

DE FOETALE TRANSFORMATIE
VAN HET MIDDENNOORGEBIED

66/5
DE FOETALE TRANSFORMATIE VAN HET MIDDENNOORGEBIED

H. E. BOK

DE FOETALE TRANSFORMATIE
VAN HET MIDDENOORGEBIED
(WITH A SUMMARY)

DE FOETALE TRANSFORMATIE VAN HET MIDDENOORGEBIED

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN DOCTOR IN
DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE
LEIDEN, OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
DR. J. DANKMEIJER, HOOGLERAAR IN DE FACULTEIT
DER GENEESKUNDE, TEN OVERSTAAN VAN EEN
COMMISSIE UIT DE SENAAT TE VERDEDIGEN
OP DONDERDAG 7 JULI 1966 TE 16 UUR

DOOR

HANS ERIK BOK

GEBOREN TE MEDAN IN 1934

*Dit proefschrift werd bewerkt in het Anatomisch-Embryologisch Laboratorium
der Rijksuniversiteit te Leiden, waar de schrijver, daartoe in staat gesteld door
de Universiteit van Amsterdam op voordracht van Prof. Dr. L. B. W. Jongkees,
ruim twee jaar werkzaam was.*

1966

DRUKKERIJ HOLLAND N.V. — AMSTERDAM

Promotor: PROF. DR. J. M. F. LANDSMEER

ATHENAEUM-
BIBLIOTHEEK
DEVENTER

*Aan mijn ouders
Aan Carla en
Jan Willem*

INHOUD

HOOFDSTUK I

Inleiding	1
Literatuur	1
De embryonale en foetale periode	4
Het aanduiden van de richting	5
Het cavum tympani	6
Het middenoorgebied en het omliggende weefsel	7
Probleemstelling	9
Literatuuroverzicht van de plaatselijke ontwikkelingen	11

HOOFDSTUK II

Het aanduiden van de richting	19
Inleiding	19
Materiaal	19
Onderzoek en bespreking	19
Samenvatting	24

HOOFDSTUK III

De foetale ontwikkeling van het middenoorgebied	26
Materiaal	26
Reconstructies	27
Het onderzoek van het middenoorgebied	28
Het middenoorgebied van een foetus humanum van 11,5 cm k. st. l.	28
Het middenoorgebied van een foetus humanum van 15,5 cm k. st. l.	37
Het middenoorgebied van een foetus humanum van 19,5 cm k. st. l.	44
Conclusie	49

HOOFDSTUK IV

Plaatselijke ontwikkelingen	52
De membrana tympani secundaria	52
De verdeling van het kraakbeen van Meckel	60

HOOFDSTUK V

Bespreking en conclusies	66
Discussion and conclusions	72
Geraadpleegde literatuur	77
Afbeeldingen	
Gebruikte afkortingen bij de afbeeldingen	
Overzicht van de afbeeldingen	

INLEIDING

De embryologische onderzoekingen hebben bijgedragen tot een beter inzicht in de anatomische verhoudingen van verschillende gebieden. Het middenoor maakt hierop geen uitzondering. Het embryologisch onderzoek van de middenoorholte en van de gehoorbeentketen heeft, sinds in de vorige eeuw vooral de vergelijkende anatomie de grote stoot daartoe gaf, onafgebroken plaats gevonden. Ook het kraakbeen van Meckel en het foramen perilymphaticum, respectievelijk een kenmerkende structuur en opening in het gebied van het zich ontwikkelende middenoor, vormden door een onderlinge vergelijking van de verschillende species aantrekkelijke problemen om te bestuderen.

Met behulp van de techniek van het vervaardigen van series (Moldenhauer 1877) en van reconstructies uit deze series (Kastschenko 1887) leek het onderzoek over de morfogenese van de middenoorholte en van de gehoorbeentketen rondom de eeuwwisseling voltooid. Hierna werd het onderzoek van deze afzonderlijke ontwikkelingsprocessen, voor wat betreft de mens, verder voortgezet. De uitbreiding van de middenoorholte werd nauwkeurig uitgewerkt en de osteogenese van elk gehoorbeentje beschreven.

Wat betreft het embryologisch onderzoek was men van klinische zijde in verband met otitiden geïnteresseerd in de histologische veranderingen van het middenoormesenchym tijdens de ontwikkeling. Bovendien zijn de osteogenetische processen in de belangstelling komen te staan wegens de pathologische bevindingen van de botstructuur bij otosclerose.

Tegen deze achtergrond werd het ons duidelijk dat de ontwikkeling tot het volwassen middenoor voor wat betreft de late ontwikkeling slechts voor zijn onderdelen onderzocht was. In de vroege ontwikkeling was het tot stand komen van de aanleg van het gehele middenoor voornamelijk morfogenetisch beschreven. GOEDBLOED (1960) heeft voor bepaalde morfologische veranderingen een histogenetische verklaring kunnen geven.

In ons onderzoek zullen wij dan ook aandacht besteden aan de histologische en morfologische veranderingen in het gehele zich ontwikkelende middenoor, nadat het is aangelegd. Deze veranderingen, die dus in de late ontwikkeling plaats vinden, resulteren in de volwassen anatomische verhoudingen van het middenoor.

LITERATUUR

De kennis van de volwassen anatomische verhoudingen van het middenoor is niet los te denken van de chirurgische vooruitgang in de otologie in de laatste helft van de vorige eeuw. De middenoorchirurgie vereiste anatomisch inzicht voor het bepalen van de mogelijke toegangswegen tot het middenoor en voor het onderkennen van de gevaren van chirurgische ingrepen voor bepaalde omliggende structuren.

Uit de publicatie van SCHWARTZE en EYSELL (1873) „Über die künstliche Eröffnung des Warzenfortsatzes" blijkt de toenmalig gebrekkige kennis van de middenoorholte. Met nieuwe methodieken, door HYRTL in het werk „Die Corrosions-Anatomie

und ihre Ergebnisse" (1873) gepropageerd, werd het mogelijk de topografische problemen van de middenoorholte verder uit te werken. Corrosie-preparaten vormden de basis van nauwkeurig topografische onderzoeken, die door BEZOLD (1882) verricht zijn. Met metaallegeringen in plaats van een was-hars combinatie wist SIEBENMANN (1897) de verkregen corrosie-preparaten duurzaam te maken.

Gaandeweg begint nu ook de vraagstelling zich te wijzigen. Was aanvankelijk de volwassen anatomie het doel van het onderzoek, langzamerhand wordt de ontwikkeling van het middenoor in de vraagstelling betrokken. BROMAN (1899) en HAMMAR (1902) beschreven de ontwikkeling van respectievelijk de gehoorbeentjes en de middenoorholte bij de mens.

HAMMAR (1902) behandelde het probleem van de ontwikkeling van de middenoorholte zuiver morfologisch. Deze studie is eigenlijk voortgekomen uit een onderzoek over de kieuwzakken van het menselijk embryo. Zijn conclusies zijn gebaseerd op reconstructies van de embryonale mondholte van opeenvolgende stadia. Dergelijke reconstructies zijn op zichzelf niet moeilijk te maken doordat men uitgaat van eenvoudig vast te stellen grenzen. Op morfogenetische gronden verdeelt HAMMAR het tot stand komen van de volwassen middenoorholte in drie perioden. De eerste twee perioden—de aanleg en de afscheiding—beslaan de vroege ontwikkeling. De derde periode is de omvormingsperiode waarin het cavum tympani zich ten koste van het middenoormesenchym ontplooit. De gehoorbeentjes, die aanvankelijk in dit mesenchym gelegen zijn, worden door deze zich uitbreidende holte omgeven en komen daardoor in feite in deze ruimte te liggen. De allereerste ontplooiing is heel nauwkeurig en zeer gedetailleerd door HAMMAR beschreven. Een van de weinige boeken, waarin dit proces in beknopte en overzichtelijke vorm behandeld wordt, is dat van BRAUS en ELZE (1960).

BROMAN (1899) heeft de ontwikkeling van de gehoorbeentjes beschreven. In een uitvoerig artikel gaat hij in op de vraag, uit welke der viscerales bogen de verschillende gehoorbeentjes ontstaan, een probleem dat in die dagen van groot belang was voor de vergelijkende anatomie. Het is opvallend dat BROMAN, evenals zijn tijdgenoten, zich nauwelijks meer verdiept heeft in de coupes van deze series nadat de reconstructies vervaardigd waren. Zijn eenmaal in het kieuwbogenmesenchym de arealen waaruit zich de gehoorbeentjes ontwikkelen te onderscheiden, dan volgt een histogenetische beschrijving van elk der arealen. Hierbij betreft BROMAN nog wel andere structuren, zoals de musculus tensor tympani, die in een vezelige uitbreiding van de processus perioticus komt te liggen. In verband met de begrenzing van het middenoor komen wij hier nader op terug.

Zowel HAMMAR als BROMAN komen tot een verdeling van de ontwikkeling in twee fasen. In de vroege ontwikkeling werden in deze werken de middenoorholte en de gehoorbeentjes morfogenetisch beschreven. In de tweede fase of de late ontwikkeling, waarin de middenoorholte zijn uiteindelijke vorm gaat krijgen, blijft de beschrijving ervan morfogenetisch, de beschrijving van de gehoorbeentjes daarentegen wordt nu histogenetisch. Naar histogenetische verklaringen van de vormveranderingen van de middenoorholte in de vroege ontwikkeling werd niet gezocht.

Aan het werk van onze landgenoot VAN KAMPEN (1905), die in dezelfde periode als de voorgaande onderzoekers een artikel schreef „Die Tympanaal Gegend des Säugetierschädels”, willen wij niet voorbijgaan. In een vergelijkend-anatomische studie wijst hij op de variaties in het bouwplan van de benige elementen van dit

gebied. Hij constateert in dit onderzoek dat de mediale wand van het middenoor bij de zoogdieren onderling niet veel verschilt, terwijl de samenstelling van de laterale wand door de omvorming van het primaire kaakgewricht naar het secundaire in zeer vele variaties te vinden is.

Een dergelijk onderzoek naar de samenstelling van de begrenzende elementen is ook verricht door VAN DER KLAUW (1929), die daartoe voor het eerst voornamelijk gebruik maakte van series. Hij gaat dieper in op de verhoudingen van de benige en kraakbenige elementen bij de *Macroscelididae* (olifantenspitsmuis), die door gebrek aan materiaal door de voorgaande onderzoekers onvolledig onderzocht waren. In zijn publikatie wijst VAN DER KLAUW erop, dat het onderzoek van gemacereerde schedels aangetoond heeft dat de bulla—dat is het opvallende solum tympani bij enkele soorten, bijvoorbeeld de knaagdieren—uit verschillende delen samengesteld is. In vele andere gevallen zijn deze delen echter moeilijk te onderscheiden. Met behulp van series van neonaten of foetussen kan men echter veel beter de verschillende elementen van de bulla opsporen.

Al hebben de pertinente feiten van deze vergelijkend-anatomische onderzoeken noch de interpretaties ervan betekenis voor ons onderzoek, de grote verscheidenheid in de begrenzing van het middenoor bij verschillende dieren doorbreekt de verstarring in descriptie en waarneming, waaraan men toch onderworpen dreigt te worden bij het onderzoek van foetale stadia.

De Amerikaanse onderzoekers hebben de studie van de ontwikkeling van het menselijk middenoor voortgezet. STREETER (1918) wees indirect de weg door in zijn artikel over de histogenese en de groei van de binnenoorkapsel het belang van deze processen voor een duidelijk begrip van de anatomische verhoudingen in de volwassen fase aan te geven. BAST (1930) geeft in zijn nauwgezette studies over de osteogenese van de binnenoorkapsel hiervan een afgeronde beschrijving, waarbij hij onder andere tot de conclusie komt, dat de verbening van de kapsel een bijzondere plaats inneemt, aangezien een groot aantal verbeningskernen onderling versmelten. De verbening van de delen van de gehoorbeentjes werd door ANSON en medewerkers (1940) beschreven, een histomorfologische analyse successievelijk van de stapes, de incus en de malleus.

Dat BAST en ANSON samen het werk „The Temporal Bone and The Ear” (1948) hebben geschreven is in zoverre niet verwonderlijk, waar beiden immers uitgegaan zijn van het onderzoek over de histologische veranderingen in dit gebied. Gestimuleerd door de otologen, die door de vorderingen van de gehoorverbeterende operaties tot meer in staat waren, werden ook pathologisch-anatomische processen in dit gebied door hen beschreven, waarbij onder andere aandacht werd besteed aan localisaties, die gepraedisposeerd blijken voor otosclerose.

Een geheel ander probleem dat in de literatuur uitvoerig wordt beschreven is dat der zogenaamde pneumatisatie. Een van de eerste publikaties waarin dit probleem aan de orde gesteld wordt is die van SCHWARTZ en EYSELL (1873). In de publikatie „Über die künstliche Eröffnung des Warzenfortsatzes” merken de auteurs op, dat de mastoidea verschillend kunnen zijn zelfs bij één individu. In de derde maand van de ontwikkeling, aldus deze auteurs, vertoont de buis, die het middenoor en het uitwendige oor voorstelt en die door het trommelvlies in tweeën gedeeld wordt, uitstulpingen. Deze uitstulpingen zouden zich uitbreiden in het beenweefsel, waarbij structuren zoals de nervus facialis en de canalis horizontalis deze weg verhinderen.

BEZOLD (1882) en SIEBENMANN (1897) hebben met behulp van corrosie-methoden de volwassen verhoudingen van de pneumatische ruimten onderzocht, de verschillende ruimten benoemd en de localisatie ten opzichte van omliggende structuren aangegeven. SIEBENMANN wijst in zijn werk op de foutieve veronderstelling van SCHWARTZE en EYSELL als zou in een prenatale fase van drie maanden de uitbreiding plaats vinden in beenweefsel.

WITMAACK (1918) schreef naar aanleiding van de problematiek van de cholesteatoomvorming een werk over de normale en pathologische pneumatisatie. Hoewel hij voorgaande auteurs niet aanhaalt, vermoeden wij toch dat WITMAACK door zijn vrijwel uitsluitend histologische analyse een bestaande leemte heeft willen opvullen. Zijn indeling van de ontwikkeling is als volgt: de eerste periode is het ontstaan van de „luchthoudende hoofdruimte” van het middenoor, de tweede periode is het ontstaan van de cellulae uit de middenoorholte, de recessus en het antrum en ten slotte beslaat de derde periode de verdere uitbreiding van het pneumatisch systeem.

BAST en ANSON (1948) hebben de pneumatisatie met behulp van series en reconstructies onderzocht. Zij hebben ons een bruikbare indeling gegeven over de localisatie van de cellulae in het temporale gebied. Vervolgens hebben zij gewezen op de relatie van deze groepen onderling, de verhouding van de pneumatisatie tot het beenmerg en ten slotte op de toegang vanuit de middenoorholte tot deze cellulae.

In verband met de individuele variaties van het middenoormesenchym heeft SCHURIG (1960) het probleem van de pneumatisatie op grond van een histologische analyse nader uitgewerkt. Heel nadrukkelijk wordt gesteld dat de ontwikkeling van het middenoor bepaald wordt door de volgende verschijnselen: het tot stand komen van een met lucht gevulde ruimte, de veranderingen in het middenoormesenchym, de aanleg van de door beenweefsel omgeven ruimte en de differentiatie van het omgevende been en kraakbeen. Hij zelf beperkte zich tot de beschrijving van het middenoormesenchym.

Uit het voorafgaande blijkt wel dat de literatuur over de pneumatisatie wat onoverzichtelijk is, waaraan het feit dat het pneumatisatiebegrip zo ruim gesteld wordt, wel schuldig is. De onderzoekers beschouwen zonder uitzondering de ontplooiing van het cavum tympani als het belangrijkste facet van de pneumatisatie, maar zij gaan allen voorbij aan het in dit opzicht zo voortreffelijk werk van HAMMAR (1902), die juist de allereerste ontplooiing van het cavum tympani beschrijft en daarmee de eerste onderzoeker na SCHWARTZE en EYSELL (1873) is geweest, die de uit de macrodissectie verkregen gegevens morfologisch heeft uitgewerkt met behulp van reconstructies naar series vervaardigd.

DE EMBRYONALE EN FOETALE PERIODE

Terwijl vóór de eeuwwisseling de volwassen topografische verhoudingen van het middenoor bekend werden, begon men rondom de eeuwwisseling met het onderzoek naar de ontwikkeling van het gebied. Een eerste poging een beschrijving te geven van de ontwikkeling verrichtte SIEBENMANN (1894). Met de nieuw verworven kennis van de volwassen verhoudingen is het niet te verwonderen, dat hij bij dit onderzoek uitging van onderdelen die in het volwassen middenoor te onderscheiden zijn. Door gebrek aan materiaal was het hem niet mogelijk de ontwikkeling van deze onderdelen in opeenvolgende stadia te bestuderen.

De eerste resultaten van deze werkwijze, om door middel van het isoleren van

afzonderlijke delen uit opeenvolgende stadia een inzicht te krijgen in de ontwikkeling, zijn van BROMAN (1899) en van HAMMAR (1902). Zij beschreven respectievelijk de ontwikkeling van de afzonderlijke gehoorbeentjes en van het cavum tympani, als waren het zelfstandige onderdelen met een eigen ontwikkeling. Ook ANSON en BAST (1949) hebben deze voor de hand liggende werkwijze toegepast. De eerste groep onderzoekers rekende hierbij af met de toen heersende opvattingen met betrekking tot de vergelijkende anatomie. De laatste groep wees op de bijzondere osteogenetische processen, die in de binnenoorkapsel en in de afzonderlijke gehoorbeentjes plaats vinden.

Bij dit onderzoek naar de ontwikkeling van de tot het middenoor behorende delen vroeg men zich niet alleen af hoe de differentiatie van deze onderdelen plaats vindt, maar ook hoe de vorm tot stand komt vanaf het moment dat deze onderdelen van hun omgeving te onderscheiden zijn. Deze laatste vraag was nauw betrokken met problemen betreffende de samenhang tussen de aanleg van de afzonderlijke delen en hun localisatie in de kieuwbogen. De opeenvolgende morfologische veranderingen in het later tot het middenoor behorende kieuwbogengebied werden in die tijd of op een mechanische wijze verklaard of gezien als zelfstandige ontwikkelingsprocessen.

GOEDBLOED (1960) heeft nu juist in de vroege ontwikkeling, waarin bovengenoemde processen zich afspelen, gewezen op de samenhang tussen de morfogenetische processen en de histologische veranderingen in de opeenvolgende stadia. HAMMAR (1902) beschreef de morfogenese van het cavum tympani als ware het cavum tympani een eigen zelfstandige structuur. Vele publikaties refereren aan dit artikel van HAMMAR en men kan wel stellen dat er tot ongeveer 1960 weinig aan is toegevoegd. GOEDBLOED toont heel duidelijk aan, dat de *morfogenetische* processen, als het optreden en het verdwijnen van sulci, door *histogenetische* processen in structuren gelegen om deze sulci verklaard kunnen worden.

De werkwijze bij het onderzoek naar de ontwikkeling van het middenoor kan men kort samenvatten. In de vroege ontwikkeling vinden wij een morfologische analyse van de tot het middenoor behorende primordia in het kieuwbogengebied. GOEDBLOED heeft perspectief in dit onderzoek gebracht door te wijzen op de histologische veranderingen, die in samenhang met de morfologische optreden. Vervolgens heeft men de ontwikkelingsprocessen van de delen van het volwassen middenoor afzonderlijk onderzocht.

De beperkingen die aan deze werkwijze verbonden zijn laten zich uit het bovenstaande afleiden. Allereerst wordt de ontwikkeling verdeeld in twee perioden, namelijk de vroege en de late ontwikkeling of de embryonale en foetale periode. Vervolgens heeft men in de foetale periode de ontwikkeling van het middenoor gesplitst in afzonderlijke ontwikkelingsprocessen. De gevolgen van de eerste beperking zullen wij in het volgende nader toelichten.

HET AANDUIDEN VAN DE RICHTING

Het verschillend aanduiden van de richting samenhangend met de verdeling in perioden is een bijzonder storende factor geweest in het onderzoek van de ontwikkeling van het gehele oor. Voor beschrijvingen in de embryonale periode maakte men namelijk gebruik van een andere richtingsaanduiding dan in de foetale periode. De ontwikkelingsprocessen zijn dus niet direct vergelijkbaar.

In de vroege ontwikkeling koos men de as van de tractus digestivus ter oriëntatie. Aangezien het cavum tympani nog een deel van de embryonale mondholte

is en het middenoorgebied zich uit het kieuwbogengebied moet losmaken, was deze eerstgenoemde aanduiding toereikend, zolang men zich beperkte tot de embryonale periode. Omdat het middenoorgebied en het cavum tympani geleidelijk verwijderd raken van het mediane vlak, wordt het moeilijk in de daaropvolgende periode te refereren aan de as van de tractus digestivus. In de foetale periode maakt men dan ook gebruik van de volwassen richtingsaanduiding.

Hierdoor ontstaat een situatie, waarin men de resultaten van het onderzoek in naast elkaar staande ontwikkelingsperioden door het gebruik van verschillende richtingsaanduidingen niet direct kan vergelijken. Toen verschillende onderzoekers een inzicht wilden hebben in de positie van het middenoorgebied gedurende de gehele ontwikkeling, heeft dit geleid tot foutieve conclusies (HAMMAR 1902), onverklaarde standveranderingen (HOCHSTETTER 1951) en een onduidelijke oriëntatie (RICHANY, ANSON en BAST 1959).

Om de positieverandering van het middenoorgebied in het hoofdgebied tijdens de ontwikkeling te kunnen begrijpen, zou volgens HAMMAR (1902) het gehele middenoorgebied in de ontwikkeling kantelen om een as, die gelegen is oraal en frontaal van en evenwijdig aan de voorste rand van het cavum tympani. Bij deze voorstellingswijze wordt echter de ontkromming van het hoofd tijdens de ontwikkeling geheel buiten beschouwing gelaten. Op het belang van deze ontkromming zal in hoofdstuk II gewezen worden.

HOCHSTETTER (1951) laat in zijn afbeeldingenreeks van zijdelingse opnamen van embryo's en foetussen de richting, aanvankelijk bepaald door het verloop van het van lateraal zichtbare gedeelte van de eerste viscerale groeve, een wijziging ondergaan, die in de tekst geen vermelding vindt.

RICHANY, BAST en ANSON geven in een artikel uit 1959 een verwarrende richtingsaanduiding, ook voor hen waarschijnlijk onbevredigend, daar zij in een later artikel uit 1962 over hetzelfde materiaal geen richtingsaanduiding meer geven maar de localisatie van de coupes met behulp van de reconstructies aanduiden.

Bovendien wordt het onderzoek naar de positie gecompliceerd door de topografische beschrijvingen van de mediale en de laterale wand van de volwassen middenoorholte. Ter vereenvoudiging neemt men immers aan dat de membrana tympani de laterale wand van deze holte vormt. Deze membraan vormt in feite een fronto-latero-caudale begrenzing. Hetzelfde geldt voor de mediale wand. Zo liggen het horizontale kanaal, de canalis facialis en het ovale venster niet cranio-caudaal ten opzichte van elkaar, doch in een lijn die van fronto-latero-craniaal naar occipito-medio-caudaal helt. Brengen wij deze as in het „sagittale vlak”, dan is dit de stand waaronder deze structuren veelal bekeken worden en waardoor men aanneemt dat deze structuren onder elkaar zouden liggen.

Vooruitlopend op ons onderzoek naar de ligging van het middenoorgebied tijdens de gehele ontwikkeling willen wij in het volgende al uitgaan van de volwassen richtingsaanduiding voor de gehele ontwikkeling. Op deze wijze krijgen wij een overzichtelijker beeld van het tot het middenoorgebied behorende mesenchym van het kieuwbogengebied.

HET CAVUM TYMPANI

In de vroege ontwikkeling splitst een deel van de embryonale mondholte door reductie van bepaalde delen zich als cavum tympani af. In eerste aanleg is het cavum tympani dus *niet* een uitstulping van de mondholte of een rest van de eerste viscerale

zak; GOEDBLOED heeft dit aangetoond. Het is in dit stadium een afgescheiden, virtuele ruimte, die een verbinding houdt met de embryonale pharynx, de latere tuba pharyngo-auditiva. In deze fase liggen de epitheelbekledingen van het embryonale cavum tympani tegen elkaar. Het *cavum tympani embryonale*, zoals wij het willen noemen, is dus een virtuele ruimte hetgeen in de vroeg-foetale fase zo blijft.

In de laat-foetale fase gaan de tegenover elkaar liggende epitheelagen wijken, doordat er tussen de lagen vloeistof komt. Waar het vocht vandaan komt is onduidelijk, enerzijds neemt men aan dat dit uit het middenoorgebied zelf afkomstig is, anderzijds kan het vocht ook aangevoerd worden uit de amnionholte via de mondholte, de pharynx en de tuba (TAMARI 1936). Deze laatste veronderstelling vindt rechtvaardiging in het feit dat men regelmatig celelementen uit de amnionholte in het cavum tympani terugvindt. Ter onderscheiding van de vorige fase noemen wij de ontplooiende ruimte het *cavum tympani foetale*.

Wij hebben in de ontwikkeling de indeling van het cavum tympani embryonale en het cavum tympani foetale geïntroduceerd, niet alleen vanwege de verandering van de ruimte op zichzelf, maar vooral om de consequenties welke verbonden zijn aan de vormeigenschappen van het cavum tympani.

Deze ruimtelijke veranderingen van het cavum tympani hebben dus niet alleen descriptieve waarden. Als immers het cavum tympani een spleetvormig lumen heeft, kan het zich vergroten en verkleinen; de omliggende structuren hoeven dan niet van plaats te veranderen. De structuren kunnen nu tegen elkaar aan komen te liggen door het verdwijnen van het lumen, of van elkaar gescheiden worden door uitspruitingen van het lumen (GOEDBLOED 1960). We hebben hier te maken met een uitbreiding of een terugtrekking van het virtuele lumen van het cavum tympani embryonale ten gevolge van histologische veranderingen aan de randen van het cavum tympani.

Bij het ontstaan van het cavum tympani foetale vergroot de ruimte zich expansief, waarbij, door het verdwijnen van het omliggende middenoormesenchym, de hierin gelegen gehoorbeentjes en nog andere structuren omgeven worden door het epitheel van het cavum tympani, en in feite nu in de ruimte van het cavum tympani komen te liggen. In de postnatale periode treedt er lucht in het cavum tympani. Waarschijnlijk verdwijnt het vocht door resorptie, echter volgens WITMAACK zou het aflopen via de tuba. Het volwassen middenoor kenmerkt zich doordat het middenoormesenchym vrijwel geheel verdwenen is, waarbij het epitheel met de eronder gelegen subepitheliale laag tegen het periost van de benige begrenzing aan komt te liggen.

Een en ander is in grote trekken wel bekend. Minder bekend is dat de expansieve groei zich beperkt tot het middenoormesenchym, en dit nu een duidelijk bepaalde uitgebreidheid heeft. De grenzen hiervan zijn in de vroeg-foetale fase moeilijk aan te geven in tegenstelling tot het duidelijke epitheeloppervlak van het cavum tympani. Naarmate de ontwikkeling voortgang vindt, tekenen zich de grenzen van het middenoorgebied steeds duidelijker af. Vaak is het dan mogelijk de grenzen, welke tenslotte vastgesteld zijn in een foetale fase, in een embryonale fase op te sporen.

HET MIDDENOORGEBIED EN HET OMLIGGENDE WEEFSEL

Tijdens de embryonale fase neemt het mesenchym in het hoofdgebied aanzienlijk toe. Met deze toename ontstaan langzamerhand in het mesenchym van de eerste en de tweede viscerale boog celconcentraties. In het gebied van de eerste viscerale

bogen zien wij reeds vroeg in de ontwikkeling de verschillende delen van de gehoorbeentketen en de middenoorspijeren. Deze celconcentraties zijn moeilijk van elkaar te scheiden en niet nauwkeurig ten opzichte van elkaar te begrenzen. Waar het mesenchym van de bogen naar mediaal grenst aan het verdichte paraxiale mesenchym gelegen om de otocyste—het mesenchym dat later de binnenoorcapsel wordt—is echter wel een scherpe grens vast te stellen.

Het cavum tympani verdeelt het mesenchym van de eerste twee kieuwbogen in tweeën en ligt dus niet tussen de bogen (GOEDBLOED 1960). Aan de occipito-medio-craniale zijde van het cavum tympani—een richtingsaanduiding die al overeenkomt met die in de volwassen fase—liggen in de eerste kieuwboog als een blastoom de musculus tensor tympani en het crus longum incudis, in de tweede kieuwboog het blastoom van de stapes en van de musculus stapedius. Aan de tegenovergestelde zijde van het cavum tympani, dus aan de fronto-latero-caudale zijde, vinden wij het hamersteelgebied en het blastoom van de processus styloideus.

Het hamersteelgebied aan de ene zijde van het cavum tympani en de mesenchymverdichtingen van het crus longum en van de musculus tensor tympani aan de andere zijde, strekken zich verder naar lateraal uit dan de epitheliale ruimte. In dit gebied komen de laterale uitbreidingen van de bovengenoemde celconcentraties bij elkaar te liggen. Hier nu ontwikkelen zich het caput mallei en het corpus incudis. Het blastoom van de musculus tensor tympani zet zich voort in dat van de malleus; deze voortzetting wordt de pees van deze spier. Het gehele laterale gebied herkennen wij later in de ontwikkeling als de regio epitympanica, waar pas in de laat-foetale fase de expansieve uitbreidingen van het cavum tympani uit plaats vinden (BAST en ANSON 1949). Pas in die fase kunnen wij gaan spreken van het cavum epitympanicum.

Hoewel het middenoorgebied kenmerken van het volwassen middenoor in zich draagt, kunnen wij vooralsnog slechts enkele morfologische begrenzingen van dit gebied nauwkeurig omschrijven. Zo vinden wij aan de ene zijde de binnenoorcapsel, een verdichting van het paraxiale mesenchym om de zich ontwikkelende otocyste, die uiteindelijk het petrosum zal gaan worden. Aan de andere zijde vinden wij als begrenzing de epitheliale bekleding van het hamersteelgebied aan de zijde van de eerste viscerale groeve.

De grote verdienste van HOCHSTETTER (1951) is, dat hij gewezen heeft op de foutieve voorstelling van HAMMAR (1904), als zou het hamersteelgebied aan de zijde van de gehoorgang een epitheliale bekleding verkrijgen door ingroei van een epitheelplaat. HOCHSTETTER geeft namelijk aan dat de bodem van het „ventrale” gedeelte van de eerste kieuwgroeve, die al in de embryonale periode aan het hamersteelgebied grenst, de epitheliale bekleding van de membrana tympani wordt. Terwijl dus dit deel van de eerste kieuwgroeve bij de ontwikkeling van de membrana tympani en de gehoorgang betrokken wordt, wordt het „laterale” gedeelte van de eerste viscerale groeve opgenomen in de ontwikkeling van het uitwendige oor.

Het cranio-laterale deel van het middenoorgebied, de regio epitympanica, wordt aan mediale zijde ook begrensd door de binnenoorcapsel, naar craniaal door de processus perioticus, een plaat-vormige uitbreiding van de kapsel. Lateraal tegen deze uitbreiding ontwikkelt zich in de achtste week uit het mesenchym een benig schot, het pars tegmentalis squamosi. Het pars tegmentalis squamosi en de processus perioticus sluiten op elkaar aan en gaan samen het tegmen tympani vormen, de scheiding tussen het hersengebied en het middenoorgebied.

De caudo-mediale grens van het middenoorgebied, het solum tympani, is in de

embryonale periode nooit ter sprake gebracht. Wel wordt deze grens in de foetale periode aangegeven. Deze begrenzing zullen wij nader verklaren in het hoofdstuk over de transformatie in de foetale periode.

In de zesde week van de ontwikkeling worden de arealen steeds duidelijker. Het maken van een reconstructie van dit gebied wordt betrouwbaarder, aangezien de meest dubieuze grenzen wegvallen. Bij het maken van een reconstructie van de „blastoomfase” blijkt dat deze reconstructie groter is dan één vervaardigd van de „kraakbeenfase” (HANSON, ANSON en BAST 1958). Deze tegenstrijdigheid van kleiner worden in een later stadium kan verklaard worden door het feit, dat de dubieuze grenzen aanvankelijk niet goed weer te geven zijn en teveel perifeer getrokken worden.

In de regio epitympanica onderscheiden wij nu het corpus incudis enerzijds en het caput en het collum mallei anderzijds. Vanuit het collum mallei loopt in fronto-medio-caudale richting het kraakbeen van Meckel. In ongeveer dezelfde richting strekt zich de rand van het meest frontale gedeelte van het cavum tympani uit. Deze uitbreiding toont twee groeven, de sulcus tubo-tympanicus en de tensor tympani groeve (HAMMAR 1904; GOEDBLOED 1960).

In het begin van de foetale fase zien wij de volwassen verhoudingen in het middenoorgebied steeds meer in het substraat tot uitdrukking komen. Het cavum tympani vergroot zich en het bekledende epitheel differentieert zich. Het middenoormesenchym wordt steeds ijler, er ontstaan hier en daar grote intercellulaire ruimten en geleidelijk aan gaat dit weefsel verdwijnen. De elementen van de gehoorbeentketen vormen zich eerst in kraakbeen en komen vervolgens in een gearticuleerd verband te staan. In de laat-foetale fase gaan zij verbenen, met uitzondering van het kraakbeen van Meckel, dat verandert in een vezelig systeem. De in het begin van de ontwikkeling zo opvallende continuïteit van het middenoorgebied met het maxillo-mandibulaire gebied blijkt tenslotte met moeite terug te vinden te zijn in het substraat van de laat-foetale fase.

Het moge overbodig lijken de bovengenoemde continuïteit zo met nadruk te stellen. Indien men echter bij de analyse over de ontwikkeling van het menselijk cranium uitgaat van een reconstructie van slechts één menselijke foetus, zoals door REINBACH (1963) is gedaan, die dan over het Meckelse kraakbeen het volgende zegt: „Der mehr einwärts gebogene Anfangsteil entspricht dem späteren Processus anterior”, dan blijkt wel dat een eenzijdige beoordeling van het middenoorgebied en het niet onderkennen van een stadium als één moment in de ontwikkeling, leiden tot foutieve veronderstellingen. Het is reeds lang bekend dat het kleine dekbeentje, het goniale, gelegen aan de caudale zijde van het proximale gedeelte van het Meckelse kraakbeen, uiteindelijk de processus anterior van de malleus wordt, en dat het Meckelse kraakbeen volledig overgaat in een vezelig systeem.

Aan het eind van de embryonale ontwikkeling zijn de benige en kraakbenige begrenzingen van het middenoorgebied nog onvolledig. Zo is het tegmen tympani alleen in het occipitale deel als een kraakbenig schot te onderscheiden. De mediale begrenzing was reeds vroeg aanwezig, echter in het gebied van het ronde venster nog bijzonder onduidelijk. Dit geldt eveneens voor het zich erbij aansluitende solum tympani.

PROBLEEMSTELLING

In het voorafgaande hebben wij kunnen vaststellen hoe verschillende onderzoekers van uiteenlopende wetenschappelijke richtingen hebben bijgedragen tot de kennis van

de middenoorontwikkeling. Wij hebben vervolgens, voorzover dit mogelijk was met de bestaande gegevens, de ontwikkeling van het gehele middenoor beschreven. Een dergelijke beschrijving hebben wij in de literatuur niet kunnen vinden. De leemten in de analyse over de middenoorontwikkeling laten zich nu uit onze beschrijving beter afleiden. De literatuur van het middenoor kunnen wij groeperen in een drietal thema's.

Men vroeg zich af hoe het cavum tympani ontstaat en zich ontplooit. Hierbij bracht men ter verklaring voor het proces van de ontplooiing de volgende twee mogelijkheden naar voren: het toetreden van amnionvocht of lucht langs de tuba en het verdwijnen van het middenoormesenchym.

Men onderzocht de aanleg, de chondrogenese en de osteogenese van de gehoorbeenketen en de binnenoorkapsel. Het bleek hierbij, dat de verbeningsprocessen in dit gebied geheel afwijken van die welke wij elders in het lichaam kennen. Er ontstaan tussen de verbeningskernen van de binnenoorkapsel geen epiphysairschijven. Niet alle delen van het chondrocranium verbenen, immers het Meckelse kraakbeen verandert in een vezelig systeem. In beide voorafgaande gevallen heeft men meer aandacht besteed aan afzonderlijke processen in dit gebied dan aan hun verhouding ten opzichte van elkaar.

Het vergelijkend-anatomisch onderzoek betreffende de samenstelling van de benige en de kraakbenige grenzen van het middenoor vormt het derde thema. Verschillende structuren, zoals onder andere de canalis facialis en de canalis arteria carotis interna zijn zo duidelijk bij deze samenstelling van de begrenzendende elementen betrokken, dat het vergelijkend-anatomisch onderzoek ons een mogelijkheid geeft om op een andere wijze dan alleen door het onderzoek van menselijk materiaal tot een inzicht in de ontwikkeling van de begrenzing van het menselijk middenoor te komen.

Een beschouwing over het veranderd substraat van het gehele middenoor hebben wij in de embryologische handboeken niet kunnen vinden. Slechts één onderzoekster namelijk DOROTHY WOLFF (1939) beschrijft het middenoorgebied van een foetus van zes maanden. Omdat voor dit werk alleen een reconstructie is gemaakt van de binnenoorkapsel en omdat in de foetale fase van zes maanden reeds alle belangrijkste histologische en morfologische veranderingen hebben plaats gehad, heeft het werk weinig waarde vanuit een ontwikkelingsstandpunt bezien.

GOEDBLOED (1964) schrijft in zijn samenvatting dat het middenoor na de vroege ontwikkeling nog maar enkele differentiaties moet ondergaan, zoals de verbening van de binnenoorkapsel en de gehoorbeenketen, de vrijling van het middenoormesenchym en de uitbreiding van het lumen. Zijn mening is zeker juist, maar gaat voorbij aan het feit dat deze veranderingen histologisch en vooral morfologisch zeer gecompliceerd zijn, iets wat tot uiting komt in de vele publikaties hierover. Deze publikaties beperken zich echter steeds tot de histogenese van slechts enkele onderdelen van het middenoor. Ook wanneer wij de vroeg- en de laat-foetale fase tegenover elkaar plaatsen blijkt de aanzienlijke verandering. In een laat-foetale fase is het middenoor een met vocht gevulde ruimte, die grotendeels door het temporale complex begrensd is. In deze ruimte, het cavum tympani, is de gehoorbeenketen opgehangen. Deze keten strekt zich uit van het uitwendige oor naar het binnenoor. In de vroeg-foetale fase kunnen wij het middenoorgebied moeilijk begrenzen, zoals wij reeds beschreven hebben. Het cavum tympani is een spleetvormig lumen, de gehoorbeenketen ligt in het middenoormesenchym, terwijl het kraakbeen van Meckel als uitloper van de malleus zelfs het middenoorgebied verlaat.

Waar en in welk opzicht de literatuur met betrekking tot de ontwikkeling van het middenoor onduidelijk is willen wij nu puntsgewijs aangeven.

1. Men vindt naast elkaar beschrijvingen van elementen zonder enige samenhang. Het overzicht van de middenoorontwikkeling gaat verloren, doordat de beschrijvingen onderling weinig met elkaar uitstaande hebben. Dat wij uit deze geïsoleerde beschrijvingen van de ontwikkeling van afzonderlijke delen geen goed beeld krijgen, vooral van de late ontwikkeling, is naar voren gekomen bij de voorafgaande beschrijving van de middenoorontwikkeling.
2. Men maakt in de vroege ontwikkeling gebruik van een andere richtingsaanduiding dan in de late ontwikkeling. De continuïteit van het ontwikkelingsproces wordt hierdoor in de beschrijving onderbroken.
3. Men heeft het middenoor beschouwd als het ontplooiende cavum tympani. In feite is dit laatste slechts de middenoorholte. In het histologische onderzoek werden er wel andere mogelijkheden overwogen. Door het verdwijnen van het middenoormesenchym kwam namelijk het epitheel van het cavum tympani aan het periost te grenzen. Met andere woorden: de ontplooiing van de epitheliale ruimte wordt beperkt door het periost van de begrenzendende elementen. Hoe nu deze periostlaag met de daarbij behorende benige elementen zich morfologisch heeft gevormd, viel buiten de histologische analyse.

Uit deze bespreking volgen eigenlijk als vanzelfsprekend de verschillende problemen welke wij in dit onderzoek willen uitwerken.

In de eerste plaats achten wij een nauwkeurige omschrijving van de *richtingsaanduiding* van groot belang. Wij hebben dit al naar voren gebracht. Het lijkt overbodig op te merken dat, indien men opeenvolgende stadia van de vroege en de late ontwikkeling wil onderzoeken, men dezelfde richtingsaanduiding voor beide perioden dient te gebruiken. De vergelijking van de ontwikkeling in de vroege en de late periode is alleen zinvol als men zich in beide perioden op dezelfde wijze kan oriënteren.

In de tweede plaats willen wij *het gehele middenoorgebied* in opeenvolgende stadia analyseren, zodat dan de veranderingen van de verschillende componenten van het gebied niet uiteenvallen in een aantal beschrijvingen, waarbij de samenhang verloren gaat. Hiermee willen wij nagaan hoe de verschillende veranderingen *in de tijd* optreden. Deze veranderingen zijn alle bij elkaar onderdelen van de transformatie van het zich ontwikkelende middenoorgebied, die resulteert in de volwassen toestand.

In de derde plaats willen wij *de begrenzing van het middenoorgebied* nader onderzoeken. Slechts in de volwassen fase zijn wij ingelicht over de begrenzing van het gebied door het temporale. Hoe de drie elementen van het temporale een geheel worden heeft men zich in de literatuur nooit afgevraagd. Het vergelijkend anatomisch onderzoek heeft bij de indeling van de verschillende species in feite een begin met dit onderzoek gemaakt.

LITERATUUROVERZICHT VAN DE PLAATSELIJKE ONTWIKKELINGEN

De uitwerking van genoemde problemen was de aanleiding tot een nauwkeuriger onderzoek van twee nog nader aan te geven gebieden. Tijdens de ontwikkeling kan men zich namelijk niet onttrekken aan de veronderstelling, dat het kraakbeen van

Meckel aanvankelijk een onderdeel is van een gebied, dat in de ontwikkeling te onderscheiden is als één gebied, namelijk de eerste viscerale boog. Later is dit gebied verdeeld en hiermee wordt de continuïteit van het Meckelse kraakbeen—ook functioneel—verbroken. Voor een gedeelte ligt het Meckelse kraakbeen dan in het middenoorgebied, terwijl het andere gedeelte in het mandibulaire gebied te vinden is. Bij de omvorming van één gebied tot deze twee functioneel verschillende gebieden is de verandering van het Meckelse kraakbeen slechts één van de vele veranderingen welke plaatsvinden.

In een vroeg-foetale fase strekt het kraakbeen van Meckel zich als een zeer opvallende kraakbenige, staafvormige structuur uit van het tympanale naar het mandibulaire gebied. Bij een nauwkeurig onderzoek in de laat-foetale fase kunnen wij het in series terugvinden als het ligamentum anterius mallei in het middenoorgebied, vervolgens in een overgangsgebied tussen het petrosum en het tympanicum, dan in het mandibulaire gebied als een vezelige verbinding vanuit het overgangsgebied naar de mandibula en tenslotte als een structuur bij de mandibula gelegen. Deze verandering van het Meckelse kraakbeen zal nu als leidraad dienen voor het onderzoek naar de plaatselijke transformatie, waarbij de reeds genoemde scheiding tot stand komt.

Bij het Meckelse kraakbeen hadden wij te maken met een structuur welke zich in het begin van de laat-foetale fase discontinu voordoet. Wij zien iets dergelijks bij het ronde venster. Een continuïteit van mesenchym vinden we in de literatuur aangegeven tussen de fossula fenestrae rotundae en het foramen jugulare in de vroeg-foetale fase. Bij de ontwikkeling van het ronde venster ontstaat er een scheiding in het mesenchym dat nu deels bij de fossula en deels bij het foramen gaat behoren. In de literatuur spreekt men ook wel van de scheiding tussen het cavum tympani en het cavum cranii. Het feit dat in een vroeg-foetale fase een scheiding in dit gebied althans in reconstructies allerminst duidelijk is, heeft aanleiding gegeven tot de veronderstelling dat er een continuïteit zou bestaan tussen het hersengebied en het middenoorgebied. Het zou dus een gebied zijn dat zich in de vroeg-foetale fase continu voordoet.

In de volgende bladzijden zullen wij de problemen die voortvloeien uit de beschouwing van de in de literatuur bestaande gegevens van het middenoor voor wat betreft het kraakbeen van Meckel en het ronde venster nader uitwerken. Daarbij zullen wij de literatuur over de volwassen anatomie van deze gebieden bespreken en de sporadische gegevens over de ontwikkeling releveren. Voorts zullen de vragen die men zich bij eerder verrichte onderzoeken stelde worden behandeld en tevens de redenen waarom wij menen dat deze vragen slechts een deel van dit probleem raakten en waarom een aantal essentiële vragen niet gesteld werden. Ook hier zal het nodig zijn vooruit te lopen op enkele hoofdlijnen van ons eigen onderzoek.

De verdeling van het kraakbeen van Meckel

Terwijl in een vroeg-foetale fase het Meckelse kraakbeen een duidelijke en opvallende structuur is, zoekt men er in een laat-foetale fase dikwijls tevergeefs naar. Slechts bij een nauwkeurige topografische oriëntering laat het zich uiteindelijk onderscheiden; een gedeelte ligt nu in het tympanale gebied en een ander gedeelte in het maxillo-mandibulaire gebied. Het dringt van het ene naar het andere gebied tussen het tympanicum en het petrosum door.

De verdeling van het Meckelse kraakbeen hangt ten nauwste samen met de ontwikkeling van het secundaire kaakgewricht ofwel het temporo-mandibulaire ge-

wricht. De filogenetische omvorming van het primaire naar het secundaire kaakgewricht, bekend als de Reichert-Gaupp'se theorie, heeft in de vorige eeuw sterk de aandacht getrokken. In deze theorie wordt evenwel alleen rekening gehouden met de benige en kraakbenige elementen, zodat aan het tot een vezelige structuur gevormde Meckelse kraakbeen in de laat-foetale fase geen aandacht meer wordt geschonken.

Vanuit het standpunt van de functionele eenwording van het middenoorgebied verliest dit filogenetische onderzoek zich nu in een los geheel van hoe langer hoe minder bij elkaar horende ontwikkelingsprocessen. Zo kan de ontwikkeling van de mandibula met het ontstaan van een heterodont gebit (STARCK 1955) immers uiteindelijk voor het ontstaan van het functioneel-morfologisch beeld van het middenoor geen rol spelen.

In een vroeg-foetale fase zijn het middenoorgebied en het maxillo-mandibulaire gebied één geheel. Het Meckelse kraakbeen strekt zich als een langgerekte kraakbenige staaf van het ene naar het andere gebied uit. Wij hebben ons de vraag gesteld wanneer de grens van het middenoorgebied met het maxillo-mandibulaire gebied tot stand komt en wat op dat tijdstip gebeurt met het Meckelse kraakbeen. Deze vraag leidde tot een andere, namelijk hoe een overgangsgebied gaandeweg in de ontwikkeling tot stand komt. Onder dit gebied verstaan wij een gebied waarin wij de verbindingen vinden van het maxillo-mandibulaire gebied naar het middenoorgebied en dat noch bij het ene noch bij het andere in te delen is. In dit licht gezien is de opmerking van BOSSY en GAILLARD (1963) „Nous n'avons pas trouvé aucun travail sur l'organo-génèse du ligament sphéno-mandibulaire” zeer goed te begrijpen.

LANDSMEER (1956) heeft in zijn publikatie „Het kaakgewricht tijdens de embryonale ontwikkeling” indirect gewezen op bovengenoemde scheiding van gebieden. Bovendien vestigde hij de aandacht op vezelstructuren welke uit de malleus ontspringen en opgenomen zijn in een gericht systeem met zonale bouw, waarin naast de genoemde vezels ook het mesenchym van de discus articularis en ook de musculus pterygoideus externus liggen. Voor deze vezelige verbinding zou in de volwassen situatie evenmin als voor het Meckelse kraakbeen plaats zijn. Wij kunnen nu veronderstellen dat de vezelige verbinding deels bij het middenoorgebied en deels bij het mandibulaire gebied gaat behoren, terwijl het ertussen gelegen traject in het overgangsgebied komt te liggen. Zoals uit ons onderzoek zal blijken speelt een benige uitbreiding van het petrosum een belangrijke rol bij het tot stand komen van de volwassen situatie.

Een beschrijving over de ontwikkeling van het Meckelse kraakbeen geven ook RICHANY, BAST en ANSON (1956). Ook hier weer slechts de histogenese van dit systeem. Zij wijzen echter op de spina angularis van het sphenoidium die bij de voortgang van de verbening het traject van het Meckelse systeem raakt op de plaats waar het uit de sutura petro-tympanica treedt. Door het contact van deze twee kunnen wij gaandeweg onderscheiden het ligamentum sphenomandibulare en het ligamentum anterius mallei. In dit artikel vindt de sutuurvorming tussen het petrosum en het tympanicum geen vermelding.

In het embryologieboek van AREY of in dat van HAMILTON en BOYD vindt deze problematiek geen vermelding. STARCK (1955) benadrukt de filogenese, hetgeen voor ons geen uitkomst kan bieden. Men kan dus wel stellen dat slechts enkele hoofdpunten van deze ontwikkeling bekend zijn en dat deze behandeld worden in verband met heel andere problemen.

Uit het grote aantal onderzoekers die nog steeds worden genoemd met betrekking tot het onderzoek van de volwassen verhoudingen in het overgangsgebied blijkt

wel, dat de topografische verhoudingen niet eenvoudig zijn. Een van de oudste onderzoekers die zijn naam aan dit gebied verbonden heeft is GLASER, in de zeventiende eeuw hoogleraar te Straatsburg. Het overgrote deel van de handboeken beschouwt de sutura petro-tympanica als de fissuur van Glaser. Dat de meningen hierover niet eensluidend zijn hangt wel samen met de gecompliceerde verhoudingen in dit gebied, waar juist de drie onderdelen van het temporale te weten het petrosum, het squamosum en het tympanicum in een bijzondere relatie tot elkaar staan.

In het handboek van POIRIER wordt in het deel over de osteologie een beschrijving van de suturen gegeven zoals deze in de occipitale wand van de fossa mandibularis te zien zijn. Aanvankelijk noemt men het geheel van spleten de „*scissure de Glaser*”, terwijl men verderop hierop terugkomt en van „*scissure de Glaser proprement*” spreekt. In het deel betreffende de zintuigen wordt in de voorste wand van de middenoorholte de fissuur van Glaser aangegeven als een spleet gelegen tussen de tuba-opening en het bovenste einde van de sulcus tympanicus. Door deze sutuur loopt de arteria tympanica anterior en het ligamentum anterius mallei. Door een kleinere opening craniaal gelegen van de sutuur, de toegang tot het „canal de Huguier”, treedt de chorda tympani uit de middenoorholte.

In „*Traité d'anatomie humaine*” van TESTUT vinden wij in het deel over de osteologie de volgende beschrijving. In zijn laterale deel is de fissuur van Glaser *eenvoudig*, hetgeen wil zeggen, dat het squamosum en het tympanicum hier tegen elkaar liggen. Naar mediaal wijken deze elementen uit elkaar en in de onderbreking plaatst zich een deel van het petrosum. De fissuur van Glaser is nu *samengesteld*. Met andere woorden: de sutuur vertakt zich van lateraal naar mediaal. Het uitpuilende deel van het petrosum wordt in dit handboek aangegeven als een „*hernia du tegmen tympani*”. Aan de tympanale zijde van de fissuur van Glaser vinden wij een merkwaardig detail in figuur 191 op blz. 192 (fig. 40). De sutura petrotympanica wordt namelijk door een spina verdeeld in een lateraal en een mediaal gedeelte. Merkwaardig is nu, dat alleen het mediale gedeelte in de tekst genoemd wordt, als de doorgang van enkele structuren, en dat men het laterale gedeelte negeert. Ook de wat eenvoudiger voorstelling van POIRIER over het „canal de Huguier” maakt hier plaats voor een andere, dit waarschijnlijk naar aanleiding van een onderzoek van BELLOCQ. In het deel betreffende de zintuigen wordt dit nader uiteengezet. Een kanaal in het benige complex van het temporale, dat aan de frontale zijde van het middenoorgebied begint, splitst zich vrijwel direct na het begin. In de laterale tak liggen de arteria tympanica anterior en de vezels van het ligamentum anterior van de malleus. De mediale tak van het kanaal, dat gevormd wordt door een uitbreiding van het tegmen tympani petrosi en het tympanicum, is het „Canal de Huguier” waarin de chorda tympani gelegen is.

Ook in PATURET's handboek vinden wij aangegeven dat de fissuur van Glaser zich splitst. Hier wordt gesproken over *primaire* en *secundaire* suturen. De splitsing vindt plaats door een uitbreiding van het tegmen tympani petrosi. Deze uitbreiding draagt nu vele namen en deze zijn in het hierna volgende opgesomd naar het handboek van PATURET. Zo kennen wij „*prolongement de tegmen tympani*” van Grüber, „*lame pétreuse descendante*” van Mouret en „*pars fissurae*” van Frey. In weer andere boeken kan men voor dezelfde structuur nog wel enkele andere benamingen vinden.

In de Franse literatuur vinden wij geen gegevens over de verhoudingen van het tympanicum in zijn medio-frontale gedeelte. Voor een inzicht in dit gebied is dit echter noodzakelijk. In het werk van TANDLER vinden wij een voortreffelijke afbeelding van juist deze verhoudingen (fig. 39). Na verwijdering van het petrosum

uit het temporale complex bezien wij in deze afbeelding van mediaal het overgebleven en aan elkaar gevoegde deel van het squamosum en het tympanicum. Heel duidelijk weergegeven is de crista spinarum, welke aan de mediale zijde van het voorste been van het tympanicum gelegen is. TANDLER is ook nauwkeuriger in zijn beschrijving over de sutura petro-tympanica Glaseri. Hij stelt dat de suturen als geheel de vorm van een Y hebben, waarbij de vork naar mediaal wijst. De sutura tympano-squamosa splitst zich naar mediaal in de sutura petro-tympanica en in de sutura petro-squamosa. Fijnere kanalen voor zenuwen en vaten vinden in dit werk geen vermelding in tegenstelling tot de reeds genoemde franse werken. Bovendien is de aanduiding van de processus tympanicus posterior niet juist aangegeven.

Uit het voorafgaande kunnen wij vaststellen dat de voorste begrenzing van het middenoorgebied, of de achterste begrenzing van het mandibulaire gebied, tot stand wordt gebracht door het complex van het temporale, dat juist in dit gebied gecompliceerd in elkaar grijpt. Door de suturen lopen de chorda tympani en de arteria tympanica anterior. Het ligamentum anterior mallei blijkt tot ver in de sulcus tympanicus te lopen.

Wij willen ons nu verdiepen in de gegevens over de ligamenteuze en aponeurotische structuren aan de mandibulaire zijde van het overgangsgebied in de volwassen periode, omdat wij in het onderzoek willen nagaan waar de vezels van het veranderde Meckelse kraakbeen terug te vinden zijn. Het belangrijkste onderzoek over deze verhoudingen is van HOVELACQUE en VIRENQUE (1913). Deze nemen ook de chorda tympani in hun beschrijving op hetgeen voor een vergelijking van de gegevens verkregen met behulp van series van belang is.

Laatstgenoemde onderzoekers onderscheiden naast een aponeurose interpterygoidea ook een aponeurose pterygo-temporo-mandibulare. De eerste is veel opvallender en steviger dan de tweede. Onze belangstelling zal voornamelijk uitgaan naar de verhoudingen van de vezelige structuren in het cranio-occipitale gedeelte van het mandibulaire gebied, dus bij het overgangsgebied.

De aponeurose interpterygoidea is craniaal aangehecht aan de sutura tympano-squamosa, de sutura petro-squamosa, occipitaal en mediaal van de spina angularis, en verder aan het sphenoideum mediaal van het foramen spinosum, het foramen ovale en de fossa pterygoidea. Naar latero-occipitaal heeft deze aponeurose een vrije rand. Enkele vezelverdichtingen laten zich in deze structuur onderscheiden, namelijk het „ligament pterygo-épineux” of het ligament van Civini en het ligamentum spheno-mandibulare. Dit laatste ligament kunnen wij verdelen in het ligamentum spheno-mandibulare in engere zin, dat van de occipitale en mediale basis van de spina angularis van het sphenoideum naar de mandibula loopt, en daarnaast het „ligament maxillo-glaserien”. Het merkwaardige doet zich dus voor dat in dit gebied een ligament aangehecht is in een sutuur en wel de sutura tympano-squamosa en de sutura petro-squamosa.

De aponeurose pterygo-temporo-mandibulare is minder opvallend. Deze is frontaal aangehecht aan een gedeelte van de mediale lamel van het pterygoideum, vervolgens langs het ligament van Hyrtl, aan het sphenoideum lateraal van het foramen ovale en foramen spinosum en aan de mediale wortel van de processus zygomaticus.

Terwijl de aponeurose interpterygoidea naar latero-occipitaal een vrije rand heeft, is juist de aponeurose pterygo-temporo-mandibulare aangehecht aan de ramus ascendens van de mandibula. Tussen de genoemde aponeurosen ligt een gebied waarin de vertakkingen van de nervus mandibularis gelegen zijn. De chorda tympani

loopt aan de mediale zijde van de spina angularis in caudo-frontale richting naar de nervus lingualis. In zijn gehele verloop ligt de chorda tympani lateraal van de aponeurose interpterygoidea. De chorda tympani wordt begeleid door een arterie die naar de fissuur van Glaser loopt, de arteria tympanica anterior.

De gegevens over de plaatselijke verandering van het Meckelse kraakbeen in het overgangstraject van het tympanale gebied naar het mandibulaire gebied hebben wij als volgt behandeld: enerzijds is de literatuur besproken over de verandering van het kraakbeen van Meckel, anderzijds is een overzicht gegeven over de gegevens van de suturen in het overgangsgebied van het middenoor naar het spatium retro-mandibulare. Hieruit blijkt dat de scheiding in de eerste viscerele boog, waarbij mogelijk ook andere systemen dan alleen het Meckelse kraakbeen betrokken zijn, nog niet onderzocht is.

De fossula fenestrae rotundae

De mediale begrenzing van het middenoorgebied is de binnenoorkapsel. Zoals wij reeds opmerkten was deze begrenzing in het caudale gedeelte niet duidelijk, hetgeen aanleiding gaf een continuïteit te veronderstellen van het middenoorgebied naar het hersengebied. Deze continuïteit zou in de ontwikkeling onderbroken worden door een schot. Het is nu onze bedoeling dit proces nader te onderzoeken. Het betreft hier eigenlijk de mediale wand van de fossula fenestrae rotundae, die zich in de vroeg-foetale fase ontwikkelt.

De bestudering van de fossula fenestrae rotundae werd in allereerste instantie al bemoeilijkt door de onduidelijke beschrijvingen en afbeeldingen van dit gebied in de volwassen fase. Bovendien was het niet mogelijk om ons op een gemakkelijke wijze door middel van een macrodissectie te oriënteren en daarmee een inzicht te krijgen in de volwassen topografische verhoudingen van de fossula. Niet alleen was dit niet eenvoudig door een bijzonder verzonken ligging in het middenoorgebied, maar ook door de kleine dimensies van de fossula, waarbij voor de expositie een prepareermicroscop noodzakelijk was.

Velen geven een misleidend beeld, door bij de afbeeldingen van een lateraal aanzicht van de mediale wand van het cavum tympani de fossula fenestrae rotundae aan te duiden met de fenestra rotunda, hetgeen feitelijk wil zeggen, dat de membrana tympani secundaria in deze opening zou liggen. Bij een eerste waarneming van de mediale wand ziet men de bodem van het cavum tympani in de fossula oplopen, waaruit duidelijk blijkt dat de opening waarin de membraan ligt uitgespannen ergens in de diepte van de nis moet liggen.

In het handboek der topografische ontleedkunde van JOS HYRTL uit 1864, vertaald door HANLO, vinden wij de volgende beschrijving over de membrana tympani secundaria: „Ik zie alleen, dat men bij het lijk, na wegsnijding van het trommelvlies de membrana tympani secundaria niet in het gezigt krijgt, en weet ook, dat men haar daarom niet kan zien, omdat dit vliesje niet oppervlakkig over de rand van het ronde venster gespannen is, maar op eenigen afstand van den rand in het binnenste der scala tympani van de cochlea gelegen is”. Deze waarneming is juist, alleen de interpretatie van de gegevens is onduidelijk.

Iets dergelijks doet zich ook voor in het vergelijkend anatomisch onderzoek van dit gebied. DE BEER (1900) meende, uitsluitend op grond van het onderzoek van chondrocrania van zoogdieren, dat de membrana tympani secundaria uitge-

spannen lag in de apertura externa van de fossula fenestrae rotundae, door hem dus aangeduid met fenestra rotunda. SITT (1943) toonde aan dat dit niet juist was, althans niet bij de *Rhinolophus rouxii* (hoefijzervleermuis).

Bij het raadplegen van de Franse anatomische werken vielen ons de volgende punten op. In de „Traité d'anatomie humaine” van POIRIER vonden wij slechts een oppervlakkige beschrijving, waarin aangegeven is, dat de membraan in de diepte van de fossula ligt. Wel kan men van de afbeeldingen van de doorsneden van het os temporale, welke geschematiseerd zijn, een indruk krijgen over de relatie van de fossula fenestrae rotundae met de scala tympani. De descriptie in het werk van TESTUT is duidelijker. De afbeeldingen zijn minder geschematiseerd en geven meer informatie. Heel duidelijk zien wij hoe de scheidingswand van de scalae, die in de basale winding een sagittale positie inneemt, naar het vestibulum toe geleidelijk van positie verandert om tenslotte de bodem van het vestibulum te gaan vormen. PATURET geeft ons geen nadere informaties. De weergegeven verhoudingen van beide voorgaande werken zijn ontleend aan het onderzoek van BELLOCQ.

Uit dit overzicht van de standaardwerken uit de Franse literatuur blijkt wel hoe onvolledig wij ingelicht zijn over de topografische verhoudingen van het ronde venster. Hetzelfde geldt voor de Duitse anatomische handboeken, hoewel de Duitse auteurs dit gebied wat problematischer hebben gezien, zoals reeds uit de beschrijving van HYRTL is af te leiden.

SIEBENMANN (1897) als enige uitzondering geeft in het handboek van VON BARDELEBEN een uitstekende beschrijving van de begrenzingen van de fossula en de fenestra. Zo merken wij hierin op, dat de membraan verdeeld wordt in een gedeelte, waarvan de insertie samenvalt met de basis van de laminae spirales en een gedeelte, dat daarvan afbuigt en dat aangehecht is aan de crista semilunaris. Hoe de verhoudingen zijn met de omliggende structuren wordt nauwelijks besproken. Het vermelden waard is echter de opmerking dat aan tympanale zijde van de membraan resten liggen van het middenoormesenchym, die als losse strengen in de fossula zijn uitgespannen. PERNKOPF (1963) geeft aan dat het gebied bij de dissectie het beste te benaderen is vanuit de fossa cranii media.

Pas in 1953 is de volwassen topografie van dit gebied duidelijk aan de orde gesteld door ANSON en BAST. Door een analyse van opeenvolgende stadia komen deze onderzoekers tot een meer verantwoorde descriptie van de onderlinge structuren in dit gebied. Door slechts de ontwikkeling van de binnenoorkapsel in het gebied van het ronde venster als thema van hun onderzoek te kiezen, beperken ANSON en BAST zich tot de beschrijving van deze kapsel, zodat het onderzoek van het substraat van de fossula oppervlakkig te noemen is. Op de motivering van deze uitspraak komen wij in het desbetreffende hoofdstuk terug, doch wij willen alvast opmerken dat er geen aandacht besteed wordt aan de histologische verschillen in de fossula zelf. ANSON en BAST beschouwen het substraat als een homogeen mesenchymgebied, waarin tijdens de vroeg-foetale fase een schot groeit dat het gebied in tweeën gaat verdelen.

FRICK (1953), die bijzonder beïnvloed is door de filogenetische theorieën, geeft —merkwaardigerwijs in hetzelfde jaar als ANSON en BAST—een duidelijke morfogenetische beschrijving van de fossula van de vleermuis aangevuld met enkele opmerkingen ten aanzien van deze ontwikkeling bij de mens. De opzet van zijn onderzoek was de ontwikkeling van de fenestra rotunda in de ontogenese te vervolgen om bepaalde aan de benige schedel aanwezige structuren terug te voeren op overeenkomstige structuren van het chondrocranium. Het belangrijkste van dit onderzoek voor ons

is evenwel dat de filogenetische beschouwing, zoals wij deze tegenkomen bij GAUPP en DE BEER in hun analyse van dit gebied, hier al plaats maakt voor een ontogenetische, die het gehele substraat van dit gebied in de analyse betreft. Hier geldt dan echter weer dat ten gevolge van de histogenetische processen een vergelijking tussen het chondrocranium en de volwassen schedel niet zonder meer mogelijk is (BOK 1964).

Vanuit een ontogenetisch standpunt blijkt dat ook de positie van de ductus perilymphaticus in de aquaeductus cochlearis van belang is. Deze ductus is echter bij de mens gereduceerd tot een bindweefselstreng. In een foetale fase loopt de ductus van de scala tympani naar de arachnoïdale ruimte om de nervus glossopharyngeus in het foramen jugulare. Er zijn slechts enkele onderzoekers zoals TANDLER en TESTUT die de apertura interna van de aquaeductus cochlearis—dus de opening aan labirynthaire zijde—afgebeeld hebben.

Ten slotte willen wij wijzen op het bestaan van een groot aantal publikaties die de histogenese van de ductus perilymphaticus behandelen en waarbij functionele kwaliteiten van de ductus besproken worden. De auteurs merken hierbij op, zoals WALTNER (1945) en WINCKLER (1964), dat de morfologische ontwikkeling van het benige kanaal waarin de ductus gelegen is niet helemaal duidelijk is.

Resumerend kunnen wij zeggen dat wij in de literatuur over de veranderingen bij de fossula fenestrae rotundae geen voldoende gegevens hebben kunnen vinden, hoewel ANSON en BAST over de volwassen topografie enerzijds en FRICK over de morfogenese anderzijds belangrijk werk hebben verricht. Zij zijn het er over eens dat dit gebied van belang is voor een goed begrip van de mediale afsluiting van het cavum tympani. Zij zijn echter in hun onderzoek te veel ingegaan op de benige en de kraakbenige structuren, waardoor het tussenliggende substraat buiten hun beschouwing is gebleven.

De verhoudingen in de fossula met enkele facetten zoals de positie van de membrana tympani secundaria en de mediale begrenzing van de fossula willen wij behandelen in hoofdstuk IV.

HOOFDSTUK II

HET AANDUIDEN VAN DE RICHTING

INLEIDING

Tot op heden heeft men verondersteld dat het gehele middenoorgebied een geleidelijke draaiing in het zich ontwikkelende hoofd ondergaat. Deze geleidelijke draaiing zou plaats vinden om een as, welke vóór het middenoorgebied is gelegen, een hoek met het sagittale vlak maakt en aboraal gericht is.

Naast deze veronderstelde verandering van positie van het gehele middenoorgebied heeft men ook nog een andere positieverandering geponeerd en wel die van het vlak van de annulus tympanicus dat zich ten opzichte van het horizontale vlak zou oprichten. Men meende dat hiermee de luminisatie van de uitwendige gehoorgang verklaard zou kunnen worden.

De conclusies over de vastgestelde draaiing van het middenoorgebied berusten op waarnemingen uitsluitend aan reconstructies verricht. Bij het vervaardigen van deze reconstructies uit series ging men echter merkwaardigerwijs voorbij aan een bepaling van de snijrichting van deze series, hetgeen juist het uitgangspunt voor een bepaling van de positieverandering van het middenoorgebied in het hoofd behoorde te zijn. Dergelijke veranderingen kunnen immers onmogelijk vastgesteld worden uit een vergelijking van reconstructies van het middenoorgebied alleen, zonder daarbij over een positiebepaling van de reconstructies te beschikken.

Bij de beschrijving van de verandering van de stand van de annulus tympanicus tijdens de ontwikkeling heeft men veelal gebruik gemaakt van frontale series van het middenoorgebied van slechts een zijde. Bij de plaatsbepaling met behulp van coupes uit dergelijke series wordt dan ook de medio-laterale richting een onbekende, en een bepaling van de standverandering is dan wel zeer dubieus. In feite is het ons inziens onmogelijk een standverandering uit dergelijke ongeoriënteerde series af te leiden.

MATERIAAL

In dit onderzoek hebben wij voor plaatsbepalingen in het zich ontwikkelende hoofd gebruik gemaakt van transversale, horizontale, frontale en sagittale series van menselijke specimen. Bovendien beschikken wij over zijdelingse opnamen van deze specimen. Het vervaardigen van reconstructies was voor dit onderzoek niet noodzakelijk, zoals in dit hoofdstuk nog zal blijken.

ONDERZOEK EN BESPREKING

Bij sagittale series kunnen wij vaststellen, dat sagittaal de enige snijrichting van het specimen is, die ondubbelzinnig vaststaat. Bij de transversale, horizontale en frontale series is deze situatie echter heel anders. Men heeft immers het transversale, het horizontale en het frontale vlak door de keuze van een bepaald aantal punten

kunstmatig vastgelegd. Alle drie de vlakken hebben onderling gemeen dat zij het vlak van symmetrie loodrecht snijden. Het transversale vlak is voor het vervaardigen van series van embryo's wel het meest onduidelijke. Het suggereert immers een bepaalde as van de romp, die zeker in de ontwikkeling allerminst vaststaat. Zouden wij een dergelijke as toch willen aannemen, dan blijkt dat de richting van de aansnijding van het hoofd in de op elkaar volgende stadia steeds een andere is, aangezien het hoofd zich ten opzichte van de romp ontkromt. Natuurlijk blijft het snijvlak steeds loodrecht op de genoemde as. Zo kunnen wij vaststellen dat de transversale series aanvankelijk het hoofd frontaal aansnijden terwijl zij tenslotte later in de ontwikkeling te vergelijken zijn met horizontale series, waarbij de snijrichting steeds loodrecht op het mediane vlak en op de as van de romp gebleven is. Deze oriëntatie van het zich ontwikkelende hoofd ten opzichte van een as, die bepaald wordt door structuren, welke buiten het hoofd gelegen zijn, en die zich bovendien in de vroege ontwikkeling ten opzichte van het hoofd wijzigt, geeft aanleiding tot moeilijkheden. Men is dan ook verschillende richtingsaanduidingen gaan gebruiken.

Om verwarringen te voorkomen heeft men voor de beschrijving in de vroege ontwikkeling zo veel mogelijk een richtingsaanduiding gekozen die refereert aan de as van de tractus digestivus, zoals deze in het hoofdgebied gelegen is. Zo spreekt men van oraal en aboraal, waarbij dan loodrecht op deze oraal-aborale gerichtheid en op de medio-laterale gerichtheid de ventrale en de dorsale richting bepaald zijn. Doordat deze oraal-aborale gerichtheid in het hoofdgebied van richting verandert, wijzigt zich ook de ventro-dorsale gerichtheid. Tijdens de fase na de ontkromming maakt men van deze richtingsaanduiding voor het middenoorgebied geen gebruik meer en gaat men over op de aanduiding die in de volwassen fase toegepast wordt.

De beschrijvingen van het middenoor in de vroege ontwikkeling en in de late ontwikkeling kunnen door het gebruik van verschillende richtingsaanduidingen, juist waar het om plaatsbepalingen gaat, niet direct met elkaar vergeleken worden. Het is immers zo, dat de richting van de punt van de tong in de vroege ontwikkeling aangeduid wordt met oraal, in de late ontwikkeling echter met ventraal, terwijl het begrip ventraal ook in de vroege ontwikkeling gebruikt wordt maar hier een heel andere richting aanduidt. Deze situatie leidt nu tot veel verwarringen en vertroebelt het inzicht in de analyse van de opeenvolgende stadia door een kunstmatige verdeling van de ontwikkeling in perioden, waarbij men in elke periode gebruik maakt van een andere richtingsaanduiding.

In onze inleiding hebben wij reeds vastgesteld dat de ontwikkeling van het middenoorgebied in twee perioden wordt ingedeeld. Het blijkt dat de periode van de vroege ontwikkeling, waarin de as van de tractus digestivus gebruikt wordt voor de richtingsaanduiding, samenvalt met de periode van de aanleg van de verschillende structuren en elementen uit het tot het middenoor behorende kieuwboogmesenchym. In de late ontwikkeling beschrijft men de histomorfologische differentiaties van de verschillende delen van het middenoorgebied en men maakt hierbij gebruik van de volwassen richtingsaanduiding. Wij kunnen hiermee vaststellen dat er in de literatuur een scherpe scheiding bestaat in twee perioden. Deze scheiding in het ontwikkelingsproces willen wij nu overbruggen, waarbij wij allereerst aandacht willen schenken aan de positie van het middenoorgebied gedurende de gehele ontwikkeling.

Met behulp van een gelijkblijvende richtingsaanduiding gedurende de gehele ontwikkeling is het mogelijk nader te onderzoeken hoe het in de literatuur gestelde draaiingsproces van het middenoorgebied, dat een ingrijpende topografische ver-

andering met zich mee zou brengen, in het hoofd plaats vindt. Voor dit onderzoek hebben wij gebruik gemaakt van laterale opnamen van specimina in opeenvolgende stadia. Ook vergeleken wij enkele kenmerkende structuren in coupes van de sagittale series.

Wij zijn uitgegaan van de situatie waarin de romp zich ten opzichte van het hoofd ontkromt, en niet zoals men gebruikelijk is te stellen het hoofd ten opzichte van de romp. Voor een onderlinge vergelijking van de na elkaar volgende stadia is het immers noodzakelijk enkele overeenkomende structuren *qua positie op dezelfde wijze* weer te geven. Wij hebben hiervoor gekozen in het mediane vlak de basale plaat en in een paramediaan vlak het horizontale kanaal. Voor de laterale opnamen van een ontwikkelingsreeks van vroege tot en met late stadia maakten wij gebruik van de gegevens uit het onderzoek van HOCHSTETTER over de ontwikkeling van de gehoorgang en de oorschelp. De richting van deze laterale opnamen is onafhankelijk van de mate van ontkromming.

A. De positie van het horizontale kanaal

Het is bekend dat het horizontale kanaal een hoek maakt van ongeveer 30 graden met de „Deutsche Horizontale of de Frankfurter Ebene”. Dit is een vlak dat men zich voorstelt te lopen door de bovenrand van de meatus acusticus externus en de onderrand van de orbita. Op grond hiervan zouden wij kunnen aannemen, dat een vlak, dat tijdens de ontwikkeling een hoek maakt van ongeveer 30 graden met het vlak van het horizontale kanaal, een oriëntatievlak is, dat aan het eind van de ontwikkeling evenwijdig loopt met de „Deutsche Horizontale”.

Wij hebben de stand van het zich ontwikkelende middenoor vastgelegd met behulp van het horizontale kanaal. De twee afbeeldingen fig. 1 en 2 stellen sagittale coupes door het middenoorgebied van één stadium uit de vroege en van één stadium uit de late ontwikkeling voor. De lijn l_{hk}, die door beide crura van het horizontale kanaal loopt, is de snijlijn van het vlak van het horizontale kanaal met een parasagittaal vlak of het vlak van de coupe. De lijn l_h, die een open hoek maakt van ongeveer 30 graden in frontale richting, is een snijlijn van het oriëntatievlak met het sagittale vlak.

Indien wij het middenoorgebied in deze twee afbeeldingen analyseren, dan blijkt het volgende. In de vroege ontwikkeling strekt het cavum tympani zich uit van fronto-craniaal naar occipito-caudaal (fig. 1). Het meest fronto-craniaal gelegen punt is een deel van de margo tubo-tympanica (HAMMAR). Dit is het diepste punt van de sulcus tubo-tympanicus die het eerste kieuwbogengebied in tweeën verdeeld heeft (GOEDBLOED). Het meest occipito-caudaal gelegen punt van het cavum tympani is een deel van de margo tympanica posterior. Aan de fronto-caudale zijde van het cavum tympani ligt het hamersteelgebied met de meatus acusticus externus. Aan de occipito-craniale zijde vinden wij het stapesgebied.

In de late ontwikkeling blijkt nu bij dezelfde oriëntatie ten opzichte van het horizontale kanaal, dat de structuren positioneel niet veel veranderd zijn (fig. 2). Het hamersteelgebied is op dezelfde plaats terug te vinden als de lamina propria van de membrana tympani en het manubrium van de malleus, met aan de ene zijde hiervan de epitheelplaat van de meatus acusticus externus en aan de andere zijde het cavum tympani. De stapes, die zich uit het stapesgebied ontwikkeld heeft, ligt nog steeds aan de occipito-craniale zijde van het cavum tympani omgeven door het middenoormesenchym. De onderlinge positie van de verschillende delen van

het middenoorgebied is dus niet gewijzigd in de twee steeds gescheiden gehouden perioden van de ontwikkeling, wel zijn er aanzienlijke histomorfologische veranderingen opgetreden.

B. De positie van de basale plaat

Voor de vergelijking van de midsagittale coupes qua positie hebben wij de basale plaat gekozen, omdat wij menen aan deze structuur een bepaalde richting te kunnen toekennen. Uit de reeks van de midsagittale coupes van opeenvolgende stadia hebben wij wederom uit ieder der twee naast elkaar staande perioden een afbeelding van een coupe gekozen. In de figuur 3 van de midsagittale coupe van een specimen van zeven weken is de basale plaat zo geplaatst, dat de richting hiervan overeenkomt met de richting van de clivus Blumenbachii, waarbij dan het volwassen hoofd georiënteerd is door middel van de „Deutsche Horizontale”. Op dezelfde wijze is ook de midsagittale coupe van een stadium van twaalf weken weergegeven (fig. 4).

Uit de vergelijking van deze twee afbeeldingen blijkt wel dat de romp zich ten opzichte van het hoofd ontkromd heeft. Hieruit laat zich de geleidelijke verandering van de snijrichting bij de transversale series in de opeenvolgende stadia afleiden. Aanvankelijk zijn het meer frontaal gerichte series, terwijl later in de ontwikkeling de snijrichting meer horizontaal wordt.

Bovendien kunnen wij constateren, dat de as van de tractus digestivus in beide ontwikkelingsperioden in het gebied van het hoofd op dezelfde wijze gebogen is. Voor structuren die in de omgeving van de tractus digestivus liggen blijft deze richtingsaanduiding zeker bruikbaar, hoewel het feit dat de orale richting verandert toch wel een bezwaar is. Voor het middenoorgebied, dat tijdens de ontwikkeling van het mediane gebied geïsoleerd raakt, is het echter moeilijk deze richtingsaanduiding te handhaven. Men gebruikt dan de volwassen richtingsaanduiding.

Om bovenstaande redenen menen wij dan ook dat wij voor het onderzoek naar de ontwikkeling van het middenoorgebied in het zich ontwikkelende hoofd uit moeten gaan van een bepaalde stand van het hoofd, die bijvoorbeeld te bepalen is met behulp van het horizontale kanaal. De volwassen richtingsaanduiding geldt dan niet alleen in de late ontwikkeling maar kan ook in de vroege ontwikkeling toegepast worden.

C. De richting van de incisura intertragica

Bij de beoordeling van de richting van de incisura intertragica en de meatus acusticus externus hebben wij ons wat betreft de morfologische ontwikkeling hiervan laten leiden door de resultaten van het onderzoek van HOCHSTETTER over de ontwikkeling van de oorschelp en de uitwendige gehoorgang. Uit dit onderzoek is namelijk naar voren gekomen dat de incisura intertragica nog een aanduiding is van de grens tussen het mandibulaire- en het hyoidgebied.

In de vroege ontwikkeling is het mogelijk de welvingen, die wij aan het laterale oppervlak van het embryo kunnen opmerken, van elkaar te onderscheiden door ertussen gelegen groeven. In het kieuwbogenstadium ligt tussen de mandibulaire- en de hyoidwelving de eerste viscerale groeve. De bodem van deze groeve kunnen wij voorstellen als een lijn, die niet alleen parallel loopt met het mediane vlak, maar aan de zijde van de hartaanleg naar mediaal ombuigt. Het eerste gedeelte zouden wij het auriculare deel, het tweede het meatale deel van de eerste viscerale groeve

willen noemen. Naar mediaal gaat deze groeve niet over in die van de andere zijde. Met andere woorden de groeve eindigt naast het midsagittale vlak, waardoor in het mediane gedeelte een overgangsgebied tussen de mandibulaire en de hyoidwelving kan worden geconstateerd. De beide welvingen gaan zich verheffen, de toppen komen tegen elkaar aan te liggen en verkleven tenslotte. Bij dit proces wordt het meatale deel van de eerste viscerale groeve overkoepeld. Op de verkleving volgt een desintegratie van de tegen elkaar aan gelegen epitheelagen. Dit gehele proces vindt plaats van mediaal naar lateraal, waardoor er een blind eindigende gang ontstaat: de aanleg van de meatus acusticus externus. Het meest laterale gedeelte van de aaneengevoegde welvingen is het diepste punt van de incisura intertragica. Dit is dus de plaats waar het verkleavings- en desintegratieproces geëindigd is. Zo kunnen wij op grond van het onderzoek van HOCHSTETTER opmerken, dat de richting van de meatus acusticus externus en de daarbij gelegen incisura intertragica overeenkomt met de richting van het meatale deel van de eerste viscerale groeve. Door gebruik te maken van dit morfologische kenmerk kunnen wij de richting van het meatale deel van de groeve overeen laten komen met die van de incisura intertragica. Uit een vergelijking van het kieuwbogenstadium (fig. 5) met het foetale stadium (fig. 6) door middel van zijdelingse opnamen, waarbij het beloop van het meatale deel en van de incisuur gelijk gericht is, blijkt dat, alhoewel het hoofd aanzienlijk veranderd is, deze veranderingen nu toch eenvoudiger voor te stellen zijn. Bovendien kunnen wij bij deze overeenkomstige stand van het hoofd van een embryo-naal en van een foetaal stadium de ontkromming van de romp vaststellen.

D. De positie van het cavum tympani

De positie van het cavum tympani kunnen wij nu ook bestuderen met behulp van transversale series, waarbij wij in aanmerking moeten nemen dat de snijrichting van deze series in de opeenvolgende stadia zich wijzigt van frontaal naar horizontaal. Het blijkt dan dat, als wij het cavum tympani voorstellen als een vleugel aan de mediaan gelegen tractus digestivus, deze vleugel niet alleen lateraal maar ook occipitaal gericht is. De fronto-craniale rand of de margo tubotympanica loopt van fronto-medio-caudaal naar occipito-latero-craniaal. Dit komt nu ook overeen met de richting van de tuba pharyngo-auditiva in de volwassen fase.

In de vroege ontwikkeling heeft het cavum tympani een virtueel lumen en is dan voor te stellen als een vlak. Uit het voorafgaande volgt dat de gebruikelijke richtingsaanduiding „ventraal” in embryonale stadia in feite een fronto-latero-caudale richting is. De begrenzing van het cavum tympani wordt gevormd door het hamersteelgebied, dat zich ontwikkelt tot de lamina propria van de membrana tympani en het manubrium mallei. Deze structuren vormen de fronto-latero-caudale begrenzing van het middenoor gedurende de gehele ontwikkeling.

E. De positie van het vlak van de annulus tympanicus

Ook de vermeende standverandering van het vlak van de annulus tympanicus berust op een onnauwkeurigheid bij het gebruik van frontale series voor de beoordeling van de positie van het vlak waarin de annulus gelegen is. Een bepaling van de medio-laterale richting bij de frontale coupes van één helft van doormidden gesneden specimina, die als uitgangspunt voor een dergelijk onderzoek vereist is, heeft

men, zoals wij in het begin van dit hoofdstuk hebben uiteengezet, nooit juist kunnen uitvoeren.

Vaak wordt deze standverandering ook aangehaald in verband met een filogenetische zienswijze waarin men veronderstelt dat het vlak van de annulus bij de opeenvolgende hogere vertebraten zich zou oprichten. Ook hier geldt echter weer dat men niet aangeeft ten opzichte van welk vlak dit proces plaats vindt.

In de volwassen fase wordt de membrana tympani in de topografische anatomie als de laterale begrenzing van de middenoorholte beschouwd. Wij hebben reeds vastgesteld, dat de membrana tympani, die zich uit het hamersteelgebied met de aan weerszijden gelegen epitheelagen ontwikkelt, in feite de fronto-latero-caudale begrenzing van het cavum tympani vormt.

Na ons onderzoek menen wij te kunnen aannemen, dat de stand van het vlak van de annulus zich tijdens de ontwikkeling niet wijzigt. Dit vlak blijft waarschijnlijk steeds eenzelfde hoek maken met het mediane vlak. Hetzelfde geldt ook voor de hoek tussen de snijlijnen van respectievelijk het vlak van de annulus en het vlak van het horizontale kanaal met het vlak van symmetrie of het mediane vlak. Wij hebben een poging gedaan deze hoeken te reconstrueren. Het bleek dat hiervoor de door ons gevolgde methode van onderzoek, een grafische reconstructie van deze hoeken, niet nauwkeurig genoeg was. Echter uit de paramediane coupes (fig. 1 en 2), waarin zowel de structuren van de membraan als die van het horizontale kanaal te zien waren, stelden wij vast dat de onderlinge positie van deze structuren inderdaad tijdens de ontwikkeling ongewijzigd blijft. Bovendien stelden wij ook al vast dat de fronto-latero-caudale begrenzing van het cavum tympani of wel de membrana tympani die uitgespannen ligt in de annulus tympanicus, qua begrenzing onveranderd blijft.

SAMENVATTING

Uit de vergelijking van de positie van het middenoorgebied met behulp van mediane coupes, paramediane coupes en zijdelingse opnamen van opeenvolgende stadia hebben wij kunnen vaststellen, dat het middenoorgebied tijdens de ontwikkeling in het hoofd niet van positie verandert. Deze conclusie staat in tegenstelling tot de opvattingen van HAMMAR en van GOEDBLOED, die beiden immers menen dat het middenoorgebied tijdens de ontwikkeling om een as draait. Zij komen hiertoe waarschijnlijk door uitsluitend het middenoorgebied in hun onderzoek te betrekken. Tengevolge van deze beperking hebben zij het ontkrommingsproces over het hoofd gezien. Zoals uit het voorafgaande gebleken is, *zal bij een bepaalde stand van het hoofd de positie van het middenoor in het hoofd zich vanaf het moment van zijn aanleg niet meer wijzigen.*

In dit hoofdstuk is ook de noodzakelijkheid gebleken één richtingsaanduiding te kiezen voor de gehele ontwikkeling van het middenoor. Het is dan pas mogelijk de onderlinge verhouding van de verschillende delen van het middenoorgebied te onderzoeken.

Aangezien het horizontale kanaal in een stadium van ongeveer zes weken al duidelijk ontwikkeld is, kunnen wij de positie hiervan gebruiken om na te gaan welke veranderingen het middenoorgebied als een onderdeel van het zich ontwikkelende hoofd ondergaat.

Wij nemen aan dat het horizontale vlak een hoek maakt van ongeveer 30 graden met het vlak van het horizontale kanaal. Op deze wijze kunnen wij voor het onder-

zoek het hoofd tijdens de ontwikkeling een bepaalde stand in de ruimte laten innemen, die wij dan in alle stadia handhaven. Een lijn loodrecht op dit gekozen horizontale vlak geeft de craniale en de caudale richting aan, terwijl de snijlijn van dit horizontale vlak met het sagittale vlak de occipitale en de frontale richting aangeeft.

Door deze gelijkblijvende richtingsaanduiding voor het middenoorgebied tijdens de gehele ontwikkeling is de grens tussen een vroege en een late ontwikkeling, die steeds zo scherp gesteld was, vervallen. Wij kunnen nu de gehele ontwikkelingsperiode, steeds op dezelfde wijze georiënteerd, doorlopen. Het middenoorgebied blijkt in het hoofd niet van positie te veranderen. De ingrijpende veranderingen welke na de vroege ontwikkeling optreden zijn van histomorfologische aard en zullen in het volgende hoofdstuk besproken worden.

HOOFDSTUK III

DE FOETALE ONTWIKKELING VAN HET MIDDENOORGEBIED

Het volwassen middenoorgebied is, zoals wij in de eerste hoofdstukken al opmerkten, in een aantal opzichten vergelijkbaar met het middenoorgebied van een foetus van vier maanden. Afgezien van de grootte en de samenstelling van de structuren zijn de verschillen in de onderlinge ligging van de mesenchymale structuren van het middenoor in grote trekken slechts gering. De gehoorbeentketen bestaat uit de drie bekende elementen, de malleus, incus en stapes gelegen tussen de aanleg van de meatus acusticus externus enerzijds en het zich ontwikkelende binnenoor anderzijds. Het cavum tympani, de met epitheel beklede ruimte, strekt zich van de pharynx tot in het middenoorgebied uit. De verdere ontwikkeling zou nu slechts bestaan uit een uitbreiding van het cavum tympani, een verandering van het middenoormesenchym en een verbening van de kraakbenige elementen. Deze interpretatie, waarbij slechts enkele verschillen tussen de vroeg- en de laat-foetale fase vastgelegd worden, negeert dus — zoals wij in onze inleiding als probleemstelling naar voren hebben gebracht — vele morfogenetische processen.

De ontplooiing, de vrijling en de verbening zijn slechts enkele histo-morfologische aspecten welke in de foetale periode plaats vinden. Teneinde ook andere aspecten te kunnen opsporen, voegen wij aan de beschrijving van de reconstructies — volgens bekende methoden — een histologische beschrijving van een aantal coupes toe. Hiermee trachten wij een verband te leggen tussen de morfologische en de histologische beschrijving. Slechts een gelijktijdige beoordeling van deze twee facetten zal het uitgangspunt kunnen zijn voor de analyse van de transformatie van het middenoorgebied.

In de tweede plaats isoleren wij bij de vervaardiging van de reconstructie niet één bepaalde structuur, maar verschillende structuren uit het middenoorgebied tegelijk, waarbij de functioneel-anatomische componenten van het volwassen middenoor ons voor ogen staan. Vroeg in de ontwikkeling is het functioneel-anatomische beeld heel anders en kunnen wij het volwassen middenoor niet als zodanig herkennen. Zelfs is het middenoorgebied in de embryonale periode opgenomen in een groter verband, gezien al de uitbreiding van het kraakbeen van Meckel.

Langs de aangegeven weg zullen wij verschillende stadia onderzoeken, waarbij niet alleen de vorm en de samenstelling van de afzonderlijke structuren van belang zijn, maar ook aandacht geschonken is aan de ligging van deze structuren in het omliggende gebied en aan het substraat waaruit dit gebied is samengesteld.

Met behulp van deze gegevens komen wij tot de transformatie in de foetale periode, zoals deze zich aan ons voordeed bij het vergelijken van de analyses van deze opeenvolgende stadia. Ook de gegevens van de verschillende ontwikkelingsreeksen zoals deze bekend zijn uit de literatuur zullen hierbij gebruikt worden.

MATERIAAL

De collectie bestaat uit series van het middenoorgebied met het omgrenzende gebied, alle van menselijke foetussen. Naast de series met een horizontale snijrichting

beschikken wij ook over sagittale en frontale series. Hierdoor kunnen wij de gegevens verkregen uit de horizontaal gesneden series verifiëren aan die met een andere snijrichting.

Alle series zijn opgenomen in de collectie van het laboratorium en geregistreerd onder een werkkaart- en een serienummer.

Hieronder volgt een lijst van de gebruikte series, welke hier ingedeeld zijn naar een opeenvolgende prenatale leeftijd, uitgedrukt in maanden.

<i>Serie</i>	<i>W.K.</i>	<i>K.st.l.</i>	<i>Leeftijd</i>	<i>Snijr.</i>	<i>Coupe-dikte</i>	<i>Kleuring</i>
1937	3294	5,5 cm	3- mnd.	front.	10 μ	H.E.; Azan
1656	1396	8,0 cm	3 mnd.	sagit.	10 μ	H.E.; Azan; Bielsch.
1929	3229	8,5 cm	3½ mnd.	horiz.	10 μ	H.E.; Azan
1261	604	11,5 cm	4+ mnd.	horiz.	10 μ	H.E.; Azan
1943	3304	12,0 cm	4½ mnd.	front.	10 μ	H.E.; Azan
1944	3304	12,0 cm	4½ mnd.	horiz.	10 μ	H.E.; Azan
1313	971	15,5 cm	5 mnd.	horiz.	10 μ	H.E.; Azan; P.A.S.; Tolbl.; Bielsch.
1657	971	15,5 cm	5 mnd.	sagit.	10 μ	Verhoef; Orceïne
1265	913	15,5 cm	5 mnd.	horiz.	10 μ	H.E.; Azan
1264	914	19,5 cm	6- mnd.	horiz.	10 μ	Azan
1408	1260	23,0 cm	7- mnd.	front.	10 μ	H.E.; Azan; Bodian
1663	1991	25,0 cm	8- mnd.	sagit.	10 μ / 15 μ	H.E.; Azan; Bodian

RECONSTRUCTIES

Bij een onderzoek naar de ontwikkeling van het middenoorgebied kan men niet volstaan met de histologische bestudering van de coupes van de series. De histogenetische verschijnselen, welke men ziet optreden als veranderingen in opeenvolgende stadia, zijn bij een waarneming daarvan uitsluitend in coupes moeilijk in hun localisatie en uitgebreidheid te achterhalen en vervolgens vast te leggen. Het is daarom noodzakelijk reconstructies te vervaardigen die ons een indruk geven van de ruimtelijke verhoudingen en de veranderingen daarin. De reconstructies van de opeenvolgende stadia moeten dus onderling vergelijkbaar zijn, waarmee dan pas een inzicht verkregen wordt in de veranderingen die opgetreden zijn.

De reconstructies zijn vervaardigd uitgaande van de series. Aangezien gebruikelijke richtpunten in de series ontbreken is het moeilijk de verschillende onderdelen, waaruit de reconstructie wordt opgebouwd, op de juiste wijze op elkaar te plaatsen. Om deze redenen menen wij dan ook dat een karton-reconstructie voor ons doel het meest geschikt is, aangezien het mogelijk is de stapel van uitgesneden kartonnen platen nog na de stapeling zo te corrigeren, dat de verhoudingen van het binnenoor in overeenstemming zijn met de werkelijkheid. Verder lijkt het ons voldoende in verband met de aanzienlijke verschillen van de te reconstrueren elementen in deze fase van de ontwikkeling een vergrotingsfactor van ongeveer 20 tot 30 maal aan te houden.

De afbeeldingen (fig. 7, 11 en 15) geven tekeningen weer van het craniale aanzicht van drie reconstructies. De afbeeldingen zijn wat hun vergrotingsfactor betreft gelijk, namelijk zes maal de ware grootte, en dus onderling vergelijkbaar. Hierdoor is het niet alleen mogelijk een indruk te krijgen van de vormveranderingen, maar ook van de groei. De bij deze afbeeldingen behorende foto's zijn eveneens zesmalige vergrotingen.

HET ONDERZOEK VAN HET MIDDENOORGEBIED

Om het onderzoek van het middenoorgebied mogelijk te maken zijn wij uitgegaan van een drietal stadia in de foetale periode. Deze stadia zijn onderzocht aan de hand van series van het middenoorgebied van menselijke foetussen van 11,5 cm, 15,5 cm en 19,5 cm k.st.l. De daarmee overeenkomstige prenatale leeftijd menen wij op resp. 4, 5 en 6 maanden te kunnen stellen. Wij hebben juist deze stadia in de foetale ontwikkeling gekozen, omdat in de periode van deze opeenvolgende stadia de reeds vastgestelde verbening, verijling en ontplooiing plaats vinden. Wij kunnen de foto's van de coupes in de afgebeelde reconstructie geplaatst denken, waarmee een betere voorstelling van de samengestelde bouw mogelijk is.

Allereerst zullen wij de stadia welke hierboven zijn aangegeven afzonderlijk bezien. Niet alleen morfologische aspecten zullen belicht worden, maar juist ook histologische, waarbij het gehele middenoorgebied met de omgeving betrokken wordt. Vervolgens zullen wij deze geanalyseerde opeenvolgende stadia nauwkeurig bekijken en ons hierbij afvragen welke histologische en morfologische processen gelijktijdig optreden. Deze beschouwing over de ontwikkeling van het middenoorgebied uitgaande van de histogenetische en morfogenetische processen zal leiden tot het begrip „transformatie van het embryonale naar het volwassen middenoor”. Wij kunnen hierbij volstaan met het onderzoek van de ontwikkeling van de vierde tot de zesde maand, omdat in deze foetale periode de kenmerkende veranderingen in het middenoorgebied plaats vinden.

HET MIDDENOORGEBIED VAN EEN FOETUS HUMANUM VAN 11,5 CM K.ST.L.

Reconstructie

In deze serie van een foetus van ongeveer vier maanden oud is het middenoorgebied horizontaal aangesneden. Van een aantal opeenvolgende coupes werd een reconstructie vervaardigd. De tekening van deze reconstructie (fig. 7) geeft een craniaal aanzicht van een deel van het middenoorgebied. De reconstructie reikt tot in het craniale deel van het middenoorgebied.

Aan de hand van fig. 7 willen wij in de eerste plaats een beschrijving geven van de benige en de kraakbenige componenten van het middenoorgebied. Wij onderscheiden aan de mediale zijde van de afbeelding de binnenoorkapsel en aan de laterale zijde van de afbeelding het squamosum. Tussen de mediale en de laterale begrenzing van het middenoorgebied kunnen wij vrij tussen een aantal structuren van craniaal naar caudaal komen.

Als de binnenoorkapsel beschouwen wij de kraakbenige omhulling van de otocyste. Door de vormveranderingen van de otocyste kunnen wij aan de kapsel onderscheiden een cochleaire pool, een vestibulair deel en een canaliculaire pool, waartussen slecht grenzen zijn aan te geven. De beschrijving wordt echter door deze onderscheiding zeer vergemakkelijkt.

Het frontale gedeelte van de binnenoorkapsel is de cochleaire pool met daarin een uitsparing voor de cochleaire windingen en voor de nervus cochlearis. De cochleaire pool gaat aan de occipitale zijde over in het vestibulaire deel. Duidelijk zien wij dat dit deel weer één geheel vormt met de canaliculaire pool. Deze pool heeft een aanzienlijke uitbreiding in laterale richting, zodat de binnenoorkapsel daar vrijwel tegen het squamosum komt te liggen.

Het vestibulaire deel omgeeft het vestibulum en in dit deel liggen een aantal onderbrekingen. Een onderbreking in de laterale wand is het ovale venster waarin wij de stapes-voetplaat aantreffen. Alle halfcirkelvormige kanalen monden uit op het vestibulum. Slechts de uitmonding van het crus ampullare van de canalis semicircularis horizontalis en van de canalis semicircularis posterior zijn in de afbeeldingen te zien als onderbrekingen van het vestibulaire deel. Aan de fronto-caudale zijde van het vestibulum gaat dit vestibulum over in de basale winding van de cochlea.

Van de canaliculaire pool is de laterale uitbreiding met de hierin gelegen canalis semicircularis horizontalis duidelijk. Dit deel loopt naar caudaal uit in het kraakbeen van Reichert. Wij noemen dit deel van de kapsel de caudo-laterale uitbreiding van de canaliculaire pool in tegenstelling tot de caudo-mediale uitbreiding. Deze laatste beschouwen wij als een uitloper van de canaliculaire pool aan de caudale zijde van de canalis semicircularis posterior. Deze genoemde uitbreidingen zijn niet in de afbeelding te zien, omdat deze immers een craniaal aanzicht weergeeft van de reconstructie.

Aan de laterale zijde van het middenoorgebied ligt het squamosum. Dit gedeelte is de pars tympanica, een lamel, die frontaal naar mediaal ombuigt. Het frontale gedeelte van het squamosum is de pars glenoidalis, het dak van het temporo-mandibulaire gewricht. Aan de frontale zijde sluit het squamosum aan op het sphenoidium. Caudaal van de pars glenoidalis ligt het caput mandibulae. De hierbij aansluitende ramus ascendens mandibulae is in de afbeelding mediaal van het sphenoidium te zien.

Tussen de binnenoorkapsel en het squamosum vinden we de gehoorbeenketen. Aan de occipitale zijde ligt de incus, zijn crus breve op de plaats waar het squamosum de laterale uitbreiding van de binnenoorkapsel nadert. Het crus breve ontspringt uit het corpus, dat zelf in caudo-mediale richting uitloopt in het crus longum. Dit laatste krijgt contact met de stapes: het incudo-stapediale gewricht. Het corpus van de incus articuleert met het caput van de malleus: het incudo-malleaire gewricht. Het caput van de malleus is om de verhoudingen in de caudaal ervan gelegen structuren niet te veel aan het oog te onttrekken niet getekend. Wij kijken dus op een doorsnede van de malleus op de plaats waar het caput overgaat in het collum. Naar caudaal loopt het collum uit in het manubrium. In fronto-medio-caudale richting gaat het collum over in het Meckelse kraakbeen. Aan de caudale zijde van zijn oorsprongsgebied ligt in de lengterichting een dekbeen, het goniale. Het is bij dit aanzicht niet zichtbaar. Tussen het kraakbeen van Meckel en het squamosum zien wij een bijzonder kleine structuur, die echter veel duidelijker wordt aan de mediale zijde van het Meckelse kraakbeen. Het is de cornu anterius van de annulus tympanicus, die in medio-caudale richting loopt en die min of meer boogvormig op enige afstand van het meest caudale punt van het manubrium een halve ring vormt. Wij zullen deze verhoudingen in hoofdstuk IV nader uiteenzetten.

Enkele andere structuren dan welke hierboven beschreven zijn, zijn niet benig of kraakbenig, maar toch in de reconstructie opgenomen. Aan de frontale zijde

van de cochleaire pool ligt de arteria carotis interna. Aan de laterale zijde van deze pool verloopt de musculus tensor tympani. De pees van deze spier zien wij naar caudo-lateraal lopen en zich vasthechten op de malleus. Het geniculum van de nervus facialis ligt ter hoogte van het ombuigingspunt van de musculus tensor tympani. De nervus facialis loopt langs de laterale wand van het vestibulaire deel en is aan de frontale zijde van de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool te vervolgen. Deze loop van de nervus facialis komt overeen met het tweede en het derde intratemporale traject van deze zenuw. De chorda tympani zien wij in het middenoorgebied tussen de malleus en de incus over de pees van de musculus tensor tympani lopen en tussen het tympanicum en het Meckelse kraakbeen weer uit dit gebied verdwijnen. Aan de laterale zijde van het kraakbeen van Meckel ligt de arteria meningea media. Al deze structuren zijn van belang om in de reconstructie opgenomen te worden in verband met hun nauwe relatie tot het middenoorgebied.

Na deze oriëntatie op de morfologische aspecten voor zover deze in de bespreking van de reconstructie naar voren zijn gekomen, kunnen wij overgaan tot de beschrijving van het middenoorgebied met behulp van een drietal coupes van deze serie. Daar de histologische structuren in een morfologisch verband besproken worden volgt allereerst een uiteenzetting van het middenoorgebied met zijn begrenzingen craniaal van coupe I (fig. 8).

Het middenoorgebied craniaal van coupe I

Het middenoorgebied en het hersengebied zijn van elkaar gescheiden door benige, kraakbenige en vezelige structuren. De processus perioticus, welke uit de canaliculaire pool ontspringt, strekt zich schuin in fronto-caudale richting uit als een kraakbenig plaatvormig uitsteeksel. Het laterale gedeelte hiervan ligt meer craniaal dan het mediale en het sluit naar lateraal aan op het benige pars tegmentalis van het squamosum. Deze aansluiting is de sutura petro-squamosa, welke naar het middenoorgebied concaaf gebogen staat. De scheiding tussen bovengenoemde gebieden komt voorts tot stand door een fibreuse voortzetting van de processus perioticus, ook wel genoemd naar Broman pars membranacea tegminis tympani. De laatstgenoemde scheiding is geen markante afbakening van het gebied in de zin van een benig of een kraakbenig schot, maar een histologische grens van het middenoormesenchym.

De processus perioticus zet zich medio-caudaal als een vezelige uitbreiding voort in de bekleding van de nervus facialis en in de vezelige verankering voor de musculus tensor tympani, op de plaats waar wij in de volwassen fase de processus cochleariformis vinden. De vezelige manchets van het Meckelse kraakbeen voegt zich in het pars membranacea. De musculus tensor tympani ligt eveneens in deze vezelige uitbreiding van de processus perioticus.

Volgens deze analyse van de vezelige systemen liggen de nervus facialis en de musculus tensor tympani dus buiten het middenoormesenchym. Vroegere onderzoekers volstonden met het maken van een reconstructie en concludeerden hieruit dat de nervus facialis in een groeve lag van de binnenoorkapsel. Zonder een histologische analyse leek de groeve echter bij het middenoorgebied te horen en men veronderstelde dat de nervus facialis in het ijle mesenchym lag.

Coupe I

Voor de bespreking van het histologische substraat van het middenoorgebied van deze foetus van vier maanden (fig. 8, 9 en 10) willen wij nog het volgende opmerken. De vergroting van de afgebeelde foto's komt overeen met de vergroting van de afbeelding van de reconstructie. Het is dus mogelijk de foto in de tekening (fig. 7) geplaatst te denken.

De eerste coupe (fig. 8) snijdt de stapesvoetplaat, de musculus tensor tympani en het kraakbeen van Meckel bij zijn oorsprong uit de malleus. De coupe ligt even caudaal van het bovenvlak van de reconstructie.

Van de drie delen waarin het gehoororgaan verdeeld wordt noemen wij ter oriëntatie van het uitwendige oor de auricula, van het middenoor het middenoormesenchym met enkele elementen van de gehoorbeenketen en tenslotte van het binnenoor de endolymphatische en de perilymphatische ruimten met de omgevende binnenoorkapsel.

Nu volgt een nauwkeurige beschrijving van de histologische verhoudingen van het middenoorgebied. Het cavum tympani, de met epitheel beklede holte, is in dit niveau nog niet aangesneden.

Het middenoormesenchym valt op door zijn ijelheid in vergelijking tot de omgevende structuren. Aan de mediale zijde grenst het middenoormesenchym aan een fibreuse laag, die zich naar frontaal bij de fissula ante fenestram verliest. Deze fibreuse laag zet zich in occipitale richting voort langs de nervus facialis aan de zijde van het middenoorgebied om zich dan bij de bekleding van de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool te voegen. De laterale grens wordt gevormd door de pars tympanica van het squamosum. Aan de frontale zijde wordt de grens bepaald door de overgang van het ijle mesenchym naar een fibreus areaal, dat morfologisch twee interessante aspecten vertoont. Het eerste is een dicht fibreus systeem dat in het ijle mesenchym inspringt. Dit genoemde systeem loopt van de processus perioticus lateraal langs het geniculum van de nervus facialis naar het ombuigingspunt van de musculus tensor tympani. Het tweede is een meer naar lateraal gelegen fibreus systeem, waarin het kraakbeen van Meckel zich voegt. De vezels welke om het Meckelse kraakbeen gelegen zijn worden in dit vezelige areaal opgenomen.

In het middenoormesenchym liggen de kraakbenige malleus en incus met het ertussen gelegen incudo-malleaire gewricht. Uit de malleus ontspringt het Meckelse kraakbeen, omgeven door een fibreuse manchets.

In het fibreuse areaal aan de frontale zijde van het middenoormesenchym ligt de musculus tensor tympani. Aan de fronto-laterale zijde hiervan ligt de arteria meningea media en de nervus mandibularis, beide gedeeltelijk omgeven door het deels benige deels kraakbenige sphenoidum.

De gehele binnenoorkapsel is kraakbenig. In de laterale wand van het vestibulaire deel ligt een onderbreking, de fenestra ovalis, waarin de kraakbenige basis stapedia ligt.

Het middenoorgebied tussen coupe I en coupe II

Het is aan de hand van de reconstructie al mogelijk de wijzigingen in een meer caudaal gelegen niveau voor te stellen. Lag de coupe aanvankelijk door het corpus incudis, het caput mallei en de basis stapedia, nu worden het crus breve en het crus longum van de incus, het collum van de malleus en de beide crura van de stapes

aangesneden. Het kraakbeen van Meckel loopt geleidelijk in medio-frontale richting uit het middenoorgebied. In het niveau van coupe II is tenslotte het capitulum van de stapes, de processus lenticularis van de incus en het collum van de malleus aangesneden. Het Meckelse kraakbeen ligt nu geheel buiten het middenoorgebied.

In de binnenoorkapsel treffen wij in de canaliculaire pool tenslotte de pars ampullaris van de canalis semicircularis posterior; de canalis semicircularis horizontalis is uit de coupes verdwenen, alleen de caudo-laterale uitbreiding van de canaliculaire pool is duidelijk aan te geven. In de cochleaire pool verdwijnen de apicale windingen. Bovendien wordt caudaal van het vestibulum een uitbreiding van het middenoorgebied zichtbaar. Het is de fossula fenestrae rotundae.

Aan de laterale zijde van het middenoorgebied komen wij geleidelijk caudaal van de pars tympanica van het squamosum, dat slechts aan de occipitale zijde nog als een uitloper zichtbaar is: de processus posttympanicus. In het vezelige areaal caudaal van het squamosum ligt de annulus tympanicus verankerd. Het cornu anterius is in deze serie het eerste zichtbaar. Onder de pars glenoidalis van het squamosum treffen wij de kop van de mandibula. Aan de frontale zijde van het caput mandibulae vinden wij de processus muscularis of coronoideus.

Vanuit de pars membranacea tegminis tympani, welke wij als een continuïteit van de processus perioticus beschouwen, strekken zich een aantal vezelsystemen uit, waarvan wij de bekleding van de nervus facialis en de omhulling van de musculus tensor tympani reeds genoemd hebben, evenals de omhulling van het Meckelse kraakbeen. Vervolgen wij de pars membranacea tegminis tympani naar fronto-caudaal dan blijkt het cartilago tubae ook in deze vezelige voortzetting te liggen. Dit systeem ligt caudaal van de musculus tensor tympani, maar is in tegenstelling tot deze spier gescheiden van de cochleaire pool door een gebied met het ijle middenoormesenchym. Successievelijk van mediaal naar lateraal splitsen zich nog de volgende vezelige systemen af.

Het eerste, lateraal van de tuba, is een vezelig schot en voegt zich caudaal van de tuba bij het aanvankelijk mediaal hiervan gelegen vezelsysteem. Vanuit deze samenvoeging ontspringt de musculus levator veli palatini.

Het tweede loopt eveneens als een schot naar de lamina medialis van het pterygoideum. De musculus tensor veli palatini ligt lateraal hertegen aan.

Het derde systeem bestaat uit vezels, die met het kraakbeen van Meckel meelopen.

Het middenoormesenchym breidt zich onder het fibreuze areaal, dat wij in coupe I kunnen waarnemen, uit naar frontaal tussen de cochleaire pool en het vezelige systeem van de tuba en komt aldus aan de frontale zijde van de cochleaire pool mediaal en lateraal van de arteria carotis interna.

Coupe II

In coupe II (fig. 9) zien wij gaande van lateraal naar mediaal de epitheelplaat van de meatus acusticus externus, het losmazige mesenchym van het middenoorgebied en tenslotte de basale winding van het binnenoor. De positie van de coupe kunnen wij ons met behulp van de afbeelding (fig. 7) voorstellen als gelegen caudaal van de bodem van het vestibulum, door de pees van de musculus stapedius en door de ramus ascendens mandibulae even caudaal van het caput.

Het cavum tympani ligt in deze coupe in het frontale gedeelte van het middenoorgebied. Het hangt samen met de pharynx via de tuba pharyngo-auditiva. Aan

de voorzijde van het manubrium mallei ligt de recessus membranae tympani anterior. Het epitheel van de laterale wand van de tuba bestaande uit meerrijig trilhaar-epitheel, neemt geleidelijk in hoogte af en verandert vlak bij het manubrium in een kubisch en wordt dan tenslotte een eenlagig plat epitheel. Het epitheel aan de mediale zijde wijzigt zich veel eerder in een plat en eenlagig epitheel, namelijk direct occipitaal van de vezelige verdichting, waarin het cartilago tubae gelegen is.

In het tubaire gebied ligt mediaal een fibreus areaal, waarin de aanleg van het cartilago tubae waarneembaar is. Aan de laterale zijde ligt direct onder het epitheel een fibreuze laag, waaraan op een lager niveau de musculus levator veli palatini ontspringt. Lateraal hiervan ligt een tweede vezelige laag, waartegen de musculus tensor veli palatini ligt. Beide laatstgenoemde vezelsystemen komen in cranio-occipitale richting bij elkaar en zijn zoals wij hebben besproken voortzettingen van de pars membranacea tegminis tympani.

Lateraal van de musculus tensor veli palatini liggen van fronto-mediaal naar occipito-lateraal de volgende structuren: de musculus pterygoideus internus in de fossa interpterygoidea, de nervus lingualis met de chorda tympani, de nervus alveolaris bij de arteria maxillaris en tenslotte de nervus auriculo-temporalis bij het Meckelse kraakbeen. In deze ruimte liggen vele doorsneden van venen van de plexus pterygoideus. Lateraal van de opgesomde structuren volgen nog de musculus pterygoideus externus en de musculus temporalis met de hierin gelegen processus muscularis mandibulae.

Het middenoormesenchym vult het occipitale gedeelte van het middenoorgebied op en strekt zich naar voren uit langs de cochleaire pool en de arteria carotis interna tot aan een vezelgebied, dat het tubaire gebied verbindt met het vezelige areaal om de basale plaat, het aaneengesloten basisphenoid en basioccipitale. In het occipitale gedeelte ligt in het mesenchym de processus longus en een klein gedeelte van de processus lenticularis van de incus. De processus lenticularis heeft een gewricht met het capitulum van de stapes, waaraan de pees van de musculus stapedius verbonden is. De pees voegt zich in de vezelige omhulling van de nervus facialis die zoals wij reeds zagen een uitbreiding is van de processus perioticus.

Aan de mediale zijde van de vezelige omhulling van de nervus facialis ligt een uitbreiding van het middenoormesenchym, de sinus tympani. In het middenoormesenchym ligt tussen het collum van de malleus en het crus longum van de incus de opstijgende tak van de chorda tympani.

Het middenoorgebied tussen coupe II en coupe III

Het cavum tympani heeft in de caudale niveau's geen verbinding meer met de pharynx. In deze serie lijkt het een werkelijke ruimte, in series van even oude foetussen gesneden in een andere richting hebben wij te maken met een spleetvormige ruimte. Deze tegenstelling wordt veroorzaakt door de min of meer tangentiële aansnijding van het cavum tympani in het onderste gedeelte van het middenoorgebied bij horizontale series. Hierdoor ontstaat schijnbaar een werkelijke ruimte. Occipitaal van het manubrium zien wij een uitstulping van het cavum tympani die in een lager niveau aan de mediale zijde van de hamersteel gaat samenhangen met het overige deel van het cavum tympani. Het is de recessus membranae tympani posterior.

Het middenoormesenchym ligt voornamelijk aan de mediale zijde van het cavum tympani. Tussen de canaliculaire en de cochleaire pool ligt onder het vestibulum een deel van het middenoorgebied omsloten. Het is de fossula fenestrae rotundae.

Dit gebied wordt aan de mediale zijde begrensd door de processus recessus, aan de laterale zijde door een brug van het promontorium naar de canaliculaire pool, het subiculum genaamd. In hoofdstuk IV zullen wij nader op deze structuren terugkomen.

Onder de tuba komen de vezels welke op een hoger niveau ter weerszijden ervan lagen samen. Van hieruit lopen de vezels in mediale richting naar het vezelige areaal om de basale plaat. Aan de frontale zijde ontspringt de musculus levator veli palatini.

Aan de latero-frontale zijde van de basale plaat ligt de musculus longus capitis en op een meer caudaal gelegen niveau onderscheiden wij lateraal van de voorgaande de musculus rectus capitis lateralis.

Occipitaal van de commissura basi-cochleare—de kraakbenige verbinding tussen de cochleaire pool en de basale plaat—liggen in een dicht vezelig areaal de sinus petrosus inferior, de nervus glosso-pharyngeus, de nervus vagus en de nervus accessorius. De bovengenoemde commissura verdwijnt op een lager niveau.

Coupe III

Globaal kunnen wij in deze coupe (fig. 10) van het gehoororgaan het volgende vaststellen: van het uitwendige oor zien wij de aanleg van de membrana tympani als een epitheelplaat met verschillende verdikkingen, van het middenoor het ruime cavum tympani en de malleus en tenslotte van het binnenoor de basale winding waarin wij alleen de ductus cochlearis en de scala tympani zien liggen.

Het epitheel, dat het cavum tympani bekleedt, heeft voor het grootste gedeelte een endotheelachtig karakter. Aan de frontale zijde echter vinden wij nog steeds trilhaarepitheel als voortzetting van het tuba-epitheel. Het zet zich in de mediale wand slechts over een klein traject voort. Aan de laterale zijde daarentegen breidt het zich tot de annulus tympanicus uit, om daarna geleidelijk over te gaan in de endotheelachtige bekleding van de lamina propria van de membrana tympani.

Het middenoormesenchym ligt voornamelijk aan de mediale zijde en aan de occipitale zijde van het cavum tympani. Mediaal wordt de grens gevormd door de cochleaire pool, occipitaal door de canaliculaire pool met de hierbij gelegen vezelige omhulling van de nervus facialis waarin nu ook de musculus stapedius ligt. De frontale begrenzing is een vezelsysteem dat caudaal van de tuba uitloopt naar het vezelareaal om de basale plaat. Caudaal van het subiculum hangt het middenoormesenchym van de fossula fenestrae rotundae samen met dat van het middenoor-gebied.

Het middenoorgebied caudaal van coupe III

Om een volledig beeld te krijgen van het middenoorgebied van deze serie volgt tenslotte nog een beschrijving van de wijzigingen caudaal van het niveau van coupe III. De caudale grens van het middenoorgebied is het solum tympani.

Het cavum tympani blijft steeds in het laterale deel van het middenoorgebied liggen. In een lager niveau verdwijnt de omvatting van het manubrium, doordat deze laatste in de lamina propria van de membrana tympani wordt opgenomen. In het caudale niveau buigt het cavum tympani naar mediaal om en komt daardoor wat zijn positie betreft caudaal van de cochleaire pool.

Het epitheel blijft aan de frontale zijde uit trilhaarepitheel bestaan en zet zich nog in de bodem voort. Bovendien kan men in de bodem van het cavum tympani nog

in het frontale gedeelte enkele eilanden van trilhaarepitheel onderscheiden. Aan de laterale zijde vinden wij een geleidelijke overgang van kubisch naar endotheelachtig epitheel. Dit laatste is dan de bekleding van de lamina propria van de membrana tympani.

Het middenoormesenchym ligt voornamelijk tussen het cavum tympani en de binnenoorkapsel. Aan de occipitale zijde grenst het aanvankelijk aan de canaliculaire pool. Doordat echter uit de caudo-laterale uitbreiding van de canaliculaire pool zich het kraakbeen van Reichert in mediale richting afsplitst, vormt deze structuur op het niveau van afsplitsing de occipitale begrenzing van het middenoorgebied. De nervus facialis met zijn vezelige omhulling komt door dit verloop van het kraakbeen van Reichert aan de occipitale zijde van het naar mediaal gerichte deel van deze structuur te liggen. Het kraakbeen van Reichert buigt, daar waar het als het ware opbotst tegen de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool, naar fronto-caudaal om. Het hierop volgende fronto-caudaal gerichte deel van het Reichertse kraakbeen ligt onder en ook in het vezelareaal dat zich van het gebied van de annulus naar de basale plaat en naar de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool uitstrekt. Deze vezelige begrenzing van het middenoorgebied naar caudaal is een directe voortzetting van het vezelige areaal dat wij hebben onderscheiden als te lopen van onder de tuba naar het vezelige areaal gelegen om de basale plaat.

Het fronto-caudaal gerichte deel van het kraakbeen van Reichert begrenst lateraal de vaatzenwstreng. Aan de mediale zijde van dit deel van het Reichertse kraakbeen, dat caudaal van het middenoorgebied ligt, vinden wij dus de arteria carotis interna, de in de fossa jugularis uittrekkende hersenzenuwen en de vena jugularis.

De nervus facialis komt door de positieverandering van het Reichertse kraakbeen aan de latero-caudale zijde van de canaliculaire pool te liggen. De aanleg van het foramen stylomastoideum is hiermee in beginsel aan te geven. Caudaal van de caudo-laterale uitbreiding splitst zich van de nervus facialis de chorda tympani af, welke aan de frontale zijde van het latero-mediale deel van het kraakbeen van Reichert naar fronto-craniaal loopt.

Samenvatting

Bij de samenvatting betrekken wij serie 1943 en serie 1944, een frontale en een horizontale serie van het middenoorgebied van een foetus waarvan de prenatale leeftijd ongeveer overeenkomt met die van serie 1261, welke in het voorafgaande uitgebreid besproken werd.

Het cavum tympani heeft zich in dit stadium nog niet ontplooid. Hoewel dit in de besproken horizontale serie niet duidelijk gebleken is, liggen in de andere series echter de epitheelbladen nog tegen elkaar en hebben wij nog steeds te maken met een virtuele ruimte. Wel zijn er enkele duidelijke nissen zoals de recessus membranae tympani anterior en posterior.

Het bekledende epitheel van het cavum tympani is niet overal gelijk. De tuba heeft een trilhaarepitheel en een vezelige omhulling. In deze vezelige omhulling zien wij de aanleg van het cartilago tubae. Met het verdwijnen van het vezelige systeem in occipitale richting gaat het trilhaarepitheel aan de mediale zijde over in een eenlagig epitheel met zeer platte cellen, de epitheliale bekleding van het eigenlijke cavum tympani. Aan de laterale zijde zet de vezelige laag zich voort in de vezels waarin de annulus tympanicus gelegen is. Wij kunnen het trilhaarepitheel

onderscheiden tot in de recessus membranae tympani anterior. Pas het epitheel, dat het collum mallei omgeeft, is weer eenlagig en plat. Op een lager niveau gaat het epitheel als bekleding van de lamina propria van de membrana tympani eveneens over in een endotheelachtig epitheel. Het trilhaarepitheel van de tuba zet zich voort in de bodem van het cavum tympani. Zelfs voorbij het diepste punt vinden wij nog eilanden van trilhaarepitheel.

Het middenoormesenchym is een ijl en ongericht mesenchym, dat zich om deze redenen duidelijk laat onderscheiden van de omgeving. Het bestaat uit cellen met donkere kernen als verdikkingen in de weefselbruggen waarin talloze fijne fibrillen zijn op te merken. Tussen dit netwerk van cellen liggen optisch lege ruimten. De vascularisatie van het mesenchym is gering, slechts hier en daar onderscheiden wij kleine vaten. Enkele uitlopers van het middenoormesenchym kunnen wij onderscheiden: de recessus epitympanicus met het antrum, de fossula fenestrae rotundae, de sinus tympani en tenslotte de ruimte tussen de cochleaire pool en het tubagebied, die zich naar frontaal zowel mediaal als lateraal van de arteria carotis interna uitstrekt.

De benige en kraakbenige grenzen van het middenoorgebied zijn de binnenoorkapsel met de processus perioticus en de processus recessus, de pars tegmentalis en de pars tympanica van het squamosum en de annulus tympanicus. Naast deze grenzen hebben wij ook fibreuze schotten kunnen vaststellen. Zo onderscheiden wij de pars membranacea tegminis tympani, de fibreuze verbinding van de annulus tympanicus met de basale plaat en met de canaliculaire pool, en de lamina propria van de membrana tympani. Deze laatste sluit naar craniaal aan op de pars tympanica squamosi. Tenslotte ligt in de fossula fenestrae rotundae de membrana tympani secundaria als een vezelige grens van het middenoorgebied met het cavum labyrinthi.

De occipitale begrenzing wordt mede bepaald door het kraakbeen van Reichert, hetwelk uit het caudo-laterale deel van de canaliculaire pool ontspringt en eerst naar mediaal verloopt om vervolgens naar fronto-caudaal uit te lopen. Het fibreuze schot, dat in dit stadium het solum tympani vormt, loopt in occipitale richting naar craniaal en hecht zich aan het latero-mediaal gerichte deel van het kraakbeen van Reichert. Enige vezels lopen over deze structuur heen. Hun verdere verloop is dan echter niet direct naar de canaliculaire pool. Doordat namelijk deze vezels eerst naar caudaal lopen ontstaat occipitaal van het eerste gedeelte van het Reichertse kraakbeen een nis, welke een verbinding heeft met het middenoorgebied craniaal van dit latero-mediaal gerichte deel van het kraakbeen van Reichert.

De frontale grens is minder duidelijk aan te geven. Wel zien wij een grens van het middenoormesenchym bij de vezelstructuren welke zich caudaal van de tuba naar de basale plaat uitstrekken. In de frontale begrenzing ligt bovendien een opening, de tuba, die door vezelige schotten van de pars membranacea tegminis tympani omgeven is.

De gehoorbeentjes zijn nog geheel kraakbenig en wordt volledig omgeven door het middenoormesenchym. Bij het incudo-stapediale en incudo-malleaire gewricht zijn de smalle gewrichtslijnen te onderscheiden, terwijl dit nog niet het geval is bij het incudo-vestibulaire gewricht evenals bij de verbinding van het crus breve met het petrosum. Deze laatste verbindingen zijn echter al gedifferentieerd in gebieden waarin de cellen een bepaalde gerichtheid hebben, die overeenkomt met de richting van de vezelige structuren in de volwassen fase. Het Meckelse kraakbeen ontspringt uit het collum en loopt omgeven door een manchete in de pars membranacea tegminis

tympani naar het mandibulaire gebied. In zijn fibreuze manchete onderscheiden wij aan de caudale zijde van het proximale deel van het Meckelse kraakbeen het goniale. Dit dekbeen is dus gelegen aan de craniale zijde van het cornu anterius van de annulus tympanicus.

Heel beknopt willen wij over de differentiatie van de aangrenzende delen van het middenoor het volgende opmerken. Het perilymphatische en het endolymphatische systeem in de binnenoorkapsel zijn duidelijk te onderscheiden. De scalae hebben nog niet hun volwassen grootte bereikt. De ductus cochlearis met het orgaan van Corti lijkt volledig gedifferentieerd te zijn. Van het uitwendige oor is een luminisatie van de epitheelplaat in het uiterste laterale gedeelte van de meatus acusticus externus al te zien. In de annulus is de aanleg van de meatus een epitheelplaat met knopvormige verdikkingen. Er is hier nog geen verdeling van het epitheel in lagen vast te stellen. De belangrijkste waarneming van deze histomorfologische analyse van het middenoorgebied in een stadium van vier maanden is het onderscheiden van vezelige systemen. Deze systemen strekken zich niet alleen uit tussen de structuren die het middenoorgebied begrenzen, maar ook tussen deze en omliggende structuren zoals de basale plaat en het pterygoideum. Zo hebben wij kunnen vaststellen dat de pars membranacea tegminis tympani zich in fronto-caudale richting splitst in een aantal vezelige lagen, die ieder afzonderlijk samenhangen met structuren als de lamina medialis pterygoidea, de basale plaat en de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool.

Het is dus mogelijk om ook in een stadium van vier maanden al het middenoorgebied ten opzichte van het er omheen gelegen gebied af te palen, zoals wij in deze samenvatting hebben weergegeven.

HET MIDDENOORGEBIED VAN EEN FOETUS HUMANUM VAN 15,5 CM K.ST.L.

Het middenoorgebied is in deze foetus (serie 1265) van ongeveer vijf maanden niet precies zoals in de voorgaande besproken serie gesneden. Hierdoor komt het fronto-caudo-laterale gedeelte van het middenoorgebied uit de reeds besproken serie van een foetus van vier maanden bij het doornemen van deze serie van craniaal naar caudaal eerder te voorschijn. Wij krijgen bijvoorbeeld in fig. 12 een aansnijding van de fossa subarcuata in het occipitale deel van de coupe, terwijl in het frontale deel van dezelfde coupe al de modiolus cochleae en de ramus ascendens mandibulae aangesneden worden.

De afbeelding (fig. 11) van de tekening is een craniaal aanzicht van de reconstructie. Het is weer een kunstmatige isolatie van verschillende structuren die in de afbeelding op zes maal de werkelijke grootte zijn weergegeven.

In de canaliculaire pool vallen op de doorsneden van de beide crura van de canalis semicircularis superior. Hiertussen bevindt zich de fossa subarcuata die zich in occipito-laterale richting uitbreidt. De cochleaire pool is van de canaliculaire pool gescheiden door de meatus acusticus internus, waarin wij lateraal een deel van het eerste intratemporale traject van de nervus facialis zien liggen. In zijn verloop naar distaal ligt een knik, het geniculum. In frontale richting splitst zich hier de nervus petrosus superficialis major af van de nervus facialis. In de cochleaire pool kunnen wij het spiraliserende verloop van de windingen vaststellen, terwijl wij bovendien een indruk krijgen hoe de nervus cochlearis zich verhoudt ten opzichte van de windingen.

Het craniale deel van het middenoorgebied of wel de regio epitympanica is volledig

omgeven door temporale elementen. Aan de mediale zijde ligt de processus perioticus, als een uitsteeksel van de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool. Deze processus reikt om de laterale zijde van de nervus facialis en eindigt fronto-mediaal bij de cochleaire pool. Juist caudaal hiervan vinden wij het trochleagebied van de musculus tensor tympani. Het fronto-laterale gedeelte van de processus perioticus strekt zich over het cornu anterius tympanicum uit en sluit achtereenvolgens aan op de pars tegmentalis en op de pars glenoidalis squamosi.

Aan de laterale zijde van het middenoorgebied vinden wij als begrenzing de pars tympanica squamosi. Dit gedeelte van het squamosum gaat naar frontaal over in de pars glenoidalis en sluit naar occipitaal aan op de canaliculaire pool. Deze aansluiting is een onderdeel van de sutura petro-squamosa.

In het middenoorgebied ligt de gehoorbeenketen, waarbij de kop van de malleus niet in de tekening is opgenomen zodat wij weer de caudaal ervan gelegen structuren kunnen overzien. Tussen het collum en het squamosum ligt het cornu anterius van de annulus tympanicus, hetwelk naar lateraal vrijwel aansluit op het squamosum. Uit het collum ontspringt het kraakbeen van Meckel. Deze staafvormige structuur loopt aan de medio-craniale zijde van de annulus en caudaal van de processus perioticus boogvormig in frontale richting om de annulus uit het middenoorgebied. Mediaal van het collum mallei strekt zich de pees van de musculus tensor tympani naar het trochleagebied uit.

Het caput van de mandibula ligt aan de frontale zijde van het squamosum. Aan de medio-frontale zijde van het squamosum ligt de spina angularis van het sphenoidum met de arteria meningea media.

Het middenoorgebied craniaal van coupe I

De bodem van de fossa cranii media is vezelrijk. In het diepste gedeelte van deze laag ligt lateraal de pars tegmentalis squamosi en mediaal de processus perioticus. Hun aansluiting is de sutura petrosquamosa, welke boogvormig het middenoorgebied overspant. Tussen het tegmen tympani, dat slechts een onderdeel vormt van de bodem van de fossa cranii media, en het latero-occipitale gedeelte van de cochleaire pool is een ruimte, waarin enkele takken van de arteria meningea media, veneuze ruimten en de nervus facialis met de nervus petrosus superficialis major liggen.

De processus perioticus is in zijn oorsprongsgebied uit de canaliculaire pool enchondraal verbeend. Aan weerszijden van deze enchondrale laag ligt een periostale laag. De laterale uitbreiding langs het squamosum is nog kraakbenig, terwijl de mediale uitbreiding tot bij het geniculum van de nervus facialis uit beenweefsel is opgebouwd. Wij kunnen geen enchondraal gedeelte in deze laatste uitbreiding onderscheiden.

Het squamosum gaat naar fronto-caudaal over in zijn pars glenoidalis, een gedeelte dat naar caudaal twee uitlopers heeft en wel de processus postglenoidalis medialis en lateralis.

Het middenoormesenchym vormt een ijl netwerk. Hierin liggen de enchondraal verbeende caput mallei en corpus incudis. In het gebied aan de fronto-mediale zijde van het caput ligt een grote optisch lege ruimte. Het mesenchym bevat tal van vaten. Wij kunnen geen ligamenteuze verbindingen van het dak naar de gehoorbeenketen onderscheiden.

Coupe I

De coupe (fig. 12) snijdt de porus acusticus internus, het onderste gedeelte van het caput mandibulae en de fossa subarcuata aan. Algemeen oriënterend kunnen wij de volgende delen van het gehoororgaan onderscheiden: van het uitwendige oor de auricula, van het middenoor het middenoormesenchym en delen van de gehoorbeenketen en van het binnenoor de twee gescheiden polen.

Het middenoorgebied is vrijwel geheel omgeven door temporale elementen, alleen aan de frontale zijde ligt een vezelige begrenzing naar het retro-mandibulaire gebied. Het middenoormesenchym is losmazig en bevat nu een groot aantal vaten. Aan de fronto-mediale zijde van de gehoorbeenketen bevindt zich een continue verijling van het mesenchym. De malleus en de incus zijn in deze coupe beide verbeend.

Aan de laterale zijde ligt de pars tympanica squamosi, die in frontale richting overgaat in de pars glenoidalis. Deze buigt naar mediaal om, waarna een onderbreking volgt. In de daaropvolgende latero-mediaal gerichte vezels, die hier de frontale begrenzing van het middenoorgebied vormen, ligt mediaal nog het meest caudale gedeelte van de mediale uitbreiding van de pars glenoidalis: de processus postglenoidalis medialis.

De cochleaire pool is grotendeels verbeend, de periostale botappositie is nog gering. De commissura basicochlearis is nog kraakbenig. In de canaliculaire pool liggen de crura van de canalis semicircularis superior in het benige gedeelte. Tussen de benen breidt de fossa subarcuata zich uit in occipitale richting tot aan en zelfs in het kraakbenige gedeelte.

De processus perioticus laat zich verdelen in een lateraal kraakbenig en een mediaal benig gedeelte. Dit laatste is uit periostaal bot opgebouwd dat één geheel vormt met de periostale botappositie van de canaliculaire pool.

Aan de frontale zijde van de processus perioticus ligt de spina angularis, waarop vezels eindigen die een gebied scheiden van het cavum Meckelii, een ruimte waarin het ganglion semilunare Gasseri gelegen is. In dit gebied vallen naast de grote veneuze ruimten ook kleine arteriële takken van de arteria meningea media op. Verder vinden wij hierin het verloop van de nervus petrosus superficialis major langs de cochleaire pool.

Aan de frontale zijde van de cochleaire pool ligt de arteria carotis interna; aan de occipitale zijde van de canaliculaire pool de sinus sigmoideus. Tussen de polen liggen de vertakkingen van de nervus stato-acusticus, terwijl meer lateraal gescheiden door een smalle benige verbinding tussen de polen de nervus facialis ligt.

Bij het caput mandibulae onderscheiden wij het cavum glenoidale superius en nog even het cavum glenoidale inferius. De vezels van de hiertussen gelegen discus gaan mediaal over in de spierbundels van de musculus pterygoideus externus, naar lateraal verliezen de vezels zich tussen de daar gelegen veneuze ruimten.

Het middenoorgebied tussen coupe I en coupe II

De processus perioticus gaat naar frontaal over in een vezelige laag. In deze vezelige laag, die hier aangesloten ligt aan de cochleaire pool, vinden wij de musculus tensor tympani, welke zich in occipitale richting uitstrekt tot aan de frontale zijde van het geniculum van de nervus facialis. Vanuit dit punt buigt de in een pees overgegane spier om naar latero-caudaal in de richting van het collum van de malleus. Het ombuigingspunt wordt verstevigd door aanzienlijke vezelbundels welke uit het mediale gedeelte van de processus perioticus ontspringen.

Aan de caudale zijde van de musculus tensor tympani ligt in dezelfde vezelige uitbreiding, echter hier niet aangesloten aan de binnenoorkapsel, het cartilago tubae. Er bevindt zich dus tussen de binnenoorkapsel en het cartilago tubae met de daarbij behorende vezelige omhulling een gebied met middenoormesenchym. Lateraal van de reeds genoemde vezels liggen andere vezels die ook ontspringen uit de processus perioticus en deze trekken naar de lamina medialis van het pterygoideum. Lateraal hiertegen aan ligt de musculus tensor veli palatini.

Het cartilago tubae ligt mediaal en craniaal van de tuba, die zelf verder geheel omgeven is door een vezelige zone. Mediaal en medio-caudaal onder het tuba-complex ligt het middenoormesenchym dat zich tussen het cartilago tubae en de cochleaire pool naar frontaal uitbreidt. Het strekt zich verder uit langs de frontale zijde van de cochleaire pool.

Het Meckelse kraakbeen voegt zich in het vezelsysteem van de processus perioticus. Het trekt boogvormig aan de medio-craniale zijde van de annulus voorbij om in het retro-mandibulaire gebied uit te lopen. Het blijft ook hier omgeven door een vezelmanchet met de begeleidende vezels van de processus perioticus.

De gehoorbeenketen welke aanvankelijk door het corpus en het caput aangesneden werd, komt in meer caudale coupes te liggen in het niveau van het corpus van de incus en het collum van de malleus. Deze delen van de keten zijn nog geheel omgeven door het middenoormesenchym. In het mediale gebied loopt de pees van de musculus tensor tympani door middenoormesenchym. Onder de trochlea en het geniculum vinden we de fossula fenestrae ovalis, waarin eveneens nog het mesenchym aanwezig is.

De binnenoorkapsel wordt geleidelijk aangesneden in het vestibulaire deel. Uit het vestibulum ontspringt aan latero-occipitale zijde het crus ampullare van de canalis semicircularis horizontalis, terwijl die van de canalis semicircularis superior craniaal ervan geïndigd is. Tegen de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool herkennen wij de nervus facialis met het omhullende vezelsysteem. In de cochleaire pool verdwijnen de apicale windingen. In het occipito-craniale gedeelte van deze enchondraal verbeende pool ligt een kraakbenig eiland: de fissula ante fenestram.

De pars tympanicus squamosi blijft in het occipitale deel van de coupe aanwezig, terwijl de pars glenoidalis verdwenen is. Caudaal hiervan komt het cornu anterius van de annulus tympanicus te liggen met aan zijn medio-craniale zijde het kraakbeen van Meckel.

Coupe II

De coupe (fig. 13) snijdt op dit niveau de aquaeductus vestibuli aan in de mediale wand van de binnenoorkapsel, het meest caudale gedeelte van de tweede winding van de cochlea en het collum van de malleus op de plaats waar de processus longus mallei of Folianus in frontale richting uitloopt. Van het uitwendige oor zien wij de auricula met de meatus acusticus externus, van het middenoor het middenoormesenchym, dat zich langs de cochleaire pool naar frontaal uitbreidt, en tenslotte van het binnenoor het vestibulum met de utriculus en de sacculus.

Aan de mediale zijde van de vezelige uitbreiding van de processus perioticus ligt het cavum tympani dat naar frontaal overgaat in de tuba. Het heeft nog een virtueel lumen, al vertoont de mediale wand enkele uitstulpingen. Het epitheel van deze wand is een eenlagig kubisch epitheel en heeft een subepitheliale verdichting van fijne vezels. Als bekleding van de laterale wand vinden wij een trilhaarepitheel,

waaronder, in vergelijking met de mediale wand, een dichtere vezellaag te vinden is. Lateraal hiervan ligt nog een vezelige laag, een uitbreiding van de processus perioticus, die bij de epitheliale laag aangesloten blijft. Meer lateraal vinden wij een vezelig schot, eveneens een uitbreiding van de processus perioticus, waartegen de musculus tensor veli palatini komt te liggen. Meer naar fronto-lateraal verlopende vezels van dezelfde uitbreiding omgeven het Meckelse kraakbeen.

Het middenoormesenchym heeft in deze coupe de volgende grenzen: de vezelige omhulling van het cartilago tubae, de vezelige aansluiting van deze laatste met de basale plaat, de cochleaire pool tot de fissula ante fenestram, het vestibulaire deel met de basis stapedia, de canaliculaire pool met de vezelige omhulling van de nervus facialis, de pars tympanica squamosi met een vezelige uitbreiding en tenslotte het cornu anterius tympanicum. Mediaal hiervan ligt de processus longus van de malleus. Het kraakbeen van Meckel bevindt zich al in het mandibulaire gebied en is nog door vezels verbonden aan de processus longus. Het zijn niet alleen vezels van de manchet van het Meckelse kraakbeen, maar ook van de pars membranacea tegminis tympani.

Het middenoormesenchym is in de recessus epitympanicus veel dichter dan in het eigenlijke tympanale gebied. Het netwerk is in dit laatste gebied bijzonder grof, alsof vele balken verdwenen zijn. Tal van bloedvaten liggen in het gehele gebied verspreid.

Van de gehoorbeenketen treffen wij occipitaal het corpus van de incus en frontaal het collum van de malleus met de processus Folianus of longus mallei. Mediaal ligt in de laterale wand van het vestibulaire deel de basis stapedia. De delen van de gehoorbeenketen zijn in dit niveau verbeend, en liggen nog helemaal in het middenoormesenchym. Het goniale vormt al één geheel met de malleus en is dan als de processus longus mallei te beschouwen. De binnenoorkapsel is voor zijn grootste gedeelte verbeend, alleen het occipitale gedeelte is nog kraakbenig. De dikte van de periostale laag is nog gering.

Het middenoorgebied van coupe II naar coupe III

Het cavum tympani ligt in het laterale gedeelte van het middenoormesenchym en breidt zich in meer caudale coupes naar occipitaal uit. Aan frontale zijde van het collum mallei vormt het de recessus membranae tympani anterior. Mediaal om de malleus, caudaal van de aanhechting van de pees van de musculus tensor tympani, strekt het cavum tympani zich aan occipitale zijde van het collum uit, waar het craniaal uitloopt in de recessus membranae tympani posterior.

De chorda tympani loopt van het vezelgebied aan de mediale zijde van het cornu posterius van de annulus, begeleid door enkele vezels mediaal van de recessus membranae tympani posterior door het middenoormesenchym. Het loopt vervolgens aan de mediale zijde van het collum over de peesaanhechting van de musculus tensor tympani in frontale richting langs de processus longus en verlaat tenslotte weer het middenoorgebied.

Het middenoormesenchym heeft een zeer losmazige structuur. Vanuit de vezelige omhulling van de nervus facialis steken in frontale richting enkele vezelige schotten in het middenoormesenchym uit.

Naar caudaal gaat het benige collum mallei over in het kraakbenige manubrium. Ook het einde van het crus breve incudis is kraakbenig, terwijl het crus longum alleen bij zijn articulatie met de stapes kraakbenig is. De articulatie van het crus

breve met de binnenoorkapsel is er een met een gewrichtsspleet en een eromheen gelegen gericht blastoom waaruit zich de gewrichtskapsel zal ontwikkelen. Ook is tussen het crus breve incudis en het squamosum een dergelijke bouw te onderscheiden, echter hier nog zonder een gewrichtsspleet. De stapes is op de basis en het capitulum na verbeend. Bij het vestibulo-stapediale gewricht vinden wij geen vezelige verbindingssystemen, evenmin hebben wij die kunnen vaststellen voor het incudo-stapediale gewricht. Bij deze laatste is echter wel een aanleg van de articulatielijn aan te geven.

Onder het vestibulaire deel gaan wij de fossula fenestrae rotundae onderscheiden. In de cochleaire pool ligt de basale winding, terwijl in de canaliculaire pool de canalis semicircularis posterior nog overblijft. De canalis semicircularis horizontalis ligt boven het niveau van deze coupe, maar de caudo-laterale uitbreiding van deze pool is nog aanwezig.

Coupe III

De coupe (fig. 14) ligt caudaal van de tuba, door de lobulus van de auricula en in het craniale deel van de fossula fenestrae rotundae.

Van het uitwendige oor zien wij naast de reeds genoemde lobulus ook de gespleten lamina epithelialis membranae tympani, van het middenoor een begrensde gebied van het middenoormesenchym en tenslotte van het binnenoor de cochleaire pool met de scala tympani en de canaliculaire pool met de canalis semicircularis posterior. De cochleaire pool is verbonden met de basale plaat, de commissura basi-cochleare.

Het cavum tympani ligt lateraal in het middenoorgebied en wekt de indruk alsof er sprake is van een werkelijk lumen. Het epitheel van het cavum tympani is een plat eenlagig epitheel, dat echter niet overal even duidelijk van het eronder gelegen middenoormesenchym te onderscheiden is. Dit geldt wél voor de laterale en de mediale bekleding. Aan de frontale zijde daarentegen ligt een meerrijig epitheel dat een gegolfd oppervlak en een duidelijk basaalmembraan heeft. De trilhaarzone is hier niet goed vast te stellen.

Het middenoormesenchym wordt begrensd door het cavum tympani, de canaliculaire pool met de vezelige omhulling van de nervus facialis, het vestibulaire deel en de cochleaire pool. Aan de frontale zijde vinden wij een fibreus schot, dat van de annulus tympanicus naar de basale plaat reikt.

Het middenoormesenchym is zeer ijl, het heeft grote mazen. In de dikke weefselbruggen liggen de kernen, die zich met Azan moeilijk laten kleuren. Verspreid vinden wij talrijke vaten.

Het manubrium mallei ligt nog niet in het niveau van de lamina propria membranae tympani. In het middenoormesenchym van deze coupe ligt het incudo-stapediale gewricht en wel in het niveau van de kapsel aan de caudale zijde van het gewricht.

De lamina epithelialis membranae tympani is voor het grootste deel opgesplitst. We kunnen dus nu gaan spreken van een membrana tympani die samengesteld wordt door drie lagen, twee epitheliale lagen en een lamina propria, waarin wij een vezelsysteem onderscheiden.

Het middenoorgebied caudaal van coupe III

Het cavum tympani ligt tegen de membrana tympani. Het epitheel is uitgezonderd in het frontale gedeelte een eenlagig plat epitheel. Frontaal is het epitheel namelijk

geplooid en meerrijig. De trilhaarzone is niet duidelijk in deze serie te onderscheiden.

Het middenoormesenchym is ijl van samenstelling en de weefselbruggen zijn breed, waardoor de kernen in de bruggen minder opvallen. Bepaalde optisch lege ruimten onderscheiden wij niet.

Het manubrium dat in coupe III nog in het cavum tympani uitstulpde voegt zich geleidelijk in het niveau van de lamina propria en eindigt in deze laag.

De chorda tympani die reeds eerder besproken werd ligt met zijn opstijgende gedeelte mediaal van het cornu posterius van de annulus in een vezelgebied, terwijl het afdalende gedeelte uit het middenoorgebied getreden is.

Tussen de polen ligt het mesenchymareaal van de fossula fenestrae rotundae dat caudaal van het subiculum—een occipitale uitbreiding van het promontorium die de cochleaire en de canaliculaire pool met elkaar verbindt—gaat samenhangen met het middenoormesenchym. De mediale wand van de fossula is eveneens een verbinding tussen de polen; het is de processus recessus die de fossula fenestrae afsluit van het gebied van het foramen jugulare. Frontaal van de fossula ligt de membrana tympani secundaria, als afscheiding naar de scala tympani.

De commissura basi-cochleare is in dit stadium nog kraakbenig en is op een lager niveau niet meer aanwezig. Ook de cochleaire pool verdwijnt op een lager niveau.

De aan weerszijden van de tuba gelegen vezelsystemen komen aan de caudale zijde van de tuba samen. Uit de samengevoegde systemen ontspringt de musculus levator veli palatini. Hetzelfde systeem hangt in occipitale richting samen met de annulus tympanicus, terwijl het zich in mediale richting evenals op lagere niveaus om de cochleaire pool en de arteria carotis interna uitbreidt naar het vezelsysteem, dat het basisphenoid en het basioccipitale omgeeft. Op een lager niveau lopen deze mediaal gerichte vezels echter in een meer occipitale richting naar de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool, waarbij deze vezels nu langs de laterale zijde van de arteria carotis interna trekken. Samen met de vezels die aan de annulus ontspringen vormen zij de bodem van het cavum tympani of wel het solum tympani.

De arteria carotis interna, die aanvankelijk aan de frontale zijde van de cochleaire pool lag, komt op een lager niveau caudaal ervan te liggen. Door de verandering van richting en aanhechting van de hierboven genoemde naar mediaal gerichte vezels voegt de arteria carotis interna zich bij de vaatzenwstreng.

Het kraakbeen van Reichert stuit ook in deze serie in zijn latero-mediaal gericht traject op de medio-caudale uitbreiding van de canaliculaire pool en buigt dan om in fronto-caudale richting. Hierdoor komt de nervus facialis caudo-lateraal van de canaliculaire pool uit het temporale gebied te voorschijn en treedt in het retro-mandibulaire gebied. De chorda tympani splitst zich bij dit uittreden af en loopt aan de frontale zijde van het latero-mediale deel van het kraakbeen van Reichert en mediaal van het cornu posterius van de annulus tympanicus naar craniaal.

De sinus sigmoideus loopt caudo-mediaal van de canaliculaire pool naar frontaal en ligt dan als de bulbus jugularis in het foramen jugulare gebied. Daarnaast onderscheiden wij in dit gebied de nervus glossopharyngeus, de nervus vagus, de nervus accessorius en de arteria carotis interna.

Samenvatting

Bij deze samenvatting betrekken wij de series 1313 en 1657, een horizontale en een sagittale serie van dit gebied. Beide series zijn van dezelfde foetus afkomstig.

Het cavum tympani heeft zich in dit stadium nog niet ontplooid. In de besproken serie lijkt dit wel het geval, maar dit wordt veroorzaakt door de tangentiële aansnijding. De verhoudingen van het epitheel komen overeen met die van het stadium van vier maanden, met dit verschil dat in deze series niet met zekerheid is vast te stellen of de trilhaarzone aanwezig is. De mediale wand vertoont enkele uitstulpingen.

Het middenoormesenchym bestaat uit een ijl netwerk waarvan de mazen regionaal verschillen. In de regio epitympanica is het bijzonder ijl. De mazen zijn hoekig, hier en daar rond op doorsnede. De verbindingen bestaan uit brede schuimige cytoplasmabruggen waarin wij hier en daar fibrillaire vezels onderscheiden. De kernen in de bruggen zijn groot maar vallen niet duidelijk op. In de mazen liggen enkele ronde cellen, waarschijnlijk histiocyten.

De gehoorbeenketen ligt nog geheel omgeven door het middenoormesenchym. Grote delen zijn verbeend, de periostale appositie is echter gering. Toch is het goniale al versmolten met het collum van de malleus. Het kraakbeen van Meckel is in zijn boogvormig verloop vanuit het middenoorgebied naar het mandibulaire gebied te volgen. Het manubrium van de malleus en het crus breve van de incus en verder alle articulatievlakken zijn kraakbenig. De meatus acusticus externus is een spleetvormig lumen dat zich in de lamina epithelialis membranae tympani heeft uitgebreid.

De benige en kraakbenige begrenzingen van het middenoorgebied zijn vollediger. Het tegmen tympani breidt zich mediaal vrijwel tot aan de cochleaire pool uit, terwijl het lateraal tot aan het sphenoidium reikt. Het solum tympani heeft door de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool een gedeeltelijk benige en kraakbenige grens gekregen, welke vrijwel aangesloten ligt aan de annulus tympanicus. De mediale begrenzing komt grotendeels overeen met die in het stadium van vier maanden, alleen is de binnenoorkapsel grotendeels verbeend. De kapsel is bekleed met een smalle periostale laag.

Over de aangrenzende delen van het oor kunnen wij het volgende opmerken. Er is een membrana tympani opgebouwd uit drie lagen. De meatus acusticus externus heeft een lumen dat spleetvormig eindigt. In het binnenoor hebben de doorsneden van cochleawindingen en halfcirkelvormige kanalen hun volwassen grootte bereikt.

HET MIDDENOORGEBIED VAN EEN FOETUS HUMANUM VAN 19,5 CM K.ST.L.

De serie van het middenoorgebied van een foetus van ongeveer zes maanden is op dezelfde wijze aangesneden als de serie van de foetus van vier maanden. Van deze serie werd een reconstructie vervaardigd welke deels ligt in de regio epi- en deels in de regio mesotympanica van het middenoorgebied.

In de afbeelding (fig. 15), een craniaal aanzicht van deze reconstructie, ligt aan de mediale zijde de binnenoorkapsel en aan de laterale zijde het squamosum. De verschillende delen van de binnenoorkapsel komen overeen met hetgeen wij reeds in het stadium van vier maanden hebben aangegeven. De processus perioticus verschilt echter aanzienlijk. Deze processus bedekt nu het middenoorgebied aan de craniale zijde. Het squamosum ligt occipitaal aangesloten aan de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool. Naar frontaal gaat de pars tegmentalis over in de pars glenoidalis. De processus zygomaticus ontspringt uit het laatstgenoemde gedeelte. Aan de frontale zijde van het squamosum ligt het caput mandibulae.

Het tegmen is in deze afbeelding voor een deel niet aangegeven, waardoor een inkijk in het middenoorgebied mogelijk wordt. De processus perioticus vormt het

grootste deel van het dak en sluit naar lateraal aan op de pars tegmentalis van het squamosum. Het mediale gedeelte loopt om de nervus facialis en vormt tenslotte een geheel met de cochleaire pool. Het laterale gedeelte sluit aan op het sphenoidium.

Aan de frontale zijde van de processus perioticus onderscheiden wij in de afbeelding een opening, waarin wij het nog niet van elkaar gescheiden foramen ovale en foramen spinosum kunnen herkennen. De arteria meningea media is in de reconstructie opgenomen. Deze loopt van caudaal langs de spina angularis naar craniaal om zich intracraniaal te vertakken. Tussen het sphenoidium en de cochleaire pool onderscheiden wij het cartilago tubae, waarop in het occipitale gedeelte de musculus tensor tympani ligt.

In het middenoorgebied ligt de gehoorbeenketen, aan de occipitale zijde de incus met beide uitlopers, aan de frontale zijde ligt hiertegenaan de malleus, waarvan het caput niet getekend is om een betere inkijk op de eronder gelegen structuren mogelijk te maken. Wij kijken dus op een doorsnede van de malleus ter plaatse van de overgang van het caput naar het collum. Vanuit het collum lopen in frontale richting vezelige systemen. Lateraal hiervan ligt in de diepte het cornu anterius van de annulus tympanicus. Mediaal van het collum loopt de chorda tympani, die tussen het crus longum incudis en het collum mallei te voorschijn komt en craniaal van de pees van de musculus tensor tympani naar frontaal loopt.

Het middenoorgebied craniaal van coupe I

De scheiding van het middenoorgebied naar het hersengebied is het tegmen tympani. Mediaal wordt dit gevormd door de processus perioticus petrosi en lateraal door de pars tegmentalis squamosi. Deze delen sluiten op elkaar aan en vormen de sutura petro-squamosa. Lateraal grenst het middenoorgebied aan de pars tympanica squamosi, mediaal aan de processus perioticus die zich immers schuinsgewijs naar frontaal uitstrekt. Pas caudaal van het tweede traject van de nervus facialis grenst het middenoorgebied naar mediaal aan het vestibulaire deel.

Het middenoormesenchym is zeer losmazig. Aan de medio-frontale zijde van de malleus ligt een grote optisch lege ruimte. Verder kunnen wij verspreid in het weefsel vele vaten onderscheiden.

De incus en malleus zijn beide verbeend en vormen samen de articulatio incudomallearis. De articulatievlakken zijn kraakbenig en er bestaat een gewrichtskapsel.

Coupe I

Deze coupe (fig. 16) is vergelijkbaar met coupe I (fig. 8) van de besproken serie van een foetus van vier maanden. Hetzelfde geldt voor de coupes II en III (fig. 17 en 18) van deze serie in vergelijking met de weergegeven coupes II en III (fig. 9 en 10) van de eerst besproken serie. Door het verbeningsproces is deze overeenkomst wellicht niet zonder meer duidelijk. Toch blijkt dat wij dezelfde positie van de verschillende delen kunnen vaststellen. De coupe ligt weer even caudaal van het bovenvlak van de reconstructie. Ook hier vinden wij de stapesvoetplaat, de musculus tensor tympani en de afsplitsing van het Meckelse systeem, al is dit laatste nu niet erg duidelijk meer.

Van de drie delen waarin wij het gehoororgaan verdelen, kunnen wij in deze coupe het volgende terugvinden: de auricula van het uitwendige oor, het middenoormesenchym met de daarin gelegen delen van de gehoorbeenketen van het mid-

denoor en tenslotte van het binnenoor de verschillende endolymphatische en perilymphatische ruimten omgeven door de verbeende binnenoorkapsel.

In deze coupe ligt een uitbreiding van het cavum tympani in het meest mediale gedeelte van het middenoorgebied, namelijk in de fossula fenestrae ovalis, die overigens verder opgevuld is met mesenchym. De fossula is naar het vestibulum afgesloten door de basis stapedia.

Het middenoormesenchym is bijzonder ijl van samenstelling. De weefselbruggen kleuren zich slecht. De optisch lege ruimten wisselen sterk in grootte. In dit weefsel onderscheiden wij losse ronde cellen met een grote duidelijke kern, die willekeurig in de mazen van het middenoormesenchym verspreid liggen. In de weefselbruggen kunnen wij in dit stadium nauwelijks meer kernen onderscheiden. Het gebied is rijk gevasculariseerd.

Van de gehoorbeenketen vinden wij in deze coupe het corpus incudis, het caput mallei en de basis stapedia. Alle drie de delen zijn verbeend, waarbij een aanzienlijke periostale laag om het vrijwel verdwenen kraakbeen te onderscheiden is. De articulatievlakken van het incudo-malleaire en het vestibulo-stapediale gewricht zijn kraakbenig.

De grens van het middenoorgebied stellen wij ons als volgt voor: de pars tegmentalis en de pars tympanica van het squamosum, de canaliculaire pool met de vezelige omhulling van de nervus facialis, het vestibulaire deel met de basis stapedia en ten slotte de processus perioticus. Het middenoorgebied grenst aan de occipito-caudale zijde van de musculus tensor tympani in dit niveau aan een vezelige zone. De benige processus cochleariformis is nog niet gevormd.

Het middenoorgebied van coupe I naar coupe II

De wijziging van de begrenzing op een lager niveau van het middenoorgebied kunnen wij ons als volgt voorstellen. De nervus facialis gaat van het tweede naar het derde traject over, waarbij de zenuw in een nis van de canaliculaire pool komt te liggen. De vezelige omhulling van de nervus facialis samen met de canaliculaire pool vormen de occipitale begrenzing van het middenoorgebied. Mediaal vinden wij nu het vestibulaire deel en de cochleaire pool. Lateraal komen wij geleidelijk onder het niveau van de pars tympanica squamosi, slechts occipitaal blijft een caudale uitbreiding tegen de canaliculaire pool aanliggen: de processus posttympanicus. De laterale begrenzing wordt nu een vezelige voortzetting van de pars tympanica, die naar caudaal overgaat in de lamina propria van de membrana tympani. De frontale grens wordt bepaald door de fronto-caudale vezelige uitlopers van de processus perioticus, die in relatie staan tot structuren zoals de tuba, de musculus tensor veli palatini en het Meckelse kraakbeen. Het geheel komt overeen met de beschrijving van voorgaande stadia. De processus perioticus vormt in dit stadium naar mediaal één geheel met de cochleaire pool en reikt naar fronto-lateraal tot aan het sphenoidium.

Het cavum tympani heeft zich ontplooid en breidt zich in verschillende richtingen tussen de gehoorbeenketen uit.

De wijziging van de gehoorbeenketen door het niveauverschil komt overeen met die in de beschrijving van de foetus van vier maanden. De opvallende kraakbenige uitloper uit de malleus echter, het kraakbeen van Meckel, is hier slechts als een vezelige structuur met een kraakbenige rest te herkennen aan de craniale zijde van de processus longus mallei.

Coupe II

De positie van deze coupe (fig. 17) komt overeen met die van coupe II van serie 1261 (fig. 9). Algemeen kunnen wij het volgende opmerken. Het werkelijke lumen van de meatus acusticus externus zet zich voort tot aan de membrana tympani. Van het binnenoor onderscheiden wij frontaal de cochleaire pool met de basale winding en occipitaal de canaliculaire pool met zijn laterale uitbreiding.

Het cavum tympani is grotendeels ontplooid. Het neemt vooral het gebied lateraal van de cochleaire pool in en loopt naar frontaal over in het nauwe lumen van de tuba. Het breidt zich in cranio-occipitale richting uit als de saccus medius. Tussen het manubrium mallei en het crus longum incudis onderscheiden wij de saccus superior. Mediaal van de membrana tympani en occipitaal van het manubrium ligt de reeds beschreven recessus membranae tympani posterior.

Het epitheel van het cavum tympani is moeilijk te onderscheiden. Op enkele plaatsen kan men vaststellen dat het een plat eenlagig epitheel is. Het epitheel van de tuba is meerrijig en heeft een golvend oppervlak. De trilhaarzone is in deze serie eveneens onduidelijk. In het submucoze gebied onderscheiden wij klieren.

Het middenoormesenchym, dat aan het verdwijnen is, vinden wij nog frontaal van de laterale uitbreiding van de canaliculaire pool en in de sinus tympani. Boven dien onderscheiden wij ook mesenchym occipitaal van de basale winding in het gebied van de fossula fenestrae rotundae.

De begrenzingen van het middenoorgebied zijn successievelijk de cochleaire pool, het subiculum en de canaliculaire pool van de binnenoorkapsel, de processus posttympanicus squamosi, de lamina propria van de membrana tympani, het cornu anterius van de annulus tympanicus, waarna de vezelige uitbreiding van de processus perioticus hierop aansluit. Hierna volgt de onderbreking van de tuba, waarna nog een vezelgebied volgt, eveneens een continuïteit van de processus perioticus, dat verder om de cochleaire pool loopt naar de basale plaat.

Van de gehoorbeenketen ligt het manubrium, dat deels nog kraakbenig is, lateraal. Occipitaal hiervan ligt het benige crus longum terwijl mediaal hiervan het nog gedeeltelijk kraakbenige capitulum van de stapes ligt. Aan het capitulum is bevestigd de pees van de musculus stapedius, die zelf naar occipitaal loopt naar de vezelige omhulling van de nervus facialis. Deze omhulling begint grotendeels te verbenen tot de canalis facialis.

Het middenoorgebied van coupe II naar coupe III

Het cavum tympani neemt het gebied lateraal van de cochleaire pool in als een werkelijke ruimte. Wij komen caudaal van het niveau van de tuba. De bekleding van het cavum tympani is een eenlagig plat epitheel, dat moeilijk te onderscheiden is van de eronder gelegen mesenchymlaag. Aan de frontale zijde blijft aanwezig een meerrijig trilhaarepitheel.

De gehoorbeenketen wordt op een andere manier aangesneden. We komen caudaal van het incudo-stapediale gewricht, zodat alleen bij enkele coupes de haakvormige processus lenticularis van het crus longum aangesneden wordt. Het manubrium raakt steeds meer geïncorporeerd in de lamina propria van de membrana tympani.

Voor de beschrijving van de het middenoorgebied begrenzende structuren kunnen wij in deze serie naar caudaal gaande met het volgende volstaan. We komen onder het niveau van het vestibulaire deel. Caudaal van het subiculum—de craniale rand

van de toegang van het middenoor tot de fossula fenestrae rotundae—heeft het cavum tympani zich uitgebreid in deze nis. De mediale begrenzing van het middenoorgebied wordt gevormd door de processus recessus. Dit is een deel van de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool die naar de cochleaire pool loopt. Frontaal van de processus posttympanicus komt in het vezelgebied het cornu posterius van de annulus. Hierbij heeft de processus posttympanicus, die gelegen is tegen de canaliculaire pool, zich naar caudaal uitgebreid, terwijl het cornu anterius zich naar cranial heeft uitgebreid in vergelijking met het voorgaande stadium van vijf maanden.

De cochleaire pool en de basale plaat zijn van elkaar gescheiden door een fibreuze laag. In deze laag voegen zich de vezels die caudaal van de tuba liggen. Zij liggen in een hoger niveau aan weerszijden van de tuba en hangen samen met de vezelige uitbreiding van de processus perioticus.

Coupe III

Het cavum tympani (fig. 18) neemt de grootste ruimte van het middenoorgebied in beslag. Tussen de polen breidt het zich naar mediaal uit. Het is het gebied van de fossula fenestrae rotundae.

Het middenoormesenchym ligt in deze coupe als een smalle zone langs de binnenoorkapsel. Vele vaten doorkruisen dit gebied. Tussen de nauwelijks kleurbare sponsachtige trabekelstructuur liggen ronde cellen met grote kernen.

Het manubrium ligt nog deels in het lumen, maar is al gevat in vezels van de lamina propria van de membrana tympani. Occipitaal van het manubrium ligt nog de processus lenticularis incudis.

De periostale laag van de binnenoorkapsel is vergeleken met het vorige stadium aanzienlijk in dikte toegenomen. In deze laag ligt de arteria carotis interna nu verzonken.

Het middenoorgebied caudaal van coupe III

Het cavum tympani neemt vrijwel het gehele middenoorgebied in tussen de membrana tympani en de smalle zone van ijl middenoormesenchym die de binnenoorkapsel bedekt. Het bekledende epitheel is moeilijk van zijn onderlaag te onderscheiden. Aan de frontale zijde is het meerrijig en is er ook een basaalmembraan.

In de zone van het middenoormesenchym is een uitgebreide vascularisatie. In het weefsel vinden wij verspreid vele erythrocyten.

De processus posttympanicus squamosi eindigt naar caudaal. Daarmee komt het cornu posterius van de annulus te grenzen aan de caudo-laterale uitbreiding van de canaliculaire pool. Uit deze laatste ontspringt nu het kraakbeen van Reichert, dat allereerst van lateraal naar mediaal tot zelfs in de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool dringt, om dan naar fronto-caudaal uit te lopen onder het solum tympani. De vezels uit het cornu anterius van de annulus lopen in frontale richting om de arteria carotis interna naar de basale plaat. De vezels van het caudale deel van de annulus lopen naar de caudo-mediale uitloper van de canaliculaire pool. Door de verandering van het verloop van de vezels uit de annulus komt de arteria carotis interna, aanvankelijk caudaal van de cochleaire pool gelegen, nu in het gebied van het foramen jugulare.

Samenvatting

Het cavum tympani heeft zich in dit stadium ontplooid. De werkelijke ruimte breidt zich uit in verschillende richtingen. Zo kunnen wij onderscheiden de saccus anterior vóór de pees van de musculus tensor tympani in cranio-frontale richting, de saccus medius achter de pees en mediaal van het crus longum incudis in cranio-occipitale richting, en de saccus superior lateraal van het crus longum in occipitale richting. De saccus posterior breidt zich in het caudo-occipitale gebied uit tot in de fossula fenestrae rotundae en de sinus tympani. Het epitheel dat het cavum tympani bekleedt is niet overal even duidelijk van zijn onderlaag te onderscheiden. Vooral de basaalmembraan van de epitheliale bekleding van de membrana tympani is niet duidelijk. Op enkele plaatsen in de bodem en bij de inmonding van de tuba vinden wij een meerrijig kubisch epitheel, dat juist wél een duidelijke basaalmembraan heeft.

Het middenoormesenchym vinden wij in de regio epitympanica en als een dunne bekledende laag tegen de binnenoorkapsel. Het is rijk gevasculariseerd. In de regio epitympanica is het mesenchym zeer losmazig. De trabekels zijn dik en bevatten slechts weinig kernen. In de mazen verspreid vinden wij in dit stadium grote cellen. De kernen ervan maken een belangrijk deel van het totaal uit. Fronto-mediaal van de malleus is een gebied met een grotere verijling.

De gehoorbeentjes liggen nog ten dele in het middenoormesenchym. Het is echter duidelijk dat bij een verdere uitbreiding van de werkelijke ruimte de keten van gehoorbeentjes steeds meer in het cavum tympani komt te liggen. In deze serie van een foetus van zes maanden liggen de processus lenticularis incudis en het capitulum stapedis al in deze ruimte. Het Meckelse kraakbeen, dat nog als een kraakbenige staaf in de hieraan voorafgaande besproken serie te onderscheiden was, is hier grotendeels veranderd in een vezelsysteem met een kraakbenig centrum. De periostale laag van de gehoorbeentjes is toegenomen, terwijl het kraakbeen van het enchondrale gedeelte vrijwel verdwenen is.

Bovendien krijgen wij de indruk dat de membrana tympani, mogelijk onder invloed van de musculus tensor tympani, door het manubrium naar binnen getrokken wordt. Hierbij ontstaat de bekende tentvorm van de membraan. De ruimte van de meatus acusticus externus wordt bij de membraan eveneens een werkelijke ruimte.

De benige en kraakbenige begrenzing van het middenoorgebied is vrijwel volledig geworden. Zo is de aansluiting van de processus perioticus aan het squamosum en aan het sphenoidium en om de nervus facialis aan de cochleaire pool volledig. Naar caudaal is ook het solum tympani als een benige caudale begrenzing te onderscheiden. De caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool sluit namelijk aan op het caudale gedeelte van de annulus tympanicus.

Van de aangrenzende delen van het oor willen wij het volgende opmerken. Het labyrint heeft zijn volwassen grootte bereikt en voor zover wij het kunnen beoordelen lijkt het volledig gedifferentieerd te zijn. De meatus acusticus externus is nog niet te verdelen in een benig en een kraakbenig gedeelte, daar het tympanicum nog slechts de vorm van een geopende ring heeft.

CONCLUSIE

In hoofdstuk II hebben wij aangetoond dat de onderlinge positie van de samenstellende elementen van het middenoor in de ontwikkeling nauwelijks een wijziging

ondergaat. In dit hoofdstuk is uit de analyse van de opeenvolgende series wel duidelijk gebleken dat daarentegen het onderlinge verband van de samenstellende elementen ingrijpend verandert. Drie reconstructies van series van foetussen uit een fase, waarin de verandering van deze relatie tot uitdrukking komt, zijn het uitgangspunt geweest bij het opsporen van de kenmerken van deze verandering.

In de vroeg-foetale fase vinden wij een cavum tympani met een virtueel lumen. Het bekleedende epitheel differentieert in een eenlagig plat epitheel en een meerrijig trilhaarepitheel. Dit laatste epitheel vinden wij in de tuba en de bodem van de middenoorholte. Het middenoormesenchym dat zich voornamelijk aan de occipito-medio-craniale zijde van de holte bevindt is losmazig, weinig gevasculariseerd en duidelijk ten opzichte van de omgeving te begrenzen. In dit mesenchym ingebed vinden wij de kraakbenige voorlopers van de gehoorbeentjes. Vanuit de malleus loopt het kraakbeen van Meckel, dat uit het middenoorgebied in het maxillo-mandibulaire gebied treedt.

Mediaal wordt het middenoorgebied begrensd door de binnenoorkapsel, die nog geheel kraakbenig is. Lateraal is het gebied begrensd door het squamosum, het tympanicum en de lamina propria van de membrana tympani. De processus perioticus, die schuin uit de canaliculaire pool naar voren steekt, vormt samen met de pars tegmentalis squamosi de craniale begrenzing. Bovendien vormt de processus perioticus, doordat het mediale gedeelte meer caudaal ligt dan het laterale, samen met het vestibulaire deel een soort trechter, waarin de nervus facialis gelegen is. De processus perioticus gaat in frontale richting over in een vezelig schot, dat zich in een aantal verdichtingen opsplijt, zoals de vezels die met het Meckelse kraakbeen meelopen en die aan de lamina medialis van het pterygoideum hechten. Tot het opsplitsende systeem behoort ook de vezelverdichting, die de tuba omvat en vervolgens naar de basale plaat en de caudo-mediale uitbreiding van de canaliculaire pool loopt. Deze verdichting vormt mede de bodem van het middenoorgebied.

Het resultaat van de kraakbeen-, epitheel- en spierdifferentiaties is duidelijk in het substraat van de stadia uit de vroeg-foetale fase vast te stellen, evenals de intensieve vezelvorming. De enchondrale verbening begint in het middenoorgebied met de vierde maand. Door het optreden van dit histogenetische proces verandert het gebied. Deze verandering is de omvorming die leidt naar de volwassen fase.

De binnenoorkapsel verbeent vanuit een groot aantal kernen. Ook in de vezelige schotten breidt de verbening zich uit. Naarmate dit proces voortschrijdt, wordt het middenoorgebied in de periode van de vierde tot de zesde maand door het beenweefsel omgeven. De drie onderdelen van het temporale, te weten het petrosum, het squamosum en het tympanicum, gaan een geheel vormen. Hun aansluitingen zijn te herkennen aan de suturen.

In dezelfde periode van de vierde tot de zesde maand verbenen de kraakbenige voorlopers van de gehoorbeentjes. Het Meckelse kraakbeen echter verandert in een vezelige streng, terwijl het goniale—aanvankelijk een los dekbeentje tegen het proximale deel van het Meckelse kraakbeen—met de malleus een geheel gaat vormen.

Tegelijkertijd met de verbeningsprocessen zien wij een vergroving van het middenoormesenchym. De weefselbruggen worden dikker, gaan vezels bevatten en de kernen veroorzaken geen uitpuiling meer in de balkjes. De mazen worden groter en de vascularisatie neemt aanzienlijk toe.

Ook het cavum tympani ontplooit zich. Tengevolge van deze expansieve uitbreiding komen de gehoorbeentjes in de holte te liggen. Met de vervezeling van het kraakbeen van Meckel ontstaat nu een keten van gehoorbeentjes die ligamenteus

verankerd is aan het temporale en die zich uitstrekt van het uitwendige oor naar het binnenoor.

Opvallend is ook dat juist in deze zelfde periode de lamina epithelialis membranae tympani zich splijt. Hiermee ontstaat de membrana tympani. In de lamina propria van deze membraan is het manubrium mallei gevat. Ook de membrana tympani secundaria in het ronde venster krijgt in deze periode eigenschappen van een membraan. Aan de ene zijde van deze laatste membraan vinden wij de middenoorholte en aan de andere zijde de scala tympani. Terwijl de ontwikkeling van de insertierand van de membrana tympani zonder meer duidelijk is, geldt dit niet voor de membrana tympani secundaria. Deze ontwikkeling zal in het volgende hoofdstuk besproken worden.

Uit de literatuur is bekend dat de gehoorbeentjes omstreeks de vijfde maand hun volwassen grootte bereiken. Uit metingen van de diameter van de annulus in de series hebben wij kunnen vaststellen dat deze toeneemt tot in de zesde foetale maand en dan overeenkomt met de diameter van de annulus in neonatenschedels. Deze diameter komt vrijwel overeen met die in de volwassen fase.

Wanneer wij de analyse van de opeenvolgende series overzien, dan blijkt dat het stadium van de vierde foetale maand nog steeds kenmerken van de embryonale periode bezit, terwijl het stadium van de zesde foetale maand reeds een zeer sterke overeenkomst vertoont met de volwassen fase. Voor de verklaring van deze verandering kan men niet volstaan met de beschrijving van de ontplooiing van de middenoorholte alleen. Ook processen als de verbening, de vervezeling, de aaneensluiting van de temporale elementen, het bereiken van de volwassen afmetingen van de gehoorbeentjes en de verandering van het middenoormesenchym, die allen in dezelfde omvormingsperiode plaatsvinden, zijn van belang om genoemd te worden. Bij deze histomorfologische verandering wijzigt zich de onderlinge relatie van de samenstellende delen, waarbij wij de volwassen functionele kwaliteiten van het middenoor gaan herkennen.

In de embryonale periode vinden wij in het proximale deel van de eerste kieuwboog de aanleg van het middenoor. Van deze boog, die zich uitstrekt over het middenoorgebied en het maxillo-mandibulaire gebied, vinden wij in de vroeg-foetale fase nog het Meckelse kraakbeen en de vezelsystemen, die zich van de processus perioticus naar voren toe uitstrekken, als een verbinding tussen deze gebieden terug. Hoe deze verbindingen ook in de volwassen fase terug te vinden zijn zal samen met de problemen over de ontwikkeling van het ronde venster in het volgende hoofdstuk besproken worden.

HOOFDSTUK IV

PLAATSELIJKE ONTWIKKELINGEN

In dit hoofdstuk willen wij een tweetal locale veranderingen bespreken, die optreden met de transformatie van het middenoor. Door het verkregen inzicht in de omvorming van het middenoor in de foetale periode wordt de gebruikelijke zienswijze over de ontwikkeling van de membrana tympani en van het kraakbeen van Meckel een andere. Wij zullen uitgebreider dan in de inleiding de resultaten van de reeds verrichte onderzoeken over deze structuren behandelen. Daarbij zullen ook de verschillen tussen deze resultaten en die van ons beter tot uiting komen.

DE MEMBRANA TYMPANI SECUNDARIA

In de inleiding en ook in de loop van ons onderzoek hebben wij al kunnen vaststellen dat de fossula fenestrae rotundae van het middenoorgebied de verhoudingen in de mediale begrenzing niet vereenvoudigt. Bovendien worden deze verhoudingen nog meer gecompliceerd door de membrana tympani secundaria, die in een onderbreking van de wanden van deze nis ligt uitgespannen. Daar in de literatuur weinig gegevens en afbeeldingen van de onderlinge verhoudingen in dit gebied bekend zijn, zal een onderzoek hierover zeker een leemte opvullen.

In de vergelijkende anatomie is de ontwikkeling van het ronde venster met de daarin gelegen membrana tympani secundaria een filogenetisch interessant verschijnsel. De laatste publikaties hierover zijn van FRICK (1952). In zijn onderzoek over de verdeling van het foramen perilymphaticum in het foramen rotundum en de apertura interna van de aquaeductus cochlearis, besteedt FRICK daarnaast ook aandacht aan het ontstaan van de fossula fenestrae rotundae. In zijn inleiding over de filogenese stelt hij zijn standpunt tegenover de denkbeelden van GAUPP (1900) en die van DE BEER (1937), die beiden de positie van de membraan ten opzichte van benige of kraakbenige structuren in verschillende species aangegeven hebben. Om de verschillen en overeenkomsten beter te kunnen waarderen wijdt hij een onderzoek aan de ontwikkeling van dit gebied en kiest hiervoor een vleermuis (*Myotis Myotis*). Met behulp van reconstructies van de binnenoorkapsel van opeenvolgende stadia in de ontwikkeling van de *Myotis Myotis* komt hij tot de conclusie, dat de membraan in een bepaald stadium een vrije rand heeft. In een later stadium geeft hij echter aan dat deze vrije rand niet erg scherp is. Toch meent hij uiteindelijk te kunnen concluderen dat de aanhechting van de membraan aan de omliggende structuren niet volledig is. Heel duidelijk stelt FRICK nu dat deze onvolledig aangehechte membraan de primitieve membrana tympani secundaria is, die pas in een latere fase een volledige aanhechting krijgt. Terwijl FRICK zich beperkt heeft tot de analyse bij *Myotis Myotis*, hebben ANSON en BAST (1953) een beschrijving gegeven over de ontwikkeling van de binnenoorkapsel in het gebied van de fossula fenestrae rotundae bij de mens. In hun beschrijving wordt de aanhechting van de membraan pas laat in de ontwikkeling genoemd, waarbij deze dan al volledig is.

Om onze bespreking te vereenvoudigen en de problemen duidelijker naar voren te laten komen volgt allereerst een uiteenzetting over de volwassen verhoudingen. In een gemacereerd os temporale kan men duidelijk door de meatus acusticus externus heen een holte zien. De wanden van deze holte zijn niet volledig, dit blijkt vooral wanneer wij deze vergelijken met die van het cavum tympani, de met epitheel beklede ruimte.

Bij een lateraal aanzicht van het os temporale zien wij nu door de gehoorgang de mediale benige wand van het middenoor, waarvan het promontorium onmiddellijk opvalt. Aan de achterzijde hiervan ligt de fossula fenestrae rotundae. Het eigenlijke ronde venster, waarin de membrana tympani secundaria bij een niet-gemacereerd temporale ligt uitgespannen, kunnen wij vanuit een dergelijke laterale inkijk niet zien. Wel kunnen wij vaststellen dat de bodem van de holte, die min of meer horizontaal ligt, in de fossula geleidelijk naar craniaal oploopt en hierdoor tenslotte een sagittale positie krijgt. Wij kunnen ons voorstellen dat tegen de frontale uitbreiding van deze mediale begrenzing de eerste of basale winding van de cochlea ligt. Deze winding wordt verder aan de laterale zijde en aan de caudale zijde door de binnenoorkapsel omgeven; beide laatste begrenzingen eindigen in occipitale richting met een vrije rand, dit dus in tegenstelling tot de mediale wand.

Men noemt de toegang van de middenoorholte naar de fossula de apertura fossulae fenestrae rotundae. Het eigenlijke venster ligt als een onderbreking van de binnenoorkapsel in de voor- en bovenwand van de nis. Deze onderbreking van de kapsel is bij een gemacereerd temporale een open verbinding tussen het middenoor en het binnenoor. Normaal is deze verbinding afgesloten door de membrana tympani secundaria, de scheiding tussen de perilymphe van de scala tympani en de luchthoudende ruimte van het cavum tympani. De membraan is aangehecht aan de randen van het ronde venster.

Het petrosum of de volwassen binnenoorkapsel, waarin wij het ronde venster als een onderbreking vinden, is de benige bekleding van het binnenoor. In de volwassen fase onderscheiden wij drie lagen in deze kapsel, twee periostale lagen en een enchondrale laag. Deze drie lagen hebben zich ontwikkeld uit het blastoom dat om de otocyste heen lag. Deze verdichte mesenchym laag differentieert zich eerst tot kraakbeen. In de fase waarin de kapsel kraakbenig wordt maakt het ronde venster deel uit van een grotere onderbreking, het foramen perilymphaticum. Door deze onderbreking loopt de ductus perilymphaticus.

In deze zelfde fase onderscheidt FRICK een primitieve membrana tympani secundaria, die volgens hem, zoals wij in het begin reeds gezegd hebben, gedeeltelijk niet is aangehecht. Bij deze vrije rand van de membraan vinden wij nu de ductus perilymphaticus als een verbinding van de scala tympani met de arachnoidale ruimte om de nervus glossopharyngeus in het foramen jugulare.

De ontwikkeling van de membraan in relatie tot het foramen perilymphaticum vormt een morfogenetisch probleem dat door FRICK onderkend is. ANSON en BAST zijn zonder meer aan het probleem van de aanhechting van de membraan voorbijgegaan.

In het hierna volgende willen wij de ontwikkeling van de membraan bij de mens zowel morfologisch als histologisch onderzoeken. Hierbij willen wij onze aandacht richten op de vrije rand die FRICK zou hebben kunnen onderscheiden, weliswaar bij *Myotis Myotis*. Bovendien willen wij nader ingaan op de vraag hoe een omhoog groeiende kraakbeenspanng zou zorgen voor de aanhechting van de zogenaamde

vrije rand van de membraan, waarmede dan ook de omraming van het foramen rotundum volledig zou worden.

De morfogenese van de fossula fenestrae rotundae

Uit het voorafgaande hebben wij kunnen vaststellen dat de morfologische verhoudingen van het ronde venster door zijn verzonken ligging in de nis onduidelijk zijn gebleven. Om een inzicht te verkrijgen in juist deze verhoudingen hebben wij een model vervaardigd. Hierbij zijn behalve het ronde venster ook andere structuren in hun onderlinge relaties weergegeven. De gegevens nodig voor het vervaardigen van het model zijn ontleend aan een vergroot model van de injectio labyrinthi ossei (Spalteholz).

Wij onderscheiden in figuur 19, een lateraal aanzicht van dit model, aan het in positief voorgestelde cavum labyrinthi of de injectio labyrinthi ossei het vestibulum waarop het ovale venster is aangegeven.

Aan de occipitale zijde ontspringen de halfcirkelvormige kanalen, aan de frontale zijde loopt het vestibulum uit in de scala vestibuli. Tegen deze scala aan ligt de scala tympani, die onder het vestibulum eindigt. Beide scalae vormen samen de basale winding.

De omranding van het ronde venster als de doorgang van de fossula naar de scala tympani is op dezelfde wijze als het ovale venster aangegeven. Ook de ductus perilymphaticus, die aan de mediale zijde uit deze scala tympani ontspringt, is aangeduid. In dit model is overigens alleen het systeem van perilymphatische ruimten weergegeven, de endolymphatische ruimten zijn niet in het model opgenomen.

De binnenoorkapsel is voor zover dit van belang werd geacht op het cavum labyrinthi aangebracht (fig. 20). Hoewel wij de kapsel als één geheel beschouwen willen wij toch een aantal onderscheidingen maken, namelijk het vestibulaire deel als de bekleding van het vestibulum, de canaliculaire pool als die van de halfcirkelvormige kanalen en de cochleaire pool als de bekleding van de cochleaire windingen.

Van lateraal zien wij weer duidelijk de toegang tot de fossula fenestrae rotundae, terwijl het ronde venster zich weer onttrekt aan een overzichtelijke waarneming door de naar occipitaal uitstekende rand van het promontorium en de naar caudaal overhangende rand van het laterale gedeelte van het vestibulaire deel. Deze laatste rand, het subiculum, is een voortzetting van de achterste rand van het promontorium. De wand van het promontorium buigt in caudale richting naar mediaal om en vormt aldus de bodem van de eerste winding. Deze bodem sluit weer aan op de mediale wand van de cochleaire pool, die in occipitale richting verbonden is met de canaliculaire pool. De verbinding tussen de polen ligt onder het niveau van het vestibulum en vormt de mediale wand van de fossula. Fronto-craniaal in deze mediale wand vinden wij een opening, de aquaeductus cochlearis, waarin de ductus perioticus gelegen is. Caudaal buigt deze wand, zoals wij dit reeds beschreven bij een gemacereerd os temporale, van een sagittale positie om in een horizontale, waarbij hij overgaat in de bodem van fossula en middenoorholte. Naar craniaal is de mediale wand van de fossula vrijwel geheel aangesloten op het mediale gedeelte van het vestibulaire deel.

Het ronde venster ligt nu in de boven- en voorwand van de fossula en is een onderbreking in de binnenoorkapsel. (Vergelijk figuur 19 en figuur 20). Het ronde venster hoort op grond van de indeling die wij hebben voorgesteld deels bij het vestibulaire deel en deels bij de cochleaire pool. De membrana tympani secundaria,

die in het venster is aangehecht, ligt dus min of meer in twee vlakken, waardoor wij een horizontaal en een frontaal deel kunnen onderscheiden. Deze delen gaan geleidelijk in elkaar over evenals het vestibulaire deel geleidelijk overgaat in de cochleaire pool.

Met het model hebben we ons tot nu toe bepaald tot de ruimtelijke verhoudingen van het cavum labyrinthi, de omgevende kapsel in het gebied van het vestibulum en de fossula met de apertura fossulae fenestrae rotundae en de fenestra rotunda. Het is een schematisering van het beeld zoals wij dit kunnen ontleen aan een gemacereerd os temporale. Indien wij met behulp van een serie uit een laat-foetale fase het in het model weergegeven gebied reconstrueren, dan zullen wij het boven gebruikte model zien ontstaan, zij het dan in een meer gedetailleerde vorm.

Bij de vervaardiging van een reconstructie met behulp van een serie uit de vroeg-foetale fase, blijkt nu de mediale wand van de fossula, dit is dus de cochleo-canaliculaire verbinding, in het geheel niet aan te sluiten op de mediale gedeelten van het vestibulaire deel en van de cochleaire pool. Er is dus een hiaat in de mediale wand van de fossula (fig. 22). De omranding van dit hiaat kunnen wij als volgt aanduiden: de bovenrand van de aangegeven verbinding, de voorrand van de canaliculaire pool, de onderrand van het mediale gedeelte van het vestibulaire deel en de achterrand van het mediale gedeelte van de cochleaire pool. De verbinding tussen de polen noemt men in navolging van DE BEER de processus recessus, of ook wel de cartilage bar naar ANSON en BAST. Het hiaat zou volgens model en reconstructie een open weg zijn van de fossula fenestrae rotundae naar het foramen jugulare. ANSON en BAST hebben dit hiaat de hiatus tympano-meningealis genoemd. Tijdens de ontwikkeling wordt het hiaat verkleind door de aansluiting van de processus recessus op de mediale gedeelten van de cochleaire pool en het vestibulaire deel.

In de loop van de ontwikkeling zal dus niet het gehele hiaat verdwijnen, maar blijft er een kleine opening in de mediale wand bestaan. Door deze opening loopt de ductus perilymphaticus. Volgens het model worden de grenzen van de opening bepaald door de overgebleven randen van de mediale gedeelten van het vestibulaire deel en van de cochleaire pool en door de bovenrand van de processus recessus. Geheel op grond van theoretische overwegingen kan men zich aan de hand van het gebruikte model het volgende voorstellen. Vanuit het cavum tympani kan men naar het cavum cranii en naar het cavum labyrinthi komen. Deze wegen splitsen zich op een rand samengesteld uit de overgebleven randen van de mediale gedeelten van de cochleaire pool en van het vestibulaire deel. Het is echter ook mogelijk vanuit het cavum labyrinthi naar het cavum tympani en het cavum cranii te komen, waarbij de splitsingsrand nu de bovenrand van de processus recessus is. De beschrijving van deze twee mogelijkheden van toegangswegen met hun splitsingsranden doet wellicht gecompliceerd aan, maar laat zeer goed de problemen zien die zich in dit gebied voordoen. Zo zullen wij aantonen dat hoe voor de hand liggend het ook moge zijn een doorgang van de fossula fenestrae rotundae naar het foramen jugulare, ofwel van het cavum tympani naar het cavum cranii te veronderstellen, deze echter histologisch gezien niet kan bestaan. Bij de bespreking van de frontale coupes zullen wij dit nader verklaren.

Steeds blijkt bij een analyse van opeenvolgende reconstructies van de binnenoorkapsel dat men vanuit het cavum labyrinthi naar het cavum cranii kan komen en in een reconstructie ook naar het cavum tympani, hetgeen in een volwassen gemacereerd os temporale ook mogelijk is. Langs de aquaeductus cochlearis komt

men immers van de scala tympani naar het foramen jugulare en door het ronde venster van dezelfde scala naar de nis van het ronde venster.

De in het voorafgaande besproken verhoudingen zijn ook af te leiden uit een andere afbeelding van hetzelfde model (fig. 21). Dit is een craniaal aanzicht van de bodem van het cavum labyrinthi. Wij zien een onderbreking in de binnenoorkapsel, die het foramen perilymphaticum genoemd wordt. Deze onderbreking wordt door de bovenrand van de processus recessus in tweeën verdeeld. De mediaal gelegen opening vormt de verbinding met het cavum cranii, in feite hebben we hier nu te maken met de apertura interna van de aquaeductus cochlearis. De laterale opening is de doorgang naar het cavum tympani en is dus het ronde venster.

Op grond van de verhoudingen in het model kunnen wij nu ook de aanhechtingsranden van de membrana tympani secundaria afleiden. Deze komen immers overeen met de randen van het ronde venster en zijn als volgt aan te duiden: de bovenrand van de processus recessus, de randen die gevormd worden door het vestibulaire deel en de cochleaire pool—voor zover deze niet bij de apertura interna aquaeductus cochlearis behoren—en tenslotte de rand van de canaliculaire pool. De apertura interna van de aquaeductus cochlearis wordt gevormd door de bovenrand van de processus recessus en de resterende delen van de randen van de cochleaire pool en het vestibulaire deel. Tijdens de ontwikkeling blijkt dat de omhoog groeiende processus recessus de hiatus tympano-meningealis niet helemaal afsluit. Er blijft immers een doorgang voor de ductus perioticus in de aquaeductus cochlearis, al is de ductus in het volwassen stadium slechts te herkennen als een bindweefselstreng.

Veronderstellen wij nu dat vanuit dit volwassen stadium de bovenrand van de processus recessus wordt teruggetrokken onder het niveau van de membrana tympani secundaria, dan heeft deze membraan langs deze teruggetrokken rand geen aanhechting meer, hetgeen overeenkomt met het ontstaan van een vrije rand van de membraan. Op een geheel andere wijze hebben wij de vrije rand van de membraan, die FRICK in een vroeg-foetale fase vond in zijn series van *Myotis Myotis*, aangegeven. Tegelijkertijd met het terugtrekken van de processus recessus ontstaat bovendien de hiatus tympano-meningealis (fig. 22), volgens ANSON en BAST een continuïteit van het cavum tympani naar het cavum cranii, volgens ons opgevuld met verschillende mesenchymgebieden die gescheiden zijn door een juist in dit hiaat gelegen grenslaag. Deze verhoudingen zullen wij in het hierna volgende bespreken.

De histogenese van de fossula fenestrae rotundae

Met behulp van een model van de fossula fenestrae rotundae hebben wij een inzicht verkregen in de ruimtelijke verhoudingen van deze nis met de daarbij behorende openingen. Bovendien was het mogelijk enkele door enerzijds FRICK en anderzijds ANSON en BAST vastgestelde morfologische kenmerken van dit gebied op eenvoudige wijze aan te geven. Het is hierbij opvallend dat deze onderzoekers zich voornamelijk laten leiden door de morfologische veranderingen in reconstructies van opeenvolgende stadia, zonder voldoende aandacht te besteden aan de samenhang met de tegelijkertijd optredende histologische veranderingen. Wij zullen op deze laatste juist de nadruk leggen.

Een frontale coupe (fig. 23) door het fossulagebied toont de histo-morfologische verhoudingen in de laat-foetale fase. Het cavum tympani heeft zich ontplooid ten koste van het middenoormesenchym. Het overgebleven mesenchym is sterk gevasculariseerd en vult nog grotendeels de nis van het ronde venster op. De mediale be-

grenzing van de fossula wordt gevormd door de processus recessus, die al geheel verbeend is. Naar craniaal sluit deze processus aan op het mediale gedeelte van het vestibulaire deel. Wij zien op deze plaats de aquaeductus cochlearis met de ductus perilymphaticus. Van het mediale naar het laterale gedeelte van het vestibulaire deel ligt de membrana tympani secundaria uitgespannen. De membraan bestaat uit vezels die van de basis van de lamina spiralis ossea naar lateraal uitwaaiëren. De membraan scheidt de erboven gelegen scala tympani van het middenoormesenchym eronder.

In het model hebben wij de plaats van deze frontale coupe aangegeven. Aan de hand van het model en de frontale coupe kunnen wij ons voorstellen dat in de serie, waarvan wij de coupe besproken hebben, in meer naar frontaal gelegen coupes de mediale aanhechting van de membraan zich naar mediaal en de ductus perilymphaticus zich naar lateraal verplaatst. De mediale insertie van de membraan wordt hierbij veel breder en de vezels gaan nu ook aan de caudale zijde van de ductus perilymphaticus lopen, daar waar deze ductus mondt in de scala tympani. Terwijl de erboven gelegen vezels verdwijnen blijven de onderste aanwezig. Deze vormen tenslotte de mediale insertie van het frontale gedeelte van de membraan aan de cochleaire pool.

De histo-morfologische verhoudingen in een vroeg-foetale fase zijn geheel anders (fig. 24). Qua positie komen enkele morfologische kenmerken wel overeen met die in de laat-foetale fase, zoals bijvoorbeeld de onderlinge positie van de scala tympani en de ductus perilymphaticus ten opzichte van de verschillende gedeelten van de binnenoorkapsel. Het cavum tympani heeft echter nog een spleetvormig lumen. Het gehele middenoorgebied is gevuld met het middenoormesenchym, een ijel netwerk van mesenchymcellen met grote intercellulaire ruimten. De fossula fenestrae rotundae bevat een dichter mesenchym waarvan de cellen een zekere gerichtheid vertonen. Ze waaieren namelijk van lateraal naar mediaal uit. Heel duidelijk kan men de grens tussen de twee mesenchymgebieden vaststellen. Die grens strekt zich uit van de onderrand van de processus recessus naar de onderrand van het laterale gedeelte van het vestibulaire deel. Onder het mediale gedeelte van het vestibulaire deel loopt de ductus perilymphaticus door een dicht mesenchymgebied.

Uit de vergelijking van deze twee coupes is het duidelijk dat de veranderingen niet zo eenvoudig zijn als uit de conclusies van FRICK en ANSON en BAST wel blijkt. De volwassen verhoudingen zouden namelijk volgens hen ontstaan door de omhoog groeiende processus recessus, waarbij niet alleen de hiatus tympano-meningealis verkleind wordt maar ook de vrije rand van de primitieve membrana tympani secundaria een aanhechting krijgt.

In hoofdstuk III hebben wij de kenmerken van de foetale transformatie van het middenoorgebied besproken en deze gelden vanzelfsprekend ook voor de nis van het ronde venster. Wij zien de ontplooiing van het cavum tympani, het verdwijnen van het middenoor- en fossula-mesenchym en de omsluiting van het middenoorgebied door het temporale. Bij ons histomorfogenetisch onderzoek bij de foetale transformatie kwamen wij, in tegenstelling tot de conclusies van voorgaande onderzoekers, tot de overtuiging dat de primitieve membrana tympani secundaria geen vrije rand heeft en dat de doorgang van het cavum tympani naar het cavum cranii door de hiatus tympano-meningealis slechts aan reconstructies is vast te stellen. Wij hebben teneinde uitsluitsel hierover te krijgen een reconstructie van de binnenoorkapsel vervaardigd met behulp van een sagittale serie van een foetus van ongeveer drie maanden, waaraan kenmerken die geleid hebben tot de conclusies van

bovengenoemde onderzoekers te onderscheiden zouden moeten zijn. Het histologisch onderzoek van dezelfde serie met de morfologische gegevens van de vervaardigde reconstructie zal leiden naar onze conclusies.

Op een coupe (fig. 25) van de genoemde sagittale serie van een foetus van drie maanden omsluit de kraakbenige binnenoorkapsel het cavum labyrinthi. Aan de occipitale zijde vinden we enkele doorsneden van de halfcirkelvormige kanalen, in het vestibulum de doorsnede van de utriculus met zijn macula en aan de fronto-caudale zijde een tangentiële aansnijding van de ductus cochlearis. Vanaf deze coupe werd de binnenoorkapsel naar mediaal gereconstrueerd. Op een laterale opname van deze reconstructie (fig. 26) herkennen wij de contouren van de binnenoorkapsel, zoals deze op de coupe te zien zijn.

Het endolymphatische systeem is er schematisch in getekend opdat wij ons gemakkelijk kunnen oriënteren. Uit de sacculus loopt de ductus reuniens naar de ductus cochlearis. Deze laatste eindigt occipitaal van de inmonding van de ductus reuniens, terwijl de ductus in frontale richting tegen de wand van de cochleaire pool komt te liggen en een onderdeel van de basale winding wordt.

De reconstructie werd vanuit dezelfde richting getekend (fig. 27) als de laterale opname. Hier werd schematisch de „aansluiting” van de nog uit verdicht mesenchym bestaande membrana tympani secundaria op de binnenoorkapsel aangegeven, evenals het verloop van de ductus perilymphaticus van de scala tympani naar de arachnoidale ruimte om de nervus glossopharyngeus. Aangezien de verhoudingen van de fossula fenestrae rotundae voor ons van belang zijn, is dit gedeelte van de tekening vergroot weergegeven (fig. 28). Wij zien de bodem van het vestibulum met het begin van de eerste winding en de hieronder gelegen nis van het ronde venster met de opvallende cochleo-canaliculaire verbinding, de processus recessus.

Aan de craniale zijde van de processus recessus zien wij zowel in de reconstructie als op de tekening de hiatus tympano-meningealis. Inderdaad is dit een hiaat in de mediale wand van de fossula, dat in de reconstructie een passage toelaat van de fossula naar het foramen jugulare.

Aan de hand van vier sagittale coupes van dezelfde serie zullen wij nader ingaan op de histologische verhoudingen in dit gebied in de vroeg-foetale fase. De eerste coupe (fig. 29) ligt mediaal van de hiervoor besproken coupe (fig. 25). Wij zien het cavum tympani embryonale. Het is omgeven door het middenoormesenchym dat occipitaal wat meer losmazig is dan frontaal. Naar de fossula toe zien wij een grenslijn tussen het middenoormesenchym en het fossulamesenchym. In de onderbreking van de binnenoorkapsel ligt het dichte mesenchymgebied, waaruit zich de membrana tympani secundaria zal ontwikkelen. Het is samengesteld uit dicht bij elkaar gelegen gerichte cellen met dunne vezels die zich goed laten kleuren volgens de methode van Bielschowsky.

In de meer laterale coupes sluit de onderbreking van de kapsel. Het grensvlak tussen de twee mesenchymgebieden voegt zich tegen de kapsel. Naar mediaal wordt de onderbreking groter, waarbij de aanleg van de membrana tympani secundaria een knik gaat vertonen. Wij kunnen nu het frontale en het horizontale deel van de membraan onderscheiden, respectievelijk in de cochleaire pool en in het vestibulaire deel gelegen.

De volgende coupe (fig. 30) verschilt weinig van de voorgaande. De ductus cochlearis is door zijn boogvormig verloop tweemaal aangesneden, het ertussen gelegen septum spirale scheidt het craniaal ervan gelegen vestibulum van de caudaal ervan

gelegen scala tympani. Op de tegenover het septum spirale gelegen wand van de scala vinden we als bekleding een zeer losmazig mesenchym. De membraan strekt zich uit van de rand van het caudale gedeelte van de cochleaire pool naar de canaliculaire pool. De mesenchymcellen van deze laag stralen uit in het fossulamesenchym. Naar het cavum tympani toe vinden wij iets minder duidelijk maar toch wel aanwezig de grens tussen het fossulamesenchym en het middenoormesenchym. Bij meer naar mediaal gelegen coupes hecht het horizontale gedeelte van de membraan aan het mediale gedeelte van het vestibulaire deel, het gedeelte dat door FRICK het septum metacochleare genoemd wordt. De onderbreking van de binnenoorkapsel is hierdoor in fronto-occipitale richting aanzienlijk verkleind.

In de derde afgebeelde coupe (fig. 31) is ook de nis van het ronde venster belangrijk kleiner geworden. Wij herkennen echter nog steeds de membraan, hoewel minder duidelijk. Ook de grenslijn is wel zichtbaar. Tussen deze structuren ligt het fossulamesenchym. De membraan strekt zich in dit niveau uit van de mediale rand van de cochleaire pool naar een spitsvormige uitloper met een precartilago-structuur. Aan de voorzijde van de canaliculaire pool ontspringt de processus recessus.

Wanneer wij deze serie verder naar mediaal volgen blijkt de ductus perilymphaticus mediaal van de spitsvormige uitloper uit de scala tympani te ontspringen vanwaar hij naar occipitaal verloopt. Het bijzonder losmazige mesenchym dat een gedeelte van de scalawand bedekt vult ook de ductus perilymphaticus. De structuur van de membraan is minder opvallend, maar blijft toch een duidelijke onderbreking in de continuïteit van het mesenchym. De processus recessus reikt steeds verder naar de cochleaire pool.

In de coupe van figuur 32 is de processus recessus te zien als een cochleo-canaliculaire verbinding, die het craniaal ervan gelegen gebied met het fossulamesenchym scheidt van een caudaal ervan gelegen gebied met het middenoormesenchym. Het grensvlak dat aanvankelijk tussen de twee mesenchymarealen heeft bestaan, eindigt aan de caudale zijde van de processus recessus. Dit is duidelijker in een frontale coupe (fig. 24) te zien. De voortzetting van de membrana tympani secundaria scheidt nog steeds het fossulamesenchym van het gebied van de ductus perilymphaticus. In dit laatste gebied liggen drie venen die zich samenvoegen tot de vena cochlearis.

Figuur 32 toont dat het gebied van het fossulamesenchym begrensd wordt door achtereenvolgens de bovenzijde van de processus recessus, de onderzijde van het mediale gedeelte van het vestibulaire deel en de voortzetting van de membrana tympani secundaria.

Bij het vervolgen van de serie naar mediaal verkleint dit mesenchymgebied en houdt tenslotte op. Hiermee zullen de aansluitingen van de membraan aan het mediale gedeelte van het vestibulaire deel en aan de processus recessus in elkaar overgaan. De voortzetting van de membraan vormt dus de mediale begrenzing van het fossulamesenchym.

Deze verhoudingen zijn eenvoudiger te vinden in de tekening van de reconstructie (fig. 28). Tegen de voortzetting van de membraan ligt de ductus perilymphaticus. Wij hebben de „aansluiting” van de membraan met zijn voortzetting op de binnenoorkapsel nog schematisch weergegeven in figuur 33, afgeleid van figuur 28. Op grond van ons model is de aansluiting te beginnen bij de pijl als volgt: de bovenzijde van de processus recessus, de mediale, caudale en laterale zijde van de cochleaire pool, het laterale gedeelte van het vestibulaire deel, de frontale zijde van de canaliculaire pool en de mediale en caudale zijde van het mediale gedeelte van het vestibulaire deel. Hiertussen ligt een grensvlak gelegen in de onderbreking van de bin-

neuroorkapsel en de hiatus tympano-meningealis. Het sluit het fossulamesenchym naar het cavum labyrinthi en naar het cavum cranii histologisch geheel af.

Resumerend kunnen wij stellen dat het overbrengen van de lijn van insertie van de membrana tympani secundaria uit het volwassen stadium op een reconstructie uit de vroeg-foetale fase, zonder rekening te houden met de foetale transformatie, leidt tot de foutieve conclusie dat de membraan een vrije rand zou hebben. Men kan in de vroeg-foetale fase bovendien niet spreken van een functionerende membraan, wel van een grensvlak waaruit de membraan zich ontwikkelt.

Vervolgens kan men zich bij de analyse niet beperken tot een vergelijking van opeenvolgende reconstructies, maar moet men het histologisch substraat in deze analyse betrekken. Dan blijkt dat het grensvlak, waaruit de membrana tympani secundaria zich ontwikkelt, zich voortzet in de hiatus tympano-meningealis. Het grensvlak scheidt nu de fossula fenestrae rotundae van het foramen jugulare. Van een doorlopend homogeen substraat in deze gebieden is geen sprake.

DE VERDELING VAN HET KRAAKBEEN VAN MECKEL

In het voorafgaande hebben wij kunnen vaststellen dat het kraakbeen van Meckel in de loop van de ontwikkeling steeds moeilijker te onderscheiden is. Bij onze probleemstelling hebben wij voorgesteld de veranderingen van het Meckelse kraakbeen als leidraad te gebruiken voor het onderzoek naar het tot stand komen van de scheiding tussen het maxillo-mandibulaire gebied en het middenoorgebied. Daar het Meckelse kraakbeen als een ononderbroken systeem tot in de laat-foetale fase te herkennen is en de twee genoemde gebieden van elkaar gescheiden raken, hebben wij in de inleiding al gesproken van een functionele verdeling van deze structuur over die twee gebieden.

De histogenetische processen die zich afspelen in het kraakbeen van het Meckelse kraakbeen wijken af van de processen die elders in het chondrocranium plaats vinden. Terwijl het eerste in een vervezelingsproces betrokken raakt, zien wij dat grote delen van het chondrocranium verbenen. Het kraakbeen van Meckel is dan ook in de volwassen fase, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de incus, niet zonder meer terug te vinden. Om deze reden hebben enkele onderzoekers zich bezig gehouden met het lot van de zo opvallende kraakbenige staaf, die van de malleus naar frontaal loopt om in het mediane vlak die van de andere zijde te ontmoeten.

Daar de topografische verhoudingen bij de aaneensluiting van de processus perioticus, de pars glenoidalis squamosi en het cornu anterius tympanicum gecompliceerd zijn, willen wij deze verhoudingen allereerst met behulp van een afbeelding van de reconstructie van een reeds in hoofdstuk III besproken stadium uiteenzetten.

Figuur 34 geeft een gedeelte van de reconstructie (fig. 15) weer van een foetus van zes maanden. Van de drie elementen van het temporale is hier slechts het tympanicum weergegeven. Het tympanicum is in dit stadium een aan de craniale zijde open annulus. Aan de occipitale zijde ligt het cornu posterius, aan de frontale zijde het cornu anterius.

Het manubrium mallei wijst vanuit het open gedeelte van de annulus in occipito-medio-caudale richting en ligt nog vrijwel geheel in het vlak van de annulus. In de tegenovergestelde richting gaat dit deel van de malleus over in het collum. Evenals op de afbeelding in het vorige hoofdstuk is het caput van de malleus hier niet getekend. Aan de occipitale zijde van de malleus ligt de incus, zijn crus longum zien wij dui-

delijk samenhangen met de stapes. Bij dit aanzicht van craniaal overkruist de nervus facialis de articulatio incudo-stapedia, deze zenuw ligt echter in een veel hoger niveau, zelfs hoger dan de stapesvoetplaat. Hetgeen van de nervus facialis is aangegeven komt overeen met het tweede intratemporale traject van deze zenuw. Occipito-medio-caudaal tegen het middelste gedeelte ervan ligt het horizontale kanaal. Bij vergelijking van figuur 34 met figuur 15 ziet men deze onderlinge situatie heel duidelijk.

Wij kunnen ons gemakkelijk oriënteren in dit gebied. Onze belangstelling gaat nu uit naar de verhoudingen aan de frontale zijde. Wij bepalen nu eerst het verloop van de chorda tympani. Deze komt uit het occipitale gedeelte van het middenoorgebied tussen het crus longum en het manubrium over de pees van de musculus tensor tympani naar voren in het frontale gedeelte van het middenoorgebied. Deze tak van de nervus facialis verlaat het middenoorgebied nu over het cornu anterius tympanicum om tenslotte mediaal van de spina angularis van het sphenoidium in het maxillo-mandibulaire gebied te treden.

Lateraal van de chorda tympani, daar waar deze kruist over het cornu anterius, ligt een deel van de processus longus mallei. Het overige deel en wel dat van het snijvlak naar de malleus is niet weergegeven. Weer lateraal van deze structuur is de kraakbenige rest van het Meckelse kraakbeen, begeleid door aan de malleus ontspringende vezels, te vinden. Deze laatste zijn slechts in hun oorsprong aangegeven. Heel duidelijk hebben wij weer lateraal van en evenwijdig aan deze structuur een richel op het cornu anterius kunnen vaststellen. Lateraal van deze richel is nog een systeem van vezels, waarvan eveneens slechts de oorsprong aan de malleus in de afbeelding is getekend.

Nu wij de onderlinge ligging van de structuren aan de frontale zijde van het middenoorgebied hebben geschetst, willen wij ingaan op die gegevens in de literatuur welke ons nader informeren over dit gebied.

Het kraakbeen van Meckel

BOSSY en GAILLARD (1961) hebben met behulp van een prepareermicroscop het kraakbeen van Meckel onderzocht bij een foetus van 16 cm k.st.l. Op grond van dit onderzoek concluderen zij, dat het Meckelse kraakbeen een vorm van een X heeft, waarbij de proximale takken zich zouden vasthechten aan de spina angularis van het sphenoidium en aan de processus longus van de malleus, terwijl de distale takken dit doen aan de lingula mandibulae en aan de symphysis mentalis. Een dergelijke voorstelling kan wel descriptief van waarde zijn, maar voldoet volgens ons niet als oplossing van het ook door hen gestelde probleem, namelijk wat het lot is van het Meckelse kraakbeen. Bovendien is het in tegenspraak met hun eigen conclusies, waarbij zij aan de waargenomen continuïteit van de malleus naar de mandibula de naam van ligamentum malleo-mandibulare toekennen. Een verklaring voor de verdeling van dit ligament tijdens de ontwikkeling in een ligamentum anterius mallei en het ligamentum sphenomandibulare hebben zij niet gegeven, reden waarom zij beschrijverderwijs tot de X vorm van het Meckelse kraakbeen zijn gekomen.

Reeds eerder hebben RICHANY, BAST en ANSON (1956), uitgaande van de bestudering van series van opeenvolgende stadia, soortgelijke problemen behandeld. Hun uitgebreide waarnemingen beperken zich niet uitsluitend tot de histologische veranderingen van het Meckelse kraakbeen, maar behandelen ook de ontwikkeling van de mandibula. Het kraakbeen van Meckel wordt in hun onderzoek op grond

van histogenetische kenmerken in drie gedeelten verdeeld. Het distale gedeelte raakt betrokken bij de verbeningsprocessen van de mandibula, het intermediaire gedeelte desintegreert in een vezelig systeem en tenslotte ontstaan uit het proximale gedeelte de malleus en de incus.

Deze Amerikaanse onderzoekers gaan in dit artikel van de gedachte uit, dat in de eerste viscerale boog het Meckelse kraakbeen ontstaat, dat zij zien als het primordium van het mandibulaire skelet. Ook verdelen zij evenals BOSSY en GAILLARD het door hun „intermediair” genoemde gedeelte in een ligamentum anterius mallei en een ligamentum spheno-mandibulare. Het eerste dringt vanuit de malleus tot in de fissura petrotympanica door, terwijl het tweede aanvankelijk door de musculus pterygoideus externus gescheiden van de mandibula zich tenslotte bij de mandibula voegt. Door botappositie breidt de spina angularis van het sphenoideum zich tot in het vezelsysteem van het ligamentum malleo-mandibulare uit, zodat pas nu van een werkelijke verdeling van dit ligament gesproken kan worden. Het proximale gedeelte is dan het ligamentum anterius mallei, het distale deel het ligamentum spheno-mandibulare.

Samenvattend blijkt uit deze publikaties dat het kraakbeen van Meckel verandert in een vezelig systeem: het ligamentum malleo-mandibulare. Door de verbeningsprocessen wordt dit systeem, dat aanvankelijk ononderbroken van het middenoorgebied naar het maxillo-mandibulaire gebied loopt, verdeeld door de spina angularis van het sphenoideum. Hierbij ontspringt het ligamentum anterius aan de malleus en strekt zich uit tot de spina angularis.

Het ligamentum spheno-mandibulare ligt uitgespannen tussen de spina angularis en de lingula mandibulae. De uitbreiding van de spina angularis, waarbij het Meckelse systeem betrokken raakt, vindt plaats na de zesde foetale maand.

Het onderzoek

In ons onderzoek over de histomorfologische veranderingen van het Meckelse kraakbeen zullen wij ons beperken tot de differentiaties in en om het proximale deel. Uit metingen van de diameter van het kraakbeen van Meckel hebben wij kunnen vaststellen dat deze toeneemt tot de vierde prenatale maand. De diameter is dan ongeveer 1,25 mm. De kraakbenige staaf neemt in dikte toe door een appositie aan het oppervlak vanuit het perichondrium en ook door toename van de kraakbeencellen door deling. Bij dit laatste proces zien wij chondronen met een telkens groter aantal cellen ontstaan.

Tenslotte verandert het perichondrium in een vezelige manchet waarbij de kraakbenige staaf zijn maximale diameter bereikt (fig. 35). Hierna verandert het Meckelse kraakbeen van de vierde tot de zesde maand vrijwel volledig in een vezelig systeem. In het stadium van de zesde foetale maand (fig. 36) is de doorsnede van het Meckelse kraakbeen op dezelfde plaats zó gewijzigd dat slechts in het centrum een kraakbeenrest te onderscheiden is. Het heeft hier een degeneratief karakter. De diameter van het dichte vezelige systeem is ongeveer even groot als die van de kraakbenige staaf. In een stadium van zeven maanden is in het centrum van het vezelsysteem nog slechts een hyaline rest als overblijfsel van het kraakbeen van het Meckelse kraakbeen te onderscheiden.

Het is dus opmerkelijk dat de diameter van het Meckelse kraakbeen na de vierde maand *niet meer in grootte toeneemt* en dat het kraakbeen in de daarop volgende periode van drie maanden *verandert in een vezelsysteem*. Dit laatste wordt door de

zich uitbreidende spina angularis van het sphenoideum in tweeën verdeeld. Terwijl het Meckelse kraakbeen gemakkelijk op te sporen is tot laat in de foetale periode door de aanwezigheid van de hyaline resten, ligt dit geheel anders voor een systeem, dat wij hierna zullen bespreken.

Verschillende onderzoekers, waaronder LANDSMEER in 1956, hebben gewezen op een gericht systeem met een zonale bouw, waarin te onderscheiden zijn: een gerichte celconcentratie van de malleus naar de discus, een blastoom, waaruit zich de discus articularis ontwikkelt en een gericht mesenchymgebied van de musculus pterygoideus externus. Vooral de eerste zone is voor ons van belang omdat die zich evenals het Meckelse kraakbeen over dezelfde twee gebieden uitstrekt. Deze zone is namelijk gelegen tussen de primordia van de malleus en van de discus articularis van het temporo-mandibulaire gewricht. Dit systeem heeft men slechts in de vroeg-foetale fase kunnen onderscheiden, nooit in de laat-foetale fase.

Evenals bij het Meckelse kraakbeen hebben wij ook hier te maken met een systeem, dat na de scheiding van gebieden deels in het middenoorgebied en deels in het maxillo-mandibulaire gebied zal liggen. Wij zullen in het hierna volgende aantonen waar dit systeem in de volwassen fase te vinden is.

In een frontale coupe (fig. 37) van een foetus van vier maanden kunnen wij de onderlinge verhouding van de structuren nader aanduiden. Uit de malleus treedt het kraakbeen van Meckel. Aan de mediale zijde hiervan ligt de chorda tympani, aan de caudale zijde het goniale en aan de laterale zijde de vezelige verbinding van de malleus naar de discus. Dit laatste vezelsysteem wordt van het goniale gescheiden door het tympanicum, dat zich met een puntvormig uitsteeksel tussen deze structuren plaatst. De regio epitympanica wordt lateraal begrensd door de pars tympanica squamosi, die zich naar caudaal voortzet in een vezelig systeem, waarin het tympanicum en de lamina propria van de membrana tympani liggen. De craniale begrenzing is samengesteld uit de kleine pars tegmentalis squamosi en de kraakbenige processus perioticus met de daarbij aansluitende pars membranacea tegminis tympani.

De foetale transformatie van het middenoorgebied, zoals wij deze in hoofdstuk III beschreven hebben, vindt plaats van de vierde tot de zesde maand. Een van de facetten van deze transformatie was de aaneensluiting van de verschillende temporale elementen. De aaneensluiting van het squamosum en het tympanicum in de frontale begrenzing van het middenoorgebied kunnen wij ons met behulp van de afbeeldingen (fig. 34 en fig. 15) goed voorstellen. Doordat de uitbreidende processus perioticus zich tussen de pars glenoidalis squamosi en het cornu anterius tympanicum plaatst, lijkt de situatie gecompliceerd te worden. Met behulp van twee afbeeldingen uit werken van respectievelijk TANDLER en TESTUT kunnen wij dit echter eenvoudig oplossen. Het blijkt bovendien dat in deze afbeeldingen ook de oplossing ligt van het gestelde probleem hoe de verbinding van de malleus naar de discus verloopt.

In de afbeelding van TANDLER (fig. 39) vinden wij het temporale complex waaruit het petrosum verwijderd is. Het vlak van de annulus is in het frontale vlak van de waarnemer gebracht, die het preparaat dus in feite van occipito-medio-craniaal bekijkt. Het cornu anterius tympanicum vormt met de pars tympanica squamosi de sutura tympano-squamosa. Aan de bovenzijde van het cornu ligt een kam, de crista spinarum, waarvan de uiteinden genoemd worden respectievelijk de spina tympanica anterior en de spina tympanica posterior. Dit laatste is niet juist aangegeven in deze afbeelding. TANDLER geeft namelijk de uiteinden van de crista aan

als de processus tympanicus anterior en posterior, terwijl dit in feite andere gedeelten zijn van het tympanicum. De crista spinarum verdeelt nu het boven het cornu anterius gelegen gebied in tweeën, mediaal van de crista is, zoals duidelijk in de tekst van TANDLER staat, de sulcus tympanicus, waarin de processus longus mallei, de chorda tympani, het ligamentum anterius mallei en de arteria tympanica anterior liggen. Welk systeem er aan de laterale zijde van de crista zou liggen vindt geen enkele vermelding.

In TESTUT wordt over dit laterale gebied eveneens niet gerept. De figuur, die de anatomische verhoudingen van de frontale begrenzing van het middenoorgebied toont, verduidelijkt de aaneensluiting van de drie elementen van het temporale (fig. 40). Doordat tussen het cornu anterius tympanicum en de pars glenoidalis squamosi de benige voortzetting van de processus perioticus ligt, wordt het gebied aan de bovenzijde van het cornu anterius in vergelijking met dat op de afbeelding van TANDLER verkleind. Echter ook hier vinden wij aan weerszijden van de spina tympanica posterior een opening waarvan alleen de mediale in de tekst genoemd wordt. Het is de sulcus tympanicus met de reeds eerder opgesomde structuren. Over het laterale gebied wordt niet gesproken.

Wij willen terugkeren naar de bespreking van figuur 34. Hierbij hebben wij reeds een richel opgemerkt, die wij kunnen beschouwen als de crista spinarum. Mediaal ervan herkennen wij de structuren van de sulcus tympanicus, terwijl lateraal van de crista het vezelsysteem van de malleus naar de discus loopt. Deze passage is in de afbeeldingen van TESTUT en TANDLER wel te zien, maar vindt in de tekst van deze werken geen vermelding.

Wij hebben bovenstaande verhoudingen kunnen bevestigen in een foetale serie van een stadium van zeven maanden (fig. 38). Dit stadium valt na de transformatie, zoals wij die in hoofdstuk III beschreven hebben. De processus perioticus heeft zich in de pars membranacea tegminis tympani naar voren toe uitgebreid en dringt als de pars glenoidalis petrosi tussen het cornu anterius tympanicum en de pars glenoidalis squamosi door tot het cavum glenoidale. Wij kunnen ons nu voorstellen dat de sutura tympano-squamosa zich naar mediaal splitst in de sutura petro-squamosa en de sutura petro-tympanica. Van de pars glenoidalis petrosi lopen vezels uit in verschillende systemen, die wij in het maxillo-mandibulaire gebied kunnen onderscheiden, waarbij het Meckelse kraakbeen, dat al gedifferentieerd is tot het ligamentum malleo-mandibulare, zich bij het meest laterale voegt. Bovendien vinden wij aan de mediale zijde van de crista spinarum de chorda tympani, de processus longus mallei, de hyaline rest van het kraakbeen van Meckel en de arteria tympanica anterior. Aan de laterale zijde vinden wij een vezelsysteem dat naar frontaal samenhangt met het gebied van de discus articularis. Dit vezelsysteem trekt nu door de onbenoemde opening.

Het onderzoek van deze serie leverde echter nog een verrassende vondst op. In het maxillo-mandibulaire gebied troffen wij een kleine spierbundel aan, die noch bij de musculus pterygoideus externus noch bij de musculus pterygoideus internus behoorde. De spier had zijn oorsprong bij het samengestelde systeem van vezels, die deels tot het ligamentum malleo-mandibulare en deels tot de vezels van de pars glenoidalis petrosi behoren, en eindigde bij de lamina lateralis van het pterygoideum. Deze spier kan alleen overeenkomen met de musculus pterygo-spinalis, die door onder andere LE DOUBLE (1897) beschreven is. De musculus pterygo-spinalis komt men in de macrodissectie slechts zelden tegen en is voor zover ons bekend nooit eerder in een foetale serie beschreven.

Door het uitgroeien van de spina angularis wordt niet alleen het ligamentum malleo-mandibulare verdeeld, maar wijzigt zich tegelijkertijd de proximale insertie van de musculus pterygo-spinalis, die nu niet meer ontspringt aan het bovengenoemde samengestelde vezelsysteem maar aan de uitgroeide spina angularis. Eigenlijk kan men dan ook voor deze uitbreiding beter spreken van een musculus pterygo-mentalis.

Samenvattend kunnen wij zeggen dat het eerste kieuwbooggebied zich in de ontwikkeling splitst. Het gaat deels behoren tot het middenoorgebied en deels tot het maxillo-mandibulaire gebied. Bij de transformatie van het middenoor in de foetale periode verandert het Meckelse kraakbeen in een ligament. Dit ligament kan in de volwassen fase zowel in het middenoorgebied als in het maxillo-mandibulaire gebied onderscheiden worden. Hetzelfde geldt voor een ander systeem, dat als zodanig alleen in de vroeg-foetale fase aangetoond is, maar na onze onderzoeken nu ook in de volwassen fase in beide gebieden terug te vinden is. Dit systeem ligt lateraal van de crista spinarum tympanica en loopt door een tot nu toe onbenoemd foramen van het ene naar het andere gebied.

Bovendien is het ons nu ook mogelijk een duidelijke beschrijving te geven van de sutura petro-squamosa. Daar een sutuur als een vlak te beschouwen is, waar twee benige structuren op elkaar aangesloten zijn, kunnen wij in feite alleen lijnen zien. Deze lijnen kan men voor de sutura petro-squamosa waarnemen vanuit het cavum cranii, de fossa glenoidalis en het cavum tympani en op het mastoid. De lijnen sluiten op elkaar aan. Zo kunnen wij ons voorstellen, dat de linea cranialis—de lijn van de sutuur die men ziet vanuit het cavum cranii—naar occipitaal overgaat in de linea mastoidea. Deze laatste verandert in de linea tympanica bij het caudale uiteinde van de processus posttympanicus squamosi. De linea tympanica loopt aanvankelijk in de mastoidholte naar occipitaal en vervolgens naar craniaal. Hierna loopt de lijn naar frontaal van de mastoidholte over in de koepelholte. Omdat het petrosium als de pars glenoidalis zich meer naar frontaal uitbreidt dan het squamosum, dat zelf naar mediaal ombuigt, gaat de linea tympanica over in de linea glenoidalis. Deze laatste lijn gaat nu over in de linea cranialis, waarmee wij weer aan het punt van uitgang zijn gekomen (fig. 39). Van belang is nog op te merken dat de linea cranialis meer lateraal ligt dan de linea tympanica, hetgeen zeggen wil dat het vlak van de sutuur helt (fig. 40).

HOOFDSTUK V

BESPREKING EN CONCLUSIES

In dit werk over de foetale transformatie van het middenoor hebben wij de verschijnselen bestudeerd die tijdens de foetale periode plaatsvinden in het zich tot het middenoor ontwikkelende gebied. De verschijnselen waren in een bepaalde fase van deze periode zo kenmerkend, dat wij gemeend hebben van een transformatie te moeten spreken. De studie over de ontwikkeling van het middenoor had zich in de embryonale periode beperkt tot de aanleg van het middenoor als een geheel en tot die van de verschillende structuren van het middenoor afzonderlijk, en vervolgens in de foetale periode tot de veranderingen, die in de afzonderlijke structuren verder plaatsvinden. Hierdoor ontstond in de beschrijving van het onderzoek een scheiding van de overigens continue ontwikkeling in twee perioden, namelijk een embryonale en een foetale periode. In de vroege ontwikkeling of embryonale periode heeft GOEDBLOED (1960) bij de morfologische veranderingen van het kieuwbogenstadium tot het volwassen stadium gewezen op de histologische verschijnselen in het tot het middenoor behorende kieuwboogmesenchym, teneinde de morfogenese te kunnen verklaren. De resultaten van al deze onderzoeken geven echter ons inziens onvoldoende uitsluitsel over de ontwikkeling van het volwassen functionerende middenoor als geheel, alhoewel het met name genoemde onderzoek door zijn histomorfologische benadering van het middenoor een aanwijzing tot een beter inzicht in de ontwikkeling in de foetale periode gaf.

Voor de eeuwwisseling was het volwassen middenoor als een descriptief anatomisch vraagstuk al grotendeels uitgewerkt. De hulpmiddelen die men hiervoor ter beschikking had waren aanvankelijk slechts instrumenten als mes en pincet. Het inzicht in de samengestelde bouw van het middenoor werd aanzienlijk vergroot toen men in de laatste helft van de negentiende eeuw gebruik maakte van de opspuitcorrosie techniek. Zo was het mogelijk de te onderzoeken ruimte gestalte te geven, waardoor deze op zichzelf en ten opzichte van andere structuren te analyseren was (HYRTL 1873, BEZOLD 1882, SIEBENMANN 1897).

Met de eeuwwisseling had men ook enkele facetten van de middenoorontwikkeling beschreven. Zo behandelde BROMAN (1898) de aanleg van de verschillende gehoorbeentjes uit het kieuwboogmesenchym en vervolgens de histogenese van deze beentjes afzonderlijk. HAMMAR (1902) gaf een uiteenzetting over de ontwikkeling van de middenoorholte. Beide onderzoekers behandelen deze ontwikkelingsvraagstukken als waren het zelfstandige structuren met een eigen ontwikkeling. In de vroege ontwikkeling werden deze structuren beschreven in of ten opzichte van het kieuwbogenstelsel. In de late ontwikkeling werden de aangelegde structuren histomorfogenetisch beschreven als afzonderlijke onderdelen van het volwassen middenoor. Een dergelijke werkwijze is in de daaropvolgende decennia toegepast door vele onderzoekers, waarvan BAST en ANSON wel de belangrijkste vertegenwoordigers zijn.

Zo ontstaat nu de situatie die wij kunnen beschouwen als het uitgangspunt van ons onderzoek naar de foetale ontwikkeling van het middenoor. Dit onderzoek

heeft uiteindelijk geresulteerd in het onderkennen van een transformatie van dit gebied in de foetale periode.

Uit onderzoeken was al gebleken, dat reeds vroeg in de ontwikkeling in het kieuwbogengebied een middenoorgebied te herkennen is aan de onderlinge rangschikking van de samenstellende structuren, een rangschikking die al overeenkomt met die in de volwassen fase. Merkwaardig is echter, dat men de gelijkwaardige positie van dit gebied in het zich ontwikkelende hoofd niet heeft onderkend (HAMMAR 1902, HOCHSTETTER 1951, RICHANY, ANSON en BAST 1959, GOEDBLOED 1960). De reden hiervan is wel de verdeling van de ontwikkeling in twee perioden. In elke periode maakt men gebruik van een andere richtingsaanduiding, waardoor de gegevens, die mede bepaald zijn door een dergelijke aanduiding, voor een onderlinge vergelijking niet bruikbaar zijn. Wij hebben in dit onderzoek de mogelijkheid aangegrepen om de zijdelingse foto's en sagittale coupes van opeenvolgende stadia in beide ontwikkelingsperioden te vergelijken, omdat de richting van deze opnamen en coupes in elk opvolgend stadium ondubbelzinnig vaststaat. Het resultaat van deze vergelijking is, dat de vermeende kanteling van het middenoorgebied niet plaats vindt. De gelijkblijvende onderlinge positie van de samenstellende delen van het middenoorgebied blijkt uit fig. 1 en 2, die beide gelijk georiënteerd zijn ten opzichte van het horizontale kanaal. De figuren 3 en 4, beide midsagittale coupes door resp. embryo en foetus, laten duidelijk de reden zien waarom een onderlinge vergelijking van de positie van het middenoorgebied niet mogelijk was. In de embryonale periode is de bocht die de tractus digestivus in het beloop bij de overgang van hoofd naar romp maakt sterker dan in de foetale periode. Wij kunnen ons voorstellen hoe de romp zich ten opzichte van het hoofd ontkromt. Het zal dan ook duidelijk zijn dat transversale series aanvankelijk meer frontale series zijn en later in de ontwikkeling overeenkomen met horizontale series. Door het niet onderkennen van deze verandering van de snijrichting, ontstaat bij de vergelijking van transversale series van opeenvolgende stadia de vermeende kanteling van het middenoorgebied. De figuren 4 en 5, zijdelingse opnamen van een embryo en een foetus, tonen naast het bovengenoemde ontkrommingsproces ook de veranderingen van het gebied rondom de eerste kieuwgroeve tot het uitwendige oor, waarbij de richting van de groeve en van de incisura intertragica in de figuren overeenkomt.

Door het invoeren van de volwassen richtingsaanduiding ook in de embryonale periode, hetgeen immers door het reeds genoemde onderzoek mogelijk werd, hebben wij de onderlinge relatie van de samenstellende delen van het middenoor in de ontwikkeling kunnen bestuderen aan in verschillende richting gesneden embryo's en foetussen. Hierbij bleek dat de onderlinge relatie van het cavum tympani, de gehoorbeentjes en de temporale elementen zich tot de vierde maand niet wijzigt. Morfologisch vergroten de verschillende componenten zich en histologisch voltrekt zich ook de differentiatie van mesenchymverdichtingen in kraakbeen en spieren, en van het epitheel in een eenlagig plat en een meerrijig epitheel. Bovendien ontwikkelen zich tal van vezelsystemen.

De onderlinge morfologische verhoudingen van enkele samenstellende structuren van het middenoorgebied in de vierde foetale maand zijn duidelijk vast te stellen aan een craniaal aanzicht van een reconstructie (fig. 7), vervaardigd met behulp van een serie van een foetus humanum van 4 maanden. Drie coupes (fig. 8, 9 en 10) van deze serie, resp. in het epi-, meso- en hypotympanale gebied, tonen de morfologische verhoudingen van de verschillende histologisch te onderscheiden structuren. Aan de hand van deze figuren werd een topografische analyse gegeven, die

geverifieerd werd met behulp van series van een even oude foetus gesneden in een ander vlak. Hieruit bleek het volgende: het cavum tympani heeft nog steeds een virtueel lumen, de kraakbenige voorlopers van de gehoorbeentjes liggen nog ingebed in het middenoormesenchym, de malleus heeft naar het mandibulaire gebied toe een staafvormige uitbreiding, het kraakbeen van Meckel. Om het middenoormesenchym heen vinden we gescheiden van elkaar de kraakbenige binnenoorkapsel, het benige squamosum en het benige tympanicum.

Veel aandacht hebben wij besteed aan de vezelstructuren die het middenoormesenchym begrenzen. De belangrijkste waarneming over deze vezelstructuren was wel de splitsing van de vezelige voortzetting van de processus perioticus, ook wel genoemd de pars membranacea tegminis tympani, in verschillende systemen. Zo waren achtereenvolgens de volgende systemen te onderscheiden: een systeem gelegen aan de tympanale zijde van de nervus facialis, een systeem dat naar het ombuigingspunt van de musculus tensor tympani trok, een systeem waarin de tuba pharyngo-auditiva lag en dat vervolgens naar de basale plaat en naar het caudo-mediale deel van de canaliculaire pool trok, een systeem dat te vervolgen was naar de lamina medialis van het pterygoideum en tenslotte een systeem dat zich voegde bij het Meckelse kraakbeen.

Tot dit stadium was de onderlinge relatie van de samenstellende delen van het middenoor vanaf het moment van aanleg vrijwel ongewijzigd gebleven. Bovendien waren de structuren tussen het middenoorgebied en het maxillo-mandibulaire gebied nog duidelijk in de series te onderscheiden. De eerste kieuwboog draagt immers bij tot beide gebieden. Het kraakbeen van Meckel is wel de meest markante structuur die zich over beide gebieden uitstrekt, hoewel daarnaast ook de vezelstructuren, die zich van de pars membranacea tegminis tympani afsplitsen en die een relatie hebben met de tuba en de lamina medialis van het pterygoideum, duidelijk als een continuïteit van het ene gebied naar het andere gebied te vervolgen zijn.

Tegelijk met de verbening van de enchondrale elementen, namelijk de binnenoorkapsel en de afzonderlijke delen van de gehoorbeentjes, in de vierde foetale maand, verandert het onderlinge verband van de samenstellende elementen. In hoofdstuk III werd deze verandering in opeenvolgende stadia geanalyseerd. Wij volstaan nu met de beschrijving van deze verandering aan de hand van een foetus van 6 maanden met behulp van de figuren 15, 16, 17 en 18. Deze afbeeldingen van de reconstructie en coupes hebben dezelfde vergrotingsfactor als die van de reeds genoemde foetus van 4 maanden. Bovendien is elke coupe van het ene stadium zo gekozen dat deze in aansnijding overeenkomt met die in het andere stadium. De figuren zijn dus onderling vergelijkbaar. Het virtuele lumen van het cavum tympani heeft zich ontplooid. Wij onderscheiden evenals HAMMAR (1902) en PROCTOR (1964) de saccus anterior, medius en superior. In tegenstelling met PROCTOR zijn wij van mening dat er niet een uitstulping van de nasopharynx uitgroeit in verschillende richtingen, maar dat het reeds aanwezige virtuele lumen overgaat in een werkelijk lumen. Door deze uitbreiding komen de zich verbenende kraakbenige voorlopers van de gehoorbeentjes in deze middenoorholte te liggen. Terwijl deze kraakbenige elementen aanvankelijk ingebed lagen in het middenoormesenchym, worden zij nu verankerd aan de omgeving. Wij onderscheiden de volgende verankeringsystemen: de lamina media van het trommelvlies met het ligamentum mallei anterior en posterior, het ligamentum incudis posterior, het ligamentum annulare stapedis en de pezen van de musculus tensor tympani en van de musculus stapedius. Opvallend is dat de

gehoorbeentjes nu ook hun volwassen grootte hebben bereikt. Dit geldt evenzeer voor de diameter van het foramen ovale en van de annulus tympanicus. Tegelijkertijd vindt ook de aaneensluiting plaats van het petrosus, het squamosum en het tympanicum, waarbij het temporale ontstaat.

Wij kunnen zeggen dat in deze fase van de foetale periode, dus van de vierde tot de zesde foetale maand, een transformatie in het middenoorgebied plaats vindt, waarbij de volwassen kenmerken van het middenoor tot uitdrukking komen. Terwijl in de vroeg-foetale fase de nog kraakbenige voorlopers van de gehoorbeentjes de indruk maken één geheel te zijn met de in de kieuwbogen aangelegde kraakbeenspangen, zien wij in de laat-foetale fase daarentegen een keten van gehoorbeentjes, die zich uitstrekt van de membrana tympani naar het ovale venster. Deze omvorming houdt in, dat het gebied van de eerste kieuwboog functioneel verdeeld wordt in twee gebieden, namelijk een gedeelte dat bij het middenoorgebied en een gedeelte dat bij het maxillo-mandibulaire gebied gaat horen.

Het volgende punt van ons onderzoek was nu de tussen deze gebieden gelegen verbindingen, die ondanks de transformatie aanwezig moeten blijven, op te sporen. Het kraakbeen van Meckel heeft ons hierbij tot leidraad gediend. Door de vezeling van deze kraakbenige spang in de transformatiefase ontstaat het ligamentum malleo-mandibulare (BOSSY en GAILLARD 1963). Bij de uitgroei van de spina angularis van het sphenoidium wordt dit ligament verdeeld in het ligamentum mallei anterior en het ligamentum sphenomandibulare.

Met de opeenvolgende topografische analyses wisten wij, dat de processus perioticus zich voortzette in de pars membranacea tegminis tympani, die zich in verschillende vezelsystemen opsplijste. Een van deze systemen trok naar de lamina medialis van het pterygoideum. Bij de analyse ervan vonden wij in een van onze frontale series een kleine spier, die noch bij de musculus pterygoideus internus noch bij de musculus pterygoideus externus behoorde. Hij kwam in ligging overeen met de musculus pterygo-spinalis (LE DOUBLE 1897). Over het algemeen vinden wij hier het ligament van Civini. Overeenkomstig de verdeling van het ligamentum malleo-mandibulare door de spina angularis van het sphenoidium, is er ook hier sprake van een veranderde aanhechting van de musculus pterygo-spinalis. Voordat de spina uitgroeit zou men dan ook beter kunnen spreken van de musculus pterygo-tgmentalis.

Enkele onderzoekers (o.a. LANDSMEER 1956) hebben in de vroeg-foetale fase gewezen op een gericht systeem van de malleus naar de discus articularis. Door het onderkennen van de juiste oriëntatie was het ons in tegenstelling tot genoemde onderzoekers mogelijk dit systeem ook in de laat-foetale fase op te sporen (fig. 34 afgeleid van fig. 15). Het lag lateraal van de crista spinarum tympani. Nu was het in de volwassen fase duidelijk te zien, dat dit systeem liep door een opening, die in de literatuur nooit werd genoemd. In figuur 40 uit TESTUT vindt men mediaal van de crista spinarum de sulcus tympanicus, lateraal ervan de onbenoemde opening. Door deze opening loopt weer het vezelig systeem, dat zich van het middenoorgebied naar het maxillo-mandibulaire gebied uitstrekt en om deze reden weer onze belangstelling had.

Ook in het gebied van het ronde venster kwamen wij door een histomorfologische benadering van het zich ontwikkelende substraat tot andere inzichten dan die welke

in de literatuur beschreven zijn. In het volwassen stadium ligt de membrana tympani secundaria uitgespannen in het ronde venster, dat in de diepte ligt van de fossula fenestrae rotundae. In de foetale periode na de transformatie vinden wij een overeenkomstige ligging van de membraan in het venster met aan de ene zijde de scala tympani en aan de andere zijde de zich ontplooiende middenoorholte (fig. 23). Voor de transformatie vinden wij het substraat van de membraan als een vezelig grensvlak tussen de scala tympani enerzijds en het mesenchym van de fossula anderzijds (fig. 24). Het blijkt echter dat dit grensvlak zich voortzet aan de laterale zijde van de aquaeductus cochlearis. Deze uitbreiding van het grensvlak sluit het hiaat af, dat gelegen is aan de craniale zijde van de processus recessus. De processus is een verbinding tussen de caudale delen van de canaliculaire en cochleaire pool (fig. 25, 26, 27 en 28).

Door de histomorfologische benadering van het substraat wijkt onze zienswijze van die van de volgende onderzoekers af. ANSON en BAST (1953) spreken in de vroeg-foetale fase van de hiatus tympano-meningealis, waarmee zij te kennen geven dat er een continuïteit zou bestaan tussen het cavum tympani en het cavum crani. Histologisch vinden wij echter het reeds genoemde grensvlak, dat de twee ruimten scheidt. Bovendien ligt in de fossula fenestrae rotundae mesenchym, dat zich door zijn cellulaire gerichtheid en grotere dichtheid onderscheidt van het middenoormesenchym en dat door een ander grensvlak daarvan gescheiden wordt.

FRICK (1952) meent, dat in de vroeg-foetale fase de mediale aanhechting van de membrana tympani secundaria niet volledig is. Ons onderzoek heeft echter uitge-wezen, dat in deze door FRICK aangegeven vrije rand van de membraan het grensvlak zich naar occipitaal uitbreidt aan de laterale zijde van de ductus perioticus.

Uit onze onderzoeken zal het duidelijk zijn dat de bestudering van de ontwikkeling van een gebied niet uitsluitend aan de hand van reconstructies van opeenvolgende stadia verricht kan worden, zoals ANSON en BAST dit deden. Bovendien is het overbrengen van volwassen structuren, waaraan bepaalde functionele kwaliteiten worden toegekend, in reconstructies van een vroeg-foetale fase niet mogelijk. FRICK komt dan ook hierdoor tot foutieve conclusies. Het eerstgenoemde onderzoek leidt tot het aannemen van verbindingen, die mogelijk bij morfologische analyse van uitsluitend de binnenoorkapsel wel blijken, maar die histologisch onaanvaardbaar zijn. Het tweede genoemde onderzoek veroorzaakt problemen, die ontstaan door het toekennen van functionele kwaliteiten aan structuren in een fase, waar het betreffende zich ontwikkelende substraat andere eigenschappen heeft.

De feiten die geleid hebben tot het onderkennen van de foetale transformatie van het middenoor zullen wij puntsgewijs geven.

1. De beschrijving van de ontwikkeling van het middenoorgebied wordt vereenvoudigd door te spreken van de ontkromming van de romp ten opzichte van het hoofd.
2. De positie van het middenoorgebied in het zich ontwikkelende hoofd zal vanaf het moment van aanleg niet meer wijzigen.
3. Bij een gelijkblijvende onderlinge positie van de samenstellende structuren van het middenoor verandert in de transformatie-fase het onderlinge verband van deze structuren.
4. Het substraat waaruit de functionele membrana tympani secundaria zich ont-

wikkelt is een gedeelte van een grensvlak, dat gelegen is tussen het fossula-mesenchym enerzijds en de scala tympani met de ductus perilymphaticus anderzijds.

5. De vervezeling en de daaropvolgende verdeling van het kraakbeen van Meckel als een onderdeel van de eerste viscerale boog zijn voor ons aanleiding geweest tot het opsporen van dergelijke processen in andere structuren, die evenals het Meckelse kraakbeen in de viscerale bogen uitgestrekt liggen.

Algemeen concluderend is heel duidelijk bij dit onderzoek vastgesteld, dat de aanleg en de ontwikkeling van het middenoorgebied niet als geïsoleerde processen beschouwd kunnen worden. Het middenoorgebied is een onderdeel van een groter geheel, waaruit het middenoorgebied zich juist tijdens de ontwikkeling losmaakt. Vanuit de binnenoorkapsel strekken zich enerzijds vanuit de processus perioticus en anderzijds vanuit de processus styloideus vezelsystemen uit, die in hun eerste traject begrenzend structuren vormen en die in hun verdere loop nauwe relaties hebben met spiersystemen in respectievelijk het maxillo-mandibulaire gebied en het gebied van de processus styloideus. Tegelijkertijd met de verbening van de enchondrale elementen wordt de continuïteit van de vezelsystemen verbroken, waarbij de aaneensluiting van de temporale elementen plaats vindt.

Tenslotte willen wij er de nadruk op leggen, dat in de periode van de vierde tot de zesde foetale maand de beschreven specifieke verschijnselen tegelijkertijd plaats vinden, waarbij de volwassen functionele kenmerken tot uitdrukking komen. Dit gehele proces noemen wij de foetale transformatie.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this work on the foetal transformation of the middle ear, we have studied the phenomena that occur during the foetal period in the region developing into the middle ear. In one phase of this period the phenomena were so characteristic that we must speak of a transformation. The study of the development of the middle ear in the embryonic period was limited to the primordium of the middle ear as a whole and that of the various structures of the middle ear separately and, in the foetal period, to the changes occurring in the individual structures. Consequently, the description of the study of an otherwise continuous development has been split into two periods: embryonic and foetal. As regards the morphological changes from the branchial arch to the fully grown stage in the early development or embryonic period, GOEDBLOED (1960) drew attention to histological changes in the branchial arch mesenchyme of the middle ear in order to explain the morphogenesis. In our view, the results of all these investigations do not adequately explain the development of the fully functioning middle ear as a whole, although because of their histomorphological assessment the investigations mentioned gave a clearer indication of developments during the foetal period. Before the end of last century the adult middle ear as a descriptive-anatomical problem had been largely solved. The only implements at first available were instruments such as knives and forceps. Understanding of the compound structure of the middle ear was greatly widened in the second part of the nineteenth century by using the injection-corrosion method. It then became possible to give contour to the space being investigated so that it could be analysed in isolation and in comparison with other structures (HYRTL 1873, BEZOLD 1882, SIEBENMANN 1897).

By the turn of the century some aspects of middle ear development had also been described. BROMAN (1898) dealt with the primordium of the various ossicles from the branchial arch mesenchyme and their separate histogenesis. HAMMAR (1902) explained the development of the tympanic cavity. Both treated these problems as if they concerned autonomous structures developing individually. In their early development, these structures were described as part of the branchial arch system or in relation to it. In their later development the structures obtained in the primordium were described histomorphogenetically as separate parts of the full-grown middle ear. In subsequent decades, this procedure was adopted by many workers, the foremost being ANSON and BAST.

This is the origin of the situation which we can take as the starting point for our investigations into the foetal development of the middle ear. They resulted in the recognition of a transformation of this region in the foetal period.

Investigations had already proved that early on in the development of the branchial arch system a middle ear region is distinguishable in the arrangement of the constituent structures, corresponding to the full-term phase. The remarkable thing, however, is that the equivalent position of this region in the developing head has not been identified (HAMMAR 1902, HOCHSTETTER 1951, RICHANY, ANSON and BAST 1959, GOEDBLOED 1960).

The reason is the splitting of the development into two periods. In each period a different indication of direction is used. Consequently the fundamentals, which are likewise determined by the direction, are useless for comparison. We took the opportunity to compare lateral photographs and sagittal microscopic sections of successive stages in both periods because the direction of the photographs and sections in each stage is definitely known. This comparison revealed that the presumed tilting of the middle ear region does not occur. The unaltered relative position of the parts of the middle ear region is shown in Figs. 1 and 2, which are both directed by the horizontal canal. Figs. 3 and 4, both mid-sagittal sections through foetus and embryo respectively show clearly why it was impossible to compare the position of the middle ear region. In the period of the embryo, the curve in the digestive tract in passing from head to trunk is sharper than in the foetal period. We can envisage how the trunk straightens relative to the head. It will thus be clear that transversal sections at first tend to be frontal sections and later on in development correspond more to horizontal sections. If this change in the direction of sectioning is not recognised, comparison of transversal sections of successive stages produces the presumed tilting process. Figs. 4 and 5, lateral photographs of an embryo and a foetus, show, in addition to the above straightening process, the changes in the region round the first branchial groove to the external ear, the direction of the groove and the incisura intertragica corresponding in these figures.

By adopting the adult indication of direction in the embryonic period as well, which was possible in these investigations, we were able to study the inter-relationship of the constituent parts of the middle ear during development, from embryos and foetuses cut in different directions. It was found that the relation of the tympanic cavity, the ossicles and the temporal elements did not change until the fourth month. It is true that morphologically the various components enlarge and histologically blastema differentiate into cartilage and muscles and the epithelium differentiates into simple squamous and ciliated columnar epithelia. Numerous fibre-systems also develop.

The morphological inter-relationships of some component structures of the middle ear region in the fourth foetal month can be clearly identified from a cranial illustration of a reconstruction (Fig. 7) made with the aid of a series of sections from a four-months human foetus. Three sections (Figs. 8, 9 and 10) in the epitympanic, mesotympanic and hypotympanic regions respectively show the morphological relationship of the various histologically distinguishable structures. A topographical analysis was made from these figures which was verified with a series of sections from equally old foetuses cut across a different direction. It was found that the tympanic cavity still has a virtual lumen, the cartilaginous precursors of the ossicles are still embedded in middle ear mesenchyme, the malleus has a rodlike extension towards the mandibular region, Meckel's cartilage. Around the middle ear mesenchyme we find separately the cartilaginous otic capsule, the bony squama and the bony tympanica.

We paid considerable attention to the fibre structures bordering the middle ear mesenchyme. Our most important observation was the splitting up of the fibrous continuation of the periotic process, or pars membranacea tegminis tympani. The following systems were distinguishable in succession: a system located at the tympanic side of the facial nerve, a system reaching out to the bending point of the tensor tympani, a system in which the pharyngo-auditory tube was located, reaching on to the basal plate and to the caudo-medial part of the canalicular pole, a system that could be followed to the medial lamina of the pterygoid and lastly a system that joined Meckel's cartilage.

So far the inter-relation of the parts of the middle ear remained essentially unchanged from the moment of the anlage. Moreover, the structures between the middle ear region and the maxillo-mandibular region are clearly distinguishable in the series of sections. The first branchial arch contributes to both regions. Meckel's cartilage is the most striking structure, extending over both regions, although the fibre structures proceeding from the pars membranacea tegminis tympani and related to the tuba and the medial lamina of the pterygoid can clearly be traced as a continuity from one region to the other.

Simultaneously with the ossification of the enchondral elements, i.e. the otic capsule and the individual parts of the ossicle chain, in the fourth foetal month there is a change in the inter-relationship of the constituent elements. This change in the successive stages is analysed in Chapter III. Suffice it now to describe this change by reference to a six-month foetus with the aid of Figs. 15, 16, 17, and 18. The reconstruction and sections have the same magnification and position as the figures for the four-month foetus already mentioned, and are thus comparable. Here the virtual lumen of the tympanic cavity has expanded. Like HAMMAR (1902), and PROCTOR (1964), we distinguish the saccus anterior, medius and superior. Unlike PROCTOR we are convinced that the protrusion of the nasopharynx does not grow in different directions, but that the existing virtual lumen becomes a real lumen. This expansion causes the ossifying cartilaginous precursors of the ossicles to lie in the tympanic cavity. Whereas these cartilaginous elements were at first embedded in the middle ear mesenchyme, they are now anchored in their environment. We discern the following anchoring systems: the medial lamina of the tympanic membrane with anterior and posterior ligaments, the incudal posterior ligament, the annular stapedial ligament and the tendons of the tensor and stapedial muscles. It is noticeable that the ossicles have now also reached their full-grown size. This also applies to the diameter of the oval window and the annulus tympanicus. At the same time the petrosum, squamosum and tympanicum join together, forming the temporal bone.

We may say that in this phase of the foetal period, i.e. from the fourth to the sixth month, a transformation occurs in the middle ear region, in which the fully-grown features of the middle ear appear. Whereas in the early foetal phase the cartilaginous precursors of the ossicles seem to form an entity with the cartilaginous rods formed in the branchial arches, we find in the late-foetal phase an ossicle chain from the tympanic membrane to the oval window. In this transformation the region of the first branchial arch is functionally broken into two regions, one belonging to the middle ear and one to the maxillo-mandibular region

The next step in our research was to trace the connections between these regions, which must remain in existence notwithstanding the transformation. Meckel's cartilage guided us in this. Fibrification of this cartilaginous rod during transformation creates the malleo-mandibular ligament (BOSSY and GAILLARD 1963). The outgrowth of the spinous process of the sphenoid bone divides this ligament into the anterior malleolar and sphenomandibular ligaments.

With these successive topographical analyses we knew that the periotic process continued into the pars membranacea tegminis tympani, which splits into several fibre systems. One of these extended to the medial lamina of the pterygoid. Upon analysis, we found in one of our frontal series a small muscle that belonged neither to the internal nor the external pterygoid muscle. Its location corresponded to the pterygo-spinal muscle (LE DOUBLE 1897). We generally find Civini's ligament here.

Similarly to the division of the malleo-mandibular ligament by the angular spina of the sphenoid, this is also a question of a changed insertion of the pterygo-spinal muscle. Before the outgrowth of the spina, it would thus be better to speak of the pterygo-tegmental muscle.

Research in the early-foetal phase (among others LANDSMEER 1956) pointed to a directed system from the malleus to the articular disc. By distinguishing the precise orientation, we found it possible, unlike these workers, also to trace this system in the late-foetal phase (Fig. 34 from Fig. 15). It was situated laterally from the spinal crista of the tympanum. It was clearly discernible in the fully-grown phase that this system led through an aperture that had never been mentioned in the literature. Fig. 40 from TESTUT shows medially from the spinal crista the tympanic sulcus, laterally the unnamed aperture. Through this aperture the fibrous system again runs, which extends from the middle ear region to the maxillo-mandibular area and for this reason drew our attention.

In the area of the fenestra rotunda we also arrived at conclusions different from those in the literature, on the basis of histomorphological evaluation of the developing tissue. In the full-grown stage the secondary tympanic membrane is stretched in the fenestra rotunda located in the depth of the fossula fenestrae rotundae. In the foetal period after transformation we find a similar location of the membrane in the opening with the scala tympani on one side and the developing middle ear cavity on the other (Fig. 23). Before transformation we observe the tissue of the membrane as a fibrous boundary between the scala tympani and the mesenchyme of the fossula (Fig. 24). It appears, however, that this boundary continues on the lateral side of the cochlear duct. This continuation of the boundary closes the hiatus situated on the cranial side of the processus recessus. This processus or cartilage bar joins the caudal parts of the canalicular and cochlear poles (Figs. 25, 26, 27 and 28).

Our histomorphological evaluation of the tissue gives us a different view from those of the following workers. ANSON and BAST speak in an early foetal phase of the hiatus tympano-meningealis, indicating a continuity between the tympanic and cranial cavities. Histologically however, we find the indicated boundary separating the two. Moreover, mesenchyme present in the fossula fenestrae rotundae is distinguished by its cellular polarity and greater mesenchymal density from the middle ear mesenchyme and separated from it by another boundary.

FRICK believes that the medial attachment of the second tympanic membrane is not complete in the early foetal phase. Our research showed that in this free edge of the membrane indicated by FRICK the boundary extends occipitally along the lateral side of the periotic duct.

Our research has made it clear that the research of the development of an area cannot be effected solely from reconstructions of successive stages, as ANSON and BAST did. Moreover, the transposition of full-term structures, to which specific functional qualities are allotted, to reconstructions of an early-foetal phase is not possible. FRICK made an error to do so. The first-mentioned research leads to the assumption of continuities which may prove possible upon morphological analysis of the otic capsule only but are unacceptable histologically. The second research mentioned causes problems by allotting functional qualities to structures in a phase in which the developing tissue has different properties.

Let us enumerate the facts that led to recognition of the foetal transformation of the middle ear:

- (1) Description of the development of the middle ear region is simplified by speaking of straightening of the trunk relative to the head.
- (2) The position of the middle ear region in the developing head will undergo no further change from the moment of the anlage.
- (3) While the relative positions of the component structures of the middle ear remain unchanged, their relationship changes in the transformation phase.
- (4) The tissue from which the functional secondary tympanic membrane develops is part of a boundary between the fossula mesenchyme and the scala tympani with the perilymphatic duct.
- (5) Fibrification and subsequent division of Meckel's cartilage, as part of the first branchial arch, prompted us to trace similar processes in other structures extended, like Meckel's cartilage, in the branchial arches.

The general conclusion from this research is very clearly that the primordium and the development of the middle ear region is not an isolated process. The middle ear region is part of a larger system from which the middle ear region detaches itself during development. Fibrous systems from the otic capsule extend from the periotic and the styloid processes, which at first form bordering structures and are subsequently closely related to muscle systems in the maxillomandibular and styloid regions respectively. The continuity of the fibrous systems is interrupted by ossification of the cartilaginous elements, whereupon junction of the temporal elements occurs.

Lastly, we wish to emphasize that in the fourth to sixth foetal month the specific phenomena described occur simultaneously, the adult functional characteristics thereby revealing themselves. We call this entire process the foetal transformation.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- ANSON, B. J. (1965). The endolymphatic and perilymphatic aqueducts of the human ear. *Act. Otol. Lar.* 59: 140-153.
- ANSON, B. J. and BAST, TH. (1953). The development of the otic capsule in the region of the cochlear fenestra. *Ann. Otol. Rhin. Lar.* 62: 1083-1116.
- ANSON, B. J. and BAST, TH. (1958). Development of the Otic Capsule of the human ear. *Quartl. Bull. Northw. Univ. Med. Sch.* 32: 157-172.
- ANSON, B. J. and BAST, TH. (1959). Development of the stapes of the human ear. *Quartl. Bull. Northw. Univ. Med. Sch.* 33: 44-59.
- ANSON, B. J. and BAST, TH. (1959). Development of the incus of the human ear. *Quartl. Bull. Northw. Univ. Med. Sch.* 33: 110-119.
- ANSON, B. J.; CAULDWELL, E. W. (1942). Developmental Anatomy of the human stapes. *Ann. Otol.* 51: 891-904.
- BARDELEBEN, K. VON. (1897). *Handbuch der Anatomie V.*
- BAST, TH. (1946). Development of the aqueductus cochleae and its contained periotic duct and cochlear vein in human embryo's. *Ann. Otol. Rhin. Lar.* 55: 278-297.
- BAST, TH. and ANSON, B. J. (1948). The Temporal Bone and the Ear.
- BAST, TH.; ANSON, B. J. and RICHANY, S. F. (1956). The development of the second branchial arch (Reichert's cartilage), facial canal and associated structures in man. *Quartl. Bull. Northw. Univ. Med. Sch.* 30: 235-249.
- BEER, G. DE. (1937). The development of the vertebrate skull.
- BELLOCO, PH. (1919). L'oreille interne osseuse.
- BEZOLD, F. (1882). Die Korrosionsanatomie des Ohres.
- BOK, H. E. (1964). De ontwikkeling van de membrana tympani secundaria. *Ned. T. v. G.* 1965: 1852.
- BOSSY, J. et GAILLARD, L. (1963). Les vestiges ligamentaire du cartilage de Meckel. *Acta Anat.* 52: 282-290.
- BRAUS, E. und ELZE, C. (1960). *Anatomic des Menschen 3.*
- BROMAN, J. (1899). Die Entwicklungsgeschichte der Gehörknöchelchen. *Anat. Hefte.* 11: 509-670.
- BUCH, N. H.; BALSLEV-JØRGENSEN, M. (1963). Embryonic connective tissue in the tympanic cavity. *Acta Oto-lar.* 58: 111-125.
- DOUBLE, A. F. LE. (1897). *Traité des Variations du système musculaire de l'Homme.*
- DOUBLE, A. F. LE. (1903). *Traité des Variations des os du crâne de l'Homme.*
- DULLEMEIJER, D. (1964). De Harmonie der Delen. *Openbare les.*
- FREDERIKS, E. (1961). Over de vroege ontwikkeling van het vaatpatroon in het embryonale gelaatsgebied. *Dissertatie.*
- FRICK, H. (1952). Zur Morphogenese der Fenestra Rotunda. *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft auf der 50. Versammlung.*
- FRICK, H. (1952). Über die Aufteilung des Foramen perilymphaticum in der Ontogenese der Säuger. *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgesch.* 116: 523-551.
- FRICK, H. (1953). Über die Entwicklung der Schneckenfensternische (Fossula Fenestrae Rotundae) beim Menschen. *Archiv. Ohr usw. Heilk. und Z. Hals usw. Heilk.* 162: 520-534.
- GAUPP, E. (1900). Das Chondrocranium von Lacerta Agilis. *Anat. H.* 15: 435-592.
- GOEDBLOED, J. F. (1964). The early development of the middle ear and the mouth-cavity. A study of the interaction of processes in the epithelium and the mesenchyme. *Arch. Biol. (Liège)* 75: 207-243.
- GOEDBLOED, J. F. (1960). De vroege ontwikkeling van het middenoor. *Dissertatie.*
- GOEDBLOED, J. F. (1957). Het middenoorgebied tijdens de embryonale ontwikkeling. *Ned. T. v. G.* 101: 606-607.
- HAMMAR, J. A. (1901). Zur allgemeinen Morphologie der Schlundspalten des Menschen. Zur Entwicklungsgeschichte des Mittelohrraumes, des äusseren Gehörganges und des Paukenfelles beim Menschen. *Anat. Anz.* XX: 134-144.
- HAMMAR, J. A. (1902). Studien über die Entwicklung des Vorderdarms und einiger angrenzenden Organe. *Arch. Mikr. Anat.* 59: 471-628.

- HANSON, J. R.; ANSON, B. J.; BAST, TH. (1952). The early embryology of the Auditory ossicles in man. *Quartl. Bull. Northw. Med. Sch.* 32: 157-172.
- HANSON, J. R.; ANSON, B. J. (1962). Development of the malleus of the human ear. *Quartl. Bull. Northw. Med. Sch.* 36: 119-137.
- HARPER, D. G.; ANSON, B. J. (1962). Developmental Relationship of Reichert's cartilage to the wall of the facial canal. *Quartl. Bull. Northw. Med. Sch.* 36: 144-150.
- HOCHSTETTER, F. (1951). Entwicklungsgeschichte der Ohrmuschel und der äusseren Gehörganges des Menschen. *Denksch. Akad. der Wiss. (Wien) Math. Nath. Klasse.* 108: 1-50.
- HOVELACQUE, A.; VIRENQUE, M. (1913). Les formations aponeurotiques de la région ptérygo-maxillaire chez l'homme. *Journal de l'anat. et de la physiol.* 49: 427-488.
- HYRTL, J. vertaald door E. HANLO (1864). *Handboek der topografische ontleedkunde.*
- KAMPEN, P. N., VAN (1905). Die Tympanalgegend des Säugetierschädels. *Morphologisches Jahrbuch* 34: 321-722.
- KLAUW, C. J. VAN DER (1930). On mammalian auditory bullae showing an indistinctly complex structure in the adult. *Journal of Mammalogy.* 11: 55-60.
- LANDSMEER, J. M. F. (1960). *Noodzaak en Vrijheid. Rede.*
- LANDSMEER, J. M. F. (1956). Het kaakgewricht tijdens de embryonale ontwikkeling. *Tijdschr. voor Tandheelkunde* 63: 3-7.
- NAGER, G. T.; NAGER, M. (1953). The arteries of the human middle ear, with particular regard to the blood supply of the auditory ossicles. *Ann. Otol. Rhin. Lar.* 62: 923-949.
- PADGET, (1948). *Contribution to Embryologie XXXII:* 212.
- PATURET, G. (1951). *Traité d'anatomie I.*
- PERNKOPF, E. (1963). *Atlas der topografische und angewandte Anatomie des Menschen I.*
- PLATZER, W. (1961). Zur Anatomie der eminentia pyramidalis und des m. stapedius. *Monatsch. f. Ohrh.* 95: 553-564.
- POIRIER, P. 1901-1904. *Traité d'anatomie humaine I, II, V 2.*
- PORTMANN, G.; PORTMANN, M. et CLAVERIE, G. (1960). *La Chirurgie de la Surdité.*
- PROCTOR, B. (1964). The development of the middle ear spaces and their surgical significance *Jln. of Lar. and Otol.* 78: 631-648.
- REINBACH, W. (1963). Das Cranium eines menschlichen Föten von 93 mm. *Sch. St. Länge. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte.* 124: 1-50.
- RICHANY, S. F.; BAST, TH. and ANSON, B. J. (1956). The development of the first branchial arch and the fate of Meckel's Cartilage. *Quartl. Bull. Northw. Med. Sch.* 30: 331-355.
- RICHTER, H. (1930). Betrachtungen zur Entwicklung des Mittelohres. *Hals, Nasen- Ohrenarzt* 30: 375-386.
- RUEDI, L. (1936). Die Mittelohrräumenentwicklung von 5 Embryonalmonat bis zum 10 Lebensjahr. *Acta Otolaryng. Suppl.* 22: 1-132.
- SCHURIG, H. (1960). Individuality of development and maturation of connective substance in the fetal tympanic cavity and variability of the mucosa. *Arch. Ohr. Nas. Kehlkopfheilk.* 177: 404-416.
- SCHWARTZ, EYSELL (1873) Über die Künstliche Eröffnung des Warzenfortsatzes. *Archiv. für Ohrenheilk.* 1: 157-187.
- SITT, W. (1943). Zur Morphologie des Primordialcraniums und des Osteocraniums eines Embryos *Rhinolophus rouxi* von 15 mm Scheitel-Steiß-Länge. *Morph. Jb.* 88: 268-342.
- STARCK, D. (1955). *Embryologie. Ein Lehrbuch auf allgemein Biologischer Grundlage.*
- STRICKLAND, E. M.; HANSON, J. R.; ANSON, B. J. (1962). Branchial Sources of the Auditory ossicles in man. Part I literature *Arch. Otolaryng.* 76: 100.
- TAMARI. (1953). Auditory Tube and Tympanic Cavity during embryonal fetal and prenatal life. *Archiv. of Otolaryng.* 57: 627-647.
- TANDLER, J. (1919, 1929). *Lehrbuch der systematischen Anatomie.* 1 en 4.
- TESTUT, L. (1928, 1930). *Traité d'anatomie humaine* 1 en 3.
- WALTNER, J. G. (1945). Development of the cochlear aqueduct and the round window membrane in human embryo. *Arch. Otolaryng.* 42: 239-252.
- WINCKLER, G. (1964). Observations Relatives à l'aqueduc du limaçon chez l'homme. *Comptes Rendus* 120: 1356.
- WITTMACK, K. (1918). Über die normale und die pathologische Pneumatisation des Schläfenbeines.
- WOLFF, D. (1933). Significant Anatomic features of the auditory mechanism with special reference to the late Fetus. I en II. *Ann. Otol. Rhin. Lar.* 42: 1136 en 43: 193.

DE FOETALE TRANSFORMATIE
VAN HET MIDDENOORGEBIED

AFBEELDINGEN

H. E. BOK

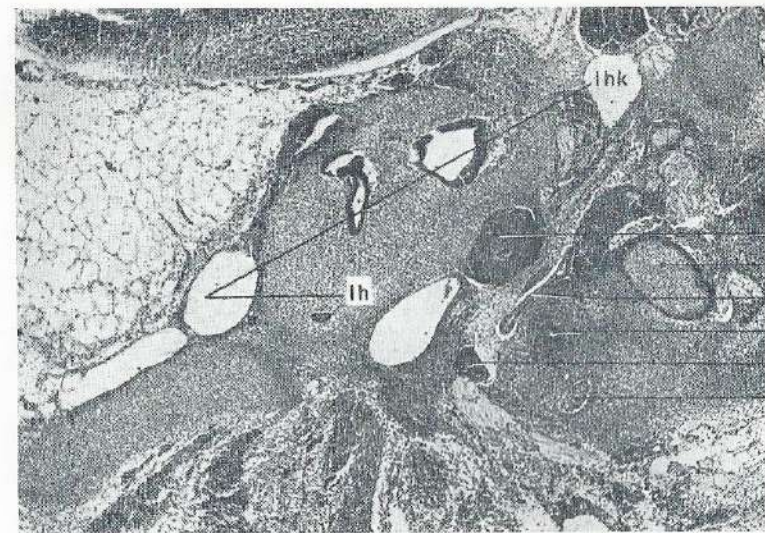
OVERZICHT VAN DE AFBEELDINGEN

Fig.	WK	Neg.	Serie/Tek.
1	577	16326	9/20/2/9
2	2033	16325	1986/180/1/6
3	2033	16481	1986/113/1/2
4	577	16483	9/24/3/9
5	3461	16076	
6	3229	13620	
7	604	15245	984
8	604	15312	1261/31/1/1
9	604	15317	1261/22/1/3
10	604	15316	1261/18/1/6
11	913	15279	990
12	913	15505	1265/285/1/4
13	913	15504	1265/235/1/1
14	913	15503	1256/167/1/4
15	914	14450	942
16	914	15313	1264/70/1/4
17	914	15315	1264/48/1/2
18	914	15314	1264/40/1/3
19		15905	1015
20		15908	1016
21		15907	1017
22		15906	1016
23	1260	15069	1408/170/1/1
24	3304	14967	1943/156/1/3
25	1396	16193	1656/94/1/6
26	1396	16347	1064
27	1396	15147	967
28	1396	15223	967
29	1396	14762	1656/93/1/1
30	1396	14759	1656/89/1/3
31	1396	14751	1656/78/1/3
32	1396	14748	1656/75/1/3
33	1396	16346	1063
34	914	15244	985
35	604	14329	14/1/3
36	914	14323	34/1/3
37	3304	15900	1943/104/1/3
38	1260	15896	1408/95/1/4
39		16223	
40		16222	

GEBRUIKTE AFKORTINGEN BIJ DE AFBEELDINGEN

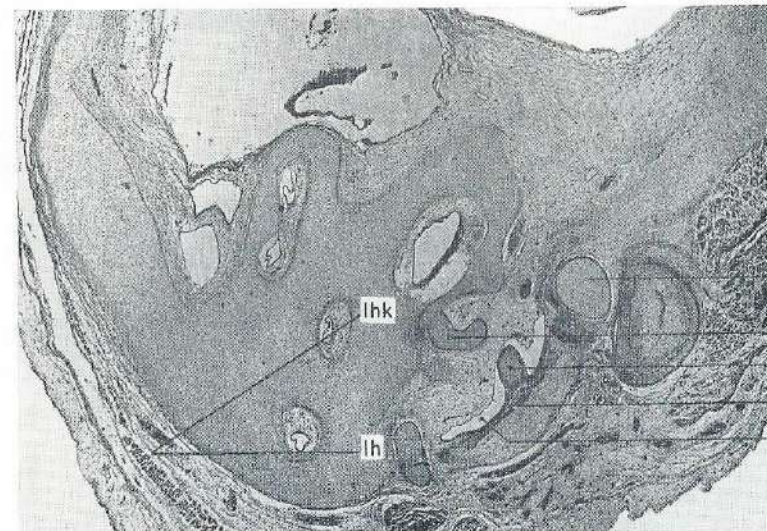
a. car. int.	arteria carotis interna
a. men. med.	arteria meningea media
a. tym. a.	arteria tympanica anterior
apt. int. aq. cochl.	apertura interna aq. cochl.
apt. int. duct. peril.	apertura interna duct. peril.
aq. cochl.	aquaeductus cochlearis
aq. vest.	aquaeductus vestibuli
bas. pl.	basale plaat
bas. stap.	basis stapedis
cart. tub.	cartilago tubae
cav. tym.	cavum tympani
ch. tym.	chorda tympani
com. bas.-cochl.	commissura basi-cochlearis
cr. spin.	crista spinarum
duct. cochl.	ductus cochlearis
duct. peril.	ductus perilymphaticus
eerste visc. gr.	eerste visceraal groeve
fen. ov.	fenestra ovalis
fen. rot.	fenestra rotunda
fiss. a. fen.	fissula ante fenestram
f. fen. rot.	fossula fenestrae rotundae
foss. subarc.	fossa subarcuata
foss. mes.	fossula mesenchym
front. deel	frontale deel van de mem. tym. sec.
gon.	goniale
grenslijn	grens tussen fossula- en middenoormesenchym
hiat. tym.-men.	hiatus tympano-meningealis
hor. deel	horizontale deel van de mem. tym. sec.
inc.	incus
inc. intertr.	incisura intertragica
lam. ep. m. tym.	lamina epithelialis membranae tympani
lig. ant. mall.	ligamentum anterius mallei
lig. mall.-mand.	ligamentum malleo-mandibulare
m. ac. ext.	meatus acusticus externus
mall.	malleus
man.	manubrium
man. mall. geb.	hamersteelgebied
mand.	mandibula
mem. tym. sec.	membrana tympani secundaria
M. krb.	Meckelse kraakbeen
m. lev. v. p.	musculus levator veli palatini
m. long. cap.	musculus longus capitis
m. pt. ext.	musculus pterygoideus externus
m. pt. int.	musculus pterygoideus internus
m. stap.	musculus stapedius
m. temp.	musculus temporalis
m. tens. t.	musculus tensor tympani
m. tens. v. p.	musculus tensor veli palatini
n. alv.	nervus alveolaris mandibularis
n. fac.	nervus facialis
n. gloss.	nervus glossopharyngeus
n. ling.	nervus lingualis

n. mand.	nervus mandibularis
n. vag.	nervus vagus
pr. l. mall.	processus longus mallei
pr. periot.	processus perioticus
pr. postgl. med.	processus postglenoidalis medialis
pr. rec.	processus recessus
pr. styl.	processus styloideus
rec. m. t. post.	recessus membranae tympani posterior
sac. med.	saccus medius
sac. post.	saccus posterior
sac. sup.	saccus superior
sc. tym.	scala tympani
sphen.	sphenoideum
sp. ang.	spina angularis
spitsv. uitl.	spitsvormige uitloper
squam.	squamosum
stap.	stapes
tym.	tympanicum
vest.	vestibulum
vezelsyst.	vezelsystemen



stap. gebied
 M. krkb.
 cav. tymp.
 man. mal. geb.
 pr. styl.
 aanleg m. ac. ext.

Fig. 1. Sagittale coupe door het middenoorgebied van een embryo humanum 7 wk.



M. krkb.
 stap.
 man. mal.
 lam. ep. m. tymp.
 cav. tymp.

Fig. 2. Sagittale coupe door het middenoorgebied van een foetus humanum 3 mnd.

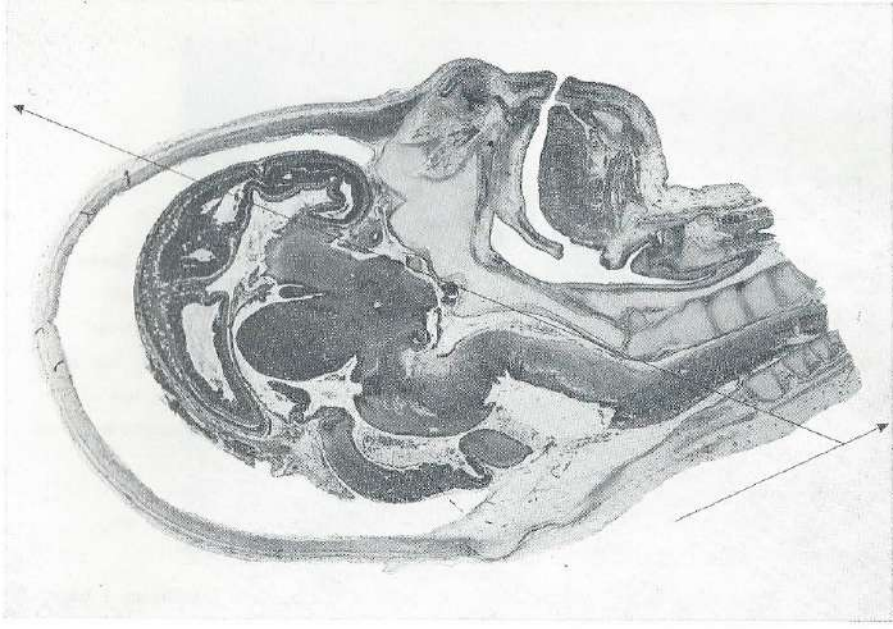
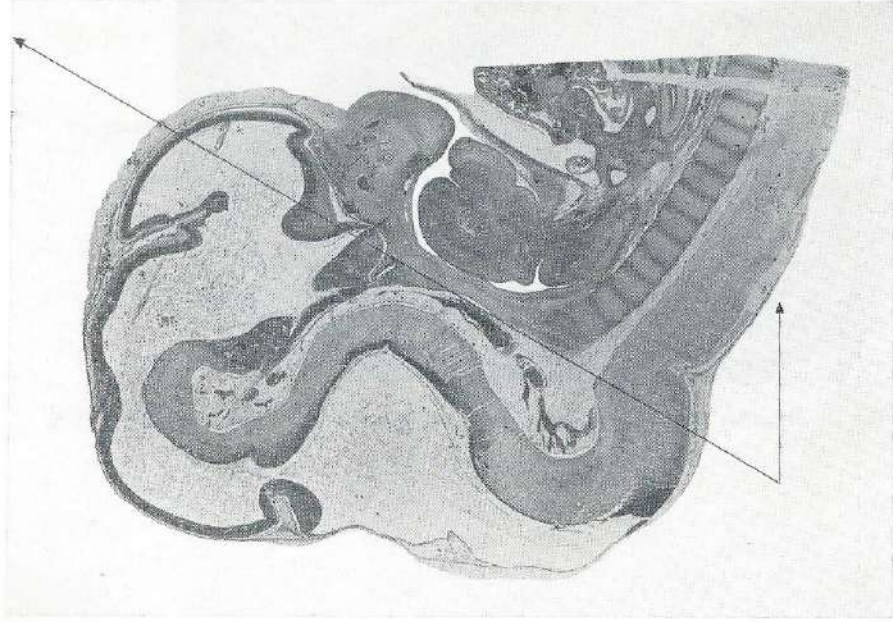
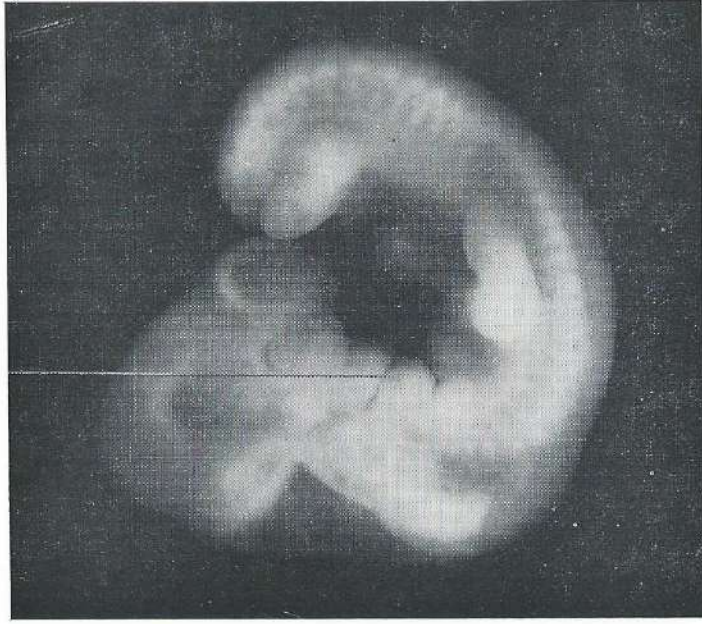


Fig. 3 en 4. Midsagittale coupes van een embryo hum. 7 wk. en van een foetus hum. 3 mnd. met de aanduiding van de richting van de lichaamsas en van de richting van de basale plaat.

eerste viscerale groeve



incisura intertragica

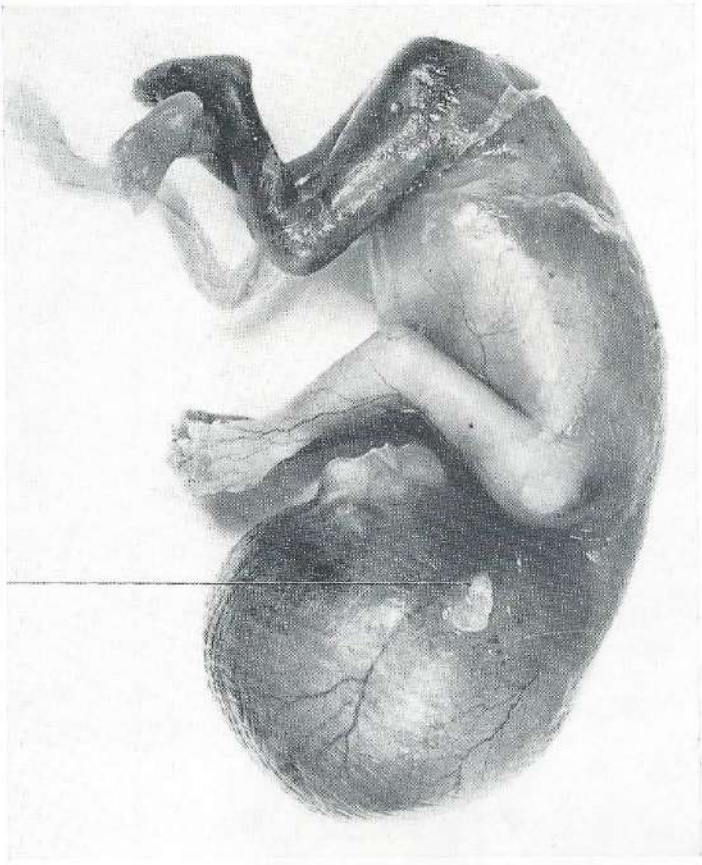


Fig. 5 en 6. Lateraal aanzicht van een embryo hum. 5 wk en van een foetus hum. 3 mnd. met een overeenkomstige richting van resp. de eerste viscerale groeve en de incisura intertragica.

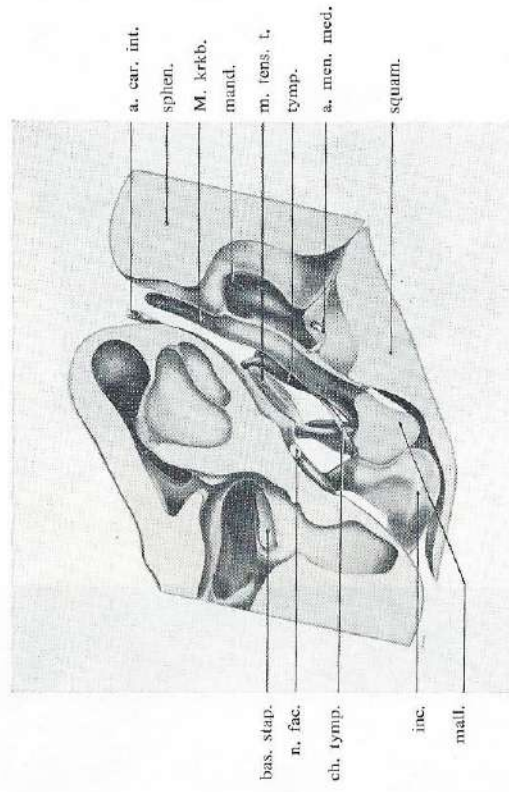


Fig. 7. Craniaal aanzicht van een reconstructie van het middenoorgebied van een foetus hum. 4 mnd.

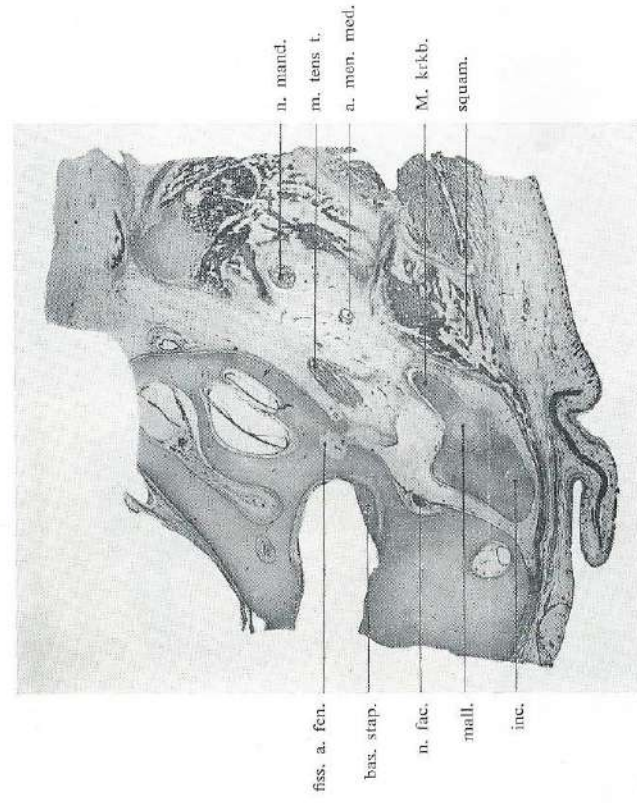


Fig. 8. Horizontale coupe door het epitympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 4 mnd.

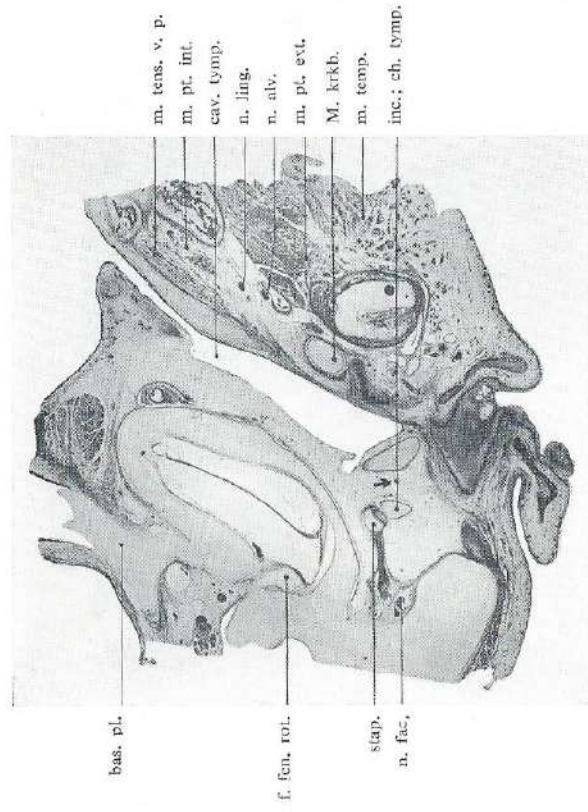


Fig. 9. Horizontale coupe door het mesotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 4 mnd.

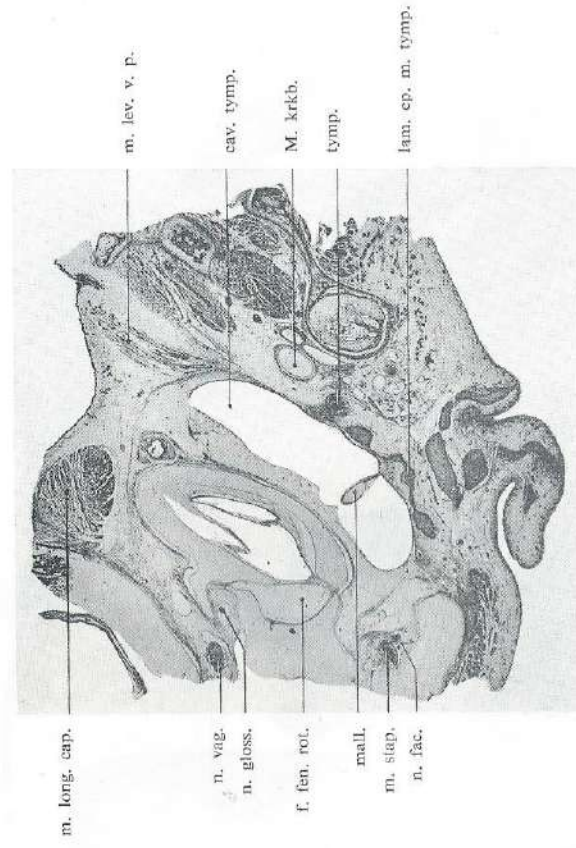


Fig. 10. Horizontale coupe door het hypotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 4 mnd.

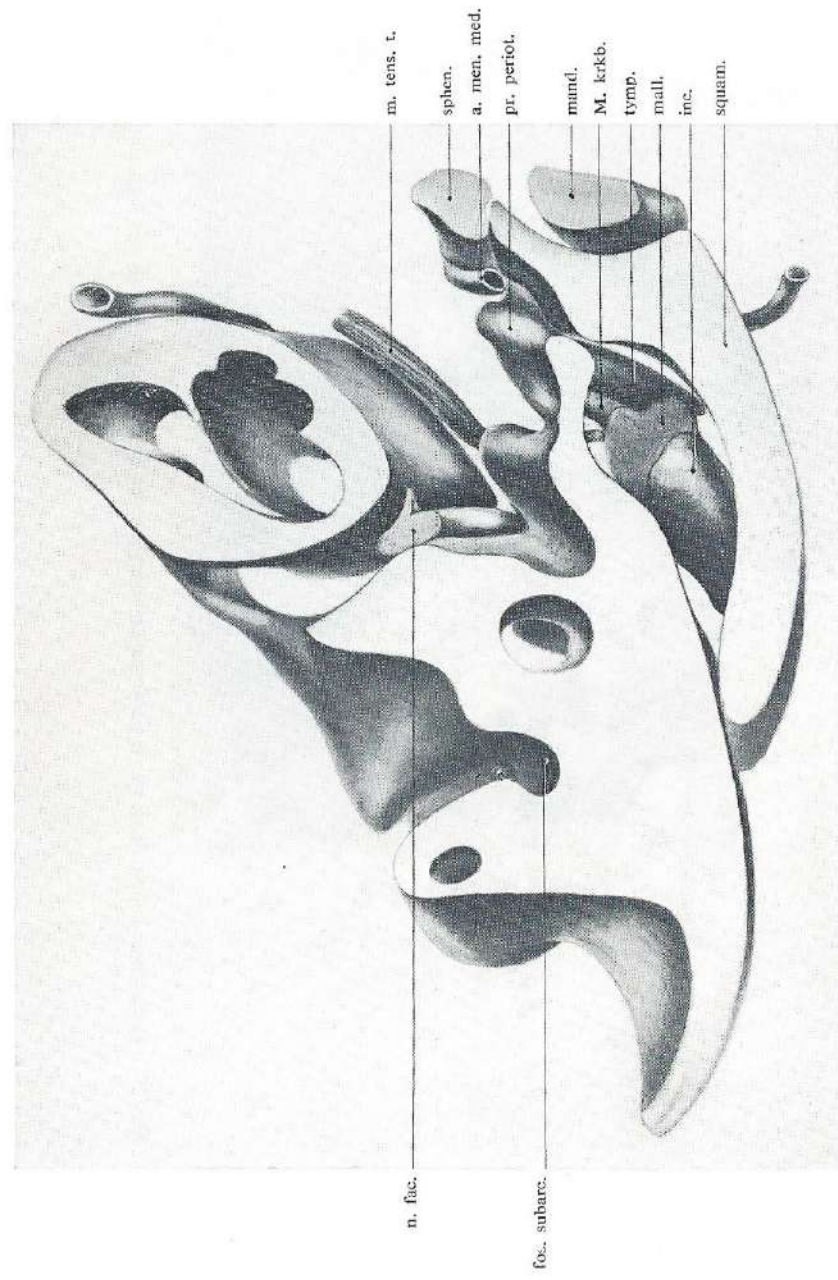


Fig. 11. Craniaal aanzicht van een reconstructie van het middenoorgebied van een foetus hum. 5 mnd.

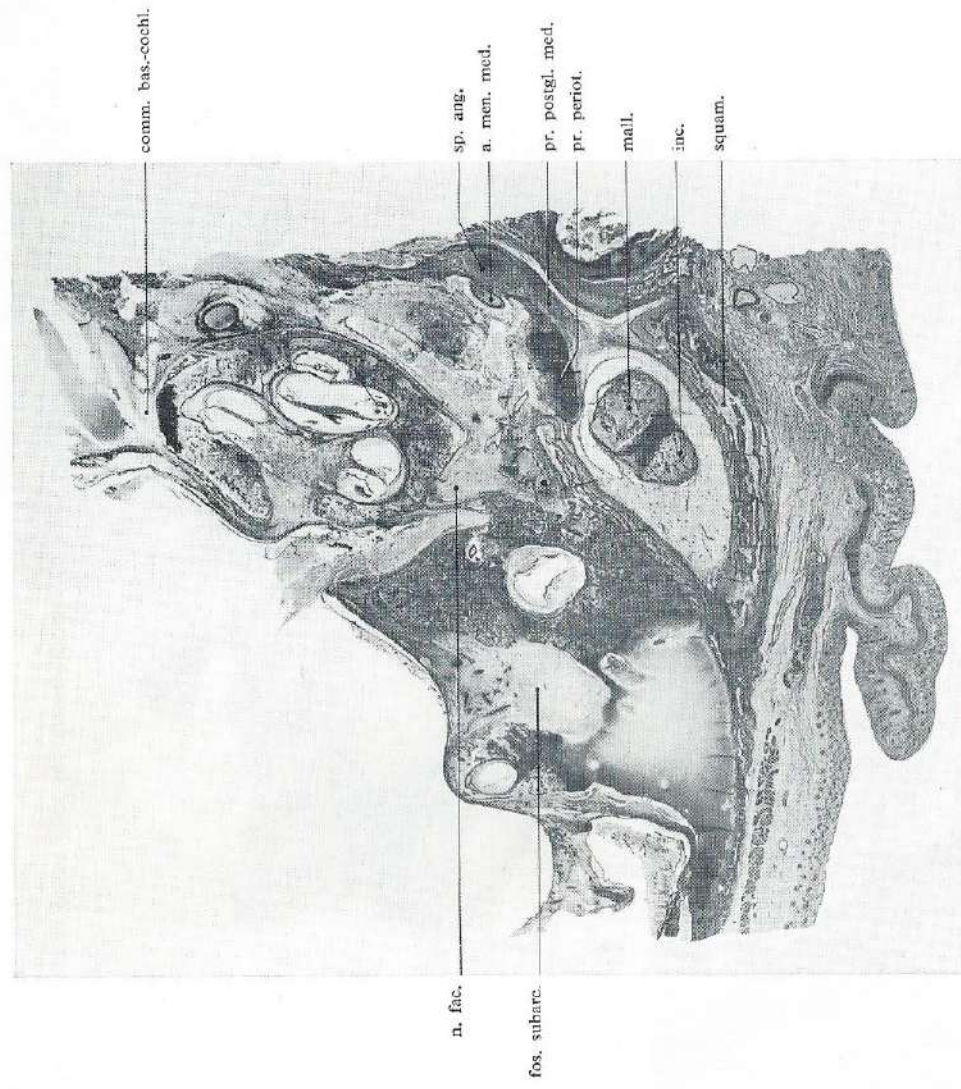


Fig. 12. Horizontale coupe door het epitympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 5 mnd.

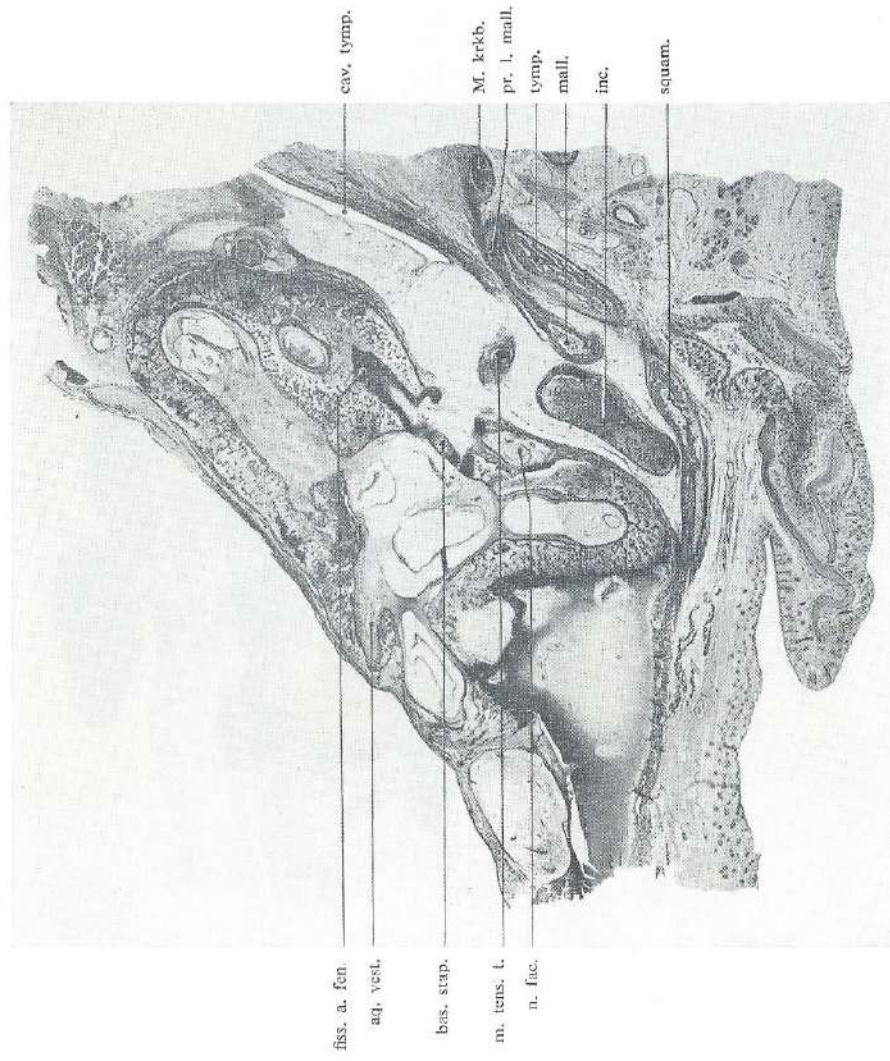


Fig. 13. Horizontale coupe door het mesotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 5 mnd.

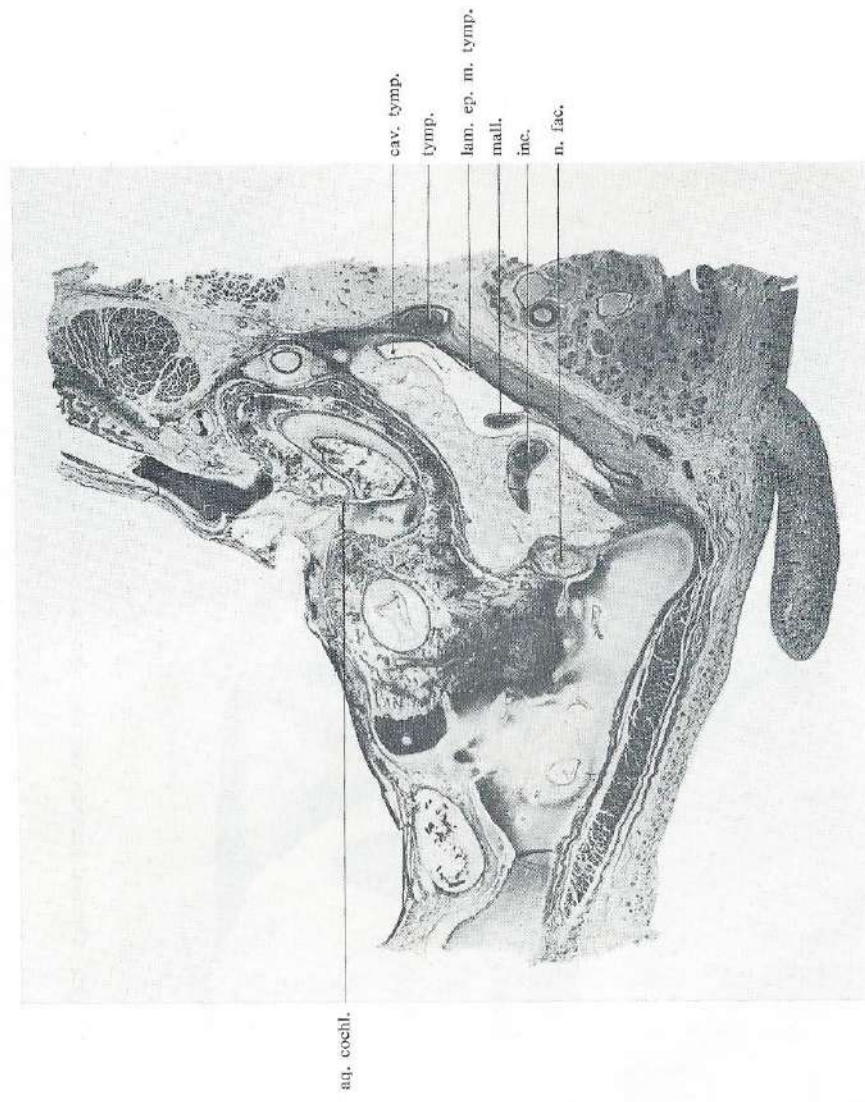


Fig. 14. Horizontale coupe door het hypotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 5 mnd.

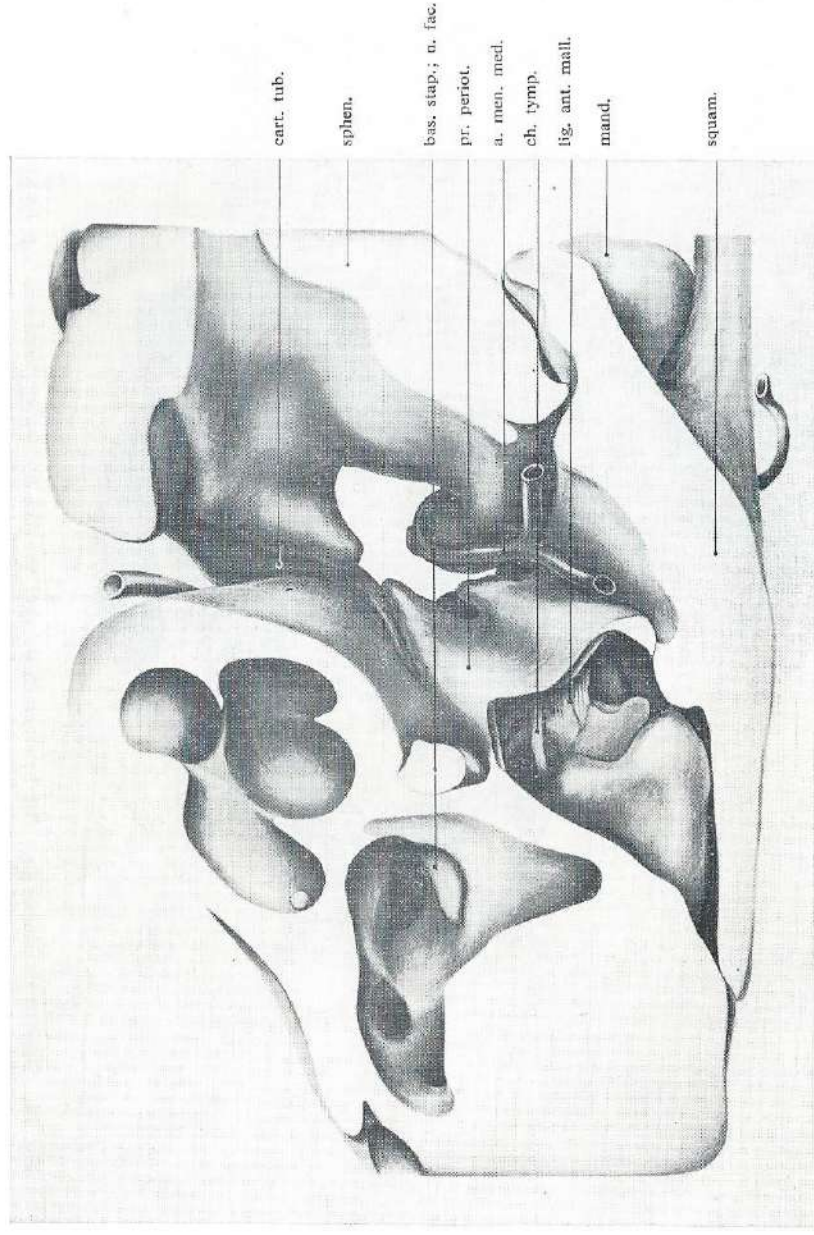


Fig. 15. Craniaal aanzicht van een reconstructie van het middenoorgebied van een foetus hum. 6 mnd.

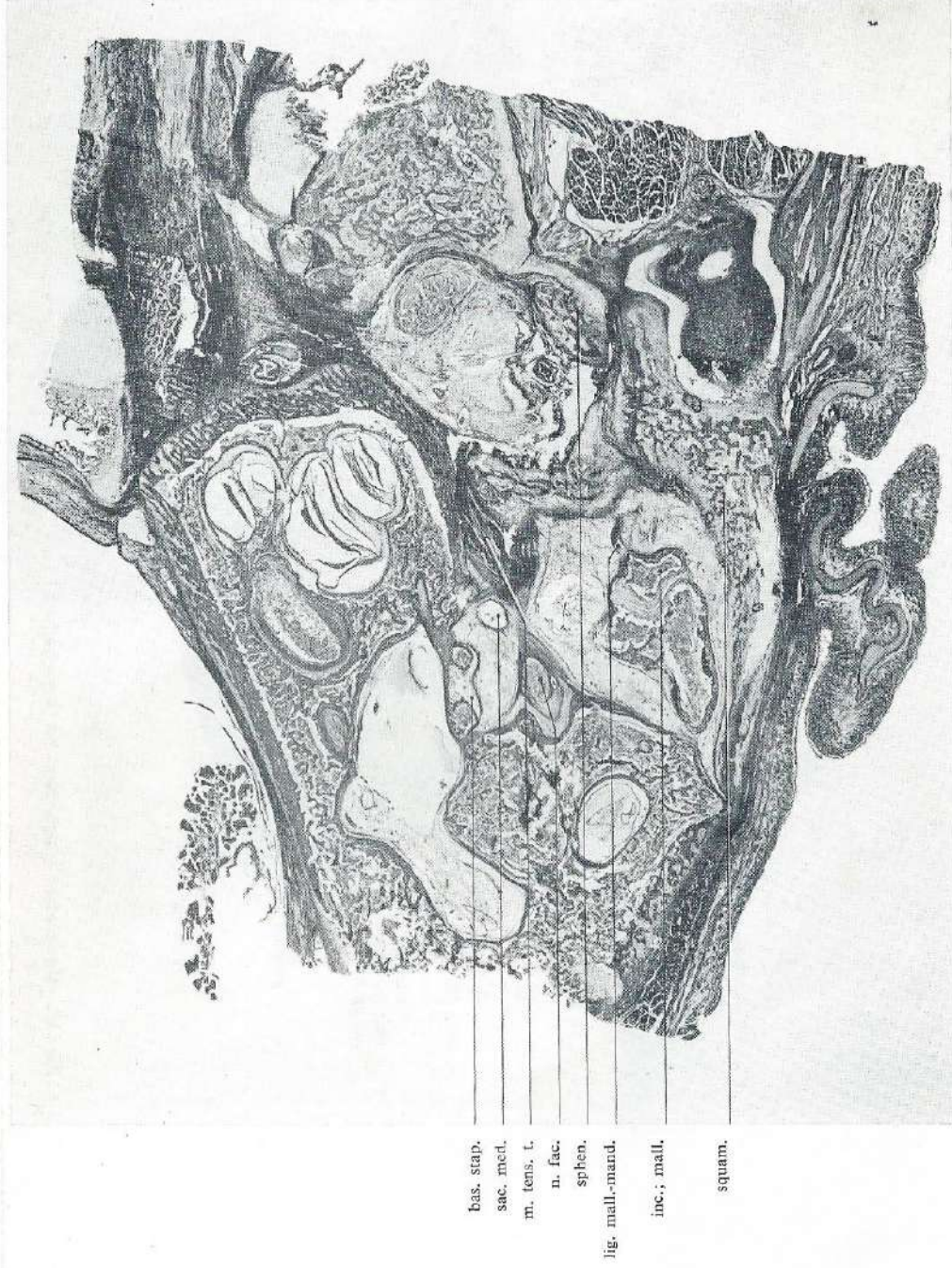


Fig. 16. Horizontale coupe door het epitympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 6 mnd.

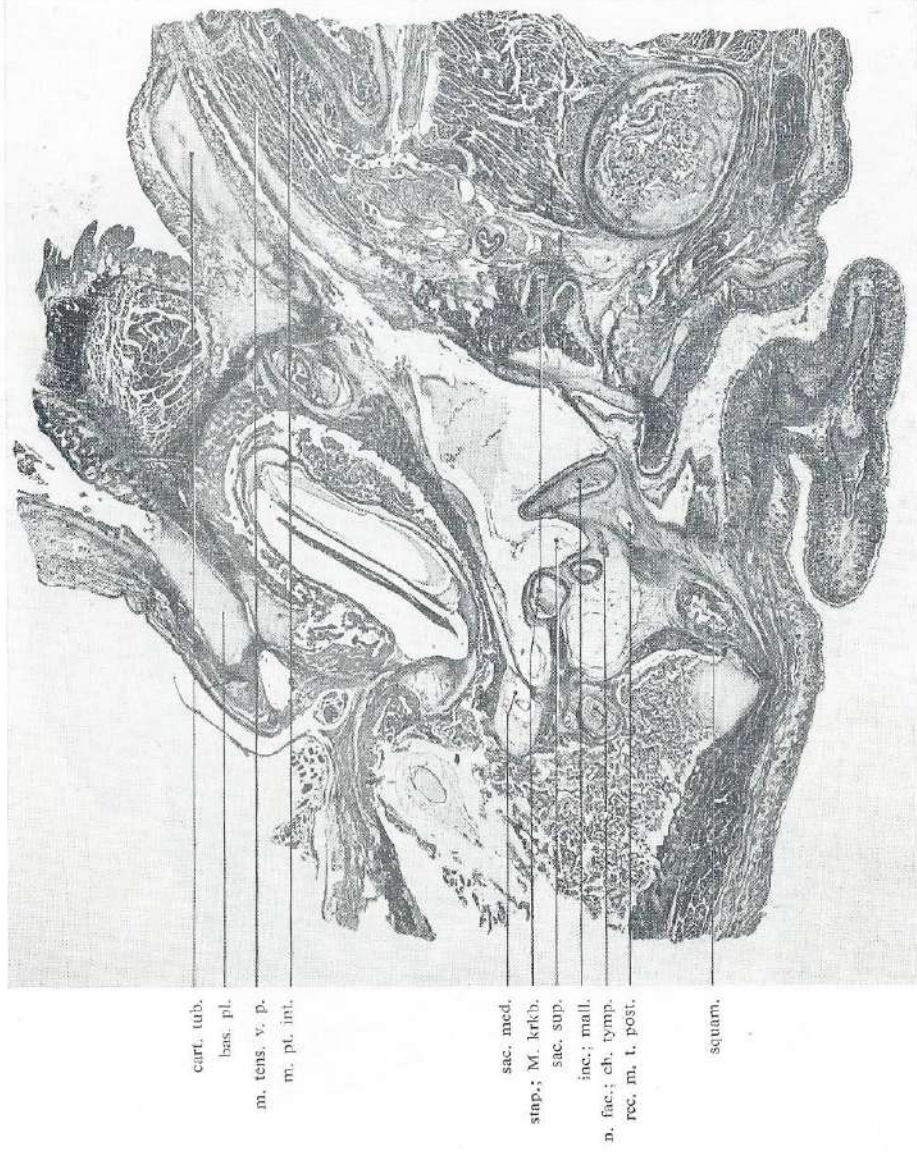


Fig. 17. Horizontale coupe door het mesotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 6 mnd.

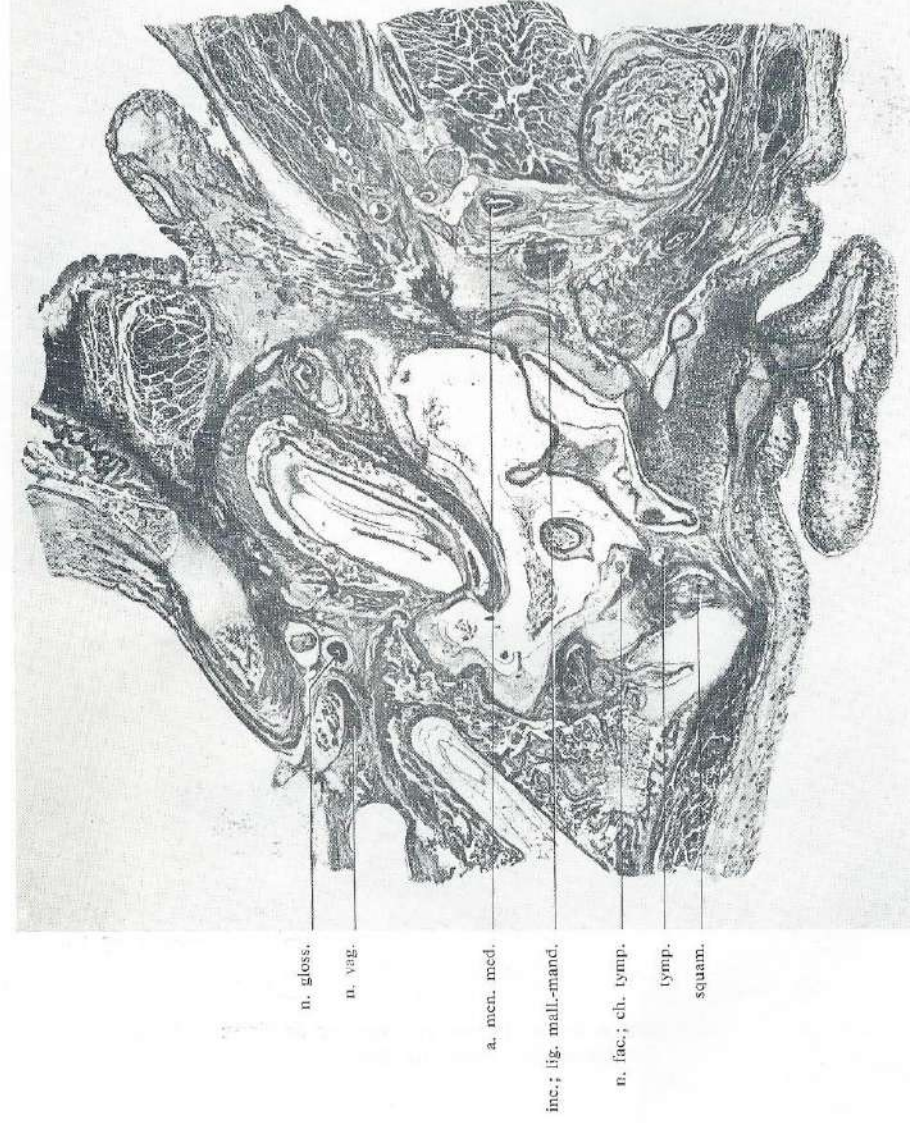


Fig. 18. Horizontale coupe door het hypotympanale deel van het middenoorgebied van een foetus hum. 6 mnd.

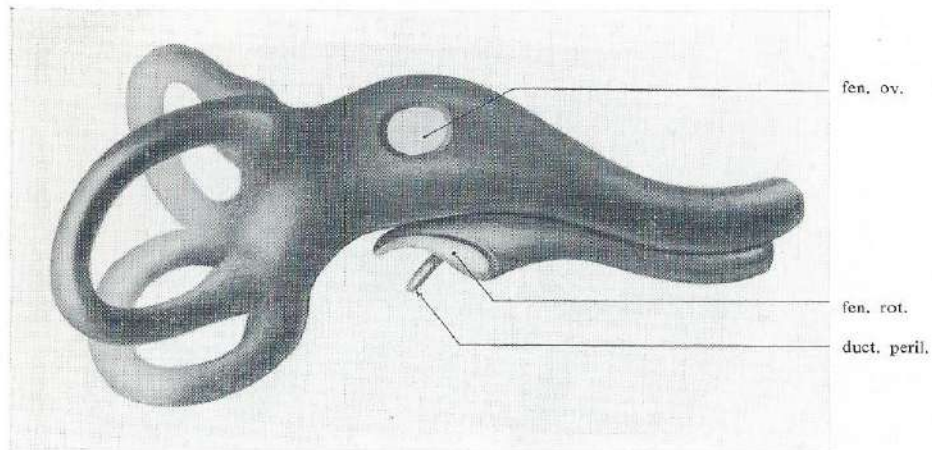


Fig. 19. Lateraal aanzicht van het model van het cavum labyrinthi.

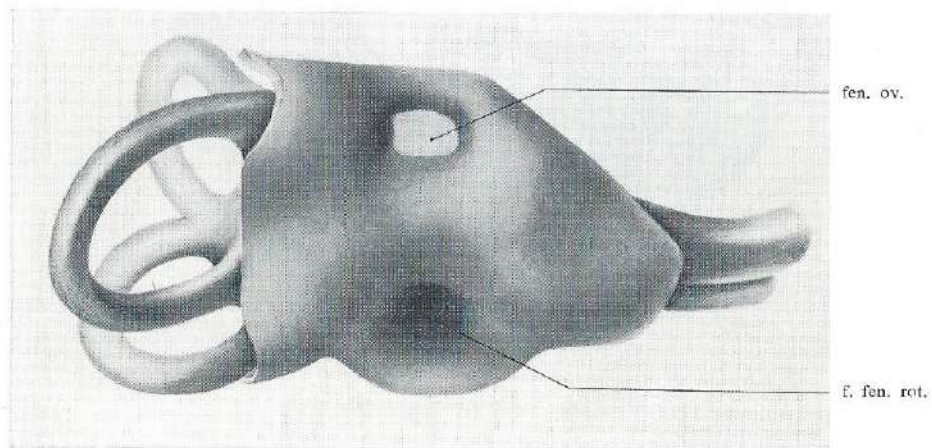


Fig. 20. Het model zoals aangegeven in fig. 19 met een deel van de binnenoorkapsel in een laat-foetale fase (verg. fig. 22).

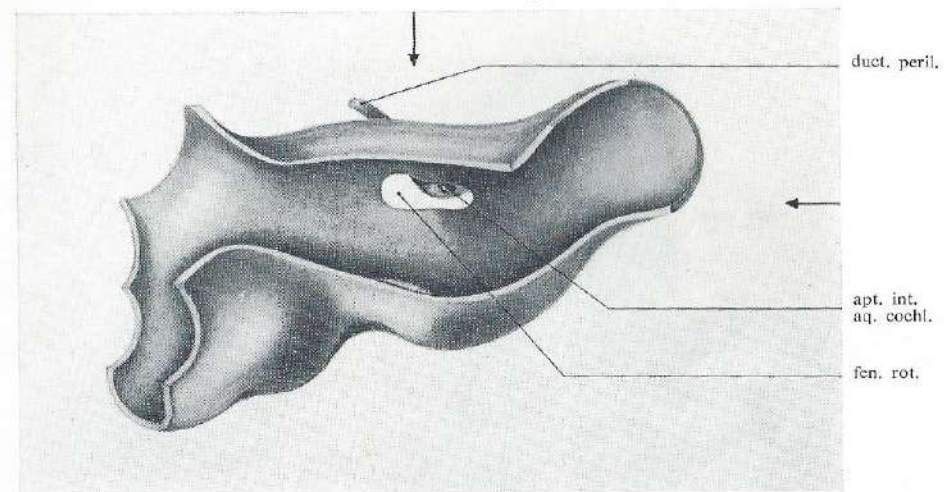


Fig. 21. Craniaal aanzicht van een deel van de binnenoorkapsel, waarbij het cavum labyrinthi uit het model verwijderd is.

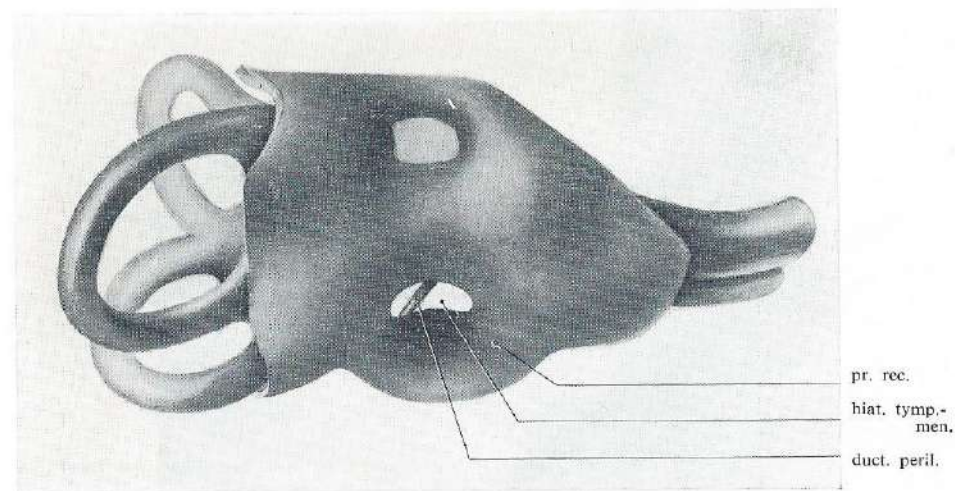


Fig. 22. Het cavum labyrinthi met een deel van de binnenoorkapsel in een vroeg-foetale fase (verg. fig. 20).

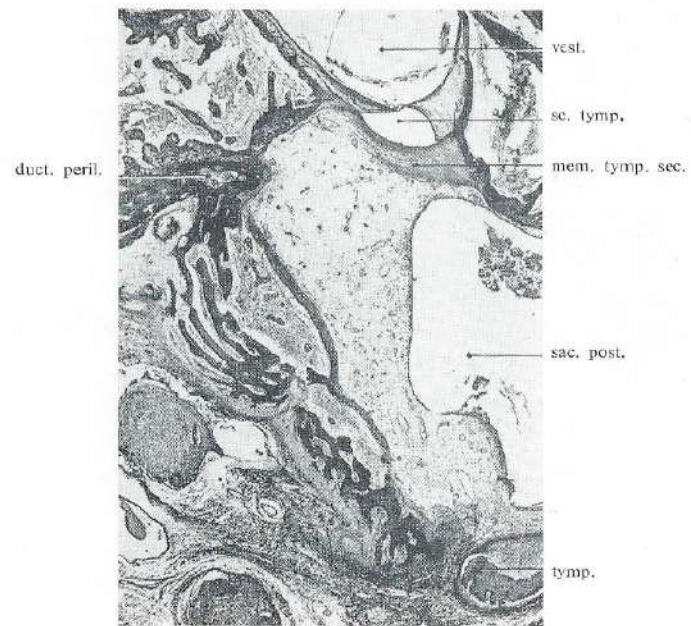


Fig. 23. Frontale coupe door de fossula fenestrae rotundae van een foetus hum. 7 mnd.

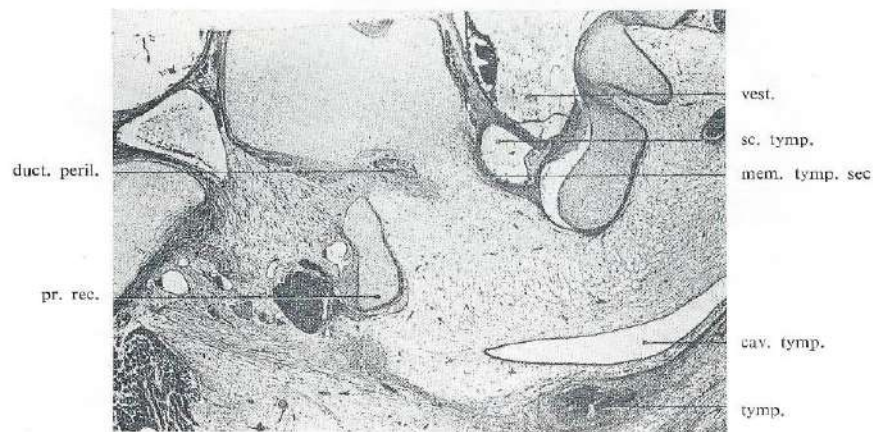


Fig. 24. Frontale coupe door de fossula fenestrae rotundae van een foetus hum. 4 mnd.

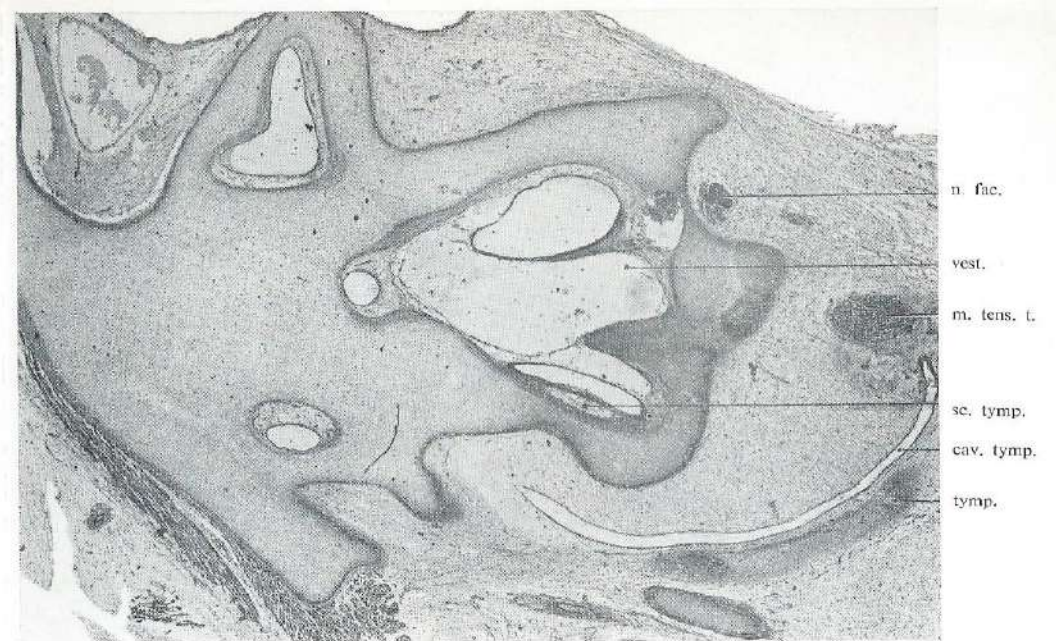


Fig. 25. De meest laterale coupe van de reconstructie in fig. 26.

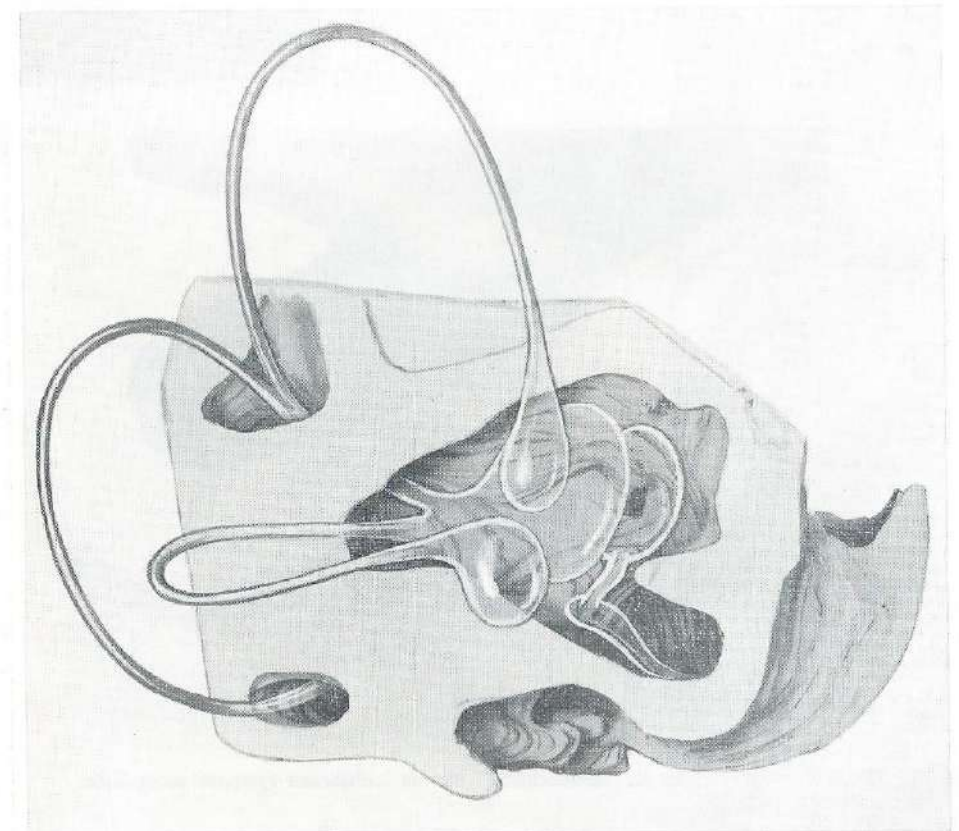


Fig. 26. Lateraal aanzicht van een reconstructie van het mediale gedeelte van de binnennoorkapsel van een foetus hum. 4 mnd., waarbij het endolymphatische systeem erin is getekend.

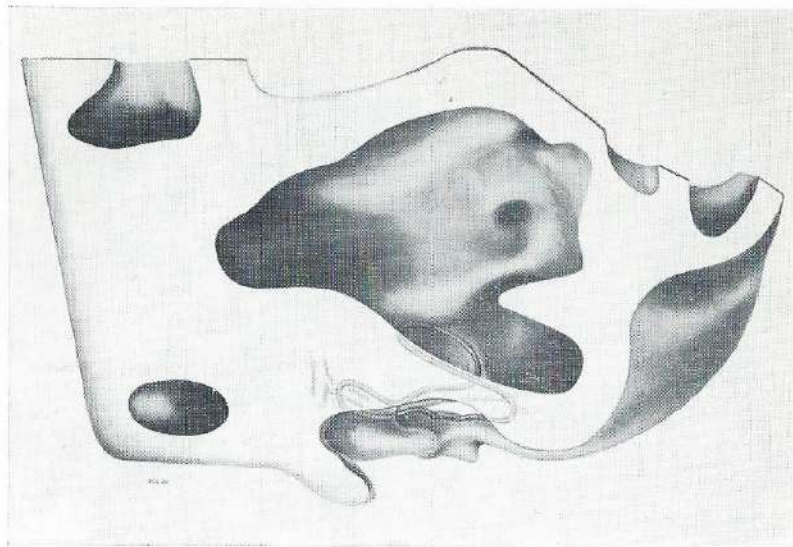


Fig. 27. Tekenning van het laterale aanzicht van de reconstructie (fig. 26).

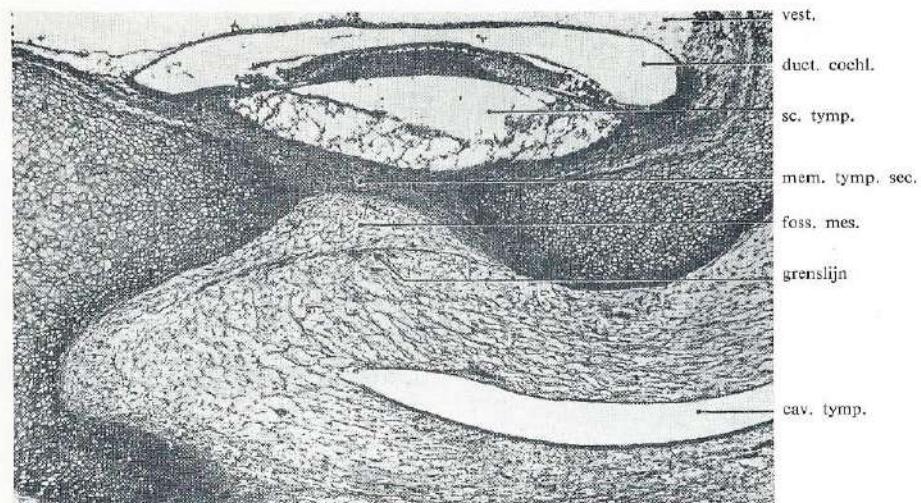


Fig. 29. Sagittale coupe door het laterale deel van de fossula fenestrae rotundae van een foet. hum. 3 mnd.

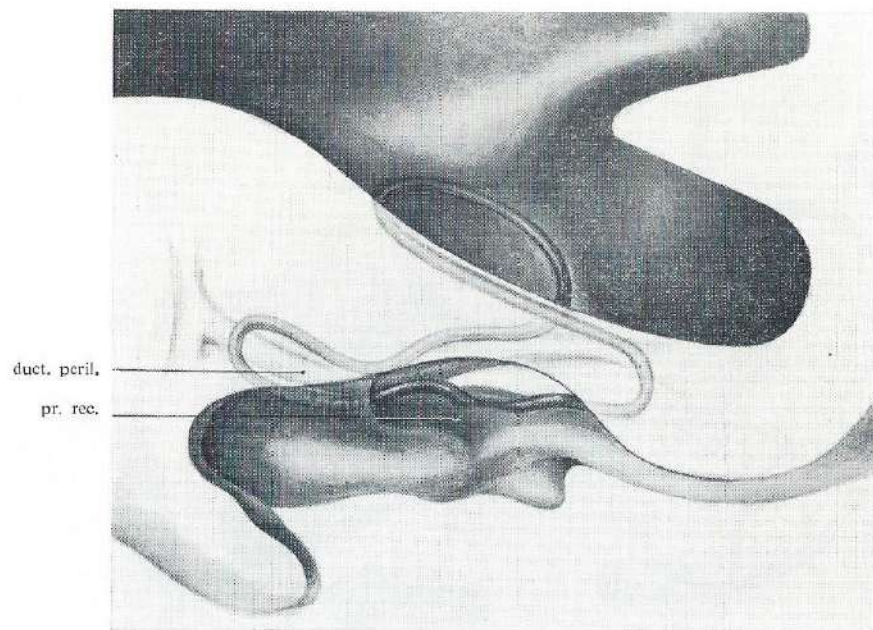


Fig. 28. Detail van fig. 27 met de „aanhechting” van de membrana tympani secundaria.

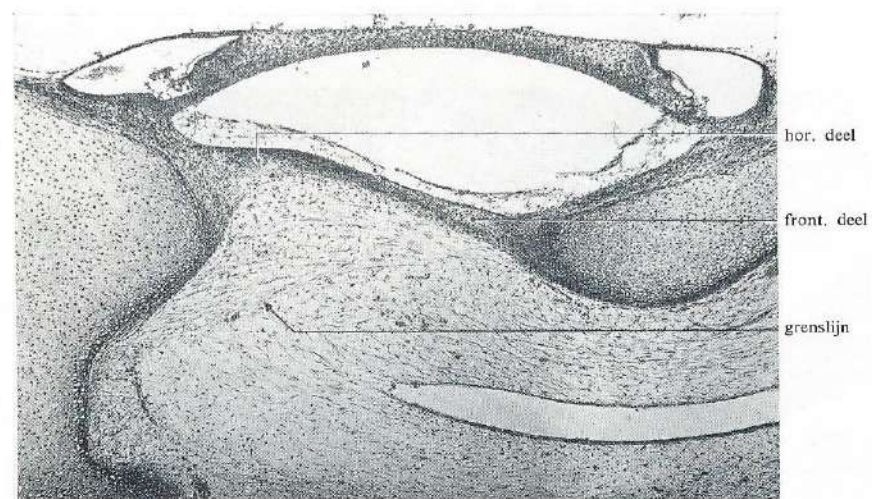
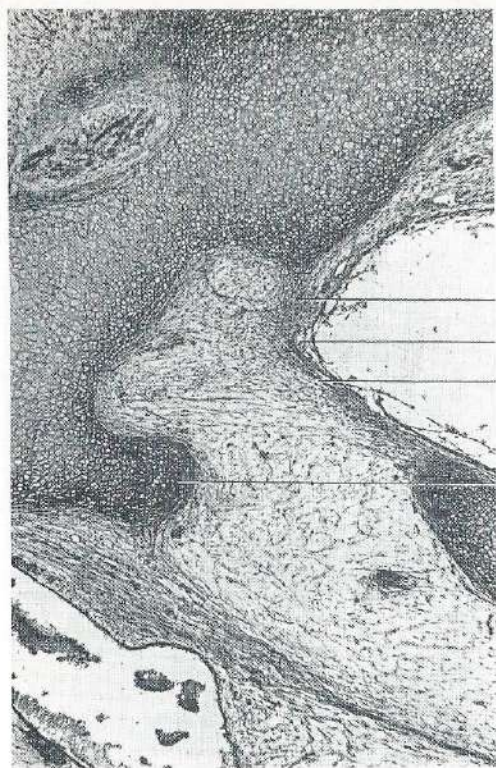
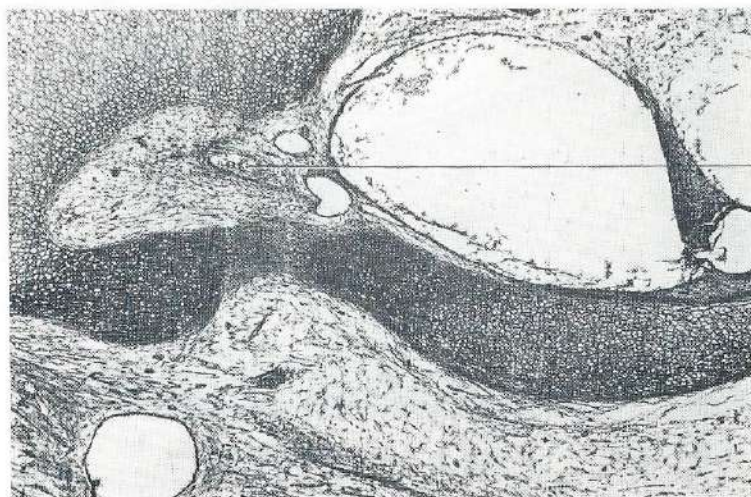


Fig. 30. Sagittale coupe door de fossula fenestrae rotundae.



spitsv. uitr.
 apt. int. duct. peril.
 mem. tym. sec.
 pr. rec.

Fig. 31. Sagittale coupe door de fossula fenestrae rotundae.



duct. peril.

Fig. 32. Sagittale coupe door het mediale deel van de fossula fenestrae rotundae.

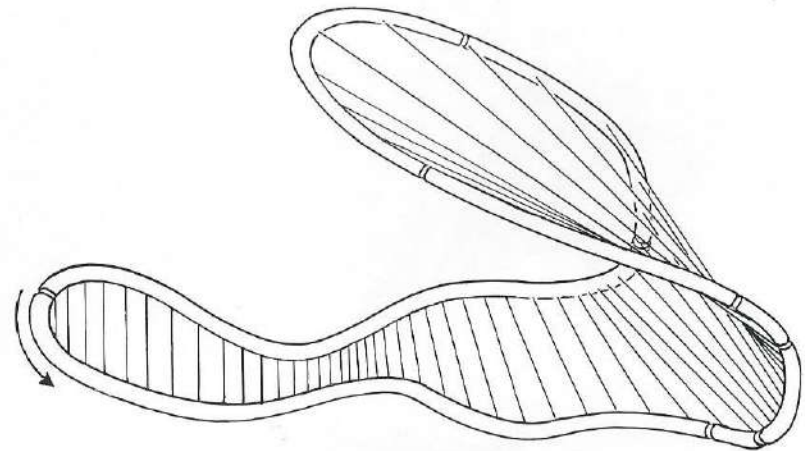


Fig. 33. De „aanhechting” van de membrana tympani secundaria (zie fig. 28).

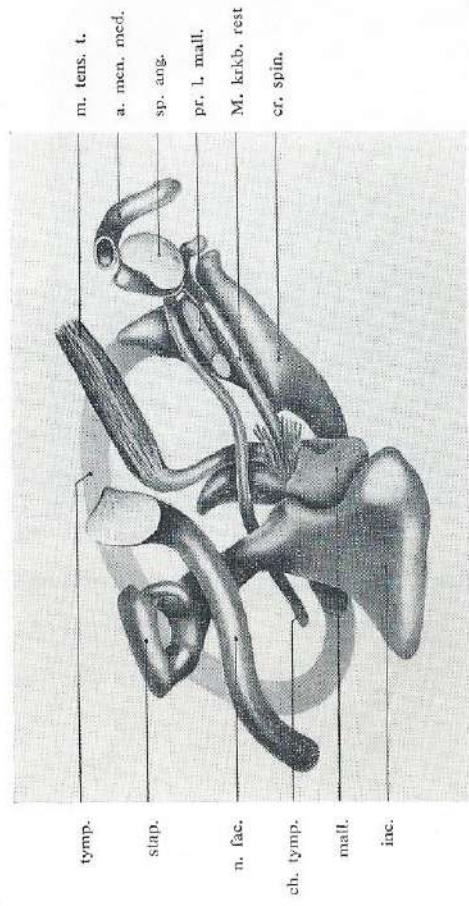


Fig. 34. Craniaal aanzicht van een gedeelte van een reconstructie (fig. 15) van een foetus hum. 6 mnd., waarbij alleen het tympanicum van het temporale complex is aangegeven.



Fig. 35. Horizontale doorsnede van het Meckel'se kraakbeen van een foetus hum. 4 mnd.



Fig. 36. Horizontale doorsnede van het veranderde Meckel'se kraakbeen van een foetus hum. 6 mnd.

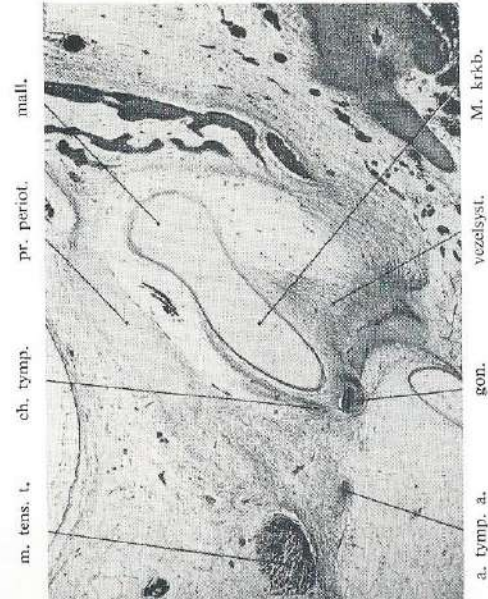


Fig. 37. Frontale doorsnede bij de overgang van de malleus naar het Meckelse kraakbeen bij een foetus hum. 4 mnd.



Fig. 38. Frontale doorsnede bij de suture van Glaser van een foetus hum. 7 mnd.

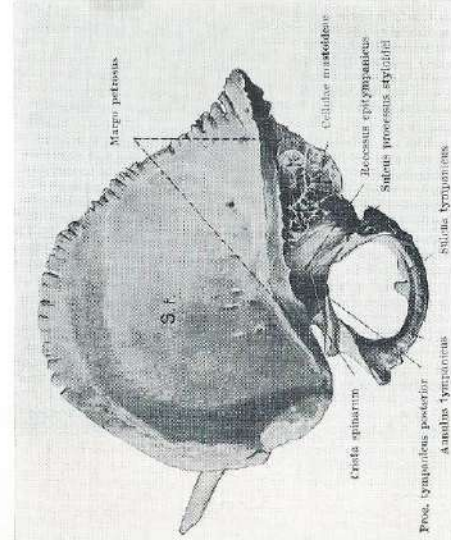


Fig. 39. Het squamosum en het tympanicum van het temporale van een kind van 6 mnd. (Tandler)

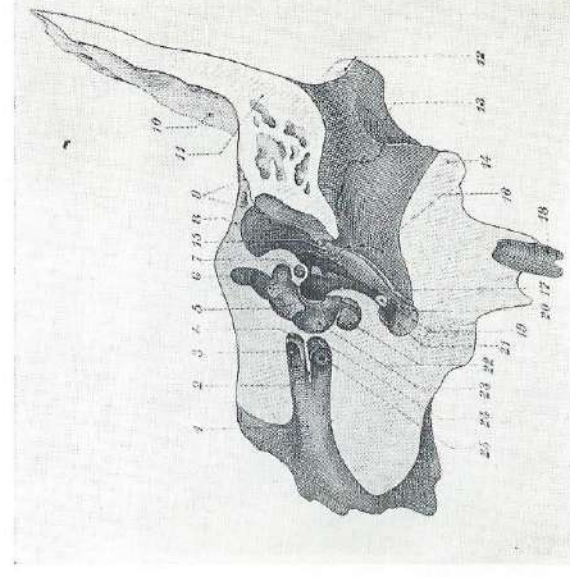


Fig. 40. Het occipitale aanzicht van een doorsnede van het temporale (Testut).

I.

De opvatting, dat tijdens de ontwikkeling het middenoorgebied in het hoofd zou kantelen, is onjuist.

II.

Naast de verbinding tussen het middenoorgebied en het maxillo-mandibulaire gebied gelegen mediaal van de crista spinarum tympani bestaat er ook een dergelijke verbinding lateraal van de crista.

III.

Bij de chirurgische behandeling van de maligne tumoren van de mondbodem en de onderkaak dient in alle gevallen het uitruimen van de suprahyoidale driehoek te geschieden.

IV.

Voor de preventie van de traumatische neurose is het noodzakelijk de patiënt vanaf het allereerste begin zoveel mogelijk zekerheid te geven door hem zo volledig mogelijk in te lichten omtrent de aard, de ernst en de genezingsduur van zijn trauma.

V.

Bij kwantitatieve meting van de de vestibulaire functie onderdrukkende werking van pharmaca, beoordeeld naar de reactie op gelijkblijvende vestibulaire prikkeling op verschillende tijdstippen na de toediening van deze pharmaca, dient men, wanneer de meetpunten slechts door korte tijdsintervallen gescheiden zijn, terdege rekening te houden met de mogelijkheid van gewenning van het vestibulaire systeem aan de bij herhaling toegediende prikkel.

VI.

Het is zinloos naast het begrip „eczema” het begrip „dermatitis” te handhaven.

VII.

Bij onbegrepen ontstekingen, die zich voordoen enige tijd na een trauma van de aangezichtsschedel, dient men te denken aan een afgestorven tandpulp als oorzaak.

VIII.

Bij de interpretatie van onderzoeken verricht om te komen tot een verantwoorde antibiotische profylaxe tegen de niet-purulente complicaties na een keelontsteking wordt te weinig gelet op het al of niet aanwezig zijn van de tonsillen.

BOTS, A. W. (1965) dissertatie.

IX.

De mechanische verklaring, die Kempster geeft van het ontstaan van braakneigingen vóór het ontbijt bij infecties met *Ascaris lumbricoides*, is onjuist.

Münch. Med. Wochensh. 107 (1965): 2356

X.

Het röntgenologisch-planigrafisch onderzoek van het temporale gebied wordt vergemakkelijkt door de bestudering van series van het middenoorgebied uit de laat-foetale fase.

H. E. BOK
Leiden, 7 juli 1966