevens een goed contact tussen de gehoorgangwand en de elektrode tot stand gebracht. De luchtdichtheid van de afsluiting kan men controleren door met behulp van het pompsysteem een overdruk van bijvoorbeeld 50 tot 100 mm waterdruk in de gehoorgang aan te brengen. Indien deze overdruk niet terugloopt, waarvan men zich door middel van de manometer kan overtuigen, is de afsluiting goed. De overdruk wordt dan weer weggenomen.

Als het gehoor normaal is, wordt een toon van 220 Hz met een sterkte van 65 db boven de drempel gehoord. Tijdens het verhogen van de druk in de uitwendige gehoorgang wordt de toon zachter. Er moge hier op gewezen worden, dat het er niet toe doet of de patiënt de toon hoort of niet. Het gaat om het geluidsveld, dat in de gehoorgang ontstaat en dat bepaald wordt door het inkomende en het gereflecteerde geluid.

Nu moet nog een evenwicht tussen het in- en uitkomende geluid tot stand worden gebracht. Hiertoe wordt de gevoeligheid van de buisvoltmeter geleidelijk opgevoerd, terwijl met behulp van de amplitude- en faseregelaar de uitslag op de indicator zo klein mogelijk wordt gemaakt. Om een vergelijking van de meetresultaten mogelijk te maken, moet steeds dezelfde gevoeligheid van de buisvoltmeter worden gekozen. Voordat tot het opwekken van een intra-aurale spierreflex wordt overgegaan, is het dienstig om na te gaan of de sondeopeningen open zijn. Een lichte overdruk in de gehoorgang geeft bij open kanalen een duidelijke impedantieverandering. Hierna kan men trachten een intra-aurale spierreflex op te wekken. De impedantieverandering, die door een intra-aurale spierreflex ontstaat, geeft een uitslag van de indicator en wordt geregistreerd.

Allereerst wordt nagegaan of met een akoestische prikkel, die bestaat uit een toon van 1000 Hz met een sterkte van 90 db boven de normale gehoordrempel, een bilaterale musculus stapedius reflex kan worden verkregen. Als de reflex aanwezig is, kan de drempel van de spierreflex worden bepaald. Hiertoe verhoogt men de toonsterkte geleidelijk met stappen van 5 db, te beginnen bij 60 db boven de normale gehoordrempel (fig. 4). De drempel van de spierreflex ligt bij normaal horen-

den tussen 70 en 90 db boven de gehoordrempel. Deze drempelbepaling kan voor verschillende frequenties worden uitgevoerd. Als de reflex niet is op te wekken met een toon van 1000 Hz en een sterkte van 90 db boven de normale gehoordrempel, zal men het alsnog proberen met de maximale intensiteit (110 db) en met tonen van andere frequenties, eveneens van maximale intensiteit.

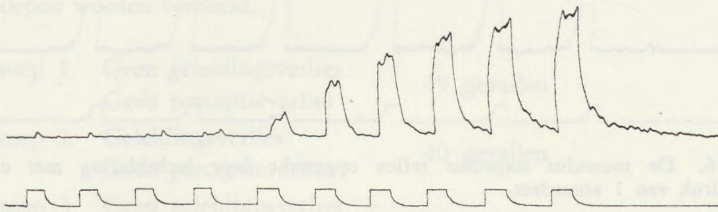


Fig. 4. De akoestische musculus stapedius reflex opgewekt door een toon van 1000 Hz opklimmend van 60 tot 110 db.

Bij een afwezige akoestische reflex zal men trachten een elektrocutane musculus stapedius reflex op te wekken. Hiervoor wordt een tweede elektrode op de onderarm geplaatst. Als regel is een spanning van 2 tot 4 volt voldoende om een reflex te verkrijgen (fig. 5). Bij een elektrocutane stimulatie onder de 4 volt wordt slechts een lichte prikkeling in de gehoorgang waargenomen. Bij hogere voltages treden onaangename sensaties en spiertrekkingen in het gezicht op. Indien bij een geleidelijke toename van de stroomsterkte deze onaangename reacties optreden, terwijl er geen musculus stapedius reflex wordt geregistreerd, mag tot het ontbreken van deze reflex worden besloten. Als echter bij een spanning boven de 4 volt pas een reflex wordt verkregen, of als bij hogere voltages geen reacties bij de patiënt ontstaan en deze ook niets merkt, moet men aannemen, dat het contact tussen de elektrode en de gehoorgangwand onvoldoende is. De positie van de sonde zal dan moeten worden gewijzigd.

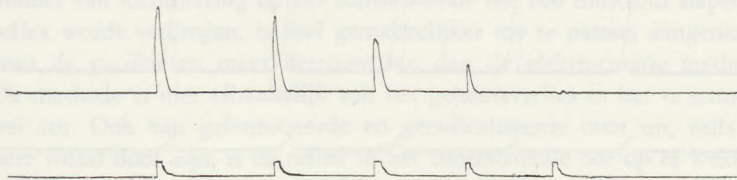


Fig. 5. De elektrocutane musculus stapedius reflex opgewekt door 4 volt.

Door gebruik te maken van de luchtblazing op het contralaterale oor, kan men gemakkelijk het bestaan van een registreerbare musculus stapedius reflex nagaan (fig. 6). Ook als met laatstgenoemde methode geen impedantieverandering optreedt, mag men aannemen, dat de musculus stapedius reflex afwezig is.

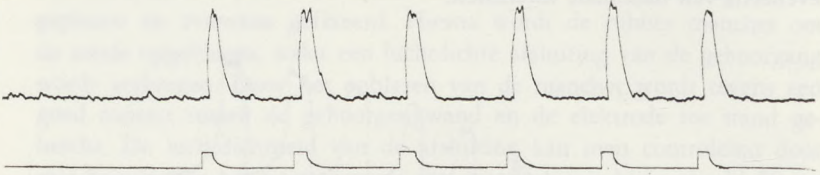


Fig. 6. De musculus stapedius reflex opgewekt door luchtblazing met een overdruk van 1 atmosfeer.

Hierna wordt door luchtblazing op het homolaterale oog de musculus tensor tympani reflex onderzocht. Zoals reeds eerder is vermeld, worden drie mogelijkheden onderscheiden:

1. De aanwezigheid van de reflex (fig. 7).
2. De afwezigheid van de reflex.
3. Een hoge reflex (fig. 8).

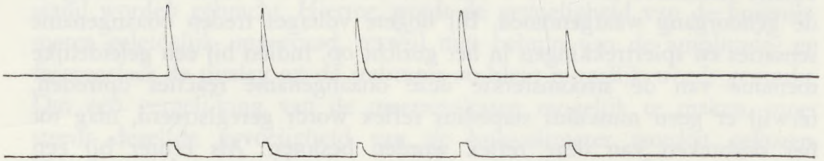


Fig. 7. De musculus tensor tympani reflex opgewekt door luchtblazing met een overdruk van 2 atmosfeer.

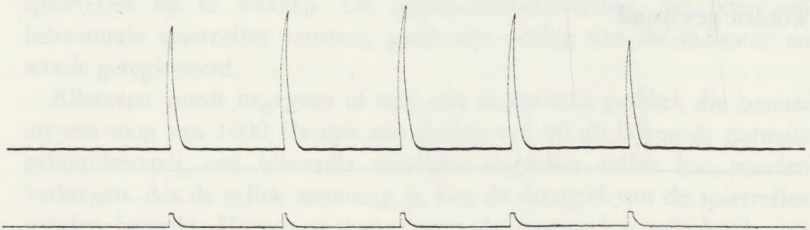


Fig. 8. De hoge musculus tensor tympani reflex opgewekt door luchtblazing met een overdruk van 2 atmosfeer.

DE BETROUWBAARHEID VAN DE METHODE

Om de betrouwbaarheid van de methode na te gaan, werden 72 personen, van wie het toonaudiogram bekend was, onderzocht. Bij deze personen werd 130 maal een intact trommelvlies gezien. Deze gevallen werden met de impedantieomslagmeter onderzocht. Ze kunnen, naar gelang de bevindingen bij het toonaudiometrisch onderzoek, in vier groepen worden verdeeld.

Groep 1.	Geen geleidingsverlies Geen perceptieverlies	49 gevallen
Groep 2.	Geleidingsverlies Geen perceptieverlies	40 gevallen
Groep 3.	Geen geleidingsverlies Perceptieverlies	21 gevallen
Groep 4.	Geleidingsverlies Perceptieverlies	20 gevallen

Bij het onderzoek naar de impedantieomslag werd steeds getracht een akoestische bilaterale musculus stapedius reflex op te wekken. Indien deze aanwezig was, werd als controle dezelfde reflex door middel van luchtblazing opgewekt. Als de akoestische musculus stapedius reflex niet aanwezig was, werd van de elektrocutane methode en van de luchtblazing gebruik gemaakt. Hierbij bleek, dat de elektrocutane methode niet zo betrouwbaar is. Het contact tussen de elektrode en de gehoorgangwand laat nog al eens te wensen over. Verder is gebleken, dat deze reflex snel is uitgeput. Soms kan men deze na enige malen in het geheel niet meer opwekken en is een rustperiode van enkele minuten nodig. De reflex is echter direct weer aanwezig, wanneer de elektrocutane prikkeling afgewisseld wordt met een akoestische reflex. Aangezien men echter van de elektrocutane stimulatie gebruik wenst te maken bij de afwezigheid van een akoestische reflex, komt dit laatste hulpmiddel niet voor gebruik in aanmerking. De methode waarbij door middel van luchtblazing op het contralaterale oor een musculus stapedius reflex wordt verkregen, is veel gemakkelijker toe te passen, aangenamer voor de patiënt en meer betrouwbaar, dan de elektrocutane methode. De methode is niet afhankelijk van het gehoorsverlies in het te stimuleren oor. Ook van gefenestreerde en geradicaliseerde oren uit, zelfs als deze totaal doof zijn, is de reflex in het contralaterale oor op te wekken.

De bevindingen bij het impedantieomslagonderzoek kunnen aan de hand van bovengenoemde groepsindeling worden besproken.

Groep 1.

Bij de 49 gevallen, waarbij het toonaudiogram geen geleidings- of perceptieverlies aangaf, werd 45 maal een musculus stapedius reflex gevonden. In twee van de vier gevallen, waarbij geen musculus stapedius reflex was op te wekken, bestond een negatieve druk in de trommelholte. Na politizeren was de musculus stapedius reflex wel op te wekken. In twee gevallen was bij het spiegelonderzoek een vochtlijntje achter het trommelvlies te zien. Na aspiratie van het vocht was de musculus stapedius reflex wel aanwezig. Blijkbaar was de geleidingsstoornis in deze vier gevallen te gering om in het toonaudiogram tot uiting te komen, maar groot genoeg om de bewegingsmogelijkheden van de keten zodanig te beperken, dat de meetbaarheid van de reflex onmogelijk werd.

De musculus tensor tympani reflex was in 43 gevallen aanwezig. Viermaal was de impedantieverandering ten gevolge van de reflexcontractie uitgesproken sterk. Dit betrof de beide oren van twee personen, die de musculus tensor tympani willekeurig konden samentrekken. In vier gevallen trad bij luchtblazing op het oog, zelfs met een lage overdruk (0,25 atm.), een zodanige beweging van het hoofd ten gevolge van een schrikreactie op, dat de mogelijkheid ontbrak om een reflex te registreren. In de bij deze groep eerder genoemde twee gevallen, waar vocht in de trommelholte werd gevonden, was geen musculus tensor tympani reflex aan te tonen. Na de aspiratie was de reflex wel aanwezig.

Groep 2.

In 37 van de 40 tot deze groep behorende gevallen, waar het toonaudiogram een geleidingsverlies aangaf, was geen musculus stapedius reflex aanwezig. Driemaal werd wel een musculus stapedius reflex geregistreerd. In twee van deze gevallen was reeds eerder een exploratieve tympanotomie verricht, waarbij geen enkele stoornis in het geleidingsstelsel werd gevonden. Blijkbaar gaf het toonaudiogram in deze gevallen ten onrechte een geleidingsverlies aan.

De musculus tensor tympani reflex kon naast de bovengenoemde drie gevallen nog 19 maal worden aangetoond. Eenmaal werd een hoge reflex gevonden. In 17 gevallen waarbij de klinische diagnose otosclerose was gesteld, werd 14 maal een musculus tensor tympani reflex gevonden, die varieerde van laag tot normaal. Deze 17 gevallen werden niet geopereerd. In 7 gevallen bestond een negatieve druk in de trommelholte; viermaal was hier een musculus tensor tympani reflex op te wekken. In 7 andere gevallen was vocht in de trommelholte aanwezig; de musculus tensor tympani reflex was dan steeds afwezig. Ook in de drie gevallen, waar

sprake was van postinfectieuze resttoestanden, was geen musculus tensor tympani reflex aanwezig. Tweemaal werd een congenitale afwijking van de gehoorbeentjesketen vermoed (Treacher-Collins syndroom). Ook hier was de musculus tensor tympani reflex afwezig. Eenmaal werd de combinatie van een negatieve musculus stapedius reflex en een zeer sterke musculus tensor tympani reflex gevonden. Het betrof hier een geval, waar een hardhorendheid bij een schedeltrauma was ontstaan. De mogelijkheid van een onderbreking van de gehoorbeentjesketen werd overwogen. De patiënt zag echter van een voorgestelde exploratie af, zodat de diagnose niet kon worden bevestigd.

Groep 3.

In al deze 21 gevallen was een musculus stapedius reflex en een musculus tensor tympani reflex op te wekken. De laatste reflex was in geen enkel geval abnormaal van grootte.

Groep 4.

In 16 van de 20 gevallen was de musculus stapedius reflex afwezig, in 4 gevallen echter aanwezig. In deze laatste gevallen bestond volgens het toonaudiogram een groot, gemengd gehoorsverlies. De beengeleidingscurve in het toonaudiogram gaf hier mogelijk een te klein verlies aan. In deze 4 oren was een normale musculus tensor tympani reflex op te wekken. Bij 7 van de 16 gevallen, waar geen musculus stapedius reflex bestond, werd de klinische diagnose otosclerose gesteld. Hier was in 6 gevallen een musculus tensor tympani reflex op te wekken. In 7 gevallen was er sprake van resttoestanden na een chronische middenoorontsteking. Geen enkele maal was de musculus tensor tympani reflex aanwezig. In 2 gevallen kon met de impedantiemethode een onderdruk in de trommelholte worden aangetoond. De musculus tensor tympani reflex was aanwezig.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat in 66 van de 70 gevallen, waar het toonaudiogram geen geleidingsverlies aangaf, een musculus stapedius reflex kon worden aangetoond. In de 4 gevallen, waar geen musculus stapedius reflex kon worden aangetoond, werd een oorzaak voor het uitblijven van de reflex gevonden (negatieve druk, vocht). De resultaten mogen als een bevestiging gezien worden van de door Metz (1946) opgestelde regel, dat in een oor een musculus stapedius reflex op te wekken is, als er geen geleidingsverlies bestaat. Verder bleek het

uitblijven van een musculus stapedius reflex zeer nauwkeurig het bestaan van een geleidingsverlies aan te geven.

De musculus tensor tympani reflex was in 64 van de genoemde 70 gevallen op te wekken. In 4 gevallen was deze uitgesproken sterk. Met het voorkomen van een sterke musculus tensor tympani reflex bij mensen die deze spier willekeurig kunnen contraheren, moet klaarblijkelijk rekening worden gehouden.

In 53 van de 60 gevallen, waar het toonaudiogram een geleidingsverlies vertoonde, kon geen musculus stapedius reflex worden aangetoond. De gevonden resultaten bevestigden de regel, dat in een oor, waar een geleidingsverlies bestaat, geen musculus stapedius reflex wordt gevonden. In de 7 gevallen, waar wel een musculus stapedius reflex werd gevonden, gaf het toonaudiogram mogelijk ten onrechte een geleidingsverlies aan.

De musculus tensor tympani reflex was in 34 van de 60 gevallen, waar het toonaudiogram een geleidingsverlies aangaf, te registreren. Over de betekenis van de aan- of afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex voor de differentiële diagnostiek van de geleidingshardhorendheid, kon in dit stadium van het onderzoek nog weinig worden gezegd. In de meeste gevallen, waar de klinische diagnose otosclerose was gesteld, was de musculus tensor tympani reflex aanwezig. In alle gevallen, waar een postinfectieuze resttoestand werd vermoed, was de reflex afwezig. Terwijl de aanwezigheid van een negatieve druk in de trommelholte niet in alle gevallen een musculus tensor tympani reflex verhindert, lijkt de aanwezigheid van vocht dit wel te doen. In een geval, waarbij een onderbreking van de gehoorbeentjesketen werd vermoed, was een hoge reflex aanwezig.

EEN VERGELIJKING VAN DE PREOPERATIEVE IMPEDANTIERESULTATEN MET DE OPERATIEVE BEVINDINGEN

Het onderzoek, dat werd verricht om de mogelijkheden na te gaan van de impedantieomslagmethode voor de diagnostiek van de geleidingshardhorendheid, die voor een exploratieve tympanotomie in aanmerking komt, strekt zich uit over 83 patiënten. Bij al deze patiënten was met het toon- en spraakaudiometrisch onderzoek een geleidingshardhorendheid gevonden. Bij het impedantieomslagonderzoek werd getracht een musculus stapedius reflex en een musculus tensor tympani reflex op te wekken. Voor het verkrijgen van de musculus stapedius reflex werd gebruik gemaakt van de akoestische stimulatie op het contralaterale oor. In alle gevallen, dus niet alleen daar, waar het uitgangsniveau van de

audiometer te kort dreigde te schieten, werd eveneens de luchtblazing op het contralaterale oor toegepast. Om een musculus tensor tympani reflex te verkrijgen, werd lucht geblazen op het homolaterale oor. Bij alle patiënten werd als regel de dag na het onderzoek een exploratieve tympanotomie verricht. 66 patiënten ondergingen eenmaal een exploratieve tympanotomie. Bij 13 patiënten werd aan beide oren een exploratie uitgevoerd; 4 patiënten werden tweemaal aan hetzelfde oor geopereerd. In deze laatstgenoemde gevallen werd de eerste keer een operatie volgens Rosen verricht. Een hernieuwde exploratie bleek nodig, omdat de gehoorsverbetering van korte duur of onvolledig was. Totaal was het dus in 100 gevallen mogelijk om de gegevens, die preoperatief door het onderzoek met de impedantieomslagmeter waren verkregen, te vergelijken met de bevindingen bij de exploratieve tympanotomie.

De exploratieve tympanotomie is een operatie, die met behulp van een microscoop (operatiemicroscoop van Zeiss) wordt uitgevoerd. De ingreep kan zowel onder locale als onder algehele anesthesie plaatsvinden. Voor de algehele narcose komen op de eerste plaats kinderen in aanmerking; verder ook zenuwachtige en angstige patiënten. De algehele narcose heeft het nadeel, dat een gehoorsverbetering tijdens de operatie niet kan worden aangegeven. De keuze van het narcoticum is van invloed op de mate van bloedleegte in het middenoor. Vooral de kunstmatig opgewekte hypotensie is voor het verkrijgen van een goede bloedleegte waardevol gebleken. Vele operateurs geven echter de voorkeur aan de locale anesthesie. Het anestheticum wordt gespoten onder de huid van de bovenwand van de gehoorgang, waar het kraakbenige gedeelte van de gehoorgangwand overgaat in het benige gedeelte. Men moet zorg dragen de naald niet te dicht bij het trommelvlies in de daar ter plaatse dunne en meer kwetsbare huid te steken, aangezien dan geen goede hydrotomie (Portmann 1959) wordt verkregen. Er wordt een incisie gemaakt in de achterwand van de gehoorgang, volgens het principe dat door Lempert (1946) voor de tympanosympathectomie is aangegeven. De huid en het periost worden van de benige gehoorgang losgeschoven. De annulus tendineus tympanicus wordt uit de sulcus tympanicus gelicht en de achterste helft van het trommelvlies wordt met het omsneden gedeelte van de achterwand van de gehoorgang naar voren over de steel van de hamer gelegd (fig. 9). Om een goed overzicht te krijgen van de anatomische verhoudingen in de trommelholte, moet men veelal 2 tot 3 mm van de overhangende margo tympanicus wegnemen. Soms zal ook een deel van de laterale koepelholte wand (mur de la logette) moeten worden verwijderd. Op de therapeutische mogelijkheden zal in verband met de aard van dit onderzoek niet verder worden ingegaan.

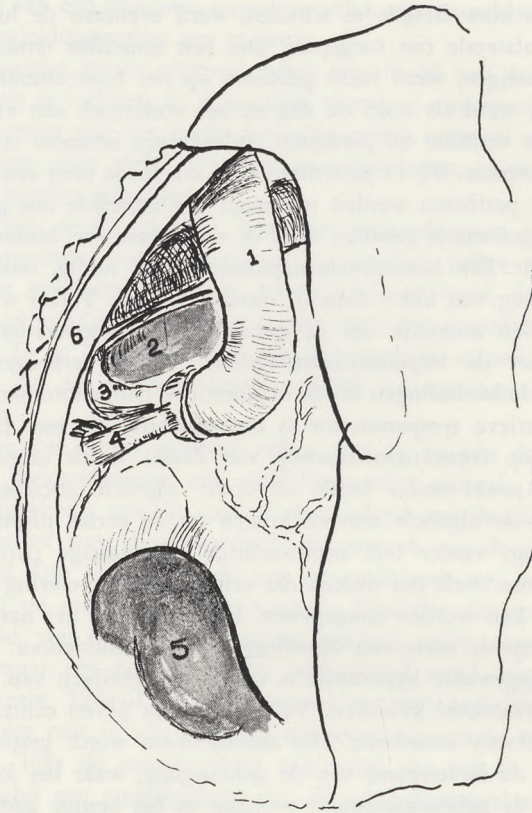


Fig. 9. Anatomie trommelholte. 1. Lange been aambeeld; 2. voetplaat stijgbeugel; 3. achterste been stijgbeugel; 4. pees musculus stapedius; 5. rondevensteris; 6. chorda tympani.

De gegevens, die bij het impedantieomslagonderzoek werden verkregen en de operatieve bevindingen zijn in een tabel aangegeven.

Patiënt	Geslacht	Leeftijd in jaren	Oor	Gemiddeld aantal db verlies bij 500, 1000 en 2000 Hz		Impedantie- * omslagonderzoek		Bevindingen bij de exploratieve tympanotomie
				Lucht- geleiding	Been- geleiding	Musculus stapedius reflex	Musculus tensor tympani reflex	
1	v	25	l	70	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	50	20	—	+	
2	m	62	l	55	20	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
3	v	40	r	50	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
4	m	24	r	50	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
5	v	49	r	45	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
6	m	45	l	45	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie crura gebroken; stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	50	15	+	++	
7	v	22	r	35	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
8	m	22	r	60	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
9	v	13	r	80	20	—	—	geen aanbeeld; geen stijgbeugel
10	m	55	l	70	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
11	v	51	r	65	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
12	v	27	r	50	10	+	+	geen afwijkingen
13	v	16	r	65	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie fibreuze verbinding tussen aanbeeld en stijgbeugel; stijgbeugelvoetplaatfixatie
		17	r	65	15	—	+	
14	v	18	r	60	10	—	—	tympanosclerose rond aanbeeld en stijgbeugel
15	v	35	r	90	50	—	—	benige afsluiting van ronde venster; adhesies in trommelholte
16	v	51	r	65	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
17	m	40	l	55	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
18	v	24	l	55	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
19	m	7	l	30	0	—	—	lijmoor
20	m	17	l	50	5	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	50	5	—	—	
21	v	33	l	80	40	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
		34	r	80	30	—	+	

* reflex aanwezig: +, reflex afwezig: —, hoge reflex: ++.

Patiënt	Geslacht	Leeftijd in jaren	Oor	Gemiddeld aantal db verlies bij 500, 1000 en 2000 Hz		Impedantie- omslagonderzoek		Bevindingen bij de exploratieve tympanotomie
				Lucht- geleiding	Been- geleiding	Musculus stapedius reflex	Musculus tensor tympani reflex	
22	v	25	r	50	5	—	—	geen aanbeeld; adhesies in trommelholte
23	m	33	l	50	0	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	50	0	—	+	
24	m	10	l	60	0	—	—	geen aanbeeld
25	m	10	r	50	10	—	—	fibreuze verbinding tussen aanbeeld en stijgbeugel; adhesies in koepelholte
26	v	17	r	45	10	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
27	v	25	l	40	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie; adhesies in trommelholte
28	v	15	l	45	10	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
			l	60	10	—	+	
29	m	7	l	45	—5	—	—	geen aanbeeld
30	v	37	r	65	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
31	m	38	l	70	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
32	m	26	l	70	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie; adhesies in trommelholte
33	v	61	l	60	30	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
34	v	42	l	60	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
35	v	24	r	55	20	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
36	v	24	r	40	5	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie; adhesies in trommelholte
37	v	39	l	55	30	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
38	v	37	r	60	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
39	v	59	r	60	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie onderbreking van aanbeeldstijgbeugelgewricht; stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	70	25	—	++	
40	m	51	r	70	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
		52	l	80	25	—	+	
41	v	31	r	40	0	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
			l	45	5	—	+	

Patiënt	Geslacht	Leeftijd in jaren	Oor	Gemiddeld aantal db verlies bij 500, 1000 en 2000 Hz		Impedantie- omslagonderzoek		Bevindingen bij de exploratieve tympanotomie
				Lucht- geleiding	Been- geleiding	Musculus stapedius reflex	Musculus tensor tympani reflex	
42	m	13	l	35	5	—	—	fibreuse verbinding tussen aanbeeld en stijgbeugel
43	v	35	l l	70 60	15 20	— —	— —	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie; adhesies in trommelholte
44	v	35 36	r l	60 45	15 15	— —	— —	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
45	m	38	r	45	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
46	m	32	l	40	20	—	++	stijgbeugelvoetplaatfixatie
47	m	21	l r	50 50	15 15	— —	— —	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
48	v	52	r	70	30	—	—	lijmoor
49	v	27	l	70	30	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
50	m	30	r	60	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
51	m	30	r	50	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
52	m	30	l	55	25	+	++	crura gebroken; stijgbeugelvoetplaatfixatie
53	m	55	r l	50 45	15 15	— —	— —	stijgbeugelvoetplaatfixatie stijgbeugelvoetplaatfixatie
54	m	43	l	70	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
55	v	51	l	75	25	+	+	benige afsluiting van ronde venster
56	m	7	l	35	0	—	—	lijmoor
57	v	29	r	40	0	—	—	onderbreking van aanbeeldstijgbeugelgewricht door luxatie van aanbeeld; aanbeeld en hamer omgeven door adhesies
58	v	42	l	55	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
59	v	15	l	40	10	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
60	m	33	l	55	5	—	—	adhesies rond stijgbeugel („peristapedial tent”)
61	m	15	l	45	5	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie

Patiënt	Geslacht	Leeftijd in jaren	Oor	Gemiddeld aantal db verlies bij 500, 1000 en 2000 Hz		Impedantie- omslagonderzoek		Bevindingen bij de exploratieve tympanotomie
				Lucht- geleiding	Been- geleiding	Musculus stapedius reflex	Musculus tensor tympani reflex	
62	v	68	l	60	20	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
63	m	37	r	50	20	+	++	crura gebroken; stijgbeugelvoetplaatfixatie
64	m	36	r	50	15	—	++	onderbreking van aanbeeldstijgbeugelgewricht door luxatie van aanbeeld
65	v	52	r	50	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
66	v	57	l	65	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
67	m	38	l	50	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
68	v	28	r	60	10	—	++	geen aanbeeld
69	m	22	r	45	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
70	v	41	l	75	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
71	v	17	r	60	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
72	m	20	r	60	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
73	v	44	l	55	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
74	m	50	l	55	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
		51	r	45	25	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
75	v	50	l	60	20	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
76	v	24	r	45	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
77	v	49	l	45	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
78	m	27	r	40	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
			l	40	10	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
79	m	26	l	65	15	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie
80	v	35	r	60	15	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
81	v	39	r	50	25	—	—	stijgbeugelvoetplaatfixatie; adhesies in trommelholte
82	v	32	l	60	5	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
			r	55	10	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie
83	v	39	r	40	20	—	+	stijgbeugelvoetplaatfixatie

Uit de tabel blijkt, dat de onderzochte gevallen zich wat de resultaten van het impedantieonderzoek betreft, in vier groepen laten verdelen.

1. Musculus stapedius reflex aanwezig.
2. Musculus stapedius reflex afwezig.
Musculus tensor tympani reflex aanwezig.
3. Musculus stapedius reflex afwezig.
Musculus tensor tympani reflex afwezig.
4. Musculus stapedius reflex afwezig.
Hoge musculus tensor tympani reflex aanwezig.

1. Musculus stapedius reflex aanwezig.

Totaal was het in vijf van de bij dit onderzoek betrokken gevallen mogelijk, om een musculus stapedius reflex op te wekken. Aangezien ook in deze vijf gevallen met de toon- en spraakaudiometrie een geleidingshardhorendheid was gevonden, zou men geen musculus stapedius reflex mogen verwachten. De beschrijving van deze patiënten geeft een nadere verklaring.

Geval 12.

Deze patiënte, 27 jaar oud, had sedert een jaar klachten over een verminderd gehoor rechts. De hardhorendheid zou in aansluiting aan een bevalling zijn toegenomen. Van jongsaf bestond reeds suizen in het rechteroor. Tevens deden zich aanvallen van duizeligheid voor, waarbij braken optrad. De vader en drie broers van patiënte waren hardhorend. Verder waren er in de anamnese geen aanknopingspunten. Bij het spiegelonderzoek werden aan de trommelvliezen geen afwijkingen gevonden. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden een normale pneumatisatie; de cellen waren helder. De proef van Gellé viel beiderzijds normaal uit. Het toonaudiogram gaf in het rechter oor een geleidingshardhorendheid aan van 40 db in de spraakzone; links was het gehoor normaal. De lateralisatie was bij alle frequenties naar het rechter oor gericht. Het spraakaudiogram wees eveneens op het bestaan van een geleidingsverlies rechts. Bij het onderzoek met de impedantieomslagmeter was echter in het rechter oor een musculus stapedius reflex op te wekken. De musculus tensor tympani reflex was eveneens aanwezig en normaal van grootte. Tijdens de exploratieve tympanotomie werden geen afwijkingen gevonden. Het toon- en spraakaudiogram toonden post-operatief geen verandering. De musculus stapedius reflex en de musculus tensor tympani reflex bleven aanwezig.

In dit geval gaven het toon- en spraakaudiogram blijkbaar bedrieglijke resultaten. De aanwezigheid van de musculus stapedius reflex, geconstateerd bij het impedantieonderzoek, gaf op de juiste wijze het ontbreken van een geleidingsstoornis aan.

Geval 52.

Deze patiënt, 30 jaar oud, had reeds enkele jaren een geleidelijk toenemende hardhorendheid in beide oren. Tevens bestond er oorsuizen beiderzijds. In 1961 onderging patiënt een exploratie aan het linker oor (geleidingsverlies van 40 db),

waarbij een stijgbeugelvoetplaatfixatie werd gevonden. Na een mobilisatie van de stijgbeugel volgens Rosen was een kortdurende gehoorsverbetering verkregen. Bij het spiegelonderzoek werden, behalve een litteken in het achterbovenkwadrant van het linker trommelvlies, geen afwijkingen gevonden. Op de Röntgenopnamen van de rotsbeenderen was een ruime pneumatisatie te zien; de cellen waren helder. Het toonaudiogram gaf voor beide oren een gemengd gehoorsverlies met een duidelijke geleidingscomponent van 30 db in het spraakgebied aan. Het spraakaudiogram wees ook op een geleidingsverlies. De proef van Gellé viel beiderzijds pathologisch uit. In het linker oor was echter een musculus stapedius reflex aan te tonen. De impedantieomslag ten gevolge van de musculus tensor tympani reflex was groter dan normaal. Bij de exploratieve tympanotomie bleken beide crura gebroken te zijn. De voetplaat was sterk verdikt en gefixeerd. Er werd een interpositie volgens Shea verricht.

De combinatie van een musculus stapedius reflex met een hoge musculus tensor tympani reflex werd nog in twee gevallen gezien (6 en 63). Ook bij deze patiënten was reeds tevoren een exploratie verricht, waarbij men had getracht een mobilisatie van een gefixeerde stijgbeugel te verkrijgen. Ook hier bleek bij een hernieuwde exploratie, dat de crura waren gebroken. Hier moet nog worden vermeld, dat deze patiënten niet in staat waren om willekeurig een intra-aurale spierreflex op te wekken.

In deze drie gevallen gaf de hoge musculus tensor tympani reflex een abnormaal grote beweeglijkheid van de hamer ten gevolge van een onderbreking van de gehoorbeentjesketen aan. De aanwezigheid van de musculus stapedius reflex is te verklaren, doordat de onderbreking van de keten centraal ten opzichte van het aangrijppingspunt van de spier ligt. Een contractie kan dan toch een impedantieverandering geven, hoewel er een geleidingsstoornis bestaat.

Geval 55.

Deze patiënte, 51 jaar oud, maakte 30 jaar tevoren een middenoorontsteking in het linker oor door. Het gehoor bleef slecht en het oor bleef suizen. In 1954 kreeg patiënte een hersenschudding. Dit zou geen invloed op het gehoor hebben gehad. Bij het spiegelonderzoek was links een sclerotische rand in het trommelvlies te zien. Het trommelvlies en de hamersteel waren goed beweeglijk. Op de Röntgenopname van het linker rotsbeen was een geremde pneumatisatie zichtbaar; de cellen waren helder. Het toonaudiogram toonde voor het linker oor een gemengd gehoorsverlies met een geleidingscomponent van 50 db in de spraakzone; boven de 2000 Hz bestond een volledige uitval. Het spraakaudiogram gaf een discriminatieverlies van 20 % voor dit oor aan. In het linker oor was echter een musculus stapedius reflex aan te tonen. De musculus tensor tympani reflex was eveneens aanwezig en normaal van grootte. Bij de exploratie werd als enige afwijking in de trommelholte een benige afsluiting van het ronde venster gevonden.

De aanwezigheid van de musculus stapedius reflex is te verklaren uit het volledig intact zijn van het geleidingsapparaat. Een contractie van de musculus stapedius kan hier ongehinderd een impedantieverandering

geven. In nog een geval (15) werd een benige afsluiting van het ronde venster gevonden. Naast deze afsluiting waren adhesies in de trommelholte aanwezig. De afwezigheid van de musculus stapedius reflex en de musculus tensor tympani reflex is te verklaren door de fixatie van de keten, die door de adhesies werd veroorzaakt.

2. Musculus stapedius reflex afwezig.

Musculus tensor tympani reflex aanwezig.

Deze groep, waarbij geen musculus stapedius reflex, maar wel een musculus tensor tympani reflex aangetoond kon worden, bestaat uit 47 gevallen. De grootte van de musculus tensor tympani reflex wisselde van laag tot normaal. Het gemiddelde geleidingsverlies in de spraakzone varieerde van 20 tot 55 db, met een gemiddelde geleidingscomponent van 38 db. Bij de exploratieve tympanotomie werd als enige afwijking een stijgbeugelvoetplaatfixatie gevonden. De fixatie van de stijgbeugel wisselde van licht tot sterk. De stijgbeugelvoetplaatfixatie heeft in deze gevallen dus geen of een nauwelijks merkbare invloed op de beweeglijkheid van de hamer gehad. Dit moet wel verklaard worden door de beweeglijkheid, die tussen de gehoorbeentjes door middel van de gewrichten bestaat. Als voorbeeld zal een patiënte van deze groep worden besproken.

Geval 41.

Deze patiënte, een vrouw van 31 jaar, klaagde sinds enkele jaren over een geleidelijk toenemende hardhorendheid in beide oren en over oorsuizen. De verdere anamnese leverde geen bijzonderheden op. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden een uitgebreide pneumatisatie; de cellen waren helder. De proef van Gellé viel voor beide oren pathologisch uit. Het toon- en spraakaudiogram wezen op een zuivere geleidingshardhorendheid van 40 db in de spraakzone voor beide oren. Beiderzijds was geen musculus stapedius reflex op te wekken; de musculus tensor tympani reflex was normaal. Met een tussentijd van enkele maanden werden beide oren geëxploreerd, waarbij als enige afwijking een stijgbeugelvoetplaatfixatie ten gevolge van otosclerose werd gevonden. De mobilisatie was gemakkelijk. Postoperatief bestond een sluiting van de „air bone gap” en was in beide oren een musculus stapedius reflex en een musculus tensor tympani reflex op te wekken.

Slechts eenmaal deed zich in deze groep een bijkomende bijzonderheid voor: in een oor, waar geen musculus stapedius reflex, maar wel een musculus tensor tympani reflex kon worden opgewekt, werd naast een stijgbeugelvoetplaatfixatie een andere afwijking in de trommelholte gezien, namelijk een fibreuze verbinding tussen het aanbeeld en de stijgbeugel. Het betrof

Geval 13.

Bij patiënte, 16 jaar oud, was op haar 6e jaar voor het eerst een hardhorendheid bemerkt. Beide oren suïden. De verdere anamnese leverde geen bijzonderheden op. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden een ruime pneumatisatie; de cellen waren helder. De proef van Gellé viel beiderzijds normaal uit. Het toonaudiogram gaf een geleidingsverlies voor beide oren aan, rechts van 50 db, links van 40 db in de spraakzone. In beide oren was geen musculus stapedius reflex en geen musculus tensor tympani reflex te registreren. In mei 1962 werd rechts een exploratieve tympanotomie gedaan, waarbij een stijgbeugelvoetplaatfixatie werd gevonden. Een mobilisatie volgens Rosen volgde. Vier weken na de operatie waren beide reflexen niet op te wekken. Na enkele maanden bleek het gehoor rechts weer op hetzelfde niveau te liggen als voor de operatie. De musculus tensor tympani reflex was nu echter wel aan te tonen. De combinatie van de achteruitgang van het gehoor met het verschijnen van een musculus tensor tympani reflex was niet direct te verklaren. De mogelijkheid van een onderbreking der keten werd overwogen. In november 1962 werd wederom een exploratie van het rechter oor verricht. Het lange been van het aanbeeld bleek atrofisch en de verbinding tussen het aanbeeld en de stijgbeugel bestond uit een bindweefselstreng. De stijgbeugelvoetplaat was verdikt en gefixeerd. Er werd een interpositie volgens Shea verricht. Drie weken later bleek de geleidingscomponent rechts geheel opgeheven. De musculus tensor tympani reflex was aanwezig.

De afwezigheid van de musculus stapedius reflex samen met de aanwezigheid van een normale musculus tensor tympani reflex werd, op één uitzondering na (het hierboven besproken geval 13), slechts gezien in die gevallen, waar de geleidingsstoornis alleen door een stijgbeugelvoetplaatfixatie werd veroorzaakt. Deze combinatie mag als een aanwijzing worden beschouwd voor het bestaan van een zuivere stijgbeugelvoetplaatfixatie.

3. Musculus stapedius reflex afwezig.
Musculus tensor tympani reflex afwezig.

Deze groep, waarbij noch een musculus stapedius reflex, noch een musculus tensor tympani reflex kon worden aangetoond, bestaat uit 44 gevallen. Deze vallen naar gelang de bevindingen bij de exploratie weer in drie groepen uiteen.

- a. Een stijgbeugelvoetplaatfixatie als enige afwijking in het middenoor (26 gevallen).
- b. Een stijgbeugelvoetplaatfixatie naast andere afwijkingen in het middenoor (5 gevallen).
- c. Andere afwijkingen in het middenoor dan een stijgbeugelvoetplaatfixatie (13 gevallen).

ad 3a.

In 26 gevallen werd als enige afwijking een stijgbeugelvoetplaatfixatie gevonden. De fixatie varieerde van licht tot sterk. Het gemiddelde pre-

operatieve geleidingsverlies in de spraakzone wisselde van 30 tot 55 db, met een gemiddelde geleidingscomponent van 39 db. Er bestond geen significant verschil wat betreft de grootte van het gehoorsverlies en de mate van fixatie ten opzichte van de gevallen, die bij groep 2 werden besproken. De vraag rijst of een zuivere stijgbeugelvoetplaatfixatie de beweeglijkheid van de hamer zodanig kan belemmeren, dat een contractie van de musculus tensor tympani geen meetbare impedantieverandering geeft. Echter moet ook met de mogelijkheid van een inactiviteitsatrofie van de spier rekening worden gehouden. Verder kan men veronderstellen, dat de inspectie van het geleidingssysteem onvolledig is geweest. Het postoperatieve onderzoek, dat bij 20 patiënten van deze groep werd verricht, geeft hier meer opheldering.

Na de exploratie, waarbij een mobilisatie of interpositie werd gedaan, zag men in 15 gevallen een sluiting van de „air bone gap” in het toonaudiogram. Men mag aannemen, dat in deze gevallen het geleidingssysteem naast de stijgbeugelvoetplaatfixatie geen andere afwijkingen vertoonde. De veronderstelling, dat de inspectie van het geleidingssysteem onvoldoende is geweest en dat verdere afwijkingen onopgemerkt zijn gebleven, is niet aannemelijk. De sluiting van de „air bone gap” kon, na een mobilisatie volgens Rosen, worden bevestigd door de aanwezigheid van een musculus stapedius reflex. Na een interpositie, waarbij de pees van de musculus stapedius werd doorsneden, was deze reflex uiteraard niet meer op te wekken. Verder was in 13 van de 20 gevallen, 10 dagen na de operatie wel een musculus tensor tympani reflex op te wekken. Hierbij kan de verklaring, dat een inactiviteitsatrofie de oorzaak is van het preoperatief niet kunnen opwekken van een reflex, niet gelden. In 3 gevallen was de musculus tensor tympani reflex bij de eerste postoperatieve controle (na circa 10 dagen) niet, doch enige weken later wel op te wekken. De aanwezigheid van transsudaat, bloed of perilymfe in de trommelholte, welke geleidelijk wordt geresorbeerd, kan hiervoor verantwoordelijk worden gesteld. Deze patiënten gaven ook gedurende enige tijd na de operatie een vol gevoel in het oor aan. Bij het verdwijnen van deze klacht toonden het toon- en spraakaudiogram een verbetering. In 4 gevallen was echter ook postoperatief geen musculus tensor tympani reflex op te wekken, terwijl het gehoor toch goed verbeterd was. De oorzaak hiervan is niet duidelijk. De vraag, of het niet kunnen opwekken van een musculus tensor tympani reflex in deze gevallen veroorzaakt wordt door een fixatie van de hamer of door een inactiviteitsatrofie van de spier, kon niet worden opgelost. Mogelijk zou een meer volledige exploratie van het geleidingssysteem (opening van de koepelholte) opheldering hebben gegeven. Van deze groep zullen ter verduidelijking twee gevallen worden besproken.

Geval 11.

Deze patiënte, 51 jaar oud, werd voor het eerst gezien in begin 1962. Patiënte was na 1938 geleidelijk hardhorend geworden, eerst rechts, daarna links. De verdere anamnese leverde geen bijzonderheden op. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gezien. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden een ruime pneumatisatie; de cellen waren helder. De proef van Gellé viel beiderzijds pathologisch uit. Het toonaudiogram gaf een gemengd gehoorsverlies aan, links van 45 db, rechts van 65 db. Rechts bestond een geleidingscomponent van circa 40 db. Het spraakaudiogram toonde voor het rechter oor een discriminatieverlies van 20 %. In het rechter oor was geen musculus stapedius reflex, maar wel een musculus tensor tympani reflex aan te tonen. Een half jaar later toonde het audiogram geen wijziging. De musculus tensor tympani reflex was rechts echter niet meer op te wekken. Er werd een exploratie van de rechter trommelholte verricht, waarbij een stijgbeugelvoetplaatfixatie werd gevonden, welke gemakkelijk kon worden opgeheven. Acht dagen na de operatie waren beide reflexen weer op te wekken.

In zoverre was dit geval van bijzondere betekenis, omdat de musculus tensor tympani reflex een half jaar na het eerste onderzoek niet meer was aan te tonen. De oorzaak hiervan is niet duidelijk geworden. Als enige afwijking werd een stijgbeugelvoetplaatfixatie gevonden. Het volledige herstel van het geleidingsmechanisme na de exploratie bleek uit de sluiting van de „air bone gap” en uit de aanwezigheid van de musculus stapedius reflex.

Geval 47.

Deze patiënt, 21 jaar oud, was reeds op zijn 13de jaar slechthorend geworden. In 1961 werd links een operatie volgens Rosen verricht. Een half jaar later werd het linker oor wederom geëxploreerd en er werd een interpositie uitgevoerd. De verdere anamnese leverde geen bijzonderheden op. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gezien. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden een ruime pneumatisatie; de cellen waren helder. Het toonaudiogram gaf een gemengd verlies aan voor het rechter oor van 50 db in de spraakzone. Het spraakaudiogram toonde eveneens dit verlies aan. In het rechter oor waren beide reflexen niet op te wekken. Bij de exploratie werd een stijgbeugelvoetplaatfixatie gezien. Een interpositie volgens Shea werd uitgevoerd. Tien dagen na de operatie was rechts geen musculus tensor tympani reflex aan te tonen. De patiënt gaf een vol gevoel in het oor aan. Twee weken later was dit gevoel verdwenen; de musculus tensor tympani reflex was nu wel op te wekken. Er bestond nog een geleidingsverlies van 10 db in de spraakzone.

Blijkbaar was de aanwezigheid van transsudaat, bloed of perilymfe in de trommelholte de oorzaak van het volle gevoel in het oor en het uitblijven van een musculus tensor tympani reflex na de exploratie.

ad 3b.

Deze groep bestaat uit 5 gevallen (27, 32, 36, 43 en 81). Bij de exploratieve tympanotomie werden, naast een stijgbeugelvoetplaatfixatie, adhesies in de trommelholte aangetroffen. Hierdoor werd de beweeglijkheid van de hamer beperkt. Het uitblijven van een musculus tensor tympani reflex is dan ook niet verwonderlijk. Een van deze gevallen zal worden besproken.

Geval 36.

Bij deze patiënte, 24 jaar oud, werd in 1958 in beide oren een stijgbeugel-mobilisatie volgens Rosen verricht. Het gehoor was na deze operatie weer geleidelijk slechter geworden. Het oorsuizen was blijven bestaan. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. De proef van Gellé viel beiderzijds pathologisch uit. Het toon- en spraakaudiogram wezen op een geleidingshardhorendheid van 35 db in het spraakgebied voor beide oren. In het rechter oor waren beide reflexen niet op te wekken. Bij de exploratie werden, naast een stijgbeugelvoetplaatfixatie, adhesies in de trommelholte aangetroffen. Er werd een interpositie volgens Shea verricht. De adhesies werden opgeheven. Tien dagen na de operatie was de musculus tensor tympani reflex weer op te wekken.

ad 3c.

Bij deze groep, die uit 13 gevallen bestaat, werden tijdens de exploratieve tympanotomie verschillende afwijkingen gevonden, maar geen stijgbeugelvoetplaatfixatie. In al deze gevallen ontbraken beide reflexen. De afwezigheid van de musculus stapedius reflex gaf steeds objectief het bestaan van een geleidingsstoornis aan. Voor de verschillende gevallen zal moeten worden nagegaan of de gevonden afwijkingen een verklaring kunnen geven voor de afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex.

In drie gevallen (19, 48, 56) bleek bij de exploratie, dat de trommelholte met taai slijm was gevuld (lijmvoor). De slijmmassa in de trommelholte hinderde de beweeglijkheid van de keten blijkbaar zodanig, dat beide intra-aurale spierreflexen niet waren aan te tonen.

Geval 48.

Deze vrouw van 52 jaar zou reeds 20 jaar last hebben van een recidiverende middenoorontsteking rechts. Bij het spiegelonderzoek werd beiderzijds een intact trommelvlies gevonden. Het rechter trommelvlies bleek minder beweeglijk. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen gaven een geremde pneumatisatie te zien. Rechts waren de cellen niet helder. Het toonaudiogram gaf voor het rechter oor een verlies aan van 70 db (geleidingscomponent 40 db) in het spraakgebied. In het rechter oor ontbraken beide reflexen. Bij de exploratie bleek de gehele trommelholte gevuld te zijn met een taai slijmmassa. Deze werd verwijderd. Verder waren enkele adhesies bij de ronde vensternis te zien. Van een afsluiting was echter geen sprake. Twee weken na de operatie bleek nog slechts een geleidingsverlies van 10db te bestaan. Terwijl een reflex van de musculus stapedius ook nu niet was te registreren, was de musculus tensor tympani reflex wel aanwezig.

In drie gevallen (22, 24, 29) bleek bij de exploratie, dat het aanbeeld ontbrak. Als voorbeeld moge een geval worden vermeld.

Geval 29.

Deze jongen van 7 jaar maakte als zuigeling een middenoorontsteking door, waarvoor beiderzijds een mastoïdectomie moest worden verricht. Bij het spiegelonderzoek werden doffe, beweeglijke trommelvliezen gevonden. Het toonaudiogram gaf voor beide oren een geleidingsverlies aan van 50db. Zowel in het rechter als in het linker oor ontbraken beide reflexen. Bij de exploratie van het linker oor werd geen aanbeeld gezien. De trommelholte was, voor zover te overzien, gaaf. Door middel van een myringostapedioplexie werd een verbinding in het geleidingsstelsel tot stand gebracht.

In deze gevallen van een totale onderbreking van de keten, zou men juist een hoge musculus tensor tympani reflex mogen verwachten. Als enige bijzonderheid kan hier worden vermeld, dat deze drie gevallen als een resttoestand na een middenoorontsteking moeten worden beschouwd. Mogelijk zijn door het ontstekingsproces toch veranderingen rond de hamer opgetreden, waardoor de bewegingen worden verhinderd. Aangezien de koepelholte niet werd geïnspecteerd was een bevestiging hiervan niet mogelijk. Een totale onderbreking van de gehoorbeentjesketen werd in nog een tot deze groep behorend geval (57) gevonden.

Deze 29-jarige patiënte was een half jaar tevoren bij een bromfietsongeval betrokken, waarbij zij een schedelbasisfractuur opliep met een bloeding uit het rechter oor. Tevens bestond er een perifere facialisparalyse aan de rechter kant. Bij het spiegelonderzoek was beiderzijds een normaal trommelvlies te zien. Rechts was in de achterwand van de gehoorgang, vlak voor het trommelvlies een litteken zichtbaar. De perifere facialisparalyse was nog aanwezig. Op de rotsbeenfoto's was rechts een fractuurlijn te zien. De pneumatisatie was normaal. De cellen waren helder. Het audiogram toonde een geleidingsverlies van 40 db voor het rechter oor. Links was het gehoor normaal; er bestond alleen een perceptieverlies van 20 db bij de 4000 Hz. De musculus stapedius reflex was rechts niet op te wekken. Dit gaf weinig aanknopingspunten omtrent de localisatie van een lesie van de nervus facialis, aangezien in het rechter oor een geleidingsverlies aanwezig was. De musculus tensor tympani reflex was eveneens afwezig. Het vermoeden van een luxatie van de gehoorbeentjesketen werd door deze vondst niet versterkt. Er werd een decompressie van de nervus facialis verricht. Deze was in het verticale verloop sterk gezwollen. Bij de exploratie van het middenoor werd een onderbreking van de gehoorbeentjesketen gevonden. Er bestond een dislocatie van het aanbeeld naar achteren. Zowel de verbinding met de hamer als met de stijgbeugel was verbroken. Het aanbeeld en de hamerkop waren geheel door adhesies omgeven. Het aanbeeld werd verwijderd en de hamer zodanig gebroken, dat de hamerkop op het stijgbeugelkopje kon worden geplaatst.

De afwezigheid van de musculus stapedius reflex kan zowel door het bestaan van de geleidingsstoornis als door de facialisparalyse verklaard worden; de afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex door de adhesies in de koepelholte, met name rond de hamerkop.

In twee gevallen (25, 42) waarbij sprake was van een resttoestand na een middenoorontsteking, bestond een atrofie van het lange been van het aanbeeld. Er was een fibreuse verbinding tussen het aanbeeld en het stijgbeugelkopje zichtbaar. In geval 25 werd ook de koepelholte geïnspecteerd. Deze bleek gevuld met adhesies. De afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex is hier niet verwonderlijk. In geval 42 werd de koepelholte niet geïnspecteerd, zodat geen nadere verklaring voor de afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex werd verkregen. In een geval (14) werd een tympanosclerose van het middenoor gezien. Het aanbeeld, de stijgbeugel en de musculus stapedius waren in het proces betrokken. De afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex kon hierop berusten, maar ook op een aantasting van de spier door het tympanosclerotisch proces. In een ander geval (9) werden

congenitale afwijkingen in het middenoor aangetroffen. Zowel de stijgbeugel als het aanbeeld waren afwezig. Het ovale venster was door een dunne membraan afgedekt. In het cavum tympani waren enkele adhesies aanwezig, die verantwoordelijk mogen worden gesteld voor het uitblijven van een musculus tensor tympani reflex. Van een musculus stapedius reflex kon uiteraard geen sprake zijn. Eenmaal (15) werd een benige afsluiting van het ronde venster gevonden. In de trommelholte waren echter vele adhesies aanwezig, zodat de afwezigheid van de musculus stapedius reflex (zie geval 55) te verklaren was. Ook het uitblijven van de musculus tensor tympani reflex mag aan de aanwezigheid van de adhesies worden toegeschreven. In een geval (60) werden bij de exploratie alleen adhesies gevonden. De bindweefselstrengen verliepen voornamelijk van de ovale vensternis naar het stijgbeugelkopje („peristapedial tent”). De beweeglijkheid van de hamer was echter ook beperkt.

Uit de bevindingen bij deze groep patiënten blijkt, dat het ontbreken van beide reflexen minder gegevens verschaft over de oorzaak van een geleidingshardhorendheid dan de combinatie van een afwezige musculus stapedius reflex en een aanwezige musculus tensor tympani reflex. Terwijl de afwezigheid van de musculus stapedius reflex in alle gevallen objectief het bestaan van een geleidingsstoornis aangaf, gaf de afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex weinig nauwkeurige informatie. Als oorzaak van de geleidingsstoornis werden namelijk verschillende afwijkingen in de trommelholte gezien, zoals stijgbeugelvoetplaatfixatie, adhesies, slijm, algehele of gedeeltelijke onderbreking van de gehoorbeentjesketen, tympanosclerosis, congenitale afwijkingen en combinaties hiervan. De afwezigheid van de musculus tensor tympani reflex wijst echter op een bewegingsbeperking in het perifere gedeelte van de gehoorbeentjesketen, zodat bij de exploratieve tympanotomie een nauwkeurige inspectie van dit gedeelte van de keten, ook bij het vinden van een stijgbeugelvoetplaatfixatie, aangewezen is. Daarentegen mag men bij de aanwezigheid van een normale musculus tensor tympani reflex aannemen, dat het perifere gedeelte van de keten goed functioneert.

4. Musculus stapedius reflex afwezig.

Hoge musculus tensor tympani reflex aanwezig.

Uit de tabel blijkt, dat totaal in zeven oren een hoge musculus tensor tympani reflex opgewekt kon worden. Bij drie van deze gevallen (6, 52, 63) was ook de musculus stapedius reflex aanwezig. Daarbij bleek een fractuur van de beide crura te bestaan. Deze patiënten werden bij groep 1 besproken. Viermaal werd de combinatie van een negatieve musculus stapedius reflex en een hoge musculus tensor tympani reflex gevonden.

Geval 39.

Bij deze patiënte, 59 jaar oud, was van haar 17e jaar af geleidelijk een hardhorendheid ontstaan. Tevens klaagde patiënte over heftig oorsuizen en af en toe was zij duizelig. In de familie kwam eveneens hardhorendheid voor. De verdere anamnese leverde geen bijzonderheden op. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. Op de Röntgenopnamen van de rotsbeenderen was een normale pneumatisatie te zien. Het toonaudiogram gaf beiderzijds een geleidingsverlies aan van 45 db in de spraakzone. Er bestond een „Carhart notch” in de beengeleidingscurve. In beide oren was de musculus stapedius reflex afwezig en de musculus tensor tympani reflex aanwezig. Het rechter oor werd geëxploreerd, waarbij een stijgbeugelvoetplaatfixatie werd gevonden. Er werd een mobilisatie volgens Rosen verricht. De stijgbeugel kwam goed los. Postoperatief bestond er een geringe gehoorsverbetering. Enkele maanden later lag het luchtgeleidingsaudiogram onder het preoperatieve niveau. De musculus stapedius reflex was ook nu afwezig maar er bestond een hoge musculus tensor tympani reflex. Bij een hernieuwde exploratie werd een onderbreking van het aanbeeldstijgbeugelgewricht gevonden. Het lange been van het aanbeeld was naar achteren verplaatst. De stijgbeugelvoetplaat was wederom gefixeerd. Er werd een interpositie volgens Shea verricht. Na deze tweede operatie, waardoor een goede gehoorsverbetering werd verkregen, was de musculus tensor tympani reflex weer normaal van grootte.

Geval 64.

Deze patiënt, 36 jaar oud, kreeg in 1953 een schedeltrauma, waarbij een schedelbasisfractuur ontstond met een bloeding uit het rechter oor. Direct na het ongeval was het gehoor rechts verminderd. Deze hardhorendheid is enkele jaren onveranderd blijven bestaan. Bij het spiegelonderzoek werden geen afwijkingen gevonden. De beweeglijkheid van de hamer leek beiderzijds normaal. Het toonaudiogram gaf rechts een geleidingsverlies aan van 35 db voor de frequenties onder de 2000 Hz. Verder bestond er een sterk perceptief verlies voor de hoge tonen in beide oren. De musculus stapedius reflex was rechts afwezig. De impedantieverandering ten gevolge van de musculus tensor tympani reflex was zeer groot. Patiënt was niet in staat om de musculus tensor tympani willekeurig te contraheren. Een jaar later werd de patiënt nogmaals onderzocht. Het toonaudiogram was gelijk gebleven; de bevindingen bij het impedantieonderzoek waren eveneens onveranderd. Bij de exploratieve tympanotomie werd een onderbreking van de gehoorbeentjesketen gevonden. Er bestond een luxatie in het incudostapediale gewricht. Het lange been van het aanbeeld was naar achteren verplaatst. De processus lenticularis was afwezig. Door een repositie van het lange been van het aanbeeld op het stijgbeugelkopje kon de verbinding in de keten worden hersteld. Postoperatief bestond nog een geleidingsverlies van 10 db. De musculus stapedius reflex was afwezig. De musculus tensor tympani reflex was wel aan te tonen, maar deze was nu normaal van grootte.

Geval 68.

Deze patiënte van 28 jaar viel in 1958 van een trap, waarbij zij een hersenschudding opliep. Er zou bloed uit het rechter oor zijn gekomen. Na het ongeval werd rechts een sterk gehoorsverlies opgemerkt, dat onveranderd is blijven bestaan. Tevens klaagde patiënte over duizeligheid bij draaien van het hoofd. Bij het spiegelonderzoek werd rechts een wat streperig trommelvlies gevonden. Het trommelvlies en de hamersteel leken normaal beweeglijk. Verder werden geen afwijkingen gezien. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen leverden geen bijzonderheden op. Het toonaudiogram gaf een vlak geleidingsverlies van 60db aan voor het rechter oor. Het spraakaudiogram toonde rechts een discriminatieverlies van 20 % met recruitment. In het rechter oor was geen musculus stapedius reflex op te wekken. De musculus tensor tympani reflex was zeer hoog. Patiënte

was niet in staat om de musculus tensor tympani willekeurig te contraheren. Bij de exploratie werd een onderbreking van de gehoorbeentjesketen gevonden. Het lange been van het aanbeeld was niet te zien. De stijgbeugel was gaaf. Er werd een polytheen prothese geplaatst tussen het stijgbeugelkopje en de hamersteel. Twee weken na de operatie gaf het toonaudiogram nog slechts een geleidingsverlies van 5 db aan. De musculus stapedius reflex was afwezig; de musculus tensor tympani reflex was aanwezig en normaal van grootte.

In deze drie gevallen gaf de hoge musculus tensor tympani reflex een abnormale beweeglijkheid van de hamer tengevolge van een onderbreking in de gehoorbeentjesketen aan.

In nog een geval werd de combinatie van de afwezigheid van de musculus stapedius reflex met de aanwezigheid van een hoge musculus tensor tympani reflex gevonden.

Geval 46.

Deze patiënt, 32 jaar oud, had sinds zijn twaalfde jaar last van hardhorendheid in beide oren. De laatste tien jaar zou de hardhorendheid niet verergerd zijn. Bij het spiegelonderzoek werden beiderzijds atrofische trommelvliezen gevonden. Achter de trommelvliezen was ter hoogte van het promontorium een rode verkleuring te zien. De Röntgenopnamen van de rotsbeenderen toonden geen afwijkingen. Het toonaudiogram gaf beiderzijds een gemengd gehoorsverlies aan van 40 db met een geleidingscomponent van 20 db. In beide oren was geen musculus stapedius reflex, maar wel een hoge musculus tensor tympani reflex op te wekken. Bij de exploratie van het linker oor werd een sterke stijgbeugelvoetplaatfixatie gevonden. De rest van de keten was intact. Er werd een interpositie volgens Shea verricht.

Bij het vinden van een hoge musculus tensor tympani reflex zou men een onderbreking van de keten verwachten. Deze bleek echter niet te bestaan. Als bijzonderheid moet echter worden vermeld, dat deze patiënt in staat was om willekeurig de musculus tensor tympani te contraheren. Na de exploratie, waarbij een interpositie met een doorsnijding van de musculus stapedius pees werd verricht, was de musculus tensor tympani reflex niet meer op te wekken, waarschijnlijk door de aanwezigheid van vocht in de trommelholte. Een willekeurige contractie gaf echter wel degelijk een impedantieverandering, hoewel minder sterk dan voor de operatie. Hieruit werd opgemaakt, hetgeen reeds bij proefpersonen was gezien, dat een willekeurige contractie van de musculus tensor tympani krachtiger is en een grotere impedantieverandering geeft, dan een reflexcontractie. Daarbij komt nog, dat de reflexcontractie bij personen, die willekeurig hun musculus tensor tympani kunnen samentrekken, toch reeds sterker is dan bij personen, die dat niet kunnen. Bij de beoordeling van de bevindingen bij het impedantieonderzoek zal men hiermede rekening dienen te houden.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het doel van dit onderzoek was, om de waarde van het impedantieonderzoek voor de diagnostiek van de geleidingshardhorendheid die voor een exploratieve tympanotomie in aanmerking komt, na te gaan. Hiertoe werden de preoperatieve resultaten die met de impedantiemeter waren verkregen, vergeleken met de operatieve bevindingen.

In hoofdstuk I worden de anatomie en de ontwikkeling van die onderdelen van het middenoor vermeld, die voor een bespreking van de fysiologie en de pathologie van het geleidingsstelsel en van de diagnostiek der geleidingshardhorendheid van belang zijn. De fysiologie van het middenoor wordt in hoofdstuk II behandeld. Meer uitgebreid wordt ingegaan op de reflexcontracties van de middenoorspiertjes en op de mechanische invloed, die deze spiertjes op de gehoorbeentjesketen uitoefenen. De verschillende theorieën die over de functie van de spiertjes bestaan, worden genoemd. In hoofdstuk III komt de pathologie van het middenoor aan de orde. De kennis van de afwijkingen die het geleidingsstelsel in zijn functie belemmeren, is voor de beoordeling van het impedantieonderzoek noodzakelijk. Op de diagnostiek van de geleidingshardhorendheid wordt in hoofdstuk IV ingegaan. Op de mogelijkheden en op de beperkingen van de meest gebruikte onderzoeksmethoden wordt gewezen. Hierbij blijkt, dat de grootte en de aard van het gehoorsverlies in de meeste gevallen wel is te bepalen. Het objectief aantonen of uitsluiten van een geleidingsverlies is met de genoemde methoden echter niet mogelijk. De oorzaak van het gehoorsverlies kan slechts worden vermoed.

Het impedantieonderzoek en vooral het impedantieomslagonderzoek van het middenoor, welke in hoofdstuk V wordt besproken, schept meer mogelijkheden. Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de impedantieveranderingen, die optreden door reflexcontracties van de musculus stapedius en de musculus tensor tympani, welke beide op de gehoorbeentjesketen aangrijpen. Deze reflexcontracties kunnen op verschillende wijzen worden opgewekt. Een bilaterale reflex van de musculus stapedius treedt op bij akoestische stimulatie en bij luchtblazing op het oor. Een homolaterale musculus stapedius reflex ontstaat bij elektrische prikkeling van de gehoorgangwand. Een monolaterale reflex van de musculus tensor tympani wordt verkregen door luchtblazing op de homolaterale oogstreek. Bij onze onderzoekingen wordt gebruik gemaakt van een elektro-akoestische impedantiemeter. Door speciale voor-

zeningen is het mogelijk om ook van de elektrocutane reflex en van de luchtblazingsreflexen gebruik te maken.

Het impedantieonderzoek, waarbij de aan- of afwezigheid van de musculus stapedius reflex wordt nagegaan, blijkt een zeer gevoelige en objectieve methode te zijn om een geleidingsverlies uit te sluiten of aan te tonen. Hier komt reeds de grote betekenis van deze methode voor de preoperatieve diagnostiek naar voren. Terwijl bij een normaal gehoor of een perceptiehardhorendheid steeds een impedantieomslag ten gevolge van een musculus stapedius reflex wordt gezien, is deze reflex bij een geleidingshardhorendheid afwezig. Met twee uitzonderingen moet rekening worden gehouden. Bij een breuk van beide crura kan, hoewel er een geleidingsverlies bestaat, toch een musculus stapedius reflex worden gevonden. Deze geleidingsstoornis oefent geen fixerende invloed uit ter plaatse of perifeer van de inwerking van de musculus stapedius op de keten. Men mag hier zelfs een grotere beweeglijkheid van het perifere gedeelte van de keten verwachten. Dit zal in een hoge musculus tensor tympani reflex tot uiting kunnen komen. Deze afwijking, die zeldzaam is, komt voor na een operatieve ingreep in het middenoor of na een schedeltrauma. Ook bij een geleidingsverlies ten gevolge van een afsluiting van het ronde venster mag men een musculus stapedius reflex verwachten, aangezien een contractie van de spier ongehinderd een impedantieverandering kan geven.

Wanneer een musculus stapedius reflex kan worden aangetoond, zal men niet tot een tympanotomie hoeven over te gaan, behalve wanneer een breuk van beide stijgbeugelbeentjes kan worden verwacht. Voor de andere hierboven vermelde uitzondering, de benige afsluiting van het ronde venster, bestaat momenteel geen bevredigende therapeutische ingreep, zodat ook hier een exploratie achterwege kan blijven.

Verdere gegevens omtrent de oorzaak van een geleidingshardhorendheid worden verkregen bij het onderzoek naar de musculus tensor tympani reflex. Wanneer geen musculus stapedius reflex maar wel een musculus tensor tympani reflex is aan te tonen, mag als oorzaak van de geleidingshardhorendheid een stijgbeugelvoetplaatfixatie worden aangenomen. Naast deze stijgbeugelvoetplaatfixatie zijn dan geen andere afwijkingen die de gehoorbeentjesketen in zijn functie belemmeren, te verwachten. In gevallen met andere afwijkingen in de trommelholte dan een stijgbeugelvoetplaatfixatie, zoals adhesies en slijm, kan noch een musculus stapedius reflex, noch een musculus tensor tympani reflex worden aangetoond. Als deze afwijkingen naast een stijgbeugelvoetplaatfixatie voorkomen, verkrijgt men dezelfde bevindingen, namelijk geen musculus stapedius reflex en geen musculus tensor tympani reflex. Dat deze beide reflexen afwezig kunnen zijn wanneer als enige afwijking een stijgbeugelvoet-

plaatfixatie bestaat, is eveneens uit dit onderzoek gebleken. Hieruit volgt, dat de aanwezigheid van een musculus tensor tympani reflex van grotere diagnostische betekenis is dan de afwezigheid van genoemde reflex.

Een hoge musculus tensor tympani reflex geeft een onderbreking van de gehoorbeentjesketen aan. Rekening dient te worden gehouden met patiënten, die willekeurig de musculus tensor tympani kunnen contracteren, daar ook zij een hoge musculus tensor tympani reflex vertoonden. Het impedantieomslagonderzoek geeft bovendien niet iedere onderbreking van de gehoorbeentjesketen aan. Een hoge musculus tensor tympani reflex mag men in deze gevallen slechts verwachten, wanneer de beweeglijkheid van de hamer niet wordt belemmerd.

Tot slot kan worden gezegd, dat het impedantieomslagonderzoek een waardevolle aanwinst is bij het klinisch onderzoek. Deze methode verstrekt op objectieve wijze gegevens over het gehoororgaan en met name over de aard en de oorzaak van een bestaande hardhorendheid. Dit is vooral van belang voor die gevallen, waarbij een gehoorsverbeterende ingreep kan plaatsvinden. Mogelijk is de diagnostiek met deze methode in de toekomst nog verder te verfijnen, zodat steeds de juiste diagnose kan worden gesteld, waardoor aan alle patiënten die door het gemis van het gehoor ernstig gehandicapt zijn de juiste behandeling kan worden gegeven.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The object of this investigation has been to study the significance of impedance measurements for the diagnosis of conductive impairment for which an explorative tympanotomy is considered. For this purpose the preoperative data obtained with the impedance meter have been compared with the operative findings.

In Chapter I the anatomy and the development of those parts of the middle ear are described which are important for a discussion of the physiology and the pathology of the conductive system and for the diagnosis of the conductive impairment. Chapter II deals with the physiology of the middle ear. The reflex contractions of the muscles of the middle ear and the mechanical influence of these muscles on the ossicular chain are discussed in more detail. The different theories which exist with respect to the function of the muscles are mentioned. Chapter III points to the pathology of the middle ear. The knowledge of the aberrations, which impede the conductive system in its function, is necessary to determine the significance of the impedance investigation. The diagnosis of conductive impairment is described in Chapter IV. Attention is drawn to the possibilities and the limitations of the methods of investigation which are commonly used. It appears, that in most cases the degree and the nature of the loss of hearing can be determined. However, it is not possible with these methods to prove or exclude a conductive loss objectively. The cause of the conductive loss can only be suspected.

The impedance investigation of the middle ear and particularly the measurement of an alteration in the impedance as is discussed in Chapter V, provides more possibilities. In this investigation the alterations in impedance are used which are caused by reflex contractions of the stapedial muscle or the tensor tympani muscle, both attached to the ossicular chain. These reflex contractions can be elicited in different ways. A bilateral stapedial reflex is produced by acoustic stimulation or by an air current on the ear. A homolateral stapedial reflex arises from electrical stimulation of the auditory canal wall. A monolateral reflex of the tensor tympani muscle is obtained by an air current on the homolateral ocular region. In our investigation an electroacoustical impedance meter is used. By the introduction of special provisions, the possibility exists to use the electrical cutaneous stapedius reflex and the air current reflexes.

The impedance investigation in which the presence or the absence of the musculus stapedius reflex is examined turns out to be a very sensitive and objective method to exclude or to prove a conductive impairment. From this, the significance of this method for the pre-operative diagnosis is evident. In case of normal hearing or perceptive deafness, an alteration in impedance caused by a reflex of the stapedial muscle is always demonstrable. However, in cases of conductive loss no stapedial reflex is found. Two exceptions must be taken into consideration. In the case of a fracture in both crura a stapedial reflex can be found in spite of the existence of a conductive loss. This impairment gives no fixation at the insertion or peripherally of the insertion of the stapedial muscle on the ossicular chain. Here, a greater mobility of the peripheral part of the chain can be expected. This may result in a high tensor tympani reflex. This aberration, which is only exceptionally met with, can be expected after an operation in the middle ear or after a trauma of the skull. When a conductive loss is due to a closure of the round window, again a musculus stapedius reflex may be expected because a contraction of the muscle can produce an alteration in the impedance.

When a musculus stapedius reflex is observed, one should not proceed to a tympanotomy unless a fracture of both crura is expected. For the other exception, the bony closure of the round window, there is no satisfactory therapeutical intervention at the present time so an exploration can be omitted.

Further information about the cause of conductive impairment is obtained from the examination of the musculus tensor tympani reflex. When no stapedial reflex but a tensor tympani reflex is observed, the cause of the conductive loss can be attributed to a fixation of the stapedial footplate. Beside this stapedial footplate fixation, no other aberrations which impede the ossicular chain in its function should be expected. In cases of other aberrations, such as adhesions and glue, no stapedial reflex and no tensor tympani reflex can be obtained. When these aberrations occur together with a stapedial footplate fixation the same results are obtained, namely, no stapedial and no tensor tympani reflex. According to this investigation, both reflexes can be absent if a stapedial footplate fixation is the only aberration. Thus, the presence of the tensor tympani reflex is of greater diagnostic importance than the absence of the reflex.

A high tensor tympani reflex indicates an interruption of the ossicular chain. It should be noted that patients who could contract the tensor tympani muscle voluntarily also showed a high tensor tympani reflex. Moreover, the impedance investigation does not indicate every inter-

ruption of the ossicular chain. A high tensor tympani reflex is only to be expected in those cases in which the mobility of the malleus is unrestricted.

In conclusion it can be stated that the impedance investigation, as described in this thesis, is a workable clinical method. This method provides objective information about the ear and specially about the nature and the cause of loss of hearing. This is essential for those cases in which an improvement of hearing can be acquired by a tympanotomy. In future, the diagnostic possibilities of this method may be refined in such a way, that the right diagnosis can be made in any case, so that the proper treatment can be given to all patients who are seriously handicapped by loss of hearing.

LITERATUUR

- Aubry, M. (1952) *Annales d'Oto-Laryng.* **69**, 286.
- Bárány, E. (1938) *Acta oto-laryng. Suppl.* **26**.
- Békésy, G. von (1932) *Annalen der Physik.* **14**, 51.
- Békésy, G. von (1939) *Acta oto-laryng.* **27**, 281.
- Békésy, G. von (1941) *Akust. Zeitschr.* **6**, 1.
- Békésy, G. von (1960) *Experiments in hearing.*
- Bing, A. (1891) *Wiener med. Blätter* **41**.
- Bunch, C. C. (1941) *Annals of Otol. Rhinol. and Laryng.* **50**, 47.
- Byrne, J. G. (1938) *Studies on the physiology of the middle ear.*
- Burger, H. (1918) *Leerboek der ziekten van ooren, neus, mond, keel en slokdarm.*
- Burns, W. en R. Hinchcliffe (1957) *J. Acoust. Soc. Amer.* **29**, 1247.
- Carhart, R. en C. Hayes (1949) *Laryngoscope* **59**, 1048.
- Carhart, R. (1950) *Archives of Otolaryng.* **51**, 798.
- Coiter, V. (1566) citaat E. G. Wever en M. Lawrence (1954) *Physiological acoustics.*
- Cotugno, D. (1760) citaat E. G. Wever en M. Lawrence (1954) *Physiological acoustics.*
- Dahmann, H. (1929) *Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilk.* **24**, 462.
- Dahmann, H. (1930) *Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilk.* **27**, 329.
- Davis, H., A. J. Derbyshire, M. H. Lurie en L. J. Saul (1934) *Am. J. Physiol.* **107**, 311.
- Dishoeck, H. A. E. van (1938) *Ned. T. Geneesk.* **82**, 13.
- Dishoeck, H. A. E. van (1952) *Acta oto-laryng.* **41**, 58.
- Dix, M. R., C. S. Hallpike en J. D. Hood (1948) *Journal of Laryng. and Otol.* **62**, 671.
- Djupesland, G. (1962) *Acta oto-laryng.* **54**, 143.
- Du Verney, J. G. (1683) citaat E. G. Wever en M. Lawrence (1954) *Physiological acoustics.*
- Dworacek, H. (1960) *Acta oto-laryng.* **51**, 15.
- Eggston, A. en D. Wolff (1947) *Histopathology of the ear, nose and throat.*
- Fisch, U. en G. von Schulthess (1962) *Athene (mondelinge mededeling).*
- Fournier, J. E. (1953) *Annales d' Oto-Laryng.* **70**, 401.
- Fowler, E. P. (1937) *Archives of Otolaryng.* **26**, 514.
- Fowler, E. P. (1947) *Archives of Otolaryng.* **45**, 550.
- Gellé, (1885) *Annales Mal. Oreil. Larynx.* **11**, 63.
- Gerlings, P. G. (1962) *Ned. T. Geneesk.* **106**, 2.
- Goodhill, V. (1960) *Laryngoscope* **70**, 722.
- Groen, J. J. en G. A. Hoogland (1958) *Acta oto-laryng.* **49**, 206.
- Hammerschlag, V. (1899) *Archiv für Ohrenheilk.* **46**, 1.
- Hammerschlag, V. (1899) *Archiv für Ohrenheilk.* **47**, 251.
- Hanson, J. R., B. J. Anson en E. M. Strickland (1962) *Archives of Otolaryng.* **76**, 200.
- Helmholtz, H. L. F. (1868) *Archiv gesammte Physiol.* **1**, 1.

- Hensen, V. (1878) *Archiv für Anatomie und Physiol.* 312.
- Hilding, D. A. (1960) *Annals of Otol. Rhinol. and Laryng.* 69, 51.
- Hinchcliffe, R. en T. S. Littler (1961) *Journal of Laryng. and Otol.* 75, 201.
- Hoeve, J. van der, en A. de Kleijn (1917) *Ned. T. Geneesk.* 61, 1003.
- Hood, J. D. (1960) *Laryngoscope* 70, 1209.
- Hough, J. V. D. (1959) *Laryngoscope* 69, 644.
- Huizing, E. H. (1960) Bone conduction—the influence of the middle ear.
- Jepsen, O. (1951) *Acta oto-laryng.* 39, 406.
- Jepsen, O. (1953) *Acta oto-laryng. Suppl.* 109, 61.
- Jepsen, O. (1955) Studies on the acoustic stapedius reflex in man.
- Kato, T. (1913) *Archiv gesammte Physiol.* 105, 569.
- Klockhoff, I. en H. Anderson (1959) *Acta oto-laryng.* 50, 451.
- Klockhoff, I. en H. Anderson (1960) *Acta oto-laryng.* 51, 184.
- Klockhoff, I. (1961) *Acta oto-laryng. Suppl.* 164.
- Kobrak, H. G. (1959) The middle ear.
- Köhler, W. (1910) *Zeitschrift für Psychol. und Physiol.* 54, 241.
- Lawrence, M. (1962) *Annals of Otol. Rhinol. and Laryng.* 71, 705.
- Lee, B. S. (1950) *J. Acoust. Soc. Amer.* 22, 824.
- Lempert, J. (1945) *Archives of Otolaryng.* 41, 1.
- Lempert, J. (1946) *Archives of Otolaryng.* 43, 199.
- Lempert, J., E. G. Wever, M. Lawrence en P. E. Meltzer (1949) *Archives of Otolaryng.* 50, 377.
- Lindsay, J. R., H. Kobrak en H. B. Perlman (1936) *Archives of Otolaryng.* 23, 671.
- Lombard, E. (1911) *Annales Mal. Oreil. Larynx* 37, 101.
- Lorente de Nó, R. (1933) *Trans. Amer. Laryng. Rhin. Otol. Soc.* 39, 26.
- Lorente de Nó, R. en A. S. Harris (1933) *Laryngoscope* 43, 315.
- Lucae, A. (1867) *Archiv für Ohrenheilk.* 3, 186.
- Lüscher, E. (1929) *Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilk.* 23, 105.
- Lüscher, E. (1930) *Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilk.* 25, 462.
- Mach, E. (1863) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* 48, 283.
- Metz, O. (1946) *Acta oto-laryng. Suppl.* 63.
- Metz, O. (1951) *Acta oto-laryng.* 39, 397.
- Metz, O. (1952) *Archives of Otolaryng.* 55, 536.
- Metz, O. (1953) *Acta oto-laryng. Suppl.* 109, 105.
- Meurman, O. H. (1958) *Laryngoscope* 68, 630.
- Nager, G. T. en M. Nager (1953) *Annals of Otol. Rhinol. and Laryng.* 62, 923.
- Naunton, R. F. (1957) *Archives of Otolaryng.* 66, 281.
- Ombredanne, M. (1960) *Annales d'Oto-Laryng.* 77, 423.
- Perlman, H. B. en T. J. Case (1939) *Annals of Otol. Rhinol. and Laryng.* 48, 663.
- Perlman, H. B. (1960) *Archives of Otolaryng.* 72, 201.
- Pichler, H. en H. Bornschein (1957) *Acta oto-laryng.* 48, 498.
- Platzer, W. (1961) *Monatschrift für Ohrenheilk. und Laryngo-Rhinol.* 12, 95.
- Politzer, A. (1861) *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* 43, 427.
- Pollak, J. (1886) *Medizinische Jahrbücher* 555.
- Portmann, G., M. Portmann en G. Claverie (1959) *La chirurgie de la surdité.*
- Rainville, M. J. (1962) *Boerhaave cursus.*
- Ranke, O. (1958) *Zeitschrift für Laryng. Rhinol. Otol.* 37, 366.

- Reijntjes, J. A. (1951) Spraakaudiometrie.
- Rinne, A. (1855) Vierteljahresschr. für prakt. Heilkunde 157.
- Robinson, N. W. (1937) citaat O. Metz (1946) Acta oto-laryng. Suppl. **63**.
- Rubinstein, M. en L. Klein (1957) Acta oto-laryng. **48**, 266.
- Rüedi, L. en H. Spoendlin (1957) Fortschritte der Hals-Nasen-Ohrenheilk. IV.
- Schuster, K. (1934) Physikalische Zeitschrift **35**, 408.
- Schwabach, D. (1885) Zeitschrift Ohrenheilk. **14**, 61.
- Sheeny, J. L. en W. F. House (1962) Archives of Otolaryng. **76**, 151.
- Simmons, F. B. (1960) Annals of Otol. Rhinol. and Laryng. **69**, 1063.
- Smith, A. Brownlie (1958) Journal of Laryng. and Otol. **72**, 992.
- Smith, A. Brownlie (1962) Journal of Laryng. and Otol. **76**, 403.
- Söhoel, T. en G. Arnesen (1962) Acta oto-laryng. **54**, 233.
- Strickland, E. M., J. R. Hanson en B. J. Anson (1962) Archives of Otolaryng. **76**, 100.
- Stuhlman, O. (1943) An introduction to biophysics.
- Terkildsen, K. (1957) Archives of Otolaryng. **66**, 484.
- Terkildsen, K. en K. A. Thomsen (1959) Journal of Laryng. and Otol. **73**, 409.
- Terkildsen, K. en S. Scott Nielsen (1960) Archives of Otolaryng. **72**, 339.
- Terkildsen, K. (1960) Acta oto-laryng. Suppl. **158**, 230.
- Thomsen, K. A. (1955) Acta oto-laryng. **45**, 82.
- Thomsen, K. A. (1955) Acta oto-laryng. **45**, 544.
- Thorsen, V. (1943) Der Kgl. Danske Vidensk. Selskab. Mat.-fys. Medd. **20**, 9.
- Thullen, A. (1955) Die Schallsonde.
- Tonndorf, J. en J. R. Tabor (1962) Annals of Otol. Rhinol. and Laryng. **71**, 5.
- Tortual (1827) citaat H. Feldmann (1960) Die geschichtliche Entwicklung der Hörprüfungsmethoden.
- Tröger, J. (1930) Physikalische Zeitschrift **31**, 26.
- Tröltsch, A. F. von (1873) Lehrbuch der Ohrenheilkunde.
- Versteegh, R. M. (1952) Ned. T. Geneesk. **96**, 1258.
- Waar, A. C. H. (1923) Acta oto-laryng. **5**, 335.
- Waetzmann, E. (1938) Akust. Zeitschrift **3**, 1.
- Weber, E. H. (1834) citaat H. Feldmann (1960) Die geschichtliche Entwicklung der Hörprüfungsmethoden.
- West, W. (1928) Post Off. electr. Engrs. J. **21**, 293.
- Wever, E. G. en M. Lawrence (1954) Physiological acoustics.
- Wheatstone, C. (1827) citaat H. Feldmann (1960) Die geschichtliche Entwicklung der Hörprüfungsmethoden.
- Zöllner, F. (1951) Archiv für Ohren- Nasen- und Kehlkopfheilk. Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilk. **159**, 358.
- Zöllner, F. (1956) Journal of Laryng. and Otol. **70**, 77.
- Zwislocki, J. (1951) Acta oto-laryng. **39**, 338.
- Zwislocki, J. (1953) J. Acoust. Soc. Amer. **25**, 752.
- Zwislocki, J. (1961) Annals of Otol. Rhinol. and Laryng. **70**, 599.

STELLINGEN

- 1 Het impedantieonderzoek is een zeer gevoelige, objectieve methode om een geleidingshardhorendheid aan te tonen of uit te sluiten.
- 2 Wanneer in een oor geen musculus stapedius reflex maar wel een musculus tensor tympani reflex is aan te tonen, mag een fixatie van de stijgbeugelvoetplaat worden aangenomen.
- 3 Het bestaan van een hoge musculus tensor tympani reflex wijst op een onderbreking van de gehoorbeentjesketen.
- 4 Kinderen met communicatiestoornissen dienen naast het otologisch en audiologisch onderzoek ook psychiatrisch onderzocht te worden.
- 5 Na een operatieve sluiting van het gespleten verhemelte voor de leeftijd van achttien maanden, treden minder frequent gehoorsstoornissen op dan na een sluiting op latere leeftijd.
- 6 De zwangerschapsreactie die berust op een immunologische reactie van het chorion-gonadotrofine met ertegen opgewekte antistoffen (Pregnosticon-reactie), verdient de voorkeur boven de biologische zwangerschapsreacties.

- 7 Bij het ontstaan van inhalatieallergenen spelen Maillard-reacties een belangrijke rol.
- 8 Patiënten die ten gevolge van een slaapmiddelenintoxicatie in comateuze toestand zijn, behoren in een reanimatiecentrum te worden opgenomen.
- 9 Het bezit van een ileostomie behoeft geen psychische of sociale bezwaren te geven.
- 10 Voor de juiste beoordeling van een operatiepreparaat dient de patholoog over het operatieverslag te beschikken.

