

VERBINDINGEN TUSSEN  
HET MIDDENOOR EN  
HET KAAKGEWRICHT

ONTOGENESE EN MORFOLOGIE  
BIJ ENKELE ZOOGDIEREN

L.E. Smeele

VERBINDINGEN TUSSEN HET MIDDENOOR EN HET KAAKGEWRICHT

R  
S



VERBINDINGEN TUSSEN  
HET MIDDENOOR EN  
HET KAAKGEWICHT

VERBODEN TOEGANG TOT DEZE AFDrukKEN

TRANSACTIONS BETWEEN THE MIDDLE EAST AND THE  
PACIFIC OCEANIC AREA AND MANTLE LANTANA

ON THE  
WITH A FOREWORD BY

THE EDITOR

THE EDITOR'S OFFICE  
THE EDITOR'S OFFICE  
THE EDITOR'S OFFICE  
THE EDITOR'S OFFICE  
THE EDITOR'S OFFICE

THE EDITOR'S OFFICE

THE EDITOR'S OFFICE



GAR 109

# VERBINDINGEN TUSSEN HET MIDDENOOR EN HET KAAKGEWRICT

ONTOGENESE EN MORFOLOGIE BIJ ENKELE ZOOGDIEREN

## CONNECTIONS BETWEEN THE MIDDLE EAR AND THE TEMPOROMANDIBULAR (SQUAMOMANDIBULAR) JOINT

ONTOGENY AND MORPHOLOGY IN SOME MAMMALS  
(WITH A SUMMARY IN ENGLISH)

3

### Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor aan de  
Rijksuniversiteit te Utrecht op gezag van de  
Rector Magnificus, Prof. Dr. J.A. van Ginkel,  
ingevolge het besluit van het College van Dekanen  
in het openbaar te verdedigen op  
dinsdag 22 maart 1988 te 16.15 uur door

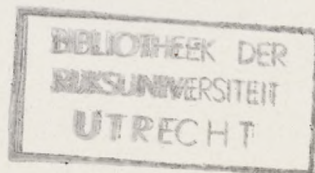
Ludwig Egbert Smeele

geboren op 6 augustus 1960 te 's-Gravenhage

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



1276 2096



Promotoren: Prof. Dr. W.J. van Doorenmaalen

Prof. Dr. C.A.W. Korenhof

Co-promotor: Dr. J. Tacoma

## Woord van dank

Zonder de inzet van velen had dit proefschrift nooit een aanvang gekend, laat staan dat het nu voltooid zou zijn. Bij deze gelegenheid wil ik graag de volgende personen in het bijzonder bedanken.

Prof.dr W.J. van Doorenmaalen, u ben ik zeer erkentelijk voor uw interesse in het onderwerp en voor uw praktische hulp bij het realiseren van het onderzoek. Ook door het beschikbaar stellen van een deel van het foetale menselijke materiaal hebt u een waardevolle bijdrage geleverd.

Prof.dr C.A.W. Korenhof, u ben ik zeer dankbaar voor uw goede adviezen en voor uw hulp bij het op schrift stellen van het proefschrift.

Dr J. Tacoma, u bent degene geweest die dit onderzoek vanaf het begin hebt gestimuleerd. Bovendien heb ik altijd een beroep kunnen doen op uw kennis op het gebied van de menselijke anatomie.

Prof.dr W.A.M. van der Kwast, ik ben u zeer erkentelijk voor uw betrokkenheid bij het proefschrift. Voorts dank ik u voor de medewerking die werd verleend vanuit de afdeling Mondziekten en Kaakchirurgie van het VU-ziekenhuis om het ook daadwerkelijk af te ronden.

Prof.dr P. Dullemeijer, mijn wankele schreden op het terrein van de vergelijkende anatomie en ontwikkeling hebben meer houvast gekregen door de stimulerende gesprekken met u. Ik ben u mijn oprechte dank verschuldigd.

Prof.dr J. Huber, mijn dank voor uw bereidheid om, vanuit het Pathologisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Utrecht, een deel van het foetale menselijke materiaal af te staan.

Dr G.C. Bangma, als curatrice van de Embryologische Collectie van het Hubrechtlaboratorium wil ik je bedanken voor de bereidwilligheid waarmee een deel van de Collectie mij ter beschikking is gesteld.

Eric-Jan Reijnen, je hebt gezorgd voor een hechte samenwerking gedurende de eerste fase van het onderzoek.

De histologische coupes zijn deels vervaardigd in de afdeling Pathologie van het Tandheelkundig Instituut te Utrecht (toenmalig hoofd: Dr P.J. Slootweg). Voor het overige deel heeft dit plaatsgevonden in het Pathologisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Utrecht; met name gaat mijn dank hierbij uit naar de heer J. Hof. Voor het fotografische werk gaat mijn waardering uit naar de heren Th. Hulskes en C.J. van Stuyvenberg. De heer G. Lijnzaad wil ik danken voor zijn inzet en enthousiasme bij het vervaardigen van de tekeningen.

Idelette Wouters is zo goed geweest de samenvatting te vertalen. Nancy Matullessya, tenslotte dank ik jou voor de wijze waarop je mijn handschrift in een leesbare vorm hebt gegoten.





Inhoud	Pagina
Hoofdstuk 1, Inleiding en vraagstelling	1
Hoofdstuk 2, De menselijke foetus	4
2.1 Literatuuroverzicht	
2.1.1 De aanleg en vroege ontwikkeling van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht in de embryonale periode	
2.1.2 De verdere ontwikkeling van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht in de foetale periode	9
2.1.3 Probleemstelling	10
2.2 Materiaal en methode	12
2.3 Resultaten	15
2.3.1 Foetus nr. 1	
2.3.2 Foetus nr. 2	
2.3.3 Foetus nr. 3	
2.3.4 Foetus nr. 4	
2.3.5 Foetussen nrs. 5, 6 en 7	
2.4 Samenvatting en conclusies	24
Hoofdstuk 3, De volwassen mens	
3.1 Literatuuroverzicht	26
3.2 Probleemstelling	28
3.3 Materiaal en methode	28
3.4 Resultaten	30
3.5 Samenvatting en conclusies	33
Hoofdstuk 4, Functionele implicaties	36
Hoofdstuk 5, Enkele Prosimiae en Insectivora	
5.1 Literatuuroverzicht	40
5.2 Probleemstelling	41
5.3 Materiaal en methode	42
5.3.1 Begrippenlijst	43
5.4 Resultaten	46
5.4.1 <u>Erinaceus europaeus</u>	
5.4.2 <u>Sorex araneus</u>	
5.4.3 <u>Talpa europaea</u>	
5.4.4 <u>Elephantulus rozeti</u>	
5.4.5 <u>Tupaia javanica</u>	
5.4.6 <u>Microcebus murinus</u>	
5.4.7 <u>Nycticebus coecang</u>	
5.4.8 <u>Tarsius bancanus</u>	
5.4.9 Ontogenetische samenvatting	80
5.5 Samenvatting en conclusies	84
Hoofdstuk 6, Algemene discussie	86
Samenvatting	88
Summary	91
Geciteerde literatuur	94
Geraadpleegde literatuur	101

## HOOFDSTUK 1

### INLEIDING EN VRAAGSTELLING

#### 1.1 Inleiding

Hoewel de literatuur op het gebied van de morfologie van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht omvangrijk is, bestaat er geen overeenstemming over de aanwezigheid van verbindingen tussen deze delen van de schedel.

**Kjellberg** (1904) beschrijft als eerste bij een menselijk embryo van 76 mm kruin-stuittengte, hoe een gedeelte van de discus articularis van het temporomandibulaire gewricht zich naar dorsaal voortzet, om over te gaan in het perichondrium van de malleus. Deze bevinding is sindsdien herhaaldelijk bevestigd bij embryo's en foetussen van verschillende leeftijden (**Harpman** en **Woollard**, 1939; **Symons**, 1952; **Landsmeer**, 1956; **Moffett**, 1957; **Bok**, 1966; **Van Dongen**, 1968; **Coleman**, 1970; **Couly et al.**, 1976). **Baume** en **Holz** (1970) en **Yuodelis** (1970) daarentegen vinden bij hun embryologische studies geen aanwijzingen voor het bestaan van verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht. Tot op heden is de ontogenetische oorsprong van **Kjellbergs** verbinding, ook wel "ligamentum discomalleolare" genoemd, niet eenduidig gedefinieerd. Ook blijkt niet duidelijk uit de literatuur de relatie van dit vermeende "ligamentum discomalleolare" tot het embryonale kraakbeen van Meckel en de ligamenteuze derivaten hiervan: het ligamentum mallei anterius en het ligamentum sphenomandibulare. Eveneens ten aanzien van de situatie bij de volwassene zijn de meningen geenszins eensluidend. **Pinto** (1962) en **Coleman** (1970) beschrijven verbindingen tussen de discus articularis en de malleus; in leerboeken over de humane anatomie wordt hiervan echter geen melding gemaakt (o.a. **DuBrul**, 1980; **Williams** en **Warwick**, 1980). Tenslotte wordt in de literatuur herhaaldelijk gespeculeerd over de functie van het "ligamentum discomalleolare" in het optreden van symptomen bij arthropathieën van het temporomandibulaire gewricht (**Bell**, 1982; **House** en **Hall**, 1982; **Ioannides** en **Hoogland**, 1983; **Arlen**, 1985; **Ermshar**, 1985).

In tegenstelling tot het bovenstaande, zijn gegevens uit de vergelijkende anatomie minder controversieel; **Gaupp** (1906), en **Lubosch** (1906-a, 1907) vinden geen aanwijzingen voor het bestaan van de mogelijke verbinding bij enkele Monotremata en Marsupialia. Voor zover bekend, ontbreken recentere onderzoeken en gegevens over andere Mammalia.

## 1.2 Vraagstelling

Naar aanleiding van het voorafgaande kan de doelstelling van dit onderzoek, namelijk het verrichten van een morfologische studie naar het gebied dat zich bij enkele Mammalia tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht bevindt, in de vorm van enkele vragen worden weergegeven:

- a. Bestaan er bij de mens verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht?
  - Indien er verbindingen aanwezig zijn, komen deze dan overeen met het in de literatuur beschreven "ligamentum discomalleolare"?
  - Indien er verbindingen aanwezig zijn, hoe verhouden deze zich dan tot het embryonale kraakbeen van Meckel en de ligamenteuze derivaten ervan bij de foetus en de volwassene?
- b. Bestaan er bij andere Mammalia verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire (squamomandibulaire) gewricht?

Ter beantwoording van het eerste deel van de vraagstelling werd onderzoek verricht aan foetale en volwassen menselijke specimina. Om de situatie tijdens de foetale periode te kunnen beoordelen, werd gebruik gemaakt van histologische technieken en van een dissectiemethode met behulp van de operatiemicroscop (Hoofdstuk 2). Teneinde persistenties of wijzigingen ten opzichte van de foetale situatie te analyseren, werden aan het volwassen materiaal dissecties uitgevoerd met behulp van de operatiemicroscop (Hoofdstuk 3). De onderzoeksresultaten werden aan de hand van een evaluatie van de literatuur op hun functionele relevantie beoordeeld (Hoofdstuk 4). Met betrekking tot het tweede deel van de vraagstelling werd gekozen voor een ontogenetische studie van dit gebied bij enkele Prosimiae (Primates) en Scandentia, Macroscelidea, Erinaceoidea en Soricoidea (Insectivora) (Hoofdstuk 5). Aan het begin van elk hoofdstuk is de vraagstelling aan de hand van een meer gedetailleerd literatuuroverzicht uitgewerkt (Probleemstelling).

De keuze van het materiaal dat voor het onderzoek benodigd was, heeft zich in belangrijke mate laten leiden door financiële aspecten. Om deze reden werd de voorkeur gegeven aan specimina die reeds histologisch waren bewerkt.

Vanwege het gemengde karakter van dit onderzoek, humane anatomie enerzijds en vergelijkende anatomie anderzijds, wijkt de gebruikte nomenclatuur in de hoofdstukken 2 en 3 af van die in hoofdstuk 5. Met

betrekking tot de humane anatomie is uitgegaan van de aanbevelingen van de **International Anatomical Nomenclature Committee** (1975), voor het overige werd de zoölogische terminologie gehanteerd (**Hentschel en Wagner**, 1984).

## 2.1 Literatuuroverzicht

### 2.1.1 De aanleg en vroege ontwikkeling van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht in de embryonale periode

Om in het navolgende de onderlinge positie van structuren te beschrijven, zal de richtingsaanduiding bij volwassenen worden gehanteerd. Gebleken is, dat vanaf het moment van aanleg de positie van het middenoor zich niet wijzigt; positionele veranderingen worden ten onrechte gesuggereerd door de ontkromming van de romp ten opzichte van het hoofd (Bok, 1966). Dit maakt vergelijking van de embryonale situatie met de foetale en volwassen situatie mogelijk.

De aanleg van het middenoor, het temporomandibulaire gewricht en de ermee verbonden structuren vindt plaats bij het embryo in de branchiale periode. Van belang hierbij zijn de proximale gedeelten van de eerste en tweede kieuwboog, het aangrenzende mesenchym, de eerste inwendige kieuwspleet en de eerste kieuwgroeve (Starck, 1975-a). Het middenoor ontstaat door de vorming van de recessus tubotympanicus uit de primitieve mondholte bij het embryo van 3 mm kruin-stuittlengte (Hammar, 1901, 1902). Over de plaats van de recessus tubotympanicus bestaat in de literatuur geen overeenstemming. Volgens Hammar (1901, 1902), Kanagasuntheram (1967) en Starck (1975-a) correspondeert deze met de eerste inwendige kieuwspleet, Frazer (1914) betreft tevens de tweede kieuwboog en de tweede inwendige kieuwspleet in de ontwikkeling. Het proximale deel van de recessus tubotympanicus handhaaft zich als de tuba auditiva, het distale deel ervan als het cavum tympani. In de embryonale periode is het middenoor een spleetvormige holte met nauwelijks een lumen. Hammar (1901, 1902) duidt dit aan met "het primaire cavum tympani".

De vorming van de uitwendige gehoorgang begint bij het embryo van 10-11 mm kruin-stuittlengte. Het ventro-mediale deel van de eerste kieuwgroeve groeit als een epitheliale streng mediaalwaarts om te fuseren met de epitheliale bekleding van het primaire cavum tympani. De aldus ontstane epitheliale membraan bestaat uit een laag ectodermale en een laag entodermale cellen. Deze membraan verdwijnt in de verdere ontwikkeling doordat mesenchym tussen de twee lagen ingroeit en zich differentieert tot het trommelvlies en het manubrium mallei. Uit het laterale deel van de eerste kieuwgroeve ontstaat het uitwendige oor (Hochstetter, 1948).

Uit dierexperimenteel onderzoek is gebleken, dat cellen, afkomstig uit de crista neuralis betrokken zijn bij de ontwikkeling van de embryonale eerste en tweede kieuwboog. Dit proces wordt overzichtelijk beschreven door Johnston (1975), recente onderzoeksresultaten vinden hierbij aansluiting (Been, Lieuw Kie Song en Van Limborgh, 1984).

Bij het menselijk embryo van 7 mm kruin-stuitlengte zijn de eerste en tweede kieuwboog voor het eerst waarneembaar in de vorm van mesenchymale celconcentraties. Bij het embryo van 9.6 mm kruin-stuitlengte zijn in dit primordium de gebieden af te grenzen, die later overeenkomen met de gehoorbeentjes. In het embryo van 11.7 mm kruin-stuitlengte zijn malleus en incus door een groeve van elkaar gescheiden; in dit stadium zijn de kieuwbogen nog via de incus met elkaar verbonden. Bij het embryo van 17 mm kruin-stuitlengte zijn de oorspronkelijke, mesenchymale blastemata van de kieuwbogen omgevormd tot kraakbeen. Vanaf dit stadium is het gerechtvaardigd van het kraakbeen van Meckel (eerste kieuwboog) en het kraakbeen van Reichert (tweede kieuwboog) te spreken. De malleus en incus zijn aan het proximale uiteinde van het kraakbeen van Meckel gelegen. Beide structuren bestaan uit precartilageneus weefsel en zijn van elkaar gescheiden door een strook ongedifferentieerd mesenchym (Hanson, Anson en Strickland, 1962).

Met behulp van orgaanculturen is, althans bij muizen in vitro, aangetoond dat het kraakbeen van Meckel een histogenetische en morfogenetische functie heeft ten aanzien van corpus en ramus mandibulae en het temporomandibulaire gewricht (Glasstone, 1971). Of de condylaire groei gecoördineerd wordt door intrinsieke factoren, is echter een punt van discussie (Duterloo, 1967; Copray, Jansen en Duterloo, 1983; Copray, 1984).

Terwijl in het embryo van 19 mm kruin-stuitlengte de eerste membraneuze verbeningscentra van corpus en ramus mandibulae verschijnen, ontwikkelt zich dorso-lateraal van het kraakbeen van Meckel in het embryo van 24 mm kruin-stuitlengte het blasteem van het caput mandibulae (Baume, 1962).

Bij het embryo van 32 mm kruin-stuitlengte verschijnt het primordium van de membraneuze pars squamosa ossis temporalis. Het caput en de pars squamosa zullen naar elkaar toegroeien, het eerste in dorso-craniale en de tweede in ventro-caudale richting. Het mesenchym van het caput mandibulae differentieert zich tot jong bindweefsel (embryo van 55 mm kruin-stuitlengte), dat zich bij het embryo van 60 mm kruin-stuitlengte in secundair kraakbeen heeft gedifferentieerd (Baume en Holz, 1970).

Bij het embryo van 28 mm kruin-stuitlengte verschijnt een membraneus ossificatiecentrum langs het kraakbeen van Meckel, juist distaal van de overgang in de malleus. Dit beenstuk is de toekomstige processus anterior, die echter pas bij de foetus met de malleus zal fuseren (Anson, Hanson en Richany, 1969). De processus anterior bevindt zich bij embryo's van 27-32 mm kruin-stuitlengte in een positie die wordt beschreven als "arising at some distance below the head of the malleus and a little below the chorda tympani; it ends freely a little in front of the neck of the malleus", (Müller en O'Rahilly, 1980).

Bij het embryo van 35 mm kruin-stuitlengte worden de elkaar naderende processus condylaris en de pars squamosa ossis temporalis van elkaar gescheiden door een weefselzone die overeenkomt met de latere discus articularis. Zowel het blasteem van het caput als dat van de pars squamosa dragen bij tot de embryogenese van de discus articularis: respectievelijk het anteriore en het posteriore deel ervan. Tot bij het embryo van 72 mm kruin-stuitlengte insereert de musculus pterygoideus lateralis niet aan de discus (Baume en Holz, 1970); deze visie is in overeenstemming met die van Yuodelis (1970).

Kjellberg (1904) beschrijft echter, dat bij een embryo van 55 mm kruin-stuitlengte de zich ontwikkelende discus in het perichondrium van het caput mandibulae overgaat en daardoor met de musculus pterygoideus lateralis in verbinding staat. Naar "onderen" gaat de discus over in het kraakbeen van Meckel. Bij een foetus van 76 mm kruin-stuitlengte wordt het dorsale deel van de discus gevormd door drie lamellen die in verschillende richtingen uitwaaiëren. De craniale en caudale lamellen gaan respectievelijk over in het periost van de pars squamosa ossis temporalis en het caput mandibulae. De tussengelegen lamel is een vezelbundel die tot aan het caput mallei reikt, en zich ter plaatse voortzet in het perichondrium van het kraakbeen van Meckel.

Ook elders is bij een embryo van 58 mm kruin-stuitlengte beschreven, dat de pees van de musculus pterygoideus lateralis via het mediale deel van het temporomandibulaire gewricht zich voortzet tot aan de malleus. Bovendien zou het mediale deel van de discus articularis uit deze pees ontstaan (Harpman en Woollard, 1939).

Symons (1952) neemt bij een embryo van 34 mm kruin-stuitlengte het volgende waar: "there is a wide interval between the condylar and zygomatic condensations, which is filled with a loosely formed tissue apart from a dense strip lying close to the condyle. A few fibres of the

lateral pterygoid muscle can be traced into the medial side of this strip of tissue. In the previous stages there is already an indication of this narrow condensation, also connected to the lateral pterygoid". Bovendien wordt beschreven hoe "in serial sections from the foetuses of 34 and 57 mm CR length the tendon of the lateral pterygoid muscle was traced beyond its attachment to the condyle of the mandible and reaching to Meckel's cartilage. This connection was found also in the foetus of 180 mm CR length".

**Landsmeer** (1956) bevestigt **Symons'** bevindingen: onder andere wordt bij een embryo van 29,5 mm kruin-stuittlengte in het gebied waarin mesenchymverdichtingen van het caput mandibulae optreden, een vezelsysteem waargenomen. Dit vezelsysteem behoort tot de musculus pterygoideus lateralis en reikt, uitgaande van deze spier, tot de mesenchymverdichting, om zich naar "achteren" toe uit te breiden in een min of meer gericht veld met enige vezels, die aan het caput mallei insereren. Meer naar craniaal strekt een doorlopend mesenchymaal systeem zich uit van de musculus pterygoideus lateralis tot aan de malleus. Overeenkomstige waarnemingen worden gedaan bij een embryo van 47 mm kruin-stuittlengte.

**Moffett** (1957) concludeert dat de discus articularis zich vroeg ontwikkelt vanuit musculaire en mesenchymale derivaten van de eerste kieuwboog: "it (de discus) consists mainly of a mesenchymal layer which passes between the external pterygoid and masseter muscles and then extends posteriorly over the developing condyle to attach to the malleus".

**Van Dongen** (1968) spreekt van een "caudale condensatie strook van de malleus", wanneer het gaat om weefsel dat zich naar de malleus voortzet vanuit de tussen de pars squamosa ossis temporalis en het caput mandibulae gelegen mesenchymcondensatie. Bij embryo's van rond de 50 mm kruin-stuittlengte wordt vastgesteld, dat "de tussen squama temporalis en mandibula liggende mesenchym-condensatie nauwe betrekkingen onderhoudt met beide genoemde skelet-stukken, met het kraakbeen van Meckel en het manubrium en bovendien met zowel het craniaal als het caudaal gelegen deel van de musculus pterygoideus lateralis".

De positie van de gehoorbeentjes heeft zich intussen niet gewijzigd; deze liggen ingebed in ijl mesenchymaal weefsel aan het dorsale uiteinde van het kraakbeen van Meckel, waarmee de malleus is verbonden. Bij het embryo van 27-32 mm kruin-stuittlengte zijn de skeletelementen waaruit het



middenoor bestaat alle aanwezig, in deze periode begint tevens de ossificatie van de (membraneuze) pars tympanica ossis temporalis (Anson, Hanson en Richany, 1969).

In de verdere ontwikkeling van het temporomandibulaire gewricht is het verschijnen van gewrichtskamers een volgende fase. Bij kippe- en katte-embryo's blijken deze te ontstaan door dissociatie van de intercellulaire verbindingen in het mesenchym (Kawai, Sakai en Oka, 1983). Over het tijdstip waarop bij de mens de synoviale ruimtes in het gewricht verschijnen, bestaat in de literatuur geen overeenstemming. Als uiterste waarden worden opgegeven: 57 mm kruin-stuitlengte (Symons, 1952) en 72 mm kruin-stuitlengte (Baume en Holz, 1970). Enkele auteurs wijzen op de rol die actieve bewegingen van de mandibula mogelijk spelen bij het ontstaan van de synoviale ruimtes (Scott, 1951; Van Dongen, 1969).

De morfogenese van het temporomandibulaire gewricht neemt, gezien in het kader van de algemene ontwikkeling van gewrichten, een bijzondere positie in. Dit gewricht ontstaat immers door het elkaar naderen van twee zich onafhankelijk ontwikkelende blastemata. De meeste overige gewrichten worden aangelegd binnen een oorspronkelijk continu mesenchymaal blastem. Ter plaatse van een toekomstig gewricht treedt binnen dit blastem een celverdichting op, het zogenaamde "interzone mesenchym". Aan weerskanten hiervan zal het overige mesenchym zich differentiëren tot chondroblasten en osteoblasten en aldus de skeletdelen vormen. Het interzone mesenchym vormt het gewrichtskapsel met de ligamenten. Gewrichtsspletten ontstaan door dehiscenties in het mesenchym (Starck, 1975-a). Gerekend vanaf de eerste mesenchymverdichtingen ter plaatse van de kieuwbogen (4 weken in utero) tot aan de aanwezigheid van twee gewrichtskamers (11-12 weken in utero), heeft de ontwikkeling van het temporomandibulaire gewricht 7-8 weken in beslag genomen. Wanneer dit vergeleken wordt met de tijd die benodigd is voor de ontwikkeling van een gewricht in een extremiteit, is dit een lange periode. De mesenchymale celverdichtingen van femur, tibia en fibula zijn aanwezig bij embryo's van 11-14 mm kruin-stuitlengte (stage 17) en de menisci en gewrichtsspletten van het kniegewricht zijn herkenbaar in embryo's van 27-31 mm kruin-stuitlengte (stage 23) (O'Rahilly en Gardner, 1975). De ontwikkeling van het kniegewricht heeft aldus plaatsgevonden binnen een periode van ongeveer drie weken.

### 2.1.2 De verdere ontwikkeling van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht in de foetale periode

Vanaf het begin van de foetale periode vormt het primaire cavum tympani een drietal uitbochtigen: saccus anterior, saccus medius en saccus posterior. Het mesenchym dat de gehoorbeentjes omgeeft wordt in gelijke mate geresorbeerd. De drie uitbochtigen zullen de gehoorbeentjesketen, de musculus tensor tympani, de musculus stapedius en de chorda tympani (de "viscera" van het middenoor) gaandeweg omhullen, en op de plaatsen waar zij elkaar raken onderling verkleven. De aldus ontstane mucosale plicae worden wel beschouwd als de mesenteria, waarin de viscera van het middenoor zijn opgehangen. De ontplooiing van het "secundaire cavum tympani" wordt echter eerst merkbaar in de zevende zwangerschapsmaand, terwijl deze tot in het postnatale leven kan voortduren (Hammar, 1901, 1902; Proctor, 1964).

Volgens Bok (1966) komt gedurende de vierde tot zesde zwangerschapsmaand (116-208 mm kruin-stuitlengte) de functionele scheiding tussen het middenoorgebied en het "maxillo-mandibulaire" gebied tot stand. Dit proces wordt door hem aangeduid als de "foetale transformatie". Als onderdeel van deze transformatie zijn veranderingen aan het kraakbeen van Meckel waar te nemen, dat tot aan het begin van deze periode beide gebieden immers overbrugd heeft. Na de vierde zwangerschapsmaand verandert het kraakbeen van Meckel in een vezelig systeem, dat door de zich ontwikkelende spina angularis van het os sphenoidale in tweeën wordt gedeeld, in het ligamentum mallei anterius en het ligamentum sphenomandibulare. Bossy en Gaillard (1963) beschrijven bij een foetus van 160 mm kruin-stuitlengte een "ligamentum malleo-mandibulare", dat de processus anterior met de spina angularis van het os sphenoidale, met de lingula mandibulae en met de symphysis mandibulae verbindt. Burch (1966) beschrijft een dergelijke situatie bij een foetus van 115 mm kruin-stuitlengte.

Enkele onderzoekers hebben gewezen op het bestaan van verbindingen tussen de malleus en de discus articularis van het temporomandibulaire gewricht bij de foetus. Bok (1966) beschrijft het bestaan van dergelijke verbindingen bij een foetus van 120 mm kruin-stuitlengte en Coleman (1970) bij foetussen van 112 tot 194 mm kruin-stuitlengte.

Couly et al. (1976) stellen bij neonati vast, dat het posteriore deel van de discus niet slechts insereert aan de fissura tympanosquamosa, maar tevens aan het anterosuperiore deel van de pars tympanica ossis

temporalis. Enkele vezels volgen de contour van dit beenstuk, van waaruit zij zich voortzetten in het "ligamentum tympano-malleolare anterior".

### 2.1.3 Probleemstelling

Naar aanleiding van het voorafgaande kan ten aanzien het voorkomen van verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht tijdens het prenatale leven worden opgemerkt dat hierover in de literatuur geen overeenstemming bestaat.

**Kjellberg** (1904), **Harpman** en **Woollard** (1939), **Symons** (1952), **Landsmeer** (1956) en **Moffett** (1957) zien in de ontogenese op zijn minst een deel van de discus articularis ontstaan in een vezelsysteem dat zich uitstrekt van de musculus pterygoideus lateralis tot aan het deel van het kraakbeen van Meckel, dat later de malleus vormt. **Kjellberg** (1904) stelt als eerste voor, dat de musculus pterygoideus lateralis zich voortzet door middel van een intra-articulaire pees tot aan de (toekomstige) malleus. In het volwassen menselijk lichaam bestaan minstens twee analogieën van intra-articulaire pezen, zodat deze gedachte niet a priori verworpen moet worden. De discus van het sternoclaviculaire gewricht is te beschouwen als het verlengde van een deel van de musculus sternocleidomastoideus. Datzelfde geldt voor de discus van het gewricht dat de verbinding vormt van vezels van de musculus pronator quadratus met de processus styloideus ulnae.

**Van Dongen** (1968) vindt echter geen bewijs voor de "pees-theorie". De continuïteit tussen de malleus en de discus erkent hij wel in de vorm van een mesenchymcondensatie, maar deze zou deel uitmaken van een "schakelsysteem". In dit "schakelsysteem" zijn opgenomen: "de mandibula, de squama temporalis, de mesenchymcondensatie, de musculus pterygoideus lateralis en het occipitale deel van het kraakbeen van Meckel". Volgens **Van Dongen** bestaat de musculus pterygoideus lateralis in de embryonale periode uit twee delen; een tweeledigheid die niet in de "mesenchymcondensatie" tot uitdrukking komt. Bovendien zou er een geleidelijke overgang van spierweefsel naar de "mesenchymcondensatie" bestaan; beide argumenten spreken volgens **Van Dongen** de opvatting tegen dat de bedoelde mesenchymcondensatie de verlengde pees van de musculus pterygoideus lateralis is. Hoewel **Van Dongens** visie op dit "schakelsysteem" in descriptieve zin juist kan zijn, blijven de conclusies oppervlakkig.

Noch **Baume** en **Holz** (1970), noch **Yuodelis** (1970) beschrijven een relatie

tussen de musculus pterygoideus lateralis of de zich ontwikkelende discus articularis met de malleus. Wel merken zij op, dat in een vroeger stadium van de ontogenetische ontwikkeling de musculus pterygoideus lateralis en de musculus pterygoideus medialis aan het kraakbeen van Meckel hechten. Het niveau van aanhechting zou echter ventraal van de regio van het toekomstige temporomandibulaire gewricht gelegen zijn: het deel van het kraakbeen van Meckel dat zal atrofieëren.

**Bok** (1966) en **Coleman** (1970) treffen in het foetale stadium verbindingen aan tussen de malleus en de discus articularis. **Bok** (1966) beschrijft bij een foetus van zeven maanden, hoe aan de laterale zijde van de "crista spinarum" (spina tympanica major) een structuur vanuit het middenoor naar ventraal verloopt. Het gaat hierbij om een vezelsysteem, dat de malleus met de discus verbindt. Hoe deze bevinding te rijmen is met de conclusie dat in de periode van de vierde tot de zesde zwangerschapsmaand een functionele scheiding tussen het middenoorgebied en het "maxillomandibulaire" gebied tot stand is gekomen, wordt echter niet aangegeven. Evenmin blijkt uit de beschrijving de relatie van dit vezelsysteem tot het gedegenererde kraakbeen van Meckel, waarmee het in elk geval in de embryonale periode verbonden is geweest.

**Coleman** (1970) concludeert dat de door hem beschreven verbindingen van de discus articularis naar de malleus en het kraakbeen van Meckel (aangeduid met: ligamentum discomalleolare) niet functioneel kunnen zijn. Dit wordt gebaseerd op de waarneming dat dit ligamentum discomalleolare in de wanden van de fissura petrotympanica aanhecht.

Over de verbindingen van de malleus naar de discus in de verdere ontwikkeling zegt **Landsmeer** (1956): "De verbinding van de musculus pterygoideus lateralis met de discus articularis en met het kopje van de mandibula blijft bestaan. Met de ontwikkeling van het os tympanicum (grotendeels na de geboorte) gaat de bindweefselcontinuïteit die bestaat tussen de discus articularis en het mandibulakopje enerzijds en de hamerkop anderzijds, uiteraard verloren. Het bij de hamer behorende gedeelte wordt geïncorporeerd in het ligamentum anterius mallei, terwijl het buiten het middenoorgebied gesloten gedeelte in het bindweefsel zal overgaan dat aan de achterzijde van het gewricht is gelegen".

**Landsmeer** laat zich hier enigszins uit over de relatie van de continuïteit tussen malleus en discus tot het gedegenererde kraakbeen van Meckel. Onduidelijk is echter hoe een deel van de discus over kan gaan in "het bindweefsel dat aan de achterzijde van het gewricht is

gelegen". Couly et al. (1976) beschrijven hoe een directe verbinding tussen de malleus en de discus bij neonatussen bestaat. Bovendien zou deze insereren aan de pars tympanica ossis temporalis.

Op grond van het voorafgaande kan worden gesteld dat twee problemen niet zijn opgelost.

a. Allereerst dringt zich de vraag op, of er bij de mens verbindingen voorkomen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht. Indien er verbindingen aanwezig zijn, hoe verhouden deze zich dan tot het kraakbeen van Meckel en het "ligamentum mallei anterius" en bestaat er overeenkomst met het reeds beschreven "ligamentum discomalleolare"?

b. Bovendien kan men zich afvragen, in hoeverre de door enkele onderzoekers beschreven verbindingen tussen de malleus en de discus kunnen worden beschouwd als een deel van de musculus pterygoideus lateralis.

ad a. Volgens Bok (1966) zijn het middenoor en het temporomandibulaire gewricht gelegen in twee gebieden, die bij de foetus in de leeftijd van 4 tot 6 maanden een functionele scheiding ondergaan. In het huidige onderzoek heeft het accent gelegen op vezelige structuren die zich bevinden in het gebied tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht, in casu de fissura petrotympanica. Als leidraad hiervoor heeft bij foetussen van deze leeftijds categorie het (gedegenereerde) kraakbeen van Meckel gediend.

ad b. Dit probleem zal in hoofdstuk 5 worden behandeld.

## 2.2 Materiaal en Methode

Het onderzoek aan zeven foetussen valt uiteen in een microscopisch en een macroscopisch gedeelte. Het materiaal is gefixeerd geweest in een 4% formaldehyde-oplossing. Bij de ouderdomsbepaling is uitgegaan van de voetlengte, omdat deze maat bij alle specimina te bepalen was en goed correleert met kruin-stuittlengte waarden (Trolle, 1948; Moore, 1982).

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de specimina.

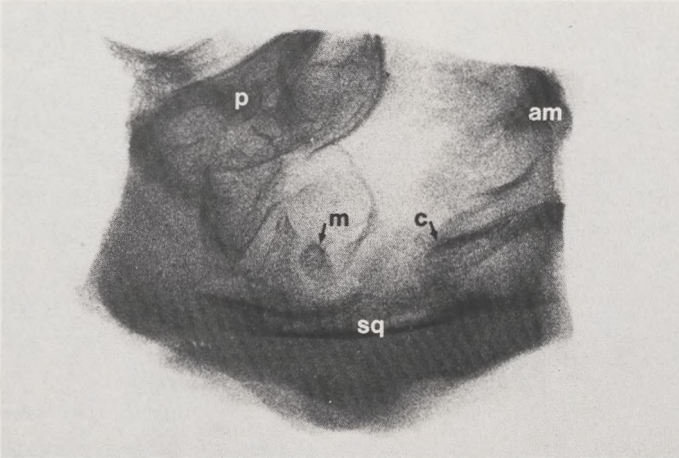
Uit de collectie van het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie van de Rijksuniversiteit te Utrecht (Prof dr. W.J. van Doorenmaalen) kon worden beschikt over een jonge foetus (Tabel 2.1, nr.1), die volgens gebruikelijke histologische technieken geprepareerd was. Omdat op de leeftijd van ongeveer drieënhalve maand het kraakbeen van Meckel nog in zijn volle omvang aanwezig is en omdat de coupes in het frontale vlak

foetus nr.	knuin-stuit- lengte (mm)	voetlengte	menstruatie- leeftijd (wkn.)	techniek	snijvlak
1	87*	14.0*	13,5	hist, Azan	vert.
2	130*	22.0	17*	hist, HE	sag.
3	175*	36.0	21*	hist, HE, Herov	sag.
4	197*	42.1	23*	hist, HE	sag.
5	197*	43.0	23*	dissectie	-
6	208*	45.5	24*	dissectie	-
7	362*	82.5*	40	dissectie	-

Tabel 2.1 De voor microscopisch en macroscopisch onderzoek beschikbare foetussen. \* Volgens de tabellen van Streeter (1920).

waren gesneden, was dit specimen geëigend om de relatie tussen discus articularis en kraakbeen van Meckel te bestuderen. Aan de hand van deze coupes werd een perspectivische reconstructietekening vervaardigd (Afb. 2.5 en 2.6). Voorts werden foetussen in de leeftijds categorie van vier tot zes maanden, alsmede een neonatus, betrokken van het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie (Prof dr. W.J. van Doorenmaalen) en het Pathologisch Instituut (Prof dr. J. Huber) van de Rijksuniversiteit te Utrecht.

Bij de voor het **microscopisch** gedeelte bestemde foetussen werd een blokje weefsel uit de schedel genomen dat het gehele os temporale met het temporomandibulaire gewricht bevatte. Het mediale snijvlak lag ca. 2 mm mediaal van het homolaterale foramen ovale. Van de blokjes werden met een tandheelkundig röntgenapparaat (General Electric GE 1000, Milwaukee Wn, USA) verticale opnamen gemaakt (60 KV, 15mA, 0.5 sec., buis-film afstand 10 cm). Vervolgens werd het weefsel gedurende een week ontkalkt in een oplossing van 4% Na-formiaat en 20% mierzuur. Met de röntgenopnamen als contrôle werden de blokjes bijgesneden, waarna het materiaal volgens de



Afb. 2.1.: Röntgenopname van één van de gebruikte weefselblokjes, am: Ala major, c: Caput mandibulae, m: Malleus, p: Pars petrosa, sq: Pars squamosa.

gebruikelijke technieken werd ontwaterd en ingebed in Paraplast. Door hoekmeting op de röntgenopnamen kon het aansnijvlak van de blokjes worden bepaald: dit bevond zich verticaal, en evenwijdig aan de hartlijn door het caput mallei en het caput mandibulae (Afb. 2.1).

Met behulp van een handbediend microtoom (Leitz, Wetzlar, BRD) werden seriecoupes vervaardigd met een dikte van 10  $\mu$ . Elke tiende coupe werd gekleurd met haematoxiline-eosine (HE). Bij foetus nr. 3 werden bovendien de relevante tussenliggende coupes behandeld met de collageenkleuring van Herovici (1963).

Bij de voor het **macroscopisch** gedeelte bestemde foetussen werd het schedeldak verwijderd en werden de hersenen uitgenomen. Na verwijdering van de dura mater werden het middenoor en het temporomandibulaire gewricht van intracranieel benaderd. Geprepareerd werd onder voortdurend direct zicht met behulp van een operatiemicroscoop (Carl Zeiss, Jena, DDR) bij een vergroting van 6x. Daar de mineralisatiegraad van foetaal bot laag is, was het mogelijk het prepareren uit te voeren met een zogenaamde tandheelkundige "excavator" (Ash, England, nrs. 153/154). De relevante stadia van bewerking werden fotografisch vastgelegd.

## 2.3 Resultaten

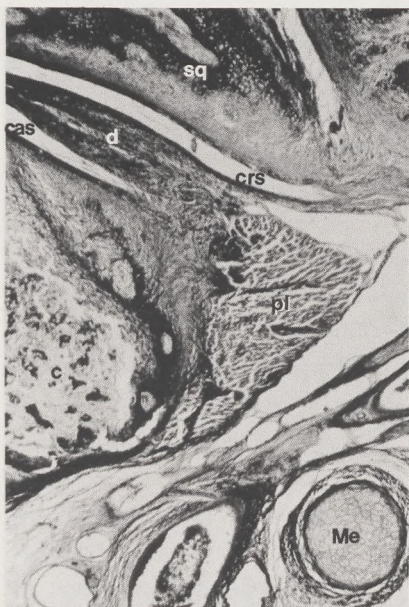
### 2.3.1 Foetus nr. 1

De coupes zijn in het frontale vlak gesneden, de beschrijving geschiedt van ventraal naar dorsaal. In het gebied van het temporomandibulaire gewricht (Afb. 2.2), zijn het caput mandibulae en de pars squamosa ossis temporalis van elkaar gescheiden door de discus articularis. Aldus zijn er in het gewricht twee synoviale ruimtes te onderscheiden, een craniale en een caudale. De musculus pterygoideus lateralis insereert aan de mediale zijde van het caput en aan de discus. Het kraakbeen van Meckel bevindt zich medio-caudaal van het gewricht, ervan gescheiden door een vaatrijk gebied.

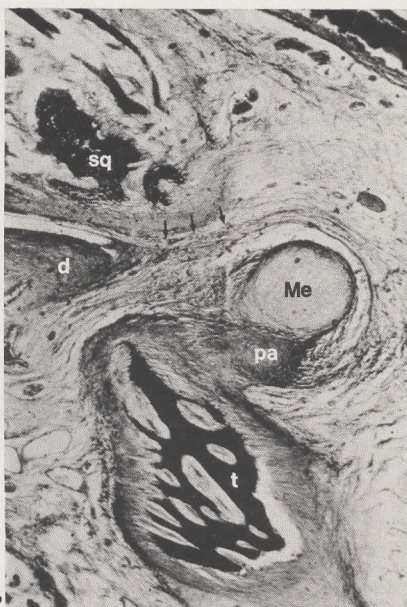
Verder naar dorsaal (Afb. 2.3) is de caudale synoviale ruimte niet meer in de coupes te zien, de craniale is gelegen tussen de pars squamosa ossis temporalis en de discus articularis. Caudaal van het gewricht bevindt zich een vaatrijk gebied. Het kraakbeen van Meckel bevindt zich in een ten opzichte van het gewricht meer craniale positie. Het perichondrium ervan staat via bindweefseluitlopers in verbinding met het mediale gewrichtskapsel, de discus articularis, het weefsel dat zich caudaal van het gewricht bevindt, en de pars tympanica ossis temporalis. Als de craniale synoviale ruimte van het gewricht niet meer in de coupes te vinden is, en de pars petrosa ossis temporalis en de processus anterior herkenbaar worden, ontstaat een goed overzicht van het grensgebied tussen het temporomandibulaire gewricht en het middenoor (Afb. 2.4). Duidelijk is nu waarneembaar, dat het perichondrium van het kraakbeen van Meckel via bindweefseluitlopers in verbinding staat met een dorsale uitbreiding van de discus articularis (Afb. 2.4 : 2). In de sagittale coupes is te zien dat deze uitbreiding een lamina vormt aan het dorsale aspect van de discus (foetussen nrs. 2, 3 en 4). Het beschreven verband is te volgen tot in de coupes waarin zichtbaar is, dat het kraakbeen van Meckel op doorsnede breder wordt. Dit is het deel van het kraakbeen dat de malleus zal vormen. Een perspectivische voorstelling van de beschreven situatie is weergegeven in afbeelding 2.5 en 2.6.

Afb. 2.2, 2.3 en 2.4: Verbinding tussen de lamina media (2) en het kraakbeen van Meckel (Me) (pijlen) in het grensgebied tussen het temporomandibulaire gewricht en het middenoor, ca: Cavum tympani, cas: Caudale synoviale ruimte, crs: Craniale synoviale ruimte, d: Discus, p: Pars petrosa, pa: Processus anterior mallei, pl: M.pterygoideus lateralis, sq: Pars squamosa, t: Pars tympanica. Verticale coupe, Azan, 30x





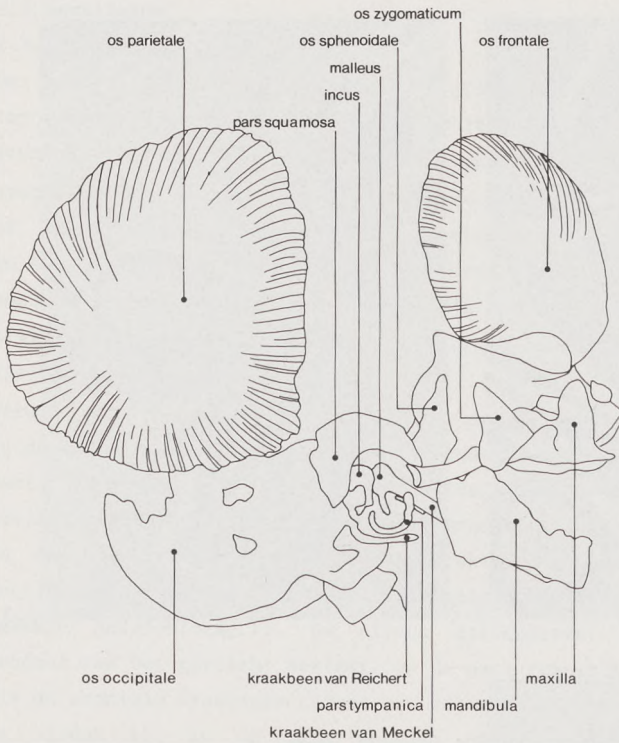
2.2



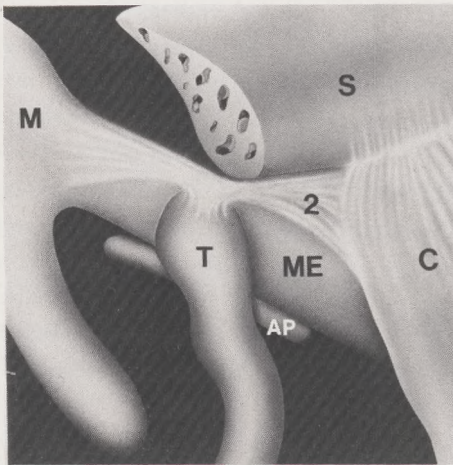
2.3



2.4



2.5



2.6

Afb. 2.5 en 2.6: Reconstructietekening van foetus nr. 1, met de lamina media (2) in het grensgebied tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht, AP: Processus anterior, C: Caput mandibulae, M: malleus, ME: Kraakbeen van Meckel, S: Pars squamosa en T: Pars tympanica ossis temporalis.

### 2.3.2 Foetus nr. 2

In foetus nr. 2 zijn de malleus en de incus opgebouwd uit kraakbeen, dat wordt omzoomd door een breed perichondrium. De malleus gaat in verticale richting over in het kraakbeen van Meckel: de structuur die in de coupes van foetus nr. 1 (Afb. 2.2 t/m 2.4) op dwarsdoorsnede te zien was. Het chondrocranium is terug te vinden in de vorm van een deel van de pars petrosa ossis temporalis.

In het gebied van het temporomandibulaire gewricht is de pars squamosa ossis temporalis zichtbaar, en caudaal hiervan het caput mandibulae. De discus articularis verdeelt het gewricht in twee gescheiden compartimenten: de caudale en craniale synoviale ruimtes.

In detail (Afb. 2.7) valt de verschillende weefselopbouw van de afzonderlijke structuren op: de kraakbenige malleus, de membraneuze pars squamosa ossis temporalis en het secundaire kraakbeen van het caput mandibulae. Hier tussenin bevindt zich de discus articularis die, van ventraal naar dorsaal gezien, in het centrale deel uit relatief celrijk en vaatarm bindweefsel bestaat. In dorsale richting neemt het celdaandeel af ten gunste van de hoeveelheid vezels en bloedvaten. In hetzelfde "extra-articulaire" deel van de discus is een splitsing waarneembaar in drie laminae, die zich elk uitstrekken tot aan de drie genoemde skeletdelen.

In zijn craniale begrenzing volgt de discus de contour van de pars squamosa ossis temporalis om aan te grijpen op het periost van dit beenstuk (lamina superior). Een intermediaire lamina (lamina media) zet zich voort parallel aan de contour van het kraakbeen van Meckel en fuseert met het perichondrium ervan, ongeveer ter plaatse van de overgang in de malleus. Een meer caudaal gelegen lamina (lamina inferior) buigt in caudale richting om, en grijpt aan op het periost van het dorsale oppervlak van het caput mandibulae.

### 2.3.3 Foetus nr. 3

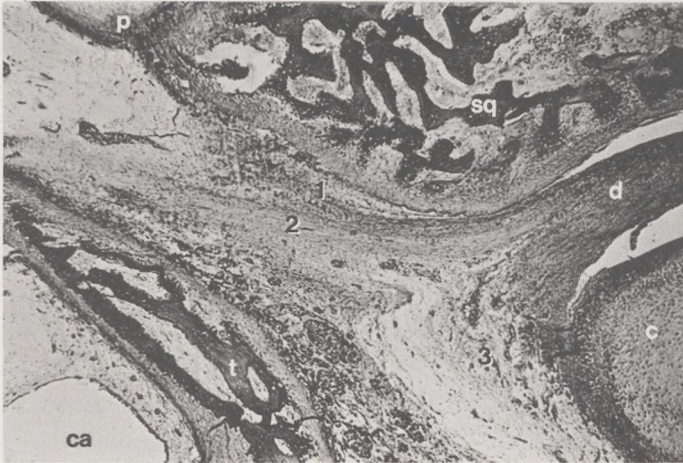
In dit specimen zijn de malleus en incus reeds gedeeltelijk verbeend, ter plaatse van het incudomalleaire gewricht en het manubrium mallei bestaan zij uit kraakbeen. Voorts zijn de drie delen van het os temporale te zien: pars petrosa, pars tympanica en pars squamosa. Caudaal van de pars squamosa is het caput mandibulae zichtbaar, de discus articularis bevindt zich in het tussengelegen gebied.

Het verloop van de discus articularis laat zich als volgt beschrijven: In

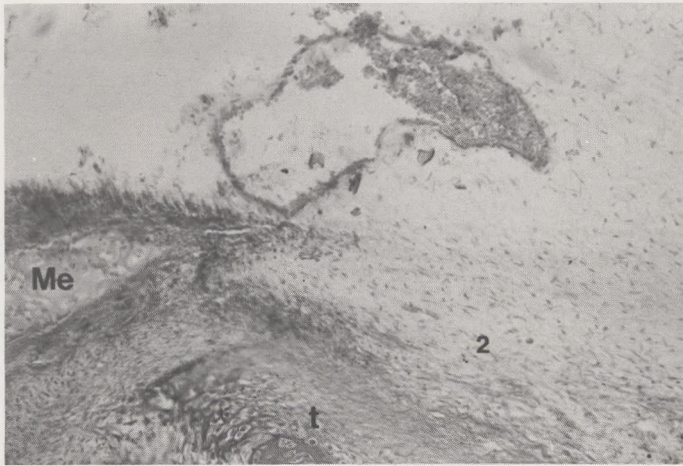


Afb. 2.7.: Verbinding van de discus (d) via de lamina media(2) naar het kraakbeen van Meckel (Me), crs: Craniale synoviale ruimte, sq: Pars squamosa. Sagittale coupe, HE, 42x.

de meest craniale oriëntatie volgt een smalle lamina van de discus (lamina superior) de contour van de pars squamosa, om met het periost ervan te fuseren ter plaatse van de fissura petrosquamosa. In een meer caudale oriëntatie heeft een tweede, intermediaire lamina (lamina media) zich uit de discus losgemaakt, om te eindigen in het gebied van de brede fissura petrotympanica. Bij het doorzoeken van de seriecoupes blijkt deze lamina te hechten aan de pars tympanica en aan de malleus. Deze laatste twee zijn onderling verbonden door collageenrijk bindweefsel van het ligamentum mallei anterius. In dit gebied is tevens een stukje kraakbeen gelegen dat hoogst waarschijnlijk een restant is van het kraakbeen van Meckel. De meest caudale lamina (lamina inferior) hecht aan het periost van het dorsale oppervlak van het caput mandibulae (Afb. 2.8 en 2.9). Aan de hand van de kleurings van de coupes zijn er donkere en lichtere velden in de discus aan te wijzen. Het intra-articulaire deel is donker gekleurd ten opzichte van het dorsale extra-articulaire deel. De insertiegebieden van de laminae aan respectievelijk pars squamosa, pars tympanica, malleus en caput mandibulae kleuren eveneens relatief donker. Het lichtst gekleurd is het deel van de discus dat aan de vaatrijke zône grenst, aan de dorsale zijde van het gewricht. De lamina media bestaat

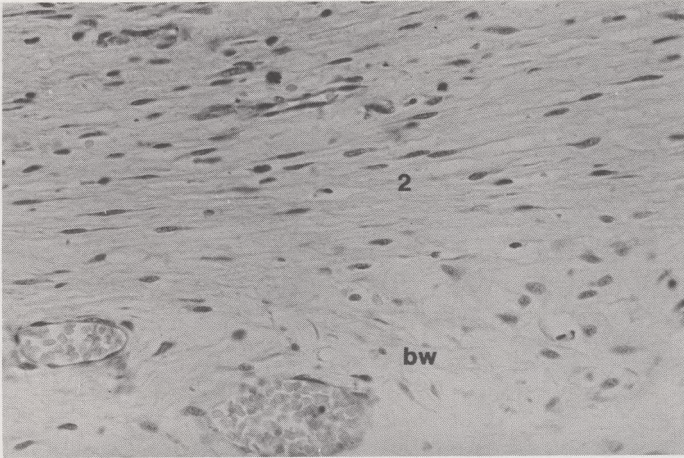


Afb. 2.8.: Splitsing van de discus (d) in drie laminae (1,2 en 3), c: Caput mandibulae, ca: Cavum tympani, p: Pars petrosa, sq: Pars squamosa, t: Pars tympanica. Sagittale coupe, Herov, 30x.

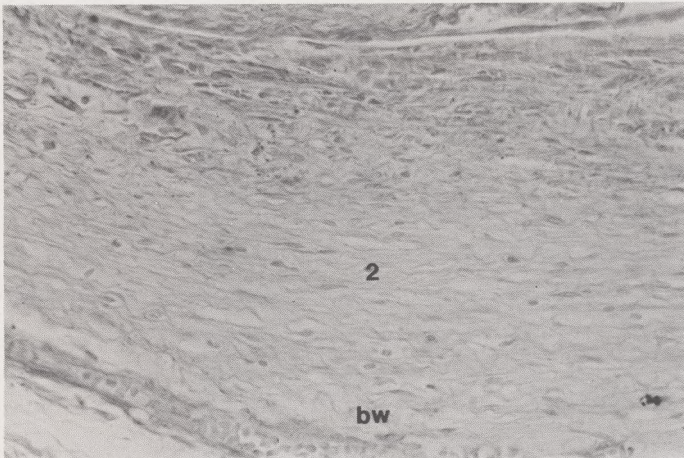


Afb. 2.9.: Aanhechting van de lamina media (2) aan de pars tympanica (t) en aan het ligamentum mallei anterius, waarin een overblijfsel van het kraakbeen van Meckel (Me) aanwezig is. Sagittale coupe, Herov, 120x.

uit bindweefsel met een longitudinale cel- en vezelrangschikking, dat zonder duidelijke begrenzing overgaat in het omgevende losmazige bindweefsel (Afb. 2.10 en 2.11).



2.10



2.11

Afb. 2.10 en 2.11: Fibroblastenrangschikking (2.10) en collagene vezelrangschikking (2.11) aan de periferie van de lamina media (2), bw: losmazig bindweefsel. Sagittale coupes, HE resp. Herov, 240x.

#### 2.3.4 Foetus nr. 4

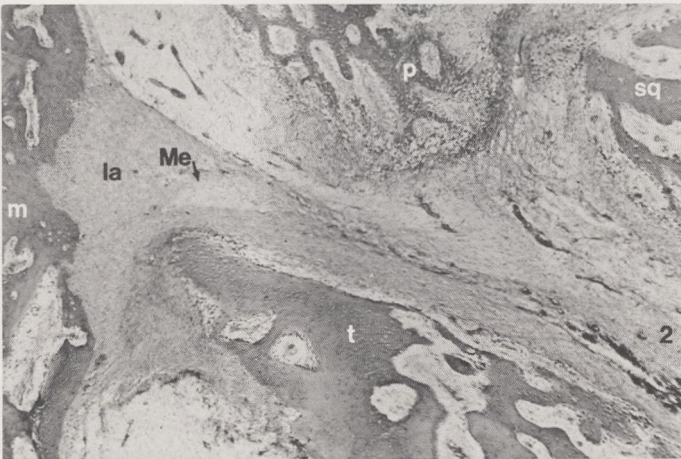
Ten opzichte van foetus nr. 3 is de situatie niet wezenlijk veranderd. De skeletdelen in het gebied van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht zijn in meerdere mate verbeend. De fissuren van het os temporale, met name de fissura petrotympanica, zijn smaller geworden.

Ook in dit specimen bestaat het dorsale aspect van de discus articularis uit drie laminae. Afbeelding 2.12 laat zien hoe de lamina media door de fissura petrotympanica in dorsale richting reikt. Opmerkelijk is, dat zich ook hier weer craniaal van de pars tympanica een stukje kraakbeen bevindt.

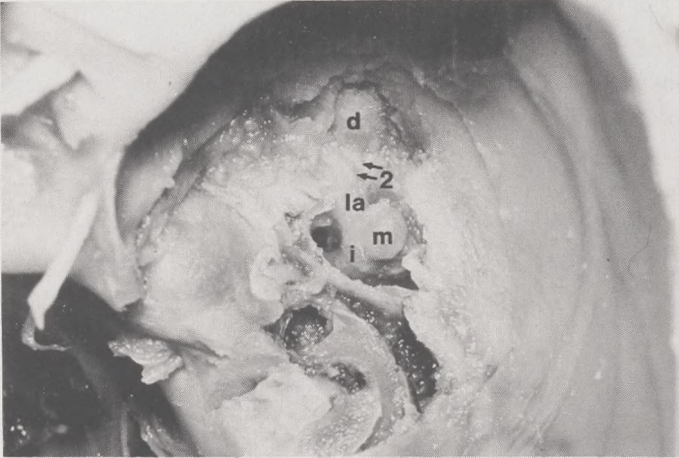
#### 2.3.5 Foetussen nrs. 5, 6 en 7

De bevindingen bij de foetussen nrs. 5, 6 en 7 komen goed overeen. Volstaan zal worden met één beschrijving.

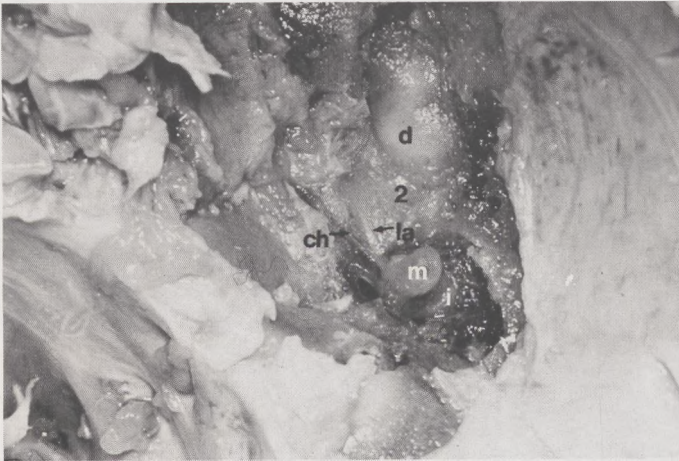
Op afbeelding 2.13 (foetus nr. 6) is de canalis semilunaris horizontalis te zien, het cavum tympani en de fossa mandibularis zijn intracranieel geopend. De craniale kamer van het temporomandibulaire gewricht is geopend door wegprepareren van periost en synovia; hierdoor is een craniaal aanzicht van de discus articularis verkregen.



Afb. 2.12: Verloop van de lamina media (2) door de fissura petrotympanica, la: Ligamentum mallei anterius, m: Malleus, Me: Kraakbeen van Meckel, p: Pars petrosa, sq: Pars squamosa, t: Pars tympanica. Sagittale coupe, HE, 30x.



Afb. 2.13: Verbinding van de discus (d) via de lamina media (2) met het ligamentum mallei anterius (la) en de malleus (m), intra-cranieel beeld door operatie- microscoop. i: Incus.



Afb. 2.14: Verbinding van de discus (d) via de lamina media (2) met het ligamentum mallei anterius (la) en de malleus (m), intra-cranieel beeld door operatiemicroscoop. ch: Chorda tympani, i: Incus.



De samenhang tussen discus articularis en malleus is nu à vue, en laat zich als volgt beschrijven. In dorsale richting zet de discus zich middels een driehoekige lamina voort in de richting van het cavum tympani. De laterale zijde van de driehoek wordt begrensd door de pars squamosa ossis temporalis. De top van de driehoek insereert aan het collum mallei, terwijl de mediale zijde begrensd wordt door het ligamentum mallei anterius. Met betrekking tot dit laatste is duidelijk waarneembaar dat het bindweefsel in verbinding staat met de buitenste weefsellagen van het ligamentum mallei anterius. Dit laatste zet zich, vanuit de malleus geredeneerd, voort tot aan de spina angularis ossis sphenoidalis en omgeving.

Wanneer de beschreven driehoekige lamina als de lamina media bestempeld wordt, zijn de volgende samenhangen te onderscheiden:

- a. discus articularis via lamina media naar malleus;
- b. discus articularis via lamina media naar ligamentum mallei anterius;
- c. malleus via ligamentum mallei anterius naar spina angularis ossis sphenoidalis en omgeving.

Afbeelding 2.14 (foetus nr. 7) geeft dezelfde situatie weer, echter bij een specimen van oudere leeftijd.

#### 2.4 Samenvatting en Conclusies

Het doel van het in dit hoofdstuk beschreven gedeelte van het onderzoek is na te gaan of er verbindingen bestaan tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht bij de menselijke foetus. Hiertoe werden foetussen, in leeftijd variërend van drieënhalf maand tot negen maanden in utero, onderzocht middels histologische coupes en een macroscopische dissectietechniek.

Aan de hand van de beschreven resultaten kan een antwoord worden gegeven op de meer specifieke vraagstellingen: zijn verbindingen tussen de discus articularis en de malleus aantoonbaar, bestaat er overeenkomst met het reeds beschreven "ligamentum discomalleolare", en wat is de relatie met het kraakbeen van Meckel respectievelijk het ligamentum mallei anterius? In alle specimina was er sprake van een structuur bestaand uit losmazig bindweefsel, die kan worden beschouwd als een verbinding tussen het temporomandibulaire gewricht en het middenoor. Het precieze verloop ervan laat zich als volgt beschrijven.

In het sagittale vlak vormt deze structuur de lamina media van drie laminae aan het dorsale aspect van de discus articularis. Een lamina

superior en een lamina inferior begrenzen respectievelijk de craniale en caudale synoviale ruimte van het gewricht. De lamina media zet zich voort van uit de discus tot aan het craniale aspect van de pars tympanica ossis temporalis. Van hieruit zet de lamina media zich voort, tredend door de fissura petrotympanica, tot aan het kraakbeen van Meckel (jongere specimina), of tot aan het ligamentum mallei anterius en de malleus (oudere specimina). In het horizontale vlak zet deze structuur zich vanuit de discus articularis puntvormig voort tot aan de malleus en het ligamentum mallei anterius (oudere specimina). Naar lateraal wordt deze begrensd door het verticale deel van de pars squamosa ossis temporalis en in mediale zin door het ligamentum mallei anterius. De laatste reikt van de malleus tot aan de spina angularis ossis sphenoidalis en omgeving.

Op grond van de aangetroffen morfologische situatie is het mijns inziens gerechtvaardigd voor deze structuur de naam "lamina media van de discus articularis" te introduceren. Deze benaming komt voort uit de gedachte de discus als één geheel te beschouwen, ook al bestaat deze dorsaal uit een drietal laminae.

De lamina media kan niets anders zijn dan de ook wel als "ligamentum discomalleolare" aangeduide verbinding tussen de discus articularis en de malleus (Kjellberg, 1904; Harpman en Woollard, 1939; Symons, 1952; Landsmeer, 1956; Moffett, 1957; Van Dongen, 1968; Bok, 1966; Coleman, 1970; Couly et al., 1976). De conclusie van Baume en Holz (1970) en Yuodelis (1976) als zou een dergelijke verbinding niet bestaan kan door het huidige onderzoek worden weerlegd.

Hoewel de lamina media ligamenteuze eigenschappen als een longitudinale rangschikking van fibroblasten en collagene vezels bezit is het begrip "ligamentum discomalleolare" te eenzijdig. Immers, de proximale aanhechting blijft niet tot de malleus beperkt. Ook het meer ventrale deel van het kraakbeen van Meckel dat in de verdere ontwikkeling atrofieert (ligamentum mallei anterius) en de pars tympanica zijn hierbij betrokken.

Bok (1966) stelt, dat "met de vervezeling van het kraakbeen van Meckel tijdens het proces van de foetale transformatie in het middenoorgebied, de functionele scheiding met het maxillo-mandibulaire gebied een feit wordt". Op grond van de aanwezigheid van de lamina media van de discus articularis gedurende de foetale periode kan hieraan worden toegevoegd, dat deze scheiding in morfologisch opzicht niet plaatsvindt.

## HOOFDSTUK 3

### DE VOLWASSEN MENS

#### 3.1 Literatuuroverzicht

Een integrale studie van de structuur en de functie van het temporomandibulaire gewricht werd verricht door **Rees** (1954), zijn bevindingen zijn deels in een aantal leerboeken overgenomen (onder andere: **Derksen**, 1970; **Williams** en **Warwick**, 1980).

**Rees'** verdienste is het geweest om een nomenclatuur voor de aan de discus articularis te onderscheiden delen te presenteren. Deze benadering heeft gediend als uitgangspunt voor een beschouwing over de bewegingen die in het gewricht optreden. **Rees** onderscheidt aan de discus, achtereenvolgens van ventraal naar dorsaal: "four clearly defined ellipsoidal zones which may be termed (1) the anterior band, (2) the intermediate zone, (3) the posterior band, (4) the bilaminar zone". Naar mediaal en lateraal gaat de discus over in het gewrichtskapsel (\*).

De bilaminaire zone bestaat, aldus **Rees**, uit een caudale en een craniale slip. De caudale slip hecht aan het dorsale oppervlak van het caput mandibulae en kan worden getypeerd als fibreus weefsel.

De craniale slip bestaat uit losmazig fibro-elastisch weefsel en hecht in de fossa mandibularis en in de fissura squamotympanica. De auteur komt hier later op terug door te stellen: "it would appear to represent the disko-malleolar band of foetal life which connects the lateral pterygoid tendon to the malleus through the squamo-tympanic suture".

Volgens **Zenker** (1956) is de discus aan de mediale, laterale en ventrale begrenzingen gefixeerd aan het gewrichtskapsel. Aan de dorsale zijde gaat de discus over in de synovialis, die zonder een fibreuze begrenzing de gewrichtsspletten van een veneuze plexus scheidt. Ter plaatse van de craniale synoviale ruimte, splitst de synovialis zich af van de buitenste wefsellagen van de discus, om circa 2 mm ventraal van de fissura petrosquamosa in de fossa mandibularis aan te hechten. Bij de caudale synoviale ruimte maakt de synovialis zich op soortgelijke wijze los uit de discus, buigt vervolgens om en gaat over in het periost van het dorsale oppervlak van het caput mandibulae. Het weefsel dat de ruimte tussen de synovialis (ventraal) en de meatus acusticus externus (dorsaal) opvult, kan volgens **Zenker**, dankzij de aanwezigheid van genoemde veneuze plexus en Sperrarterieën, zich aanpassen aan de bewegingen van de condylus. Deze visie wordt echter bestreden door **Parsons** en **Boucher**

\* Dit model wordt reeds beschreven in een publicatie van **Lubosch** (1906-b).

(1966), die histologisch geen aanwijzingen vinden voor een erectiel mechanisme, en derhalve concluderen dat de vervormbaarheid van dit weefsel een passief fenomeen is.

**DuBrul** (1980) volstaat met de mededeling dat de discus articularis naar dorsaal overgaat in losmazig, gevasculariseerd bindweefsel, het "retrodiskal pad".

**Pinto** (1962) onderzocht het gebied van het middenoor en het temporomandibulaire gewricht met behulp van macroscopische dissecties. Hij stuitte daarbij op een structuur van fibro-elastisch weefsel: het "ligamentum malleo-mandibulare". Volgens de auteur is het verloop van deze structuur als volgt: "it was found inserted into the neck of the malleus immediately above the anterior process and lying laterally to the chorda tympani nerve. The tiny ligament spread from this point in a cone-shaped form forward, downward and laterally to insert into the medioposterosuperior part of the capsule and meniscus of the temporomandibular joint". Opmerkelijk is dat de auteur tevens beschrijft, hoe tractie op de discus via dit ligament op de gehoorbeentjesketen wordt overgedragen. De doortreedplaats van het ligament door de schedelbasis komt, aldus **Pinto**, overeen met de fissura petrotympanica.

Volgens **Coleman** (1970) is er zowel bij foetussen (112-194 mm kruin-stuittlengte) als bij volwassenen sprake van een verbinding tussen de malleus en de discus articularis. Bij de foetus reikt het "ligamentum discomalleolare" van het posteromediale deel van discus en gewrichtskapsel tot aan het kraakbeen van Meckel en de malleus. Bij de volwassene is er volgens deze auteur geen directe ligamenteuze verbinding, maar gaan retrodiscale vezels over in de oorsprong van het ligamentum mallei anterius. Duidelijk wordt gesteld, dat zowel bij de foetus als bij de volwassene de doortredende structuur eveneens aanhecht in de wanden van de fissura petrotympanica. **Komori et al.** (1986) voerden een macroscopische dissectie uit bij twaalf volwassen menselijke specimina. Zij concluderen dat het door **Pinto** beschreven "ligamentum malleo-mandibulare" bestaat uit twee ligamenten: (1) de voortzetting van het ligamentum sphenomandibulaire (mediaal) en (2) het "ligamentum disco-malleolare" (lateraal). Volgens de auteurs is de beweegbaarheid van deze structuur gering.

Dankzij de toepassing van röntgencontrast-tomografie zijn de inzichten in het functioneren van het gezonde en het zieke temporomandibulaire gewricht beter gefundeerd geraakt (**Katzberg et al.**, 1980). Deze

ontwikkeling heeft echter niet geleid tot een andere visie op de morfologie, wel is men in staat gebleken de bilaminaire zone (Rees, 1954) en het losmazige retrodiscale weefsel (Zenker, 1956) functioneel te duiden (Hoofdstuk 4).

### 3.2 Probleemstelling

Naar aanleiding van het literatuuroverzicht kan gesteld worden, dat Pinto (1962), Coleman (1970) en Komori et al. (1986) bij volwassenen verbindingen hebben beschreven tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht. Omtrent de bewegingsmogelijkheid van deze verbindingen verschillen zij echter van mening. Bovendien beschrijft Pinto een duidelijk afgrensbaar ligament, terwijl Coleman dit afzwakt door te stellen dat "retrodiscale vezels continu zijn met de oorsprong van het ligamentum mallei anterius". Komori et al. beschrijven een tweevoudige structuur. Zij stellen hierbij vast, dat het mediale deel ervan overeen kan komen met een restant van het kraakbeen van Meckel ("ligamentum malleo-mandibulare"), hoewel dit reeds lange tijd bekend is (overzicht bij Bossy en Gaillard, 1963). Het laterale deel ervan zou overeenkomen met de door Pinto beschreven verbinding.

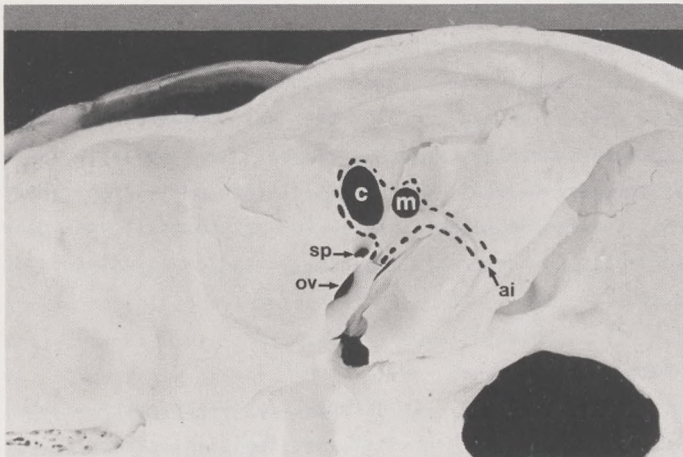
Rees (1954) veronderstelt een relatie van "zijn" bilaminaire zone met de fissura squamotympanica en het foetale ligamentum discomalleolare, maar gaat hier verder niet op in. Zenker (1956) en DuBrul (1980) leggen in hun beschrijvingen de nadruk op het weefsel dat zich tussen de meatus acusticus externus en het gewricht bevindt, en maken geen melding van verbindingen van de discus articularis in de richting van het middenoor. Deze uiteenlopende visies hebben geleid tot het onderzoek naar het bestaan van verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht bij volwassenen, waarbij getracht is dit gebied in zijn geheel te overzien. Hierbij heeft de aanwezigheid en het aantal van deze verbindingen als vraagstuk centraal gestaan, bovendien is gelet op de beweegbaarheid ervan.

### 3.3 Materiaal en Methode

Beschikbaar waren drieëntwintig in formaldehyde-glycerine-ethanol gefixeerde volwassen specimina van verschillende leeftijd, afkomstig uit het bestand van het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie van de Rijksuniversiteit te Utrecht (Prof. dr W.J. van Doorenmaalen). Bij alle hoofden werd een macroscopische dissectie via een intracraniale

benaderingsweg uitgevoerd, die stapsgewijs fotografisch werd vastgelegd. De dissectie werd begonnen met verwijdering van het schedeldak, het uitnemen van de hersenen en het afprepareren van de dura mater in het gebied van de fossa cranii media aan één zijde. Vervolgens werd het bedekkende periost van de pars petrosa en de pars squamosa van het os temporale afgeprepareerd. Ter oriëntatie werd met een chirurgische boor (Meisinger HM7) gekoeld met fixatievloeistof, de nervus facialis vrijgelegd vanaf de porus acusticus internus tot aan het ganglion geniculi. Vanaf dit punt werd de nervus petrosus superficialis major circa 2 mm in zijn verloop vrijgelegd (Afb. 3.1).

Het foramen spinosum, te herkennen aan de doortredende arteria meningea media, markeert de mediale rand van de fossa mandibularis; het centrum ervan bevindt zich circa 1 cm lateraal hiervan. Dit gegeven werd gebruikt om de gewrichtskom van intracranieel te trepaneren. Vervolgens werd de craniale gewrichtskamer verder geopend door het voorzichtig verwijderen van het overige bot, tot aan de aanhechting van de discus rond de gewrichtskom. Een volgende stap was het trepaneren en vervolgens verwijderen van het tegmen tympani, totdat de inhoud van het cavum tympani alsmede de uitmonding van de tuba auditiva hierin goed waren te overzien.



Afb. 3.1.: Positie van het caput mandibulae (c) en het caput mallei (m) gesuperponeerd op de benige schedelbasis, intracranieel aanzicht, sp: Foramen spinosum, ov: Foramen ovale, ai: Porus acusticus internus.

In deze fase zijn beide ruimtes - de craniale synoviale ruimte van het temporomandibulaire gewricht en het cavum tympani - slechts van elkaar gescheiden door een smalle brug van bot, die ongeveer loodrecht op de lengteas van het os petrosum staat. Onder direct zicht-contrôle met behulp van een operatiemicroscop (Carl Zeiss, Jena, DDR) werd met tandheelkundige "glazuurmessen" (Ash England, nrs. 10 6 12 LR en 15) voorzichtig verder geprepareerd tot in de fissura petrotympanica.

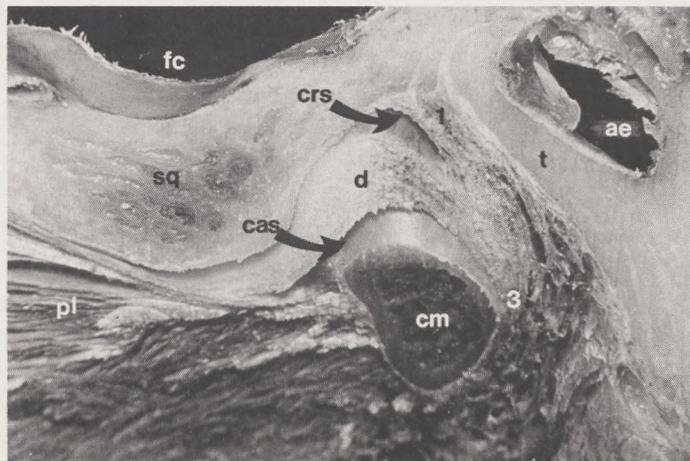
Het verloop van de chorda tympani, het ligamentum mallei anterius en eventuele verbindingen van het middenoor met het temporomandibulaire gewricht kon nu worden bestudeerd.

Bij twee specimina werd pathologie in het middenoor aangetroffen, waardoor zij van verdere bespreking werden uitgesloten.

### 3.4 Resultaten

Wanneer de discus articularis van het temporomandibulaire gewricht van intracranieel wordt benaderd, is aan het dorsale aspect ervan een lamina zichtbaar, die naar ventraal ombuigt en aanhecht in de fossa mandibularis. Deze lamina komt overeen met de craniale slip van de bilaminaire zone (Rees, 1954) en met de lamina superior uit het vorige hoofdstuk; deze sluit de craniale gewrichtskamer in dorsale richting af (Afb. 3.2). Naar caudaal kan zich een tweede lamina bevinden, die echter in dorsale richting uit het temporomandibulaire gewricht treedt en zich voortzet in de richting van het middenoor. Deze lamina komt overeen met het ligamentum malleomandibulaire (Pinto, 1962) of discomalleolare (Coleman, 1970) en met de lamina media bij de foetussen uit het vorige hoofdstuk (Afb. 3.3 en 3.4). Caudaal hiervan bevindt zich een derde afsplitsing van de discus die overgaat in het periost aan de dorsale zijde van de condylus mandibulae. Deze laatste lamina komt overeen met de caudale slip van de bilaminaire zone (Rees, 1954) en met de lamina inferior uit hoofdstuk 2 (Afb. 3.2). In de eenentwintig specimina zijn de lamina superior en de lamina inferior constant aanwezig gebleken; het bestaan van de lamina media is enigszins variabel (Tabel 3.1).

De laatste zal nu nader worden beschouwd, omdat deze in relatie tot de vraagstelling het meest belangwekkend is. De lamina media blijkt zich op twee wijzen in dorsale richting te kunnen voortzetten: a. naar het ligamentum mallei anterius en b. naar de malleus.



Afb. 3.2.: Sagittale coupe van een linker temporomandibulair gewricht, caput naar lateraal geluxeerd. De lamina media is in deze coupe niet getroffen. ae: Meatus acusticus externus, cas: Caudale synoviale ruimte, d: Discus articularis, fc: Fossa cranii media, pl: M. pterygoideus lateralis, sq: Pars squamosa, t: Pars tympanica. 1: Lamina superior, 3: Lamina inferior.

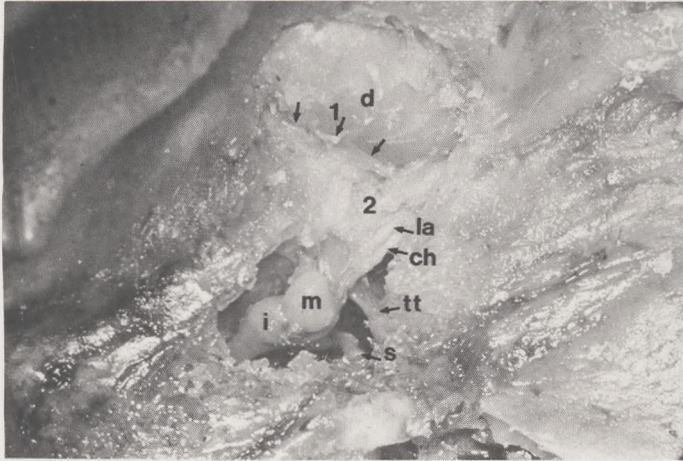
ligamentum mallei anterioris en b. naar de malleus.

ad a. Dorsomediaal hecht aan de discus de basis van een driehoekige lamina. Deze bestaat uit bindweefsel dat een glad aspect heeft; afzonderlijke vezelbundels en een vezelrichting zijn er niet in te onderscheiden. De top van de driehoek zet zich in dorsomediale richting voort en passeert de fissura petrotympanica. Na passage door de fissura kan de lamina in verbinding staan met het ligamentum mallei anterioris om zich niet verder voor te zetten (Afb. 3.4; Tabel 3.1 tweede kolom).

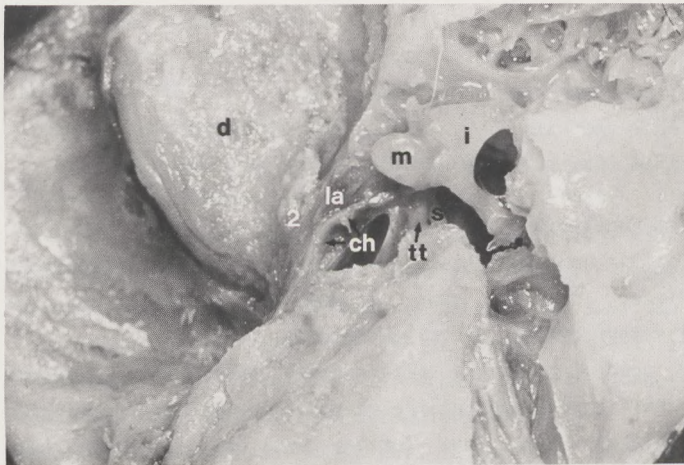
ad b. In een aantal andere specimina zet de lamina zich voort in de richting van de malleus om te insereren aan het collum, juist craniaal van de processus anterior (Afb. 3.3; Tabel 3.1 eerste kolom).

In zowel het eerste als in het tweede geval is er sprake van fixatie in de fissura petrotympanica. Deze fixatie is merkbaar, doordat het weefsel zich nauwelijks uit de fissuur los laat prepareren zonder het te beschadigen. Samenhangend met het feit dat de malleus en het ligamentum anterioris met elkaar in verbinding staan, komen a. en b. ook gecombineerd voor (Tabel 3.1).





Afb. 3.3.: Verbinding van de discus articularis (d), via de lamina media (2) naar de malleus (m), intracranieel beeld door operatiemicroscop. ch: Chorda tympani, i: Incus, la: Ligamentum mallei anterius, s: Stapes, tt: M.tensor tympani, 1: Lamina superior.



Afb. 3.4.: Verbinding van de discus articularis (d) via de lamina media (2) met het ligamentum mallei anterius (la), intracranieel beeld door operatiemicroscop. ch: Chorda tympani, i: Incus, m: Malleus, s: Stapes, tt: M.tensor tympani.

specimen nummer	lamina media naar malleus	lamina media naar lig. mallei ant.	lamina sup.	lamina inf.
1	+	+	+	+
2	+	-	+	+
3	-	-	+	+
4	-	-	+	+
5	-	+	+	+
6	-	+	+	+
7	-	+	+	+
8	+	+	+	+
9	-	+	+	+
10	-	+	+	+
11	-	+	+	+
12	-	+	+	+
13	-	+	+	+
14	+	+	+	+
15	+	+	+	+
16	-	+	+	+
17	-	+	+	+
18	-	+	+	+
19	-	-	+	+
20	+	+	+	+
21	-	+	+	+
totaal	5	17	21	21

Tabel 3.1 Specificatie van de trilaminare zone in 21 volwassen specimina.

### 3.5 Samenvatting en Conclusies

Het doel van het in dit hoofdstuk beschreven gedeelte van het onderzoek is de verhoudingen na te gaan tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht bij de volwassen mens.

In de onderzochte specimina blijkt het dorsale deel van de discus articularis van het temporomandibulaire gewricht in elk geval opgebouwd te zijn uit twee laminae. Deze twee laminae sluiten beide synoviale ruimtes van het gewricht in dorsale richting af doordat zij overgaan in het periost van respectievelijk de fossa mandibularis en het caput mandibulae. Het verloop van deze laminae correspondeert dusdanig met de lamina superior en lamina inferior van de foetale discus articularis (zie Hoofdstuk 2), dat zij als overeenkomstig worden beschouwd. Rees (1954) spreekt van een bilaminare zone.

In craniocaudale zin gesproken, kan zich bij de onderzochte volwassen specimina een lamina tussen beide slippen van Rees' bilaminaire zone in bevinden. In achttien van de eenentwintig gevallen bleek weefsel van het mediodorsale deel van de discus zich voort te zetten in de richting van het middenoor. Het verloop van deze lamina vanuit de discus articularis, tredend door de fissura petrotympanica tot aan het ligamentum mallei anterius en/of tot aan de malleus - is zodanig dat deze als overeenkomstig kan worden beschouwd met de lamina media van de foetale discus articularis (zie Hoofdstuk 2).

De lamina media kan tevens niets anders zijn dan het door Pinto (1962) beschreven "ligamentum malleo-mandibulare". Er bestaan mijns inziens echter bezwaren tegen de kwalificatie "ligament" en tegen de vermeende bewegingsmogelijkheid ervan. Zoals reeds is beschreven vertoont het bindweefsel geen duidelijke rangschikking van vezelbundels, bovendien hecht het weefsel in de wanden van de fissura petrotympanica. Dat de aanhechting in de fissuur bovendien oorspronkelijk is; dat wil zeggen reeds bij de foetus aanwezig, werd aangetoond in Hoofdstuk 2. Hiermee kan Pinto's (1962) bewering worden weerlegd, als zou het laten bewegen van de gehoorbeentjes en de membrana tympani mogelijk zijn door tractie, uitgeoefend op de discus.

De beschreven onderzoeksresultaten stemmen goed overeen met die van Coleman (1970): "(...) the connective tissue band passed into the lateral extremity of the petrotympanic fissure, where some fibers became attached to its walls and others continued into the lateral margin of the anterior ligament of the malleus". Opmerkelijk is, dat Pinto (1962) een relatie tot de malleus beschrijft en Coleman (1970) een relatie tot het ligamentum mallei anterius vermeldt. In dit onderzoek werden deze varianten beide aangetroffen; daar echter dit deel van de malleus en het ligamentum mallei anterius in de ontogenetische ontwikkeling nauw samenhangen (zie Hoofdstuk 2), kunnen de twee geschetste situaties niet als essentieel verschillend worden beschouwd.

Rees (1954) veronderstelt dat het "ligamentum discomalleolare" van de foetus overeenkomt met de craniale slip van de door hem beschreven bilaminaire zone. Op grond van de beschreven onderzoeksresultaten kan hieraan worden toegevoegd dat het dorsale deel van de discus articularis bij de foetus in alle, en bij de volwassene in de meerderheid van de onderzochte gevallen is opgebouwd uit drie laminae. De craniale en caudale komen overeen met de craniale respectievelijk caudale slip van

**Rees'** bilaminaire zone. De intermediaire lamina komt overeen met de lamina media (ligamentum discomalleolare) bij de foetus.

Het lijkt op deze plaats gerechtvaardigd te spreken van een trilaminaire zone, voor wat betreft het dorsale extra-articulaire deel van de discus articularis van het temporomandibulaire gewricht.

## HOOFDSTUK 4

### FUNCTIONELE IMPLICATIES

#### Inleiding

Naar de (patho-) fysiologische functie van de in de hoofdstukken 2 en 3 beschreven structuur is geen eigen onderzoek verricht. In het navolgende zijn toch enkele beschouwingen opgenomen omtrent de mogelijke rol ervan in de symptomatologie van een omstreden ziektebeeld.

Arthropathieën van het temporomandibulaire gewricht zijn in de loop der tijd onder een veelheid van benamingen beschreven: syndroom van Costen (**Costen**, 1934), pijn-dysfunctie syndroom (**Schwartz**, 1955), arthrosis deformans (**Boering**, 1966), myofascial pain dysfunction syndrome (**Laskin**, 1969), dysfunctie syndroom (**Honée**, 1977), temporomandibular arthropathy/osteoarthrosis (**Toller**, 1973), otomandibular syndrome (**Arlen**, 1977), craniomandibular syndrome (**Gelb**, 1985).

Sommige auteurs gaan ervan uit dat het pijn-dysfunctie syndroom berust op een stoornis in het neuromusculaire systeem, en dat degeneratieve veranderingen in het gewricht hierbij secundair optreden. De toepassing van röntgencontrasttomografie en -computertomografie heeft echter mogelijk gemaakt, bij patiënten zogenaamde interne verstoringen ("internal derangements") in het gewricht aan te tonen. Deze verstoringen betreffen met name dislocaties van de discus articularis (**Blaschke**, **Solberg** en **Sanders**, 1980; **Katzberg** et al., 1980; **Bronstein**, **Tomassetti** en **Ryan**, 1981; **Manziona** et al., 1983; **Thompson** et al., 1985). De dislocaties zijn mogelijk door uitrekking of verscheuring van de trilaminare (volgens **Rees** bilaminare) zone die de discus in dorso-ventrale zin op zijn plaats behoort te houden. **Boering** (1966) is van mening, dat de interne verstoringen op den duur aanleiding geven tot degeneratieve veranderingen: arthrosis deformans (osteoarthrosis).

Deze gedachte is sindsdien herhaaldelijk in de literatuur naar voren gekomen (**Toller**, 1973) en wordt recentelijk ondersteund door **De Bont** (1985) en **Pinkert** (1985). Longitudinaal onderzoek bij patiënten met degeneratieve veranderingen in het gewricht wijzen op een langdurig ziektebeeld, waarvan tijdens het natuurlijke beloop de röntgenologische en klinische symptomen in kwantiteit en kwaliteit sterk variëren (**Rasmussen**, 1980, 1981-a, 1981-b; **Mejersjö** en **Hollender**, 1984). Aldus is het begrijpelijk dat onderzoekers, die vanuit verschillende invalshoeken dit ziektebeeld hebben benaderd, tot de definities van "deel-syndromen"

zijn gekomen (zie bovenstaande opsomming). Gelb (1985) spreekt in dit verband van "underdiagnosis and overtreatment".

Wat betreft de symptomatologie van de aandoening gaat het volgens de meeste onderzoekers om pijn, gelocaliseerd rond het gewricht, knappende en crepiterende geluiden in het gewricht en bewegingsbeperking van de mandibula. Costen (1934) bracht als eerste symptomen, het gehoor- en evenwichtsorgaan betreffend, in verband met dysfunctie van het kaakgewricht. De discussie over dit "Costen syndroom" is heden ten dage als afgedaan te beschouwen en zal hier niet worden herhaald (zie Boering, 1966). Meer recent spreken Gelb et al. (1967) en Arlen (1983) bij patiënten met aandoeningen van het temporomandibulaire gewricht van symptomen als otalgie, pre- en postauriculare pijn, gehoorverlies, tinnitus en vertigo. Deze auteurs geven hun opvattingen weinig fundament door de afwezigheid van reproduceerbaar onderzoek bij grote aantallen patiënten dat op een statistisch verantwoorde wijze is verwerkt. Zo werd bijvoorbeeld geen audiometrisch onderzoek verricht. Een onderzoek dat beter aan deze voorwaarden voldoet in dat van Brookes, Maw en Coleman (1980). Hier komt men echter tot de conclusie dat: "Careful assessment of the history, examination and investigations of the 45 patients in this study lead us to believe that there is no direct aetiological basis to link temporomandibular joint dysfunction and other aural symptoms apart from otalgia".

Düker, Philipp en Fiebelkorn (1972) stelden bij 16 van 127 patiënten met kaakgewrichtsklachten een onverklaarbare perceptiestoornis vast, zonder geleidingsverlies. De zijde van het gehoorverlies bleek hier echter niet te correleren met de zijde van de kaakgewrichtsklachten.

Afgezien van het feit, dat het vóórkomen van deze symptomen kennelijk dubieus is, is ook de anatomische basis waarop zij zouden berusten herhaaldelijk ontkracht. Met name compressie van de chorda tympani en van de nervus auriculotemporalis tijdens bewegingen van de condylus is niet mogelijk gebleken (Zimmermann, 1951; Hielscher, 1962; Steger, Deponte en Windhorst, 1974).

Dysfunctie van de tuba auditiva wordt op theoretische gronden verondersteld door Costen (1934), Spring (1950) en Arlen (1977, 1985). Het is denkbaar, dat dysfunctie van de trigeminus musculatuur, waartoe de musculus tensor veli palatini behoort, hiervoor verantwoordelijk is. Hypertonie van de tevens door de nervus trigeminus verzorgde musculus tensor tympani zou verantwoordelijk kunnen zijn voor een

geleidingsverlies. Philipp, Munker en Komposch (1972) toonden aan bij 70 van 131 kaakgewricht patiënten dat deze personen in een hogedrukkamer geen (aktieve) opening van de tuba auditiva konden bewerkstelligen. Dit laatste bewijst overigens ten hoogste dat dysfunctie van het kaakgewricht en van de tuba auditiva uitingen zijn van hetzelfde fenomeen, namelijk een neuromusculaire stoornis en zegt niets over een causaliteit. Naast bovenstaande hypothesen heeft men getracht de lamina media van de discus articularis in verband te brengen met symptomen die het gehoororgaan betreffen. Met name het werk van Pinto (1962) wordt nogal eens geciteerd en opnieuw geïnterpreteerd:

- "This structure (\*) connects the temporo mandibular capsule with the malleus bone, which in turn attaches to the tympanic membrane. Thus, when the condyle is translated forward, the eardrum is flexed. The sound of flexion can be heard by protruding the mandible or moving it laterally from side to side" (Bell, 1982).

- "The mandibular-malleolar ligament (\*) has a relationship with the capsule and ligament of the TMJ and is a possible explanation for some of the ear sensations in biting or chewing (Pinto). Temporomandibular joint abnormalities may contribute to pain or discomfort by way of this relationship" (House en Hall, 1982).

- "Excessive movement of the condyle can also be responsible for symptoms. (...) Therefore, movement of the capsule by grasping the exposed part of the meniscus of the temporomandibular joint, causes this tiny ligament (\*), the ossicular chain, and the tympanic membrane to move" (Arlen, 1985)

- "Diese anatomische Verbindung von Gelenk und Mittelohr (\*) erklärt vielleicht Mittelohrsymptome, die von Costen und anderen in Zusammenhang mit einer Kiefergelenksdysfunktion beschrieben wurden" (Ermschar, 1985).

- "Temporary displacement of the disc, in cases where the ligamentous structure (\*) is not firmly attached to the walls of the petrotympanic fissure, can cause traction on the malleus via the ligament, resulting in its displacement. Subjective hearing loss could be attributed to the displacement of the malleus" (Ioannides en Hoogland, 1983).

### Conclusies

De opvatting, dat de uitbreiding van de lamina media van de discus articularis naar de malleus verantwoordelijk is voor bij arthropatieën optredende oorsymptomen, kan in de context van het huidige onderzoek van

\* de lamina media

de volgende kanttekeningen worden voorzien:

- a. De lamina media van de discus articularis is reeds bij de foetus verankerd aan de pars tympanica ossis temporalis en reikt van hier tot aan de malleus. Bij de volwassene insereert deze in de wanden van de fissura petrotympanica, en reikt van daar niet eens in alle gevallen tot aan de malleus (Hoofdstuk 2, respectievelijk 3). Op deze morfologische basis is uitsluitend tractie van de discus op de schedelbasis, in casu de fissura petrotympanica, voorstelbaar.
- b. Bij de onderzochte volwassenen toonde de lamina media van de discus articularis geen longitudinale vezelrangschikking; iets wat bij een functionerend ligament wel verwacht kan worden.
- c. Indien de malleus toch op een of andere wijze door de discus kan worden bewogen, dan zouden de oorsymptomen intermitterend van aard zijn. Ook in een gewricht dat interne verstoringen of degeneratieve afwijkingen kent, is de discus bij functie in beweging, terwijl er in de geciteerde literatuur sprake lijkt te zijn van continu aanwezige bezwaren. Slechts bij een permanent naar ventraal geluxeerde discus articularis zou een continue, ventraalwaarts gerichte tractie van de discus uit kunnen gaan; dit wordt in de literatuur echter niet benadrukt.
- d. Indien de malleus op een of andere wijze toch door de discus kan worden bewogen, hoeft dit niet vanzelfsprekend tot de in de literatuur vermelde symptomen te leiden; iets wat wel zonder reserves wordt aangenomen. Met name is niet duidelijk, waarom er bij een pathologisch gewricht wél en bij een gezond gewricht géén klachten zijn.

Indien wordt aangenomen, dat oorsymptomen deel uitmaken van het complex van symptomen rond arthropathieën van het temporomandibulaire gewricht, dan kan op grond van het bovenstaande worden gesteld dat een anatomische verklaring hiervoor vooralsnog ontbreekt.



## HOOFDSTUK 5

### ENKELE PROSIMIAE EN INSECTIVORA

#### 5.1 Literatuuroverzicht

**Kjellberg** (1904) uitte het vermoeden naar aanleiding van zijn onderzoeksresultaten bij menselijke embryo's (zie hoofdstuk 2), dat de pees van de musculus pterygoideus lateralis in de ontogenese en fylogenese zou bijdragen tot de vorming van de discus articularis van het temporomandibulaire (squamomandibulaire) gewricht. Volgens **Kjellberg** zou dit gegeven passen in de theorie volgens welke het primaire kaakgewricht van de reptielen (articuloquadratum gewricht) bij de Mammalia in het middenoor functioneert (incudomalleare gewricht) en het kaakgewricht van de laatste groep (temporomandibulaire of squamomandibulaire gewricht) secundair is ontstaan. Deze theorie werd geformuleerd door **Reichert** (1837) en van een bredere basis voorzien door **Gaupp** (1912) en staat bekend als de theorie van Reichert-Gaupp (overzicht bij **Frick** en **Starck**, 1963; **Thenius**, 1969; **Romer** en **Parsons**, 1977).

Naar aanleiding van **Kjellberg's** bevindingen onderzocht **Lubosch** de regio van het middenoor en het kaakgewricht bij Monotremata (1906-a) en Marsupialia (1907). **Gaupp** voerde dit uit bij Tachyglossus aculeatus (Australische mierenezel) (1906).

**Lubosch** beschrijft bij T. aculeatus hoe weefsel van het kapsel van het kaakgewricht zich voortzet tot in de fissura petrotympanica, bij Didelphis marsupialis (opossum) tot in het foramen jugulare spurium. In een samenvattend werk wordt gesteld: "Was sich durch die Fissura petrotympanica präparatorisch bis zum Hammer verfolgen lässt, ist Bindegewebe der Gelenkkapsel". Bovendien concludeert hij bij menselijk materiaal dat "die hintere Wand der Gelenkkapsel ihre Befestigung bis in die Glasersche Spalte(\*) hinein sucht, und dass hier ihre Bindegewebsmasse sich mit dem Periost des Squamosum, Tympanicum und Tegmen tympani verbindet. Ein teil dieser Bindegewebsfasern tritt dann zum Hammerkopf, so dass es in günstigen Fällen möglich ist, von aussen durch Zug an der Gelenkkapsel in der Fossa glenoidalis Bewegungen des Hammers hervorzurufen" (1906-a; 1907; 1934).

Op grond van hun resultaten bij Prototheria en Metatheria komen **Gaupp** en **Lubosch** min of meer onafhankelijk van elkaar tot een alternatieve theorie omtrent de fylogenese van de discus articularis. Oorspronkelijk insereert

\* fissura petrotympanica

de musculus pterygoideus lateralis aan de bekleding van het condylaire gewrichtsoppervlak. In het gewricht bevindt zich één synoviale ruimte, die aan alle zijden door bindweefsel wordt begrensd: een zogenaamde "Schleimbeutel". Van deze situatie is sprake bij T. aculeatus. Bij Ornithorhynchus anatinus (vogelbekdier) wordt de eveneens enkelvoudige synoviale ruimte craniaal en caudaal door de gewrichtsoppervlakken begrensd; een situatie die de volgende stap in de ontwikkeling weerspiegelt. Bij D. marsupialis is de fase naar een gewricht met twee synoviale ruimtes aan te treffen: een gedeelte van de bekleding van het condylaire gewrichtsoppervlak heeft met de musculus pterygoideus lateralis van de onderlaag losgelaten. Hierdoor is caudaal van dit weefsel een smalle (gewrichts-) spleet ontstaan. Bij Eutheria bestaat in de regel een gewricht dat voorzien is van twee, door een discus gescheiden synoviale ruimtes. Aan de discus insereert een deel van de musculus pterygoideus lateralis. Deze fylogenetische reeks laat zich kort samenvatten door te stellen dat de discus articularis het gemodificeerde condylaire periost is.

De discussie over de herkomst van de in het eerste deel van dit onderzoek als lamina media aangeduide structuur treedt sporadisch in de literatuur naar voren. **Harpman** en **Woollard** (1959) spreken argumenten uit pro en **Baume** en **Holz** (1970) doen dit contra **Kjellbergs** theorie, echter op grond van waarnemingen bij menselijke embryo's. Gegevens over andere Mammalia ontbreken echter, evenals recente onderzoeken bij de zojuist vermelde groepen.

## 5.2 Probleemstelling

Naar aanleiding van het de in het voorafgaande beschreven tegenstellingen kunnen de volgende vragen worden geformuleerd.

- a. Komen verbindingen tussen het middenoor en het kaakgewricht voor bij andere Mammalia?
- b. Bestaat er overeenkomst met de als lamina media beschreven structuur bij de mens (Hoofdstuk 2)?
- c. Wat is de rol van de musculus pterygoideus lateralis in de ontogenese van deze verbindingen?

Ter beantwoording van deze vragen werd gekozen voor een qua verwantschap compacte groep zoogdieren, waarbinnen de ontogenesen van het kraakbeen van Meckel, de musculus pterygoideus lateralis en het kaakgewricht werden vergeleken (zie 5.3).

### 5.3 Materiaal en methode

De voor dit onderzoek gebruikte specimina zijn afkomstig van het Hubrecht Laboratorium van de KNAW te Utrecht (Tabel 5.1). De meeste hiervan waren reeds histologisch bewerkt. Teneinde bepaalde ontogenetische series te completeren werd in alcohol bewaard materiaal histologisch bewerkt in het Pathologisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Utrecht.

Wat betreft de leeftijds aanduiding van het materiaal werd uitgegaan van de in de catalogus vermelde waarden in mm. van de grootste lengte van het specimen, eventueel met inbegrip van de vliezen ("embryo" respectievelijk "utrine swelling"). Waar mogelijk is gerefereerd aan bestaande normtafels. Wat betreft het snijvlak dient te worden opgemerkt, dat de transversale snijrichting meestal betrekking heeft op de lichaamsas van het specimen, waardoor bij verschillende krommingen geheel andere doorsneden van de kop worden verkregen. In alle gevallen is de door de catalogus aangegeven richting vermeld (Tabellen 5.2 t/m 5.9).

De in dit hoofdstuk gevolgde methode is die van het vergelijken van aanleg en ontwikkeling van een aantal hieronder te noemen anatomische structuren. Het jongste beschreven specimen werd geselecteerd op grond van de opbouw van het kraakbeen van Meckel: dit bestaat uit mesenchym of jong kraakbeen. Bij het oudste specimen is het kaakgewricht in zijn definitieve vorm aanwezig. Voor wat betreft de beschrijving van histogenetische processen werd de indeling van Hamilton en Mossman (1978) aangehouden. In de beschouwingen zijn opgenomen:

- a. Kraakbeen van Meckel
- b. Musculi pterygoidei
- c. Mandibula
- d. Kaakgewricht
- e. Tympanicum
- f. Verbindingen.

Ad a. t/m e.: zie 5.3.1.

Ad f.: Onder "verbindingen" wordt in het navolgende verstaan: duidelijk van de omgeving afgrensbaar weefsel, dat zich bevindt tussen de (zich ontwikkelende) condylus, discus articularis en squamosum enerzijds en het kraakbeen van Meckel, de malleus en het tympanicum anderzijds. Hierbij is primair geen onderscheid gemaakt naar cellulaire of vezelige systemen.

Insectivora\*

Erinaceoidea

Erinaceidae - Erinaceus europaeus (Westeuropese egel)

Soricoidea

Soricidae - Sorex araneus (bosspitsmuis)

Talpidae - Talpa europaea (gewone mol)

Macroscelidea

Macroscelidinae - Elephantulus rozeti (Noordafrikaanse olifantspitsmuis)

Scandentia

Tupaiaidae - Tupaia javanica (gewone toepaja)

Primates

Prosimiae

Lemuriformes - Microcebus murinus (dwergmuismaki)

Lorisiformes - Nycticebus coecang (grote plumpe lori)

Tarsiiformes - Tarsius bancanus (Soenda-spookdier)

Tabel 5.1 Taxonomisch overzicht van de voor het onderzoek beschikbare Mammalia. \* Het begrip Insectivora is als verzamelnaam gebruikt, en heeft hier geen fylogenetische betekenis. Gemodificeerd naar Starck (1978) en Lockett (1980).

### 5.3.1 Begrippenlijst

**Ala temporalis** - lateraalwaartse uitstulping van het chondrocranium, het ganglion trigeminale bevindt zich er juist craniaal van (De Beer, 1985).

**Alisphenoid** - samengesteld beenstuk, ontstaat deels in de ala temporalis en deels in het aangrenzende bindweefsel (Moore, 1980; De Beer, 1985). Een voortzetting naar caudaal vormt, indien aanwezig, de lamina lateralis processus pterygoidei (Starck, 1979).

**Basisphenoid** - Ontstaat uit twee gepaarde kraakbeenzones (central stem en processus alaris) aan weerszijden van de mediaanlijn, de hypofyse bevindt zich er craniaal van (De Beer, 1985).

**Cavum tympani** - uitstulping van de mondholte die zich als een blinde gang in het middenoorgebied bevindt.

**Discus articularis** - Fibreuze tussenschijf in het kaakgewricht.

**Enchondrale beenvorming** - proces waarbij het kraakbenige endoskelet wordt afgebroken en wordt vervangen door been (Starck, 1975-b).

**Endesmale beenvorming** - proces waarbij beenvorming optreedt in mesenchymaal weefsel (Starck, 1975-b).

**Foramen ovale** - opening in de schedelbasis (alisphenoid) voor de nervus mandibularis (nervus trigeminus).

**Ganglion oticum** - parasympatisch ganglion, bevindt zich extracranieel en caudaal van het foramen ovale.

**Ganglion trigeminale (Gasseri)** - intracranieel ganglion, bevat celkernen van de (sensibele) nervi mandibularis, maxillaris en ophthalmicus; bevindt zich craniaal van het alisphenoid.

**Hamulus (cartilago pterygoidea)** - in (secundair) kraakbeen gepreformeerd element dat met het pterygoid fuseert; staat in verband met de musculus tensor palatini (Moore, 1980).

**Incudomalleare gewricht** - synoviaal gewricht tussen de malleus en de incus, volgens de theorie van Reichert-Gaupp homoloog met het primaire kaakgewricht (articuloquadratum gewricht) van reptielen (Gaupp, 1912).

**Kaakgewricht (squamomandibulaire gewricht, temporomandibulair gewricht).**  
- synarthrose tussen processus condylaris mandibulae (caput) en fossa mandibularis (glenoidalis).

**Incus** - tweede gehoorbeentje, bevindt zich dorsaal van het kraakbeen van Meckel. Een punt van discussie blijft, of het in de eerste of tweede kieuwboog wordt aangelegd (Gaupp, 1912; Hanson, Anson en Strickland, 1962; Jarvik, 1980; Otto, 1984).

**Malleus** - eerste gehoorbeentje, bevindt zich dorsaal van het kraakbeen van Meckel. Ontogenese wordt betwijfeld, zie Incus.

**Meckel, kraakbeen van (mandibulaire boog)** - eerste viscerale boog van het branchiale skelet.

**Musculus pterygoideus lateralis** - origo: lamina lateralis processus pterygoidei en eventueel alisphenoid; insertio: mandibula (condylus en eventueel discus) (Starck, 1982).

**Musculus pterygoideus medialis** - origo: pterygoid (lamina medialis processus pterygoidei), sphenoid en palatinum; insertio: mandibula (angulus) (Starck, 1982).

**Mandibula (dentale)** - benige onderkaak, ontstaat uit enkele ossificatiecentra: corpus, angulus, processus coronoideus en processus condylaris. De onderkaak wordt als een continu beenstuk beschouwd als de genoemde delen gefuseerd zijn; meestal echter zijn ventraal twee hemimandibulae verenigd in een symphysis.

**Nervus auriculotemporalis** - (sensibele) tak van de nervus mandibularis.

**Nervus mandibularis** - gemengd sensibele/motorische tak van de nervus trigeminus.

**Processus anterior (goniale)** - endesmaal beenstukje, dat medio-caudaal van het kraakbeen van Meckel wordt aangelegd; staat altijd in nauw verband met de chorda tympani (Moore, 1980).

**Processus pterygoideus** - samengesteld beenstuk, bestaat uit alisphenoid, pterygoid en hamulus (Starck, 1979).

**Pterygoid** - endesmaal beenstuk, vormt eventueel de lamina medialis processus pterygoidei (Starck, 1979).

**Sphenoid** - samengesteld beenstuk, ontstaat uit een aantal endesmale en enchondrale elementen. De belangrijkste zijn: orbitosphenoid, presphenoid, basisphenoid, alisphenoid, pterygoid en hamulus (Starck, 1979).

**Squamosum** - endesmaal beenstuk, vormt een deel van de zijwand van de schedel en de fossa mandibularis. Kan met het petrosum en tympanicum fuseren tot een os temporale.

**Sulcus malleolaris** - groeve in het tympanicum (crus anterior) waar de processus anterior mallei dit beenstuk kruist.

**Tympanicum** - endesmaal beenstuk dat ontogenetisch op een incomplete ring lijkt met een crus anterior en een crus posterius. Draagt zorg voor de fixatie van het trommelvlies. Kan naar lateraal bijdragen tot een uitwendige gehoorgang (Moore, 1980).

## 5.4 Resultaten

### 5.4.1 Erinaceus europaeus

#### **Kraakbeen van Meckel**

Het kraakbeen van Meckel is bij het jongste onderzochte embryo (E1) een continue kraakbenige structuur, die zich vanuit het middenoorgebied naar ventraal voortzet. In het oudste onderzochte specimen (E4) is het in vrijwel volledige embryonale omvang aanwezig. In het ventrale deel van de benige mandibula wordt het kraakbeen van Meckel in de kaak geïncorporeerd doordat het zich in een omsloten kanaal bevindt. Hier bevinden zich tevens centra van resorptie-activiteit, waarbij het kraakbeen door been wordt vervangen.

#### **Musculi pterygoidei**

De musculus pterygoideus medialis insereert aan het pterygoid bij het jongste onderzochte embryo. Dit bevindt zich als een mesenchymverdichting lateraal en craniaal van de mondholte. Bij het oudste onderzochte specimen is het pterygoid gefuseerd met het basisphenoid en het alisphenoid; vezels van de musculus pterygoideus medialis grijpen hierbij tevens aan op het alisphenoid. De spier loopt naar lateraal, caudaal en naar voren en buigt aan de caudale zijde ervan om het kraakbeen van Meckel heen, waarbij spiervezels op het perichondrium aangrijpen. Met de uitbreiding van de benige mandibula wordt de aanhechting aan het kraakbeen van Meckel vervangen voor die aan de mandibula.

De musculus pterygoideus lateralis bevindt zich tussen de ala temporalis en het kraakbeen van Meckel. Van proximaal gezien heeft de spier een verloop naar caudaal, lateraal en sterk naar achteren. Naar het kraakbeen van Meckel toe eindigt de spier spits met minder gedifferentieerde cellen, die zich om het kraakbeen van Meckel heen groeperen. Dit vindt plaats ventraal van het toekomstige caput mallei. De condylus is te herkennen als een vage mesenchymverdichting (Afb. 5.1).

herkennen als een vage mesenchymverdichting (Afb. 5.1).

Wanneer bij de oudere embryo's de condylus zich duidelijker manifesteert wordt de aanhechting van de musculus pterygoideus lateralis van het kraakbeen van Meckel verlegd naar dit laatste skeletdeel (Afb. 5.2).

### **Mandibula**

De mandibula bestaat enkelzijdig uit een corpus en een ramus waarin bij het jongste onderzochte embryo tekenen van mineralisatie te vinden zijn. De condylus is een afzonderlijk (mesenchymaal) centrum, in het caudale deel ervan treedt ook mineralisatie op. Het craniale deel is een slecht begrensde mesenchymverdichting. Dit laatste gebied bevindt zich juist lateraal van het deel van de musculus pterygoideus, dat op het kraakbeen van Meckel aangrijpt (Afb. 5.1). In de verdere ontwikkeling wordt de condylus geheel in de mandibula opgenomen.

### **Kaakgewricht**

Bij de embryo's E2 en E3 is de mandibula een continu beenstuk. De condylus is opgebouwd uit circulair geordend mesenchymaal weefsel dat kan passen bij een voorstadium van (secundair) kraakbeen (Afb. 5.3 en 5.4). Cranio-lateraal ervan en in contact met de condylus bevindt zich een zone van dicht mesenchym met een homogene celopbouw. De bij de condylus behorende cellen, die aan deze zone grenzen, vormen een dichte stapeling. Craniaal van de zone van dicht mesenchym, die als een voorstadium van de discus articularis kan worden beschouwd, bevindt zich het squamosum. **Fawcett** (1918) spreekt hier van de "cellulaire discus articularis". De craniale synoviale ruimte van het kaakgewricht ontstaat in het gebied, dat zich tussen squamosum en condylus bevindt. De caudale synoviale ruimte manifesteert zich als een ruimte, die ontstaat door de afscheiding van een weefsellaag van de condylus (E4). Deze laatste weefsellaag is de discus articularis.

### **Tympanicum**

Het tympanicum is voor het eerst waarneembaar bij het oudste specimen. Het kraakbeen van Meckel en de processus anterior zijn door middel van fibreus weefsel met het crus anterius verbonden (Afb. 5.5).

### **Verbindingen**

Verbindingen tussen het kaakgewricht en het middenoor bestaan doordat de

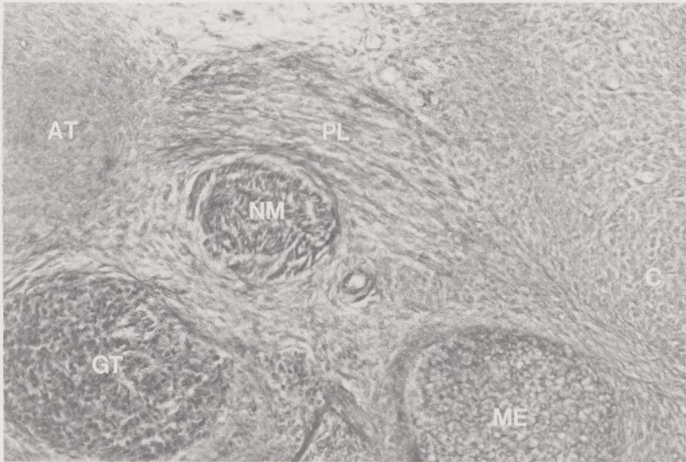


musculus pterygoideus lateralis het kraakbeen van Meckel kruist en aangrijpt op het perichondrium hiervan. Lateraal van dit gebied en ermee in contact staande, wordt de condylus aangelegd. De condylus houdt het verband vast, dat via de spier met het kraakbeen van Meckel bestaat ondanks dat beide structuren in de ontwikkeling zich van elkaar verwijderen.

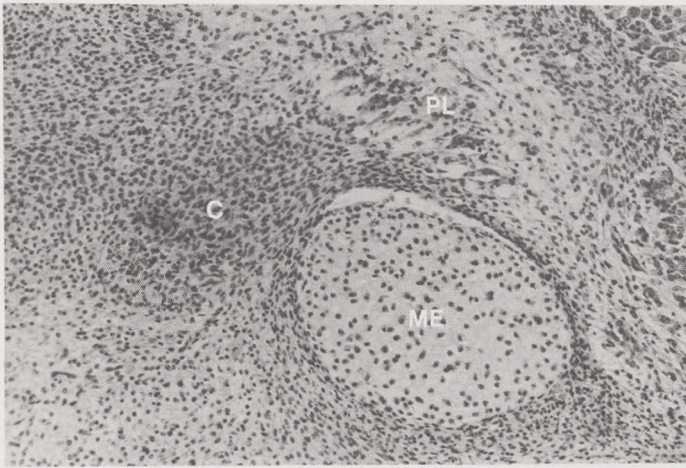
In het oudste onderzochte specimen is te zien hoe de buitenste weefsellagen van de condylus naar caudaal toe een bindweefselextensie vormen die overgaat in het perichondrium van het kraakbeen van Meckel (Afb. 5.6). In de regio van de overgang van het kaakgewricht in het middenoorgebied zijn de condylus en het kraakbeen van Meckel van elkaar gescheiden door losmazig bindweefsel en bloedvaten, de oorspronkelijk aanwezige verbinding is aldus verdwenen.

nr.	catalogus-nr.	leeftijds-aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
E1	93	embryo 15 mm	transv.	10 $\mu$	ammonium-karmijn
E2	304b	embryo 18 mm	transv.	15 $\mu$	haemaluin-eosine
E3	306a	embryo 22 mm	transv.	20 $\mu$	azan
E4	210	newborn 47 mm	transv.	6 $\mu$	azan

Tabel 5.2 Beschikbare specimina van Erinaceus europaeus.



5.1



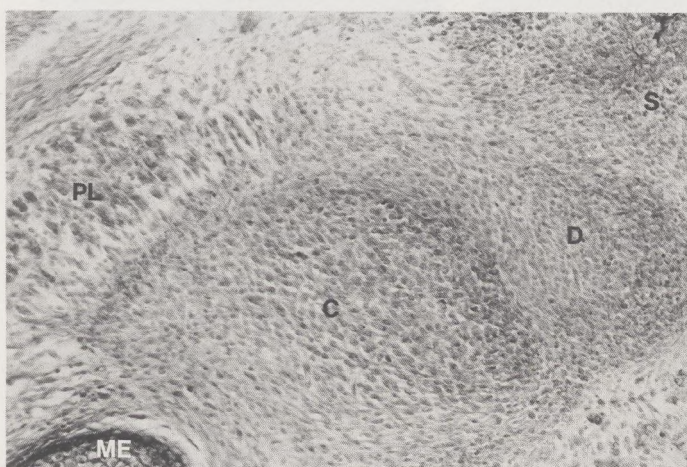
5.2

Afb. 5.1.: Aanhechting van de musculus pterygoideus lateralis (Pl) aan het kraakbeen van Meckel (ME) en aan de ala temporalis (AT). C: condylus; GT: ganglion trigeminale; NM: nervus mandibularis. E1, 105x.

Afb. 5.2.: Vezels van de musculus pterygoideus lateralis (Pl) hechten aan het kraakbeen van Meckel (ME) en aan de primordiale condylus (C). E2, 105x.



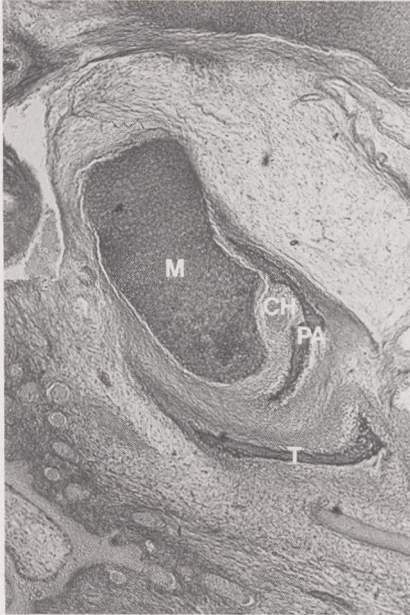
5.3



5.4

Afb. 5.3.: Doorsnede van een jong kaakgewricht. C: condylus; D: discus; GO: ganglion oticum; GT: ganglion trigeminale; ME: kraakbeen van Meckel; PL: musculus pterygoideus lateralis; S: squamosum; TE: musculus temporalis. E3, 40x.

Afb. 5.4.: Weefselopbouw in een jong kaakgewricht. De musculus pterygoideus lateralis (PL) insereert aan de mediale pool van de condylus (C), de discus (D) bevindt zich aan de laterale pool ervan. De eerste en de laatste maken enig contact mediaan op de condylus. ME: kraakbeen van Meckel; S: squamosum. E3, 100x.



5.5



5.6

Afb. 5.5.: Relatie tussen malleus (M), processus anterior (PA) en tympanicum (T). CH: chorda tympani. E4, 38x.

Afb. 5.6.: Ter plaatse van de uittrede van het kraakbeen van Meckel (ME) uit de onderkaak bevindt zich vezelig bindweefsel (B) dat het perichondrium met de condylus (C) verbindt. PL: musculus pterygoideus lateralis. E4, 40x.

#### 5.4.2 Sorex araneus

##### **Kraakbeen van Meckel**

Bij embryo S1 is het kraakbeen van Meckel een continue structuur, die uit kraakbeen bestaat. In het gebied van het manubrium mallei is het weefsel minder gedifferentieerd en kan worden getypeerd als precartilageneus. In het ventrale gebied hangt het kraakbeen van Meckel nauw samen met de onderkaak, die zich er lateraal van bevindt.

Bij embryo S3 is het kraakbeen van Meckel geïncorporeerd in de onderkaak, en in volle omvang aanwezig. In de verdere ontwikkeling verdwijnt het geheel; in het oudste specimen zijn de malleus en incus verbeend en bevindt er zich, afgezien van de gewrichtsoppervlakken, geen kraakbeen in de onderkaak.

### **Musculi pterygoidei**

De musculus pterygoideus medialis ontspringt van het pterygoid, dat zich bij S. araneus sterk ventraalwaarts voortzet. Bij de jongere specimina verlopen de vezels in caudale richting en naar lateraal; bij de oudere is tevens een sterk dorsale component aanwezig. Bij embryo S1 buigen de vezels om het kraakbeen van Meckel heen, waarbij enkele vezels aangrijpen op het perichondrium ervan. Het overige deel van de spier insereert aan de (primordiale) onderkaak. Bij de oudere specimina insereert de spier geheel aan de onderkaak.

De musculus pterygoideus lateralis bestaat bij het jongste onderzochte embryo reeds uit twee sterk gescheiden delen. De meest craniale buik insereert aan de ala temporalis, de meest caudale aan het pterygoid. Tussen beide buiken passeert de nervus temporalis. De spier verloopt naar mediaal-lateraal en naar dorsaal, en insereert aan twee onderling goed afgrensbare gebieden van de condylus. De hoek die de twee delen met elkaar maken wordt in de verdere ontwikkeling groter; bij specimen S4 insereert de craniale buik aan de condylus en aan de discus, de caudale buik aan de condylus ter plaatse van het tweede "rotatiegewricht" (zie onder Kaakgewricht). Alisphenoid, pterygoid en hamulus zijn in dit specimen gefuseerd en vormen de processus pterygoideus.

### **Mandibula**

Bij het jongste onderzochte embryo is de onderkaak aanwezig als een gebied van endesmale beenvorming; osteoblasten en osteoidafzetting zijn herkenbaar. De condylus vormt een geheel met het overige deel van de onderkaak en bestaat uit een veld dicht mesenchymaal weefsel zonder tekenen van chondrogene activiteit. Kraakbeen is aanwezig in de condylus bij specimina S2 en S3, bij dit laatste embryo ook ter plaatse van de processus angularis, die ver maar dorsaal reikt. Specimen S4 toont de onderkaak in zijn definitieve vorm, waarbij de relatief grote condylus en de uitgesproken processus angularis opvallen.

### **Kaakgewricht**

In embryo S1 zijn de condylus en het squamosum als gebieden van dicht mesenchym van elkaar gescheiden door een zone van minder dicht mesenchym. Van differentiatie in deze zone kan worden gesproken, als de oppervlakken van de condylus en het squamosum worden bedekt door een enkele cellagen dik, collageenrijk weefsel (S2). Het craniale deel van de musculus

pterygoideus lateralis hecht aan het weefsel dat de condylus omvat. Tussen beide "gewrichtsoppervlakken" bevindt zich een smalle zone ongedifferentieerd mesenchym (Afb. 5.7). Dat uit het de condylus omvattende weefsel de discus articularis ontstaat wordt duidelijk bij S3, als dit weefsel verbonden met de musculus pterygoideus lateralis, eer sterk verhoogde activiteit vertoont. Het weefsel dat het squamosum bij embryo S2 omvatte is gereduceerd tot een dun laagje periost.

Bij het oudste onderzochte specimen is tevens het tweede "rotatiegewricht" ("pivot", Fearnhead, Shute en Bellairs, 1954) tot ontwikkeling gekomen. De kop van dit gewricht wordt gevormd door een gespecialiseerd deel van de condylus, waaraan het caudale deel van de musculus pterygoideus lateralis hecht. De kom van het gewricht wordt gevormd door een ventrale extensie van het squamosum. Er is één gewrichtsspleet, die continu is met de craniale synoviale ruimte van het eerste gewricht (Afb. 5.8).

#### **Tympanicum**

Het tympanicum is als ringvormige structuur aangelegd in embryo S3. Bij specimen S4 heeft het zijn definitieve vorm gekregen evenals de processus anterior, die in het tympanicum is verankerd door middel van fibreus weefsel.

#### **Verbindingen**

Verbindingen zijn bij S. araneus te vinden in het jongste onderzochte embryo, juist dorsaal van de passage van de nervus auriculotemporalis tussen de onderkaak en het kraakbeen van Meckel. In dit gebied staat het primordium van de condylus via een mesenchymale uitbreiding in verbinding met het kraakbeen van Meckel. De musculus pterygoideus lateralis hecht niet aan het kraakbeen van Meckel. In embryo S3 is de verbinding aanwezig in de vorm van bindweefsel (Afb. 5.9). Bij specimen S4 bevindt zich losmazig bindweefsel tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel.

nr.	catalogus-nr.	leeftijds-aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
S1	143d	uterine swelling 12 mm	transv.	?	picro-kamijn
S2	142b	uterine swelling 13 mm	sag.	?	PAS, HE, ijzer- haematoxiline
S3	81a	embryo 14 mm	transv.	6 $\mu$	azan
S4	168a	juvenile	transv.	30 $\mu$	azan

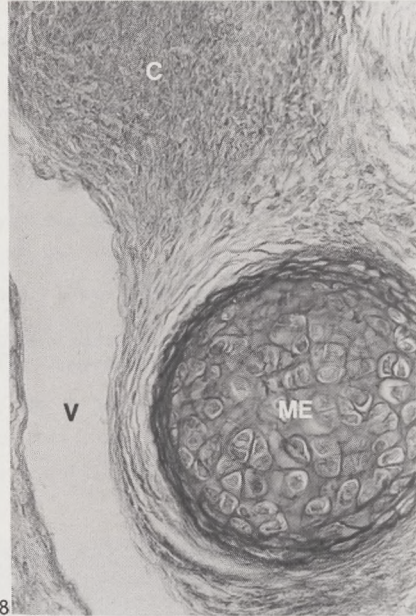
Tabel 5.3 Beschikbare specimina van Sorex araneus.



Afb. 5.7.: De musculus pterygoideus lateralis (PL) bestaat uit twee buiken, waarvan de craniale insereert aan weefsel dat de condylus (C) bedekt. GT: ganglion trigeminale; S: squamosum. S2, 100x.



5.8



5.9

Afb. 5.8.: Het rotatie gewricht (R) bevindt zich caudaal ten opzichte van het eigenlijke kaakgewricht, waarin de discus (D) zich bevindt. C: condylus. S4, 40x.

Afb. 5.9.: De condylus staat via bindweefsel in verbinding met het perichondrium van het kraakbeen van Meckel (ME), lateraal hiervan bevindt zich een vene (V). S3, 225x.

#### 5.4.3 Talpa europaea

##### **Kraakbeen van Meckel**

Bij het jongste embryo van Talpa europaea is het kraakbeen van Meckel een staafvormige structuur, die vanuit het gehoorgebied naar ventraal reikt. In het gehoorgebied valt de toekomstige malleus op als een caudaalwaarts gebogen deel van het kraakbeen van Meckel. De onderkaak bevindt zich lateraal van het kraakbeen waarmee het nauw samenhangt, doordat het omgevende perichondrium in contact staat met de endesmale mineralisatiekernen van de onderkaak.

In het oudste onderzochte specimen (Ta5) is het kraakbeen van Meckel in een benign kanaal van de onderkaak verzonken. In het gebied van het kaakgewricht en het gehoororgaan is het kraakbeen nog in zijn embryonale vorm aanwezig; de malleus is niet als een apart skeletdeel te onderscheiden. Meer naar ventraal in de kaak is resorptie van het



kraakbeen van Meckel te zien, terwijl het in het meest ventraal gelegen deel van de kaak reeds is geresorbeerd.

### **Musculi Pterygoidei**

De musculus pterygoideus medialis hecht in het jongste embryo aan het pterygoid, dat zich als een veld dicht mesenchymaal weefsel craniaal en lateraal van de mondholte bevindt. In het oudste specimen is deze situatie ook aan te treffen, hoewel het pterygoid is gefuseerd met het basisphenoid, het alisphenoid en de hamulus pterygoideus. Enkele spiervezels vinden tevens aan het alisphenoid hun oorsprong. In de embryo's Ta1 en Ta2 hebben de spiervezels een cranio-caudale richting, bij Ta3, Ta4 en Ta5 is deze richting meer ventro-dorsaal. Het aanhechtingspunt van de musculus pterygoideus medialis wordt eerst gevormd door het kraakbeen van Meckel en het primordium van de mandibula (Ta1 en Ta2), het uiteindelijke aanhechtingspunt is de mandibula (Ta3, Ta4 en Ta5).

De musculus pterygoideus lateralis insereert voor het grootste deel aan het alisphenoid (jongste embryo's: ala temporalis), in specimen Ta5 ontspringen ook spiervezels van het pterygoid. (Bij Ta5 is een deel van de oorspronkelijke ala temporalis nog in kraakbenige vorm aanwezig). Het verloop van de vezels is naar lateraal en naar caudaal. Bij het jongste onderzochte embryo (Ta1) hechten de vezels aan een homogeen veld van mesenchym, dat verband houdt met het perichondrium van het kraakbeen van Meckel ter plaatse van het toekomstige collum mallei (Afb. 5.10). In meer caudale coupes maken enkele spiervezels direct contact met het perichondrium. Het beschreven mesenchymveld is dat van de condylus, dat niet is gefuseerd met het overige deel van de onderkaak.

Bij embryo Ta2 hecht de musculus pterygoideus lateralis geheel aan de mesenchymverdichting; er zijn geen vezels die contact maken met het kraakbeen van Meckel (Afb. 5.11). Bij de oudere specimina is er sprake van een kaakgewricht (zonder discus articularis), waarbij de musculus pterygoideus aan de mediale zijde ervan insereert.

### **Mandibula**

De mandibula houdt bij alle onderzochte specimina nauw verband met het kraakbeen van Meckel, waar het zich lateraal van bevindt. Het beenstuk wordt als zone van endesmale beenvorming aangelegd. In het gebied van de kauwspieren worden de mandibula en het kraakbeen van Meckel opgehangen

aan de musculus pterygoideus medialis (mediaal) en de musculus masseeter (lateraal).

Bij het jongste embryo is de mandibula een continu beenstuk, met uitzondering van de condylus. De laatste is een afzonderlijk centrum van dicht mesenchym, waarin geen tekenen van (kraak-)beenvorming te onderscheiden zijn. De condylus bevindt zich dorsaal in de gehoorregio, waar deze in contact staat met het kraakbeen van Meckel en de musculus pterygoideus lateralis. In de verdere ontwikkeling vormt de condylus één geheel met het overige deel van de onderkaak.

### **Kaakgewricht**

Bij specimen Ta2 liggen de mesenchymvelden condylus en squamosum vrijwel tegen elkaar aan, gescheiden door een gebied van minder dicht mesenchymaal weefsel. Van een kaakgewricht kan gesproken worden bij de embryo's Ta3 en Ta4. Tussen de condylus en het squamosum bevindt zich losmazig bindweefsel, van een gewrichtsspleet is aldus geen sprake. Er is geen discus articularis (Afb. 5.12). In het oudste onderzochte specimen is de situatie in die zin gewijzigd, dat een gewrichtsspleet waarneembaar is (Afb. 5.13).

### **Tympanicum**

Ter hoogte van de passage van de nervus auriculotemporalis tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel bevindt zich mediaal van de laatste de processus anterior. Caudaal hiervan legt het tympanicum zich tegen beide structuren aan. Deze situatie is eerst waarneembaar in Ta5; een sulcus malleolaris is niet voorhanden.

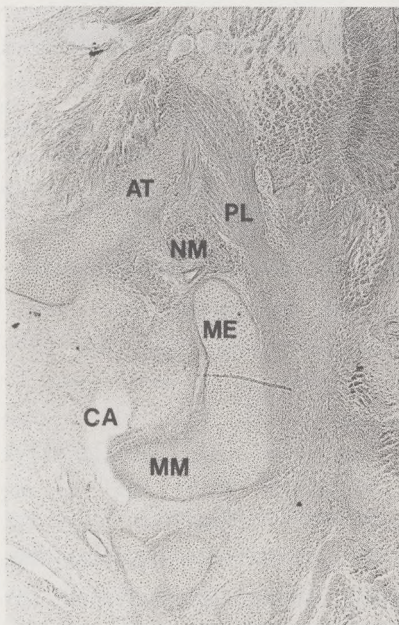
### **Verbindingen**

Verbindingen tussen de onderkaaksregio en de gehoorregio bestaan bij embryo Ta1 doordat de musculus pterygoideus lateralis hecht aan het kraakbeen van Meckel en aan het primordium van de condylus. Bij embryo Ta2 is te zien hoe de condylus als gebied van dicht mesenchym, contact maakt met het kraakbeen van Meckel; vezels van de musculus pterygoideus lateralis insereren nu volledig aan de condylus.

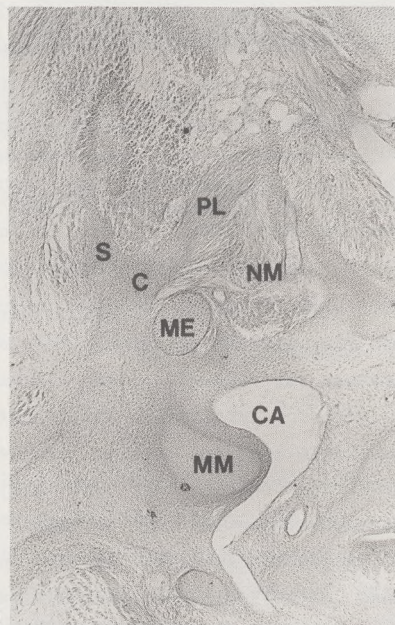
Bij de oudere specimina is te constateren, dat de condylus met de musculus pterygoideus lateralis van het kraakbeen van Meckel gescheiden raakt; bij Ta5 bevindt zich een strook losmazig bindweefsel tussen beide gebieden.

nr.	catalogus- nr. ,	leeftijds- aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
Ta1	371	embryo 15 mm	transv.	10 $\mu$	amonium-karmijn, victoriablauw
Ta2	373	embryo 16,5 mm	transv.	10 $\mu$	amonium-karmijn, victoriablauw
Ta3	374	embryo 24 mm	transv.	15 $\mu$	amonium-karmijn, victoriablauw
Ta4	156	embryo 27 mm	transv.	10 $\mu$	amonium-karmijn, victoriablauw
Ta5	194d	just boom	transv.	9 $\mu$	Ladewig

Tabel 5.4 Beschikbare specimina van Talpa europaea.

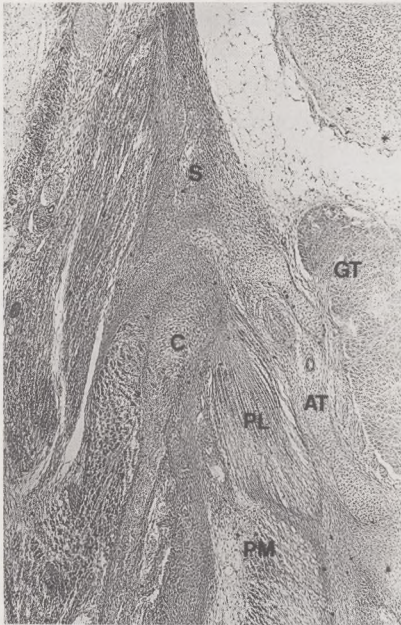


5.10

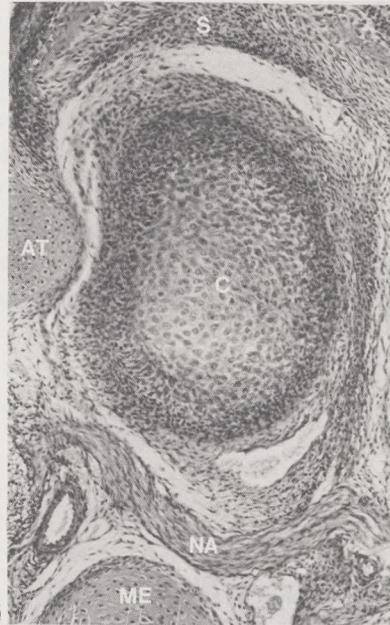


5.11

Afb. 5.10: Spiervezels van de musculus pterygoideus lateralis (PL) maken contact met een veld dat zich lateraal van het kraakbeen van Meckel (ME) bevindt. In Afb. 5.11 zijn in dit veld de condylus (C) en het squamosum (S) herkenbaar. CA: cavum tympani; AT: ala temporalis; MM: manubrium mallei; NM: nervus mandibularis. Ta1 en Ta2, 48x.



5.12



5.13

Afb. 5.12: Het kaakgewricht wordt gevormd door het squamosum (S) en de condylus (C). AT: ala temporalis; GT: ganglion trigeminale; PM: musculus pterygoideus medialis; PL: musculus pterygoideus lateralis. Ta3, 42x.

Afb. 5.13: Kaakgewricht met gewrichtsspleet. AT: ala temporalis; C: condylus; ME: kraakbeen van Meckel; NA: nervus auriculotemporalis; S: squamosum. Ta5, 90x.

#### 5.4.4 Elephantulus rozeti

##### **Kraakbeen van Meckel**

Het gepaarde kraakbeen van Meckel bestaat bij E11 uit jonge kraakbeencellen met weinig tussenstof. Beide delen komen ventraal in de mediaanlijn bijeen maar zij blijven gescheiden door een strook mesenchymaal weefsel. Van de embryo's E12 en E13 is slechts het achterste deel van de kop gesneden. Bij E12 is in dit gebied het kraakbeen van Meckel in vrijwel onveranderde vorm aanwezig, echter ter plaatse van het collum mallei is beginnende ossificatie aanwezig. Bij E13 zijn de gehoorbeentjes verbeend. Het kraakbeen van Meckel vertoont atrofie in het deel dat juist ventraal van de malleus is gelegen, het deel ervan dat zich in de onderkaak bevindt lijkt aanwezig te zijn in een ten opzichte van E12 onveranderde gedaante.

### **Musculi pterygoidei**

In de onderzochte serie van Elephantulus vertonen de musculi pterygoidei weinig verschil in ontwikkelingsgraad. Reeds bij E11 zijn het pterygoid en de ala temporalis elkaar dicht genaderd. Bij E12 en E13 kan van een sphenoidcomplex worden gesproken. De musculus pterygoideus medialis insereert aan het pterygoid (E11) en later (E12 en E13) aan de lamina medialis processus pterygoidei en in de fossa pterygoidea. De spier heeft een sterk dorsale component in zijn verloop naar de mediale zijde van de mandibula.

De musculus pterygoideus lateralis insereert aan de ala temporalis (E11) en aan het alisphenoid en de lamina lateralis processus pterygoidei (E12 en E13). Ook deze spier heeft een sterk dorsale component en insereert bij E11 aan de mediale zijde van de condylus en aan de primordiale discus articularis (Afb. 5.14).

### **Mandibula**

De mandibula is bij E11 één ononderbroken skeletdeel. In het gebied van het corpus is ossificatie waar te nemen, de processus coronoideus bestaat uit mesenchym. De condylus bestaat eveneens uit mesenchym met in het centrum ervan enige mineralisatie. De processus anterior bevindt zich als onafhankelijk ossificatiecentrum in het middenoor caudaal van het kraakbeen van Meckel. Het beenstukje passeert het tympanicum en loopt verder door naar ventraal, waar het zich over enige afstand binnen de benige mandibula bevindt. Deze opmerkelijke bevinding wordt door **Findlay** (1944) niet beschreven voor E. myurus jamesoni en door **MacPhee** (1981) niet voor E. fuscipes en E. rozeti, **Van der Klaauw** (1929) wijst wel op de bijdrage ervan tot de laterale wand van het cavum tympani.

### **Kaakgewricht**

De condylus wordt omvat door dicht mesenchymaal weefsel waaraan de musculus pterygoideus lateralis ten dele hecht (Afb. 5.14). Dit mesenchymale weefselveld raakt aan het periost van het squamosum (E11), ter plaatse zal de craniale synoviale ruimte van het kaakgewricht worden gevormd (E12). Bij embryo E13 is het gewricht aanwezig met twee synoviale ruimtes en een discus articularis (Afb. 5.15).

### **Tympanicum**

Bij alle onderzochte embryo's is het tympanicum aanwezig als zelfstandige

ringvormige structuur. Bij E13 is er sprake van een sulcus malleolaris, hierin liggen de processus anterior en het atrofische kraakbeen van Meckel verzonken.

### Verbindingen

Opvallend bij de drie specimina van *Elephantulus* is de aanwezigheid van een veld dicht mesenchym dat zich dorsaal van de nervus auriculotemporalis bevindt. In dit veld zijn opgenomen de condylus, het kraakbeen van Meckel, het tympanicum, de processus mallei anterior en het squamosum. Bij E11 is dit veld homogeen van structuur en voornamelijk cellulair van karakter (Afb. 5.16). In de verdere ontwikkeling ondergaat dit veld zowel atrofie als verdere differentiatie.

Zo is bijvoorbeeld bij E12 en E13 waarneembaar dat zich tussen tympanicum en processus anterior collagene vezels bevinden die beide structuren met elkaar verbinden. Tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel is dit bij E12 ook het geval (Afb. 5.17 en 5.18), maar bij E13 is deze weefselopbouw vrijwel verdwenen: er bevindt zich losmazig en vaatrijk bindweefsel tussen beide structuren. In de onderzochte serie van *Elephantulus* is met name geen sprake van een verbinding die verband houdt met de musculus pterygoideus lateralis.

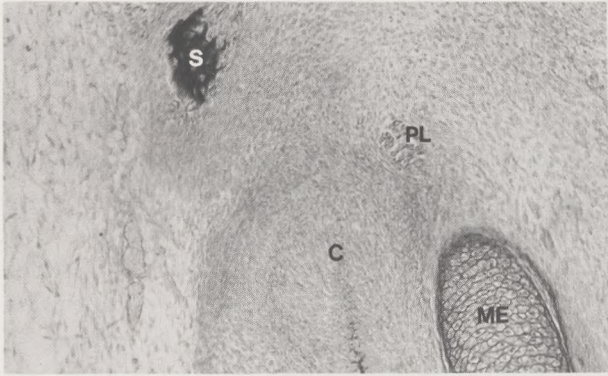
nr.	catalogus-nr.	leeftijds-aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
E11	4a	embryo 9,5 mm	transv.	6 $\mu$	azan
E12	17	embryo 16 mm	transv.	6 $\mu$	azan
E13	34a	embryo 20 mm	transv.	6 $\mu$	azan

Tabel 5.5 Beschikbare specimina van *Elephantulus rozeti*.

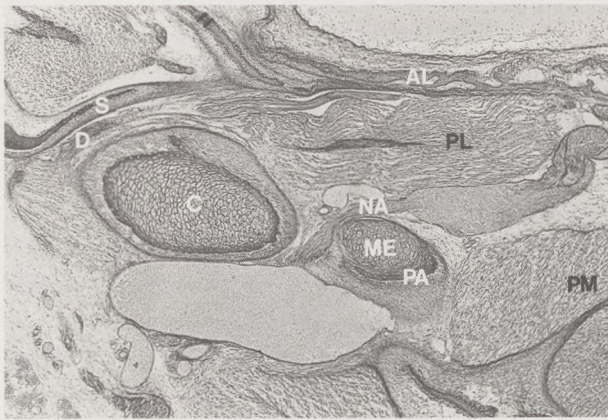
Afb. 5.14: De musculus pterygoideus lateralis (PL) hecht aan de mediale zijde van de condylus (C). Craniaal hiervan bevindt zich het squamosum (S). ME: kraakbeen van Meckel. E11, 90x.

Afb. 5.15: Afgevormd kaakgewricht bij het oudste onderzochte specimen. Al: alisphenoid; C: condylus; D: discus; ME: kraakbeen van Meckel; NA: nervus auriculotemporalis; PM: musculus pterygoideus medialis; PL: musculus pterygoideus lateralis; S: squamosum E13, 36x.

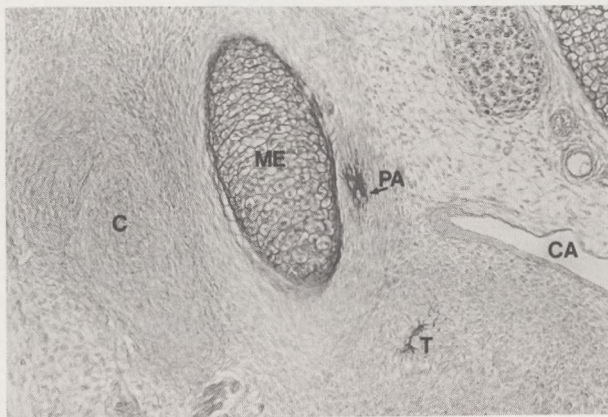
Afb. 5.16: Weefselveld dorsaal van de nervus auriculotemporalis dat zich rond het kraakbeen van Meckel (ME) bevindt. In dit veld zijn herkenbaar: condylus (C), processus anterior (PA) en tympanicum (T). CA: cavum tympani. E11, 90x.



5.14



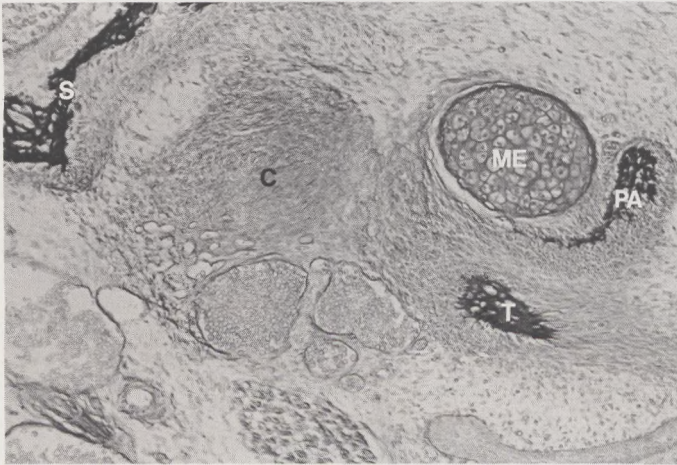
5.15



5.16



5.17



5.18

Afb. \*5.17 en 5.18: Zelfde situatie als in Afb. 4.16, verdere differentiatie. Tussen condylus (C) enerzijds en kraakbeen van Meckel (ME) en tympanicum (T) anderzijds bevindt zich een cellulaire verbinding die zich ventraal (4.17) en dorsaal (4.18) van de condylus manifesteert. D: discus; PA: processus anterior; PL: musculus pterygoideus lateralis. E12, 90x.



#### 5.4.5 Tupaia javanica

##### **Kraakbeen van Meckel**

Het kraakbeen van Meckel is een continue structuur, die zich vanuit de gehoorregio uitstrekt tot in het toekomstige gebied van de onderkaak. In het jongste onderzochte embryo bestaat het kraakbeen van Meckel uit precartilageneus weefsel: jonge chondrocyten met weinig tussenstof en circulair omgeven door een brede zoom platte chondroblasten. In het gebied van het toekomstige manubrium is slechts sprake van verdicht mesenchym.

Het gebied van de malleus is bij jonge embryo's reeds te herkennen aan een incisuur craniaal van het kraakbeen van Meckel. Tot en met het oudste onderzochte specimen is het kraakbeen van Meckel in zijn volledige embryonale omvang aanwezig; in het proximale deel zijn geen aanwijzingen voor atrofie of resorptie te constateren.

##### **Musculi pterygoidei**

De musculus pterygoideus medialis ontspringt bij de jongste embryo's aan een solitaire mesenchymverdichting, die zich lateraal van de mondholte bevindt: het pterygoid. Later fuseert dit met het sphenoidcomplex, waarna vezels van de musculus pterygoideus medialis ook tot dit laatste beenstuk reiken. De spier verloopt naar lateraal en caudaal en naar voren tot aan het caudale aspect van het kraakbeen van Meckel, waar spiervezels omheen buigen en aangrijpen op het perichondrium. Mediaal van de musculus pterygoideus medialis bevinden zich onder andere takken van de nervi alveolaris inferior en lingualis. Met de ontwikkeling van het dentale aan het laterale aspect van het kraakbeen van Meckel verplaatst de insertie van de spier zich naar de onderkaak.

De musculus pterygoideus lateralis hecht aan de schedelbasis ter plaatse van de ala temporalis, lateraal van het foramen ovale. Hier treedt de nervus mandibularis uit de schedelholte en bevindt zich tevens het ganglion oticum. De spier reikt van hieruit naar lateraal en caudaal en naar achteren, kruist het kraakbeen van Meckel aan de craniale zijde ervan en hecht met enkele uitlopers aan dit kraakbeen, ter plaatse van de overgang in de malleus (Afb. 5.19 en 5.20). Bij de oudere specimina grijpt de spier geheel aan de condylus (zie verder) en uiteindelijk tevens ten dele aan de discus.

### **Mandibula**

De mandibula ontstaat uit een aantal afzonderlijke skeletdelen die in de loop van de ontwikkeling met elkaar fuseren. In het gebied van het corpus bevindt zich bij de jongste specimina reeds een zone van endesmale beenvorming. Twee andere centra zijn de processus coronoideus (aanhechting musculus temporalis) en angulus (aanhechting musculus masseter). Reeds kort na het ontstaan van de twee laatste treedt de fusie op. De condylus ontstaat als een zone van dicht mesenchym in de buitenhoek, die de musculus pterygoideus lateralis met het kraakbeen van Meckel maakt (Afb. 5.21). De mesenchymverdichting strekt zich uit over het traject waar de spiervezels contact met het kraakbeen maken. Ventraal ervan loopt de nervus auriculotemporalis tussen de mesenchymverdichting en het kraakbeen door.

In de verdere ontwikkeling fuseert de condylus met het overige deel van de mandibula en differentieert het mesenchym tot (secundair) kraakbeen. De weefselstrook van de condylus die zich bij de aanleg langs de musculus pterygoideus tot aan het caput mallei voortzette, blijft nog enige tijd als een zelfstandige streng bestaan. In T9 bestaat het uit fibroblasten en collageen vezels (Afb. 5.22). In het oudste onderzochte specimen bevindt zich slechts losmazig bindweefsel tussen condylus en malleus.

Met de ontwikkeling van de mandibula wordt het kraakbeen van Meckel in dit beenstuk geïncorporeerd. Dit is mogelijk doordat periostale cellen en vezels overgaan in het perichondrium.

### **Kaakgewricht**

De arcus zygomaticus ontwikkelt zich als een staafvormige mesenchymverdichting lateraal van de schedel. Nog in een mesenchymaal stadium naderen de condylus en het squamosum elkaar, waarbij een gebied van contact optreedt ter plaatse van de laterale pool van de condylus (Afb. 5.23). Hier bevindt zich een zone van geactiveerd mesenchym, waarvan het niet eenduidig is vast te stellen van welke van de twee primordia deze afkomstig is. De craniale synoviale ruimte ontstaat mediaal van de geactiveerde zone als een verwijdering tussen condylus en squamosum. In tweede instantie scheidt een weefsellaag zich af van de craniale zijde van de condylus, met behoud van een deel van de insertie van de musculus pterygoideus lateralis. De caudale synoviale ruimte bevindt zich caudaal van deze weefsellaag, die zich verder ontwikkelt tot discus articularis.

nr.	catalogus- nr.	leeftijds- aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
T1	290a	uterine swelling 10 mm, stage 20*	transv.	10 $\mu$	?
T2	310b	uterine swelling 15 mm, stage 20*	sag.	10 $\mu$	ijzer- karmaluin
T3	291a	uterine swelling 15 mm, stage 21*	transv.	10 $\mu$	?
T4	291b	uterine swelling 15 mm, stage 21*	transv.	10 $\mu$	picro-karmijn, picro-indigo- karmijn
T5	292a	embryo 18 mm, stage 22*	transv.	10 $\mu$	picro-indigo- karmijn
T6	165f	embryo 17 mm, stage 22*	hor.	5,10,15 $\mu$	haemaluin, ijzerkarmaluin
T7	165e	embryo 17 mm, stage 22*	transv.	?	haemaluin
T8	308a	uterine swelling, >15 mm, stage 23*	transv.	15 $\mu$	ijzer- karmaluin
T9	567a	embryo 22 mm	transv.	12 $\mu$	Ladewig
T10	260c	just before partus	sag.	?	?

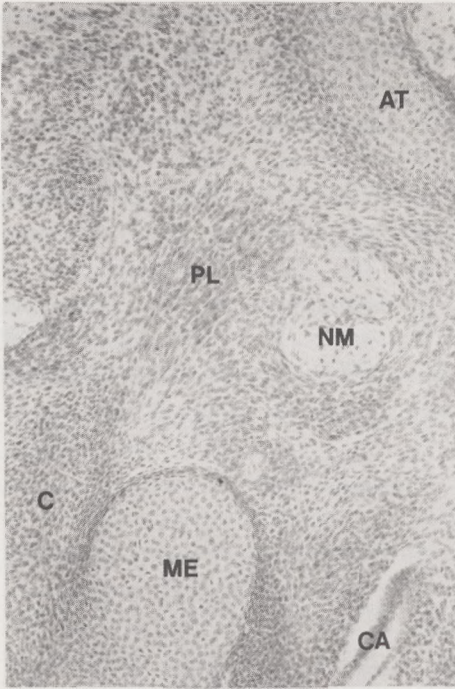
Tabel 5.6 Beschikbare specimina van Tupaia javanica, stagering volgens  
(\*) De Lange en Nierstrasz (1932).

### Tympanicum

Het tympanicum is als osteoid afzetting waarneembaar in embryo T8; de processus anterior bevindt zich als mesenchymverdichting mediaal van het kraakbeen van Meckel. Gedurende de verdere ossificatie van deze structuren wordt hun positie onderling en ten opzichte van het kraakbeen van Meckel niet essentieel gewijzigd. Bij Tupaia blijft het tympanicum ringvormig.

### Verbindingen

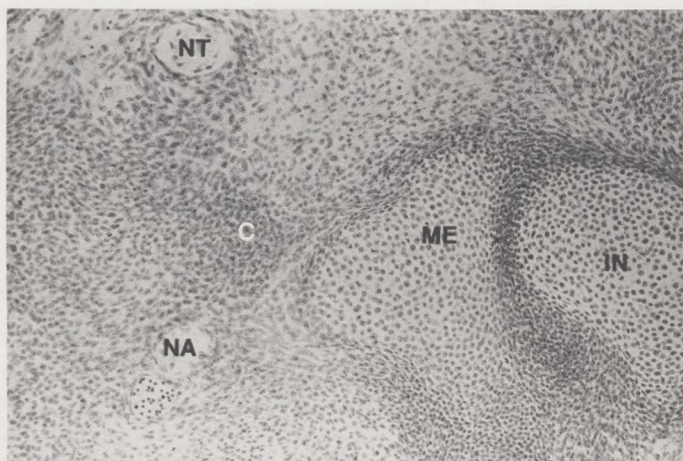
Wanneer de musculus pterygoideus lateralis aangelegd wordt, bestaat deze uit myoblasten met vrij ronde, centraal gelegen celkernen. Aan beide uiteinden bevinden zich minder gedifferentieerde cellen. De spier hecht aan de ala temporalis en het kraakbeen van Meckel ter plaatse van de malleus (Afb. 5.19).



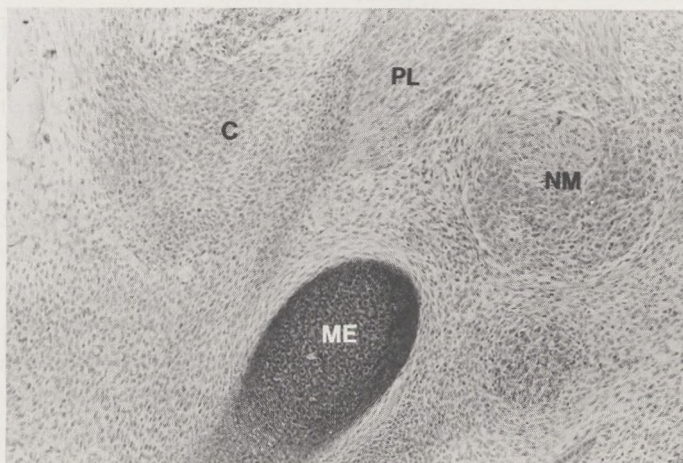
Afb. 5.19: De musculus pterygoideus lateralis (PL) hecht aan de ala temporalis (AT) en aan het kraakbeen van Meckel (ME). C: condylus; CA: cavum tympani; NM: nervus mandibularis. T4, 105x.

De condylus ontwikkelt zich lateraal langs het traject van de musculus pterygoideus lateralis, dat aan het kraakbeen van Meckel hecht. Op deze wijze bestaat er vanaf het eerste ontwikkelingsstadium van de condylus reeds een verband met de musculus pterygoideus lateralis (Afb. 5.21).

In de verdere ontwikkeling wordt de proximale insertie (aan de condylus) belangrijker dan de distale (aan de malleus). De laatste blijft bestaan als een verbinding tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel en blijkt in het oudste onderzochte specimen afwezig te zijn. De genoemde verbinding ontstaat en bestaat onafhankelijk van de discus articularis.



5.20



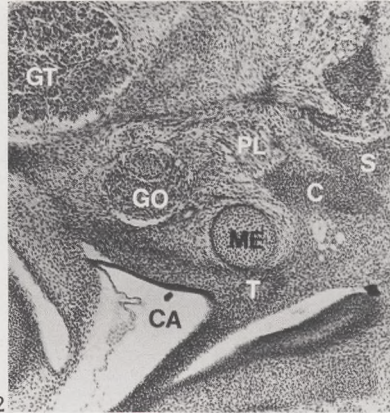
5.21

Afb. 5.20: De condylus (C) bevindt zich ventraal van het gedeelte van het kraakbeen van Meckel dat de malleus zal vormen (ME). Tussen deze twee bestaat een cellulaire verbinding die wordt geproduceerd door de musculus pterygoideus lateralis (Afb. 4.19). IN: incus; NA: nervus auriculotemporalis; NT: nervus temporalis. T2, 100x.

Afb. 5.21: Zelfde situatie als Afb. 4.19; de condylus (C) grenst zich duidelijker van het omgevende weefsel af, een cellulaire verbinding zet zich voort naar het perichondrium van het kraakbeen van Meckel (ME). NM: nervus mandibularis; PL: musculus pterygoideus lateralis. T6, 105x.



5.22



5.23

Afb. 5.22: Verbinding van fibroblasten en collagene vezels tussen de condylus (C) en het kraakbeen van Meckel (ME). AL: alisphenoid; PL: musculus pterygoideus lateralis; S: squamosum. T9, 105x.

Afb. 5.23: Jong kaakgewricht, waarbij de laterale pool van de condylus (C) in contact staat met het squamosum (S). CA: cavum tympani; GO: ganglion oticum; GT: ganglion trigeminale; ME: kraakbeen van Meckel; PL: musculus pterygoideus lateralis; T: tympanicum. T8, 42x.

#### 5.4.6 Microcebus murinus

##### **Kraakbeen van Meckel**

Bij het jongste onderzochte embryo bestaat het kraakbeen van Meckel uit jonge chondrocyten. De grens met de tweede kieuwboog bevindt zich in het gebied van het gehoorkapsel. Beide uiteinden van het kraakbeen van Meckel zijn in het ventrale gebied gescheiden door een strook ongedifferentieerd mesenchym. Bij de twee oudere embryo's is het kraakbeen van Meckel in zijn volle omvang aanwezig, in het gebied ventraal van de toekomstige malleus is geen sprake van atrofie. Ter plaatse van de symphysis mandibulae zijn de uiteinden verbonden door middel van fibreus weefsel, in deze regio is tevens resorptie en ossificatie waar te nemen.

##### **Musculi pterygoidei**

De embryo's M2 en M3 verschillen weinig ten aanzien van de differentiatie van de kauwspieren. De musculi pterygoidei zijn bij M3 duidelijk belangrijker in omvang dan bij M2.

Het alisphenoid en het pterygoid met de hamulus dragen bij tot het sphenoidcomplex. De musculus pterygoideus medialis insereert proximaal voornamelijk aan het pterygoid dat een lamina medialis processus

pterygoidei vormt. De spier verloopt naar lateraal en caudaal en insereert aan de mediale zijde van de benige mandibula.

De musculus pterygoideus lateralis insereert aan het alisphenoid dat deels uit kraakbeen bestaat en deels een benige lamina lateralis processus pterygoidei vormt. De spier loopt naar lateraal en met name sterk naar dorsaal om te hechten aan de mediale zijde van de condylus en de zich ontwikkelende discus articularis.

### **Mandibula**

Bij embryo M1 is één endesmaal ossificatiecentrum aanwezig in de vorm van osteoid afzetting in het gebied van het toekomstige corpus. Bij de oudere embryo's is een continue onderkaak te zien, de ventrale uiteinden komen bijeen in een symphysis. Het kraakbeen van Meckel is aan het kaakbotperiost verankerd door middel van het perichondrium.

### **Kaakgewricht**

De kraakbenige condylus wordt buiten het perichondrium aan craniale zijde omvat door een relatief brede laag mesenchymaal weefsel (M2). Vanwege de grootte van de afzonderlijke hierin te herkennen cellen maakt dit weefsel een proliferatieve indruk. De musculus pterygoideus lateralis straalt uit in deze zone. De primordiale discus is bij embryo M3 beduidend platter in doorsnede waarbij tevens de afzonderlijke cellen zijn afgeplat (Afb. 5.24). Aan de mediale zijde ervan is het verband met de musculus pterygoideus lateralis intensiever geworden. Het weefsel bevindt zich tussen het perichondrium van de condylus en het periost van het squamosum. Min of meer in het centrum van het gewricht is een eerste aanduiding te zien van de craniale synoviale ruimte.

### **Tympanicum**

Het tympanicum is ringvormig. Bij M2 en M3 legt het crus anterius zich caudaal tegen het kraakbeen van Meckel aan, zonder dat een sulcus malleolaris is gevormd. De processus anterior bevindt zich met het ventrale uiteinde langs het crus anterius.

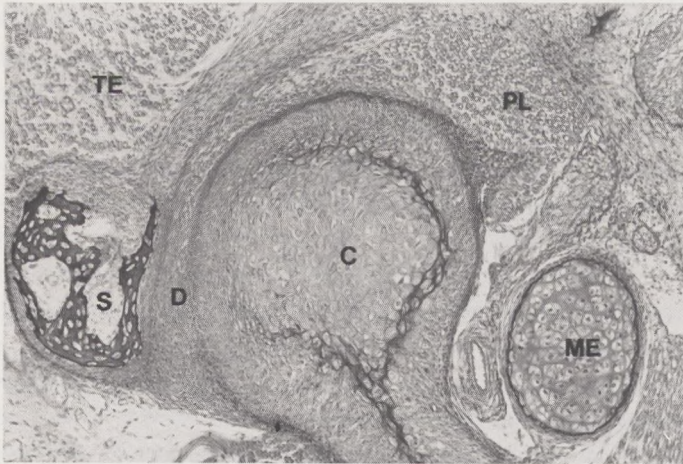
### **Verbindingen**

Bij de embryo's M2 en M3 wordt een verbinding gevormd dorsaal van het niveau van de nervus auriculotemporalis (Afb. 5.25 en 5.26). Weefsel, voornamelijk cellulair van karakter, zet zich vanuit de primordiale

discus voort in dorsale en gering mediale richting om over enige afstand in contact te staan met het perichondrium van het kraakbeen van Meckel, ventraal van de malleus.

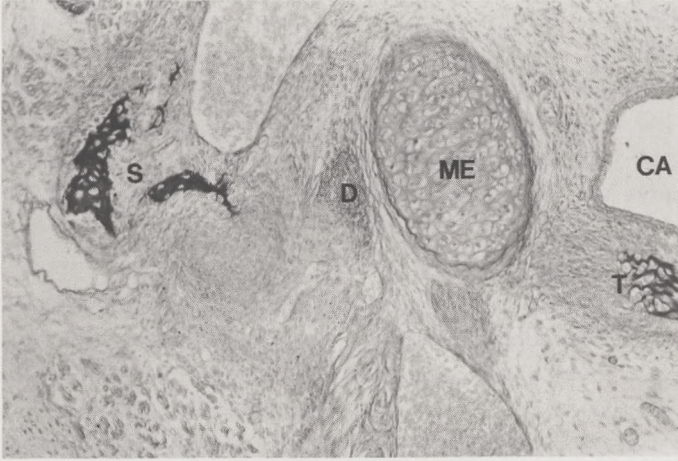
nr.	catalogus-nr.	leeftijds-aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
M1	6a	embryo 11 mm	transv.	6 $\mu$	azan
M2	3a	embryo 15 mm	transv.	6 $\mu$	azan
M3	5	embryo 20 mm	transv.	6 $\mu$	azan

Tabel 5.7 Beschikbare specimina van Microcebus murinus.

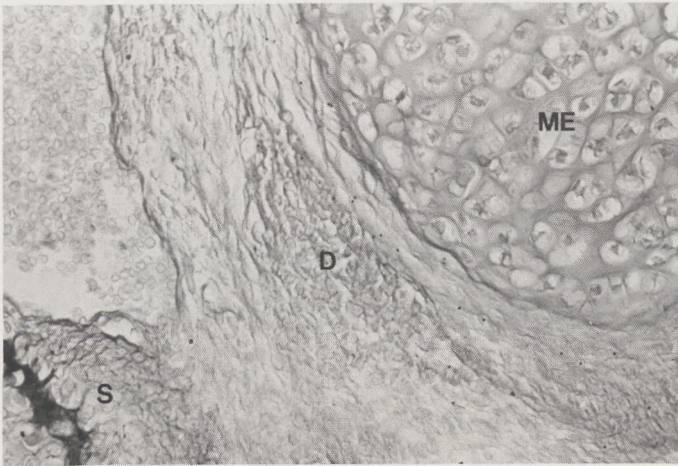


Afb. 5.24: Kaakgewricht. C: condylus; D: discus; ME: kraakbeen van Meckel; PL: musculus pterygoideus lateralis; S: squamosum; TE: musculus temporalis. M3, 90x.





5.25



5.26

Afb. 5.25 en 5.26: Verbinding uitgaande van de discus (D), in contact met het perichondrium van het kraakbeen van Meckel (ME). CA: cavum tympani; S: squamosum; T: tympanicum. M2, 90 resp. 25x.

#### 5.4.7 Nycticebus coecang

##### **Kraakbeen van Meckel**

Het kraakbeen van Meckel is in alle onderzochte embryo's in volledige omvang aanwezig; bij het jongste specimen bestaat het gebied van het manubrium nog uit jong kraakbeen. In het oudste embryo, N3 zijn geen tekenen van resorptie van het kraakbeen van Meckel te vinden.

##### **Musculi pterygoidei**

In embryo N1 bestaan de primordia van de kauwspieren uit agglomeraties van myoblasten, spiervezels zijn niet te herkennen. De musculus pterygoideus medialis vindt zijn oorsprong in een gebied van dicht mesenchym, lateraal van de mondholte. Het spierprimordium reikt tot aan het kraakbeen van Meckel en de onderkaak. De musculus pterygoideus lateralis vindt zijn oorsprong aan een jong kraakbenig element, dat deel uitmaakt van de ala temporalis. Het spierprimordium reikt tot aan de mesenchymale condylus. In de oudere embryo's bestaan de beschreven spieren uit langgerekte cellen met centraal gelegen celkernen. De musculus pterygoideus medialis hecht proximaal aan het pterygoid, de musculus pterygoideus lateralis aan de ala temporalis.

##### **Mandibula**

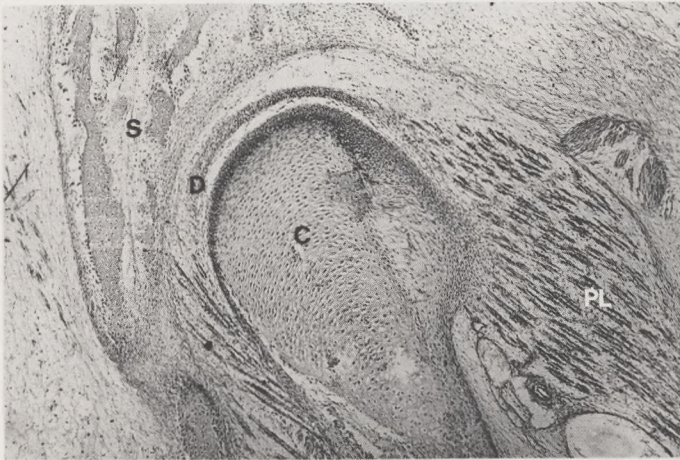
De ontwikkeling van de mandibula doorloopt in de onderzochte embryo's een aantal karakteristieke fasen. Bij embryo N1 zijn de processus coronoideus en de condylus afzonderlijke mesenchymale celverdichtingen. Los hiervan bestaat het corpus uit osteoid en osteoblasten. In embryo N2 is de mandibula een benige structuur, de condylus vormt er één geheel mee. De condylus bestaat uit mesenchym met een centrale verdichting. In embryo N3 is de condylus ook uit been opgebouwd, waarmee de ontwikkeling van de mandibula lijkt voltooid. De onderkaak bestaat dan echter wel uit twee afzonderlijke helften, die ventraal in een symphysis bijeen komen.

##### **Kaakgewricht**

Het kaakgewricht bij Nycticebus ontstaat in het gebied dat gelegen is tussen het squamosum en de condylus. Bij embryo N1 bestaan deze structuren uit mesenchym; het tussengelegen gebied is te onderscheiden als geactiveerd mesenchym. De discus articularis splitst zich af van het primordium van de condylus als een schil mesenchymale cellen, waaraan vezels van de musculus pterygoideus lateralis hechten (N2). Bij embryo N3

nr.	catalogus- nr.	leeftijds- aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
N1	274c	corr.nr. 9*	transv.	15 $\mu$	haemaluin
N2	84a	corr.nr. 9-10*	transv.	10 $\mu$	picro-kamijn
N3	218	corr.nr. 10*	transv.	?	haemaluin

Tabel 5.8 Beschikbare specimina van Nycticebus coecang, stagering volgens (\*) Hubrecht en Keibel (1907).

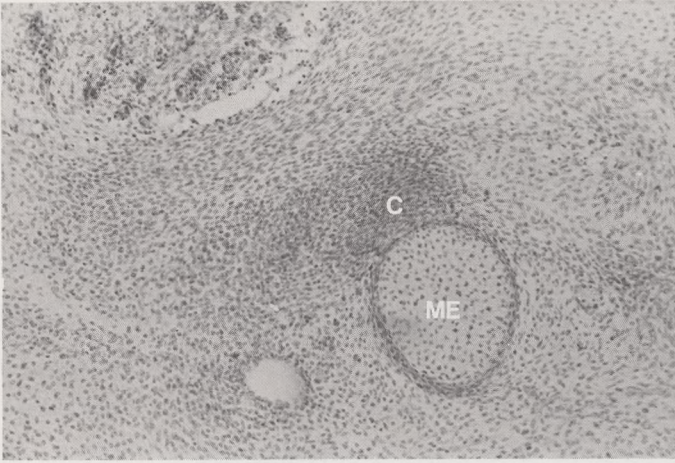


Afb. 5.27: Afgevormd kaakgewricht. C: condylus; D: discus; PL: musculus pterygoideus lateralis; S: squamosum. N3, 36x.

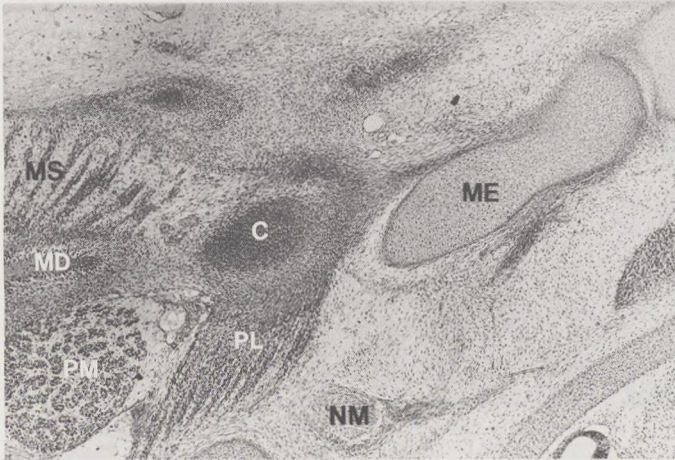
is de ontwikkeling voltooid: aan weerszijden van de discus articularis bevindt zich een gewrichtsspleet (Afb. 5.27).

### **Tympanicum**

Bij het oudste onderzochte specimen is het tympanicum eerst goed herkenbaar. Het crus anterius bevindt zich dorsaal van het kaakgewricht en ventraal van de gehoorbeentjes. Een duidelijke sulcus malleolaris is niet aanwezig, het kraakbeen van Meckel passeert er mediaal van.



5.28



5.29

Afb. 5.28: Dorsale uitbreiding van de condylus (C) in contact met het kraakbeen van Meckel (ME). N1, 90x.

Afb. 5.29: Verbinding tussen de condylus (C) en het kraakbeen van Meckel (ME). MD: mandibula; MS: musculus masseter; NM: nervus mandibularis; PL: musculus pterygoideus lateralis; PM: musculus pterygoideus medialis. N2, 36x.

### Verbindingen

Bij embryo's N1 en N2 zet een strook mesenchym zich naar dorsaal voort vanuit het primordium van de condylus (Afb. 5.28 en 5.29). Caudaal ervan passeert de nervus auriculotemporalis. In embryo N3 is deze verbinding niet terug te vinden; tussen het kraakbeen van Meckel en de condylus bevindt zich slechts losmazig weefsel.

#### 5.4.8 Tarsius bancanus

##### **Kraakbeen van Meckel**

Bij embryo Tr1 bestaat het kraakbeen van Meckel over het geheel genomen uit jong kraakbeen. Met name in het gebied van het manubrium mallei bestaat het slechts uit verdicht mesenchym. Bij alle onderzochte specimina blijft het kraakbeen van Meckel in zijn embryonale vorm aanwezig; bij Tr4 zijn geen gebieden van verbening of vervezeling te onderkennen, ook niet bij de gehoorbeentjes. Bij dit laatste embryo bevindt het zich in een naar de mediaanlijn toe open kanaal, in het corpus van de onderkaak.

##### **Musculi pterygoidei**

Bij embryo Tr1 bestaan de kauwspieren uit myoblastenconcentraties. De musculus pterygoideus medialis ontspringt bij een niet nader te definiëren gebied lateraal van de mondholte, waar blijkens de oudere embryo's het pterygoid aangelegd zal worden. Bij embryo Tr4 is er sprake van een samengestelde processus pterygoideus, waaraan hamulus, pterygoid en alisphenoid bijdragen. De musculus pterygoideus medialis insereert aan de lamina medialis, de lamina lateralis en in de brede fossa pterygoidea. Bij de jongere specimina insereert de spier aan het kraakbeen van Meckel en, er caudaal omheen buigend, aan de mesenchymale onderkaak. Bij de oudere embryo's (Tr3 en Tr4) blijft de aanhechting beperkt tot de (benige) mandibula.

De musculus pterygoideus lateralis wordt aangelegd als een myoblastenconcentratie die zich tussen de mesenchymale ala temporalis en het kraakbeen van Meckel bevindt. Gedurende de verdere ontwikkeling blijkt de spier uit twee buiken te bestaan, waarbij de bovenste aan de ala temporalis en de onderste aan de processus pterygoideus (lamina lateralis) insereert. Bij embryo's Tr1 en Tr2 reikt het primordium van de musculus pterygoideus lateralis tot aan het kraakbeen van Meckel en het mesenchymgebied van de condylus (Afb. 5.30). De spier loopt tussen deze laatste structuren door, waarbij myoblasten te volgen zijn tot aan het perichondrium van het kraakbeen van Meckel. Deze situatie is in de oudere embryo's in die zin verdwenen, dat de musculus pterygoideus uitsluitend aan de mediale zijde van de condylus insereert, de bovenste buik van de spier hecht bovendien deels aan de discus.

### **Mandibula**

Het corpus van de onderkaak wordt aangelegd als gebied van endesmale beenvorming; in embryo Tr1 is de eerste ossificatie reeds opgetreden. De processus coronoideus en condylaris worden apart aangelegd en ontstaan beide uit mesenchym. De laatste heeft zijn eerste aanleg als mesenchymverdichting langs het deel van de musculus pterygoideus lateralis, dat op het perichondrium van het kraakbeen van Meckel aangrijpt. De condylus fuseert als mesenchymaal primordium met het overige deel van de onderkaak. Bij embryo Tr4 is er kraakbeen in het centrum van de condylus te herkennen.

### **Kaakgewricht**

Bij embryo Tr1 is het kaakgewricht in die zin aanwezig, dat zich tussen de mesenchymale primordia van de condylus en het squamosum een strook ongedifferentieerd mesenchym bevindt. In embryo Tr2 is in het squamosum osteoid te onderkennen. De condylus staat in verbinding met de musculus pterygoideus lateralis; aan de craniale zijde ervan bevindt zich de discus als een zone geactiveerd mesenchym. Bij embryo Tr4 is het kaakgewricht in zijn definitieve vorm aanwezig met twee door een discus gescheiden synoviale ruimtes.

### **Tympanicum**

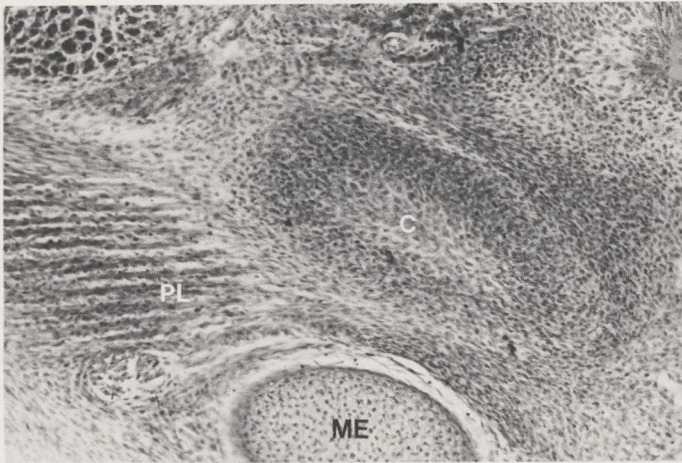
Het tympanicum is herkenbaar als een endesmaal ossificatiecentrum dat zich caudaal van het kraakbeen van Meckel bevindt. Bij Tarsius behoudt het tympanicum een zelfstandige ringvormige structuur, die fibreus met de schedel is verbonden. Ventraal treedt dit op ter plaatse van het squamosum. Het kraakbeen van Meckel en de processus anterieus mallei bevinden zich in een ondiepe sulcus malleolaris in het crus anterieus.

### **Verbindingen**

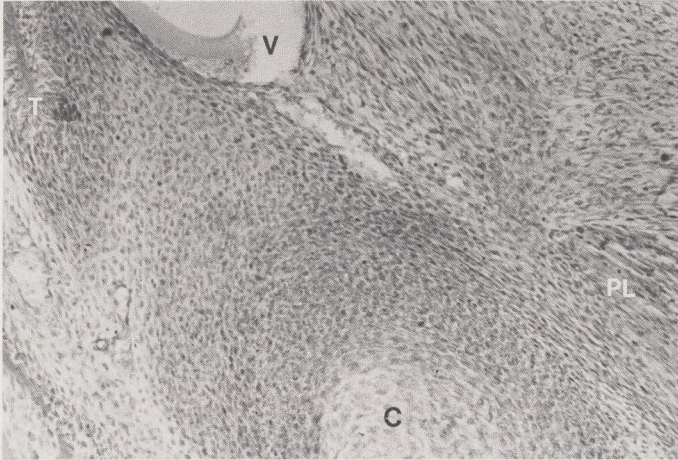
Verbindingen tussen het zich ontwikkelende kaakgewricht zijn aanwezig in de vorm van de musculus pterygoideus lateralis, die het kraakbeen van Meckel craniaal ervan kruist. Langs dit deel van de spier vormt zich het primordium van de condylus. Bij de embryo's Tr3 en Tr4 gaat het weefsel dat zich dorsaal van de discus bevindt over in het periost van het tympanicum (Afb. 5.31 en 5.32).

nr.	catalogus- nr.	leeftijds- aanduiding	snijvlak	coupedikte	kleuring
Tr1	358	corr.nr. 30*	transv.	15 $\mu$	?
Tr2	285a	corr.nr. 33*	transv.	15 $\mu$	?
Tr3	492d	corr.nr. 36*	transv.	15 $\mu$	?
Tr4	555a	corr.nr. 35-36*	transv.	20 $\mu$	Grenacher's, alc. karmijn

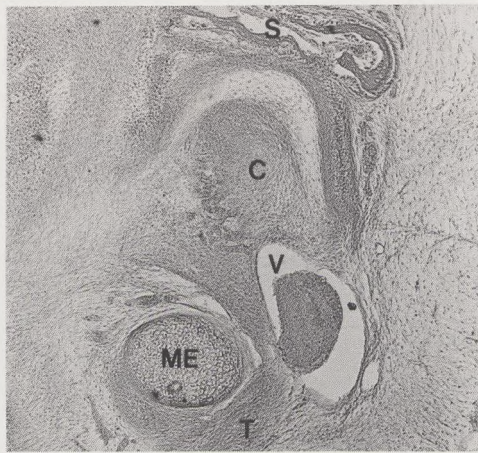
Tabel 5.9 Beschikbare specimina van Tarsius bancanus, stagering volgens (\*) Hubrecht en Keibel (1907).



Afb. 5.30: De musculus pterygoideus lateralis (PL) reikt tot aan de condylus (C) en het kraakbeen van Meckel (ME). Tr2, 100x.



5.31



5.32

Afb. 5.31: De condylus (C) reikt dorsaal tot aan het tympanicum (T). PL: musculus pterygoideus lateralis; V: vene. Tr3, 100x.

Afb. 5.32: Uitbreiding van de condylus (C) tot aan het tympanicum (T). ME: kraakbeen van Meckel; S: squamosum; V: vene. Tr4, 40x.



#### 5.4.9 Ontogenetische samenvatting

Het doel van het in dit hoofdstuk beschreven deel van het onderzoek is na te gaan of er bij een compacte groep Mammalia verbindingen bestaan tussen het middenoor en het temporomandibulaire (squamomandibulaire) gewricht. Alvorens deze vraag te beantwoorden zal eerst een samenvatting worden gegeven van de ontogenese van dit gebied.

Essentieel voor de benadering van genoemde verbindingen, is de aanhechting van de musculus pterygoideus lateralis aan het kraakbeen van Meckel. Deze aanhechting vindt plaats als het kraakbeen van Meckel uit jonge chondrocyten bestaat en de musculus pterygoideus lateralis is opgebouwd uit myoblasten. De bedoelde aanhechting manifesteert zich topografisch, doordat de aan de ala temporalis ontspringende spier naar dorsaal en caudaal verloopt. In het distale deel ervan groepeerd een agglomeratie van relatief ongedifferentieerde cellen zich mediaalwaarts om het kraakbeen van Meckel heen en rangschikt zich vervolgens langs het perichondrium hiervan. In transversale doorsneden kan dit het beeld oproepen van een touw, waarvan het uiteinde om een paal is geslagen. De aanhechting blijkt steeds op te treden in een deel van het kraakbeen van Meckel, dat zich ventraal van het (toekomstige) caput mallei bevindt. Overigens geldt hetzelfde principe voor de musculus pterygoideus medialis, die echter vanaf de schedelbasis gezien zich met het uiteinde lateraalwaarts om het kraakbeen van Meckel rangschikt. Deze aanhechting van de musculus pterygoideus lateralis kon worden beschreven bij Erinaceus, Talpa, Tupaia en Tarsius.

In de ontwikkeling is een tweede fase te definiëren waarin het primordium van de condylus verschijnt. Dit presenteert zich als een veld van verdicht mesenchym, dat zich langs het weefselveld van de musculus pterygoideus lateralis bevindt op de overgang van myoblasten naar ongedifferentieerde cellen. Deze processus condylaris mandibulae is geheel onafhankelijk van het overige deel van de onderkaak, die zich ventraal ervan bevindt. Vanaf de eerste aanleg van de condylus is een constante relatie tot de nervus auriculotemporalis aanwezig; deze verloopt van mediaal naar lateraal tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel door.

In een derde te onderscheiden fase vinden twee ontwikkelingen plaats, waaraan op grond van het huidige onderzoek geen oorzaak-gevolg kwaliteit toegekend mag worden. Enerzijds is te zien hoe de zich ontwikkelende musculus pterygoideus lateralis, - bestaand uit langgerekte myoblasten

met centraal gelegen celkernen, verweven raakt met het blasteem van de condylus. Het distale deel van de spier, dat voor descriptieve doeleinden "pees" genoemd kan worden, blijft bestaan als verbinding tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel. Anderzijds verschijnt het squamosum als gebied van dicht mesenchym ter plaatse van de toekomstige fossa mandibularis.

Verdere differentiatie vindt plaats in een vierde fase, die wordt gekenmerkt door fusie van de condylus met het overige deel van de onderkaak, mineralisatie van de condylus en van het squamosum en differentiatie van de discus. Tevens treedt groei op, wat met betrekking tot de verbinding, zich uit in een verwijdering van condylus en kraakbeen van Meckel in voor-achterwaartse richting. De condylus die werd aangelegd in het middenoorgebied migreert aldus naar het mandibulaire gebied; de verbinding blijft echter bestaan. Deze migratie uit zich topografisch in de relatie tot de nervus auriculotemporalis: de malleus bevindt zich dorsaal en de condylus bevindt zich ventraal ervan.

In een volgende fase verschijnt de processus anterior als endesmaal ossificatiecentrum medio-caudaal van het kraakbeen van Meckel en ventraal van het caput mallei. Caudaal in hetzelfde gebied bevindt zich het crus anterius van het tympanicum, dat zich eventueel met een sulcus malleolaris tegen het kraakbeen van Meckel zal aanleggen.

De zojuist beschreven vijf fasen zijn in de tijd slecht af te grenzen en lopen bovendien voor de verschillende onderzochte species niet synchroon. De cellulaire verbinding tussen het middenoor en het kaakgewricht wordt aldus tijdens de ontogenese van deze gebieden gevormd en is topografisch te definiëren als een derivaat van de musculus pterygoideus lateralis. De voor dit onderzoek gevolgde methode liet niet toe de histogenese van dit weefsel na te gaan. Over het lot van deze verbinding kan worden gesteld dat bij alle onderzochte Mammalia deze tijdens de verdere ontwikkeling geheel verdwijnt. Bij Talpa europaea is de verbinding reeds vóór de differentiatie van de synoviale ruimte in het kaakgewricht niet meer te vinden; bij Tupaia javanica bestaat de verbinding bij een afgevoemd kaakgewricht en zijn er zelfs collagene vezels in te ontdekken. Bij Microcebus murinus bestaat een cellulaire verbinding bij een afgevoemd kaakgewricht. De verbinding moet worden onderscheiden van bindweefsel dat het kraakbeen van Meckel via het perichondrium ervan verankert aan het periost van de onderkaak. Op de plaats waar het kraakbeen van Meckel uit de mandibula treedt, kan dit tot verwarring aanleiding geven; de

beschreven verbinding bevindt zich hier dorsaal van en in het overgangsgebied naar het middenoor, d.w.z. dorsaal van de nervus auriculotemporalis. Als bijzonderheid kan worden vermeld, dat het bij Tarsius bancanus van caudaal ingroeïende tympanicum zich dusdanig tegen de verbinding aanlegt, dat deze in dit beenstuk wordt opgenomen .

De beschreven verbinding kan mijns inziens niets anders zijn dan de "verlengde pees van de musculus pterygoideus lateralis" of het "ligamentum discomalleolare" dat bij menselijke embryo's reeds werd beschreven. De legitimatie voor deze conclusie ligt in de corresponderende beschrijving en documentatie zoals die is aan te treffen bij een aantal auteurs, dat over dit onderwerp heeft gepubliceerd (Hoofdstuk 2).

Zoals reeds kort werd aangeduid, kan het begrip "pees" echter uitsluitend als topografische typering dienst doen; er is niets dat wijst op gespecialiseerd bindweefsel dat bijzondere mechanische eigenschappen bezit. De conclusie, dat bij de mens de discus ten dele opgevat kan worden als derivaat van de pees van de musculus pterygoideus lateralis (Kjellberg, 1904; Harpman en Woollard, 1939) kan op grond van het huidige onderzoek worden aangevochten. Als de mesenchymale condylus zich mediaal tegen de spier aanlegt, treedt een vormverandering op in het mesenchymale weefsel dat zich lateraal van de condylus tussen de laatste en het mesenchymale squamosum bevindt. Vanwege de niet-uniforme kleurmethode is de histogenese van dit weefsel niet eenvoudig vast te stellen. Bij Tupaia echter, lijkt het te gaan om mesenchym dat tot de condylus behoort. Door inductie zou dan een primordiale, cellulaire discus ontstaan. Aan weerszijden is deze discus begrensd door het periost van het squamosum en het perichondrium van de condylus. Vervolgens treedt contact op met musculus pterygoideus lateralis. Deze ontwikkelingsgang kan worden gevolgd bij Erinaceus, Talpa, Tupaia, Nycticebus, Tarsius en Microcebus; de overige series spreken deze gang van zaken niet tegen. De verbinding tussen het middenoor en het kaakgewricht is er ontogenetisch één tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel, bij persistentie wordt een verbinding geproduceerd tussen de discus en het kraakbeen van Meckel. Bij de mens uit zich dit in een trilaminaire zone met een lamina media, die dorsaalwaarts reikt. Omdat over de histogenese van de discus articularis geen gefundeerde uitspraken kunnen worden gedaan, kan de theorie van Lubosch en Gaupp niet worden aangevochten. Volgens deze theorie zou in de evolutie van het secundaire kaakgewricht de discus zijn ontstaan als

derivaat van de condylus (zie 5.1). Wel bestaan mijns inziens bezwaren tegen de door deze onderzoekers gepresenteerde fylogenetische reeks, met name tegen het uitgangspunt dat Prototheria en Metatheria als model kunnen dienen voor primitieve zoogdieren. De door hen beschreven verschillen in de anatomie van het kaakgewricht bij Ornithorhynchis, Tachyglossus en Didelphis berusten naar grotere waarschijnlijkheid op functionele verschillen, zoals bijvoorbeeld voedingswijzen.

Op grond van het voorafgaande is tevens voorstelbaar dat de lamina media bij de mens aan de pars tympanica ossis temporalis insereert en van daaruit aan het collum mallei en/of aan het ligamentum mallei anterius. Deze laatste twee gebieden komen overeen met het traject van het embryonale kraakbeen van Meckel, dat ventraal van de toekomstige malleus is gelegen. Aanhechting aan het tympanicum treedt bij Tarsius op.

De uit dit deel van het onderzoek afkomstige resultaten wijzen in de richting van ontwikkelingsprocessen, die bij embryo's van verschillende species met ongelijke snelheden verlopen: **heterochronie**. Door deze ongelijke snelheden kunnen dezelfde ontogenesen morfologische verschillen tussen soorten produceren (De Beer, 1951). Omdat bij de mens de lamina media ook bij volwassenen aantoonbaar is (Hoofdstuk 3), kan dit fenomeen worden getypeerd als een **neotenie** (\*). Overigens gebruikt De Beer de term heterochronie voor de relatieve tijdstippen waarop in de ontogenese van fylogenetisch verwante taxa bepaalde kenmerken verschijnen: heterochronie is aldus een modus van evolutie. Haeckel (geciteerd door Gould, 1977) definieerde eerder heterochronie als een vorm van caenogenese: verschil in tijdstip van verschijnen en verdere ontwikkeling in de ontogenese van het ene orgaan ten opzichte van het andere. Haeckel gebruikte dit om uitzonderingen op zijn "biogenetische Grundgesetz" te verklaren, wanneer ontwikkelingsprocessen afwijken van de door recapitulatie gedicteerde volgorde. In het kader van het zojuist gestelde is heterochronie het mechanisme waardoor morfologische verschillen sec, (onder andere) worden geproduceerd zonder fylogenetische parallellen te willen suggereren.

Bij de onderzochte species is het tympanicum in de ontogenese een ringvormig endesmaal beenstuk, dat zich rond het trommelvlies vormt. Tijdens de aanleg is het onafhankelijk van het overige deel van de schedel, dat wil zeggen niet in contact ermee. Het enige contact treedt op ter plaatse van de sulcus malleolaris, waarin de processus anterior en het kraakbeen van Meckel zich bevinden. Uit de literatuur blijkt dat bij de in dit onderzoek betrokken Prosimiae en Insectivora deze relaties van

het tympanicum in principe voor het volwassen leven behouden blijven (Van Kampen, 1904, 1905; Bondy, 1907; Van der Klaauw, 1929; MacPhee, 1981). In zijn algemeenheid gesproken, richt het tympanicum zich op in de verdere ontwikkeling en kan in contact komen met andere schedelbeenderen, zoals het alisphenoid, het basisphenoid, het squamosum en het petrosum. Dit contact is echter fibreus van karakter en fusie zoals de synostosen van het os temporale bij de mens komt niet voor. Afgezien van het feit dat het beenstuk bij deze species in fylogenetische zin gesproken in de oorspronkelijke vorm en positie aanwezig is, is het akoestische systeem op deze wijze functioneel van de schedel gescheiden, waardoor storende invloeden, zoals bijvoorbeeld graven en kauwen worden vermeden ten gunste van andere akoestische prikkels (Fleischer, 1978).

In het zojuist geschetste kader kan mijns inziens een functie worden toegekend aan het wederom verdwijnen van de verbinding tussen het middenoor en het kaakgewricht bij de onderzochte Prosimiae en Insectivora. Bij een niet-vast met de schedel verbonden tympanicum zou persistentie van deze verbinding kunnen interfereeren met de voortgeleiding van geluid naar het binnenoor. Omdat bij de mens het tympanicum geïncorporeerd raakt in het os temporale, is de lamina media in functioneel opzicht gereduceerd tot een verbinding tussen de discus en de schedelbasis.

Wanneer de onwenselijkheid wordt aangenomen, van het in mechanische zin functioneren van een verbinding tussen het middenoor en het kaakgewricht, kan dit op twee wijzen worden gerealiseerd. Ofwel de verbinding verdwijnt in de verdere ontwikkeling, of het tympanicum fuseert met de schedel. Deze morfologische verschillen worden geproduceerd door heterochronie; dat wil zeggen verschil in ontwikkelingstempo van in aanleg hetzelfde orgaan.

### 5.5 Samenvatting en conclusies

Bij de onderzochte Prosimiae en Insectivora blijkt een verbinding voor te komen tussen het middenoor en het kaakgewricht. Ontogenetisch gaat het om een cellulaire weefselstrook die zich bevindt tussen de zich ontwikkelende condylus en het kraakbeen van Meckel, juist ventraal van het gebied dat de malleus zal vormen. Bij jonge specimen van Erinaceus, Talpa, Tupaia en Tarsius bestaan aanwijzingen om aan te nemen dat deze verbinding wordt geproduceerd door weefsel dat samenhangt met de musculus pterygoideus lateralis. Uit topografisch oogpunt kan van een pees worden

gesproken, hoewel het weefsel niet aan de histologische criteria hiervoor voldoet. De discus articularis vormt zich later in de ontwikkeling en fuseert met de musculus pterygoideus lateralis.

Op grond van corresponderende beschrijving en documentatie zoals die aan te treffen is bij auteurs die dit onderwerp bij de mens hebben behandeld, kan worden gesteld dat deze verbinding ook bij de mens voorkomt en overeenkomt met de lamina media van de discus articularis (Hoofdstukken 2 en 3). Bij de in dit hoofdstuk onderzochte Mammalia verdwijnt deze verbinding wederom in de verdere ontwikkeling; de lamina media bij de mens kan aldus worden beschouwd als een neotenie. Gebaseerd op de aanname dat een verbinding kan interfereeren met de akoestische geleiding kunnen deze fenomenen worden geïnterpreteerd. Samenhangend met de fibreuze fixatie van het tympanicum aan de schedel bij de onderzochte Prosimiae en Insectivora verdwijnt de verbinding. Samenhangend met de fusie van het tympanicum met de schedel bij de mens, persisteert deze.

## HOOFDSTUK 6

### ALGEMENE DISCUSSIE

Bij de mens is in het verleden een verbinding beschreven van het middenoor met het temporomandibulaire gewricht, meestal aangeduid als "ligamentum discomalleolare". In de ontogenese zou volgens sommige onderzoekers de musculus pterygoideus lateralis tot de vorming ervan bijdragen, anderen ontkennen dit.

In het tweede hoofdstuk is een model beschreven van de discus articularis bij menselijke foetussen. Volgens dit model bestaat de discus dorsaal uit drie laminae: lamina superior, lamina media en lamina inferior. De lamina media verloopt vanuit de discus naar dorsaal, hecht aan de pars tympanica ossis temporalis en van hier uit aan het kraakbeen van Meckel. Bij de oudere specimina hecht deze lamina aan de malleus en aan het ligamentum mallei anterius. In het derde hoofdstuk wordt dit zelfde model aangetroffen bij volwassen menselijke specimina. Hier is in de meeste van de onderzochte gevallen ook sprake van een drietal laminae (trilaminaire zone), met een lamina media die de fissura petrotympanica passeert en aan het ligamentum mallei anterius en/ of aan de malleus hecht. Fixatie van de lamina media in de fissura petrotympanica is hier aantoonbaar.

De zojuist vermelde gegevens geven antwoord op het eerste deel van de in hoofdstuk 1 verwoorde vraagstelling. Verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht komen bij de mens voor in de vorm van de lamina media van de trilaminaire zone. Hoewel embryo's, jonger dan drie maanden niet in het onderzoek zijn betrokken, leveren de corresponderende beschrijvingen van andere auteurs het indirecte bewijs dat het gaat om het reeds beschreven "ligamentum discomalleolare". De verhouding van de lamina media tot het kraakbeen van Meckel, het ligamentum mallei anterius en de malleus is als constant te beschouwen: deze vormen bij jonge, respectievelijk oudere specimina de meest proximale insertie ervan.

Tussen de proximale insertie en de discus bevindt zich een andere structuur waar aan de lamina media hecht. Dit wordt gevormd door de pars tympanica ossis temporalis en later in de ontwikkeling door de wanden van de fissura petrotympanica. Hierdoor is aan de lamina media geen mechanische functie toe te kennen in de betekenis van een ligament dat de malleus met de discus verbindt. Op grond van deze bevinding, kan tevens de opvatting worden tegengesproken, als zouden oorsymptomen bij arthropathieën van het temporomandibulaire gewricht door het bestaan van

deze structuur kunnen worden verklaard. Het is overigens zeer de vraag, of symptomen als gehoorverlies, tinnitus en vertigo werkelijk in causaal verband staan met deze aandoeningen van het kaakgewricht (Hoofdstuk 4).

Over een verbinding van het middenoor met het kaakgewricht bij andere Mammalia is nagenoeg niets bekend. In de ontogenese van dit gebied blijkt op een zeker moment de musculus pterygoideus lateralis te hechten aan het kraakbeen van Meckel. Dit kan worden aangetoond bij enkele van de onderzochte Prosimiae en Insectivora (Hoofdstuk 5). In de verdere ontwikkeling verschijnt het condylaire blasteem langs de musculus pterygoideus lateralis. Vanaf dit moment kan een verbinding tussen de condylus en het kraakbeen van Meckel worden gedefinieerd als een topografisch derivaat van deze spier. In de verdere ontwikkeling ontstaat de discus (waarschijnlijk uit het condylaire blasteem), later fuseert deze met de musculus pterygoideus lateralis. Op grond van deze bevindingen kan worden gesteld dat deze verbinding overeenkomt met het "ligamentum discomalleolare" dat door enkele auteurs bij jonge menselijke embryo's is beschreven. Bovendien werpt het licht op de conclusie, als zou de verbinding kunnen worden opgevat als pees van de musculus pterygoideus lateralis en dat weefsel ervan ten dele zou bijdragen tot de vorming van de discus articularis. Immers, in het stadium van een verbinding die bestaat bij de reeds gevormde en met de musculus pterygoideus lateralis gefuseerde condylus en discus kan dit beeld worden opgeroepen, de vroegere stadia pleiten hier echter tegen.

Op grond van deze ontogenetische waarnemingen kan het tweede deel van de in hoofdstuk 1 verwoorde vraagstelling worden beantwoord: er bestaan verbindingen tussen het middenoor en het squamomandibulaire gewricht bij andere Mammalia dan de mens. Als bijzonderheid kan worden vermeld dat de beschreven bevinding bij alle onderzochte soorten in de loop van de verdere ontwikkeling wederom verdwijnt. Afgezien van de omstandigheid dat een persisterende verbinding bij dieren met een fibreus met de schedel verbonden tympanicum zou interfereren met de akoestische geleiding, roept dit laatste een fundamentele vraag op. Met betrekking tot de histogenese van de skeletdelen in dit gebied speelt de verbinding tussen het kraakbeen van Meckel en het zich ontwikkelende kaakgewricht wellicht een onbekende, essentiële rol. De vraag welke deze rol is kan slechts worden opgehelderd door verder onderzoek, met name door experimentele beïnvloeding van het zich ontwikkelende systeem.



## Samenvatting

### Hoofdstuk 1

De doelstelling van dit onderzoek is een inzicht te verschaffen in de ontogenetische en morfologische aspecten van verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire (squamomandibulaire) gewricht. De legitimatie hiervoor vindt zijn oorsprong in tegenstrijdige opvattingen over dit onderwerp in de literatuur. Naar aanleiding van deze tegenstrijdigheden zijn de volgende vragen geformuleerd:

- a. Bestaan er bij de mens verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht?
  - Indien er verbindingen aanwezig zijn, komen deze dan overeen met het in de literatuur beschreven "ligamentum discomalleolare"?
  - Indien er verbindingen aanwezig zijn, hoe verhouden deze zich dan tot het embryonale kraakbeen van Meckel en de ligamenteuze derivaten ervan bij de foetus en de volwassene?
- b. Bestaan er bij andere Mammalia verbindingen tussen het middenoor en het temporomandibulaire (squamomandibulaire) gewricht?

Deze vragen dienen tot leidraad voor het uit te voeren onderzoek. Aan het begin van elk hoofdstuk wordt de vraagstelling uitgewerkt aan de hand van een literatuuroverzicht.

### Hoofdstuk 2

De anatomie van het gebied dat is gelegen tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht is onderzocht aan de hand van histologische coupes en macroscopische dissectie bij menselijke foetussen in leeftijd variërend van drieënhalve maand tot negen maanden. De discus articularis blijkt dorsaal te bestaan uit drie laminae. Een lamina superior sluit de craniale synoviale ruimte af door insertie aan de schedelbasis, ter plaatse van de fissura petrosquamosa. Een lamina media insereert aan de pars tympanica ossis temporalis en zet zich voort tot aan het kraakbeen van Meckel (jongere specimina) of tot aan de malleus en het ligamentum mallei anterius (oudere specimina). Een lamina inferior sluit de caudale synoviale ruimte af door insertie aan de achterzijde van het caput. Op grond van de topografische relaties wordt besloten de lamina media als overeenkomstig te beschouwen met het "ligamentum discomalleolare" dat reeds in de literatuur werd beschreven.

### **Hoofdstuk 3**

Bij volwassen menselijke specimina is een macroscopische dissectie uitgevoerd. In alle gevallen worden twee laminae gevonden, die de twee synoviale ruimtes van het temporomandibulaire gewricht in dorsale richting afsluiten; de lamina superior en de lamina inferior. In achttien van de eenentwintig specimina is een derde, intermediaire lamina aanwezig die als overeenkomstig wordt beschouwd met de lamina media bij de foetussen. Bij de volwassenen is de lamina media gefixeerd in de wanden van de fissura petrotympanica en kan zich van hier uit voortzetten tot aan het ligamentum mallei anterius en/ of tot aan de malleus. Op grond hiervan wordt besloten te spreken van een trilaminaire zone aan de dorsale zijde van de discus articularis. Vanwege de fixatie van de lamina media in de fissura petrotympanica kan worden gesteld dat deze structuur geen mechanische rol kan spelen in de zin van bewegings- of tractieoverdracht van de discus op de malleus of omgekeerd.

### **Hoofdstuk 4**

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de literatuur die betrekking heeft op oorsymptomen bij aandoeningen van het kaakgewricht. Sommige auteurs stellen dat de lamina media hiervoor het anatomische substraat kan zijn. Op grond van de onderzoeksresultaten van de hoofdstukken 2 en 3 wordt deze mening aangevochten.

### **Hoofdstuk 5**

Aan de hand van histologische coupes van embryo's van een achttal recente Prosimiae en Insectivora is de ontogenese van het gebied van het middenoor, het kraakbeen van Meckel en het squamomandibulaire gewricht bestudeerd. Hierbij blijkt een cellulaire verbinding voor te komen tussen de zich ontwikkelende processus condylaris mandibulae en het kraakbeen van Meckel. Bij enkele species bestaan aanwijzingen dat deze verbinding samenhangt met de primordiale musculus pterygoideus lateralis, zonder dat in histologische zin van een pees kan worden gesproken. De discus articularis ontstaat onafhankelijk hiervan en waarschijnlijk als derivaat van het condylaire blastoom. Op grond van corresponderende beschrijvingen en documentatie bij andere auteurs, wordt besloten dat de verbinding dezelfde is als de lamina media ("ligamentum discomalleolare") bij de mens. Een hypothetische verklaring wordt gegeven voor het tijdens de verdere ontwikkeling wederom verdwijnen van deze verbinding bij de in dit

hoofdstuk onderzochte Mammalia. Dit verdwijnen zou kunnen samenhangen met de fibreuze fixatie van het tympanicum aan de schedel, waardoor persistentie van de verbinding zou interfereeren met de functie van het gehoororgaan.

#### **Hoofdstuk 6**

In het laatste hoofdstuk zijn de onderzoeksgegevens uit de voorafgaande hoofdstukken samengevoegd. Tevens wordt de vraagstelling beantwoord: de lamina media van de trilaminare zone vormt bij de mens een verbinding tussen het middenoor en het temporomandibulaire gewricht en komt overeen met het "ligamentum discomalleolare". Als proximale insertie geldt bij de foetus het kraakbeen van Meckel, bij de volwassene de derivaten ervan. Bij enkele Prosimiae en Insectivora komt in de ontogenese een passagère verbinding voor, die overeenkomt met deze lamina media. Aan het voorkomen van de genoemde structuur bij de mens en andere Mammalia kan nog geen functie worden toegekend; verder onderzoek hiernaar is noodzakelijk.

## Summary

### Chapter 1

The objective of this study is to provide an insight into the ontogenetic and morphological facets of connections between the middle ear and the temporomandibular (squamomandibular) joint. The justification for this originates in contradictory opinions on this subject in literature. Taking these contradictions as a starting point the following questions are formed:

- a. Are there connections between the middle ear and the temporomandibular joint in humans?
  - If there are such connections, do they correspond to the "disco-malleolar ligament" described in literature?
  - If there are such connections, what is their position in relation to embryonic Meckel's cartilage and its ligamentous derivatives in foetuses and adults?
- b. Are there connections between the middle ear and the temporomandibular (squamomandibular) joint in other Mammals?

These questions serve as a guideline for this study, they are elaborated by means of a literature survey at the beginning of each chapter.

### Chapter 2

The anatomy of the region between the middle ear and the temporomandibular joint is investigated using histological procedures and macroscopic dissections on human foetuses, varying in age from three and a half to nine months. Dorsally, the articular disk is shown to consist of three laminae. The superior lamina seals the cranial synovial cavity by insertion at the base of the skull where the petrosquamous fissure is positioned. The intermediate lamina inserts at the tympanic part of the temporal bone and continues up to Meckel's cartilage (younger specimens) or up to the malleus and the anterior ligament of the malleus (older specimens). The inferior lamina seals the caudal synovial cavity by insertion at the back of the mandibular head. On the basis of these topographical relationships it is decided to consider the intermediate lamina as one and the same as the "disco-malleolar ligament" already described in literature.

### Chapter 3

Macroscopic dissection was carried out on adult human specimens. In all cases two laminae were found that seal the two synovial cavities of the temporomandibular joint in a dorsal direction: the superior lamina and the inferior lamina. In eighteen of the twenty three specimens a third intermediate lamina is presented. This is considered to be the same as the intermediate lamina found in fetuses. In adults the intermediate lamina is anchored in the walls of the petrotympanic fissure and can continue from here to the anterior ligament of the malleus and/or to the malleus itself. Due to this it is decided to speak of a trilaminar zone on the dorsal side of the articular disk. Owing to the fixation of the intermediate lamina in the petrotympanic fissure it can be stated that this structure plays no mechanical role in the sense of movement or traction from disk to malleus or vice versa.

### Chapter 4

Here, a survey is presented of the literature referring to aural symptoms associated with disorders of the mandibular joint. Some authors state that the intermediate lamina could be the anatomical explanation in such cases. This opinion is challenged based on findings described in chapters two and three.

### Chapter 5

Using histological procedures on embryo's of eight recent Prosimiae and Insectivores, the ontogeny of the middle ear region, Meckel's cartilage and the squamomandibular joint is studied. A cellular connection appears to exist between the developing mandibular condyle and Meckel's cartilage. In some species there are indications that this connection is related to the primordium of the lateral pterygoid muscle, even though one cannot speak of a tendon in a histological sense. The articular disk develops independently from this and probably as a derivative of the condylar blastema. Based on corresponding descriptions and documentation by other authors it is decided that this connection is the same as the intermediate lamina ("disco-malleolar ligament") in humans. A hypothetical explanation is given as to why during further development of the Mammals studied for this chapter the connection disappears again.

The disappearance could be related to the fibrous fixation of the tympanic to the skull, whereby the persistence of this connection would interfere with the function of the auditory organ.

## **Chapter 6**

In the last chapter research data from previous chapters are combined. Also the original questions are answered: the intermediate lamina of the trilaminar zone in humans forms a connection between the middle ear and the temporomandibular joint; it is the same as the "disco-malleolar ligament". In foetuses Meckel's cartilage is the point of proximal insertion; in adults, derivatives thereof. In some Prosimiae and Insectivores a passage connection occurs in the ontogeny which corresponds to this intermediate lamina. To date no function can be attributed to the above-named structure in humans and other Mammals. Further research into this matter is necessary.

## Geciteerde literatuur

- Anson, B.J.; Hanson, J.S.; Richany, S.F. (1969):  
Early embryology of the auditory ossicles and associated structures in relation of certain anomalies observed clinically.  
Ann Otol Rhinol Laryngol 69: 427-447.
- Arlen, H. (1977):  
The otomandibular syndrome: A new concept.  
Ear Nose Throat J 56: 60-62.
- Arlen, H. (1983):  
Otolaryngologic manifestations of craniomandibular disorders.  
Dent Clin North Am 27: 523-526.
- Arlen, H. (1985):  
The otomandibular syndrome. in: Gelb H, (ed.):  
Clinical management of head, neck and TMJ pain and dysfunction.  
W.B.Saunders Co, Philadelphia, London, Toronto, Mexico City, Rio de Janeiro, Sydney, Tokio.
- Baume, L.J. (1962):  
Ontogenesis of the human temporomandibular joint: 1. Development of the condyles.  
J Dent Res 41: 1327-1339.
- Baume, L.J.; Holz, J. (1970):  
Ontogenesis of the human temporomandibular joint: 2. Development of the temporal components.  
J Dent Res 49: 864-875.
- Been, W.; Lieuw Kie Song, S.H.; Limborgh, J.van (1984):  
Developmental anomalies of the lower face and the hyoid cartilage due to partial elimination of the posterior mesencephalic and anterior rhombencephalic neural crest in chick embryos.  
Acta Morphol Neerl Scand 22: 265-278.
- Beer, G.R.de (1951):  
Embryos and ancestors.  
Clarendon Press, Oxford.
- Beer, G.R. de (1985):  
The development of the vertebrate skull.  
The University of Chicago Press, Chicago, London.  
Herdruk van 1971-editie, Clarendon Press, Oxford.
- Bell, W.E. (1982):  
Clinical management of temporomandibular disorders.  
Year Book Medical Publishers, Chicago, London.
- Blaschke, D.D.; Solberg, W.K.; Sanders, B. (1980):  
Arthrography of the temporomandibular joint: review of current status.  
J Am Dent Assoc 100: 388-395
- Boering, G. (1966):  
Arthrosis deformans van het kaakgewricht.  
Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Bok, H.E. (1966):  
De foetale transformatie van het middenoorgebied.  
Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden.
- Bondy, G. (1907):  
Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Gehörorgans der Säuger.  
Anat Hefte 35: 293-408.
- Bont, L.G.M.de (1985):  
Temporomandibular joint articular cartilage structure and function.  
Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Bossy, J.; Gaillard, L. (1963):  
Les vestiges ligamentaires du cartilage de Meckel.  
Acta Anat 52: 282-290.

- Bronstein, S.L.; Tomasetti, B.J.; Ryan, D.E. (1981):  
Internal derangements of the temporomandibular joint: correlation of arthrography with surgical findings.  
J Oral Surg 39: 572-584.
- Brookes, G.B.; Maw, A.R.; Coleman, M.J. (1980):  
"Costen's syndrome"-correlation or coincidence: a review of 45 patients with temporomandibular joint dysfunction, otalgia and other aural symptoms.  
Clin Otolaryngol 5: 23-36.
- Burch, J.G. (1966):  
The cranial attachment of the sphenomandibular (tympenomandibular) ligament.  
Anat Rec 156: 433-437.
- Coleman, R.D. (1970):  
Temporomandibular joint: Relation of the retrodiskal zone to Meckel's cartilage and lateral pterygoid muscle.  
J Dent Res 49: 626-630.
- Copray, J.C.V.M.; Jansen, H.W.B.; Duterloo, H.S. (1983):  
Growth of the mandibular condyle cartilage of the rat in serum-free organ culture.  
Arch Oral Biol 28: 967-974.
- Copray, J.C.V.M. (1984):  
Growth stimulation of the rat mandibular condyle in organ culture.  
Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Costen, J.B. (1934):  
A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint.  
Ann Otol Rhinol Laryngol 43: 1-15.
- Couly, G.; Guilbert, F.; Cernea, P.; Bertrand, J.C. (1976):  
A propos de l'articulation temporo-mandibulaire du nouveau-né. Les relations oto-méniscales.  
Rev Stomatol Chir Maxillofac 77: 673-684.
- Derksen, A.A.D. (1977):  
Inleiding tot bouw en functie van het kauwstelsel.  
Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
- Dongen, G.K.van (1968):  
Het temporo-mandibulaire gebied bij de mens in de stadia van 50 en 80 mm kop-stuittlengte.  
Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden.
- Dongen, G.K.van (1969):  
De vorming van de discus articularis van het temporo-mandibulaire gewricht.  
Ned Tijdschr Tandheelkd 76: 638-649.
- DuBrul E.Lloyd (1980):  
Sicher's oral anatomy.  
C.V.Mosby Co, St.Louis, Toronto, London.
- Düker, J.; Philipp, U.; Fiebelkorn, W. (1972):  
Sensörisehe Störungen bei Kiefergelenkerkrankungen.  
Dtsch Zahnärztl Z 27: 811-815.
- Duterloo, H.S. (1967):  
In vivo implantation of the mandibular condyle of the rat.  
Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Ermshar, C.B.Jr. (1985):  
Anatomie und Neuro-anatomie.  
In: Morgan, D.H.; House, L.R.; Hall, W.P.; Vamvas, S.J.  
Das Kiefergelenk und seine Erkrankungen.  
Quintessenz Verlags GmbH, Berlin, Chicago, London, Sao Paulo, Tokio: 25-44.



- Fawcett, E. (1918):  
The primordial cranium of Erinaceus europaeus.  
J Anat 52: 211-250.
- Fearnhead, R.W.; Shute, C.C.D.; Bellairs, A.d'A. (1955):  
The temporo-mandibular joint of shrews.  
Proc Zool Soc Lond 125(B): 795-806.
- Findlay, G.H. (1944):  
The development of the auditory ossicles in the elephant shrew, the tenrec and the golden mole.  
Proc Zool Soc Lond 1944: 91-99.
- Fleischer, G. (1978):  
Evolutionary principles of the mammalian middle ear.  
Adv Anat Embr Cell Biol 55: 1-69.
- Frazer, J.E. (1914):  
The second visceral arch and groove in the tubotympanic region.  
J Anat 48: 391-408.
- Frick, H.; Starck, D. (1963):  
Vom Reptil- zum Säugerschädel.  
Z Säugetierkunde 28: 321-341.
- Gaupp, E. (1906):  
Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie des Schädels von Echidna aculeata var. atypica.  
Denkschr Med Nat Wiss Ges Jena 6(2): 539-788.
- Gaupp, E. (1912):  
Die Reichertsche Theorie (Hammer-, Amboss- und Kieferfrage).  
Arch Anat Physiol Anat Abt, Suppl- Band 13: 1-416.
- Gelb, H.; Calderone, J.P.; Gross, S.M.; Kantor, M.E. (1967):  
The role of the dentist and the otolaryngologist in evaluating temporomandibular joint syndromes.  
J Prosthet Dent 18: 497-503.
- Gelb, H. (ed.) (1985):  
Clinical management of head, neck and TMJ pain and dysfunction.  
W.B.Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, Mexico-City, Rio de Janeiro, Sydney, Tokio.
- Glasstone, S. (1971):  
Differentiation of the mouse embryonic mandible and squamo-mandibular joint in organ culture.  
Arch Oral Biol 16: 723-729.
- Gould, S.J. (1977):  
Ontogeny and phylogeny.  
Harvard University Press, Cambridge, London.
- Haeckel, E. (1866):  
Generelle Morphologie der Organismen I, II.  
G.Reimer, Berlin.
- Hamilton, W.J.; Mossman, H.V. (1978):  
Hamilton, Boyd and Mossman's Human Embryology. Prenatal development of form and function.  
The Macmillan Press Ltd., London, Basingstoke.
- Hammar, J.A. (1902):  
Studien über die Entwicklung des Vorderdarms und einiger angrenzenden Organe.  
Arch Mikrosk Anat 59: 471-628.

- Hammar, J.A. (1901):  
Zur allgemeinen Morphologie der Schlundspalten des Menschen. Zur  
Entwicklungsgeschichte des Mittelohrraumes, des äusseren Gehörganges  
und des Paukenfells beim Menschen.  
Anat Anz 20: 134-144.
- Hanson, J.R.; Anson, B.J.; Strickland, E.M. (1962):  
Branchial sources of the auditory ossicles in man.  
Arch Otolaryngol 76: 200-215.
- Harpman, J.A.; Woollard, H.H. (1939):  
The tendon of the lateral pterygoid muscle.  
J Anat 73: 112-115.
- Hentschel, E.; Wagner, G. (1984):  
Zoologisches Wörterbuch. Tiernamen, allgemeinbiologische, anatomische,  
physiologische Termini und biographische Daten.  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Herovici, C. (1963):  
A polychrome stain for differentiating pre-collagen from collagen.  
Stain Technol 38: 204-205.
- Hielscher, W. von (1962):  
Ein Beitrag zum Costen-Syndrom.  
Zahnarztl Rundsch 71: 374-382.
- Hochstetter, F. (1948):  
Entwicklungsgeschichte der Ohrmuschel und des äusseren Gehörganges des  
Menschen.  
Denkschr Akad Wiss Wien, Math-naturwiss Kl 108: 1-50.
- Honée, G.L.J.M. (1977):  
De analyse van de habituele openings- en sluitingsbaan van de  
onderkaak.  
Ned Tijdschr Tandheelkd 84: 94-100.
- House, L.R.; Hall, W.P. (1982):  
The ear, nose and throat.  
In: Morgan, D.H., House, L.R., Hall, W.P., Vamvas, S.J.  
Diseases of the temporomandibular apparatus.  
C.V. Mosby Co., St. Louis, Toronto, London.
- Hubrecht, A.A.W.; Keibel, F. (1907):  
Normentafel zur Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere, VII,  
Normentafel zur Entwicklungsgeschichte von Tarsius spectrum und  
Nycticebus tardigradus.  
Fischer, Jena.
- International Anatomical Nomenclature Committee, (1977):  
Nomina Anatomica,  
Excerpta Medica, Amsterdam, Oxford.
- Ioannides, C.A.; Hoogland, G.A. (1983):  
The disco-malleolar ligament: A possible cause of subjective hearing  
loss in patients with temporomandibular joint dysfunction.  
J Maxillofac Surg 11: 227-237.
- Jarvik, E. (1980):  
Basic structure and evolution of Vertebrates.  
Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- Johnston, M.C. (1975):  
The neural crest in abnormalities of the face and brain.  
Birth Defects 11: 1-18.
- Kampen, P.N. van (1904):  
De tympanaalstreek van den zoogdierschedel.  
Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.

- Kampen, P.N. van (1905):  
Die Tympanalgegend des Säugetierschadels.  
Morph Jb 34: 321-722.
- Kanagasuntheram, R. (1967):  
A note on the development of the tubotympanic recess in the human embryo.  
J Anat 101: 731-741.
- Katzberg, R.W.; Dolwick, M.F.; Helms, C.A.; Hopens, T.; Bales, D.J.;  
Coggs, G.C. (1980):  
Arthrotomography of the temporomandibular joint.  
A J R 134: 995-1003.
- Kawai, S.; Sakai, H.; Oka, T. (1983):  
Embryological study on the articular cavity, especially the articular cavity of the jaw articulation in chick and cat embryos.  
Okajimas Folia Anat Jp 60: 339-364.
- Kjellberg, K. (1904):  
Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Kiefergelenks.  
Morph Jb 32: 159-184.
- Klaauw, C.J. van der (1929):  
On the development of the tympanic region of the skull in the Macroscelididae.  
Proc Zool Soc Lond 1929: 491-560.
- Komori, E.; Sugisaki, M.; Tanabe, H.; Katoh, S. (1986):  
Discomalleolar ligament in the adult human.  
J Craniomandib Pract 4: 300-305.
- Landsmeer, J.M.F. (1956):  
Het kaakgewricht tijdens de embryonale ontwikkeling.  
Ned Tijdschr Tandheelkd 63: 3-7.
- Lange, D.de; Nierstrasz, H.F. (1932):  
Tabellarische Übersicht der Entwicklung von Tupaia javanica Horsf.  
Oosthoek, Utrecht.
- Laskin, D.M. (1969):  
Etiology of the pain-dysfunction syndrome.  
J Am Dent Assoc 79: 147-153.
- Lubosch, W. (1906-a):  
Über das Kiefergelenk der Monotremen.  
Jen Zeitschr 41: 549-666.
- Lubosch, W. (1906-b):  
Über den Meniscus im Kiefergelenk des Menschen.  
Anat Anz 29: 417-430.
- Lubosch, W. (1907):  
Das Kiefergelenk der Edentaten und Marsupialier. Nebst Mittheilungen über die Kaumusculatur dieser Thiere.  
Denkschr Med Nat Wiss Ges Jena 7: 519-556.
- Lubosch, W. (1934):  
Muskeln des Kopfes. Viscerale Muskulatur. Säugetiere.  
in: Bolk, L.; Göppert, G.; Kallius, E.; Lubosch, W. (eds):  
Handbuch der vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.  
Urban u. Schwarzenberg, Berlin, Wien 5: 1065-1106.
- Luckett, W.P. (1980):  
The suggested evolutionary relationships and classification of tree shrews.  
in: Luckett, W.P. (ed.):  
Comparative biology and evolutionary relationships of tree shrews.  
Plenum Press, New York, London.

- MacPhee, R.D.E. (1981):  
Auditory regions of Primates and eutherian Insectivores: Morphology, ontogeny and character analysis.  
In: Szalay, F.S. (ed.):  
Contributions to primatology vol.18  
Karger, Basel, New York.
- Manzione, J.V.; Seltzer, S.E.; Katzberg, R.W.; Hammerschlag, S.B.; Chiango, B.F. (1983):  
Direct sagittal computed tomography of the temporomandibular joint.  
A J R 140: 165-167.
- Mejersjö, C.; Hollender, L. (1984):  
TMJ pain and dysfunction: relation between clinical and radiographic findings in the short and long-term.  
Scand J Dent Res 92: 241-248.
- Moffett, B.C. (1957):  
The prenatal development of the human temporomandibular joint.  
Contr Embryol 36: 19-28.
- Moore, K.L. (1982):  
The developing human. Clinically oriented embryology.  
W.B.Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, Mexico City, Rio de Janeiro, Sydney, Tokio.
- Moore, W.J. (1981):  
The mammalian skull.  
Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.
- Müller, F.; O'Rahilly, R. (1980):  
The human chondrocranium at the end of the embryonic period, proper, with particular reference to the nervous system.  
J Anat 159: 33-58.
- O'Rahilly, R.; Gardner, E. (1975):  
The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryo.  
Anat Embryol 148: 1-23.
- Otto, H.D. (1984):  
Der Irrtum der Reichert-Gauppschen Theorie. Ein Beitrag zur Onto- und Phylogenese des Kiefergelenks und der Gehörknöchelchen der Säugetiere.  
Anat Anz 155: 223-238.
- Parsons, M.T.; Boucher, L.J. (1966):  
The bilaminar zone of the meniscus.  
J Dent Res 45: 59-61.
- Philipp, U.; Munker, G.; Komposch, G. (1972):  
Die Funktion der Tuba Eustachii bei Patienten mit Kiefergelenkerkrankungen.  
Dtsch Zahnärztl Z 27: 806-810.
- Pinkert, R. (1985):  
Histologische Untersuchungen zur Pathogenese von Faserknorpelreaktionen am Kiefergelenk und eine Diskussion ätiologischer Faktoren der chronischen deformierenden Osteoarthritis.  
Zahn Mund Kieferheilkd 73: 35-46.
- Pinto, O.F. (1962):  
A new structure related to the temporomandibular joint and middle ear.  
J Prosthet Dent 12: 95-103.
- Proctor, B. (1964):  
The development of the middle ear spaces and their surgical significance.  
J Laryngol Otol 78: 631-648.

- Rasmussen, O.C. (1980):  
 Longitudinal study of transpharyngeal radiography in temporomandibular arthropathy.  
 Scand J Dent Res 88: 257-268.
- Rasmussen, O.C. (1981-a):  
 Description of population and progress of symptoms in a longitudinal study of temporomandibular arthropathy.  
 Scand J Dent Res 89: 186-203.
- Rasmussen, O.C. (1981-b):  
 Clinical findings during the course of temporomandibular arthropathy.  
 Scand J Dent Res 89: 283-288.
- Rees, L.A. (1954):  
 The structure and function of the mandibular joint.  
 Br Dent J 96: 125-133.
- Reichert, C. (1837):  
 Über die Visceralbogen der Wirbelthiere im Allgemeinen und deren Metamorphosen bei den Vögeln und Säugethieren.  
 Arch Anat Physiol Wiss Med: 120-222.
- Romer, A.S.; Parsons, T.S. (1979):  
 The vertebrate body.  
 W.B.Saunders Co., Philadelphia, Toronto, London.
- Schwartz, L. (1955):  
 Pain associated with the temporomandibular joint.  
 J Am Dent Assoc 51: 394-397.
- Scott, J.H. (1951):  
 The development of joints concerned with early jaw movements in the sheep.  
 J Anat 85: 36-43.
- Spring, K.L. (1950):  
 Durch Veränderungen am Kauapparat bedingte Störungen des Gehörorgans.  
 Oster Z Stomatol 47: 171-183.
- Starck, D. (1975-a):  
 Embryologie. Ein Lehrbuch auf allgemein biologischer Grundlage.  
 Georg Thieme, Stuttgart.
- Starck, D. (1975-b):  
 The development of the chondrocranium in Primates.  
 in: Luckett, W.P.; Szalay, S. (eds):  
 Phylogeny of the Primates. A multidisciplinary approach.  
 Plenum Press, New York, London.
- Starck, D.  
 Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, auf evolutionsbiologischer Grundlage.  
 Springer, Berlin, Heidelberg, New York.  
 Band I. (1978):  
 Theoretische Grundlagen. Stammgeschichte und Systematik unter Berücksichtigung der niederen Chordata. pp. 183-200.  
 Band II. (1979):  
 Das Skeletsystem: Allgemeines, Skeletsubstanzen, Skelet der Wirbeltiere einschliesslich Lokomotionstypen. pp. 327-376.  
 Band III. (1982):  
 Organe des aktiven Bewegungsapparates, der Koordination, der Umweltbeziehung, des Stoffwechsels und der Fortpflanzung. pp. 89-103.
- Steger, E.; Deponte, V.; Windhorst, Ch. (1974):  
 Anatomische Untersuchung zur Frage des sogenannten Costensyndroms.  
 Dtsch Zahnärztl Z 29: 531-535.

- Streeter, G.L. (1920):  
 Weight, sitting height, head size, foot length and menstrual age of the human embryo.  
 Contr Embryol 11: 143-170.
- Symons, N.B.B. (1952):  
 The development of the human mandibular joint.  
 J Anat 86: 326-332.
- Thenius, E. (1969):  
 Phylogenie der Mammalia; Stammgeschichte der Säugetiere.  
 (einschliesslich der Hominiden).  
 Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- Thompson, J.R.; Christiansen, E.; Sanser, D.; Hasso, A.N.; Hinshaw, D.B. (1985):  
 Dislocation of the temporomandibular joint meniscus: contrast arthrography vs. computed tomography.  
 A J R 144: 171-174.
- Toller, P.A. (1973):  
 Osteoarthritis of the mandibular condyle.  
 Br Dent J 134: 223-231.
- Trolle, D. (1948):  
 Age of foetus determined from its measures.  
 Acta Obstet Gynecol Scand 27: 327-337.
- Williams, P.L.; Warwick, R. (eds.) (1980):  
 Gray's anatomy.  
 Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Melbourne, New York.
- Yuodelis, R.A. (1970):  
 The morphogenesis of the human temporomandibular joint and its associated structures.  
 J Dent Res 45: 182-191.
- Zenker, W. (1956):  
 Das retroarticuläre plastische Polster des Kiefergelenks und seine mechanische Bedeutung.  
 Z Anat Entw Gesch 119: 375-388.
- Zimmermann, A.A. (1951):  
 An evaluation of Costen's syndrome from an anatomic point of view.  
 in: Sarnat, B.G. (ed.):  
 The temporomandibular joint.  
 Ch.C.Thomas, Springfield.

#### Geraadpleegde literatuur

- Bersch, W.; Reinbach, W. (1970):  
 Das Primordialcranium eines menschlichen Embryo von 52 mm Sch.-St.-Länge.  
 Z Anat Entw Gesch 132: 240-259.
- Burlet, H.M. de (1934):  
 Die mittlere Ohrsphäre  
 in: Bolk, L.; Göppert, G.; Kallius, E.; Lubosch, W. (ed.):  
 Handbuch der vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.  
 Urban u. Schwarzenberg, Berlin, Wien 2: 1381-1431.
- Doskocil, M. (1984):  
 Beitrag zum Studium der Entwicklung des Kniegelenk des Menschen.  
 Anat Anz 157: 35-41.

- Eschweiler, R. (1899):  
 Zur vergleichende Anatomie der Muskeln und der Topographie des  
 Mittelohres verschiedener Säugetiere.  
 Arch Mikrosk Anat 53: 558-622.
- Eschweiler, R. (1904):  
 Zur Entwicklung des schalleitenden Apparates mit besonderer  
 Berücksichtigung des Musculus tensor tympani.  
 Arch Mikrosk Anat 63: 150-196.
- Fiedler, W. (1953):  
 Die Kaumuskulatur der Insectivora.  
 Acta Anat 18: 101-175.
- Fischer, E. (1905):  
 On the primordial cranium of Tarsius spectrum.  
 Proc K Ned Akad Wet 8: 397-400.
- Goedbloed, J.F. (1960):  
 De vroege ontwikkeling van het middenoor.  
 Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden
- Henckel, K.O. (1927):  
 Zur Entwicklungsgeschichte des Halbaffenschädels.  
 Z Morphol Anthropol 26: 365-383.
- Henckel, K.O. (1928):  
 Das Primordialekranium von Tupaia und der Ursprung der  
 Primaten.  
 Z Anat Entw Gesch 86: 204-227.
- Holz, K. (1931):  
 Vergleichende anatomische und topographische Studien über das  
 Mittelohr der Säugetiere.  
 Z Anat Entw Gesch 94: 757-791.
- Le Gros Clark, W.E. (1925):  
 On the skull of Tupaia.  
 Proc Zool Soc Lond 1925: 559-567.
- McFarland, W.N.; Pough, F.H.; Cade, T.J.; Heiser, J.B. (1979):  
 Vertebrate life.  
 Macmillan Publishing Co., New York.
- Presley, R.; Steel, F.L.D. (1978):  
 The pterygoid and ectopterygoid in Mammals.  
 Anat Embryol 154: 95-110.
- Ramaswani, L.S. (1957):  
 The development of the skull in the slender loris,  
Loris tardigradus lydekkerianus Cabr.  
 Acta Zool 38: 27-68.
- Saad, M.M.; Doyle, W.J.; Gest, T.R. (1982):  
 Morphology of the middle ear in the rhesus monkey (Macaca mulatta).  
 Acta Anat 112: 117-130.
- Spatz, W. (1964):  
 Beitrag zur Kenntnis der Ontogenese des Cranium von Tupaia glis (Diard  
 1820).  
 Morph Jb 106: 321-416.
- Stadtmüller, F. (1934):  
 Kranium und Visceralskelett der Säugetiere.  
 in: Bolk, L.; Göppert, G.; Kallius, E.; Lubosch, W. (ed.):  
 Handbuch der vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.  
 Urban u. Schwarzenberg, Berlin, Wien 4: 959-1016.
- Szalay, F.S.; Delson, E. (1979):  
 Evolutionary history of the Primates.  
 Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.

Werner, Cl.F. (1960):

Das Gehörorgan der Wirbeltiere und des Menschen.  
VEB Georg Thieme, Leipzig.

Wong, G.B.; Weinberg, S.; Symington, J.M. (1985):

Morphology of the developing articular disc of the human  
temporomandibular joint.  
J Oral Maxillofac Surg 43: 565-569.



### **Curriculum vitae**

De schrijver werd geboren op 6 augustus 1960 te 's-Gravenhage. In mei 1979 werd aan de Rijksscholengemeenschap te Amersfoort het Atheneum-B diploma behaald; in oktober 1984 werd het tandartsexamen afgelegd aan de Rijksuniversiteit te Utrecht. Sinds juli 1985 is hij werkzaam aan de afdeling Mondziekten en Kaakchirurgie van het VU-ziekenhuis te Amsterdam. Het onderzoek dat tot onderwerp heeft gediend van dit proefschrift werd verricht in het Laboratorium voor Anatomie en Embryologie van de Rijksuniversiteit te Utrecht.





