

El sistema esquelético se origina del mesodermo paraaxial, de la hoja somática lateral y de mesenquima de las crestas neurales. El mesodermo paraaxial da lugar en una etapa posterior a los somitas y somiteros, las primeras quedan divididas en dos regiones una ventromedial llamada esclerotomo y una dorsolateral llamada dermomiotomo.

Una de las características de las células mesenquimatosas es que realizan diversas migraciones desde su sitio de origen hasta las regiones destinadas.

Durante el desarrollo embrionario, el hueso se formará a través de dos procesos diferentes: osificación endocondral y osificación intramembranosa.

La osificación endocondral tiene una serie de etapas sucesivas que inician con la condensación del mesenquima, continua con la formación de un molde cartilaginoso constituido por condrocitos, la maduración de estos condrocitos, su hipertrofia y muerte celular. El crecimiento de los huesos continua por la proliferación de los condrocitos que darán lugar a la placa o disco de crecimiento.

Finalmente, el crecimiento del hueso termina cuando los cartílagos de crecimiento se osifican.

La osificación intramembranosa inicia cuando las células mesenquimatosas se condensan y se diferencian en osteoblastos, los cuales establecerán el centro de osificación primaria u osteoide.

La formación del osteoide vendrá seguida de su mineralización, incluyendo a los osteoblastos, los cuales terminan convirtiéndose en osteocitos.

Segmentación del mesodermo y formación de los somitos

Cuando la gastrulación al final de la tercera semana, el mesodermo intraembrionario se divide en varias regiones denominadas: mesodermo paraaxial o notocorda, mesodermo axial, mesodermo intermedio y mesodermo lateral.

El mesodermo paraaxial forma unos conglomerados llamados somiteros que luego terminan convirtiéndose en una somita. La aparición de somitos ocurre al rededor del día 18.

La formación de somitas tiene un control intrínseco, su organización depende de la inducción del entodermo suprayacente, que estimula la expresión de un gen llamado Paraxis.

Las somitas originan la mayor parte del esqueleto axial, la musculatura relacionada con este esqueleto y la dermis de la piel adyacente.

Cráneo

Se divide en neurocráneo y viscerocráneo. Algunos huesos del cráneo se forman por osificación endocondral y otros por osificación membranosa.

Neurocráneo

Los huesos del neurocráneo tienen ambos tipos de osificación. Los huesos en el recién nacido están separados por áreas de tejido conectivo llamadas suturas y fontanelas, y tienen un papel importante en el nacimiento. La exploración clínica de las fontanelas permite al médico integrar cuadros clinicopatológicos en el recién nacido y en el lactante. El tamiz neonatal es una prueba que se utiliza para detectar trastornos metabólicos, endocrinos y del sistema hematopoyético en el recién nacido, antes que se manifiesten clínicamente.

Viscerocráneo

El viscerocráneo cartilaginoso se origina del mesenquima derivado de las células de la cresta neural del primero y segundo arcos faríngeos. El viscerocráneo membranoso se origina también del mesenquima derivado de las crestas neurales, el cual se condensa formando la prominencia maxilar y la prominencia mandibular. De la prominencia mandibular surgirá la porción escamosa del temporal, mandíbula, maxila y el cigomático, mientras que la prominencia mandibular el mesenquima se condensa y forma la mandíbula.

Columna vertebral

La columna vertebral tiene 33 huesos conocidos como vértebras que se originan del mesenquima de las somitas. Las vértebras se denominan de acuerdo con su situación en cervicales, torácicas, lumbares, sacras y coccigeas.

Cada vértebra se compone de un cuerpo y un arco vertebral, se originan por la fusión de varios componentes cartilaginosos.

Se considera que cada cuerpo vertebral está formado por la contribución de dos pares de somitas contiguas. La formación de los cuerpos vertebrales implicará la migración de células mesenquimatosas desde el esclerotomo de las somitas hasta el sitio donde se encuentra la notocorda.

Formado el cuerpo vertebral, la notocorda degenera y desaparece.

Los arcos vertebrales también se originarán del esclerotomo, las características están determinadas por las combinaciones de diversos genes de la familia HOX, que se mantienen encendidos hasta que se forma el cartilago de los primordios vertebrales. Las características específicas están dadas por la combinación única de varios genes HOX.

En el nacimiento solo están presentes la curva torácica y la curvatura sacra. La curvatura cervical comienza a ser evidente cuando el niño puede sostener la cabeza. La curvatura lumbar iniciará su formación una vez el niño se mantenga en bipedestación y será más notable cuando comence a deambular.

Costillas y esternón

Las costillas se forman de células mesenquimatosas del esclerotomo. En el periodo embrionario son cartilaginosas y en el periodo fetal se osifican, tienen dos discos de crecimiento que unen a la diáfisis con las epifisis.

La mayoría de las costillas terminarán por articularse con el esternón a través de los cartílagos costales; otras se articularán con los cartílagos de la costilla superior y algunas no tendrán articulación anterior.

El esternón se compone del manubrio, el cuerpo y el proceso xifoides. Se origina del mesodermo somático, que forma dos cartílagos separados: las bandas esternales.

En la línea media surge otro cartílago por condensación del mesenquima, el proesternón y lateral a este un pequeño cartílago a cada lado, el supraproesternón, que en conjunto dan origen al manubrio del esternón.

Alteraciones del esqueleto axial

Microcefalia Es un estado patológico en el que el cráneo es de menor tamaño como consecuencia de un desarrollo inadecuado del cerebro. Esta patología puede estar presente al nacimiento o desarrollarse después.

Macrocefalia Es un trastorno en el cual el perímetro cefálico está incrementado y puede deberse a una elevada presión intracraneal por defectos en la circulación normal del líquido cefalorraquídeo. O por un aumento del volumen de la masa encefálica.

Hemivértebra Se debe a una falla en la aparición de los centros de condificación en la mitad de la vértebra. Se asocia con escoliosis infantil.

Síndrome de Klippel-Feil (brencolis): Es una alteración, se caracteriza por la fusión congénita de dos o más vértebras cervicales.

Los que tienen este síndrome presentan implantación baja de cabello y un cuello corto con limitaciones en su movimiento. La etiología de esta malformación es desconocida y se considera multifactorial.

Pectus excavatum Se considera la malformación congénita más frecuente, puede ocasionar compresión de los órganos torácicos, dificultad ventilatoria, dolor frecuente e infecciones respiratorias frecuentes. Esta patología puede deberse a factores intrínsecos del desarrollo de las estructuras fetales.

Craneosquisis Es una alteración que se caracteriza por la falta de componentes óseos que conforman la bóveda craneal. La ausencia total de bóveda craneal se llama ancrania, y en ésta el desarrollo del cerebro puede ser parcial o nulo, como en la cranecefalia.

Esqueleto apendicular

El esqueleto apendicular está constituido por la cintura escapular, los huesos de los miembros superiores, la cintura pélvica y los huesos de los miembros inferiores.

Las clavículas se desarrollan por osificación intramembranosa y los demás huesos por osificación endocondral.

El esqueleto apendicular es el encargado de dar soporte e inserción a los músculos y tendones responsables de dar movimiento.

El esqueleto apendicular es el primero de los tejidos de los miembros en evidenciar signos de diferenciación.

Huesos

La primera manifestación del esqueleto óseo ocurre al final de la cuarta semana, formando un molde de precartilago.

El ectodermo del vértice del miembro es el responsable de que el mesenquima subyacente no se diferencie en cartilago.

En la sexta semana, los moldes cartilaginosos se condensifican para formar moldes de cartilago hialino.

En la octava semana comienza la osificación de los huesos largos a partir de centros de osificación primarios. Luego hacen presencia los centros de osificación secundaria, el primero en surgir es el de la rodilla, lo cual ocurre en la etapa fetal tardía.

Los huesos largos aunque no se osifiquen y se unen a los centros primarios y secundarios queda entre ellos una banda de cartilago activo, la placa o disco de crecimiento, la cual es sustituida por hueso cuando éste deja de crecer.

La edad ósea permite conocer el grado de madurez biológica y fisiológica de un niño.

Articulaciones

Son las uniones entre dos o más huesos y se clasifican en fibrosas, cartilaginosas y sinoviales. Se producen por la división transversal de los moldes cartilaginosos y no por aposición de dos elementos cartilaginosos separados.

La formación de las células mesenquimatosas darán lugar a la capsula articular y los ligamentos relacionados en la parte externa y a los cartilagos articulares y la membrana sinovial en la interna. Los mecanismos moleculares que participan en el desarrollo de las articulaciones son pocos conocidos.