

Chapitre 8 : Evolution des somites : Formation du squelette et des muscles

2014

Table des matières

<u>Introduction</u>	0
<u>1. ÉVOLUTION DES SOMITES</u>	0
<u>1.1. Au cours de la troisième semaine</u>	0
<u>1.2. Au cours de la quatrième semaine</u>	0
<u>2. FORMATION DU SQUELETTE AXIAL</u>	0
<u>2.1. Au cours de la quatrième semaine</u>	0
<u>2.2. A partir de la cinquième semaine</u>	0
<u>2.3. A partir de la fin du deuxième mois</u>	0
<u>2.4. L'ossification des vertèbres</u>	0
<u>3. DÉVELOPPEMENT DE LA PAROI THORACO ABDOMINALE</u>	0
<u>3.1. Les pièces du squelette</u>	0
<u>3.2. La partie musculaire de la paroi thoraco abdominale</u>	0
<u>4. DÉVELOPPEMENT DES MUSCLES DE LA TÊTE ET DU COU</u>	0

<u>5. DÉVELOPPEMENT DES MEMBRES</u>	0
<u>5.1. Les membres apparaissent sous forme de bourgeons à la quatrième semaine</u>	0
<u>5.2. Evolution des bourgeons</u>	0
<u>5.3. Malformations</u>	0

Introduction

L'ensemble du squelette, de l'appareil locomoteur et des parois va se constituer à partir des somites dérivés du mésoblaste para-axial pendant la troisième semaine du développement.

Figure 1 : Evolution des somites

1. ÉVOLUTION DES SOMITES

1.1. Au cours de la troisième semaine

Au cours de la troisième semaine les éléments cellulaires du **mésoblaste para-axial** se répartissent de façon symétrique de chaque côté de la **chorde dorsale** et se regroupent en amas au niveau de chaque **métamère**. Il en résulte la **formation des somites**, amas de cellules mésoblastiques à disposition métamérique disposés par paire de part et d'autre de la chorde dorsale. A la fin de la troisième semaine il apparaît ainsi **5 à 7 paires de somites**.

Figure 2 : La formation des somites

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

1.2. Au cours de la quatrième semaine

Au cours de la quatrième semaine ce phénomène de métamérisation se poursuit et concerne également les structures voisines des somites (environ **30 paires de somites** sont visibles à la fin de la quatrième semaine). Très rapidement après son individualisation, chaque somite se différencie en plusieurs contingents cellulaires :

1) **Les cellules de la région médio-ventrale** prennent un aspect polymorphe et entrent en contact les unes avec les autres pour constituer le **sclérotome**. Le tissu ainsi individualisé est du tissu conjonctif jeune dont les cellules ont la possibilité de se différencier ultérieurement en plusieurs types cellulaires : fibroblastes, chondroblastes ou ostéoblastes. C'est également pendant la quatrième semaine que ces **cellules migrent** au niveau de chaque métamère vers la région axiale (autour de la **chorde dorsale** et de l'ébauche du **tube neural**).

Figure 3 : Les cellules du sclérotome et leur migration

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2) **Formation du dermo-myotome**. Après la migration des cellules du sclérotome, le reste du somite, laissé sur place, constitue le **dermo-myotome** fait de deux zones denses séparées par une cavité apparue dès la troisième semaine : le **myocèle**.

Dans la zone interne, les cellules prennent un aspect fusiforme et deviennent des cellules musculaires souches appelées *myoblastes*, elles constituent le **myotome**.

Dans la zone externe, située au contact de l'épiblaste, les cellules restent des fibroblastes et constituent le **dermotome** qui formera ultérieurement le tissu cellulaire sous-cutané.

Figure 4 : Formation du dermo-myotome

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2. FORMATION DU SQUELETTE AXIAL

2.1. Au cours de la quatrième semaine

Au cours de la quatrième semaine (cf. supra) certaines cellules du **sclérotome** ont migré vers la région axiale de l'embryon et entourent complètement la **chorde dorsale**.

Il en résulte, à la fin de la quatrième semaine, une **colonne mésoblastique** dense centrée par la chorde constituée de **blocs de sclérotome** (un par **métamère**) séparés les uns des autres par du mésenchyme intra-embryonnaire, très lâche.

Figure 5 : Formation de la colonne axiale mésoblastique

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2.2. A partir de la cinquième semaine

A partir de la cinquième semaine, il apparaît au niveau de chacun de ces blocs de sclérotome deux zones plus denses, **crâniale** et **caudale**, séparées par une zone à prolifération moins active. La partie caudale de chaque **bloc sclérotomial métamérique** prolifère activement et **s'accôle** à la partie crâniale du bloc sclérotomial sous-jacent. Il résulte de cette migration la formation d'un amas cellulaire dense constituant un **corps vertébral précartilagineux** dont l'origine est donc **intersegmentaire** (à cheval sur deux métamères).

Les cellules inférieures de la partie crâniale, moins dense, remplissent l'espace situé entre deux corps vertébraux et forment l'**ébauche du disque intervertébral** (qui reste situé au niveau métamérique). Les autres éléments de la région (myotome, **ébauches des racines des nerfs spinaux**..) gardent leur position métamérique, ils seront donc situés au même niveau dans le plan transversal que les disques inter-vertébraux.

Figure 6 : Le squelette axial à partir de la cinquième semaine

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2.3. A partir de la fin du deuxième mois

A partir de la fin du deuxième mois, le **corps vertébral** se transforme en cartilage tandis que la **chorde régresse** (sauf au niveau du **disque intervertébral** où les restes chordaux s'étalent et constituent l'**ébauche du nucleus pulposus**). Cette **différenciation cartilagineuse** s'étend progressivement aux **cellules sclérotomiales** qui ont migré autour du **tube neural** : elles formeront ainsi les autres parties des vertèbres et proliféreront latéralement pour donner naissance aux **processus costaux**.

Figure 7 : Le squelette axial à partir de la fin du deuxième mois

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2.4. L'ossification des vertèbres

L'**ossification des vertèbres**, de type enchondrale, est un processus très lent: les **premiers centres primitifs** apparaissent au niveau des corps vertébraux cartilagineux au cours du troisième mois dans la région dorsale puis s'étend aux autres régions. Les points d'ossification des arcs vertébraux n'apparaissent qu'au 4ème-5ème mois. Les **centres secondaires** n'apparaîtront qu'après la naissance et l'ossification ne se terminera qu'après la puberté.

La soudure des ébauches cartilagineuses et l'ossification des pièces vertébrales qui constituent le sacrum et le coccyx ne seront complètes qu'à l'âge adulte.

Figure 8 : L'ossification des vertèbres

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

3. DÉVELOPPEMENT DE LA PAROI THORACO ABDOMINALE

3.1. Les pièces du squelette

1) les **côtes** se développent à partir des **processus costaux** situés en **position inter- segmentaire** (comme les **corps vertébraux pré-cartilagineux** dont ils dérivent). Constituées initialement de bandes de tissu cartilagineux, les **côtes** se développent autour des viscères et leurs extrémités, situées sur la face ventrale du fœtus, rejoignent l'**ébauche cartilagineuse du sternum**. L'ossification primaire commence vers le 2ème mois dans la zone dorsale, futur arc postérieur de la côte, l'ossification secondaire n'interviendra qu'après la naissance.

Figure 9 : Le squelette thoracique

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2) le **sternum** est précédé d'une **ébauche cartilagineuse** faite de **deux bandes longitudinales** (hémisternums droit et gauche) qui **fusionnent sur la ligne médiane** au 3ème mois en même temps qu'ils sont rejoints par les extrémités des **ébauches costales**. Les premiers points d'ossification primaire apparaissent es le sixième mois. L'ossification secondaire est post-natal et ne sera complète qu'à l'âge adulte.

Figure 10 : Le sternum

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

3.2. La partie musculaire de la paroi thoraco abdominale

La **partie musculaire** de la paroi thoraco-abdominale se constitue à partir de la cinquième semaine du fait du développement important du **myotome**.

Au niveau de chaque métamère, le myotome s'étire dans le sens dorso-ventral et donne deux contingents de *myoblastes* :

- un contingent dorsal, l'**épimère** qui se place en arrière des **corps vertébraux** et sera à l'origine des *muscles extenseurs* du rachis de la région thoracique et lombaire,
- un contingent ventral, l'**hypomère** qui s'étale dans toute la paroi ventrale et se dispose en **trois couches concentriques**. Il sera à l'origine des *muscles intercostaux* à l'étage thoracique et des *muscles de la paroi abdominale* à l'étage abdominal.

1) Au niveau thoracique, les **muscles intercostaux** conservent leur disposition métamérique du fait du développement des **côtes**. provenant des processus costaux inter-métamériques.

Figure 11: La paroi musculaire thoracique

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2) **A l'étage abdominal**, en l'absence de prolifération costale, les myotomes de plusieurs métamères fusionnent et forment des **nappes musculaires concentriques** qui s'étalent sur toute la hauteur de l'abdomen : *grand oblique*, *petit oblique* et *transverse de l'abdomen*. Au niveau de la paroi ventrale du fœtus, les extrémités antérieures des hypomères fusionnent sur la ligne médiane et constituent une colonne musculaire, le **grand droit de l'abdomen**.

Figure 12 : La paroi musculaire abdominale

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

4. DÉVELOPPEMENT DES MUSCLES DE LA TÊTE ET DU COU

1) Les muscles extenseurs et fléchisseurs du rachis cervical correspondent aux dérivés des épimères et hypomères situés au niveau des myotomes cervicaux;

2) **Les autres contingents musculaires** ne proviennent pas des myotomes mais de plusieurs origines :

Les muscles de la face, du larynx et du pharynx se constituent à partir des myoblastes qui se différencient dans les arcs branchiaux, ils seront innervés par les nerfs crâniens des territoires correspondants (V, VII, IX et X).

Les muscles de la langue se constituent à partir de myoblastes provenant des myotomes des somites de la région occipitale (innervation par le XII)

Les muscles oculo-moteurs proviennent de massifs cellulaires constitués de myoblastes qui se différencient initialement de part et d'autre de la membrane pharyngienne. Ces massifs cellulaires sont appelés « **myotomes préotiques** » et les muscles qui en dérivent sont respectivement innervés par trois paires crâniennes (III, IV, VI).

Figure 13 : Les autres contingents musculaires

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

5. DÉVELOPPEMENT DES MEMBRES

5.1. Les membres apparaissent sous forme de bourgeons à la quatrième semaine

- *26ème jour*: **apparition sur les faces latérales de l'embryon des bourgeons des membres supérieurs** en regard des six derniers métamères cervicaux et des deux premiers métamères thoraciques,
- *28ème jour* : **apparition sur les faces latérales de l'embryon des bourgeons des membres inférieurs** en regard des quatre derniers métamères lombaires et des trois premiers métamères sacrés.

Chaque bourgeon (*cf. glossaire*) est constitué d'un **massif de cellules** provenant du mésoblaste et du mésoderme qui soulève une zone épaissie de l'ectoderme, le **bourellet ectodermique apical**. A la cinquième semaine le bourgeon prend un aspect aplati d'où son nom de **palette**.

Figure 14 : Ebauches des membres à la quatrième semaine

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

5.2. Evolution des bourgeons

1) **A la fin de la cinquième semaine**, du fait de phénomènes d'induction réciproque entre les dérivés mésodermiques et ectodermiques, la **partie proximale** du bourgeon se développe et s'allonge en repoussant la **palette** vers l'extérieur.

Certaines **cellules mésoblastiques** se différencient en **myoblastes** ; cette différenciation est sous la dépendance de facteurs myogéniques contrôlés par le gène Pax3. Les myoblastes se répartissent en deux contingents :

- un **contingent dorsal** à l'origine des *muscles extenseurs*,

- un **contingent ventral** à l'origine des *muscles fléchisseurs*.

Les ébauches des massifs musculaires s'individualisent à la 6ème-7ème semaine et sont séparées par des **éléments mésenchymateux** qui se transforment en *chondroblastes* à l'origine de l'**ébauche cartilagineuse** des *pièces du squelette*.

Figure 15 : Ebauches des membres à la fin de la cinquième semaine

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

2) **Vers la septième semaine**, entre les **pièces cartilagineuses**, des **zones mésenchymateuses** sans chondrogénèse en raison d'un phénomène d'apoptose se transforment en lacunes qui seront à l'origine des cavités articulaires.

A ce stade , également du fait d'un mécanisme d'apoptose, des **sillons** se creusent au niveau de la palette qui individualisent les doigts (et les orteils) ; cette individualisation serait sous la dépendance de gènes Hox.

Figure 16 : Ebauches des membres vers la septième semaine

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

3) *Au cours de la huitième semaine*, les membres présentent trois segments (**proximal, moyen et distal**) séparés par des sillons et il se produit une **flexion** du segment moyen sur le segment proximal avec formation des coudes aux membres supérieurs et des genoux aux membres inférieurs.

De plus, il se produit une **rotation de 90°** autour de l'axe longitudinal de l'ébauche :

- la rotation se fait en dehors au niveau des membres supérieurs ce qui détermine la saillie du coude en arrière et l'accentuation de la position dorsale des muscles extenseurs,
- la rotation se fait en dedans au niveau des membres inférieurs ce qui détermine la saillie du genou en avant et le passage sur la face ventrale des muscles extenseurs.

Dans l'ensemble, l'évolution des membres supérieurs précède de peu celle des membres inférieurs ; **vers la douzième semaine** les points d'ossification primaires sont apparus.

Figure 17 : Ebauches des membres au cours de la huitième semaine

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

L'**innervation des membres** se développe dans les bourgeons à partir de la cinquième semaine et sa topographie restera métamérique. On appelle « dermatome » le territoire cutané innervé par un nerf rachidien. La répartition de ces territoires est très simple aux stades précoces, elle devient complexe et la forme des dermatomes très irrégulière du fait des rotations décrites ci-dessus et de la croissance inégales des différents segments de membre.

Figure 18 : L'innervation des membres

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

5.3. Malformations

Les membres peuvent être anormaux, voire absents, en totalité ou partiellement.

On appelle :

- **Amélie** (ou ectromélie) : l'absence de membres,
- **Phocomélie** : l'absence de segment proximal,

- **Micromélie** :une diminution du volume global,
- **Achondroplasie** :une diminution de longueur globale,
- **Syndactylie** :la fusion de doigts ou d'orteils,
- **Polydactylie** :la présence d'un doigt ou d'un orteil surnuméraire,
- **Ectrodactylie** : l'absence d'un ou plusieurs doigts ou orteils.

Figure 19 : Les malformations des membres

Ceci est une animation, disponible sur la version en ligne.

Annexes

Glossaire

- **bourgeon** : Groupement de cellules s'individualisant à partir d'un tissu et se regroupant pour donner un organe.