

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Biología Celular y Tisular

BIOLOGÍA CELULAR E HISTOLOGÍA MÉDICA.

TEJIDO CARTILAGINOSO

CÉSAR EDUARDO MONTALVO ARENAS M.V.; Ms. C. B.

Asesoría técnica:

Técnico Académico: Francisco Pasos Nájera.

Laboratorista: Ricardo Hernández Trujillo.

13 de noviembre del año 2010

También se le conoce con el nombre de **cartilago**. Posee una consistencia rígida, pero a la vez flexible; ofrece poca resistencia a la presión, recuperando su forma cuando aquella cesa. A esta propiedad se le conoce como **“resiliencia”**. Esta característica se debe a la presencia y disposición espacial de los componentes amorfos y fibrilares en la matriz.

FUNCIONES.

El tejido cartilaginoso desarrolla varias funciones:

- ❖ Sirve de soporte y sostén a otros tejidos.
- ❖ Permite la permanencia de la luz (cavidades) de algunos conductos u órganos huecos (fosas nasales, laringe, tráquea y bronquios).
- ❖ Reviste ciertas superficies óseas que se ponen en contacto con otras, como las articulares.
- ❖ Constituye el soporte esquelético en el embrión y en el feto.
- ❖ Interviene como molde para que a partir de él se origine tejido óseo.
- ❖ Es un tejido que, en el individuo adulto tiene una distribución restringida.
- ❖ En el embrión constituye totalmente el sistema esquelético.
- ❖ En ciertos peces como los *condroititis* (peces cartilaginosos) integra en los individuos adultos, de manera definitiva, la totalidad del esqueleto.

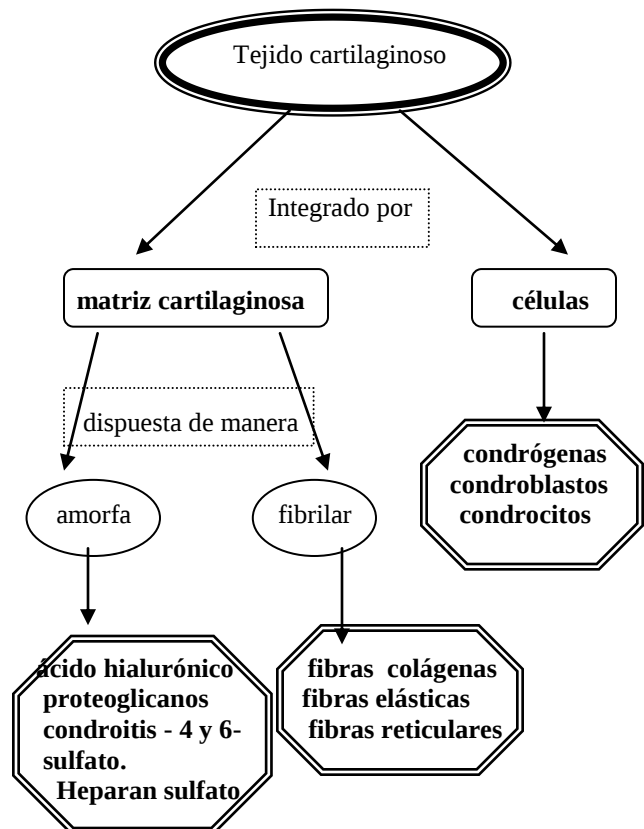
Es un tejido que carece de irrigación e inervación.

Suple esta ausencia una cubierta de tejido conjuntivo, el **pericondrio** que rodea al cartilago, membrana conjuntiva ricamente vascularizada e inervada.

Componentes del tejido cartilaginoso

Como todo tejido conjuntivo, está formado por células y por matriz cartilaginosa integrada a su vez por componentes amorfos y fibrilares.

En el mapa conceptual que se muestra a continuación se consideran los componentes del tejido cartilaginoso.



ORIGEN EMBRIOLÓGICO. El tejido cartilaginoso se origina del mesoderma. En los lugares del embrión donde se formará tejido cartilaginoso de manera definitiva o en las zonas donde posteriormente el tejido cartilaginoso se transformará en tejido óseo, las células mesodermales se diferencian en células mesenquimatosas las cuales a continuación darán origen a las células osteocondrógenas. (Fig. tej. Cart. 2, 3 y 4). Estas células dependiendo de la menor o mayor cantidad de vascularización y por consiguiente de una menor o mayor cantidad de oxígeno se diferenciarán en condrógenas o en osteógenas, respectivamente. Influyen en la diferenciación una serie de factores de crecimiento que coadyuvarán en la diferenciación tisular definitiva. Existe un factor de transcripción denominado Sox-9 indispensable para la expresión de los componentes de la matriz cartilaginosa como la colágena tipo II y el agregan.

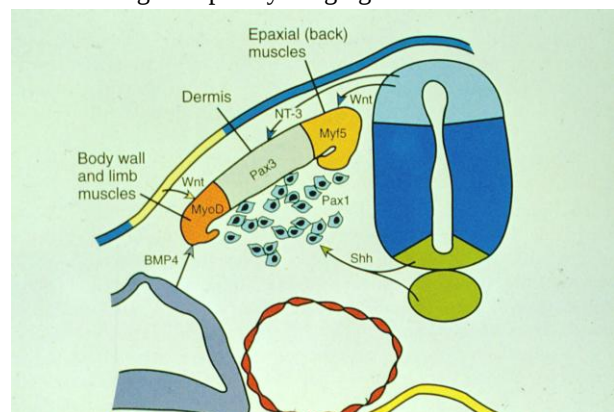
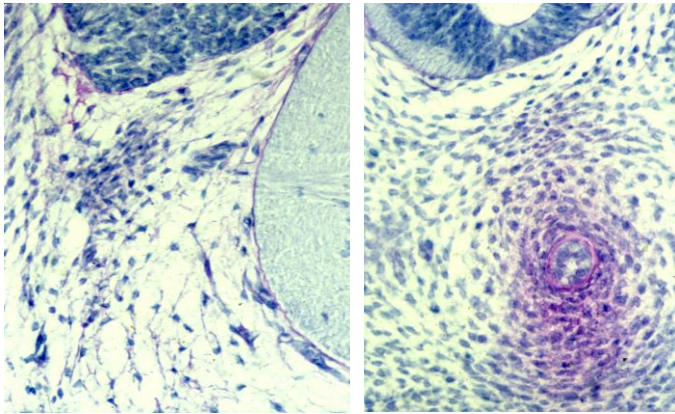


Figura Tej. Cart. 1.- Representación esquemática de la región dorsal de un embrión trilaminar. Se observan los componentes que, de manera directa, intervienen en la diferenciación del tejido cartilaginoso a partir del esclerótomo somático.



(A)

(B)

Figura tej. Cart. 2.- Fotomicrografías de la diferenciación de células cartilaginosas: A) Región semejante al esquema anterior. Se observa una porción de la cresta neural y del esclerótomo con células mesenquimatosas y la leve presencia de matriz amorfa P.A.S. +. B) Zona ventral del tubo neural y su relación con la notocorda. Alrededor de ella se distinguen células condrogénicas en proceso de proliferación, dispuestas de manera concéntrica y secretando una mayor cantidad de matriz cartilaginosa amorfa P.A.S. +

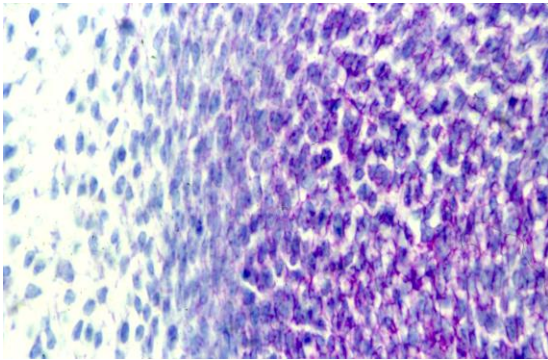


Figura tej. Cart. 3.- Fotomicrografía de una zona de condricificación en la cual se distinguen de izquierda a derecha células mesenquimatosas, condrogénicas y condroblastos agrupados en un nido condrogénico. Se visualizan entre los condroblastos el depósito de matriz cartilaginosa. Tinción de P.A.S. + Hematoxilina. 200x

Las células del tejido cartilaginoso son:

Células osteocondrogénicas.

Son células que derivan de las células mesenquimatosas. Tienen forma de huso (fusiformes), ligeramente alargadas (fig. tej. Cart. 4). Las células osteocondrogénicas se diferencian en células óseas o células cartilaginosas dependiendo del microambiente que las rodea.

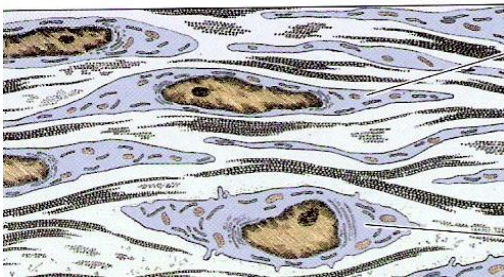


Figura tej. Cart. 4.- Representación esquemática de la porción superficial del pericondrio. Se observan células fusiformes que empiezan a transformarse en condrogénicas; obsérvese el inicio de la secreción de matriz cartilaginosa. Junqueira y Carneiro 2005.

Si en el ámbito mesenquimatoso existe abundancia de irrigación sanguínea que mantiene la concentración de oxígeno en condiciones altas, las células se diferenciarán en osteoblastos; en cambio si la presencia de vasos sanguíneos es escasa y la tensión de oxígeno es muy pequeña o el microambiente carece de irrigación y la presencia del factor de expresión Sox-9 entonces las células osteocondrogénicas se transformarán en condroblastos.

Condroblastos. Son células que se diferencian de las denominadas **osteocondrogénicas** y posteriormente de las **condrogénicas**.

El estímulo de diferenciación es la existencia de una menor tensión de oxígeno en el mesénquima en proceso de diferenciación y del factor de expresión Sox-9.

Los condroblastos se localizan en la región interna del pericondrio, (fig. tej. cart.5) sobre la superficie del cartilago. Tienen forma fusiforme, cuyo contorno se modifica paulatinamente a ovaladas. Se incrementa el depósito de matriz amorfa y fibrilar. Poseen un citoplasma basófilo, rico en ácido ribonucleico. Conservan la capacidad de reproducirse, originando a otros condroblastos o diferenciarse en condrocitos jóvenes.

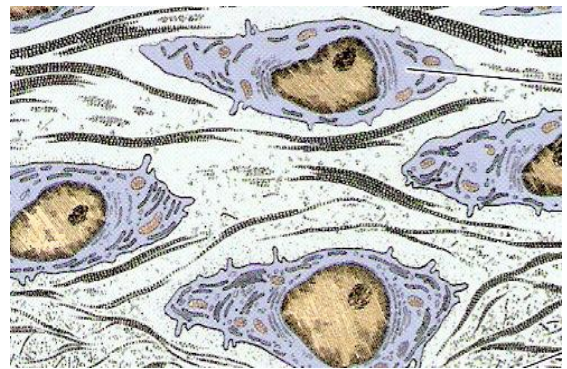


Figura tej. Cart.5.- Representación esquemática de condroblastos.

Cuando los condroblastos aumentan la secreción de matriz cartilaginosa (amorfa y fibrilar) y se rodean de ella, se transforman en condrocitos jóvenes. Junqueira y Carneiro, 2005

Condrocitos. Son las células más abundantes del cartilago. Suelen mostrar varias formas. Las más jóvenes son elípticas u ovaladas; esféricas o poligonales, las maduras (Fig. tej. Cart. 6).

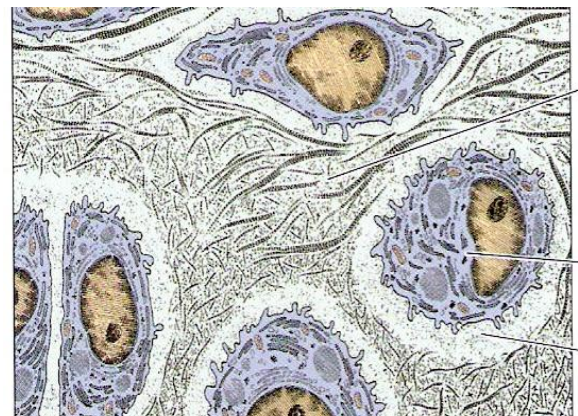


Figura tej. Cart. 6.- Representación esquemática de la transformación morfológica de condroblastos a condrocitos jóvenes. En la esquina inferior izquierda se observan dos condrocitos jóvenes dentro de una laguna cartilaginosa rodeados totalmente por matriz amorfa y fibrilar.

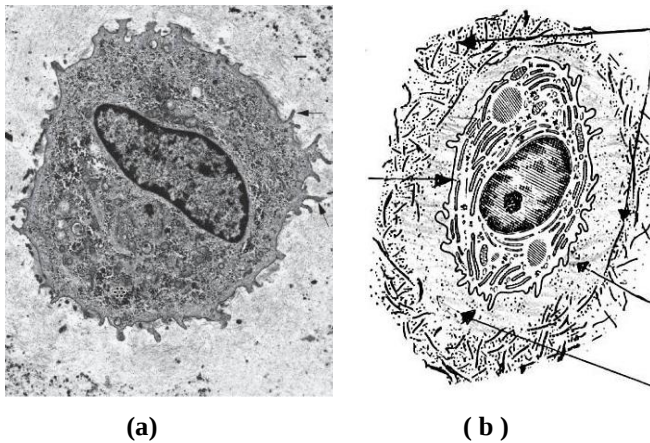


Fig. tej. Cart. 7. – (a) Fotomicrografía electrónica. 7, 830x (Sobotta y Welsch . Histología 2ª edición 2007 y b) representación esquemática de un condrocito rodeado por la matriz cartilaginosa.

Los condrocitos ocupan cavidades de la matriz denominadas **lagunas cartilaginosas** (Fig. tej. Cart. 7), dentro de ellas, también pueden albergar dos o más células, especialmente en cartílagos de individuos adultos. En este caso, al conjunto se le denomina **“grupo isógeno”** (fig. tej. Cart. 8).

El alto contenido de agua en el citoplasma de los condrocitos hace que en una preparación de cartílago incluida en parafina y coloreada, el contorno celular se observe retraído dentro de la laguna.

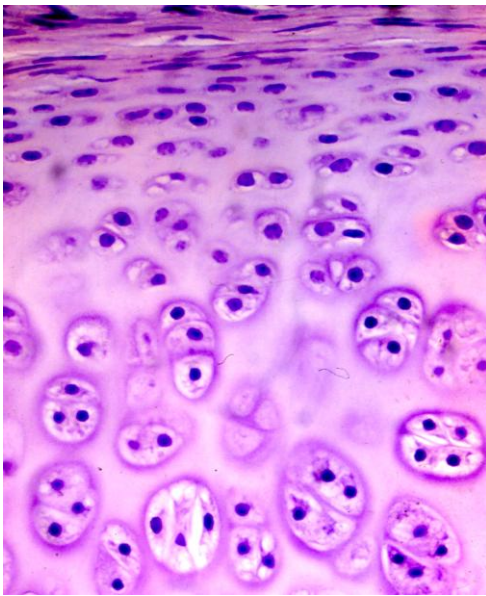


Fig. tej. Cart. 8. – Fotomicrografía de tejido cartilaginoso maduro. Tinción de H-E 400x. Se observa la secuencia de transformación (de arriba hacia abajo) de células condrogénicas en condroblastos, condrocitos jóvenes, condrocitos maduros y grupos abundantes isógenos.

Al M.E., los condrocitos muestran un R.E.R. notorio, mitocondrias, un aparato de Golgi desarrollado y abundancia de grumos de glucógeno. La membrana celular exhibe prolongaciones que aumentan la superficie de intercambio de la célula (fig. tej. Cart. 7 A y B).

Los condrocitos son las células encargadas de sintetizar y secretar la matriz cartilaginosa del cartílago adulto

Esta se concentra en los bordes de la laguna, denominada **matriz territorial**, zona que se colorea (basofilia) con más intensidad que la matriz localizada entre las lagunas: **matriz interterritorial** (Fig. tej. Cart. 8).

MATRIZ CARTILAGINOSA

Esta constituida por sustancia amorfa y fibras conjuntivas: La matriz amorfa esta constituida por cadenas de moléculas de ácido hialurónico que se unen mediante enlaces no covalentes con 100 ó 200 moléculas de proteínoglicanos (**agrecanes**), unidos, a su vez, mediante proteínas de enlace formando moléculas gigantes de **proteínoglicanos**. (fig. tej. cart. 9) Los glucosaminoglucanos que forman los proteínoglicanos son el ácido condroitín - 4 - sulfato, condroitín - 6 - sulfato y el heparan sulfato. Éstos tienen la capacidad de albergar una cantidad considerable de moléculas de agua.

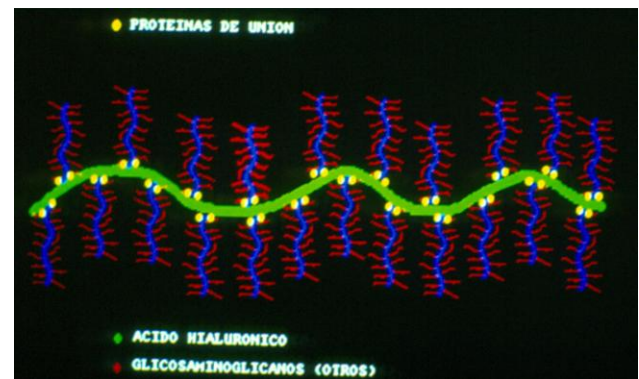


Figura tej. Cart. 9.- Esquema que representa la disposición bidimensional de las moléculas que constituyen los proteínoglicanos de cadena larga (agrecanes) de la matriz cartilaginosa.

La **hidrofilia** de la matriz cartilaginosa se debe a que las cargas negativas de los proteoglicanos atraen cationes como el Na^+ que, a su vez, atraen abundantes moléculas de agua.

La matriz cartilaginosa le confiere características tintoriales especiales al cartílago: La existencia del ácido hialurónico le proporciona reacción de metacromasia (Figura tej. Cart. 10)

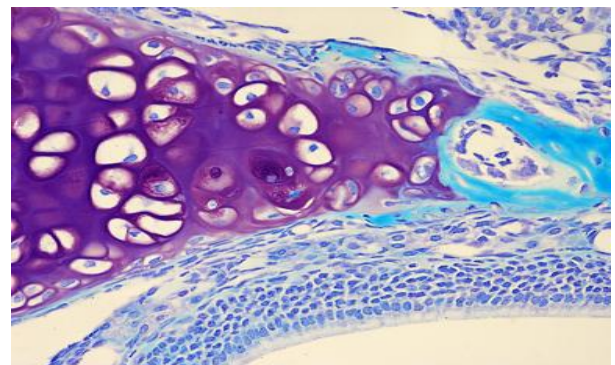


Figura tej. Cart. 10.- Tabique nasal de roedor. Tinción Luxol Fast blue y violeta de cresilo. La matriz del tejido óseo se tiñe de azul, los núcleos de color azul violeta; la matriz cartilaginosa muestra reacción de metacromasia con el violeta de cresilo. 400x. Cortesía de la doctora Laura Colín Barenque.

En cambio los glucosaminoglucanos sulfatados hacen que exhiba reacción basófila. Y todos ellos, en conjunto, son P.A.S. positivos. La reacción tintorial citada está dada por la

gran cantidad de glicoproteínas que contiene la matriz cartilaginosa como la condronectina.

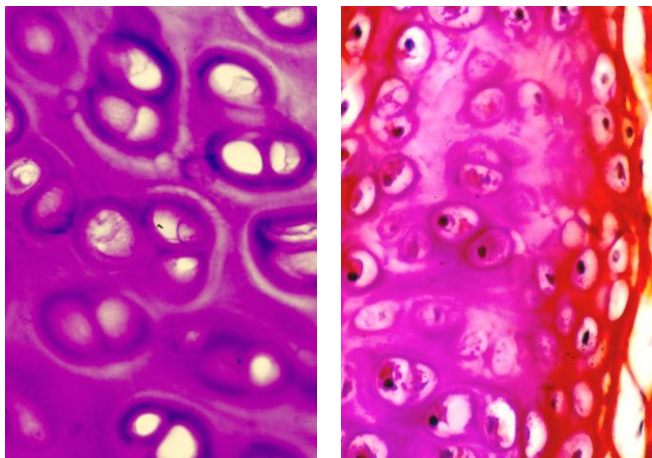


Figura tej. Cart. 11.- a) Tejido cartilaginoso mostrando la basofilia de la matriz amorfa 600x; b) La matriz exhibe el color magenta de la reacción histoquímica P.A.S. + 400x.

La viscosidad y densidad de la matriz y el contenido de agua permiten la difusión de sustancias para que se realice el metabolismo del tejido.

La matriz fibrilar está constituida por:

Fibras conjuntivas del tipo: colágenas, reticulares y elásticas.

Estas fibras se incorporan a la matriz amorfa, en cantidades diferentes dependiendo de tipo de cartílago. La presencia de ellas le confiere cierta acidofilia a la matriz cartilaginosa.

Pericondrio.

Es una membrana conjuntiva ricamente vascularizada e inervada que rodea al tejido cartilaginoso. No existe en el cartílago fibroso o conjuntivo, en los cartílagos articulares y en el cartílago de crecimiento, epifisiario o de conjunción.

Está constituido por dos zonas (Fig. tej. Cart. 12):

Una **externa fibrilar** en donde predominan haces de fibras colágenas y escasa cantidad de fibroblastos y fibrocitos.

Una **interna celular**, con mayor presencia de células condrógenas y abundantes capilares sanguíneos.

Se considera que el pericondrio es esencial para mantener metabólicamente funcional al cartílago.

Clasificación del tejido cartilaginoso. En el cuerpo humano existen tres variedades de cartílago. Cada una de ellas se caracteriza por las particularidades de la matriz cartilaginosa, la disposición de los condrocitos y por la presencia mayoritaria de ciertos componentes fibrilares.

CARTÍLAGO HIALINO.

Es el más abundante en el individuo adulto. Constituye el total del tejido cartilaginoso en embriones y fetos jóvenes.

La gran mayoría de los futuros huesos están constituidos, inicialmente, por este tipo de cartílago, posteriormente, durante los procesos de osificación es reemplazado por tejido óseo.

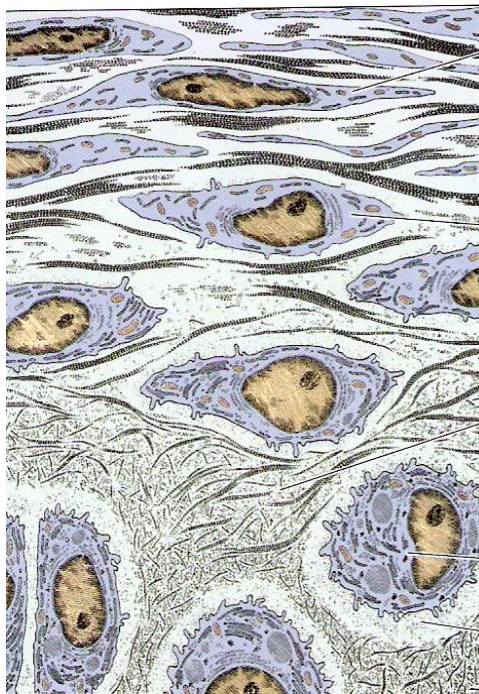


Fig. tej. Cart. 12. - Dibujo que muestra la representación del pericondrio, células condrógenas y condroblastos. **Junqueira y Carneiro 2005.**

Al estado fresco se observa de un color blanquecino azulado translúcido.

Recibe esta denominación porque en preparaciones histológicas coloreadas no es posible distinguir dentro de la matriz, el componente fibrilar (colágena II) pues éstas tienen un índice de refracción similar a la matriz amorfa (fig. tej. Cart. 13 y 15).

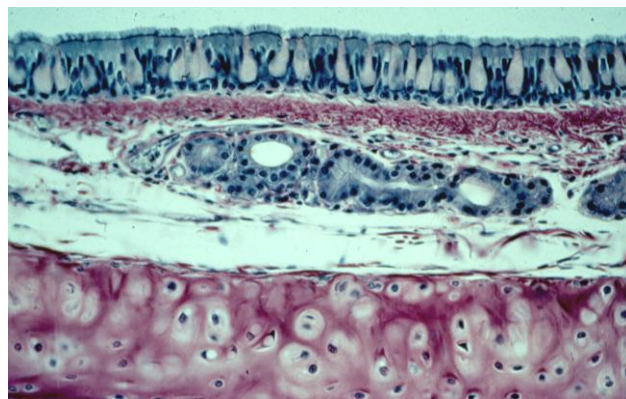


Figura tej. Cart. 13.- Fotomicrografía de tráquea. Tinción Hematoxilina fosfotungstica. 200x. El cartílago hialino localizado en la parte inferior sirve de soporte semirrígido a la mucosa traqueal.

Las fibras colágenas tipo II se disponen en haces delgados; su orientación y localización dependen de las fuerzas de tensión que se aplican al cartílago. Por debajo del pericondrio, generalmente adoptan un sentido longitudinal; entre las lagunas cartilaginosas forman una trama tridimensional, por ejemplo en los anillos traqueales y bronquiales. En otros casos como en los cartílagos articulares los haces profundos se disponen en columnas curvas (Fig. tej. Cart. 14).



Figura tej. Cart. 14.- Representación esquemática de la disposición de haces colagenosos en la cápsula articular de la epífisis de un hueso largo.

El cartílago hialino forma parte del tejido de sostén de las vías respiratorias, tabique y fosas nasales, laringe, traquea y bronquios. Reviste las superficies articulares, forma los cartílagos costosternales y el disco de crecimiento epifisiario.

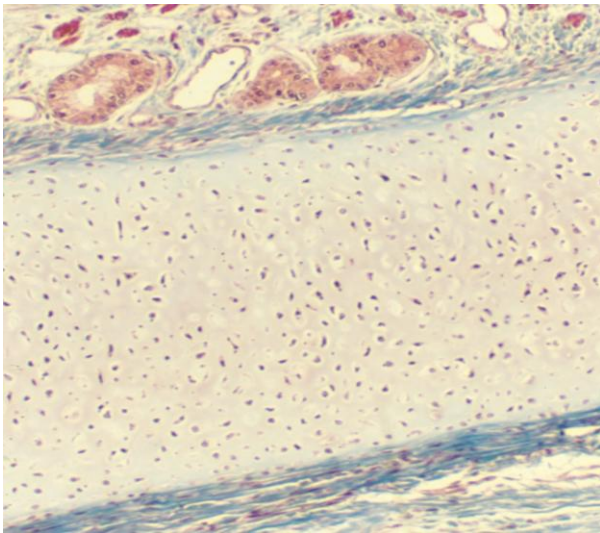


Figura tej. Cart. 15.- Fotomicrografía de una placa cartilaginosa bronquial fetal. Tinción tricrómico de Masson. 250x. Se observa que en la matriz cartilaginosa los condrocitos aún no se integran en grupos isógenos.

CARTÍLAGO ELÁSTICO.

Tiene una distribución más restringida que el cartílago hialino. El tejido es de un color amarillento, aspecto debido a la presencia de fibras elásticas embebidas en la matriz cartilaginosa. Es más flexible que el cartílago hialino.

Se caracteriza porque la matriz contiene, además de las fibras colágenas tipo II, abundantes fibras elásticas dispuestas en forma de finas redes (Fig. tej. Cart. 16 y 17) entre cuyos espacios se disponen los condrocitos, éstos presentan mayor tamaño que los del cartílago hialino y los grupos isógenos. Las fibras elásticas se demuestran empleando las técnicas de coloración específicas para este tipo de fibras como lo muestran las imágenes de las figuras 17, 18 y 19.

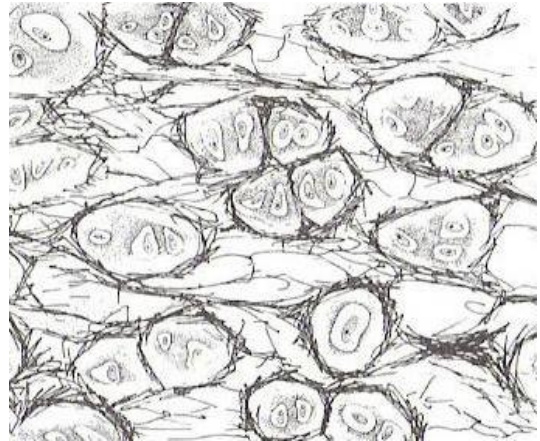


Figura tej. Cart. 16.- Representación esquemática del tejido cartilaginoso elástico. Las lagunas cartilaginosas se observan rodeadas de abundantes fibras elásticas y ocupadas por uno más condrocitos (grupos isógenos).

En la matriz cartilaginosa existe una mayor cantidad de condrocitos por unidad de superficie en comparación a los otros dos tipos de tejido cartilaginoso (figura tej. Cart. 17).

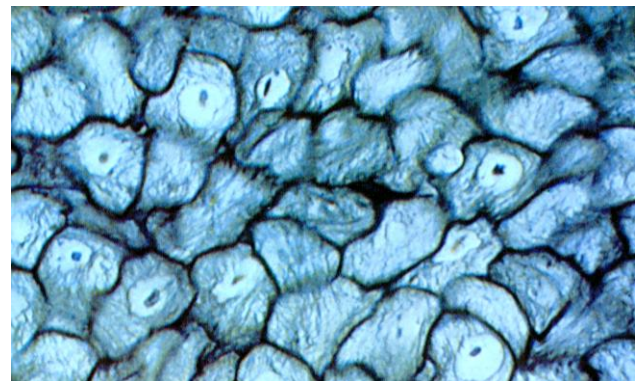


Figura tej. Cart. 17.- Fotomicrografía de tejido cartilaginoso elástico epiglótico. Tinción hematoxilina de Verhoeff y azul de metileno. 600x. Se observa que la población de condrocitos es notable por unidad de superficie. Las fibras elásticas rodean a cada condrocito.

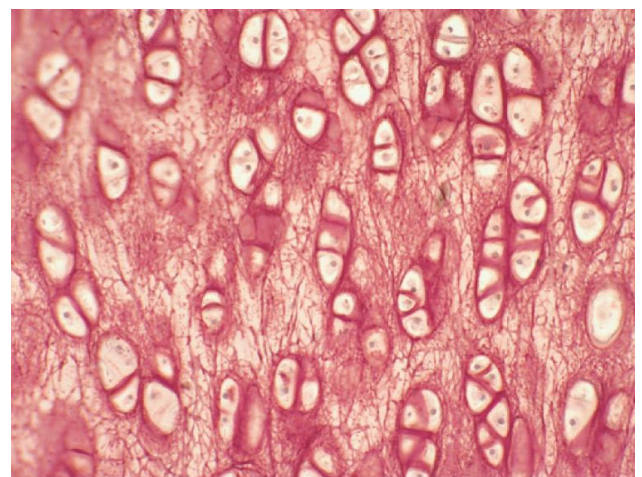


Fig. tej. Cart. 18.- Fotomicrografías del cartílago elástico de la oreja de cerdo. Tinción Orceina. 250 x Sobotta y Welsch. Histología, 2009

En la matriz territorial, las fibras elásticas exhiben mayor grosor que las de la matriz interterritorial.

El pericondrio también está formado por fibras elásticas las cuales se incorporan a la matriz y se relacionan con las que forman la red fibrilar interna.

El cartílago elástico se localiza en el pabellón de la oreja; en el meato del conducto auditivo externo y en el tejido cartilaginoso de la trompa de Eustaquio; constituye el soporte cartilaginoso de la epiglotis e integra a los cartílagos corniculados y cuneiformes de la laringe.

Es un cartílago que no experimenta osificación.

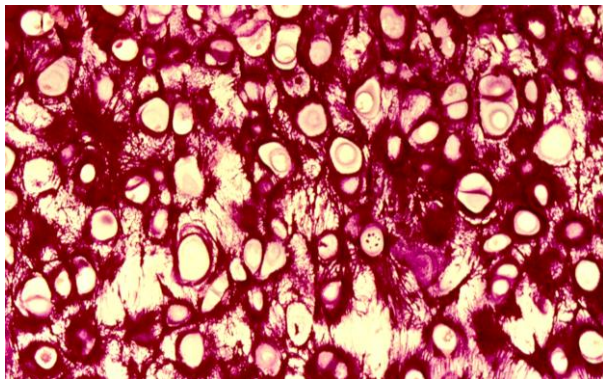


Figura tej. Cart. 19. Fotomicrografía de cartílago elástico. Tinción de Gallego

CARTÍLAGO FIBROSO O CONJUNTIVO

También se le denomina fibrocartilago. Al estado fresco exhibe un color blanquecino. Es un cartílago que carece de pericondrio

Esta constituido por matriz fibrilar, que se dispone en forma de haces de fibras colágenas (colágena tipo I) en posición paralela y relacionados entre sí (Fig. tej. Cart. 20 y 21).

Entre los haces existe escasa matriz cartilaginosa en donde se sitúan los condrocitos. Estos se alinean unos después de otros, en “*fila india*”. Los condrocitos no forman grupos isógenos.

Tiene una distribución muy escasa: Integra los discos intervertebrales y forma parte de la sínfisis púbica. Se le encuentra en el lugar donde los tendones se unen a los huesos y también en los meniscos articulares. En ciertas especies animales Ovinos y Caprinos el tejido conjuntivo que integra el esqueleto conjuntivo del corazón posee este tipo de cartílago. (fig. tej. Cart. 22)

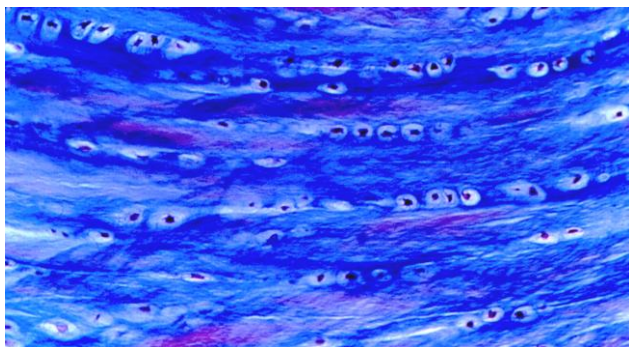


Figura tej. Cart. 20.-Cartílago conjuntivo o fibroso. Tinción Tricrómico de Mallory. Se observan los haces de colágena I paralelos entres i y entre ellos condrocitos formando hileras.

A diferencia de los otros dos tipos de cartílago, que se originan de células condrógenas, el cartílago conjuntivo o fibrocartilago se forma, de acuerdo a las investigaciones realizadas, por la transformación de fibroblastos que, al momento de iniciar la síntesis y secreción de proteoglicanos y fibras colágenas tipo I, modifican su morfología porque, de células fusiformes, redondean sus extremos para convertirse en condrocitos.

El cartílago conjuntivo o fibroso carece de periostio.

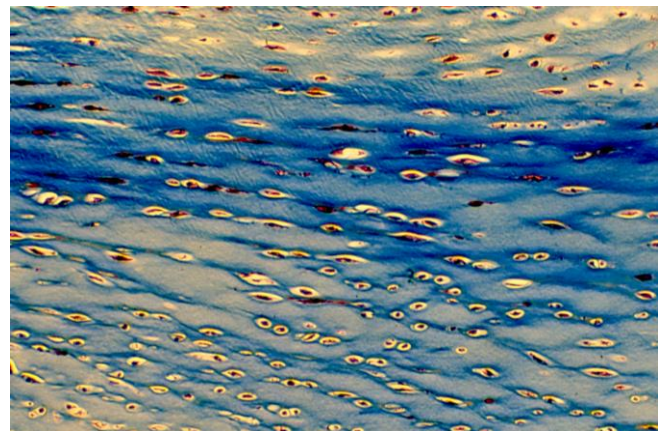


Figura tej. Cart. 21.- Fotomicrografía de cartílago conjuntivo o fibroso. Tinción tricrómico de Masson. Obtenido del disco intervertebral. 250x

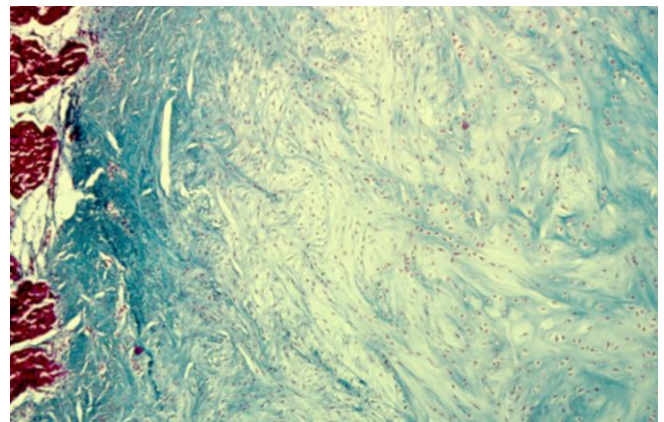


Figura tej. Cart. 22.- Fotomicrografía de cartílago conjuntivo o fibroso. Tricrómico de Masson. 200x. La imagen muestra el esqueleto cardiaco atrioventricular de un ovino.

HISTOGÉNESIS Y CRECIMIENTO DEL CARTÍLAGO.

El tejido cartilaginoso se desarrolla a partir de la diferenciación de células mesenquimatosas que, en etapas tempranas del desarrollo forman agrupaciones celulares (*centros de condricación*) e inician un proceso de síntesis y secreción de G.A.Gs y proteoglicanos a los cuales, posteriormente se le agregan componentes fibrilares: fibras reticulares (colágena III) y fibras colágenas tipo II.

Existen dos tipos de desarrollo y crecimiento del cartílago.

a) **Crecimiento intersticial.**

Este tipo de desarrollo se realiza generalmente en las etapas embrionaria, fetal y en los primeros años de la vida postnatal.

Es un crecimiento del interior del tejido en desarrollo hacia la periferia (Fig. tej. Cart. 23).

El proceso se desarrolla en varias etapas:

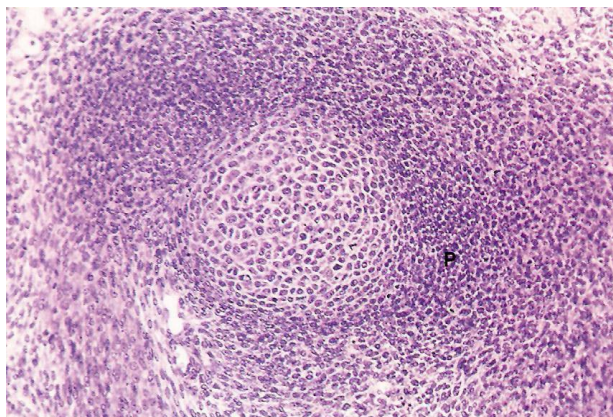
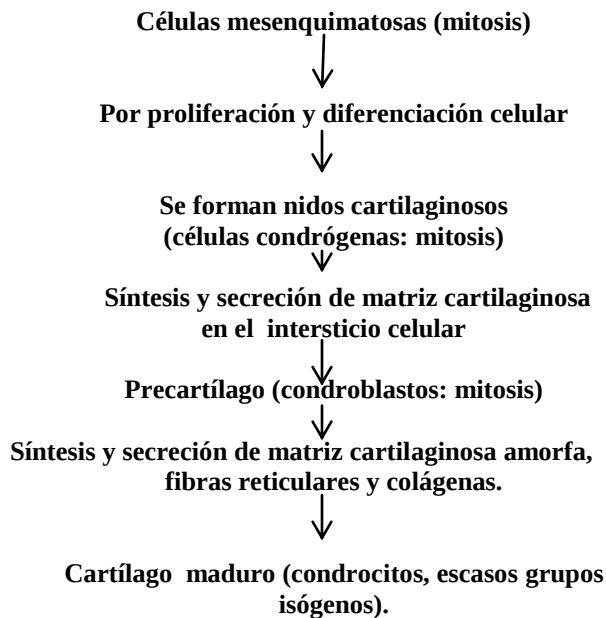


Figura tej. Cart.23.- Fotomicrografía de un nido cartilaginoso fetal. Los condroblastos y condrocitos presentes en el centro de la imagen han iniciado la secreción de matriz mientras que las células condrógenas y mesenquimatosas rodean apretadamente al nido. H-E. 200x Boya Vegue, 1996.

b) **Crecimiento por aposición.**

Se produce en cartílagos jóvenes en los que el crecimiento intersticial ya no es posible que se lleve a efecto, pues la matriz cartilaginosa ha adquirido consistencia suficiente para impedir la separación de los condrocitos en lagunas aisladas (esto motiva la formación de grupos isógenos). El crecimiento se hace a expensas de las células condrógenas del pericondrio.

Es un crecimiento de la periferia hacia la superficie del tejido Fig. tej. Cart. 24 y 25).

El procedimiento es el siguiente:

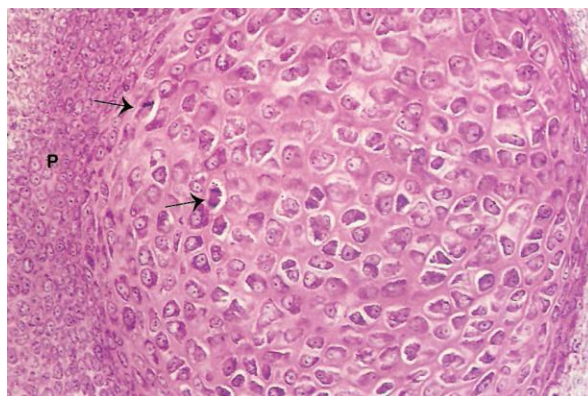
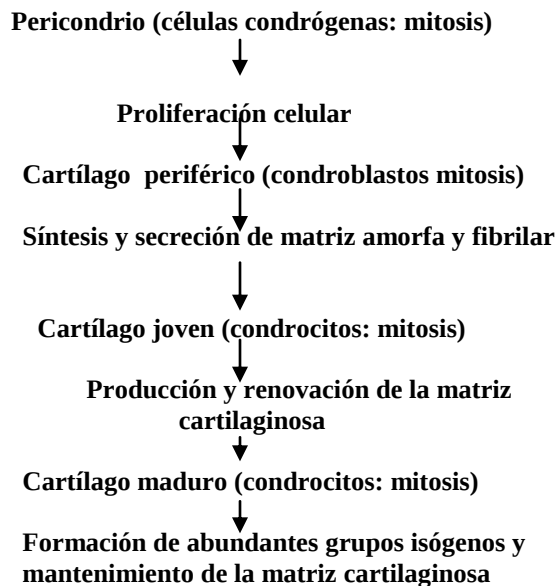


Figura tej. Cart. 24.- Fotomicrografía de un nido cartilaginoso costal. Se muestran condroblastos y condrocitos ocupando lagunas cartilagosas. En la periferia del nido se observan condroblastos exhibiendo figuras de mitosis. Es el inicio de la incorporación de células cartilagosas provenientes de un pericondrio incipiente. H-E. 250x. Boya Vegue, 1996.

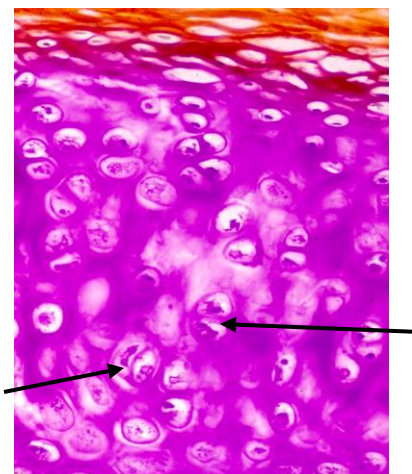


Figura tej. Cart. 25.- Fotomicrografía de un anillo traqueal adulto. Tinción P.A.S - hematoxilina - amarillo de metilo. 400x. El componente fibrilar del pericondrio se tiñe de color amarillo. Células condrógenas y condroblastos se incorporan a la matriz en un crecimiento aposicional. Las flechas señalan grupos isógenos en la matriz cartilaginosa.

Referencias bibliográficas.

Gartner LP y Hiat JL. *Histología. Texto y atlas*. 3ª edición. McGraw-Hill Interamericana. México. 2008

Geneser F. *Histología*. 3ª edición. Editorial Medica Panamericana, México. 2000

Karp G. *Biología Celular y Molecular*. 5ª edición McGraw-Hill Interamericana. México. 2009.

Ham, D.H. y Cormack D. *Tratado de Histología*. 8ª edición Editorial Interamericana 1983.

Krstic, R. V. *Los Tejidos del Hombre y de los Mamíferos*. Editorial Interamericana y McGraw-Hill. 1989

Junqueira, L.C. and Carneiro, J. *Basic Histology. Texto y Atlas*. 11a Edition. McGraw-Hill. 2005

Sobotta, J. y Welsch, U. *Histología*. 2ª edición. Editorial medica panamericana. 2009.

Von Herrath, E. *Atlas de histología y anatomía microscópica humanas*. Editorial Científico-Médica. 1965.

Boya-Vegue, J. *Atlas de Histología y Organografía microscópica*. Editorial Médica Panamericana. 1996.

Ross, M. H., Pawlina, W. *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. 5ª edición. Editorial Médica panamericana. 2007.

