

LE CARTILAGE DE MECKEL AU DÉBUT DE LA PÉRIODE FOETALE

C. BONTEMPS^{1,2}, C. CANNISTRÀ³, V. HANNECKE¹, P. MICHEL¹, L. FONZI², J.P. BARBET¹

1 Laboratoire d'Histologie Embryologie Cytogénétique, Faculté de Médecine Cochin Port-Royal, Paris - France

2 Dipartimento di Scienze Biomediche, Università di Siena, Siena - Italia

3 Département de Chirurgie Plastique, Hôpital Bichat, Paris - France

MOTS CLES: arcs branchiaux, cartilage de Meckel, développement, Homme, mandibule

KEY WORDS: pharyngeal arches, development, human, mandible, Meckel's cartilage

RESUME

Le cartilage de Meckel joue un rôle à part dans l'organisation topographique et la différenciation des structures faciales pendant la période embryonnaire puis très au-delà pendant la vie foetale. Nos observations à partir de coupes sériées de la tête chez deux foetus humains âgés respectivement de 12 et 14 semaines d'aménorrhée objectivent que la distinction entre les deux segments dorsal (tympanique) et ventral (mandibulaire) du cartilage de Meckel est parfaitement définie à 16 SA.

Dans le segment dorsal, les deux ébauches de la tête du marteau et de l'enclume sont encore purement cartilagineuses. Dans le segment ventral, il est également possible de décrire à 16 SA trois portions postérieure, moyenne et antérieure entièrement cartilagineuses. Le rôle initiateur de l'ossification mandibulaire de la portion antérieure du cartilage de Meckel conduit pendant la période embryonnaire à la formation du centre de croissance primaire de la diaphyse, qui est donc parfaitement défini à notre premier stade de 12 SA. L'évolution fibro-ligamentaire et surtout la lyse de l'essentiel du segment ventral du cartilage de Meckel ne commencent qu'après 16 SA.

ABSTRACT

Meckel's cartilage plays an important role in the topographical organisation and in the differentiation of the facial structure during the embryonal and even much later during the foetal period. Our observations on serial sections carried out in two human foetuses aged 12 and 16 weeks indicate that the two dorsal (tympanic) and ventral (mandibular) branches of Meckel's cartilage are perfectly defined at 16 weeks.

In the dorsal branch, the primordia of the incus and of head of the malleus are still composed on non-ossified cartilage. In the ventral branch, it is also possible to describe at 16 weeks three posterior, medial and anterior parts which are composed of cartilage. The initiating role played by the ventral part of Meckel's cartilage on the ossification of the mandible leads during the embryonal period to the formation of the mandibular primary growth center, which is therefore clearly defined in our first stage at 12 weeks. The partial fibrous evolution and the regression of the major part of the ventral branch of Meckel's cartilage only start after 16 weeks of intrauterine life.

INTRODUCTION

Peu après son apparition au cours de l'embryogenèse, le premier arc branchial ou arc mandibulaire se détermine en deux territoires crânial ou maxillaire et caudal ou mandibulaire qui vont se développer autour de la région du stomodeum (O'Rahilly et Müller 1996). Le cartilage de Meckel, sans doute observé pour la première fois par Kerckring (1670), apparaît classiquement vers le stade 16 de la classification Carnegie soit vers 37 jours de développement embryonnaire (Orliaguet et al. 1993 et 1994). Constituant l'axe cartilagineux de la partie

caudale du premier arc branchial, il évolue en deux territoires avec notamment une partie ventrale qui joue un rôle essentiel dans le développement de la mandibule (Mugnier 1964, Couly 1991, Fonzi 1999).

Même si les mécanismes précis de l'ossification mandibulaire restent discutés, le cartilage de Meckel joue clairement un rôle à part dans l'organisation topographique et la différenciation des structures faciales pendant la période embryonnaire puis très au-delà pendant la vie foetale.

Notre travail porte sur l'étude du cartilage de Meckel au début de la période foetale dans l'espèce humaine.

MATERIEL ET METHODES

L'étude concerne deux foetus, âgés respectivement de 12 et 14 semaines d'aménorrhée (=SA), obtenus à partir d'interruptions thérapeutiques de grossesse dans les conditions requises par la Législation nationale française.

L'âge de chaque foetus est établi par comparaison des données cliniques concernant la grossesse (date de dernières règles, échographies) avec les degrés macroscopique et histologique de développement (Barbet 1997). Il n'existe pas d'anomalie susceptible d'interférer avec le développement craniofacial.

Dans chaque cas, la moitié droite de la tête du foetus est incluse en paraffine puis coupée au microtome à une épaisseur de 5 μ m. Les coupes sériées ainsi obtenues, correspondant à des sections dans un plan transversal, sont colorées à l'hématéine-éosine puis observées en microscopie optique.

RESULTATS

Chez le foetus de 12 SA, le cartilage de Meckel constitue un axe de cartilage hyalin situé au milieu des dérivés mésenchymateux du territoire dérivant de la partie caudale du premier arc branchial. Cet axe cartilagineux est ainsi tendu depuis la région auriculaire en haut et en arrière jusqu'à la symphyse mandibulaire en bas et en avant. Dans sa partie la plus dorsale, la limite entre les futurs segments dorsal et ventral est marquée par une constriction incomplète (Figure 1a). En avant de la constriction, le cartilage présente d'abord un trajet relativement rectiligne (croisant par en dehors la branche terminale postérieure du nerf mandibulaire). Puis, il se rapproche de l'ébauche mandibulaire dont il représente alors le principal rapport interne. Le cartilage de Meckel reste d'abord bien séparé de l'ébauche osseuse de la partie postérieure de la mandibule, ce pratiquement jusqu'au niveau de son croisement avec le nerf dentaire inférieur (Figure 1b). Enfin, dans sa partie toute antérieure, le cartilage chemine au contact de la paroi interne du centre d'ossification de la mandibule (Figure 1c) jusqu'à la région symphysaire (Figure 1d). Il est toujours constitué de cartilage hyalin mais le périchondre devient adhérent voire même par endroits en continuité directe avec le tissu chondroïde ou les premières lamelles osseuses de la mandibule. Nous n'avons pas observé, sur l'ensemble des coupes sériées examinées de véritable foyer d'hypertrophie ni, à fortiori, de foyer d'ossification endochondrale du cartilage de Meckel.

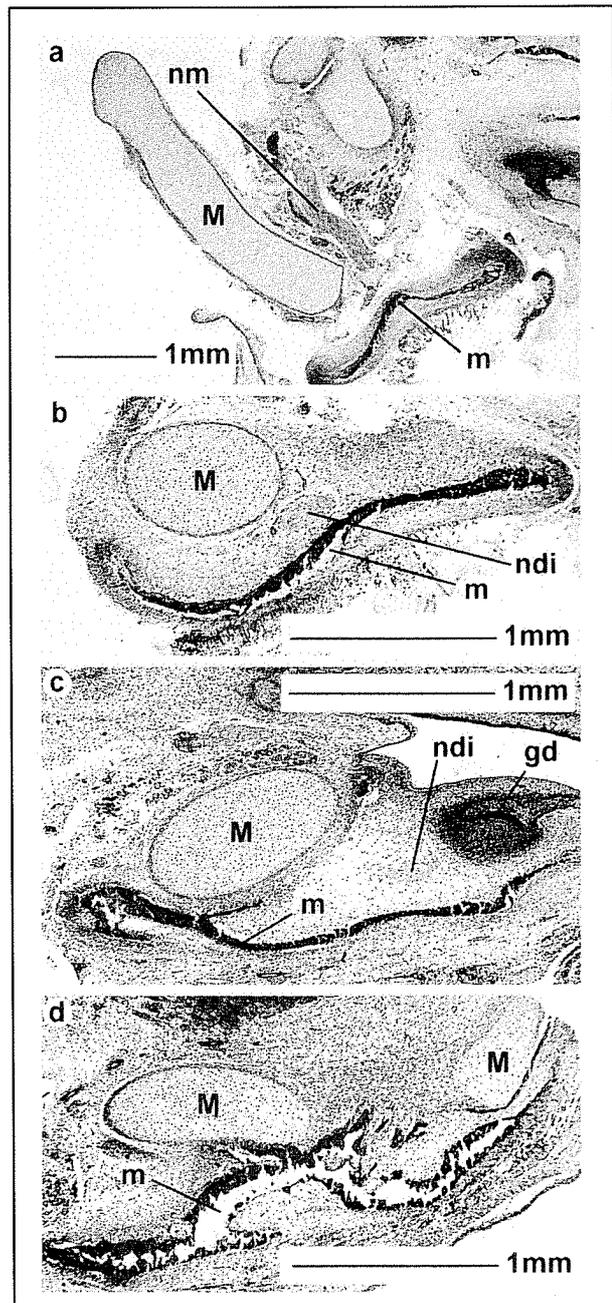


Fig. 1: Coupes transversales étagées de la moitié droite de la tête chez un foetus âgé de 12 semaines d'aménorrhée. Coloration à l'hématéine-éosine.

a = section passant par la région auriculaire
 b, c et d = sections successives étagées de haut en bas à différents niveaux de la région du corps de la mandibule
 gd = germe dentaire, M = cartilage de Meckel, m = mandibule, ndi = nerf dentaire inférieur, nm = nerf mandibulaire (branche terminale postérieure).

Chez le fœtus de 16 SA, la disposition générale du cartilage de Meckel reste celle d'une structure tendue depuis la région auriculaire en haut et en arrière jusqu'à la symphyse mandibulaire en bas et en avant, ainsi que l'illustrent les différents niveaux de coupe présentés dans les Figures 2 et 3.

Dans la région auriculaire postérieure (ou dorsale), la limite entre les segments dorsal et ventral du cartilage de Meckel est marquée par une constriction maintenant très nette (Figure 2a). Au niveau de la future oreille moyenne, les deux ébauches cartilagineuses du marteau et de l'enclume (constituant la partie dorsale du Meckel) répondent directement à la membrane tympanique et, plus en dehors, au pavillon de l'oreille avec le conduit auditif externe (Figure 2 a, b et c).

En avant, le segment ventral du cartilage de Meckel est partout constitué de cartilage hyalin. Trois portions peuvent être distinguées : portion postérieure croisant par en dedans et à distance la région du condyle et de l'articulation temporo-maxillaire (Figure 2 a, b, c et d); portion moyenne longeant à distance la face interne de la mandibule (Figure 2d, Figure 3 a et b); enfin, portion antérieure où le cartilage de Meckel longe par en dedans la portion horizontale du corps de la mandibule jusqu'à la région symphysaire. Cette portion antérieure reste constituée exclusivement de cartilage hyalin mais le périchondre est adhérent voire par endroits en continuité directe avec le tissu chondroïde ou les premières lamelles osseuses de la mandibule (Figure 3 g et h). Ici encore, nous n'avons pas observé de véritable foyer d'hypertrophie ni, à fortiori, de foyer d'ossification endochondrale du cartilage de Meckel sur les différents niveaux de coupe examinés.

Fig. 2: Coupes transversales étagées de la moitié droite de la tête chez un fœtus âgé de 16 semaines d'aménorrhée. Coloration à l'hématéine-éosine.

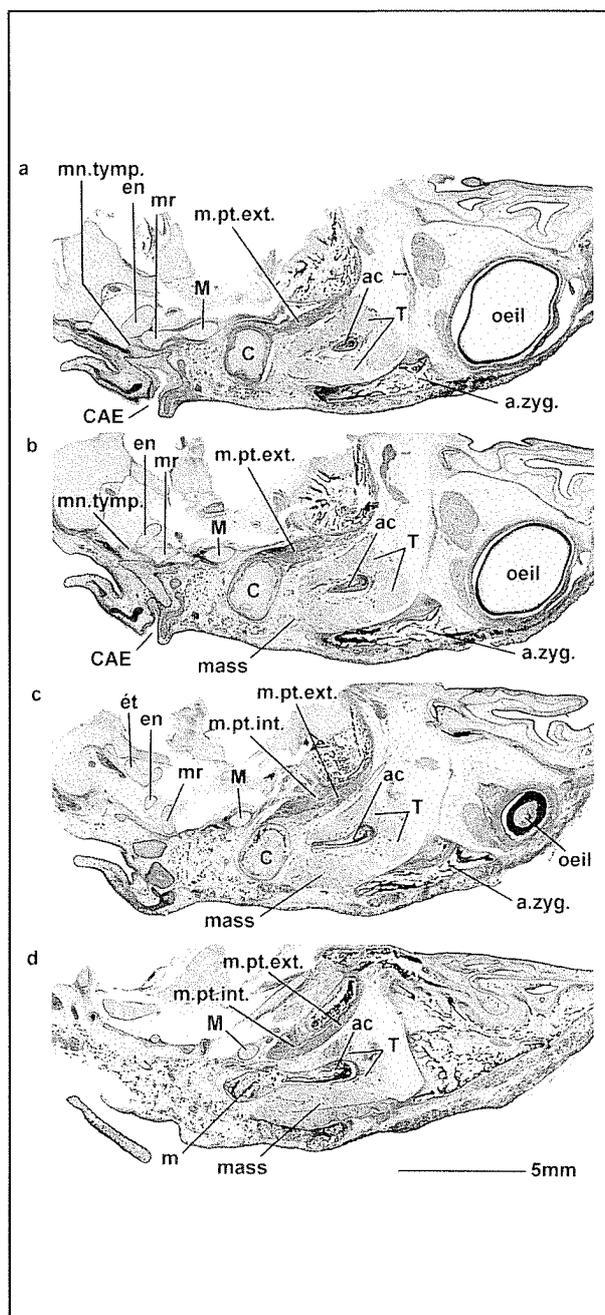
a, b, c et d = sections successives étagées de haut en bas passant par la région auriculaire.

ac = apophyse coronoïde, a.zyg. = arcade zygomatique, C = condyle, CAE = conduit auditif externe, en = enclume, ét = étrier, M = cartilage de Meckel, m = mandibule, mass = masséter, m.pt.ext. = muscle ptérygoidien externe, m.pt.int. = muscle ptérygoidien interne, mn.tymp. = membrane tympanique, mr = marteau, T = muscle temporal.

DISCUSSION

Nos résultats confirment évidemment les conditions d'évolution générale du cartilage de Meckel avec ses deux segments dorsal (tympanique) et ventral (mandibulaire). La distinction entre ces deux territoires, ébauchée à 12 SA, est parfaitement claire à 16 SA où un sillon de constriction est bien visible entre le cartilage de la tête du marteau et le reste du cartilage de Meckel.

Le segment dorsal du cartilage de Meckel se présente



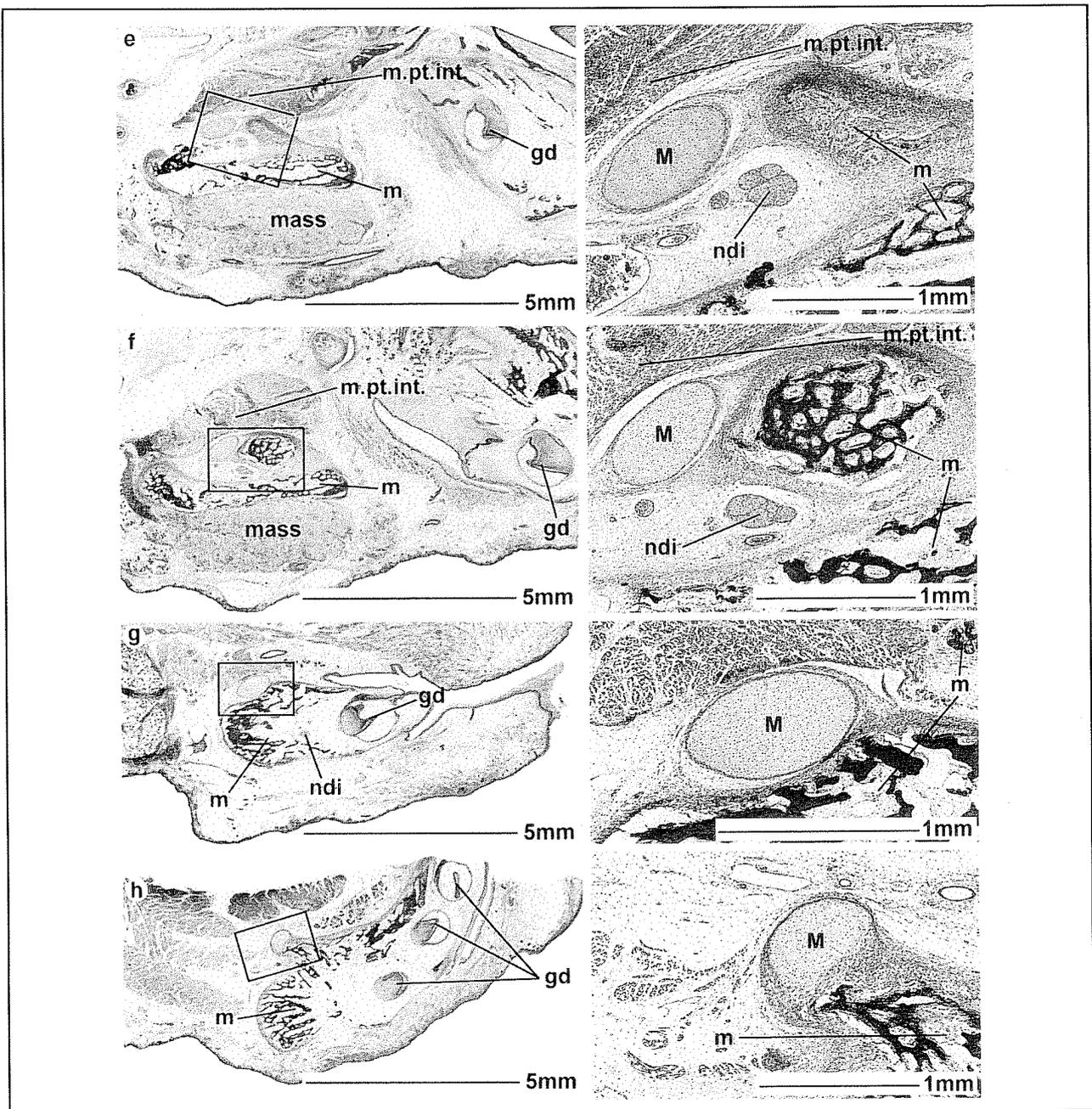


Fig. 3: Coupes transversales étagées de la moitié droite de la tête chez un foetus âgé de 16 semaines d'aménorrhée. Coloration à l'hématéine-éosine.

e, f, g, h = sections successives étagées de haut en bas de la région du corps mandibulaire.

gd = germe dentaire,

M = cartilage de Meckel,

m = mandibule,

mass = masséter,

m.pt.int. = muscle ptérygoidien interne,

ndi = nerf dentaire inférieur.

alors sous forme de deux pièces cartilagineuses, situées dans la région de la future oreille moyenne, en dedans du conduit auditif externe et de la membrane tympanique. Leur ossification sur un mode endochondral et péri-chondral débute après 16 SA pour conduire, vers 4 mois, à la formation des ébauches osseuses de la tête du marteau et de l'enclume (Maronneaud 1948).

La portion ventrale ou mandibulaire représente quantitativement l'essentiel du cartilage de Meckel, tendue entre la région auriculaire et la symphyse mandibulaire. Au plan topographique, il est possible dès 16 SA de lui définir précisément trois portions distinctes: postérieure para-condylienne, moyenne para-mandibulaire et antérieure para-symphysaire. Comme le souligne notamment Mugnier (1964), ces trois portions ont un avenir très différent.

La portion postérieure part de la région de l'oreille moyenne pour croiser par en dedans la région de l'articulation temporo-maxillaire et du condyle, dont elle reste toujours bien séparée. Signalons à ce propos que l'articulation proprement dite se forme entre 10 et 12 SA tandis que le disque est bien constitué à 14 SA (Wong et al. 1985, van der Linden et al. 1987). La portion para-condylienne du cartilage de Meckel ne joue aucun rôle dans l'ossification de la mandibule et va régresser par la suite, pour ne persister selon certains que sous la forme de structures ligamentaires comme le ligament antérieur du marteau et le ligament sphéno-mandibulaire (Rodríguez-Vázquez et al. 1992).

La portion moyenne qui suit en dedans l'essentiel du trajet de la mandibule, en reste toujours séparée et ne participe pas à son ossification. Cette deuxième portion, para-mandibulaire, du segment ventral du cartilage de Meckel, finira par régresser pour totalement disparaître vers le 8ème mois de la vie foetale.

La portion antérieure est la plus importante pour ce qui concerne l'ossification mandibulaire, même si les mécanismes précis restent discutés. De façon indiscutable, cette portion antérieure du cartilage de Meckel subit une ébauche d'ostéogenèse en même temps que l'os mandibulaire de la région symphysaire se forme et l'englobe (Mugnier 1964). Le cartilage présente, dans sa partie toute ventrale, des phénomènes de pré-ossification avec en particulier transformation de la structure hyaline en cartilage hypertrophique (Kjaer 1975, Goret-Nicaise et Dhem 1983) mais tout semble se résumer, comme l'a décrit Maronneaud dès 1948, à une "amorce d'ossification indirecte destinée à donner un os primaire, mais qui se trouve tout au début submergé et étouffé par un processus d'ossification directe". Le cartilage de Meckel disparaîtra assez précocément dans cette région, classiquement avant 90 jours et en tout cas

avant le 6ème mois de la vie intra-utérine.

Au plan chronologique, un premier noyau d'ossification - plus ou moins situé dans la région comprise entre l'ébauche de la première incisive et le futur trou mentonnier - apparaît dans le mésenchyme proche du cartilage de Meckel vers le stade 17 de la classification Carnegie (environ 40-41 jours de développement). La formation de ce premier noyau fait intervenir l'apparition puis l'ossification d'un tissu chondroïde (Goret-Nicaise et Dhem 1983) que Bareggi et al. ont même proposé d'individualiser sémantiquement sous le nom de cartilage secondaire de la région de la symphyse mandibulaire (1994). Ce noyau s'étend ensuite en avant, en arrière ainsi que vers le haut pour constituer une première ébauche d'os membraneux pour la symphyse, le corps de la mandibule ainsi que les processus coronoïdes. A partir d'un travail récent sur une série de 38 embryons et 111 foetus humains, Lee et al. ont proposé de désigner cette structure sous le nom de centre de croissance primaire de la mandibule (2001). Au plan topographique, la plaque externe du futur corps mandibulaire est complétée par un prolongement vertical vers le haut qui en forme la plaque interne. Ainsi se trouve constituée une première ébauche osseuse en forme de fer à cheval à concavité supérieure, dont le tissu conjonctif héberge les vaisseaux et nerfs dentaires inférieurs (Fonzi 1999). Ce centre est constitué avant la fin de la période embryonnaire proprement dite, ce qui explique qu'il soit parfaitement défini chez notre premier foetus à 12 SA. Il en est de même comme nous l'avons vu du condyle, dont le centre cartilagineux secondaire est apparu et a commencé à s'ossifier sur un mode endochondral avant la fin de la période embryonnaire.

REFERENCES

- BARBET J.P.** - Pathologie embryo-foetale. Paris, Masson, 1997.
- BAREGGI R., NARDUCCI P., GRILL V., SANDRUCCI M.A., BRATINA F.** - On the presence of a secondary cartilage in the mental symphyseal region of human embryos and fetuses. *Surg.-Radiol. Anat.* 16, 379-384, 1994.
- COULY G.** - Développement céphalique. Embryologie, croissance, pathologie. Paris, éditions CdP, 1991.
- FONZI L.** - Rappels de morphogenèse de la mandibule et de l'ATM. *Bull. Group. Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol.* 41, 48-52, 1999.
- GORET-NICAISE M., DHEM A.** - Presence of chondroid tissue in the symphyseal region of the growing human mandible. *Acta Anat.* 113, 189-195, 1983.
- GORET-NICAISE M., PILET D.** - A few observations about Meckel's cartilage in the human. *Anat. Embryol.* 167, 365-370, 1983.
- KJAER I.** - Histochemical investigations on the symphysis menti in the human fetus related to fetal skeletal maturation in the hand and foot. *Acta Anat.* 93, 606-633, 1975.
- KERCKRING T.** - Osteogenia foetuum, in : *Spicilegium anatomicum*. Amsterdam, Andreae Frisii, 1670.
- LEE S.K., KIM Y.S., OH H.S., YANG K.H., KIM E.C., CHI J.G.** - Prenatal development of the human mandible. *Anat. Rec.* 263, 314-325, 2001.
- MARONNEAUD P.L.** - L'ossification des formations cartilagineuses du premier arc branchial. *Rev. Odont. Stomatol.*, 11-22 et 42-57, 1948.
- MUGNIER A.** - Embryologie et développement bucco-facial. Paris, Masson Prélat, 1964.
- ORLIAGUET T., DÉCHELOTTE P., SCHEYE T., VANNEUVILLE G.** - Relations between Meckel's cartilage and the morphogenesis of the mandible in the human embryo. *Surg.-Radiol. Anat.* 15, 41-46, 1993.
- ORLIAGUET T., DARCHA C., DÉCHELOTTE P., VANNEUVILLE G.** - Meckel's cartilage in the human embryo and fetus. *Anat. Rec.* 238, 491-497, 1994.
- O'RAHILLY R., MÜLLER F.** - Human embryology and teratology. 2nd ed. New York, Wiley-Liss, 1996.
- RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ J.F., MÉRIDA - VELASCO J.R., JIMÉNEZ COLLADO J.** - Development of the human sphenomandibular ligament. *Anat. Rec.* 233, 453-460, 1992.
- VAN DER LINDEN E.J., BURDI A.R., DE JONGH H.J.** - Critical periods in the prenatal morphogenesis of the human lateral pterygoid muscle, the mandibular condyle, the articular disc and medial articular capsule. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 91, 22-28, 1987.
- WONG G.B., WEINBERG S., SYMINGTON J.M.** - Morphology of the developing articular disc of the human temporomandibular joint. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 43, 565-569, 1985.

Auteur Responsable:

Pr J.P. BARBET

Laboratoire d'Histologie Embryologie Cytogénétique

Faculté de Médecine Cochin Port-Royal

24 rue du Faubourg Saint Jacques

F-75014 Paris

France