

---

## **Embriología del Aparato Locomotor. Desarrollo del sistema esquelético.**

### **Somito y sus derivados.**

---

El Aparato Locomotor se desarrolla a partir del mesodermo y de células de la cresta neural. El principal elemento mesodérmico del que deriva el aparato locomotor es el **somito** o **somita** o **somites**.

Los somitos son segmentos de mesodermo paraxial, situados a ambos lados del tubo neural, que se desarrollan de células de la línea primitiva bajo la influencia de la notocorda y del tubo neural.

Los somitos aparecen a las tres semanas y media y se desarrollan en sentido cráneo-caudal aumentando en número hasta un total de 38-39 pares (4 occipitales, 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 4 o 5 coccígeos). Su desarrollo no es simultáneo, de tal manera, que no son visibles todos ellos al mismo tiempo sino que a medida que se desarrollan los más caudales, los craneales van desapareciendo dando lugar a sus derivados definitivos de manera que al finalizar el período embrionario han desaparecido totalmente.

Cada somito se divide en dos partes que se diferenciarán posteriormente en diversos derivados:

- **Dermatomiótomo:** de cuya parte lateral se origina la **dermis** y en la porción medial originará la musculatura esquelética.
- **Esclerotomo:** de donde se desarrollarán **huesos** y **articulaciones**, se sitúa en la porción medial del somito.

Las células de cada parte de los somitos sufren una migración hacia el espesor del mesénquima embrionario para dar lugar a cada uno de sus derivados.

La participación de las crestas neurales en el desarrollo del aparato locomotor, tiene una doble importancia. Por una parte contribuyen, por migración hacia los arcos branquiales o faríngeos, a la formación de huesos y tejido conjuntivo de las estructuras craneofaciales, (viscerocráneo cartilaginoso); por otra parte, las crestas neurales dan lugar a los ganglios espinales que facilitarán la inervación motora y sensitiva a los elementos del Aparato Locomotor que se desarrollan en todo el organismo. Esto se produce porque células de las crestas neurales situadas junto a los somitos se ven arrastradas por las migraciones de las células somíticas para acompañar y completar el desarrollo del Aparato Locomotor.

### **Desarrollo de hueso y cartílago.**

---

El mesénquima embrionario se halla compuesto por células pluripotenciales que dependiendo de diferentes estímulos inductores se van diferenciando en células especializadas.

El **cartílago** se desarrolla del mesénquima alrededor de la quinta semana, es un tipo de tejido conectivo especializado que consiste en células, denominadas **condrocitos**, embebidas en una matriz producida por las células cartilaginosas. Es un tejido esencial para el crecimiento de los huesos tanto en la fase prenatal como postnatal. Es mucho menos abundante en el adulto, donde se halla principalmente en relación con las articulaciones (cartílago hialino, fibrocartílago).

Los huesos aparecen como condensaciones mesenquimatosas que forman moldes de los huesos y que posteriormente se transforman en tejido óseo por diferentes mecanismos. Su desarrollo se halla influido por proteínas morfogenéticas especiales que también tienen importancia en los

procesos de curación del hueso. Estas proteínas incitan a las células mesenquimatosas a diferenciarse en condrocitos y osteoblastos.

El hueso se puede desarrollar de dos formas: directamente del mesénquima (osificación intramembranosa) o reemplazando tejido cartilaginoso, previamente formado en el mesénquima, por tejido óseo (osificación endocondral).

#### **Osificación intramembranosa.**

La osificación **intramembranosa** o **desmal** es característica de determinados elementos de la cabeza. Tiene lugar en el mesénquima que forma una capa membranosa que se condensa para formar un molde óseo, cuyas células se diferencian en osteoblastos (células formadoras de hueso) formando inicialmente acúmulos de osteoblastos que reciben el nombre de centros de osificación. Los osteoblastos dan lugar a matriz extracelular que rápidamente converge con las células vecinas, se calcifica y embebe a los osteoblastos que se transforman en osteocitos.

#### **Osificación endocondral.**

Es característica de los huesos largos de las extremidades. El mesénquima se transforma inicialmente en cartílago hialino que con posterioridad se convierte en hueso. Se distinguen varias fases:

1. Formación del molde mesenquimatoso del hueso.
2. Transformación del mesénquima en cartílago.
3. Formación del pericondrio que dará lugar al periostio.
4. Invasión vascular y de células pluripotenciales que darán lugar a células hematopoyéticas y osteoblastos.
5. Formación de los centros de osificación (primario en la diáfisis y secundarios en las epífisis).

La osificación de los huesos largos comienza al final del periodo embrionario, después requiere el aporte materno de calcio y fósforo. Al nacer los cuerpos o diáfisis se han osificado en gran parte, sin embargo los extremos o epífisis son cartilaginosos y sobre ellos aparecen los centros de osificación secundarios tras el nacimiento. La osificación progresa en todas direcciones y solo permanecen cartilaginosos los cartílagos articulares y la placa epifisaria del cartílago (fisis) que al concluir el crecimiento es reemplazada por hueso esponjoso, se unen epífisis y diáfisis cesando el alargamiento del hueso y el crecimiento.

#### **Maduración esquelética.**

Los cambios por los que el esqueleto cartilaginoso y membranoso se transforman en hueso reciben la denominación de maduración esquelética. Se distinguen cinco periodos:

1. Periodo embrionario: comienzo de osificación de clavícula, mandíbula, maxilar, humero, radio, cúbito, fémur y tibia.
2. Periodo fetal: La escápula, coxal, peroné, falanges distales de la mano y ciertos huesos del cráneo comienzan a osificarse precozmente. La mayoría de huesos del cráneo, diáfisis y cuerpos vertebrales lo hacen en la mitad de la vida prenatal. Justo antes del nacimiento lo hacen el calcáneo, el cuboide, la porción distal del fémur y la proximal de la tibia.
3. Infancia: La mayoría de epífisis de las extremidades, los huesos del carpo y tarso comienzan a osificarse. Los centros de osificación aparecen más precozmente en las niñas que en los niños.

4. Adolescencia. Los centros de osificación secundarios de cuerpos vertebrales, costillas, clavícula, escápula y coxal comienzan a osificarse. Entre la segunda y tercera década de vida se fusionan las epífisis y las diáfisis.
5. Edad adulta. Las suturas de la base del cráneo comienzan a cerrarse.

### **Desarrollo de las articulaciones.**

---

Las articulaciones inician su desarrollo a partir de la sexta semana y hacia el final de la octava semana comienzan a asemejarse con las del adulto.

#### **Articulaciones sinoviales**

Se desarrollan en tres fases:

1. **Interzonas homogéneas.** Durante la sexta semana aparecen áreas condrogénicas situadas entre las extremidades de los huesos que contribuyen por crecimiento a incrementar la longitud de los modelos cartilagosos.
2. **Interzonas de tres capas.** Las interzonas homogéneas se convierten en interzonas de tres capas alrededor de la séptima semana. Dos capas condrogénicas separadas por una capa intermedia de las que derivarán la cápsula articular, ligamentos y membrana sinovial.
3. **Cavitación articular.** Aparición de espacios que van confluyendo en el centro de la articulación para dar lugar a la aparición de la cavidad articular.

#### **Articulaciones no sinoviales.**

Durante el desarrollo de estas articulaciones el mesénquima interzonal se diferencia en cartílago, fibrocartílago o tejido fibroso según el tipo definitivo de cada articulación. Posteriormente no se desarrolla cavidad articular, por lo que dicho tejido deviene el principal sistema de unión entre los cabos óseos. Los tejidos de unión evolucionan con la edad, de forma que es muy frecuente que articulaciones formadas por un tipo de tejido tengan tendencia a la calcificación durante la vida adulta. Un ejemplo característico son las articulaciones entre los huesos del cráneo.

### **Desarrollo del músculo esquelético.**

---

El sistema muscular se desarrolla del mesodermo intraembrionario, a partir de células mesenquimatosas especializadas denominadas mioblastos, éstas se desarrollan en tres lugares: miotomos de los somitos (musculatura del tronco, músculos de la lengua), mesodermo de los arcos branquiales (músculos de la cabeza) y en el mesénquima que rodea a los huesos en desarrollo.

Casi todo el músculo esquelético se desarrolla antes del nacimiento. Después del nacimiento aumentan de longitud y anchura a medida que se desarrolla el esqueleto.

#### **Derivados del miotomo.**

Los miotomos se dividen en dos secciones junto con los nervios raquídeos en desarrollo que envían una rama a cada división:

- Epaxil (dorsal): Origina los músculos extensores del cuello y columna vertebral.
- Hipoaxil (ventral): Forman los músculos del cuello, flexores laterales y ventrales de la columna.
- Los músculos de la lengua derivan de los miotomos occipitales.

**Derivados de los arcos branquiales.**

La migración de mioblastos en estos arcos da lugar a los músculos masticadores, de la expresión facial y de la faringe y laringe que están inervados por los nervios de cada arco branquial correspondiente.

**Músculos de los miembros.**

La musculatura de los miembros se desarrolla "in situ" a partir del mesénquima que rodea a los huesos en desarrollo, éste deriva de la capa somática del mesodermo lateral y está en discusión la existencia de migración de tejido mesodérmico de los miotomos hacia los miembros humanos, aunque ésta si se ha comprobado en el estudio del desarrollo de la musculatura de otras especies.

**Malformaciones congénitas que afectan al aparato locomotor.**

---

**Anormalidades esqueléticas.**

*Acondroplasia.* Es un trastorno autosómico dominante en el que se altera el crecimiento endocondral, de ahí que se dé un desarrollo normal del cráneo junto con alteraciones en la longitud de las extremidades.

*Osteogénesis imperfecta.* Grupo heterogéneo de alteraciones congénitas que se manifiesta por fragilidad de los tejidos mineralizados. Es el resultado de mutación en los genes que codifican las cadenas colágenas. Usualmente es de herencia dominante.

**Anormalidades articulares.**

*Artrogriposis congénita múltiple.* Enfermedad caracterizada por inmovilidad articular secundaria a falta de movilidad muscular durante el desarrollo.

**Anormalidades musculares.**

*Distrofia miotónica.* Defecto genético de herencia autosómica dominante que produce alteraciones en la contracción muscular.

*Distrofia muscular pseudohipertrófica.* Caracterizada por debilidad muscular de hombros y pelvis que aparece en la juventud. Es de herencia recesiva ligada al cromosoma X. Se presenta una alteración en una proteína necesaria para la función muscular normal.