

Chapitre 2

Croissance et développement de l'enfant

Plan du chapitre

Neurocrâne	33
Viscérocrâne	37
Développement postnatal	38
Développement psychomoteur	49

Théoriquement, le terme « croissance » est employé pour décrire une augmentation de la taille du corps ou d'une partie du corps. Le terme « développement » fait communément référence aux changements dans les fonctions, prises au sens large, et comprenant les fonctions musculosquelettiques, tout autant que les fonctions soumises à l'influence des conditions environnementales, émotionnelles ou sociales.

Le crâne est composé de deux parties : le neurocrâne, qui entoure et protège le cerveau, et le viscérocrâne ou splanchnocrâne, qui forme la face. Le neurocrâne est par ailleurs divisé en une base et une voûte (ou calvaria). La croissance du crâne est complexe ; les différentes parties qui le forment ont plusieurs origines et différentes fonctions. Bien que complexe, l'étude de cette croissance est primordiale pour la compréhension et le traitement des dysfonctions s'installant durant cette période.

Neurocrâne

Le neurocrâne humain se développe à partir du mésenchyme qui se condense autour des vésicules cérébrales primitives. Bien que la plupart des os du système squelettique passent par les stades mésenchymateux et cartilagineux avant leur ossification, certaines parties du crâne ne suivent pas cette

séquence et ne passent pas par la phase de chondrification. Ainsi, les os de la voûte et certaines parties des os de la base s'ossifient à partir de la membrane du tissu mésenchymateux primitif ; on les qualifie parfois d'os membraneux. Les autres os qui forment la base crânienne passent par les stades mésenchymateux, cartilagineux puis osseux ; on les qualifie d'os cartilagineux.

À la fin du 1^{er} mois de gestation, les cellules mésenchymateuses qui entourent les vésicules cérébrales primitives augmentent en nombre et se condensent. Elles forment le desmocrâne, d'où dérivent les os membraneux et cartilagineux. À ce stade, les cellules mésenchymateuses localisées entre la partie crânienne du tube neural et l'intestin primitif s'épaississent et s'organisent pour constituer le basicrâne primordial.

Au début du 2^e mois, l'arrangement des cellules mésenchymateuses génère la meninx primitiva, ou méninge primaire. De ce tissu, dérivent deux couches qui vont se différencier en une couche interne, l'endoméninge (leptoméninge), et une couche externe, l'ectoméninge (pachyméninge). L'endoméninge donne l'arachnoïde et la pie-mère, alors que l'ectoméninge se différencie en une lame profonde pour la dure-mère, et en une lame superficielle pour le futur neurocrâne cartilagineux et le futur neurocrâne membraneux.

Chondrocrâne

À la fin du 2^e mois, vers la 7^e semaine, de nombreux centres de chondrification se développent dans le desmocrâne. Ils s'organisent en amas et forment des plaques de tissu chondroïde.

Les premières sont localisées en avant de la notochorde, près de son extrémité rostrale. Elles forment les plaques cartilagineuses parachordales et prennent part dans le développement de la plaque basale, dans la zone du dos de la selle de l'os sphénoïde. La chondrification progresse dans la région occipitale pour former le cartilage occipital. Ce cartilage incorpore les sclérotomes des somites occipitaux et forme la future partie basilaire de l'occiput. En raison de cette incorporation, le nerf accessoire (XI) et le nerf hypoglosse (XII), initialement extracrâniens, sont aussi incorporés. En même temps que cette progression, de chaque côté, les condensations mésenchymateuses augmentent, engendrant les parties condyliennes de l'occiput. Elles se développent en entourant le XII, et forment l'ébauche du canal de l'hypoglosse et la circonférence du foramen magnum (figure 2.1).

On retiendra que les nerfs ne traversent pas les os. Plutôt, les nerfs et les structures vasculaires sont présents avant le début du développement squelettique, et le crâne cartilagineux primordial se développe en les entourant, tout en établissant un rapport étroit avec les tissus conjonctifs de leur périnèvre (perineurium) et de leur adventice. De fait, il y a continuité entre les différents tissus du corps.

Lorsque le développement continue, le chondrobasicrâne primitif s'étend vers l'avant, dans la région de la future selle turcique, autour de la glande pituitaire en développement, pour former les cartilages polaires et hypophysaires. Ces derniers, en association avec les cartilages trabéculaires, participent à la formation du corps sphénoïdal primordial. En même temps, de chaque côté, les cartilages de l'orbitosphénoïde et de l'alisphénoïde se développent. Ils deviennent plus tard, respectivement, les petites et les grandes ailes du sphénoïde.

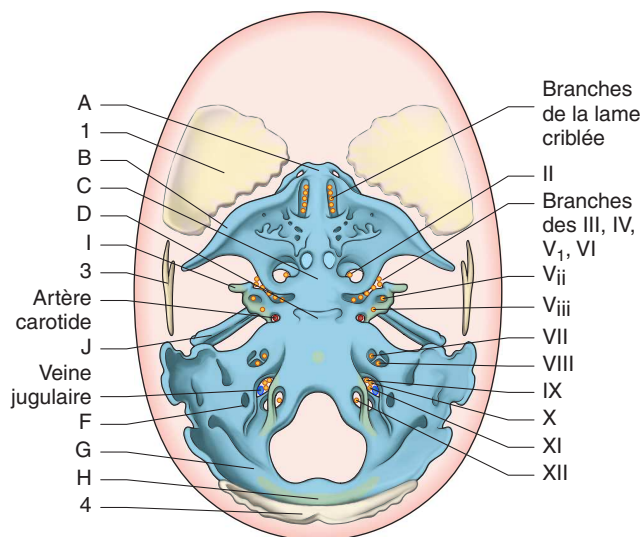


Figure 2.1. Développement du crâne. Vue supérieure du crâne d'un embryon humain (40 mm).

Os cartilagineux : A : capsule nasale ; B : orbitosphénoïde ; C : présphénoïde ; D : postsphénoïde ; E : basiocciput ; F : capsule otique ; G : exocciput ; H : supraocciput ; I : alisphénoïde ; J : cartilage de Meckel ; K : malléus ; L : styloïde ; M : hyoïde ; N : thyroïde ; O : cricoïde ; P : aryténoïde. Os membraneux : 1 : frontal ; 2 : nasal ; 3 : écaillé du temporal ; 4 : écaillé de l'occipital ; 5 : pariétal ; 6 : maxillaire ; 7 : lacrymal ; 8 : zygomatique ; 9 : palatin ; 10 : vomer ; 11 : lame médiale du processus ptérygoïde ; 12 : anneau tympanique ; 13 : mandibule.

Source : Gray's Anatomy, 41st ed., fig. 36.20B.

La chondrification continue sa progression vers l'avant, autour des placodes nasales, pour former les capsules nasales, ébauches des futurs labyrinthes ethmoïdaux et cornets nasaux. La partie centrale génère le septum nasal qui reste cartilagineux après la naissance, et joue un rôle important dans la croissance faciale en tant que «matrice fonctionnelle» [1, 2].

Vers la 5^e semaine, les capsules otiques se développent bilatéralement autour des vésicules auditives, ébauches des futurs canaux semi-circulaires et cochlée. Elles vont fusionner avec les cartilages parachordaux pour former les futures parties pétreuse et mastoïdienne de l'os temporal. Ce faisant, elles entourent la veine jugulaire interne et les nerfs glosso-pharyngien (IX), vague (X) et accessoire (XI); ce hiatus deviendra le foramen jugulaire.

Environ à la 8^e semaine de gestation, au niveau de la base crânienne, le chondrocrâne a presque totalement remplacé le mésenchyme du desmo-crâne [3]. Il forme une fondation stable, une sorte de tuteur pour le cerveau. Les os occipital, sphé-noïde, temporal, frontal et ethmoïde, qui forment la base crânienne ou basicrâne, se développeront par ossification endochondrale. Cependant, à l'ex-ception de l'ethmoïde, tous ces os ont aussi des parties membraneuses qui ne passent pas par la phase de chondrification. En effet, l'ethmoïde comme le cornet nasal inférieur se développent complètement à partir d'une ossification endo-chondrale [2]. En comparaison, les os de la calva-ria sont formés principalement par ossification intramembraneuse (figures 2.1 à 2.3).

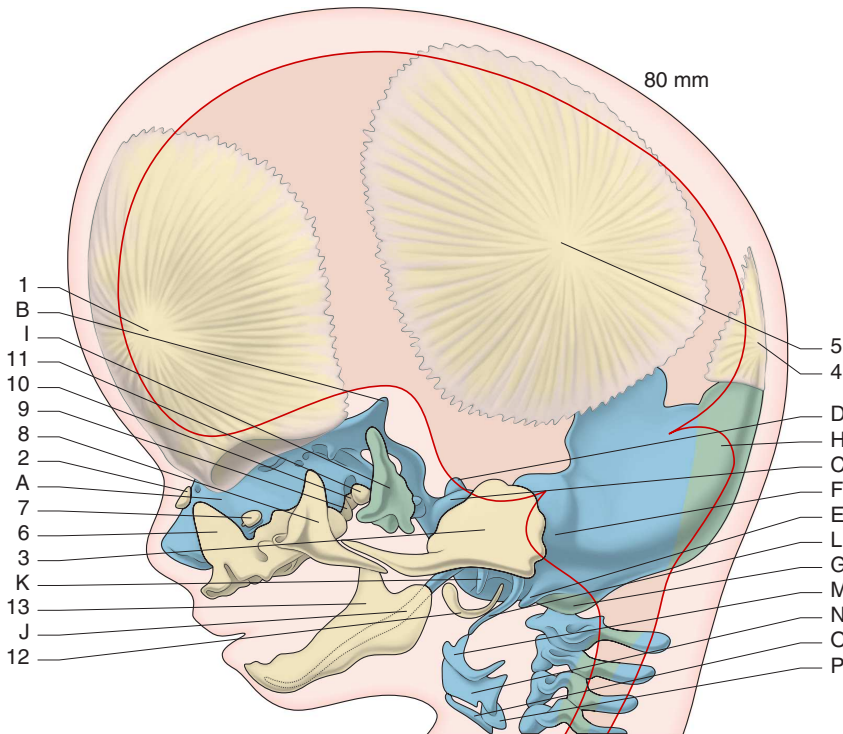


Figure 2.2. Développement du crâne.

Vue latérale du crâne d'un embryon humain (80 mm). Voir légende figure 2.1.

Source : *Gray's Anatomy*, 41st ed., fig. 36.20D.

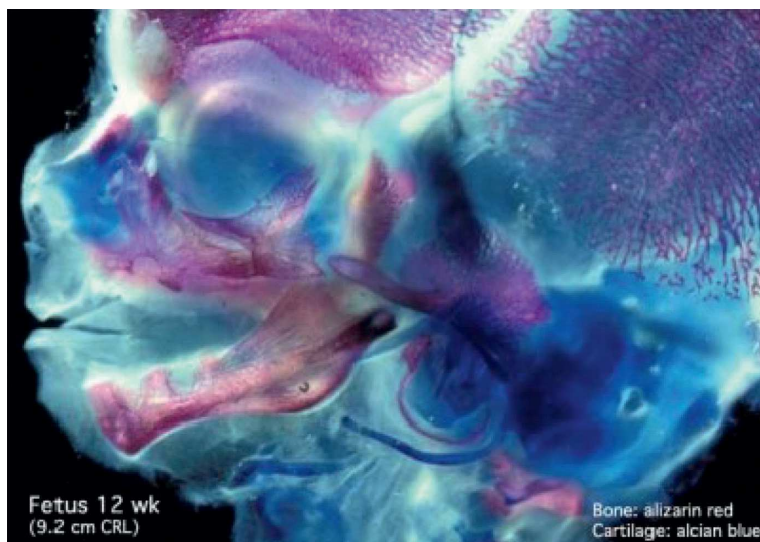


Figure 2.3. Développement du crâne. Vue latérale du crâne d'un embryon humain (92 mm, 12 semaines).

Les os de la base crânienne se développent par ossification endochondrale. À l'exception de l'ethmoïde, ces os ont aussi des parties membraneuses qui ne passent pas par la phase de chondrification. En comparaison, les os de la calvaria sont formés principalement par ossification intramembraneuse.

Source : © Dr Mark Hill 2018, UNSW Embryology, ISBN : 978 0 7334 2609 4 - UNSW CRICOS Provider Code No. 00098G. Image source : Dr Virginia Diewert. Téléchargé à l'adresse : https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php?title=File:Fetal_head_lateral.jpg. Reproduction autorisée.

Ossification

Précisément à 12 semaines et 4 jours de gestation, l'ossification commence au niveau de l'os occipital [4]. Elle progresse alors vers l'avant dans la base crânienne, avec l'ossification progressive du post-sphénoïde autour de la selle turcique, du présphénoïde autour de la zone du sillon chiasmatique (sulcus chiasmatis), et en dernier de l'ethmoïde. L'ossification se déroule constamment selon cette progression.

De nombreux centres d'ossification composent la plupart des os du crâne. Certains auteurs ont identifié jusqu'à 110 centres d'ossification dans le crâne embryonnaire [3]. La complexité de ce processus d'ossification repose en partie sur la multiplicité des termes employés pour décrire ces centres. On retiendra que ces centres d'ossification se développent dans la trame du chondrocrâne et s'étalent vers la périphérie pour joindre leurs homologues. Ainsi, des relations intraosseuses cartilagineuses s'organisent entre les divers centres d'ossification

qui, en fonction de l'os considéré, peuvent être ou ne pas être totalement ossifiées à la naissance.

La partie cartilagineuse de l'os occipital dérive de cinq centres primaires d'ossification qui entourent la moelle épinière pour former le foramen magnum. Il y a un centre primaire pour la partie basilaire antérieure de l'os occipital ou basiocciput, un pour chacun des segments pairs latéraux des exoccipitaux, et deux pour la partie inférieure de l'écaille. Ces différentes parties cartilagineuses n'ont pas fusionné à la naissance.

Le sphénoïde est plus complexe, avec de multiples centres d'ossification qui s'unissent pour former les cinq unités habituellement décrites. Ce sont une structure médiane, le corps du sphénoïde comprenant les centres des pré- et postsphénoïde, et de chaque côté, les petites ailes ou orbitosphénoïdes et les grandes ailes ou alisphénoïdes. Le centre du présphénoïde constitue le corps du sphénoïde en avant du tubercule de la selle et du sillon chiasmatique. Le centre du postsphénoïde s'ossifie autour de la selle turcique pour former le dos de la selle et

le corps du sphénoïde en arrière du tubercule de la selle. Les présphénoïde et postsphénoïde s'unissent à la synchondrose intrasphénoïdale qui s'ossifie habituellement vers le 8^e mois de gestation.

Le cartilage du méséthmoïde est la partie médiale de la base crânienne antérieure, formée partiellement par le cartilage du présphénoïde. Il deviendra la lame perpendiculaire et la crista galli de l'ethmoïde [4]. À la naissance, le méséthmoïde reste cartilagineux. Il joue un rôle très significatif dans la morphogenèse faciale [5].

Vers la 17^e semaine, l'ossification de la condensation mésenchymateuse débute au niveau des os temporaux, de leur partie squameuse et du processus zygomatique, et approximativement à la 21^e semaine, la cochlée et le canal semi-circulaire latéral atteignent leur taille adulte [6]. Ils sont enfoncés dans la capsule otique cartilagineuse, où les centres d'ossification de la partie pétromastoïdienne apparaissent pendant le 5^e mois. La partie tympanique des os temporaux se forme aussi dans le mésenchyme.

Rappelons que la base crânienne du neurocrâne se développe à partir d'une double ossification endochondrale et intramembraneuse. L'occiput, le sphénoïde et les os temporaux démontrent les deux types d'ossification pendant que l'ethmoïde et le cornet nasal dérivent entièrement de l'ossification endochondrale [3].

L'ossification du neurocrâne membraneux donne la voûte crânienne ou calvaria. Les centres d'ossification du mésenchyme desmocrânien se développent vers la périphérie, séparés par des tissus membraneux devenus sutures. Le développement des centres d'ossification forme les os de la calvaria. Ce sont les os frontal, pariétaux, les parties squameuses des os temporaux et la partie supérieure de l'écaille de l'occipital (supraoccipital). Les sutures qui séparent ces os sont la suture sagittale entre les os pariétaux, la suture métopique entre les os frontaux, la suture coronale paire entre les deux frontaux et les deux pariétaux, la suture lambdoïde paire entre les parties supraoccipitales et les pariétaux, et les sutures squameuses entre les pariétaux, temporaux et le sphénoïde. Le neurocrâne membraneux est sous l'influence du

cerveau en développement qui exerce un stimulus très significatif sur la croissance de la calvaria pendant la période fœtale. Le neurocrâne membraneux présente aussi un rapport très étroit avec la dure-mère qui agit sur la régulation des sites de croissance calvariale, dont une grande partie s'effectue sur les bords des sutures [7].

Viscérocrâne

Plusieurs origines sont démontrées pour le viscérocrâne, avec des interactions complexes entre la migration des cellules de la crête neurale et le déplacement embryonnaire du tissu associé à la neurulation, c'est-à-dire la formation de la plaque neurale et sa fermeture pour constituer le tube neural [8, 9]. De plus, pendant toute la croissance, il existe un rapport étroit entre le cerveau, les organes des sens et le développement du viscérocrâne. Les crêtes neurales proviennent de la partie dorsale du tube neural. Elles migrent et se différencient en plusieurs types de cellules, comme les cellules sensibles des ganglions des nerfs crâniens trijumeau (V), glossopharyngien (IX) et vague (X), mais aussi comme celles d'une partie des méninges et du crâne.

Au cours de leur migration, à partir de la 4^e semaine, les crêtes neurales forment plusieurs proéminences ou bourgeons. De ce fait, les ébauches de la face sont constituées par un bourgeon frontonasal médian, et par deux structures paires dérivées du premier arc pharyngien, les bourgeons maxillaires et mandibulaires. Le bourgeon frontonasal forme plus tard une proéminence nasale médiale avec de chaque côté une proéminence nasale latérale. Le bourgeon frontonasal façonne le front, le milieu du nez, le philtrum de la lèvre supérieure et le palais primaire, pendant que les proéminences nasales latérales constituent les côtés du nez (figures 2.4 à 2.7).

Après la plicature craniale, le stomodéum, ou future cavité orale, est délimité cranialement par le cerveau antérieur et caudalement par la proéminence cardiaque. Entre le stomodéum et le

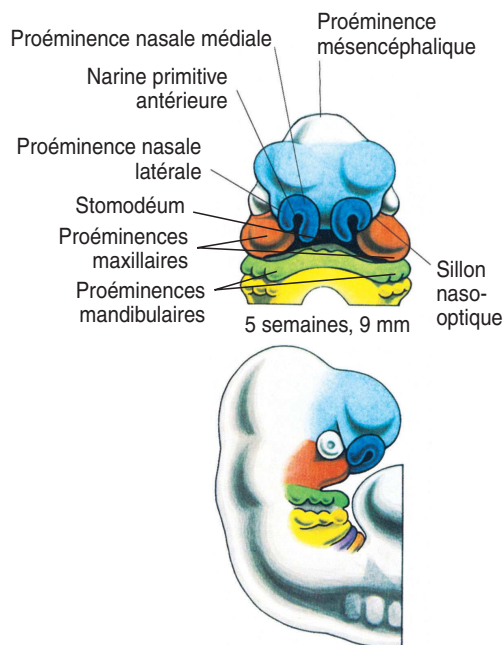


Figure 2.4. Développement du viscérocrâne.

Vues frontale et latérale à 5 semaines, 9 mm.

Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 3.142.

thorax, la région mandibulaire et le cou se développent à partir de six paires d'arcs pharyngiens. Le premier arc pharyngien est tout à fait différent des autres arcs. Il présente une proéminence dorsale ou maxillaire et une proéminence ventrale ou mandibulaire. Une partie cartilagineuse, le cartilage de Meckel, se développe bilatéralement dans les premières paires des arcs pharyngiens; le malleus et l'incus pourraient en être dérivés [10]. Cependant, c'est dans le mésenchyme des premiers arcs que l'ostéogenèse membraneuse de la mandibule et des maxillaires s'organise [9, 11]. De chaque côté, les os zygomatiques, les parties squameuses des os temporaux, l'anneau tympanique, les os lacrymaux et nasaux dérivent aussi du mésenchyme du premier arc par une ossification membraneuse. Les muscles masticateurs dérivent également des premiers arcs, alors que les muscles de la mimique proviennent des deuxième arcs. Le cartilage du deuxième arc, ou cartilage de Reichert, engendre le stapès, le processus styloïde de l'os temporal, le ligament stylohyoïdien, la petite corne et une partie du corps de l'os hyoïde.

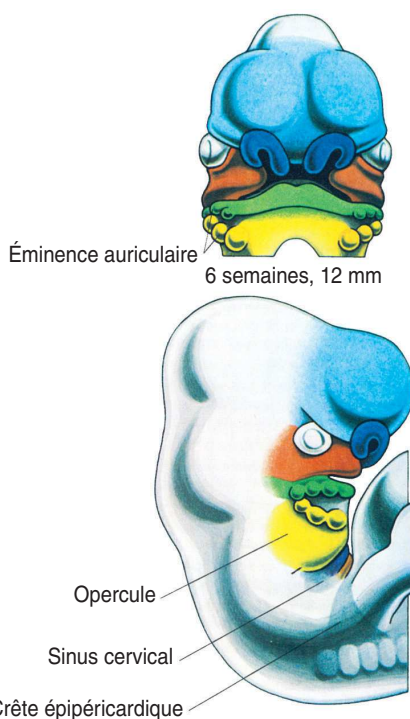


Figure 2.5. Développement du viscérocrâne.

Vues frontale et latérale à 6 semaines, 12 mm.

Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 3.142.

La migration médiale des proéminences maxillaires, et la fusion des deux côtés, forme le toit de la cavité orale ou palais primaire. Elle accompagne aussi la formation du philtrum de la lèvre supérieure. Vers la 6^e semaine de gestation, le palais secondaire apparaît. Il dérive de la fusion sur la ligne médiane des processus palatins ou lames palatines développés à partir des proéminences nasales latérales. Un défaut de fusion des processus palatins se solde par des fentes palatines et labiales. Pendant la formation du palais, les proéminences fronto-nasale et nasale médiale forment le septum nasal, qui s'étendra vers le bas pour rejoindre le palais [3].

Développement postnatal

Normalement, la circonférence de la tête est de 35 cm à la naissance. Elle doit atteindre 47 cm à la fin de la première année, avec une croissance

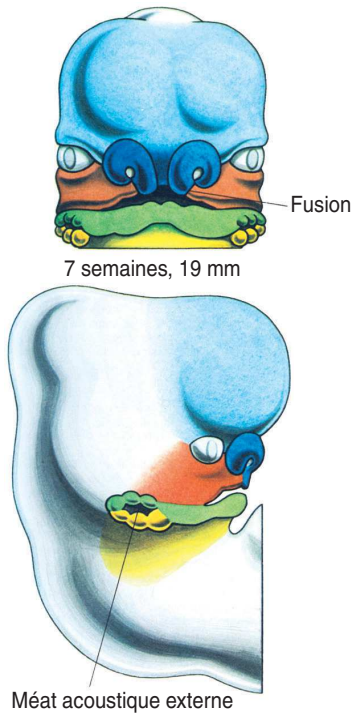


Figure 2.6. Développement du viscérocrâne.
Vues frontale et latérale à 7 semaines, 19 mm.
Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 3.142.

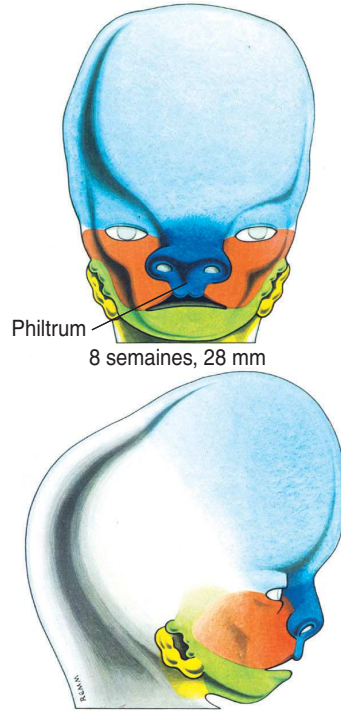


Figure 2.7. Développement du viscérocrâne.
Vues frontale et latérale à 8 semaines, 28 mm.
Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 3.142.

d'approximativement 6 cm les trois premiers mois. En comparaison, à la naissance, l'enfant mesure 50 cm, et 75 cm à la fin de la première année; à 4 ans, la taille de l'enfant est normalement le double de celle de la naissance.

À la naissance, la plupart des os n'ont pas complété leur ossification et ils sont formés d'une ou de plusieurs parties. Les dysfonctions crâniennes somatiques peuvent déjà être présentes, représentées par une fonction altérée des structures crâniennes et des éléments myofasciaux, vasculaires, lymphatiques et neuraux qui leur sont rattachés. N'importe quelle contrainte crânienne pendant la période foetale ou n'importe quel traumatisme pendant la naissance peut en être la cause (voir le chapitre 4). Chacun des os du crâne peut être impliqué, résultant en une dysfonction interosseuse ou articulaire. Les dysfonctions peuvent aussi être situées entre les différents constituants d'un os, résultant alors en une dysfonction intraosseuse.

Base crânienne

Les différentes articulations de la base crânienne sont nommées synchondroses. Par définition, ce sont des articulations cartilagineuses dans lesquelles deux os sont unis par un fibrocartilage. En fait, l'union cartilagineuse est un vestige du chondrocrâne. Dès lors, les os ne doivent pas être considérés comme séparés par des fibrocartilages; ils doivent plutôt être envisagés comme les parties d'un continuum tissulaire formé par les méninges, les parties cartilagineuses, membraneuses et osseuses des os.

Par leur moyen d'union cartilagineux, les synchondroses sont localisées dans la base crânienne (figures 2.8 et 2.9). Elles peuvent être interosseuses, entre deux os adjacents, ou intraosseuses, entre les constituants d'un même os. À la naissance, les principales synchondroses sont :

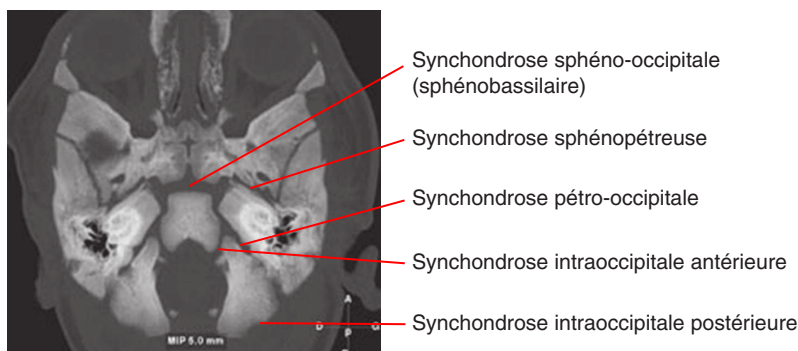


Figure 2.8. Nouveau-né à J15. Reconstruction 3D de la base du crâne.

Source : Elmaleh-Bergès M, Sekkal A, Hassan M. Aspects en imagerie du sphénoïde au cours de la croissance. *J Neuroradiol* 2003; 30(4) : 249-57. Reproduction autorisée.

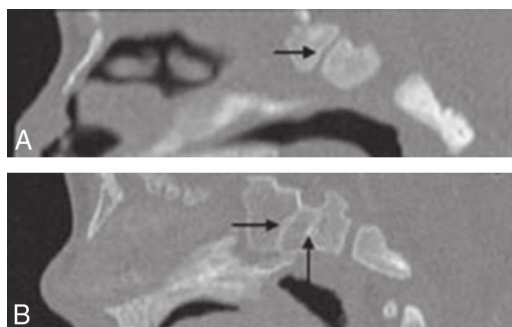


Figure 2.9. Synchondroses intrasphénoïdales. Tomodensitométries (TDM), reconstructions sagittales.

A. Nouveau-né de 15 jours. B. Nourrisson de 6 mois.

Source : Elmaleh-Bergès M, Sekkal A, Hassan M. Aspects en imagerie du sphénoïde au cours de la croissance. *J Neuroradiol* 2003; 30(4) : 249-57. Reproduction autorisée.

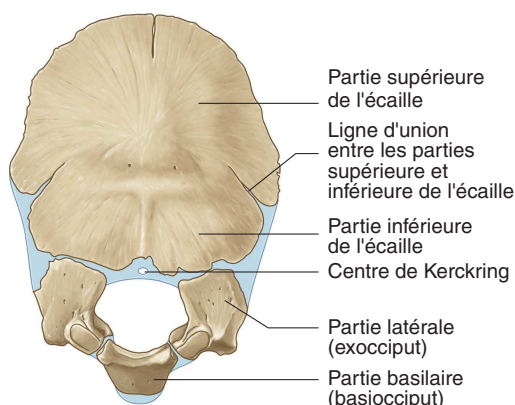


Figure 2.10. Os occipital à la naissance.

Source : *Gray's Anatomy*, 41st ed., fig. 43.8.

Os occipital

- la synchondrose sphéno-occipitale (synchondrose sphénobasilaire [SSB]), entre le basisphénoïde et le basiocciput ;
- la synchondrose pétro-occipitale, entre la partie pétreuse de l'os temporal et le basiocciput ;
- la synchondrose sphénoptéreuse, entre le sphénoïde et la partie pétreuse de l'os temporal ;
- la synchondrose sphéno-ethmoïdale, entre le corps du sphénoïde et l'ethmoïde ;
- la synchondrose intraoccipitale postérieure, entre l'écaille de l'occiput et l'exocciput ;
- la synchondrose intraoccipitale antérieure, entre l'exocciput et le basiocciput.

À la naissance, l'occiput consiste en quatre parties, le basiocciput, les deux exocciputs et l'écaille (figure 2.10). C'est toutefois à partir de cinq centres cartilagineux primaires que ces différentes parties se développent, c'est-à-dire un pour le basiocciput, un pour chaque exocciput et deux pour la partie de l'écaille située en dessous de la ligne nuchale supérieure. L'écaille de l'occipital est complétée d'une partie supérieure qui se développe dans le crâne membraneux. De fait, lors de l'accouchement, lorsque la partie inférieure de l'occiput est calée sous la symphyse pubienne, la ligne nuchale supérieure peut servir de charnière autour de laquelle se déroule la déflexion de la tête. Une dysfonction peut résulter entre les

parties supérieure et inférieure de l'écaïlle de l'occipital. Par ailleurs, dans les plagiocéphalies non synostotiques, les enfants présentent parfois un méplat postérieur médian, qui est localisé au niveau de la partie membraneuse de l'écaïlle de l'occipital, la partie la plus malléable.

Entre 2 et 4 ans, l'écaïlle de l'occiput s'unit de chaque côté aux exocciputs, au niveau des synchondroses intraoccipitales postérieures. Les exocciputs et le basiocciput fusionnent entre 7 et 10 ans au niveau des synchondroses intraoccipitales antérieures [12]. En fait, à la naissance, les condyles occipitaux sont séparés en deux parties par la synchondrose intraoccipitale antérieure. À ce stade, les condyles sont relativement plats; ils ne prendront une forme convexe que plus tard pendant l'enfance. Ils sont particulièrement sensibles aux traumatismes infantiles; des dysfonctions intraosseuses peuvent en résulter qui affectent la forme des condyles et celle de l'écaïlle de l'occipital.

Os sphénoïde

À la naissance, neuf synchondroses sont identifiées dans le sphénoïde; la plupart sont dans un état intermédiaire d'ossification [12]. De fait, à cette période, le sphénoïde présente trois parties principales : une partie centrale formée par le corps et les petites ailes, et deux parties latérales, chacune consistant en une grande aile et un processus ptérygoïde (figure 2.11). L'essentiel de la fusion entre les différentes parties du sphénoïde se produit à la fin de la première année. Les parties latérales fusionnent avec le corps en entourant le nerf vidien et structurent ainsi le canal ptérygoïdien.

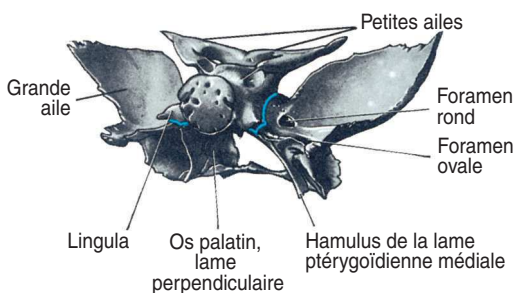


Figure 2.11. Os sphénoïde à la naissance.

Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 6.172.

Postpartum, le sphénoïde subit des changements significatifs. La face dorsale du sphénoïde suit le même modèle de croissance que celui du neurocrâne. La plupart de cette croissance s'accomplit dans les dix premières années de la vie. En revanche, la face ventrale du sphénoïde continue son développement pendant la puberté, comme les os faciaux dont elle forme la limite postérieure [13]. Les lames médiales des processus ptérygoïdes s'allongent et forment les limites latérales du nasopharynx. Leur allongement est soumis aux tractions musculaires. Les muscles tenseurs du voile du palais stabilisent l'action des muscles ptérygoïdiens médiaux insérés pour leur plus grande partie dans les fosses ptérygoïdes et qui exercent une force caudale et latérale. Les muscles ptérygoïdiens latéraux s'insèrent sur la face latérale de la lame latérale des processus ptérygoïdes sur lesquels ils exercent une force latérale. Les actions de ces muscles structurent le processus ptérygoïde. De ce fait, son développement est dépendant des activités orofaciales telles la succion et plus tard la mastication.

Os temporaux

À la naissance, les os temporaux comportent chacun quatre parties : les parties squameuse, pétreuse, tympanique et le processus styloïde (figure 2.12). La partie pétreuse est d'origine cartilagineuse. Les parties squameuses et tympaniques sont d'origine membraneuse. Le processus styloïde dérive de la partie cartilagineuse du deuxième arc pharyngien. Les parties tympanique et squameuse se réunissent à la suture squamotympanique, les parties pétreuse et squameuse à la suture pétrosquameuse, et les parties pétreuse et tympanique à la suture pétrotympanique.

La suture squamotympanique se ferme juste avant la naissance [10]. La suture pétrosquameuse peut s'ossifier après la naissance, bien que chez quelques personnes une fissure reste présente jusqu'à 19 ans. La suture pétrotympanique s'ossifie avant la fin de la première année. Les sutures pétrosquameuse et pétrotympanique participent à la constitution de la fosse mandibulaire qui est le toit de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM).

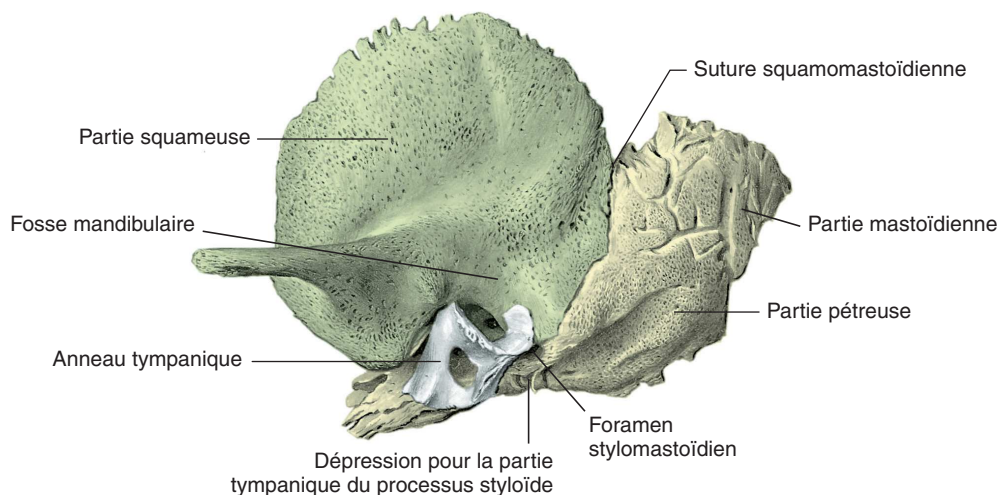


Figure 2.12. Os temporal gauche à la naissance.

Source : Gray's Anatomy, 41st ed., fig. 37.2. Avec l'autorisation de Paulsen, Waschke, Sobotta Atlas of Human Anatomy, 16th Edition 2018 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, Munich.

À la naissance, la fosse est peu profonde, et son tubercule articulaire absent. La fosse mandibulaire se creuse en même temps que se développent les fonctions de succion-déglutition et plus tard de mastication. Toute dysfonction entre les parties pétreuses, squameuses et tympanique peut affecter la fosse mandibulaire et donc, plus tard, la fonction de l'ATM.

Le tiers antérieur de la région mastoïdienne se développe à partir de la partie squameuse, et les deux tiers postérieurs à partir de la partie pétreuse. Le processus mastoïde est incomplètement formé à la naissance ; il se développe à la fin de la première année. Lorsque l'enfant commence à redresser la tête, la traction du muscle sternocléidomastoïdien contribue à ce développement. Les cellules aériques mastoïdiennes sont très petites pendant l'enfance ; elles ne se développent pas entièrement avant la poussée de croissance de la puberté. Leur rôle est prépondérant sur l'équilibration des pressions de l'oreille moyenne et, de ce fait, leur développement est primordial. Les compressions occipitomastoïdiennes comme dans les plagiocéphalies, contribuent à l'hypodéveloppement de ces cellules et prédisposent aux otites.

Os ethmoïde

L'ethmoïde dérive de la capsule nasale cartilagineuse et consiste en trois parties, la lame perpen-

diculaire médiale et un labyrinthe de chaque côté. À la naissance, les labyrinthes sont partiellement ossifiés. Pendant la première année, un centre d'ossification apparaît pour la lame perpendiculaire et sa crista galli, dans la partie supérieure du septum nasal cartilagineux [14]. La lame perpendiculaire s'unit aux labyrinthes vers 6 ans [10].

La partie antéro-inférieure du cartilage du septum nasal reste cartilagineuse et devient le cartilage septal, pendant que la partie postéro-inférieure forme le vomer. L'orientation du vomer change entre la naissance et l'adolescence. Par une croissance progressive vers l'arrière, son bord supérieur va couvrir complètement la crête sphénoïdale inférieure pour atteindre la synchondrose sphénobasilaire (SSB) [15].

Synchondroses

La croissance de la base crânienne répond à diverses influences, comme l'augmentation du volume cérébral et les changements posturaux. La croissance cérébrale est la plus importante pendant la première année postnatale [16]. Cela entraîne des changements qui participent à la flexion de la base crânienne au niveau des synchondroses sphénobasilaire, intrasphénoïdale et sphéno-ethmoïdale, avec une augmentation de l'activité chondrogénique dans la partie supérieure de ces synchondroses. Cette activité

chondrogénique semble être la plus active au niveau de la SSB [17]. En avant du neurocrâne, en réponse à la stimulation de la croissance cérébrale, la croissance de la synchondrose sphéno-ethmoïdale contribue secondairement au développement facial, et ce jusqu'à l'âge de 8 ans où le cerveau a presque atteint sa taille adulte [18]. L'allongement de la partie antérieure de la base crânienne dû à la croissance de la synchondrose sphéno-ethmoïdale est achevé en même temps que celui des sutures sphénofrontale et fronto-ethmoïdale.

Le basiocciput et le basisphénoïde s'articulent au niveau de la SSB en formant le clivus. L'ossification de la SSB peut commencer à l'âge de 8 ans [12]. Cependant, pour la plupart des auteurs, la SSB commence à fusionner juste après la puberté, et cette ossification se prolonge approximativement jusqu'à 25 ans [10, 17, 19–21]. Par conséquent, c'est probablement avant l'adolescence que le potentiel pour affecter la SSB par des procédures ostéopathiques crâniennes est le plus grand.

Sur les côtés, les synchondroses pétro-occipitales ne s'ossifient jamais, et les parties pétreuses des temporaux et le basiocciput restent toute la vie séparés par un vestige cartilagineux du chondrocrâne [12, 20]. Les sutures occipitomastoïdiennes entre l'écaille de l'os occipital et les deux parties mastoïdiennes des os temporaux démontrent de

grandes variations dans leur comportement [20]. Le plus souvent, l'ossification commence lentement vers 30 ans, et s'arrête complètement vers 70 ans, bien que ces sutures soient incomplètement ossifiées [22, 23]. En avant de la base crânienne, les sutures sphénofrontales commencent à s'ossifier vers 5 ans ; elles fusionnent vers 15 ans [12, 20].

Pendant les deux premières années de la vie, la croissance de la base crânienne est associée aux changements importants des structures adjacentes, tels le pharynx, le larynx et les organes sensoriels. À la naissance, la base crânienne est légèrement fléchie, mais la synchondrose sphéno-occipitale et le basion (point le plus antérieur du foramen magnum) sont alignés sur le même plan (figure 2.13). De surcroît, chez le nouveau-né, la langue est totalement contenue dans la cavité orale. Le larynx est situé dans une position haute, et l'épiglotte et le palais mou (voile du palais) sont en contact pendant la déglutition et la respiration [24]. Graduellement, le larynx descend de cette position haute, entre C1 et C3, pendant les deux années et demie à trois premières années de vie, vers une position plus basse, où il est compris entre les bords supérieurs de C4 et C7 chez l'adulte [25]. L'os hyoïde situé au niveau de C1-C2 chez le nouveau-né est à hauteur de C3-C4 chez l'adulte (figures 2.14 et 2.15).

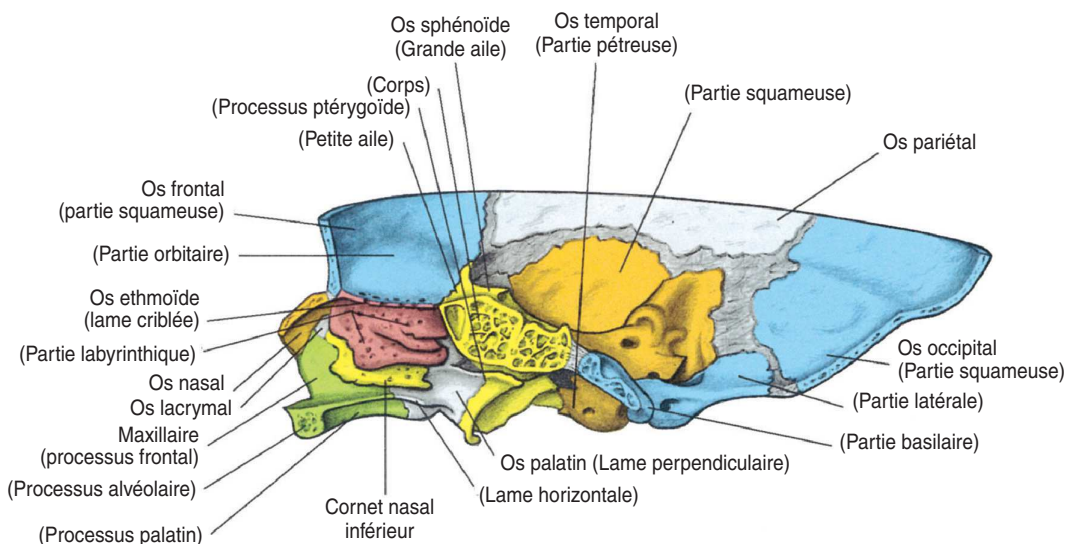


Figure 2.13. Section sagittale de la base crânienne à la naissance.

Source : Gray's Anatomy, 38th ed., fig. 4.16.

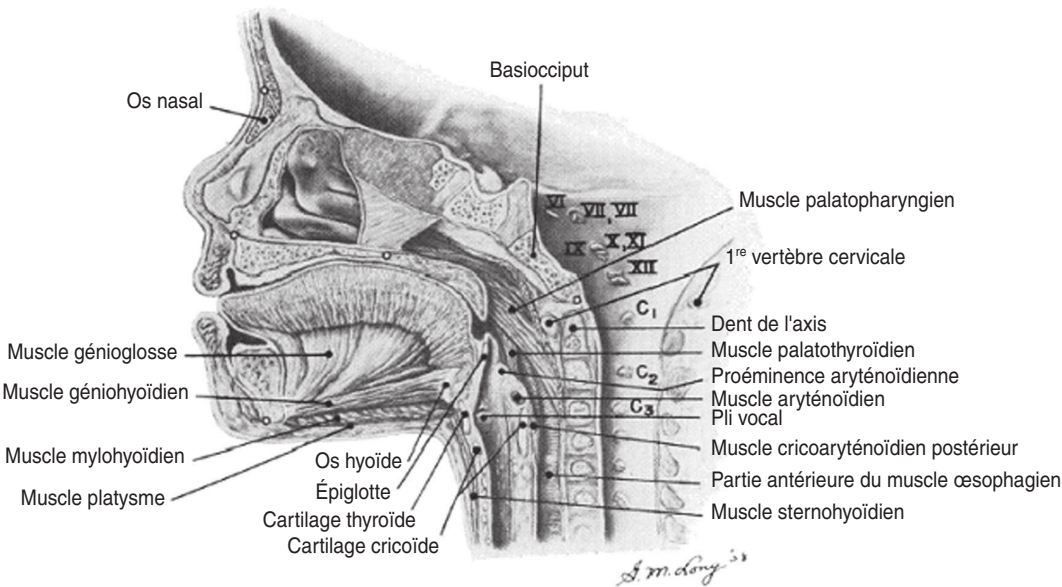


Figure 2.14. Section sagittale des régions orale et pharyngienne chez le nouveau-né.

Source : Bosma J. Oral and pharyngeal development and function. J Dent Res 1963 ; 42 : 375-80. fig. 1A : Anatomic studies of human infant at term birth. 1 : Sagittal section. Reproduction autorisée par SAGE Publications, Inc.

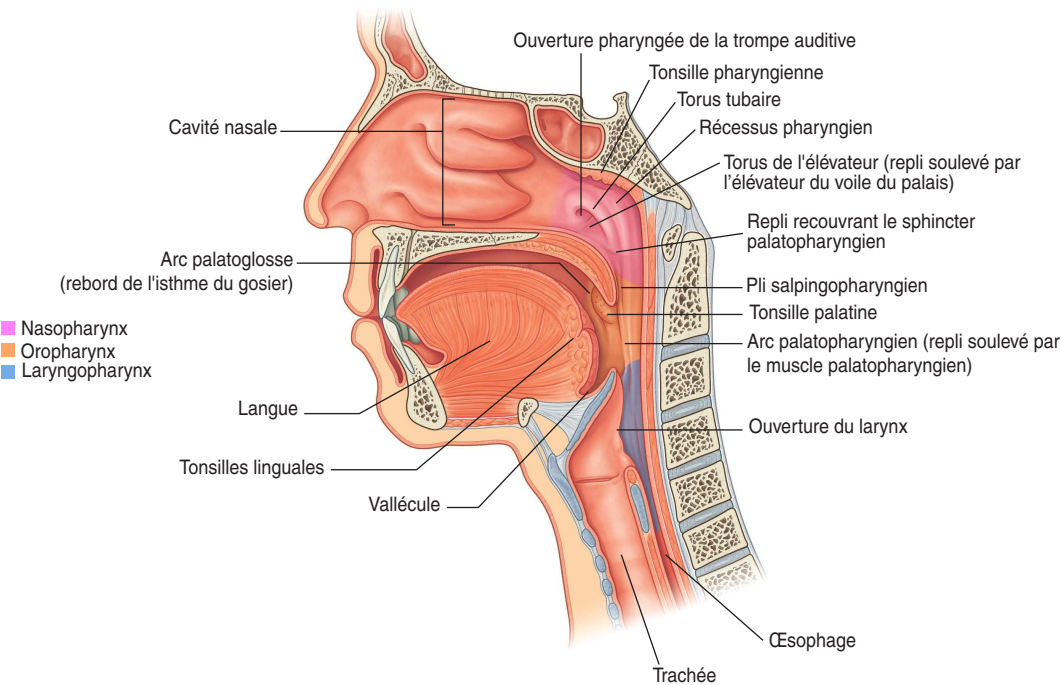


Figure 2.15. Section sagittale des régions orale et pharyngienne chez l'adulte.

Source : Gray's Anatomie pour les étudiants, fig. 8.201A.

Ces changements se déroulent en concomitance avec la croissance de la colonne cervicale et de la traction du système aérodigestif. Lorsque le larynx descend, la partie postérieure de la langue est tirée vers l'arrière et le bas, participant à la constitution de la paroi antérosupérieure du pharynx pour former l'oropharynx. En même temps, le constricteur supérieur du pharynx, qui s'insère sur le tiers inférieur des bords postérieurs des lames ptérygoïdiennes médiales et de leur hamulus, participe par sa traction au développement inféropostérieur des processus ptérygoïdes. Cette différenciation pharyngienne se produit pendant les quatre premières années de la vie. En fait, c'est un moment où toutes les fonctions de succion-déglutition, mastication et phonation sollicitent les muscles pharyngiens, linguaux et orofaciaux qui sont ainsi des facteurs essentiels dans le développement normal de la base crânienne. Réciproquement, toute dysfonction de la base crânienne affecte ces fonctions et donc leur développement.

Calvaria

Alors que les os de la base crânienne sont séparés par les espaces cartilagineux que sont les synchondroses, les os de la calvaria ou voûte sont séparés par des espaces membraneux ; ce sont les sutures. Carrefours entre plusieurs sutures de la voûte, les fontanelles sont aussi des intervalles membraneux, non encore ossifiés et situés aux angles des pariétaux. Il y a six fontanelles : deux sont médiales et impaires, la fontanelle antérieure ou bregmatique et la fontanelle postérieure ou lambdatique ; quatre sont latérales et paires, deux de chaque côté, les fontanelles sphénoïdales et mastoïdiennes (figure 2.16). Normalement, les fontanelles se ferment avec la croissance des os qui les entourent. Les fontanelles postérieure et sphénoïdales sont généralement fermées vers l'âge de 6 mois, alors que les fontanelles antérieure et mastoïdiennes se ferment dans la deuxième année [10]. Au niveau des sutures sagittale et méto-pique, quelques fontanelles accessoires peuvent être présentes. Parfois, à l'inverse, des centres d'ossification surnuméraires se développent dans les sutures.

Aussi longtemps qu'elles restent non ossifiées, les sutures de la voûte crânienne, comme les synchondroses, représentent des sites majeurs de la croissance osseuse. En revanche, une fusion prématurée des sutures limite cette croissance, comme c'est le cas pour les craniosynostoses, avec dysmorphose craniofaciale [7]. Le plus souvent, l'oblitération des sutures de la voûte crânienne commence entre 20 et 40 ans, tout d'abord sur la face endocrânienne, et 10 ans plus tard sur la face exocrânienne. La fusion démarre ordinairement dans la partie postérieure de la suture sagittale vers 22 ans, puis dans les sutures coronale et lambdoïde à 25 ans. Habituellement, l'ossification de ces sutures est complète entre 35 et 47 ans [22, 23]. En fait, la fusion suturale peut survenir sur une longue période qui varie d'un individu à l'autre. Diverses méthodes d'évaluation sont aussi utilisées, ce qui peut expliquer les différences entre auteurs. Un exemple extrême peut illustrer ces différences. En scanographie, la suture sphénosquameuse est décrite par certains comme commençant à fusionner entre 2 et 6 ans [12, 20], alors que l'examen de spécimens osseux identifie l'âge de début de fusion à 40 ans, avec rarement la présence d'une fusion complète [22, 23]. Théoriquement, la fusion d'une suture ne signifie pas que les procédures ostéopathiques crâniennes ne puissent être employées pour affecter la compliance osseuse. Bien sûr, le concept crânien ne saurait être réduit à des mobilisations articulaires, mais de toute évidence, le potentiel le plus grand pour les meilleurs résultats est au plus jeune âge possible.

Comme pour les os de la base crânienne, la morphogenèse des os de la calvaria est le résultat de forces intracrâniennes et extracrâniennes. Les forces internes exercées par le cerveau en croissance sont équilibrées par les forces musculaires externes. Ces forces externes proviennent des muscles qui s'insèrent sur le crâne, en particulier les muscles posturaux en arrière et les muscles du système aérodigestif en avant. Modulant les influences musculaires, les membranes dures de tension réciproque maintiennent l'équilibre entre les différentes parties du crâne. Toute dysfonction dans les membranes dures, les muscles posturaux ou les muscles du système aérodigestif concourt, cependant, au déséquilibre de la croissance crânienne.

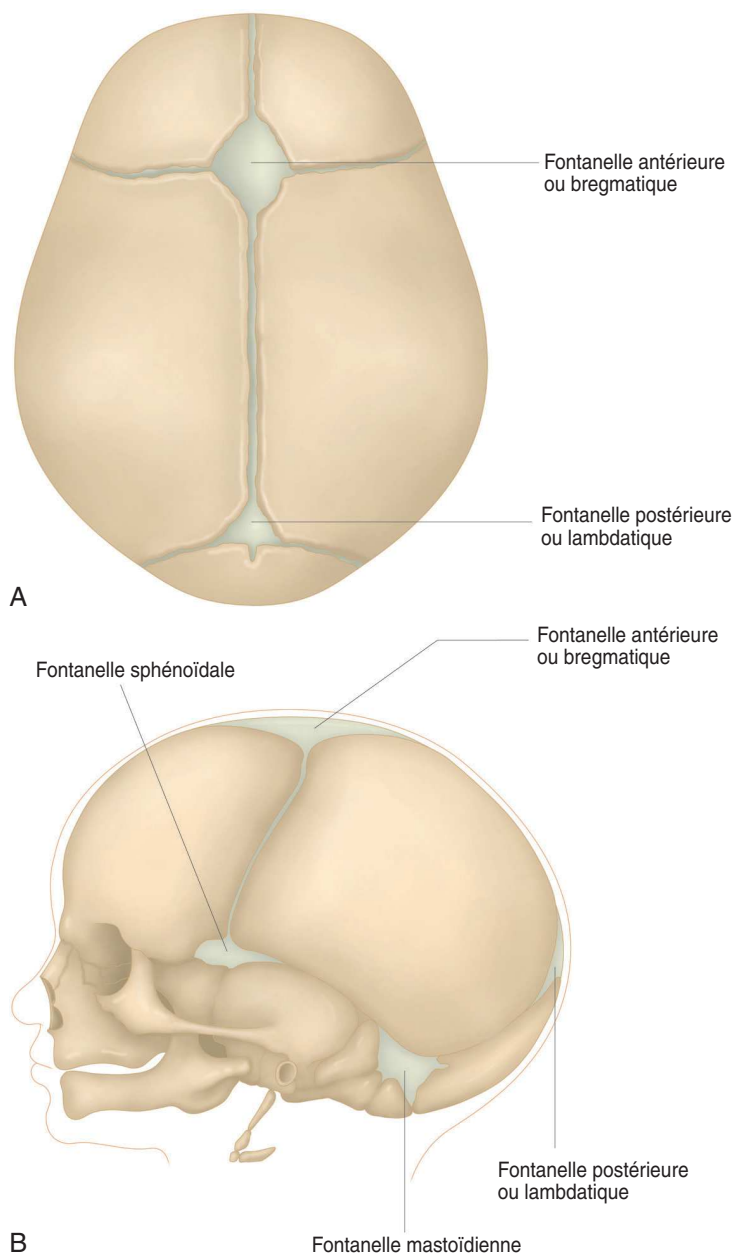


Figure 2.16. Fontanelles.

A. Vue supérieure. B. Vue latérale.

Normalement, lors de l'acquisition de la position debout, plusieurs caractéristiques crâniennes associées à l'hominisation apparaissent. Pendant que la base crânienne subit une flexion, la voûte crânienne augmente de volume, les

bosses frontales et pariétales deviennent plus proéminentes, et le diamètre bipariétal augmente. En même temps, les os frontaux se verticalisent et l'écaille de l'os occipital se développe postérieurement [26].