

# Chapitre 2

## Développement orofacial

Ce chapitre traite de l'embryologie et du développement des structures orofaciales. Afin de proposer une anatomie fonctionnelle appliquée aux thèmes traités, nous avons choisi de placer le texte concernant l'anatomie descriptive soit dans le chapitre 3, soit dans le chapitre 4, soit encore dans le chapitre 6.

Pour autant, commencer par l'étude des processus de développement et de l'évolution de la croissance physiologique est indispensable. Cela permet une visualisation et une compréhension de l'anatomie d'un point de vue fonctionnel et une approche des fonctions orofaciales essentielles qui en découlent, à savoir la succion, la déglutition, la mastication, la ventilation et la phonation. L'étude de l'embryologie et du développement des structures orofaciales permet aussi d'appréhender l'ensemble des dysfonctions qui altèrent parfois ces structures. Alors définir une logique thérapeutique de l'approche ostéopathique devient possible.

### Embryologie orofaciale

De nombreux travaux sur l'embryologie permettent d'appréhender les mécanismes complexes du développement craniofacial. Ils font appel aux aspects cellulaires et moléculaires de la biologie du développement et de la génétique. Ainsi, l'origine cellulaire embryonnaire du crâne à partir des crêtes neurales et du mésoderme est mieux perçue, introduisant une structure squelettique unique.

Dès la fin de la 2<sup>e</sup> semaine du développement, l'embryon est didermique. Deux feuillets embryonnaires sont présents, un feuillet dorsal nommé à ce stade épiblaste et un feuillet ventral nommé hypoblaste. Vers le 17<sup>e</sup> jour, la prolifération et la migration de cellules épiblastiques vers la région médiane de la face dorsale de

l'embryon forment un épaississement cellulaire qui définit un axe craniocaudal, la ligne primitive.

Vers le 21<sup>e</sup> jour, avec la gastrulation, des cellules mésenchymateuses d'origine ectoblastique migrent de la ligne primitive vers la profondeur pour former le mésoblaste. La migration se développe en directions latérale, crâniale et caudale. Au final, tout l'espace situé entre les deux feuillets embryonnaires est investi, sauf au niveau de deux zones où subsiste un accolement. Au pôle crânial, c'est la membrane oropharyngienne, et au pôle caudal, c'est la membrane cloacale. L'embryon est alors tridermique avec trois feuillets et la nomenclature devient :

- ectoderme pour le feuillet dorsal ;
- endoderme pour le feuillet ventral ;
- mésoderme pour le feuillet intermédiaire.

#### À noter

Dès la gastrulation, et la formation du 3<sup>e</sup> feuillet embryonnaire, on se réfère à l'ectoderme/blaste dorsal et non plus à l'épiblaste, au mésoderme/blaste intermédiaire et à l'endoderme/blaste ventral en remplacement de l'hypoblaste.

### Devenir des feuillets embryonnaires [1]

#### Endoderme

L'endoderme intervient dans la constitution :

- des fosses nasales et de la cavité buccale ;
- des voies respiratoires ;
- de la trompe d'Eustache et de la caisse du tympan ;
- des amygdales, de la thyroïde, des parathyroïdes ainsi que du thymus ;
- du tube digestif et des glandes annexes ;
- d'une partie de la vessie et de l'urètre.

## Mésoderme

Le mésoderme donne naissance :

- au squelette ;
- aux muscles ;
- aux tissus conjonctifs ;
- à l'appareil circulatoire et rénal.

## Ectoderme

L'ectoderme produit :

- les systèmes nerveux central et périphérique ;
- l'ectomésenchyme ;
- l'épithélium sensoriel des organes des sens ;
- l'épiderme et ses annexes (poils, ongles, glandes cutanées) ;
- la glande mammaire ;
- l'hypophyse ;
- l'émail des dents.

## Notochorde

Dans le même temps, vers le milieu de la 3<sup>e</sup> semaine du développement, la notochorde apparaît sur la ligne médiane entre l'ectoderme et l'endoderme (figure 2.1). C'est la période de la neurulation pendant laquelle la notochorde induit la différenciation

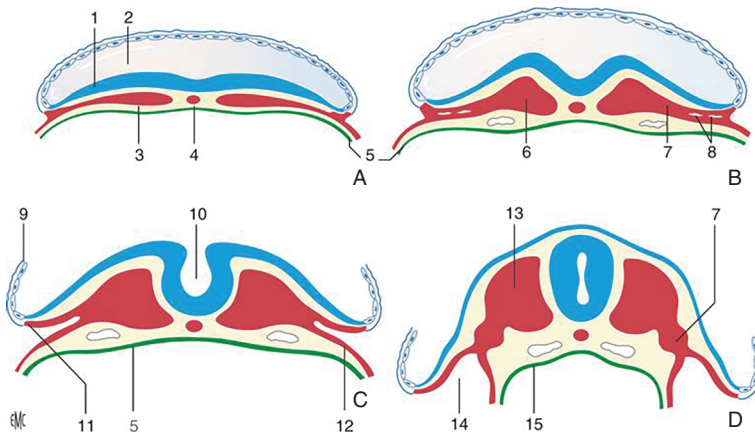
du neuroderme à partir de l'ectoderme sus-jacent. Ainsi, la partie médiane de l'ectoderme s'épaissit et la gouttière neurale se creuse. Puis, cette gouttière se referme, isolant le tube neural, futur système nerveux central. Les cellules qui se séparent des berges de la gouttière forment les crêtes neurales.

La notochorde induit la formation du corps vertébral de chacune des vertèbres. La corde constitue le noyau pulpeux de chaque disque intervertébral. Puis, la corde disparaît presque totalement.

Avec le développement de la notochorde et du tube neural, le mésoderme se divise bilatéralement en trois colonnes longitudinales : les mésoblastes para-axial, intermédiaire et latéral (voir figure 2.1).

## Mésoblaste para-axial

Le mésoblaste para-axial s'épaissit, se métamérise et forme de chaque côté de la corde dorsale les somites d'où dérivent la plus grande partie du squelette axial et la musculature associée. Près de l'extrémité crâniale, la première paire de somites devient la région occipitale ; les autres paires se forment dans une séquence craniocaudale. Ainsi, dès la fin de la 3<sup>e</sup> semaine, 5 à 7 paires de somites sont visibles.



**Figure 2.1.** Section transversale de l'embryon.

Formation des crêtes neurales (A, B) puis de la gouttière neurale (C) et du tube neural (D). L'ectoblaste, donne naissance aux crêtes neurales (A), qui, en se refermant, forment une gouttière (B, C), puis un tube neural (D). 1. Ectoblaste ; 2. cavité amniotique ; 3. mésoblaste ; 4. notochorde ; 5. entoblaste ; 6. mésoblaste para-axial ; 7. mésoblaste intermédiaire ; 8. cavités intercellulaires dans la lame latérale ; 9. amnios ; 10. gouttière neurale ; 11. somatopleure ; 12. splanchnopleure ; 13. somite ; 14. coelome interne ; 15. entoblaste de la vésicule ombilicale.

Source : Goldberg M, Davit-Beal T, Barbet P. Embryologie craniofaciale (I). Régulations cellulaires et moléculaires des étapes initiales de l'embryologie craniofaciale. EMC - Médecine buccale 2012 ; 1-22 [Article 22-001-A-20]. © Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

### Mésoblaste intermédiaire

Le mésoblaste intermédiaire donne naissance aux cordons néphrogènes.

### Mésoblaste latéral

Le mésoblaste se divise en deux lames latérales : la splanchopleure intra-embryonnaire (mésoderme viscéral) qui répond au versant ventral de l'embryon et la somatopleure intra-embryonnaire (mésoderme somatique) qui répond au versant dorsal.

Dans le territoire crânial de l'embryon, une région dénommée mésoblaste préchordal ne se segmente pas à la différence du mésoblaste para-axial. Elle contribue à la formation des muscles volontaires de la face, du larynx et du pharynx ainsi qu'à une partie des os du crâne (basisphénoïde et orbitosphénoïde) [1]. L'os occipital dérive des somites occipitaux, et c'est à partir des myotomes occipitaux que se forment les muscles de la langue et les muscles oculomoteurs. Noter que l'origine des muscles de la face, du larynx et du pharynx est différente, sans participation des myotomes somitiques. Ces muscles dérivent des myoblastes qui se forment au sein des arcs pharyngiens (voir ci-dessous). Les muscles auriculomoteurs proviennent des myoblastes qui s'organisent de part et d'autre de la membrane oropharyngienne.

#### À noter

Les muscles de la face, du larynx et du pharynx se forment au sein des arcs pharyngiens, sans participation des myotomes somitiques.

## Développement encéphalique

Au début de la 4<sup>e</sup> semaine du développement, l'embryon est encore rectiligne et il mesure 2 mm ; il en fait 5 à la fin de la semaine. Les régions crâniale et cervicale occupent environ la moitié de la longueur de l'embryon.

Dès la fin de la 4<sup>e</sup> semaine du développement, le tube neural démontre clairement deux segments :

- segment médullaire, rectiligne, en regard de la corde dorsale, qui deviendra la moelle épinière ;
- segment encéphalique, au-delà de l'extrémité crâniale de la corde, qui deviendra l'encéphale.

À ce stade, trois dilatations se forment dans la partie crâniale du tube neural. Ces trois vésicules cérébrales primitives répondent d'avant en arrière aux :

- prosencéphale (cerveau antérieur) ;
- mésencéphale (cerveau moyen) ;
- rhombencéphale (cerveau postérieur).

Dans le même temps, deux courbures à concavité ventrale se dessinent vers le 26<sup>e</sup> jour. Ce sont les courbures mésencéphaliques au centre de la vésicule mésencéphalique, et cervicale à la jonction entre le rhombencéphale et le segment médullaire du tube neural. Une troisième courbure à convexité ventrale se forme au milieu du rhombencéphale ; c'est la courbure pontique (figure 2.2).

À 5 semaines, l'évolution de l'encéphale se poursuit avec la constitution de cinq vésicules.

### Prosencéphale

Le prosencéphale se différencie en télencéphale et en diencéphale. Au niveau du télencéphale, deux évaginations latérales vont donner les hémisphères cérébraux et leurs cavités centrales, les ventricules latéraux. Le diencéphale, la portion médiane, devient le troisième ventricule et ses parois. Le bulbe olfactif se développe à partir du télencéphale et l'ébauche de l'hypophyse à partir du diencéphale.

### Mésencéphale

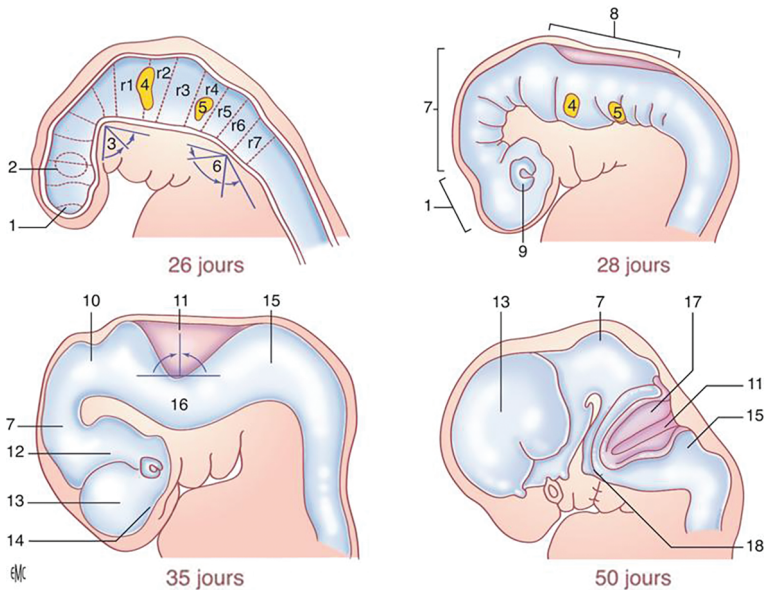
Le mésencéphale reste impair et médian. Sa lumière constitue l'aqueduc cérébral.

### Rhombencéphale

Le rhombencéphale donne naissance, de part et d'autre de la courbure pontique, à deux vésicules impaires et médianes, le métencéphale et le myélencéphale. Le pont (pont de Varole, ou protubérance) et le cervelet dérivent du métencéphale. Le myélencéphale prolonge le segment médullaire du tube neural et donne naissance au bulbe rachidien (moelle allongée) et au quatrième ventricule.

### Crêtes neurales

Lorsque la gouttière neurale se referme en isolant le tube neural, les cellules situées sur les berges de la gouttière se dissocient de leurs voisines pour



**Figure 2.2.** Développement embryonnaire de l'encéphale.

Le développement embryonnaire du cerveau apparaît comme un facteur déterminant de la morphogenèse craniofaciale. La croissance du prosencéphale accompagne la flexion du cerveau au niveau d'isthmes et de la courbure pontique, ce qui permet le développement des hémisphères cérébraux et de leur enveloppe osseuse, le crâne. r1 à r7 : rhombomères 1 à 7. 1. Proencéphale ; 2. site du sulcus optique ; 3. courbure mésencéphalique ; 4. V<sup>e</sup> nerf crânien ; 5. VII<sup>e</sup> et VIII<sup>e</sup> nerfs crâniens ; 6. courbure cervicale ; 7. mésencéphale ; 8. rhombocéphale ; 9. cupule otique ; 10. isthme rhombocéphale ; 11. courbure pontique ; 12. diencéphale ; 13. hémisphères cérébraux ; 14. télencéphale ; 15. myélocéphale ; 16. métencéphale ; 17. futur cervelet ; 18. future courbure pontique.

Source : Goldberg M, Davit-Beal T, Barbet P. Embryologie craniofaciale (I). Régulations cellulaires et moléculaires des étapes initiales de l'embryologie craniofaciale. EMC - Médecine buccale 2012 ; 1-22 [Article 22-001-A-20]. © Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

former les cellules des crêtes neurales. Leurs capacités migratoires et leur diversité phénotypique sont exceptionnelles. De nombreux types cellulaires dérivent de ces cellules selon deux courants migratoires (figure 2.3) :

- la partie caudale des crêtes neurales à destinée médullaire ;
- la partie crâniale des crêtes neurales à destinée encéphalique.

Dans leur partie caudale, les crêtes neurales du tronc contribuent à former les mélanocytes, le système nerveux périphérique avec les ganglions de la racine dorsale, les chaînes ganglionnaires sympathiques, les ganglions parasympathiques des cavités abdominale et pelvienne, ainsi qu'à la mise en place de certaines populations de cellules endocrines, comme les cellules chromaffines de la médullosurrénale.

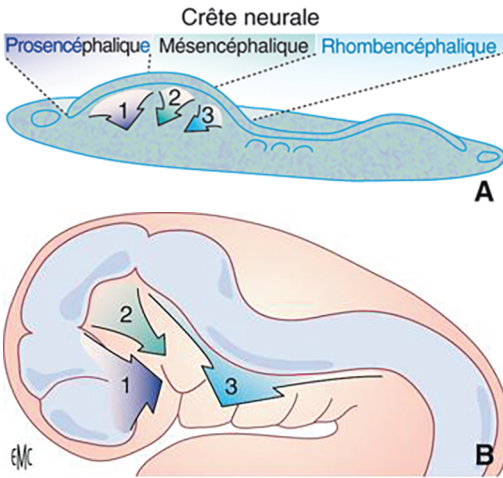
Les cellules des crêtes neurales crânielles sont à l'origine d'une partie du squelette craniofacial ainsi

que des ganglions crâniens et des cellules gliales. Elles donneront naissance à des chondroblastes, ostéoblastes et à des cellules dentaires comme les cémentoblastes et les odontoblastes.

### Les facteurs génétiques et épigénétiques

Les cellules des crêtes neurales sont des cellules multipotentes d'où dérivent un grand nombre de cellules. La régulation moléculaire de leur migration et de leur devenir est sous la dépendance de leur environnement. Les facteurs épigénétiques impliqués sont principalement des molécules de la matrice extracellulaire, telles les intégrines associées aux surfaces cellulaires. De nombreux gènes, facteurs de transcription, de croissance et de signalisation participent aussi à ces processus complexes [2]. En fait, de légères variations dans la signalisation du facteur de croissance peuvent conduire à une diversité de résultats phénotypiques [3].





**Figure 2.3. Migration des crêtes neurales.**  
Des cellules migrent depuis la crête neurale vers des territoires bien déterminés. Un groupe de cellules passe depuis le proencéphale vers la proéminence frontonasale (1) ; un autre depuis le mésencéphale vers les proéminences maxillaires (2) ; et un troisième depuis le rhombencéphale en direction des arcs pharyngiens (3).  
A. Stade 9, vers 20 jours. B. Stade 15, vers 33 jours.  
Source : Goldberg M, Davit-Beal T, Barbet P. Embryologie craniofaciale (I). Régulations cellulaires et moléculaires des étapes initiales de l'embryologie craniofaciale. EMC - Médecine buccale 2012 : 1-22 [Article 22-001-A-20]. © Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

## Appareil pharyngien

L'augmentation du volume de l'extrémité crâniale du tube neural, avec les cinq vésicules cérébrales et leurs courbures, contribue à l'inflexion de l'embryon dans le sens longitudinal (craniocaudal), ce qui accroît ainsi sa concavité ventrale. De fait, le massif facial doit se développer dans l'espace situé entre la face ventrale du tube neural et l'ébauche cardiaque. C'est ainsi dans cet espace qu'apparaît initialement une dépression, le stomodéum (bouche primitive), au fond de laquelle la membrane oropharyngienne sépare la future cavité buccale de l'extrémité crâniale de l'intestin pharyngien (intestin primitif antérieur). Cette membrane se résorbe vers le 25<sup>e</sup> jour, ce qui permet une communication entre l'intestin pharyngien, le stomodéum et la cavité amniotique. Ainsi, les structures nécessaires au développement des futures fonctions de succion-déglutition du liquide amniotique s'organisent progressivement. Les réflexes de succion-déglutition apparaîtront

vers la 12<sup>e</sup> semaine pour la succion et la 14<sup>e</sup> semaine pour la déglutition.

Vers le milieu de la 5<sup>e</sup> semaine de développement, avec la plicature de l'embryon, le mésenchyme qui s'accumule de chaque côté de l'intestin antérieur forme des plis d'où sont issus les arcs pharyngiens. Ce mésenchyme dérive des cellules des crêtes neurales ayant migré, auquel s'ajoute du mésenchyme provenant du mésoblaste paraxial.

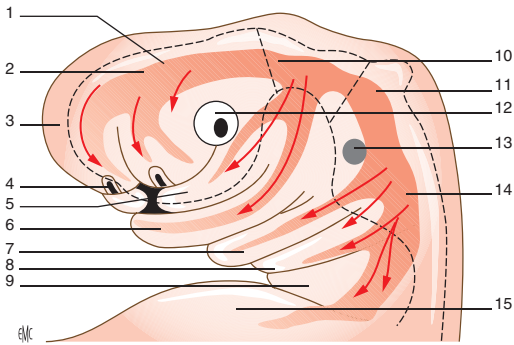
### À noter

L'intestin pharyngien est à l'origine de la cavité buccale et du pharynx autour desquels se développent les arcs pharyngiens pour former la face et le cou.

## Arcs pharyngiens

L'appareil pharyngien est composé d'arcs pharyngiens séparés par des sillons et des poches pharyngiennes ectodermiques à l'extérieur et des poches pharyngiennes endodermiques à l'intérieur. L'ancienne nomenclature était « arcs branchiaux » et « fentes branchiales » par analogie aux branchies d'un poisson. Chez l'homme, ces arcs et ces sillons apparaissent de part et d'autre de la cavité stomodéale selon une séquence craniocaudale qui donne un aspect caractéristique à l'extrémité crâniale de l'embryon (figure 2.4). Chacune des cinq (ou six) paires d'arcs est enveloppée d'un revêtement externe ectodermique et d'un revêtement interne endodermique. Ces revêtements sont continus entre les arcs. Chaque paire renferme un axe de mésoderme qui inclut un support cartilagineux, des cellules de la crête neurale, un groupe musculaire, des éléments vasculaires (arcs aortiques, veines et lymphatiques) et un nerf crânien : le nerf trijumeau (V) pour le premier arc pharyngien, le nerf facial (VII) pour le deuxième arc, le nerf glossopharyngien (IX), pour le troisième arc et le nerf vague (X) pour les quatrième et sixième arcs (tableau 2.1). Le cinquième arc régresse habituellement.

À l'intérieur de chacun des arcs pharyngiens, la condensation mésenchymateuse qui entoure l'axe cartilagineux évolue et constitue les éléments du viscérocône. Ainsi, de chaque côté des futurs pharynx et mâchoires, le premier arc ou arc maxillo-mandibulaire donne naissance à un bourgeon maxillaire



**Figure 2.4.** Développement embryonnaire de la face. Schéma des modules faciaux et cervicaux en développement, explicitant l'épigénèse céphalique. Les flèches indiquent les voies de migration vers la face et le cou des cellules de la crête neurale. 1. Crête neurale prosencéphalique ; 2. cellules de la crête neurale ; 3. bourgeon nasofrontal ; 4. placode olfactive ; 5. bourgeon maxillaire ; 6. 1<sup>er</sup> arc ; 7. 2<sup>e</sup> arc ; 8. 3<sup>e</sup> arc ; 9. 4<sup>e</sup> arc ; 10. crête neurale mésencéphalique ; 11. crête neurale rhombencéphalique ; 12. placode optique ; 13. placode otique ; 14. crête neurale rhombencéphalique postérieure ; 15. cœur.

Source : Couly G, Gittton Y, Kverneland B, Benouaiche L. Embryologie et chirurgie embryologique des six fentes orales. EMC - Chirurgie orale et maxillo-faciale 2015 : 1-22 [22-066-B-15].  
© Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

et à un bourgeon mandibulaire, lequel contient le cartilage de Meckel. C'est dans le mésenchyme qui entoure ce cartilage que la mandibule, les muscles de la mastication (temporal, masséter, ptérygoïdien), le mylohyoïdien, le ventre antérieur du digastrique, le muscle tenseur du voile du palais et le tenseur du tympan (muscle du malléus) se développent. Le ligament sphéno-mandibulaire dérive aussi de ce cartilage, comme semble l'être le malléus et l'incus. Ensuite, le cartilage de Meckel disparaît. Le nerf trijumeau innerve cet arc.

Le cartilage du deuxième arc, ou arc hyoïdien, le cartilage de Reichert, est bilatéralement à l'origine du stapès, du processus styloïde de l'os temporal, de la petite corne et de la partie supérieure du corps de l'os hyoïde et du ligament stylohyoïdien. Alors que les muscles de la mastication dérivent des premiers arcs, les muscles stapédien, stylohyoïdien, le ventre postérieur du digastrique, l'auriculaire et les muscles de l'expression faciale (buccinateur, occipitofrontal, platysma, orbiculaires des lèvres et des paupières), le ventre postérieur du digastrique, le stylohyoïdien et le stapédien proviennent des

**Tableau 2.1.** Structures dérivées des arcs pharyngiens et leur innervation.

Arc pharyngien	Structure squelettique	Muscles	Ligament	Innervation
Arc maxillomandibulaire	Prémaxillaire Maxillaire Zygomatique Portion du temporal Cartilage de Meckel Mandibule Malléus Incus	Muscles de la mastication Mylohyoïdien Ventre antérieur du digastrique Tenseur du voile du palais Tenseur du tympan	Sphéno-mandibulaire Antérieur du malléus	Nerf trijumeau, divisions maxillaire et mandibulaire
Arc hyoïdien	Cartilage de Reichert Stapès Processus styloïde du temporal Petite corne et partie supérieure du corps de l'os hyoïde	Muscles de l'expression faciale Stapédien Stylohyoïdien Ventre postérieur du digastrique	Ligament stylohyoïdien	Nerf facial
Arc thyroïdien	Grande corne et partie inférieure du corps de l'os hyoïde	Stylopharyngien Constricteur supérieur du pharynx		Nerf glossopharyngien
Quatrième arc	Cartilages thyroïdien, cricoïde, aryténoïde, corniculé et cunéiforme du larynx	Cricothyroïdien Élévateur du voile du palais Constricteur du pharynx		Branche laryngée supérieure du vague
Cinquième arc		Muscles intrinsèques du larynx		Branche laryngée inférieure ou récurrente du vague
Sixième arc	Cartilages cricoïde, aryténoïde Anneaux de la trachée et des bronches			Branche laryngée inférieure ou récurrente du nerf vague

deuxièmes arcs. Le mésenchyme de cet arc forme la majeure partie de l'oreille externe. Le nerf facial innerve cet arc.

Le cartilage du troisième arc, ou arc thyroïdien, subit aussi une ossification endochondrale. Il produit la grande corne et la partie inférieure du corps de l'os hyoïde, les muscles stylopharyngien et constricteur supérieur du pharynx. Cet arc est innervé par le nerf glossopharyngien.

Le quatrième arc est moins différencié. Ses composants cartilagineux comme ceux du sixième arc fusionnent pour former les cartilages thyroïde, cricoïde, aryénoïde, corniculé et cunéiforme du larynx. Les muscles du quatrième arc (cricothyroïdien, élévateur du voile du palais et constricteur du pharynx) sont innervés par la branche laryngée supérieure du vague, le nerf du quatrième arc.

Le cinquième arc, moins bien différencié, n'est que transitoire. Sa masse musculaire produit les muscles intrinsèques du larynx innervés par la branche laryngée inférieure ou récurrente du vague.

Les cartilages du sixième arc donnent naissance aux cartilages cricoïde, aryénoïde, et aux anneaux de la trachée et des bronches. Cet arc est innervé par le nerf laryngé inférieur ou branche récurrente du nerf vague.

### À noter

La mandibule, les muscles de la mastication (temporal, masséter, ptérygoïdiens) ont une origine embryonnaire commune dans le premier arc pharyngien. Cela renforce leur interdépendance et leur relation au nerf trijumeau. Les dysfonctions de l'appareil manducateur affectent toutes ces structures.

## Poches pharyngiennes

Dès la 5<sup>e</sup> semaine, quatre paires de poches sont visibles entre les arcs. D'importants organes de la tête et du cou en dérivent. Les poches ont un numéro identique à celui de l'arc précédent (figure 2.5).

### Devenir des poches ectodermiques

La première poche pharyngienne ectodermique est la seule qui persiste. Située entre les premier et deuxième arcs, elle s'enfoncé dans le mésenchyme et forme l'épithélium du méat acoustique et la couche externe de la membrane tympanique.

En raison d'une croissance importante, le deuxième arc pharyngien se développe en direction caudale et finit par se souder à la paroi latérale de l'embryon au niveau du sixième arc. De ce fait, il dissimule progressivement les troisième et quatrième arcs ainsi que les poches qui les séparent. Aussi, les deuxième, troisième et quatrième poches ectodermiques s'assemblent et forment une poche commune (le sinus cervical), puis elles disparaissent.

### Devenir des poches endodermiques

Au cours des 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> semaines, cinq poches pharyngiennes endodermiques apparaissent à l'intérieur, de part et d'autre du pharynx primitif. Les quatre premières paires de poches sont bien développées. La première poche pharyngienne endodermique est située entre les premier et deuxième arcs. Elle donne naissance à la caisse du tympan et à la trompe auditive qui s'ouvre ainsi dans le pharynx. Son extrémité latérale forme la couche interne de la membrane tympanique.

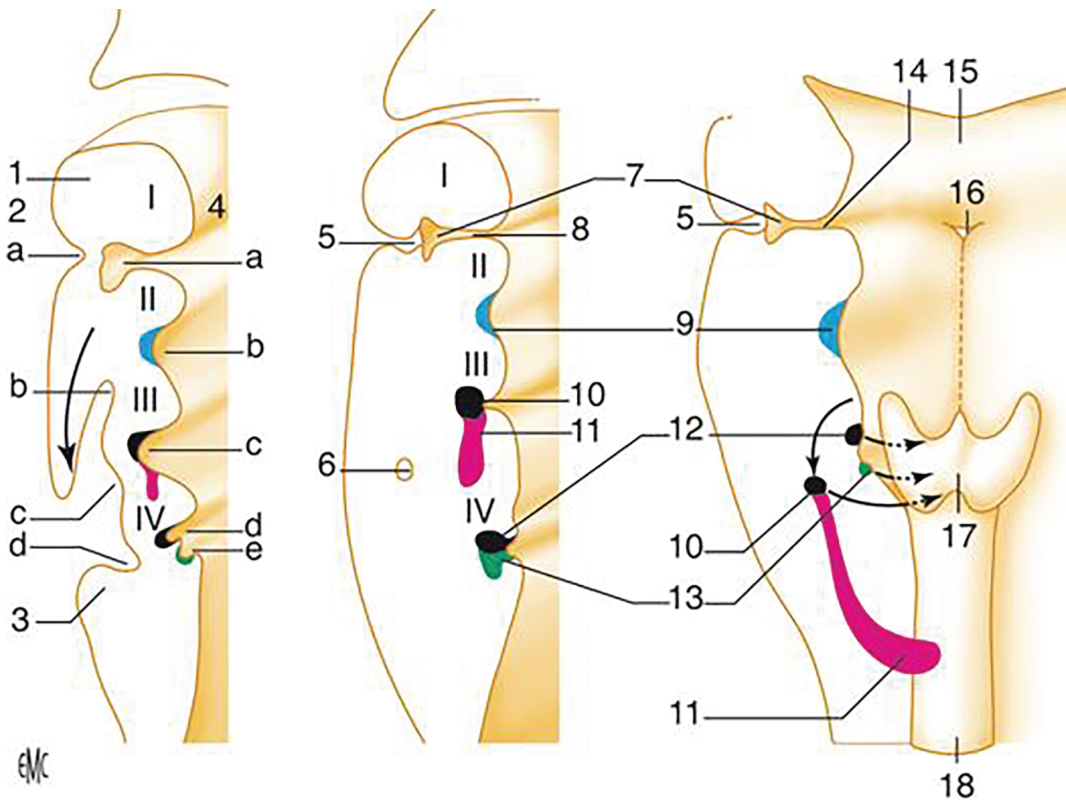
La deuxième poche pharyngienne est peu profonde. Elle forme un bourgeon qui s'invagine dans la profondeur et forme la fosse amygdalienne où se développe l'amygdale palatine.

La troisième poche pharyngienne donne deux bourgeons ; l'un est ventral pour l'ébauche principale du thymus, l'autre est dorsal pour l'ébauche de la glande parathyroïde.

La quatrième poche pharyngienne donne aussi deux bourgeons, ventral pour l'ébauche du thymus, dorsal pour l'ébauche de la glande parathyroïde. Un diverticule rudimentaire de la quatrième poche est parfois décrit comme la cinquième poche.

### À noter

Après la période embryonnaire de 56 jours, c'est-à-dire 8 semaines après la fertilisation, la période fœtale débute. Pendant cette période, les organes qui se sont développés rapidement pendant la période embryonnaire (organogenèse) croissent et se différencient. La période embryonnaire est la période de la grossesse la plus vulnérable pendant laquelle la survenue des malformations prédomine. Les déformations parfois qualifiées de déformations plastiques, telles les plagiocéphalies, surviennent durant la période fœtale à la suite de contraintes utérines et/ou extra-utérines [4]. Pendant cette période, la tête est toujours proportionnellement plus grande que le reste du corps et le crâne subit un grand développement.



**Figure 2.5.** Arcs pharyngiens et dérivés des poches pharyngiennes.

Arcs pharyngiens et dérivés des poches ectodermiques et endodermiques. I à IV : arcs pharyngiens. a à e : poches ecto- ou endodermiques. 1. Processus mandibulaire ; 2. poches ectodermiques ; 3. crête épicaudique ; 4. poches endodermiques ; 5. méat acoustique externe ; 6. sinus cervical ; 7. cavité tympanique primitive ; 8. future trompe auditive ; 9. amygdale palatine ; 10. glande parathyroïde inférieure ; 11. thymus ; 12. glande parathyroïde supérieure ; 13. corps ultime pharyngien ; 14. trompe auditive ; 15. plancher du pharynx ; 16. foramen cæcum ; 17. glande thyroïde ; 18. intestin antérieur.

Source : Goldberg M, Davit-Beal T, Barbet P. Embryologie craniofaciale (I). Régulations cellulaires et moléculaires des étapes initiales de l'embryologie craniofaciale. EMC - Médecine buccale 2012 ; 1-22 [Article 22-001-A-20]. © Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

## Neurocrâne

Deux parties constituent le crâne : le neurocrâne, qui entoure et protège le cerveau, et le viscérocrâne ou splanchnocrâne, qui forme la face. Le neurocrâne est également divisé en base et voûte (ou calvaria).

C'est à partir du mésenchyme qui se condense autour des vésicules cérébrales primitives que se développe le neurocrâne. Le plus souvent, les os du système squelettique passent par les stades mésenchymateux puis cartilagineux avant de s'ossifier. Pour autant, tous les os du crâne ne passent pas par la phase de chondrification. Les os plats de la voûte

s'ossifient directement à partir du mésenchyme primitif et, pour cette raison, on les qualifie d'os membraneux. Les os de la base crânienne passent par les stades mésenchymateux, puis cartilagineux et enfin osseux ; on les qualifie d'os cartilagineux.

## Desmocrâne

Dès la fin du 1<sup>er</sup> mois de gestation, les cellules mésenchymateuses enveloppant les vésicules cérébrales primitives se multiplient et se condensent pour former le desmocrâne. Les os membraneux et cartilagineux du neurocrâne en dérivent. Ce sont les cellules mésenchymateuses situées entre le

segment encéphalique du tube neural et l'intestin primitif qui engendrent le basicrâne primordial.

Dans le même temps, des cellules mésenchymateuses s'organisent pour former la méninge primaire qui se différencie en deux couches :

- une couche interne, l'endoméninge, qui produit l'arachnoïde et la pie-mère ;
- une couche externe, l'ectoméninge, qui se différencie en une lame profonde pour former la dure-mère, et en une lame superficielle pour les futurs neurocrânes cartilagineux et membraneux.

## Chondrocrâne

Vers la 4<sup>e</sup> semaine de gestation, des amas de tissu chondroïde s'organisent et forment des plaques dans le desmocrâne [5]. Ces centres de chondrification apparaissent des régions caudales aux régions rostrales. Ils se forment autour l'extrémité crâniale de la notochorde et fusionnent avec les cartilages dérivés des somites occipitaux. Ce sont les cartilages :

- parachordaux, précurseurs de l'os basi-occipital ;
- hypophysaires, précurseurs du postphénoïde ;
- présphénoïdes, précurseurs de la partie du corps sphénoïdal antérieure au tubercule de la selle et au sulcus chiasmatisque ;
- orbitosphénoïdes, précurseurs des processus clinoides antérieurs et des petites ailes du sphénoïde ;
- alisphénoïdes, précurseurs des grandes ailes du sphénoïde ;
- des capsules nasales d'où dérive l'ethmoïde.

Autour de la 8<sup>e</sup> semaine de gestation, le chondrocrâne a presque totalement remplacé le mésenchyme du desmocrâne [6]. Il forme une fondation stable, une sorte de plateforme à la base du neurocrâne sur laquelle se développe le cerveau tout en permettant l'entrée et la sortie des principales structures vasculonerveuses qui lui sont associées (figure 2.6).

### À noter

Les os de la base crânienne, l'os occipital, le sphénoïde, les os temporaux, le frontal et l'ethmoïde, se développent par ossification endochondrale. Tous ces os, sauf l'ethmoïde, comportent aussi des parties membraneuses qui ne passent pas par la phase de chondrification, mais s'ossifient directement au sein du mésenchyme comme les os de la calvaria. Noter que, le plus souvent, ce sont les parties d'un os d'origine membraneuse qui sont les plus sensibles aux déformations.

## Base crânienne

C'est par un processus d'ossification endochondrale que se forme la base du neurocrâne, avec au moins 41 des centres d'ossification qui se développent au sein de la nappe cartilagineuse du chondrocrâne à partir de la 8<sup>e</sup> semaine de gestation [5]. Noter la continuité des futurs constituants de la base de la base, inclus dans la nappe cartilagineuse qui les relie les uns aux autres. À 12 semaines et 4 jours de gestation, l'ossification commence au niveau de l'os occipital [7]. Puis, elle progresse antérieurement vers le postsphénoïde, le présphénoïde et l'ethmoïde.

Graduellement, ces centres d'ossification s'étendent dans la nappe du chondrocrâne et se rapprochent des autres centres du même os avec lesquels ils établissent des relations intra-osseuses ; ils se rapprochent aussi des centres des os voisins, établissant des relations interosseuses. Les espaces intra-osseux restent cartilagineux jusqu'à ce que l'ossification soit complète. Les espaces interosseux deviennent les synchondroses de la base, qui pour certaines s'ossifient lorsque la base atteint une taille adulte. De la sorte, la base crânienne du nouveau-né, loin d'être totalement ossifiée, est encore largement cartilagineuse.

### Basicranium

Différentes origines et différentes fonctions se rejoignent au niveau de la base crânienne dans un processus de croissance complexe. Considéré comme une des structures les plus compliquées du squelette, le basicranium dérive embryologiquement du mésoblaste para-axial pour sa partie postérieure et des crêtes neurales pour sa partie antérieure.

La forte influence génétique à laquelle semble être soumise la base explique les malformations rencontrées dans plusieurs syndromes, tel le syndrome de Williams où les principales modifications modifications craniofaciales sont situées dans la base crânienne [8]. Dans d'autres syndromes tels ceux de Turner ou la trisomie 21, le rétrognathisme de la face est la conséquence d'une réduction de la longueur de la base et d'une augmentation de l'angle basilaire [9].

On retiendra que la base constitue une interface fondamentale entre le neurocrâne et le viscérocrâne. La partie antérieure de la base, en avant de la selle turcique, démontre des relations et des influences directes avec la face et le complexe de croissance ethmoïdomaxillaire.



**Figure 2.6. Formation du chondrocrâne.**

Des groupes de cartilages de la base du crâne s'accroissent et fusionnent (A-C). Le résultat final est présenté en D. A.

1. Notochorde ; 2. trabeculae cranii ; 3. ala orbitalis ; 4. ala temporalis ; 5. cartilage hypophysaire ; 6. capsule otique ; 7. cartilage parachordal ; 8. sclérotomes. B. 1. Fusion de trabécules ; 2. capsule nasale ; 3. cartilage hypophysaire ; 4. méat acoustique interne ; 5. cartilage occipital ; 6. site où se trouvait antérieurement la notochorde.

C. 1. Ethmoïde ; 2. petite aile ; 3. grande aile ; 4. corps du sphénoïde ; 5. partie pétreuse du temporal ; 6. os occipital ; 7. foramen magnum.

D. 1. Ethmoïde ; 2. petite aile du sphénoïde ; 3. grande aile du sphénoïde ; 4. corps du sphénoïde ; 5. apophyse basilaire de l'occipital ; 6. rocher ; 7. écaille de l'occipital ; 8. trabeculae cranii ; 9. aile orbitaire ; 10. aile (temporale) sphénoïdale ; 11. cartilage hypophysaire ; 12. cartilage parachordal ; 13. capsule périotique ; 14. sclérotome occipital.

Source : Goldberg M, Davit-Beal T, Barbet P. Embryologie craniofaciale (II). Embryologie de la face et des structures squelettiques céphaliques : morphogénèse des maxillaires, de la mandibule et du crâne. EMC - Médecine buccale 2013 ; 1-17 [Article 22-001-A-21]. © Elsevier Masson SAS. Reproduction autorisée.

