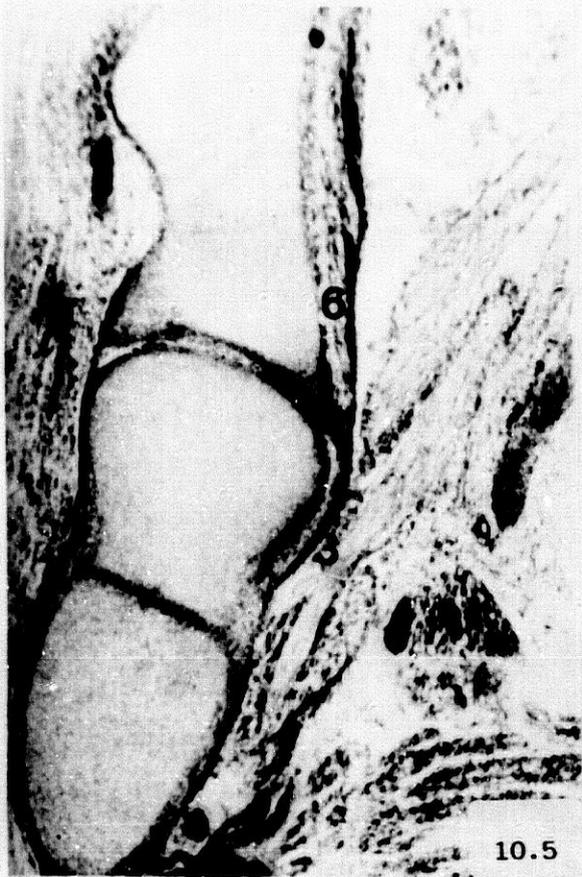


**Estadio 22 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 26 mm.**

Explicación de figuras:

10.5 y 10.5.a

Una vez comenzado el estadio 22 de O'Rahilly, la interzona sigue convencionalmente fraccionada en tres bandas de las que la que ocupa la porción central muestra evidentes signos de laxitud comparada con la densificación pericondral de las capas vecinas, igualmente derivadas de la pieza intermedia. El material periférico de la interzona se aprieta formando una banda mesenquimal que desde el labio articular salta al molde cartilaginoso del vecino húmero para organizar parte del manguito capsular (3). Este, medialmente, se ve totalmente protegido y reforzado por el tendón del músculo subescapular (6), ahora muy organizado.



10.5



10.5.a



10.6



10.7

**Estadio 22 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 26 mm.**

Explicación de figuras:

10.6 y 10.7

A título de comparación, estas dos imágenes seccionan horizontalmente la articulación del hombro del mismo embrión pero del lado izquierdo. Destaca en el conjunto el refuerzo tendinoso del músculo subescapular (6) sobre la cara medial del manguito capsular en construcción.

Medial a la articulación del hombro destaca en la futura región axilar el curso de la arteria (12) y los fascículos del plexo braquial.

**Estadio 22 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 27 mm.**

Explicación de figuras:

10.8 a 10.9.a

Secciones horizontales del hombro derecho que interesan a distintos niveles el proceso coracoides y la interzona articular. La deslaminación de la pieza intermedia es aparentemente más intensa en la zona periférica que en la central, concretamente la que queda vecina a la futura cara articular del labio glenoideo, pero ello es simplemente convencional, fruto de la sección, ya que por lo que venimos observando no hay un lugar preciso en el que la banda laxa media de la interzona tenga preferencia a demostrarse en algún sector determinado.

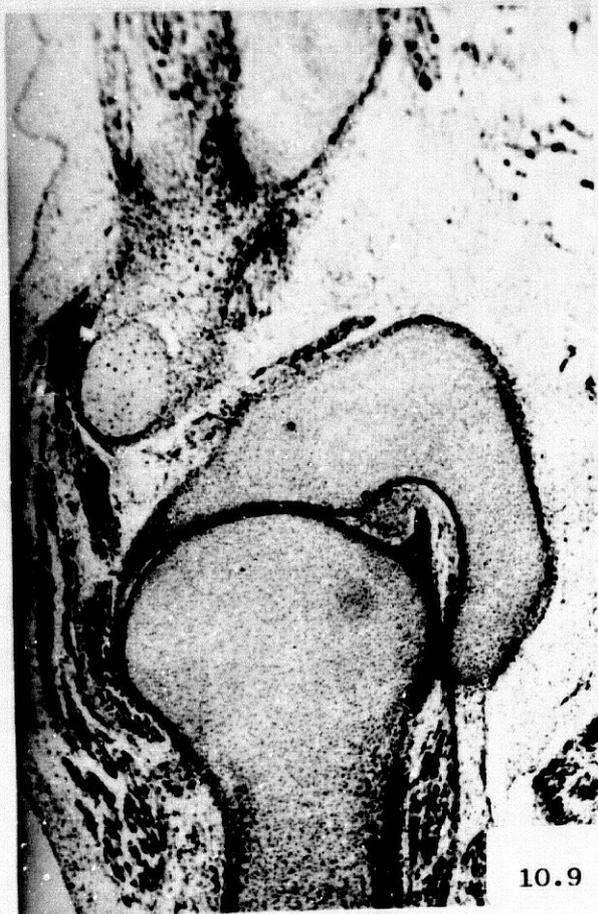
A la vista de las imágenes, el proceso evolutivo de la pieza intermedia no solamente demuestra la deslaminación de la interzona para organizar la futura cavidad articular, sino también la diferenciación de su material más excéntrico o periférico que elabora el labio articular (2) y parte del manguito capsular (3). Por otro lado los primitivos blastemas musculares han adquirido un alto grado de desarrollo y la diferenciación estriada de las miofibrillas musculares es evidente; véase si no la presencia del músculo supraescapular (4).



10.8



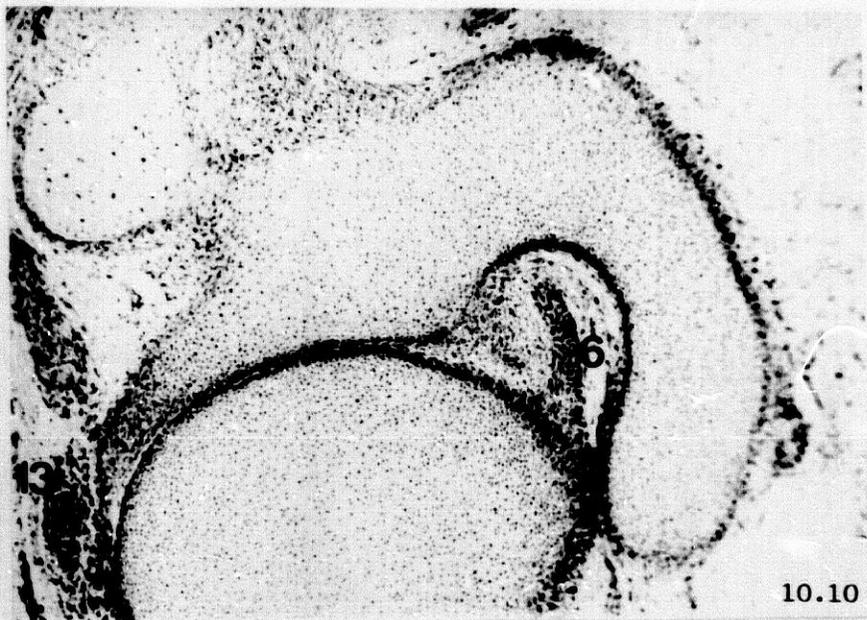
10.8.a



10.9



10.9.a



10.10



10.11

**Estadio 22 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 27 mm.**

Explicación de figuras:

10.10 y 10.11

Estos dos planos que seccionan, el uno, la totalidad del proceso coracoides, mientras que el otro más caudal sólo una parcela de dicha apófisis, evidencian que el manguito capsular rodea, fruto de la sección, un segmento ovoideo correspondiente a la cabeza humeral en su totalidad. Medialmente el ligamento capsular se ve protegido íntimamente por la llegada del tendón del músculo subescapular (6) cuyo curso subyace al proceso coracoides, mientras que lateral y dorsalmente es el tendón del músculo infraespinoso (13) quien protege a la futura cápsula.

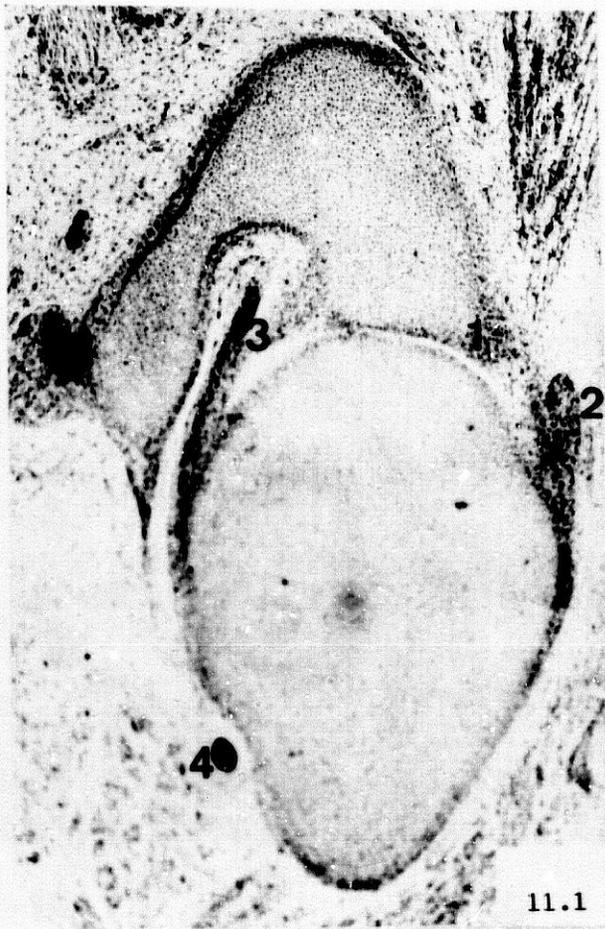
PROTOCOLO -11-
(Estadio 23 de O'Rahilly)

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 29 mm.**

Explicación de figuras:

11.1 y 11.1.a

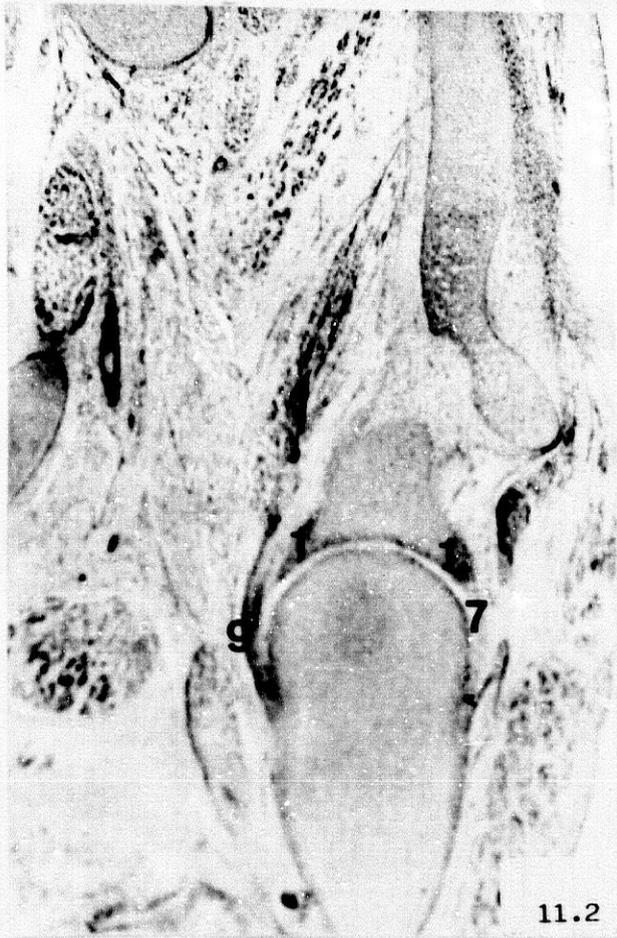
La sección horizontal del par ósteo-articular del hombro se halla ya en una fase clara de cartilificación. La interzona se va precisando de manera progresiva y el labio articular (1) empieza a adoptar una estructura fibrocartilaginosa pero con un claro predominio de tejido mesodermal. Las inserciones de los músculos supraespinoso (2) y subescapular (3) aparecen precisas, en tanto que la organización del tendón de la cabeza larga del bíceps (4), que cursa profundo al mesénquima de la cápsula articular, aparece por vez primera en el curso del desarrollo protegido por una sutil membrana sinovial (5) que se encuentra íntimamente adherida a lo que más tarde constituirá un fondo de saco a nivel del ligamento de Gordon Brodie (6).



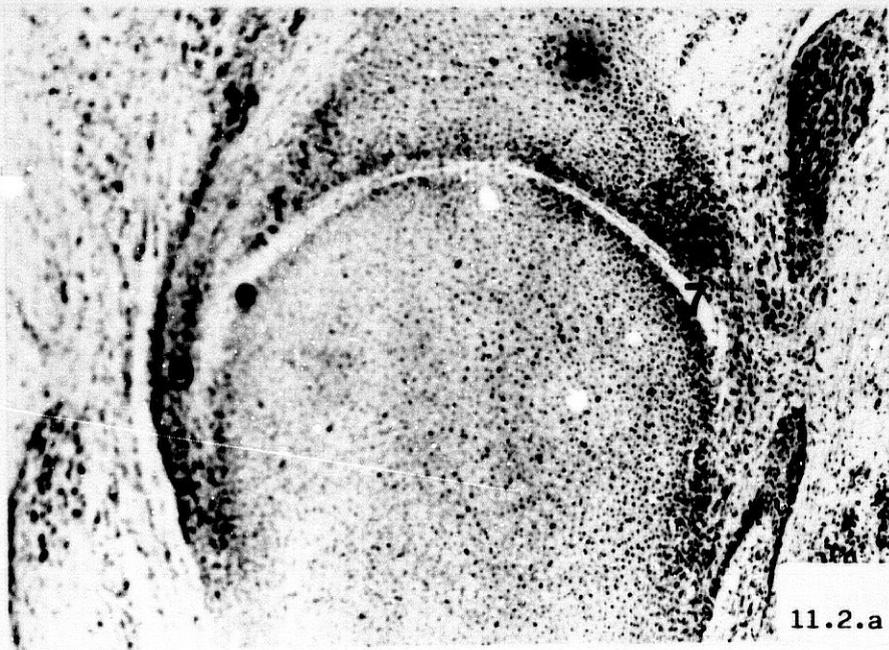
11.1



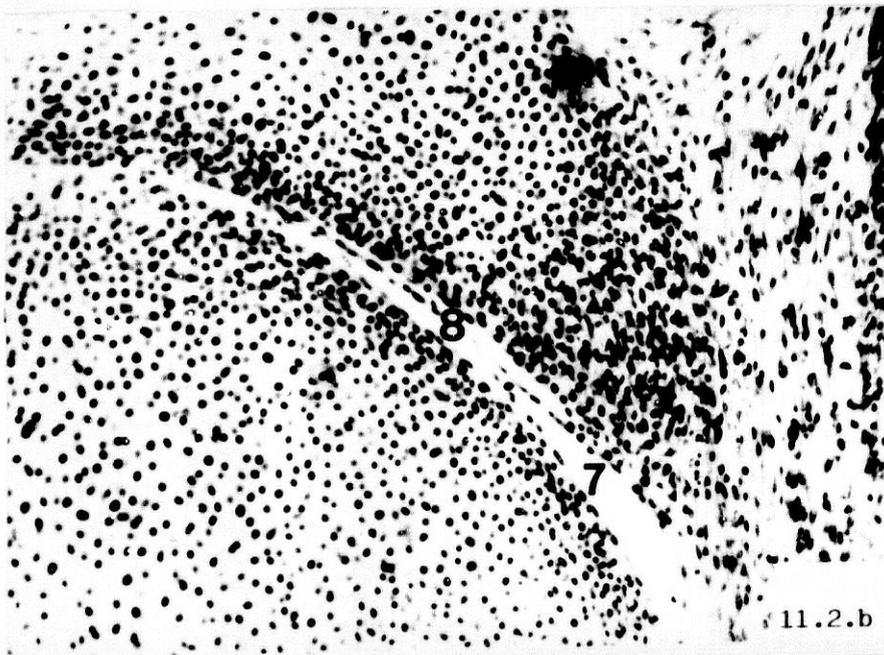
11.1.a



11.2



11.2.a



11.2.b

**Estadío 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 29 mm.**

Explicación de figuras:

11.2 a 11.2.b

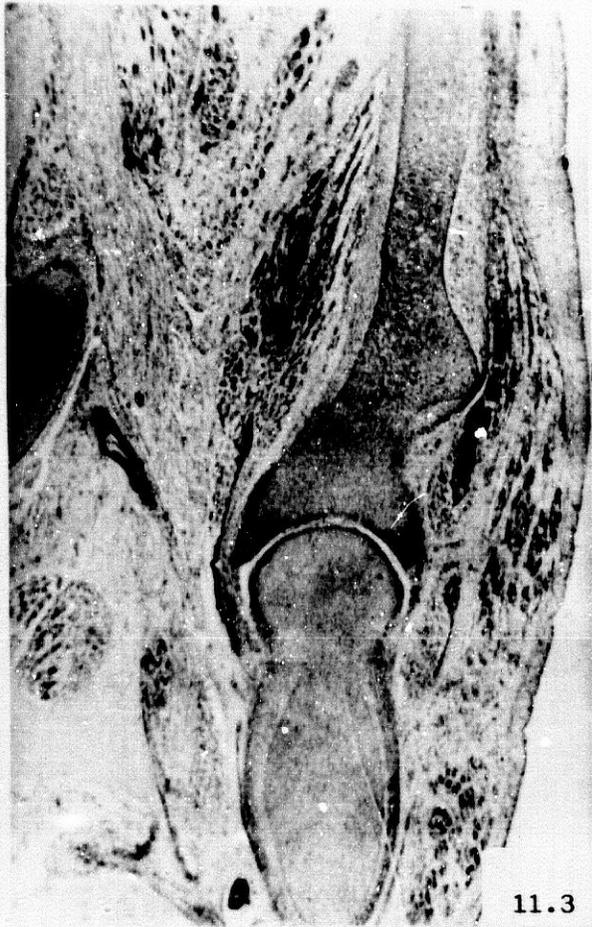
La escápula aparece, fruto de la sección, dividida en dos parcelas mientras que el conjunto articular muestra a nivel de la interzona el resultado de la deslaminación, evidenciando en ciertos sectores una clara cavidad articular (7) interrumpida por bandas célula-fibrilares (8) que aún ocupan su luz. La margen externa del labio articular (1) presta inserción al manguito capsular (9) claramente identificable pese a que aún mantiene una estructura mesodermal que se continúa aparentemente sin solución de continuidad con el tejido pericondral y el mesénquima vecino.

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 29 mm.**

Explicación de figuras:

11.3 y 11.3.a

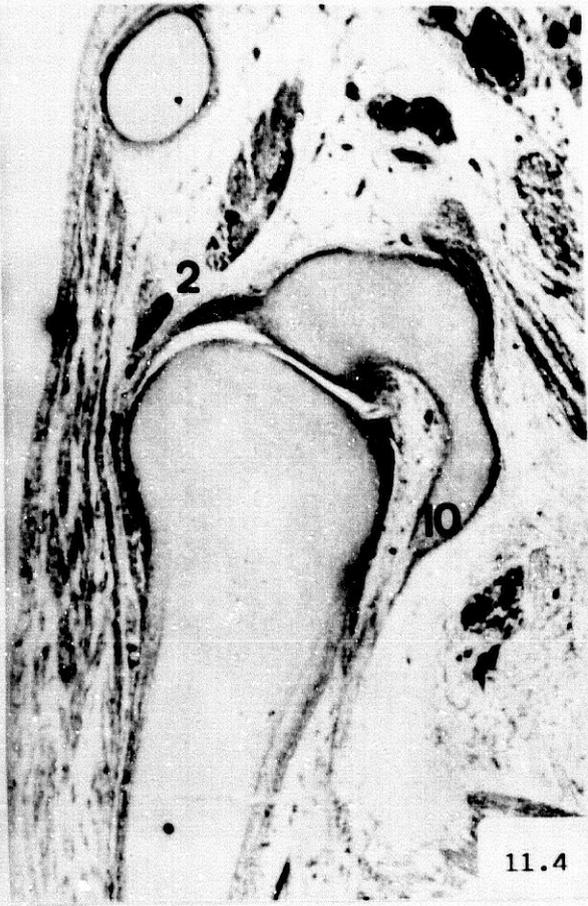
El plano más caudal de los que interesan la región muestra ahora la escápula en su conjunto, y a nivel de la articulación del hombro se confirman los extremos ya referidos en las imágenes anteriores pero, aquí, la evidencia de la estructura capsular es muy manifiesta **(9)**.



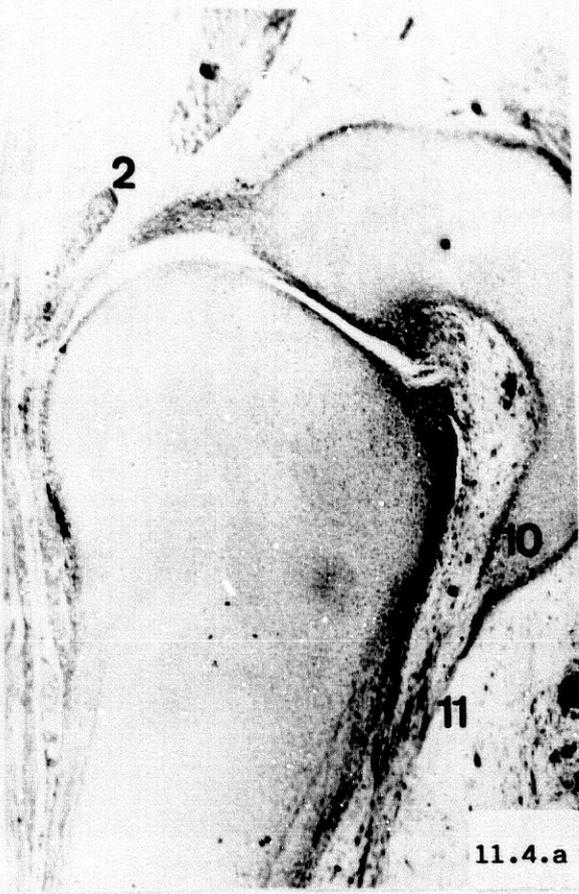
11.3



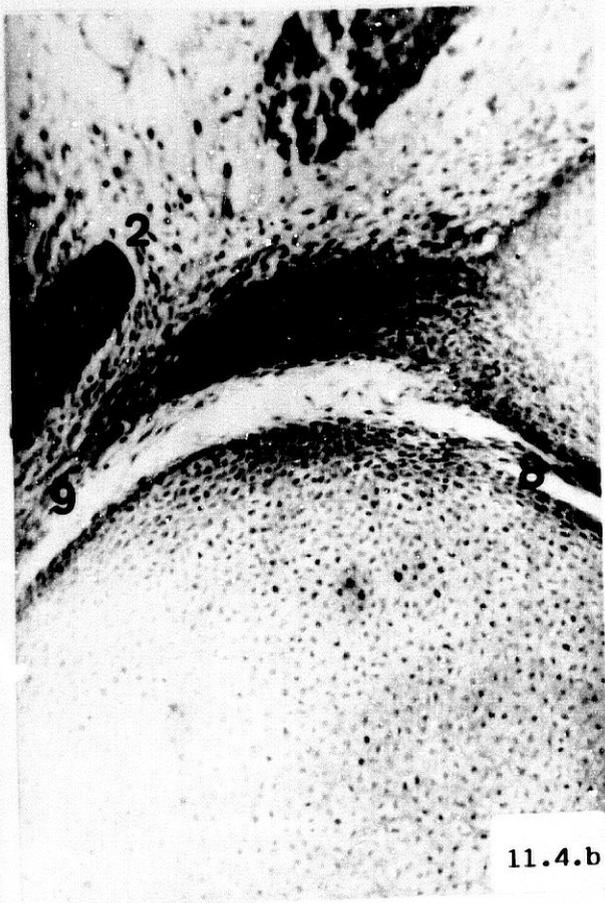
11.3.a



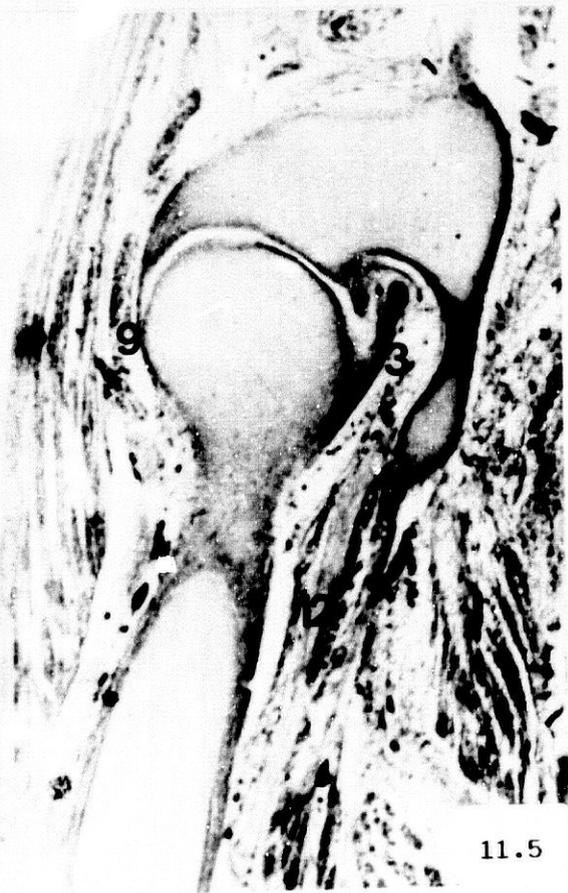
11.4



11.4.a



11.4.b



11.5

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 30 mm.**

Explicación de figuras:

11.4 a 11.5

Secciones del hombro derecho próximas entre sí que denuncian el avanzado estado de la organización de la cavidad articular, formando a lo largo del último estadio de O'Rahilly una clara franja acelular resultante de la deslaminación de la banda media de la interzona, pero en la que aún quedan reliquias de aquella formando bandas de carácter célula-fibrilar (8) que saltan a manera de puentes mesenquimales entre las superficies pericondrales que tapizan la superficie glenoidea y la cabeza humeral.

El labio articular (1) se continúa insensiblemente con el molde cartilaginoso de la escápula, y el distingo es posible por el progresivo cambio de la estructura fibrocartilaginosa a claro cartílago. Mientras la cara profunda del labio articular va precisando cada vez más su lisura y se le adosa material de la interzona primaria para proporcionarle su futura cubierta hialina, la cara externa sirve de inserción al mesénquima que organiza la cápsula articular (9), la cual por ahora se confunde con el magma de tejido conjuntivo que le entorna en toda su extensión y se interpone al tendón del músculo supraespinoso (2). Hasta el vértice del proceso coracoides cartilaginoso (10) llega al mesénquima que organiza el tendón común de los músculos coracobraquial y cabeza corta del bíceps (11).

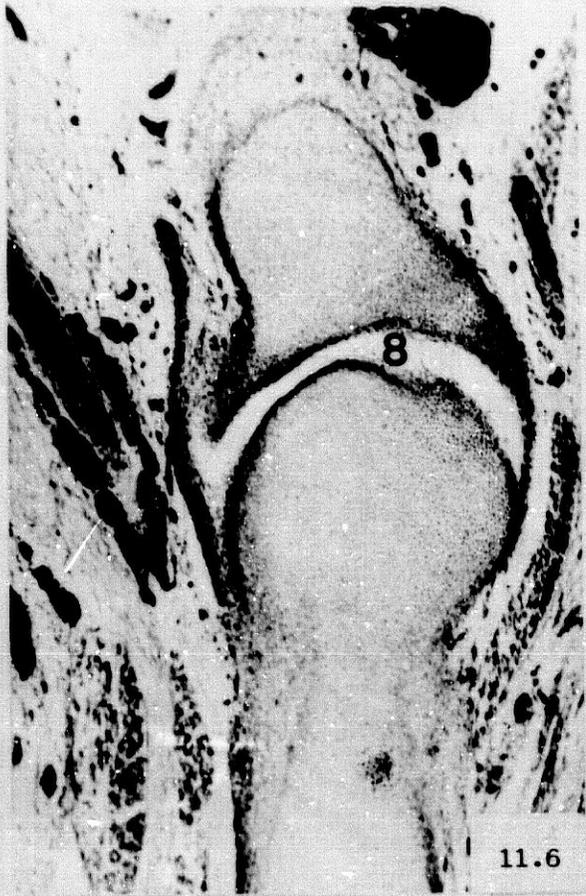
El plano más inferior, además de mostrarnos en toda su continuidad la margen externa y posterior del manguito capsular (9), nos ofrece el curso e inserción del músculo subescapular (3) que se desliza caudal y medial al proceso coracoides. De este último arranca la masa muscular del coracobraquial atravesado por el nervio perforante de Caserius (12).

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 30 mm.**

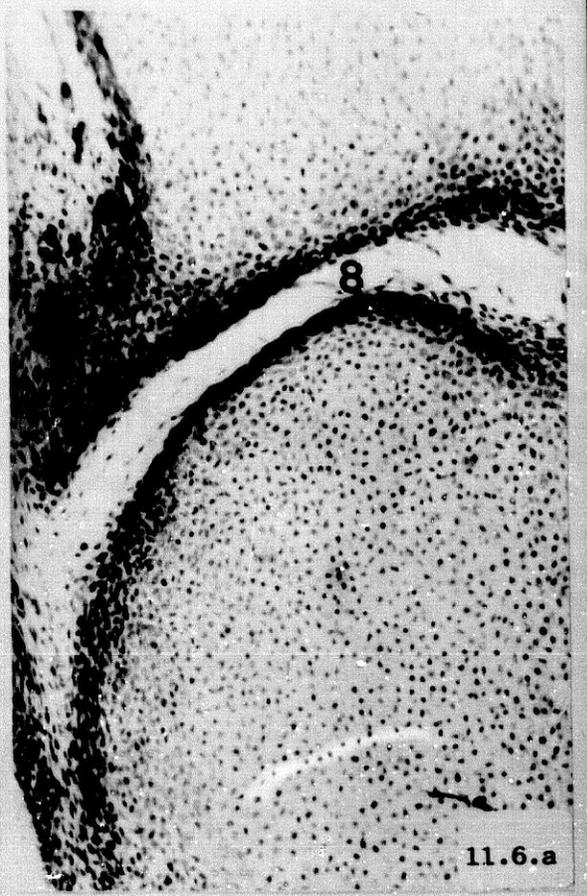
Explicación de figuras:

11.6 a 11.7

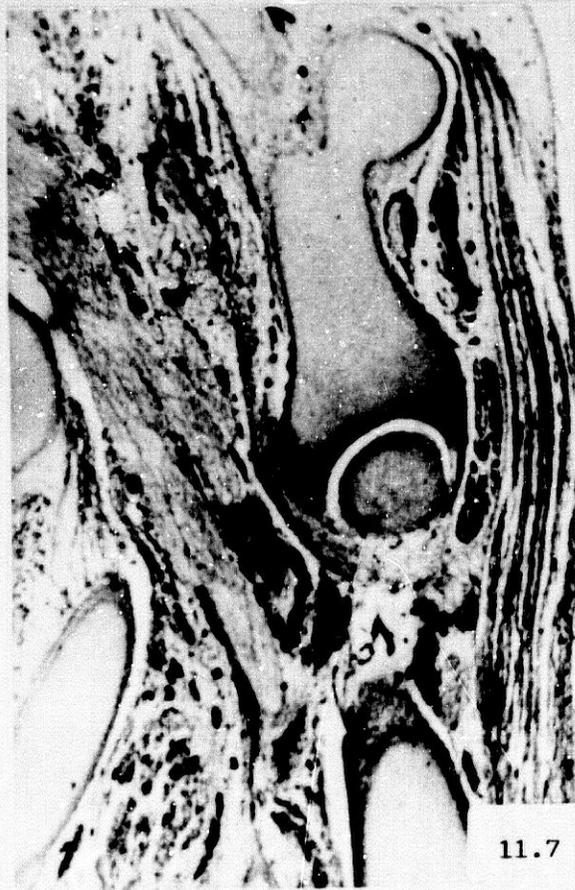
Dos planos de sección del hombro del lado izquierdo que confirman lo ya observado en el lado derecho, y en los que destaca fundamentalmente que la luz de la cavidad articular en organización está cruzada por los septos de trabéculas fibrocelulares (8) que saltan entre las márgenes pericondrales enfrentadas entre sí del futuro par kinemático. En definitiva, avanzando las horas del estadio 23 de O'Rahilly, mientras la banda media de la interzona primaria va quedando "vacía", las bandas excéntricas aparecen adosadas y condensadas como tejido pericondral a las superficies articulares de la glenoides y de la cabeza humeral.



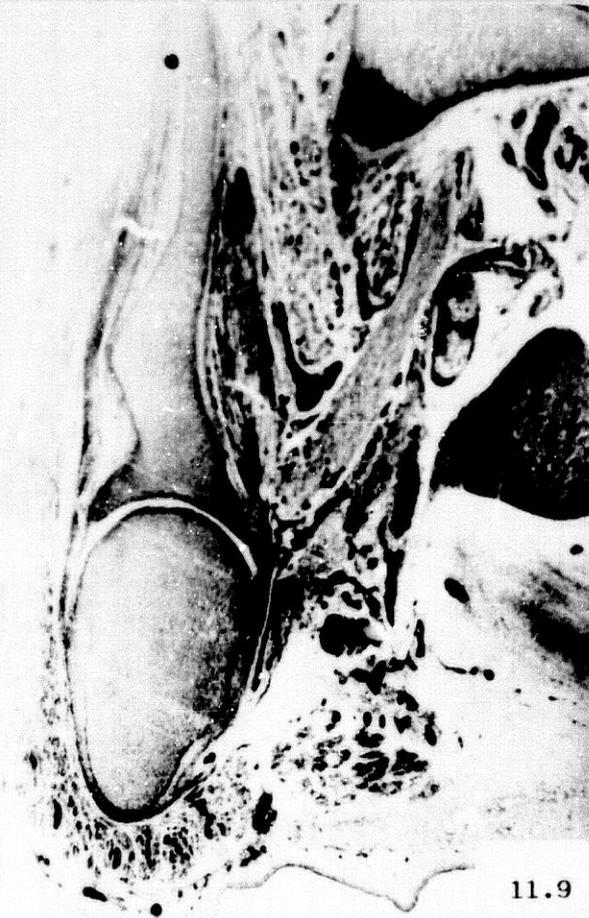
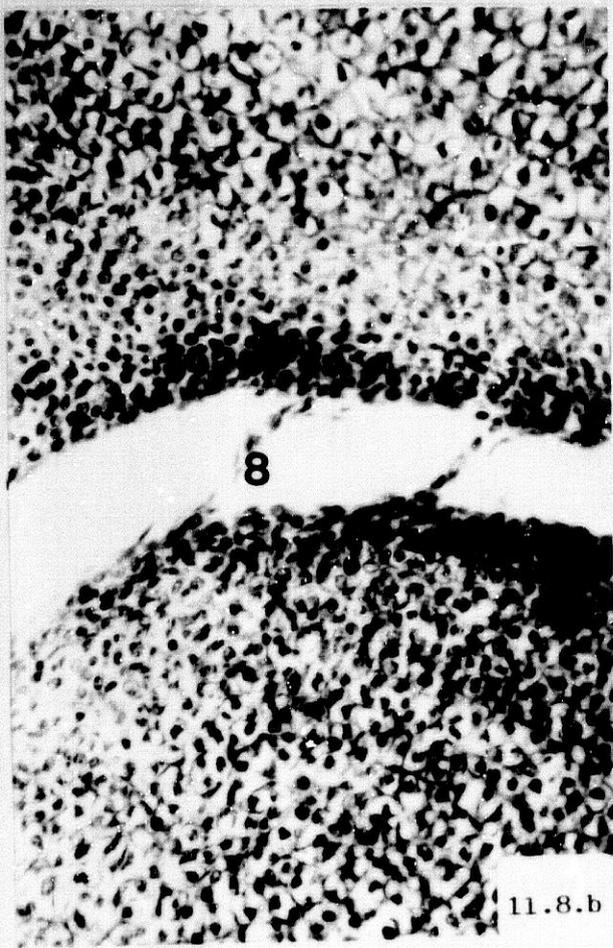
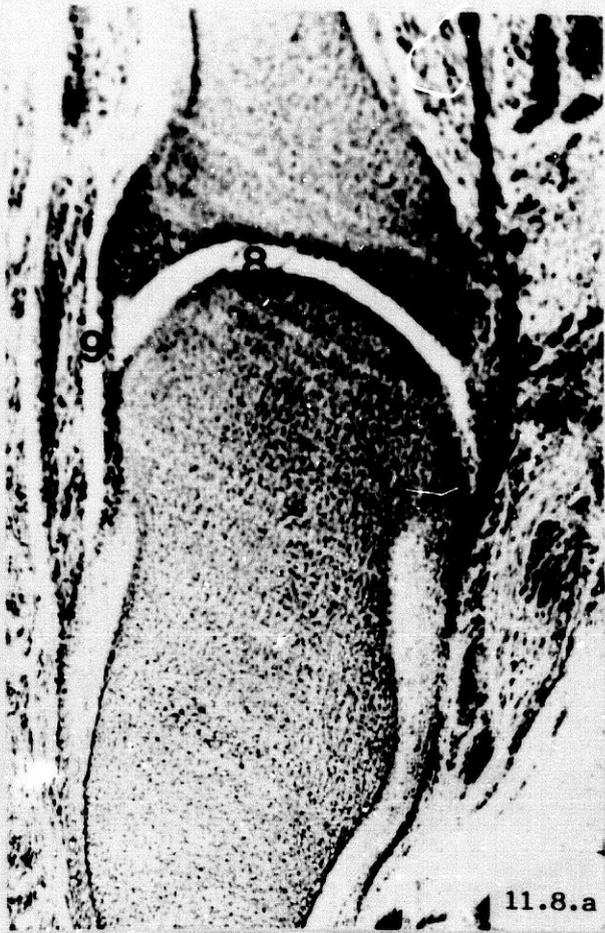
11.6



11.6.a



11.7



**Estadío 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 30 mm.**

Explicación de figuras:

11.8 a 11.9

La articulación se ve arropada por las masas musculares periarticulares y más a distancia por las que componen las paredes axilares, cuya región es cruzada por los troncos vâsculo-nerviosos.

Una observación detenida de la articulación del hombro muestra el avanzado desarrollo cartilaginoso del par kinemático cuyas márgenes articulares han sido ampliamente tapizadas por la densificación pericondral de las bandas excéntricas de la interona primaria, mientras que la banda media de la misma se ha vaciado de contenido para formar la cavidad articular cada vez más amplia, pero en cuya luz aún saltan puentes célulo-fibrilares (8) entre los pericondrios densificados de las futuras superficies articulares. Labios articulares (1) y cápsula articular (9) se hacen muy evidentes.

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 30 mm.**

Explicación de figuras:

11.10 a 11.10.b

Dada la definitiva resolución de la articulación del hombro mostramos a partir de ahora imágenes que denuncian detalles de la misma, tal es el caso de la inserción en la cresta subtroquiniana del tendón del músculo subescapular **(3)** adosado íntimamente a la cara superficial del tejido conjuntivo capsular **(9)**.

Por el surco intertubercular o canal bicipital se desliza el tendón de la cabeza larga del bíceps **(4)** inmerso en un fondo de saco de la cavidad articular profundo al tejido conjuntivo de la cápsula, a este nivel ligamento de Gordon Brodie **(6)**, y rodeado por bandas dispuestas circularmente que organizan la membrana sinovial **(5)**.

Medial al conjunto articular el contenido de la axila se muestra en todo su detalle.



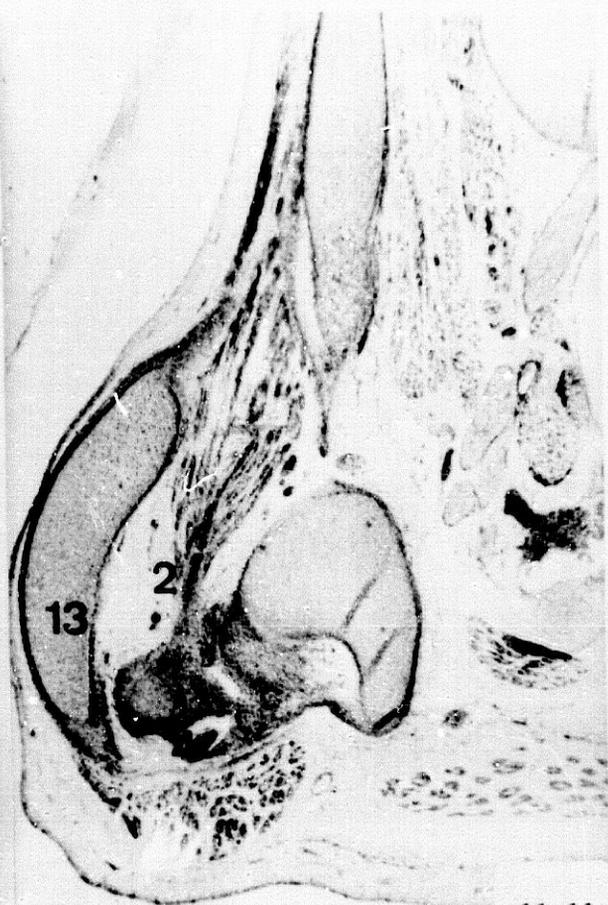
11.10



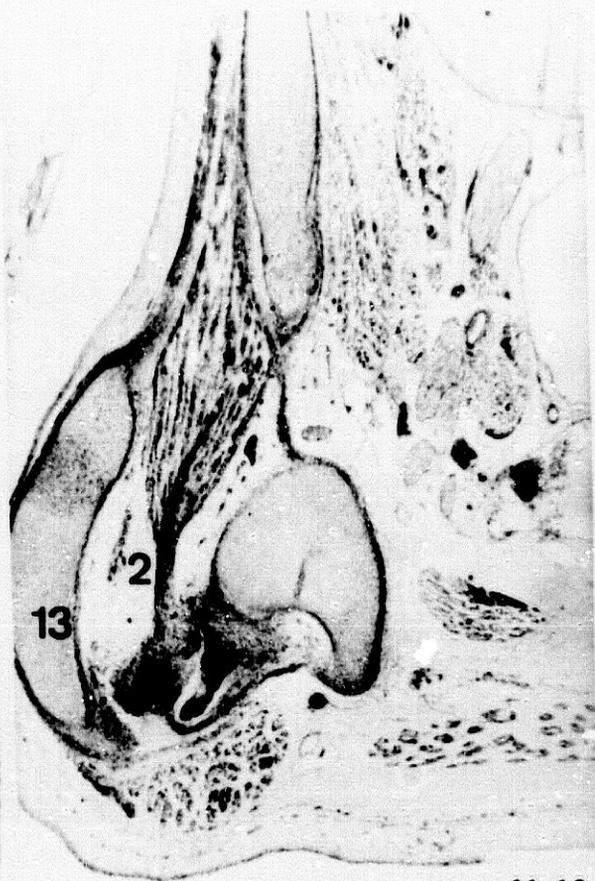
11.10.a



11.10.b



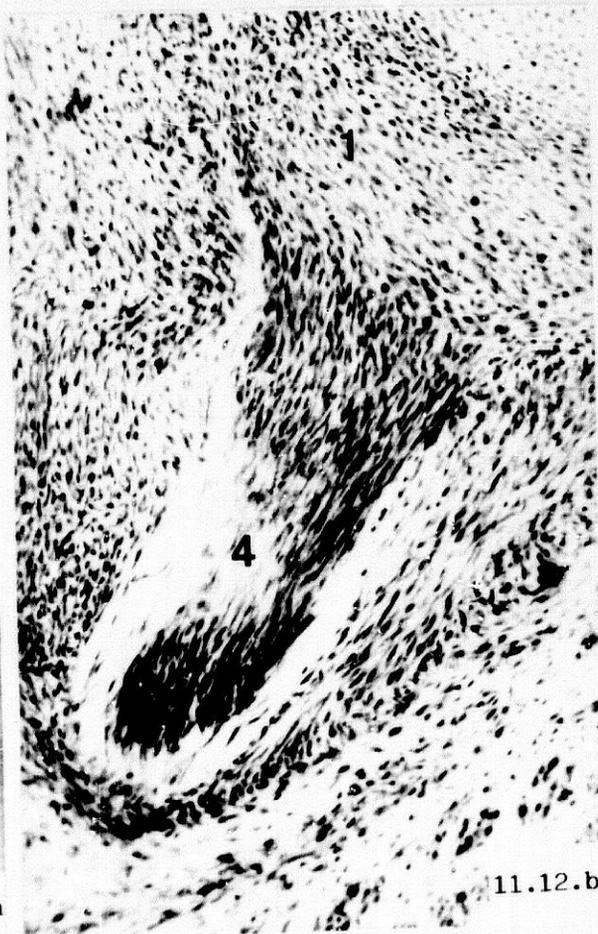
11.11



11.12



11.12.a



11.12.b

**Estadio 23 de O'Rahilly.
Embrión Humano de 30 mm.**

Explicación de figuras:

11.11 a 11.12.b

Planos de sección muy próximos entre sí que interesan el extremo más superior humeral, al que por un lado viene a insertarse la masa muscular del supraespinoso (2) deslizándose bajo la prolongación de la espina que está organizando el acromion (13) como prolongación de la misma, mientras que medialmente el tendón de la cabeza larga del bíceps (4), profundo a la cápsula, termina por alcanzar e insertarse en la margen externa del labio articular (1).

PERIODO FETAL

PROTOCOLO -12-

(9ª Semana)

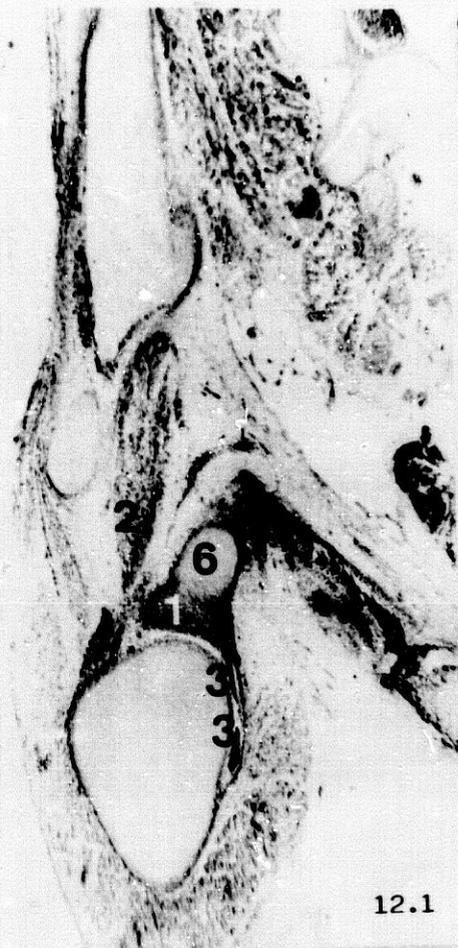
9ª Semana.

Feto Humano de 33 mm.

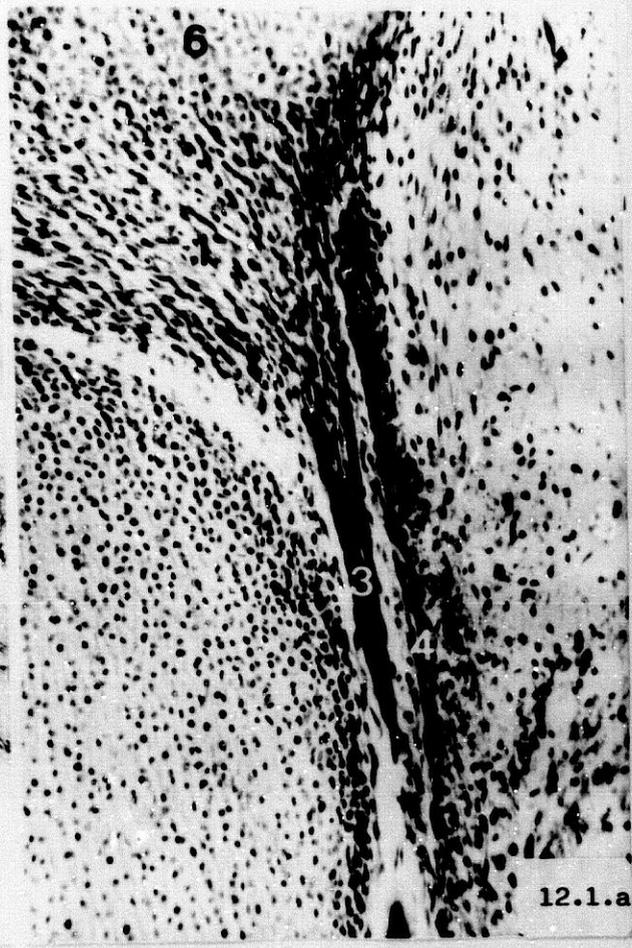
Explicación de figuras:

12.1 a 12.2.a

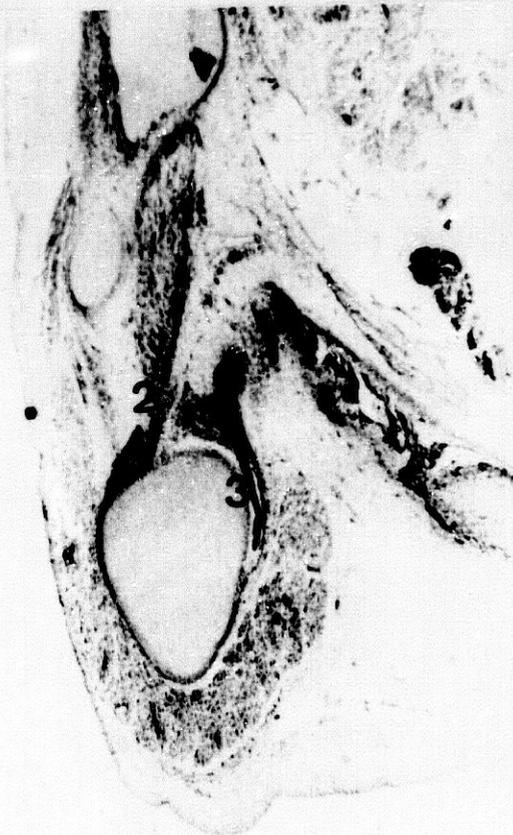
El primero de los cortes interesa tangencialmente al labio articular (1). Al comenzar el periodo fetal humano, y mientras sigue el proceso de organización de la pieza intermedia para acabar la formación de la cavidad articular, la musculatura periarticular, cual es el caso del músculo supraespinoso (2) y el tendón de la cabeza larga del bíceps humeral (3) perfilan sus relaciones definitivas con la cápsula articular, de tal suerte que mientras que el primero de los citados tendones se adosa y refuerza externamente al manguito capsular en construcción, el segundo (3) queda profundo a la cápsula articular (4), subyacente a la inserción que ésta última hace en la margen externa del labio articular (1). Como puede apreciarse el tendón de la cabeza larga del bíceps (3) se sitúa abiertamente en posición intracapsular, discurriendo por un espacio claro acelular y envuelto por una sutil membrana sinovial (5) que le aísla de la luz de la cavidad articular (1), siendo eminentemente mesodermal, contrastado con el tejido cartilaginoso (6) de la superficie vecina de la escápula, denunciando con ello su diferente procedencia.



12.1



12.1.a



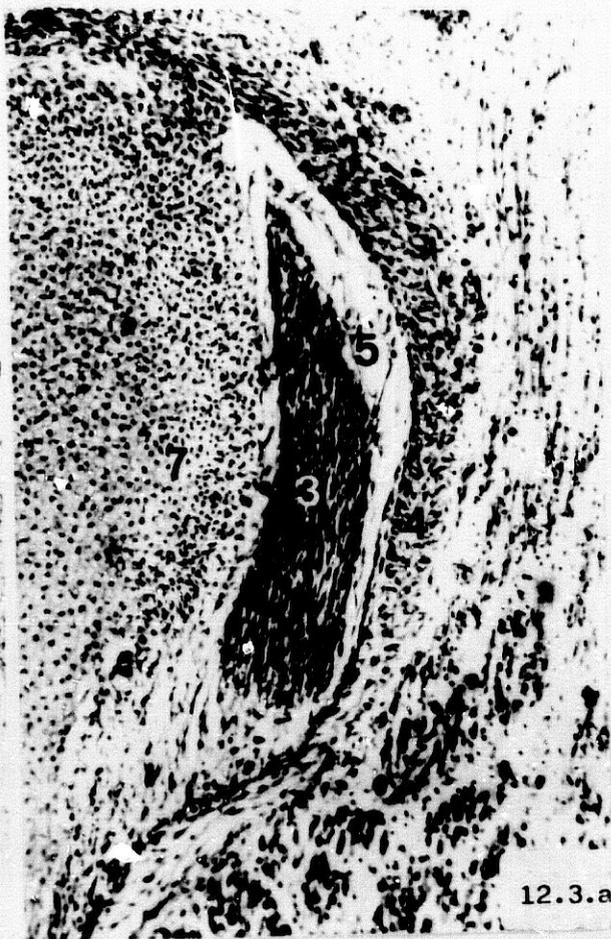
12.2



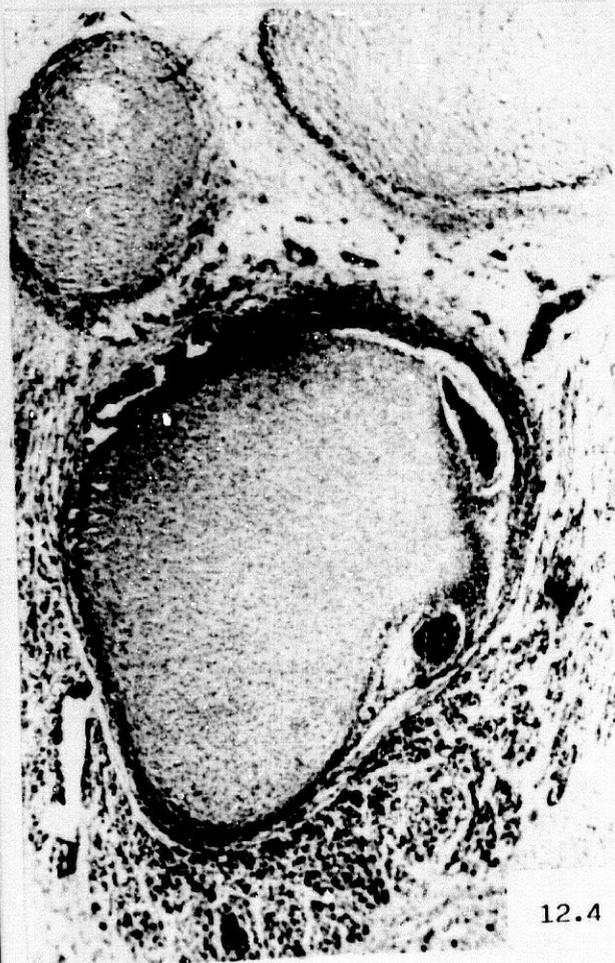
12.2.a



12.3



12.3.a



12.4



12.4.a

9ª Semana.
Feto Humano de 36 mm.

Explicación de figuras:

12.3 a 12.4.a

Las imágenes muestran el trayecto intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps (3) en busca de su inserción en el labio articular glenoideo. Dicho tendón se secciona en dos parcelas en el más caudal de los dos cortes que mostramos debido a la disposición del mismo, siendo evidente su situación intracapsular. El espacio que queda entre la cápsula articular (4) que ya ha adquirido un notable grosor y el molde cartilaginoso del húmero (7) está ocupado por el tendón de la cabeza larga del bíceps (3), el cual se halla inmerso en un magma de tejido mesodermal embrionario muy laxo que está organizando la membrana sinovial (5).

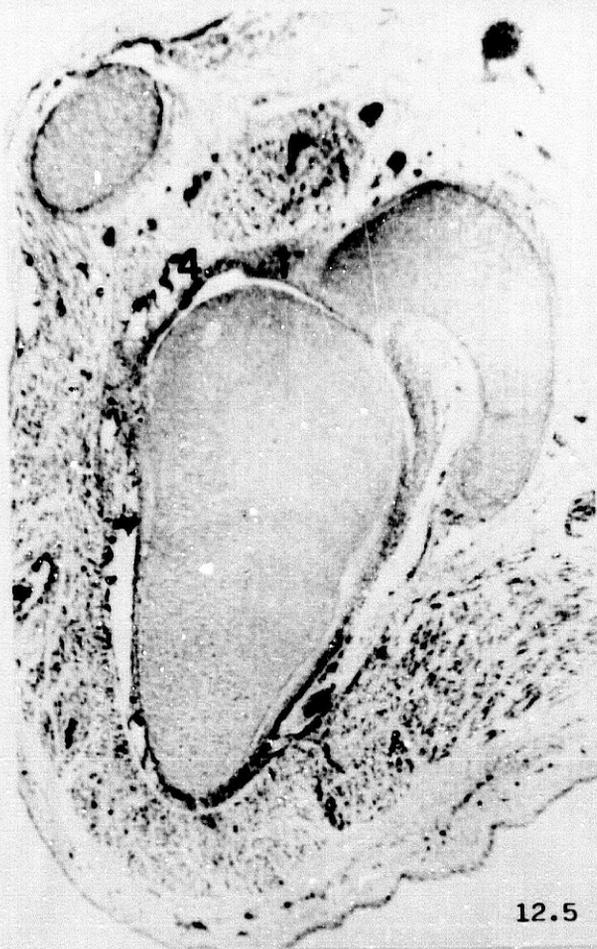
9ª Semana.
Feto Humano de 36 mm.

Explicación de figuras:

12.5 a 12.6

Estos dos planos corresponden a una sección de la articulación del hombro derecho a la altura del proceso coracoides, cuya base, fruto de la sección, se continúa con la superficie articular escapular, entre la cual y el húmero se ofrece la cavidad articular cuya luz presenta distinto calibre en función del plano de sección, de tal suerte que mientras en algún sector se muestra como una simple hendidura (fig. 12.5.a) en planos más caudales el lumen articular es amplísimo (fig. 12.6).

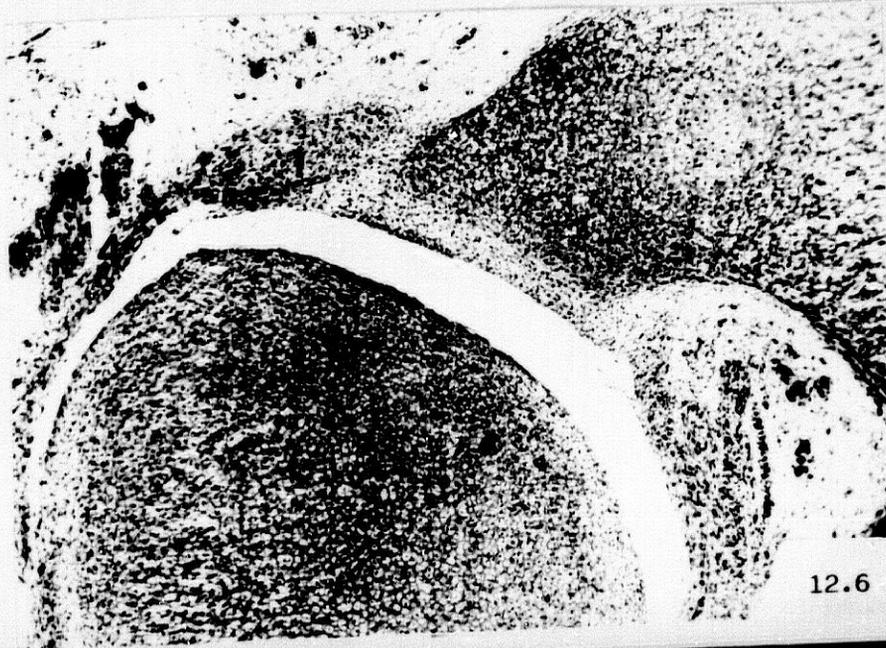
Sigue contrastando la estructura del labio articular (1) con el molde cartilaginoso vecino de la escápula a la vez que ofrece con nitidez la inserción de la cápsula articular (4) en la margen externa de aquél.



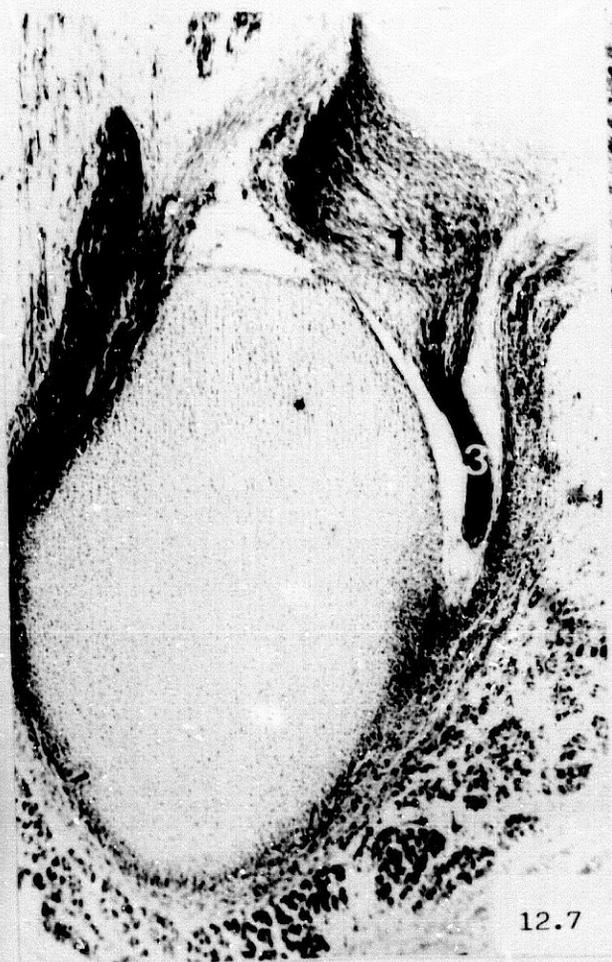
12.5



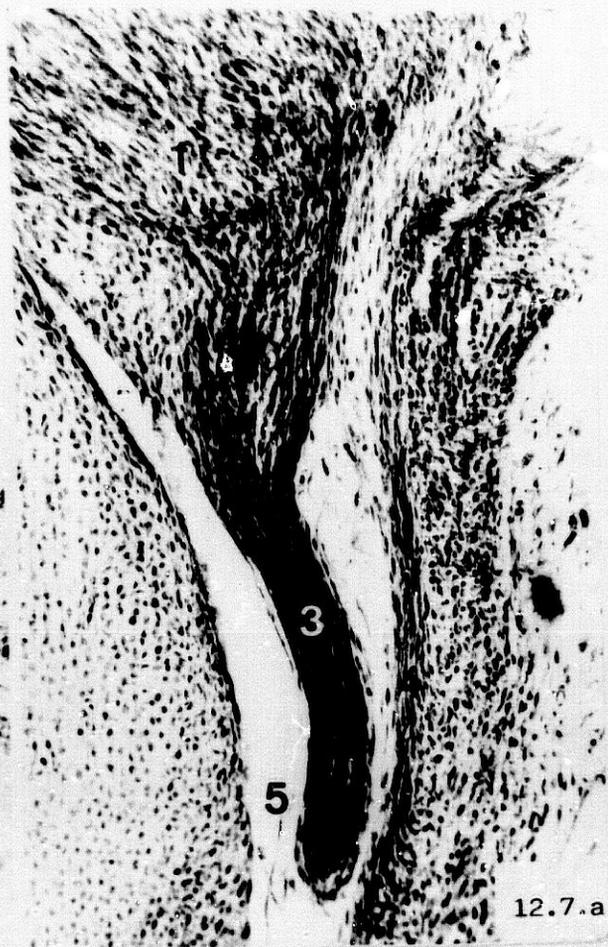
12.5.a



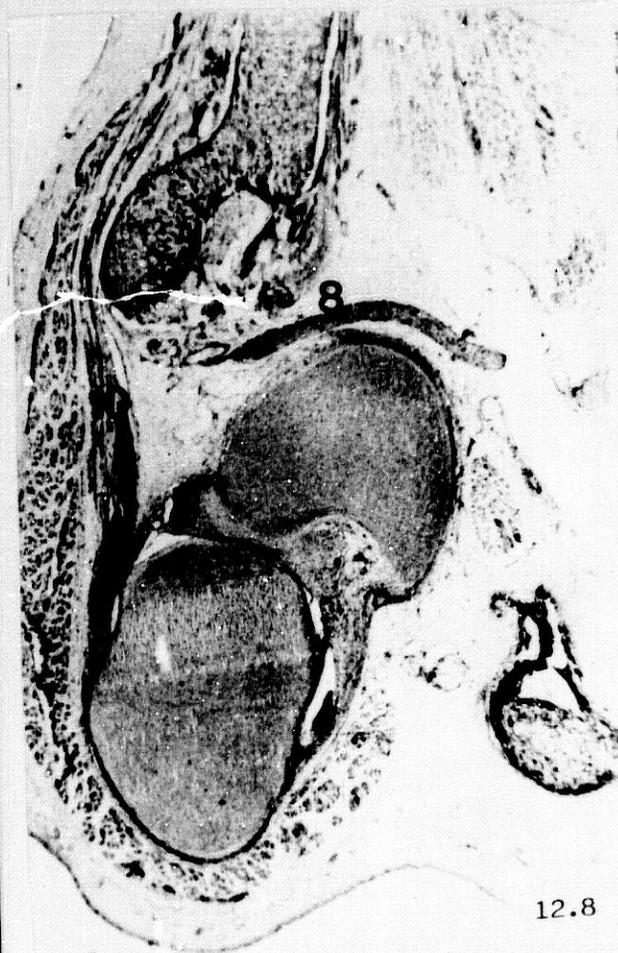
12.6



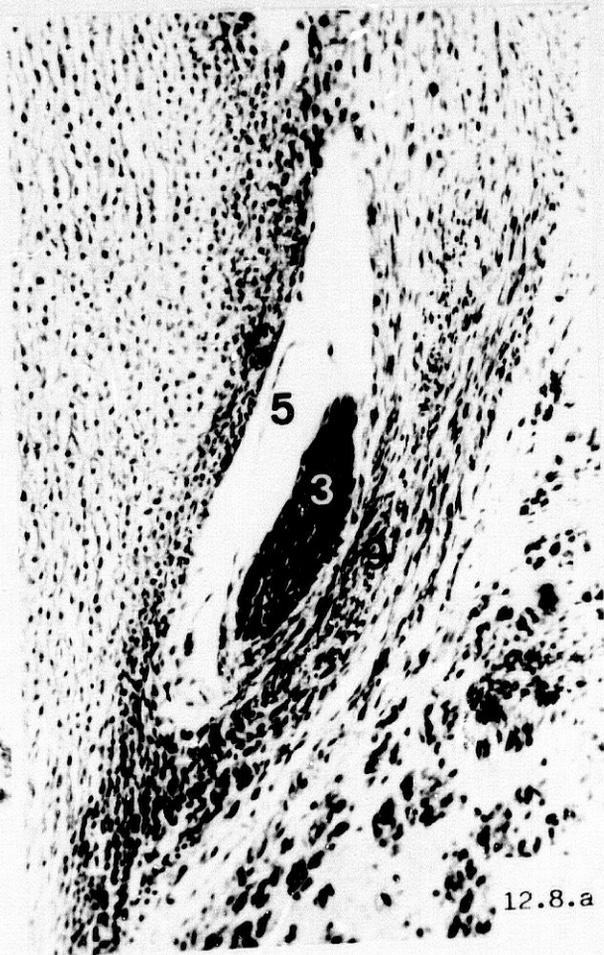
12.7



12.7.a



12.8



12.8.a

9ª Semana.

Feto Humano de 39 mm.

Explicación de figuras:

12.7 a 12.8.a

Dos planos próximos entre sí de los cuales el primero (fig. 12.7) secciona tangencialmente el labio articular, mientras que el segundo (fig. 12.8) pasa por la incisura coracoidea donde discurre el nervio supraescapular (8) para pasar de la fosa supra a la infraespinosa.

La inserción del tendón de la cabeza larga del bíceps (3) en la margen externa del labio articular (1), aunque profundo a la cápsula (4) de la articulación del hombro, es evidente, pero su discurrir extraarticular se pone de manifiesto por la fina lámina mesenquimal que ha organizado la membrana sinovial (5) que la aísla de la luz articular.

El plano más caudal de los dos estudiados denuncia el curso del tendón de la cabeza larga del bíceps (3) bajo el refuerzo ligamentoso capsular que organiza el ligamento de Gordon Brodie (9), pero aquí también se observa el citado tendón inmerso en un fondo de saco de la cavidad articular y aislado de la misma por la membrana sinovial (5). Látero y dorsalmente desde la cara posterior de la escápula llega hasta el húmero el músculo infraespinoso (10) y su correspondiente tendón.

9ª Semana.

Feto Humano de 39 mm.

Explicación de figuras:

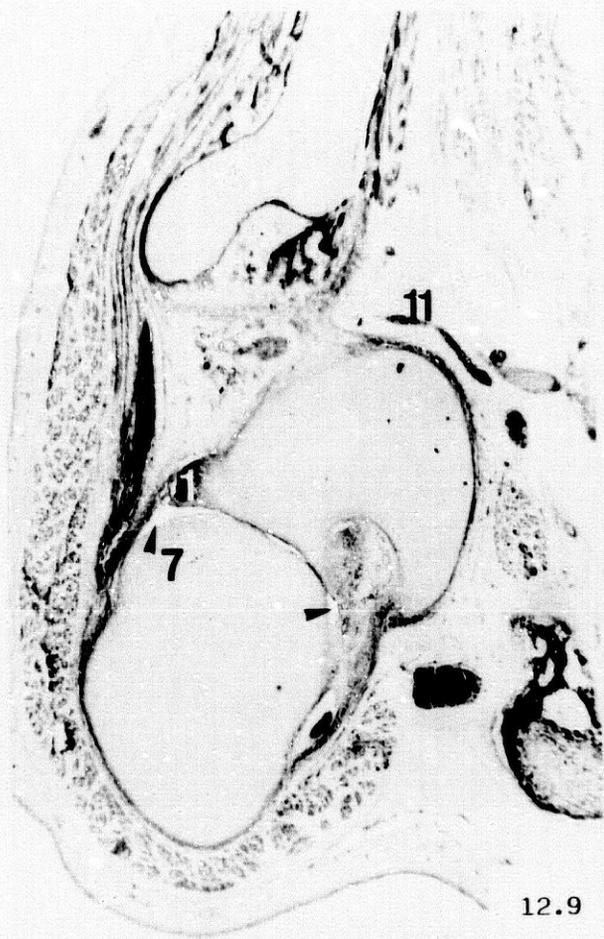
12.9

Es un plano inmediatamente vecino al de la fig. 12.8, pero en esta ocasión, buscan la incisura coracoidea los vasos supraescapulares (11) cuyo curso es ligeramente caudal con relación al del nervio supraescapular.

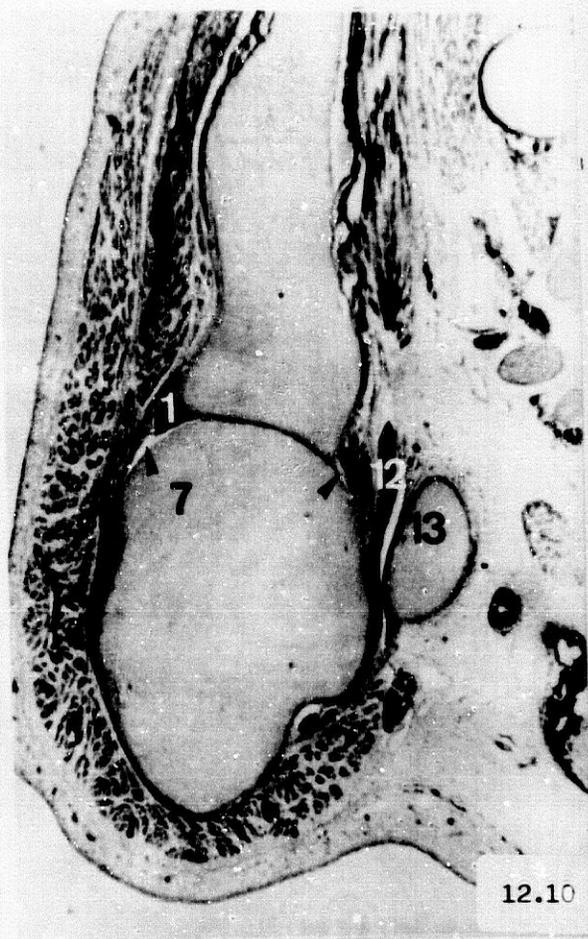
12.10 a 12.10.b

Seguimos seccionando el mismo hombro del lado derecho pero, esta vez, se contempla el curso del tendón del músculo subescapular (12) deslizándose bajo la concavidad del proceso coracoides (13) del cual, fruto de la sección, se observa una parcela entre la cual y el extremo superior del molde cartilaginoso del húmero, cortado a la altura de los futuros macizos troquiniano (14) y troquite-riano (15), se desliza el tendón del músculo subescapular (12). Este último termina insertándose medial con relación al curso intertubercular del tendón de la cabeza larga del bíceps (3) que a este nivel asciende profundo al músculo deltoides (16) y protegido por el aparato ligamentoso de Gordon Brodie (9).

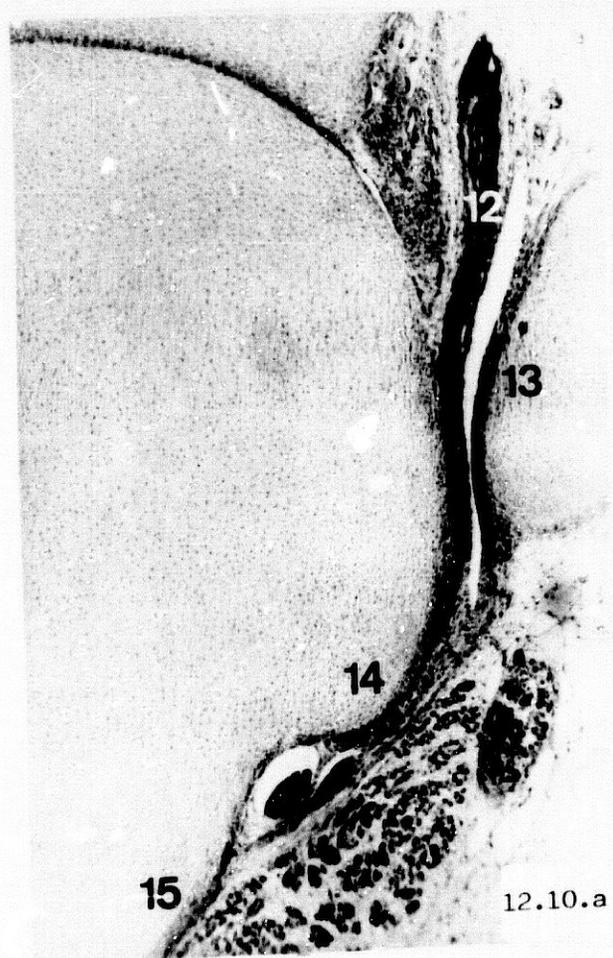
A estos niveles, fruto de la sección, aparentemente la luz de la cavidad articular (flecha) es mínima, siendo parcialmente visible entre las secciones del labio articular (1) y el húmero (7).



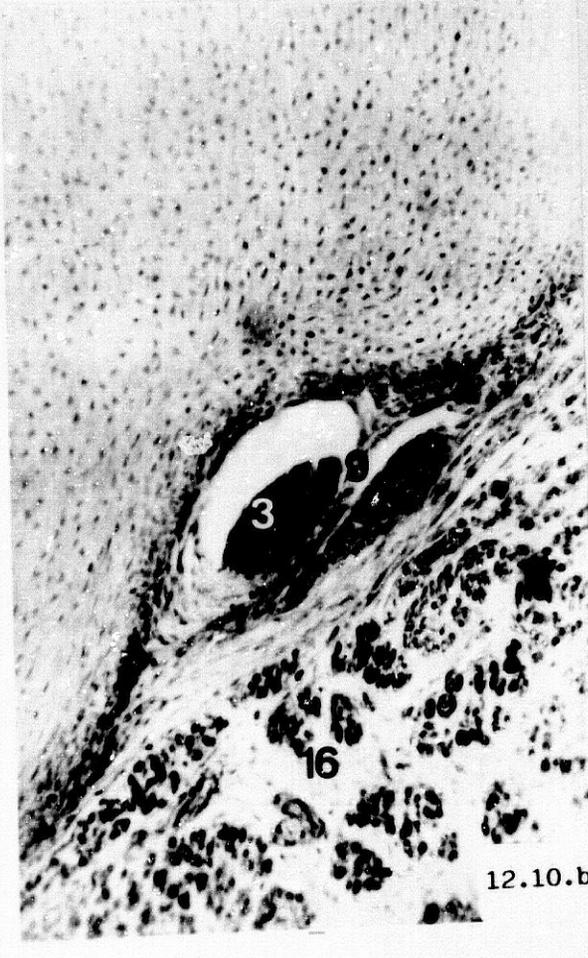
12.9



12.10



12.10.a



12.10.b

PROT O C O L O -13-

(10ª Semana)

10ª Semana.
Feto Humano de 41 mm.

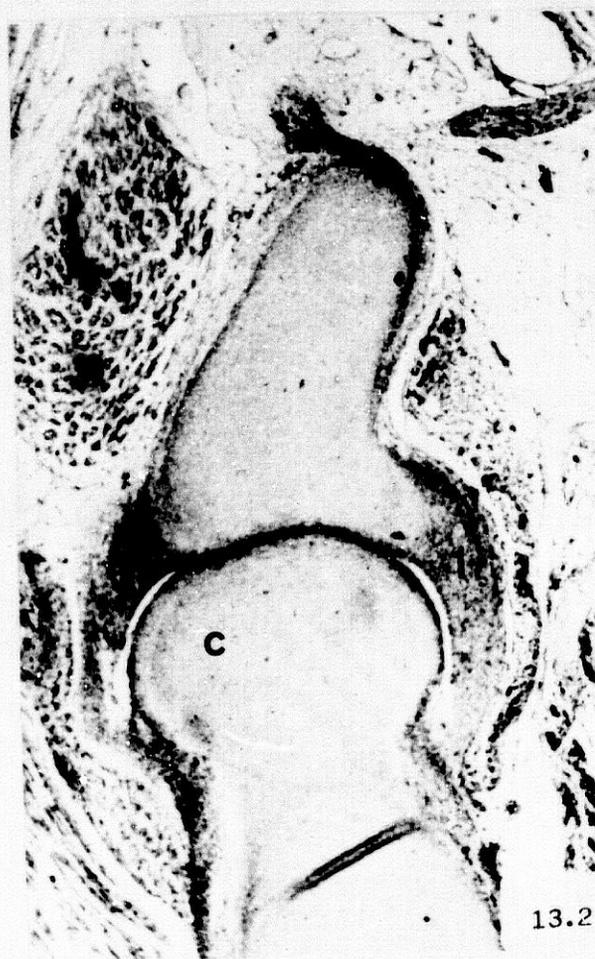
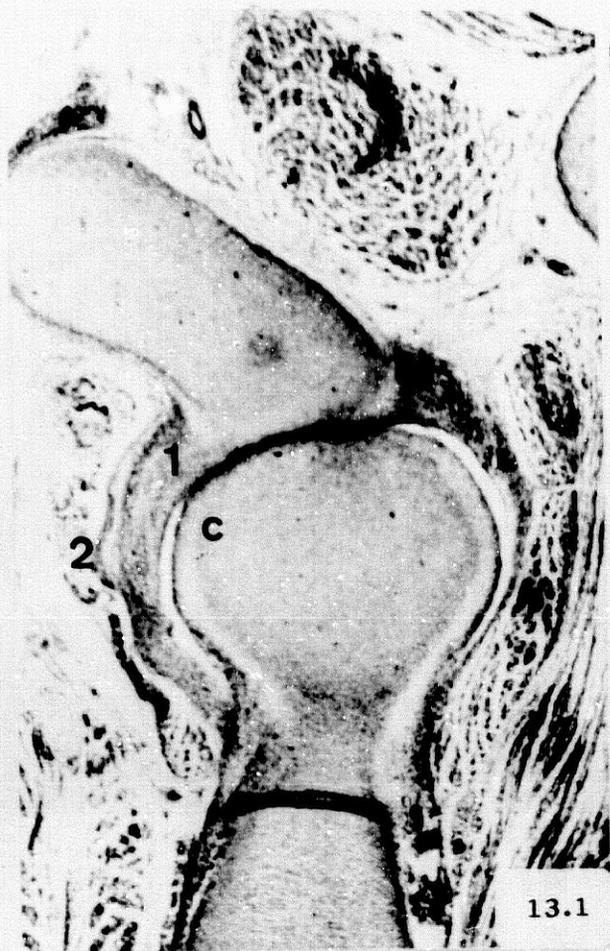
Explicación de Figuras:

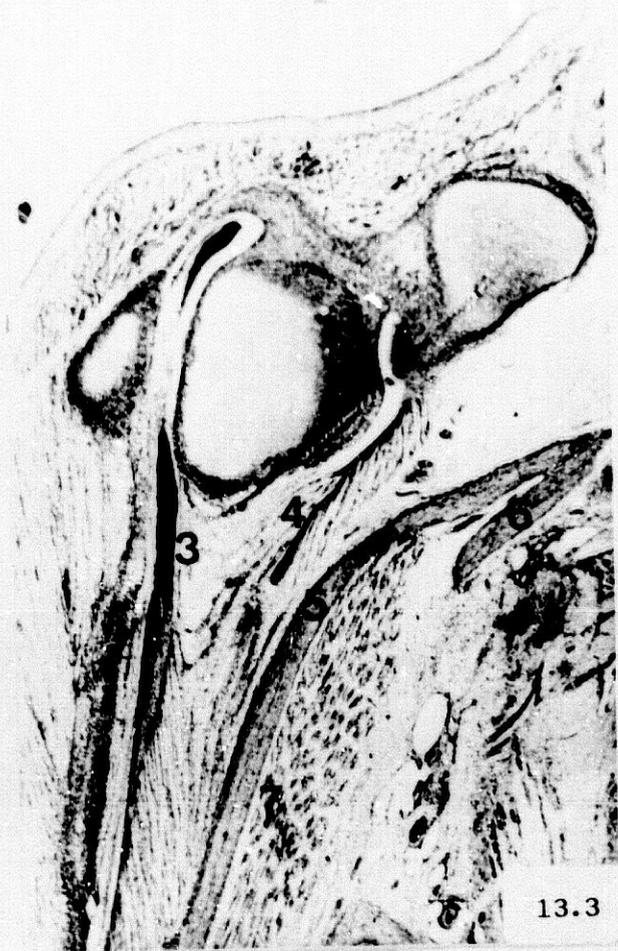
13.1 a 13.2.a

Dos planos de sección próximos entre sí que interesan la región del hombro en los que se pone en evidencia de forma aparente o convencional la circunstancia de que la cavidad articular es más manifiesta en las zonas periféricas que en las centrales, quedando unos amplios espacios articulares entre las superficies internas de los labios glenoideos (1) y la cabeza humeral (C), mientras que hay un íntimo contacto entre la propia superficie articular de la escápula y la citada cabeza humeral.

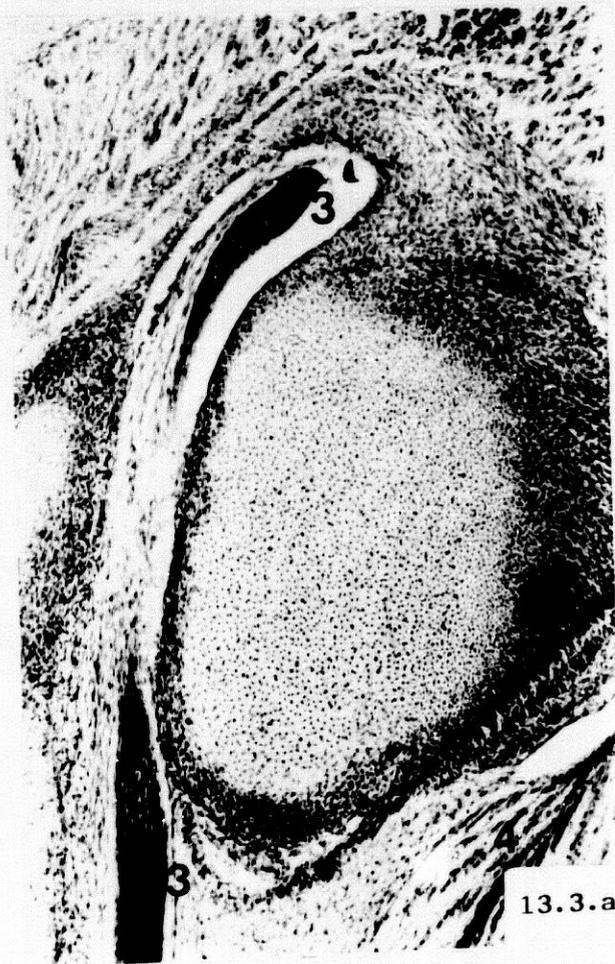
El crecimiento relativo del labio articular (1) con relación a la superficie glenoidea de la escápula sufre un gran incremento durante la primera fase del desarrollo del periodo fetal.

Sobre la superficie externa del labio articular llegando hasta su misma base adherente salta el manguito capsular (2) del par kinemático articular.





13.3



13.3.a

10ª Semana.

Feto Humano de 41 mm.

Explicación de figuras:

Este feto, también de la décima semana del desarrollo y de 41 mm. de longitud al igual que el anterior, lo incluimos en el presente protocolo con el ánimo de contrastar las imágenes, ya que éste está seccionado sagitalmente mientras que el anterior lo era transverso-horizontalmente.

13.3 y 13.3.a

La imagen muestra el origen de las dos cabezas del músculo bíceps humeral: mientras la cabeza larga (3) cursa intracapsularmente por la parte anterior sin terminar de alcanzar en la figura su correspondiente lugar de origen, en la parte profunda o posterior del plano parasagital se observa el tendón de la cabeza corta (4) del citado músculo bíceps originándose en la futura tuberosidad infraglenoidea. Más profundo aún y procedente del fascículo craneal del plexo braquial cursa el nervio músculo-cutáneo (5) tras abandonar las fibras de la raíz superior del nervio mediano (6) y que inmediatamente atraviesa al músculo coracobraquial (7) para buscar la intimidad de la masa común del músculo bíceps humeral. El contraste, pues, entre el curso de una y otra cabeza del bíceps braquial con relación a la cápsula de la articulación del hombro es manifiesto.

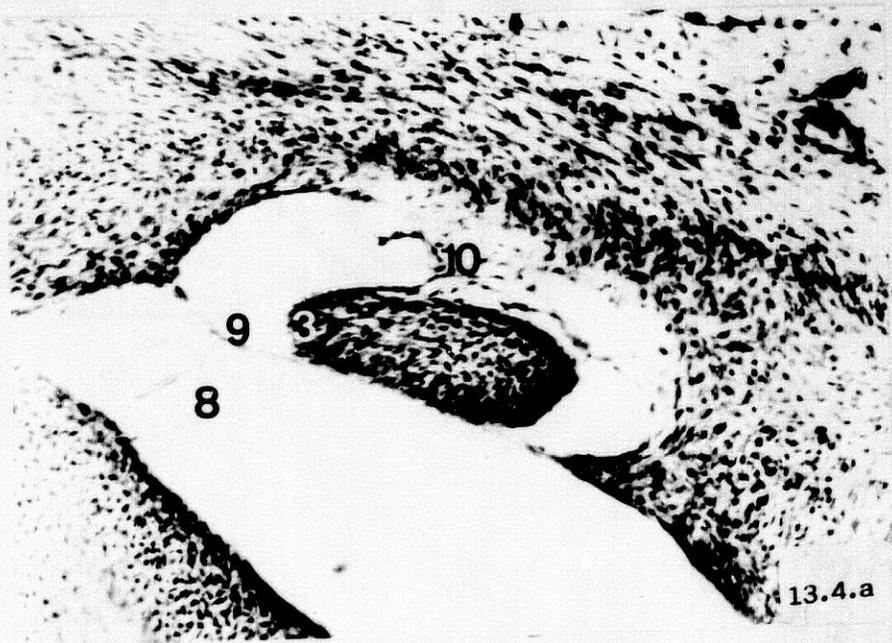
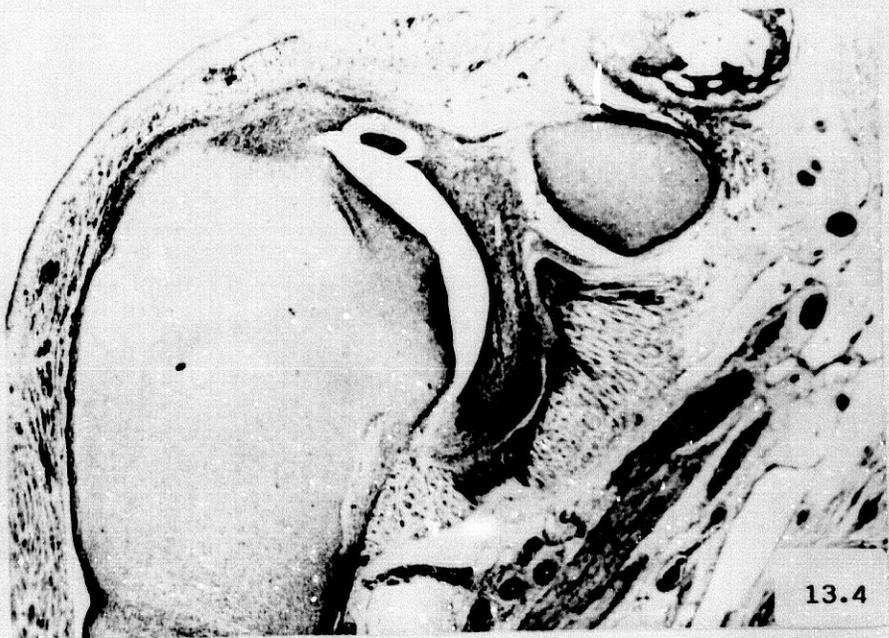
10ª Semana.

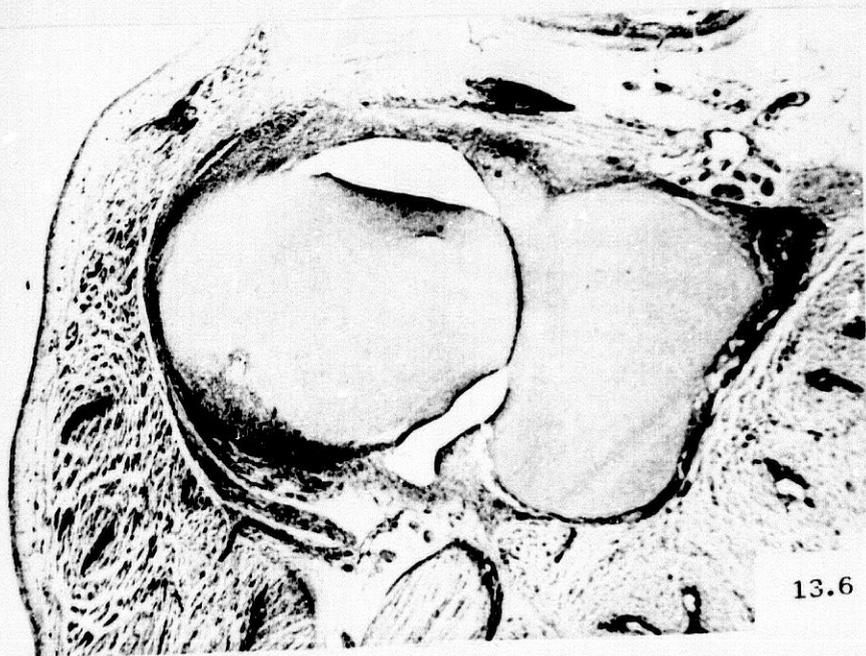
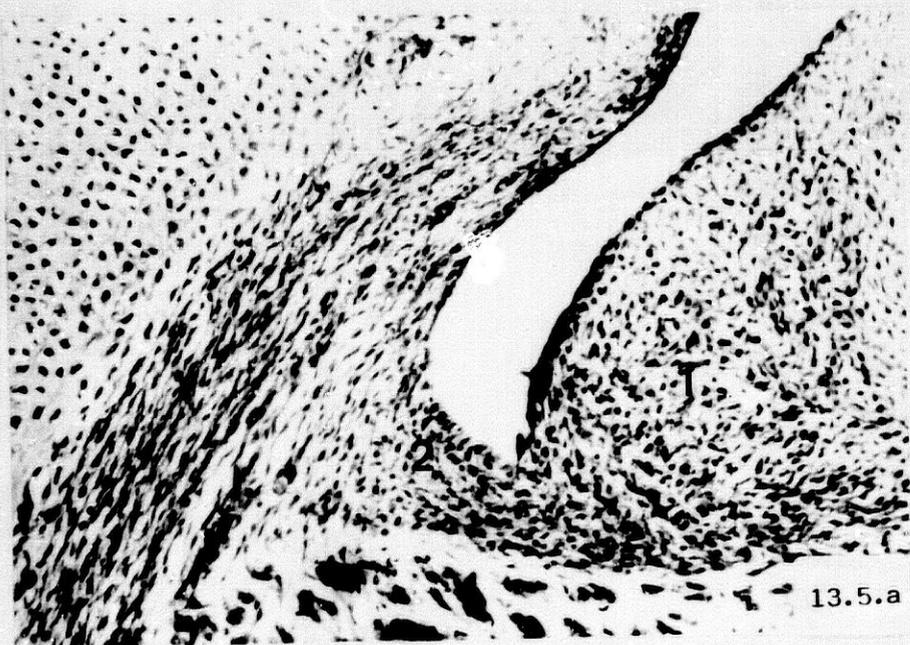
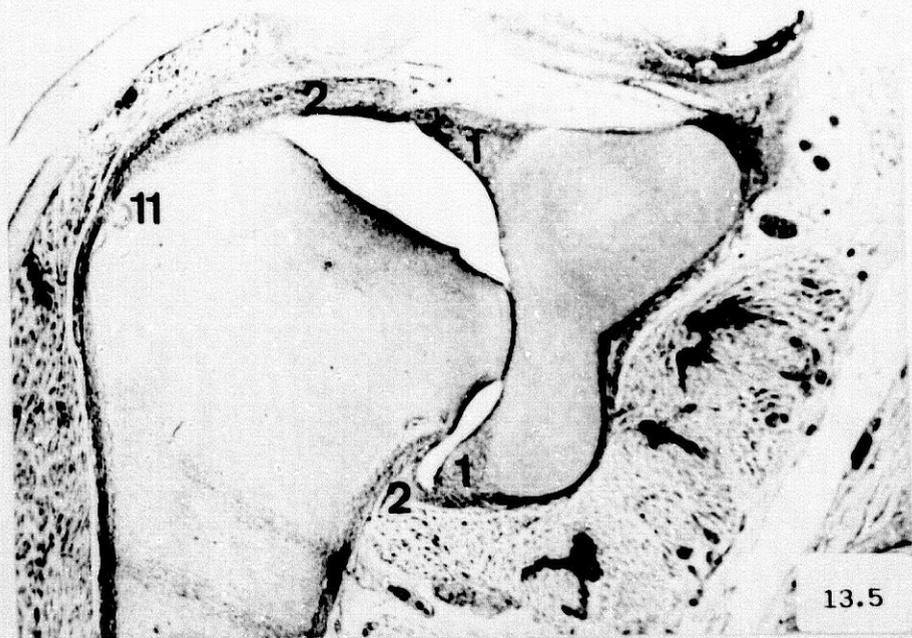
Feto Humano de 41 mm.

Explicación de figuras:

13.4 y 13.4.a

La figura es medial con relación a la anterior y sigue siendo un corte parasagital, el cual interesa de forma tangencial a la mitad posterior y externa del labio articular **(1)**. Aquí la luz articular es prácticamente interrumpida y amplia, mostrando con evidencia absoluta el curso intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps **(3)**, pero separado de la luz de la cavidad articular **(8)** por una sutil membrana sinovial **(9)**; a su vez, dicho tendón queda anclado y unido a la cara profunda de la cápsula articular por un tenue meso sinovial **(10)**.





10ª Semana.

Feto Humano de 41 mm.

Explicación de figuras:

13.5 a 13.6

Estas secciones parasagitales demuestran la consistencia y estructuración conseguidas, no sólo por el labio articular (1) donde la invasión condrocítica es manifiesta a partir de la escápula, sino también por el grado de desarrollo conseguido por el manguito capsular (2) en cuya cara profunda y a nivel del receso medial o inferior la membrana sinovial está íntimamente adherida y no se observan aún pliegues que determinen las llamadas frénulas sinoviales. La luz articular es clara y manifiesta sin el menor vestigio o reliquia, en estos planos, de trabéculas célula-fibrilares.

Un detalle surge por vez primera en el curso evolutivo del desarrollo articular cual es el que a partir de la superficie pericondral del húmero empiezan a surgir pequeñas yemas vasculares (11) que tratan de profundizar en el molde cartilaginoso de la extremidad cefálica del húmero.

10ª Semana.
Feto Humano de 45 mm.

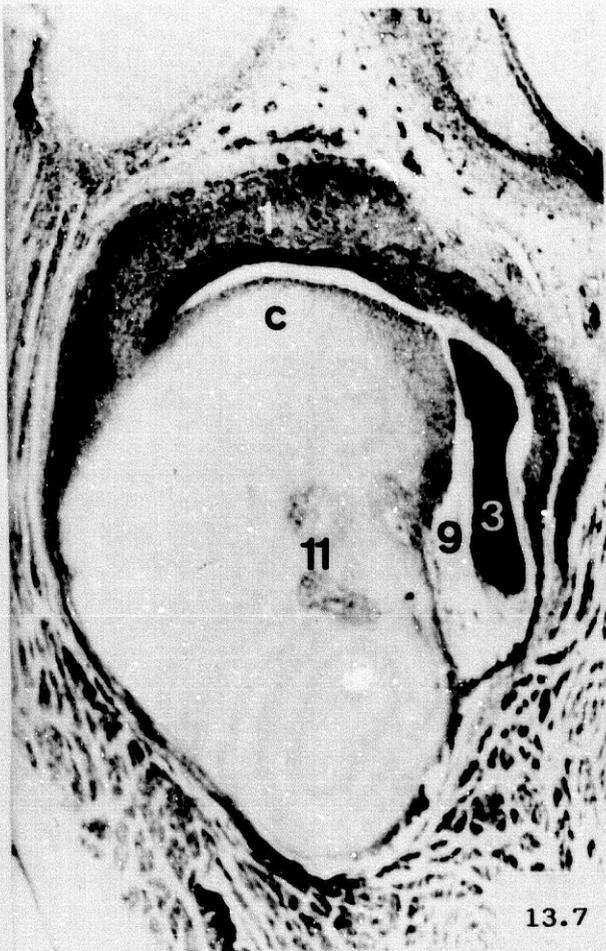
Explicación de figuras:

13.7 a 13.9

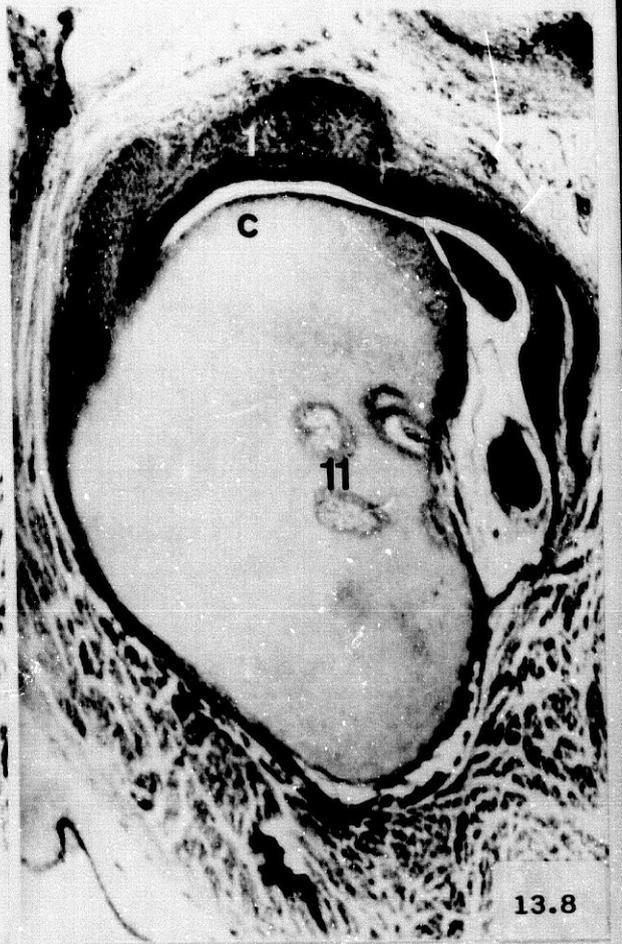
Los planos seccionan la extremidad cefálica del húmero (c) así como la margen superior del labio articular (1), en los que se comprueba la disposición intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps (3), si bien aislado de la luz de la cavidad articular por la correspondiente membrana sinovial (9). Debido a la disposición del curso del citado tendón, éste se secciona de forma unitaria o aparece dividido en dos parcelas.

La cápsula articular en su margen anterior y medial aparece extraordinariamente aumentada formando un pequeño engrosamiento (12) que protusiona hacia la luz articular denunciando con ello la presunta organización de los ligamentos intrínsecos capsulares, es decir, los ligamentos glenohomerales de Farabeuf.

Evidenciando las horas del desarrollo en que cursa el citado feto, correspondiente a la semana diez, no es de extrañar que a nivel del molde cartilaginosa humeral encontremos yemas vasculares (11) que a manera de penachos profundizan desde el tejido pericondral, anunciándonos con ello el inicio de la osteogénesis en la citada porción.



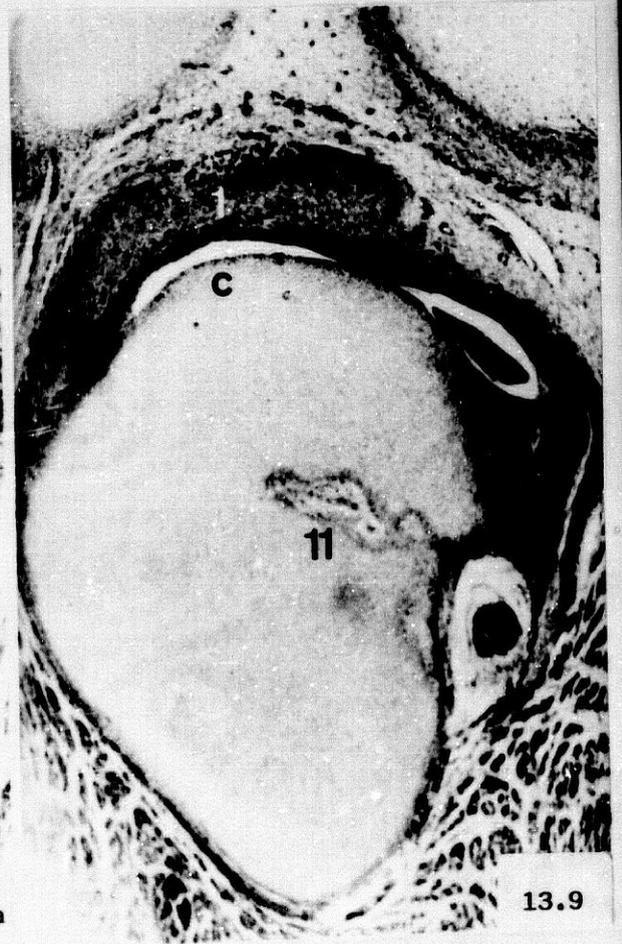
13.7



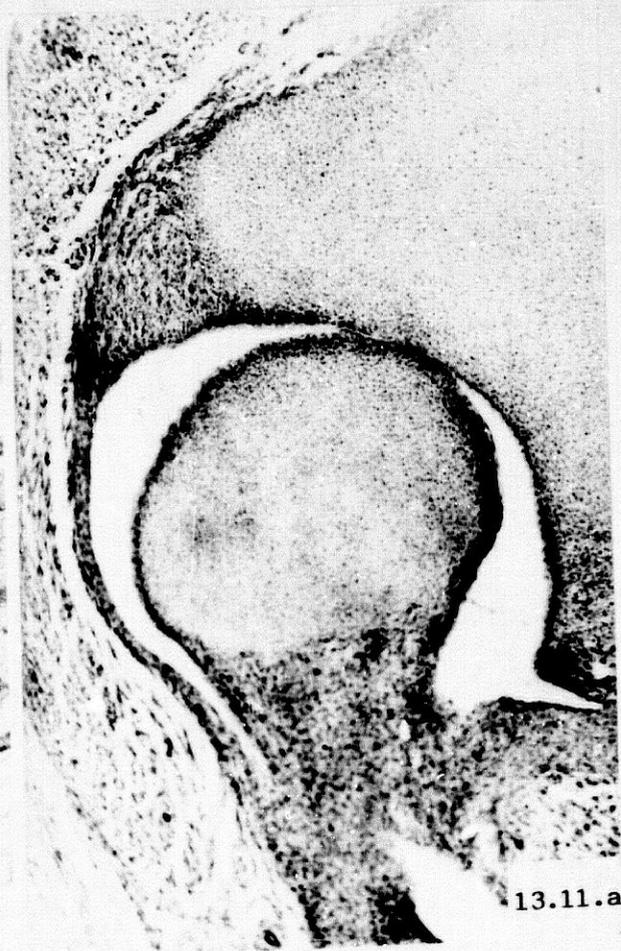
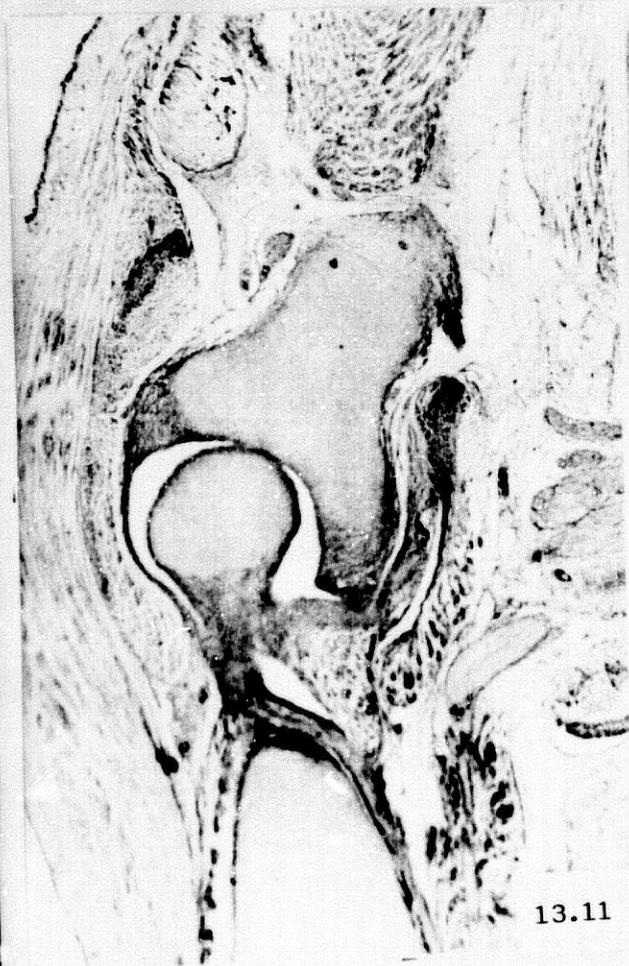
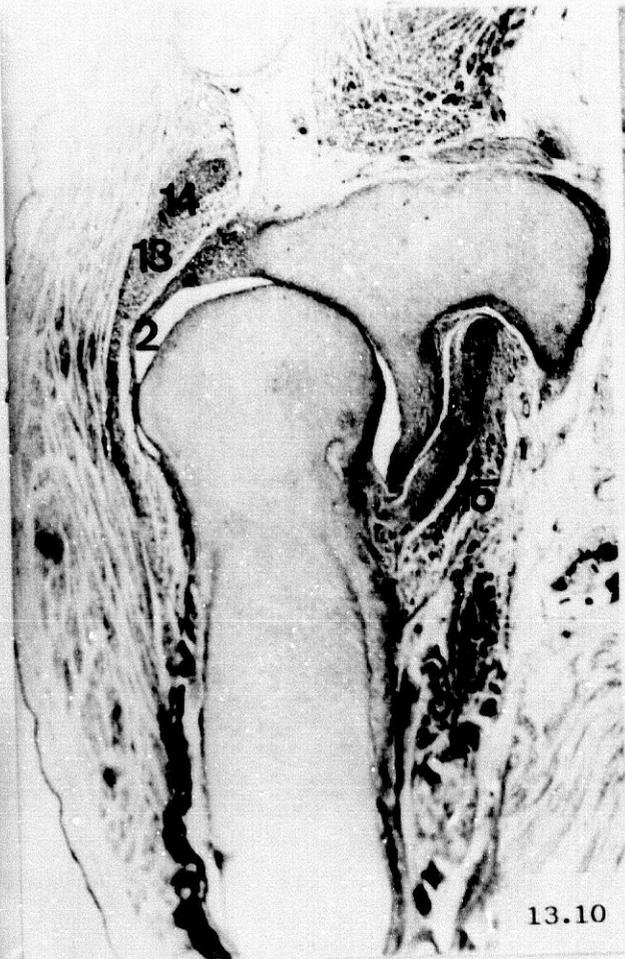
13.8



13.8.a



13.9



10ª Semana.

Feto Humano de 45 mm.

Explicación de figuras:

13.10 a 13.11.a

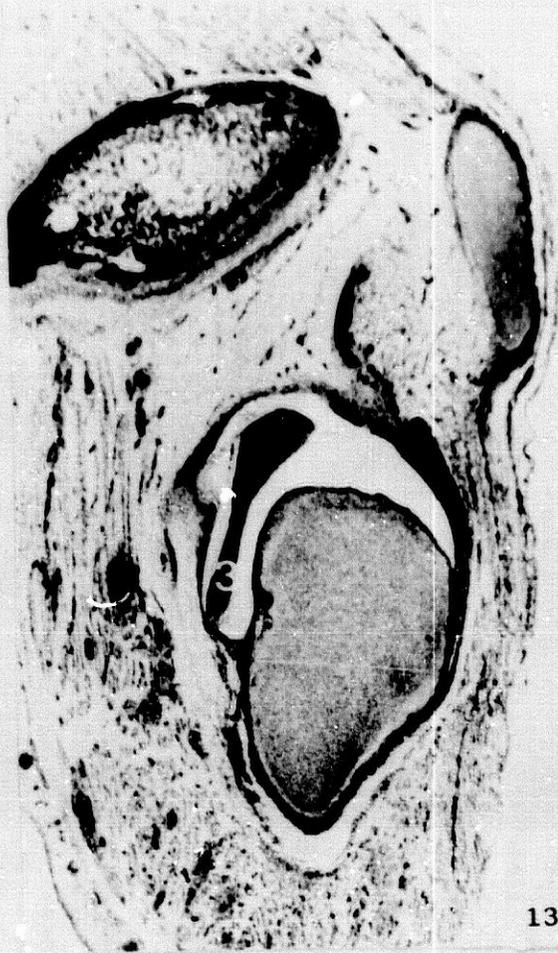
Estos dos planos de la articulación del hombro derecho del mismo feto son más caudales que los anteriores. En ellos queda evidenciado no sólo la amplia luz de la interlínea articular sino también el potente desarrollo adquirido por el labio articular (1) que amplía la superficie articular glenoidea de la escápula. La cápsula (2) y sus correspondientes inserciones escapular y humeral se hacen muy manifiestas, mostrando la mayor amplitud del manguito capsular a nivel de su margen externa más que medialmente, donde a la altura del extremo interno del futuro cuello quirúrgico del húmero aún no es posible el distingo de los repliegues o frénulas sinoviales. Lo que sí es evidente son los refuerzos tendinosos de los músculos periarticulares de entre los que destacan los de los músculos supraespinoso (13) e infraespinoso (14) por la margen póstero-lateral, mientras que medialmente el potente tendón del músculo subescapular (15) refuerza no sólo la cápsula articular sino incluso el mismo labio articular a este nivel; precisamente esta porción labial muy desarrollada ha adquirido verdadera naturaleza fibro-cartilaginosa.

**10ª Semana.
Feto Humano de 46 mm.**

Explicación de figuras:

13.12 a 13.13.a

Las imágenes del presente feto de 46 mm. de longitud, lógicamente son afines a las que estamos presentando en este protocolo correspondiente a la 10ª semana del desarrollo, y los planos y sus estructuras sólo hacen confirmar lo que venimos diciendo. Pese a ello, las incluimos aquí para demostrar, una vez más, el curso intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps **(3)** aislado de la luz articular por la correspondiente membrana sinovial **(9)** y fijo a la superficie interna del manguito capsular por el característico mesotendón sinovial **(10)**; así como su inserción final en la margen externa del labio articular.



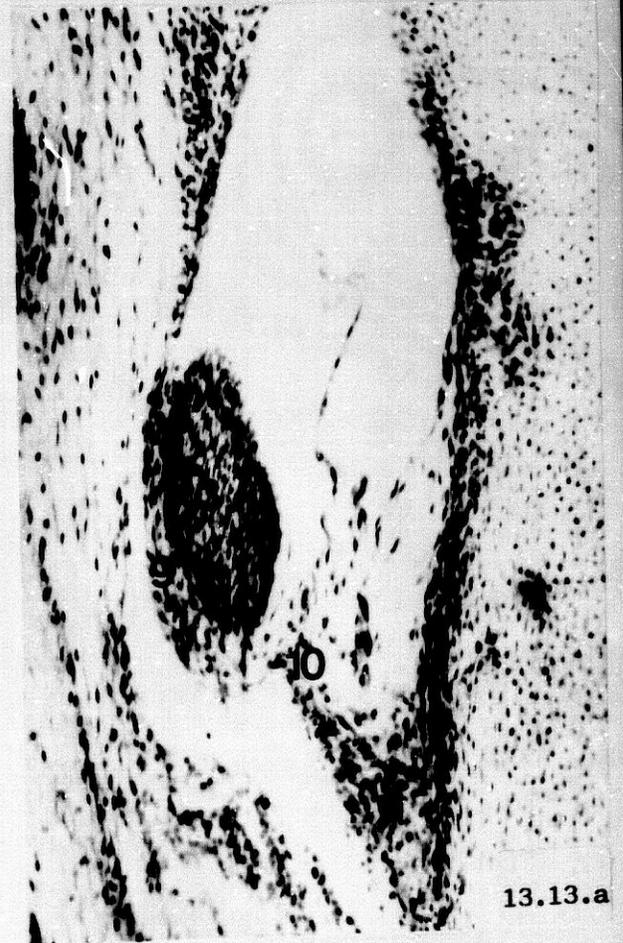
13.12



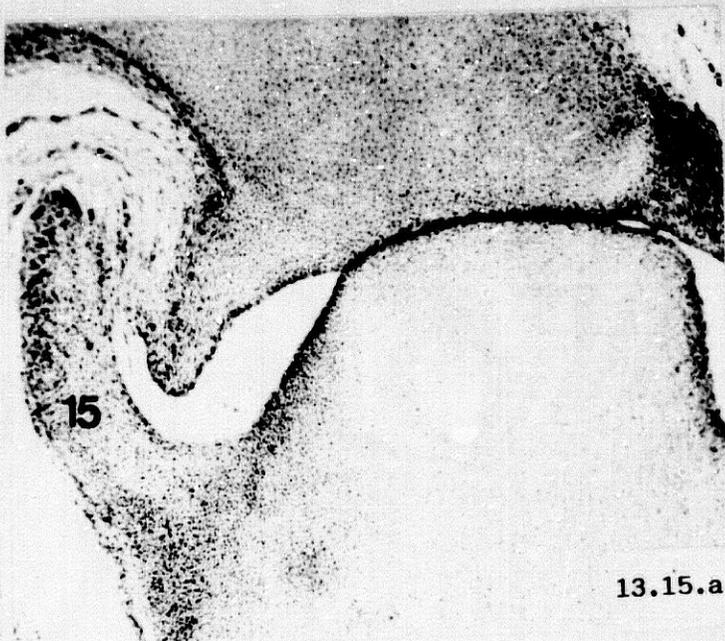
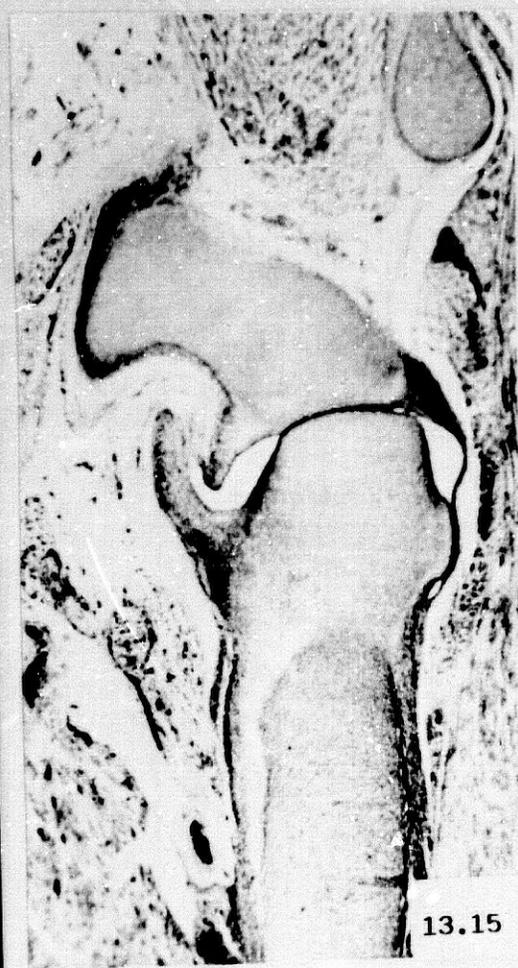
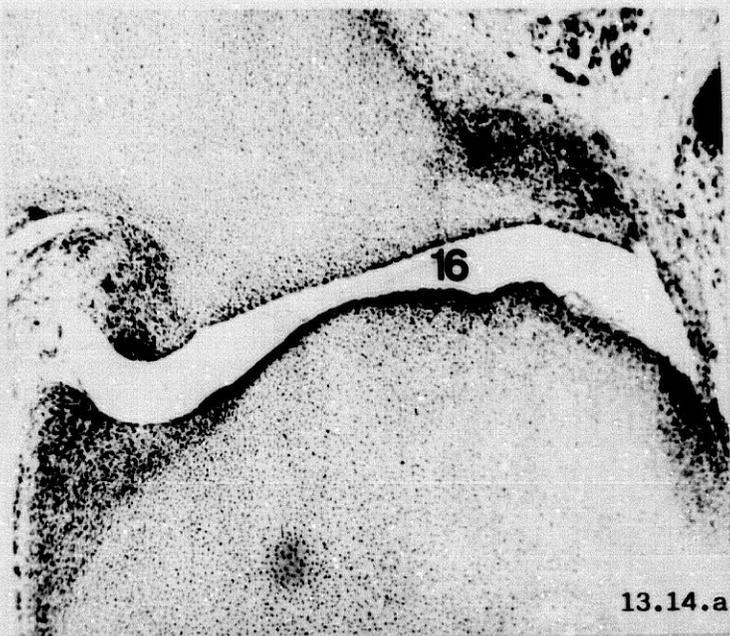
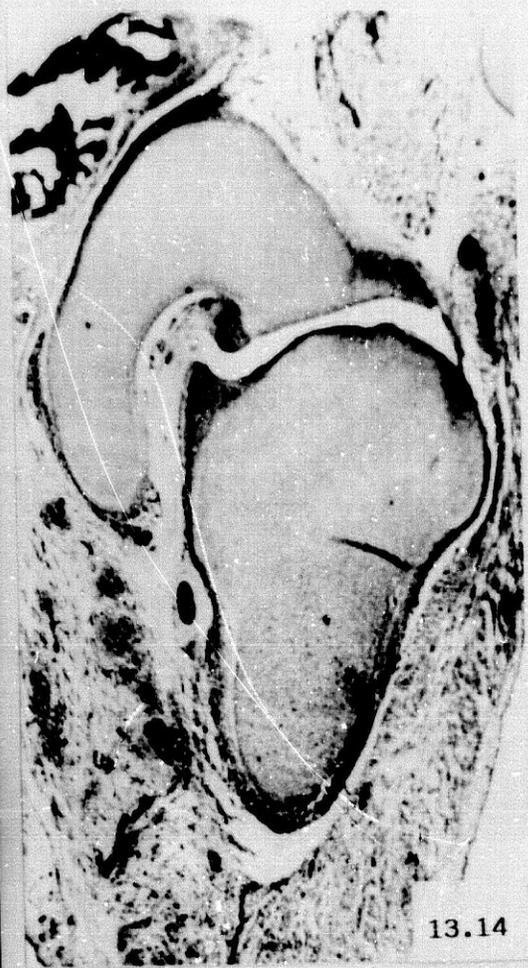
13.12.a



13.13



13.13.a



10ª Semana.
Feto Humano de 46 mm.

Explicación de figuras:

13.14 a 13.15.a

Cuando la sección de la articulación del hombro interesa a planos más caudales se confirma la amplitud de la cavidad articular en la que, en ocasiones, aún hay reliquias de septos fibrocelulares trabeculares (16) que saltan entre las superficies pericondrales del futuro par ósteoarticular.

El desarrollo capsular es prácticamente definitivo y su margen medial se ve extraordinariamente reforzada por la presencia del potente tendón del músculo subescapular (15) que a estos niveles, futuro ojal de Weitbrecht, sólo está separado de la luz articular por la membrana sinovial.

PROT O C O L O -14-

(11ª Semana)

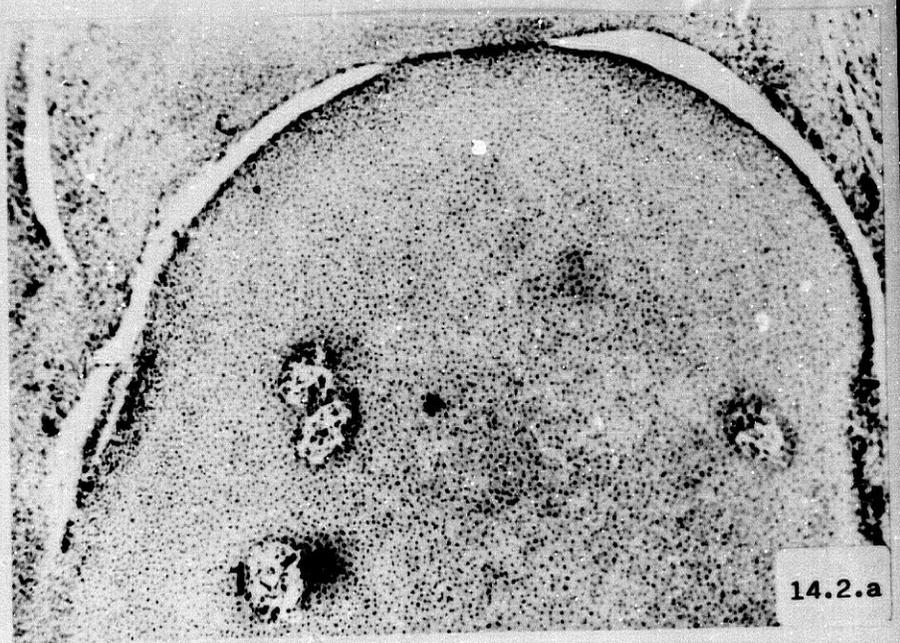
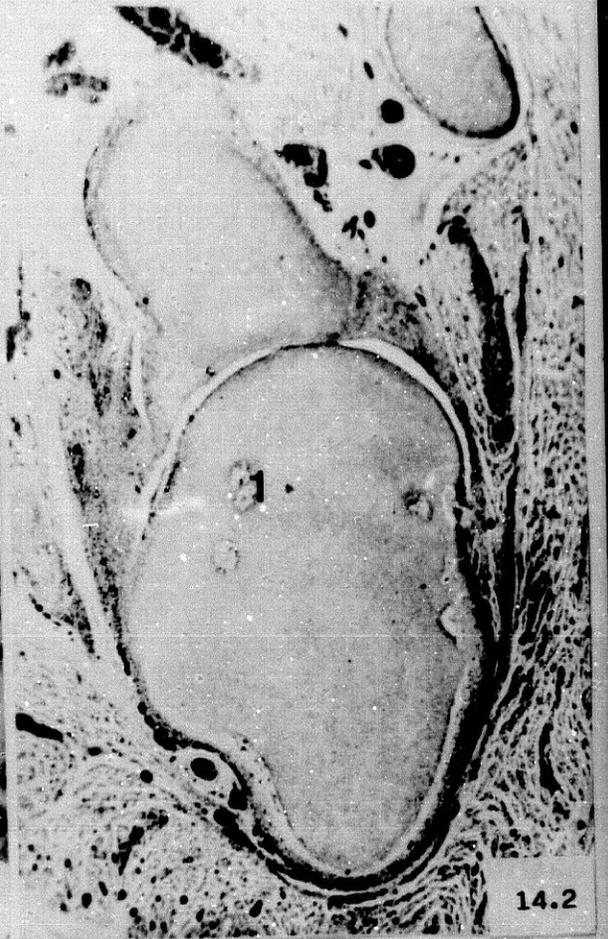
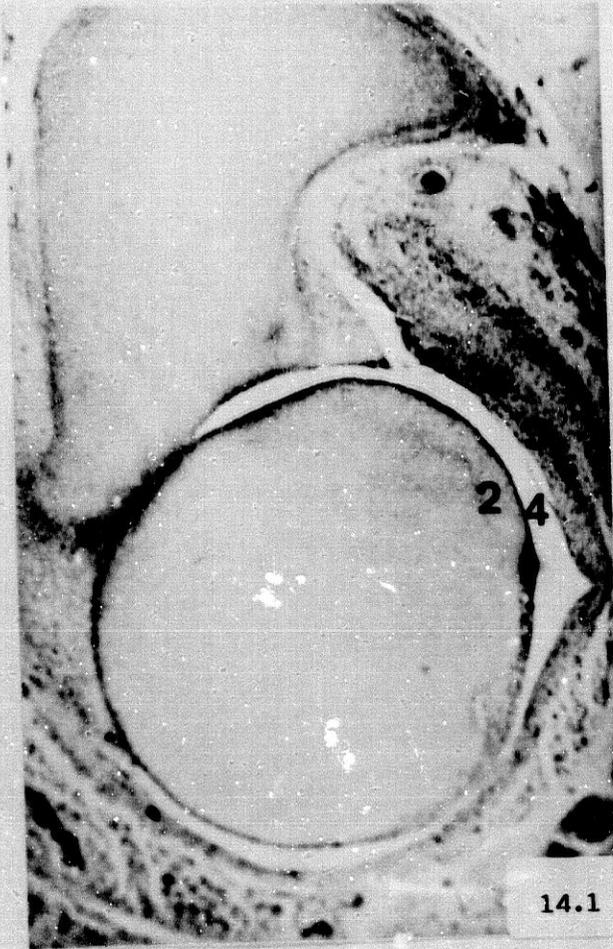
11ª Semana.
Feto Humano de 50 mm.

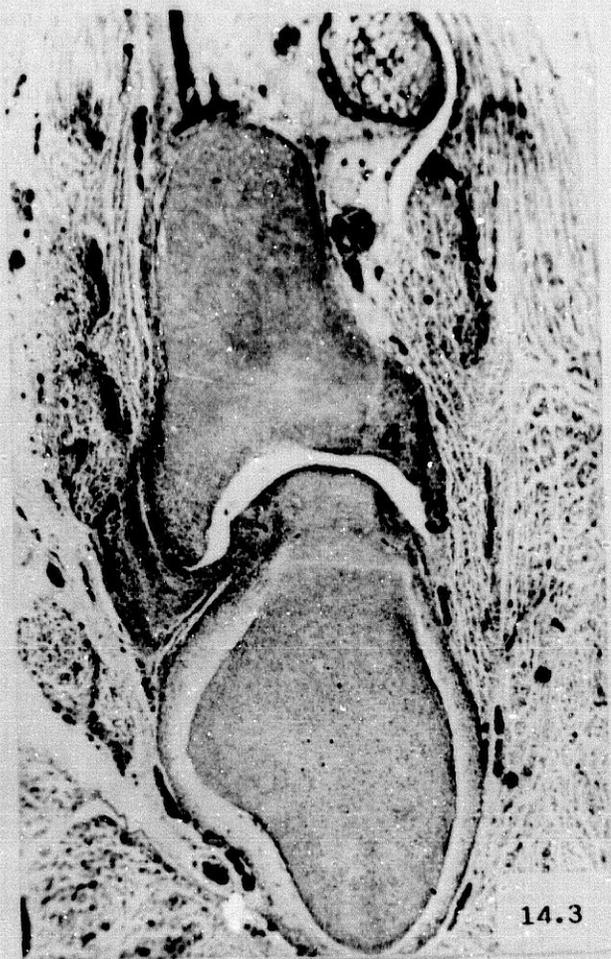
Explicación de figuras:

14.1 a 14.2.a

Al comenzar la once semana del desarrollo parece estar definida la organización del conjunto de la articulación del hombro en espera de la ulterior osteogénesis. Signo inequívoco de que ésta ya se ha iniciado es la presencia de nidos de detritus de condrocitos (1) que aparecen como islas en el espesor del molde cartilaginoso del extremo cefálico del húmero, fruto de la sección, que denuncian hasta qué punto han penetrado las yemas vasculares que partiendo de la superficie pericondral han profundizado hasta la intimidad cefálica humeral.

La sección más craneal de la cabeza humeral (2) ofrece la imagen de un segmento de esfera perfectamente abrazado por el manguito capsular (3) en cuya cara profunda se ha desarrollado una sutil capa membranosa: la membrana sinovial (4).





14.3



14.3.a

11ª Semana.
Feto Humano de 50 mm.

Explicación de figuras:

14.3 y 14.3.a

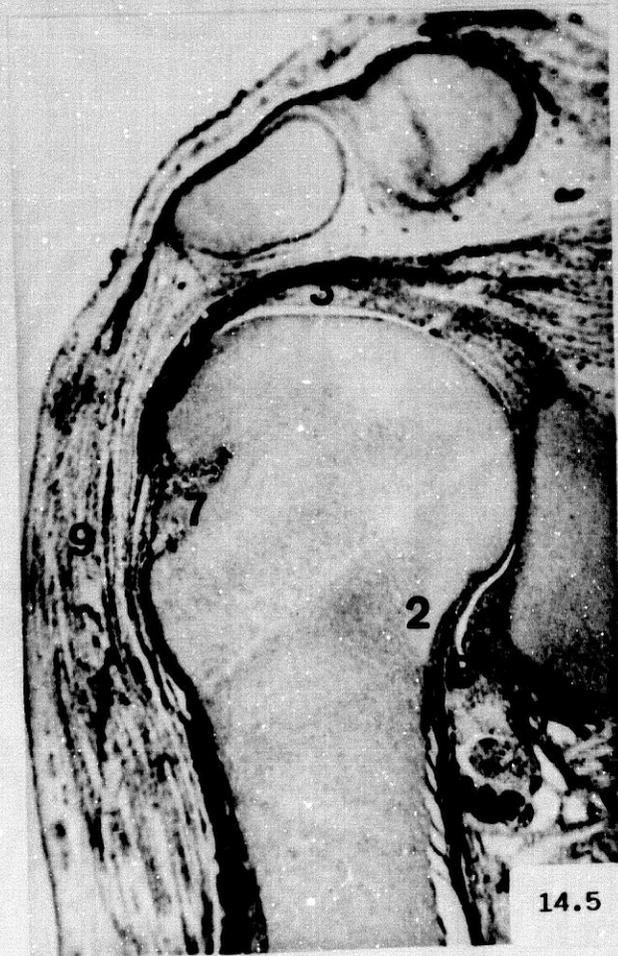
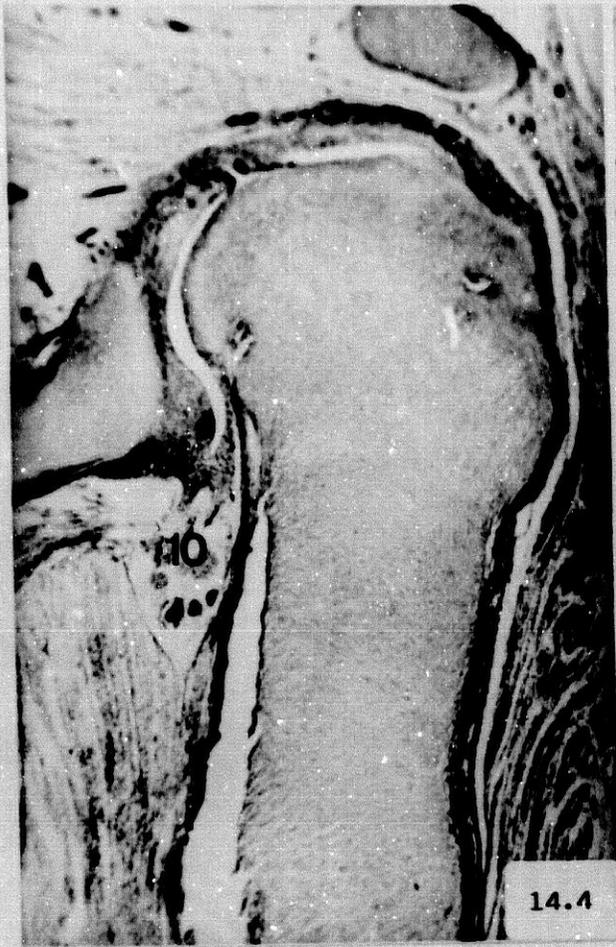
El contraste citoestructural entre las distintas formaciones que refuerzan y protegen la articulación del hombro se ponen en evidencia al estudiar, no ya el aspecto cartilaginoso claro de la superficie articular condrogénica de la escápula, la cual por otra parte ya está en clara fase de osteogénesis a nivel de su cuerpo, sino que a partir de ahora la diferenciación entre la cápsula propiamente dicha (3) y el labio articular (5), en cuya margen externa se fija, es cada vez más evidente. Más excéntrico aún al sistema articular las fibras estriadas de los músculos periarticulares contrastan en el conjunto.

11ª Semana.
Feto Humano de 50 mm.

Explicación de figuras:

14.4 a 14.5.a

Estudio comparativo de dos secciones parasagitales de las articulaciones escapulo-humerales derecha e izquierda. En ellas se comprueba la intimidad del tendón del músculo supraespinoso (6) con la cápsula articular (3), prácticamente a todo lo largo del techo fibroso de la articulación hasta el mismo punto de la inserción tendinosa en el húmero, en el cual penetran hacia la profundidad del cartílago cefálico yemas vasculares (7) que progresivamente derrumban el molde cartilaginoso para iniciar la osteogénesis más adelante. La luz de la cavidad articular es neta, siendo aparentemente más amplia entre las márgenes del labio articular (5) y la cabeza humeral (2) donde simulan formar sendos fondos de saco (8). Mientras lateralmente la articulación del hombro se ve protegida y almohadillada por la clara estriación de miofibrillas del músculo deltoides (9), medialmente los elementos vásculo-nerviosos de la axila (10) tratan de abandonar la región para alcanzar la braquial homónima.

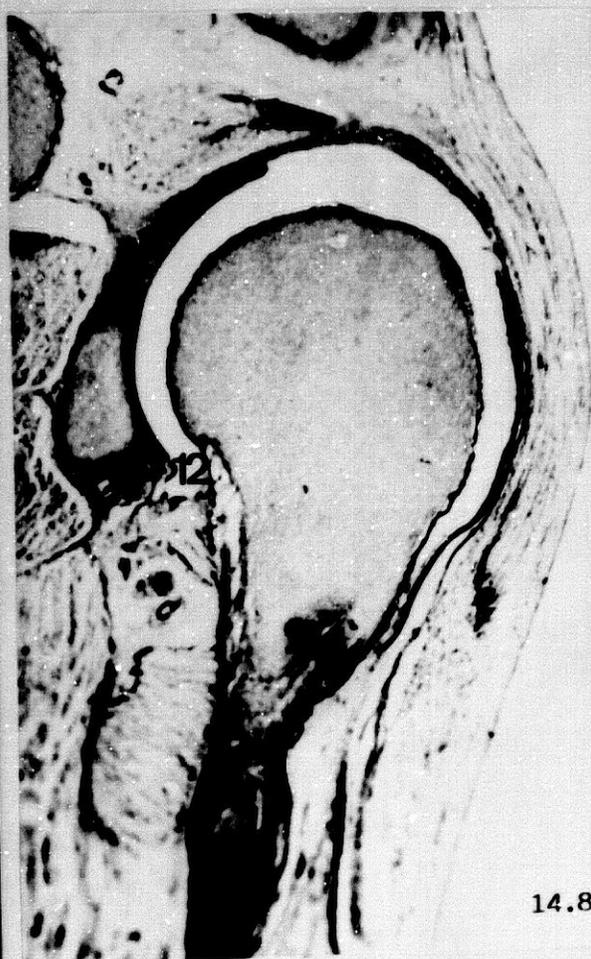




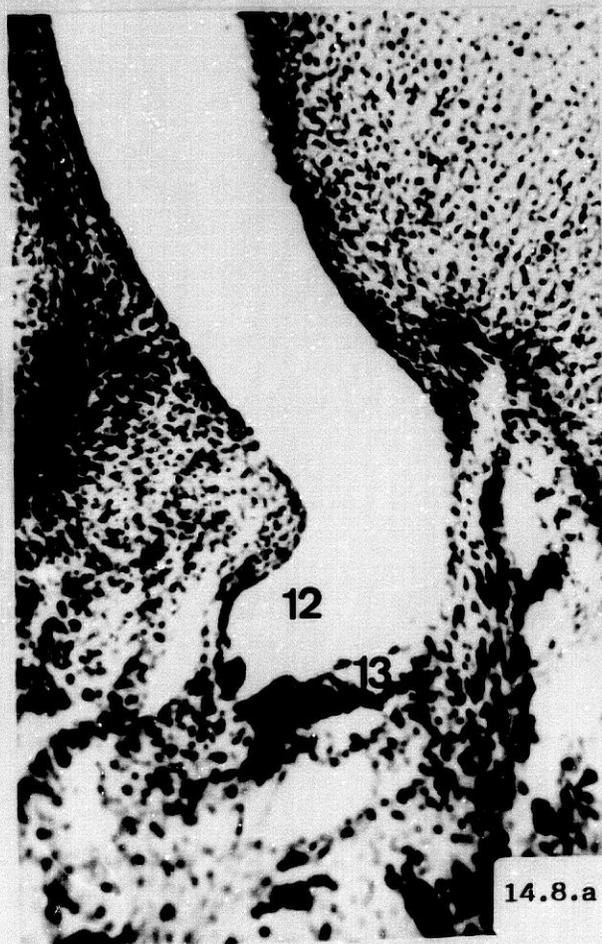
14.6



14.7



14.8



14.8.a

11ª Semana.
Feto Humano de 50 mm.

Explicación de figuras:

14.6 y 14.7

Cortes parasagitales entre sí que denuncian la inserción de la cabeza larga del bíceps (11) en la margen externa del labio articular (5) y la superficie vecina del molde cartilaginosa de la escápula que dará origen a la tuberosidad supraglenoidea. A partir de la once semana del desarrollo la diferenciación cito-estructural del tendón de la cabeza larga del bíceps y del labio articular es ya una realidad denunciada no sólo por la intimidad de su textura sino también por la diferente apetencia cromática de una y otra estructura, que es mucho más manifiesta a nivel del tendón citado.

14.8 y 14.8.a

El plano interesa el fondo de saco medial (12) de la cavidad articular a cuyo nivel, como es típico en el individuo adulto, la membrana sinovial forma unos repliegues para dar origen a la frénula sinovial (13), cuya presencia y existencia coincide con el plano convencional que pasa a la altura del futuro cuello quirúrgico del húmero.

11ª Semana.

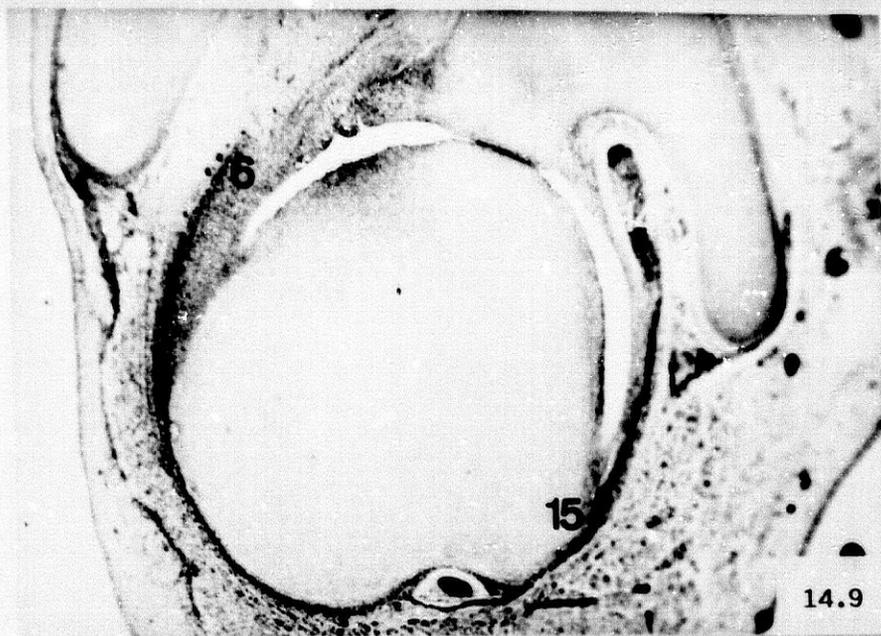
Feto Humano de 52 mm.

Explicación de figuras:

14.9 a 14.9.b

El corte horizontal resulta ser una sección coronal que interesa el extremo proximal del húmero en el que se pone de manifiesto el contraste entre la densidad del manguito capsular a nivel de sus paredes anterior y posterior; esta última, de notable grosor, está reforzada a su vez a este nivel por el tendón del músculo supraespinoso (6), íntimamente adosado a la superficie de la cápsula; en cambio, ventromedialmente, la cápsula es mucho más sutil, viéndose reforzada por el tendón del músculo subescapular (14) cuando éste se aproxima a su inserción en la masa troquiniana (15). La luz articular es amplia y libre en la que ha desaparecido por completo la presencia de reliquias célula-fibrilares de la primitiva pieza intermedia.

El tendón de la cabeza larga del bíceps (11) cursa en el canal bicipital bajo el ligamento de Gordon Brodie (16) y rodeado por un magma sinovial (4).



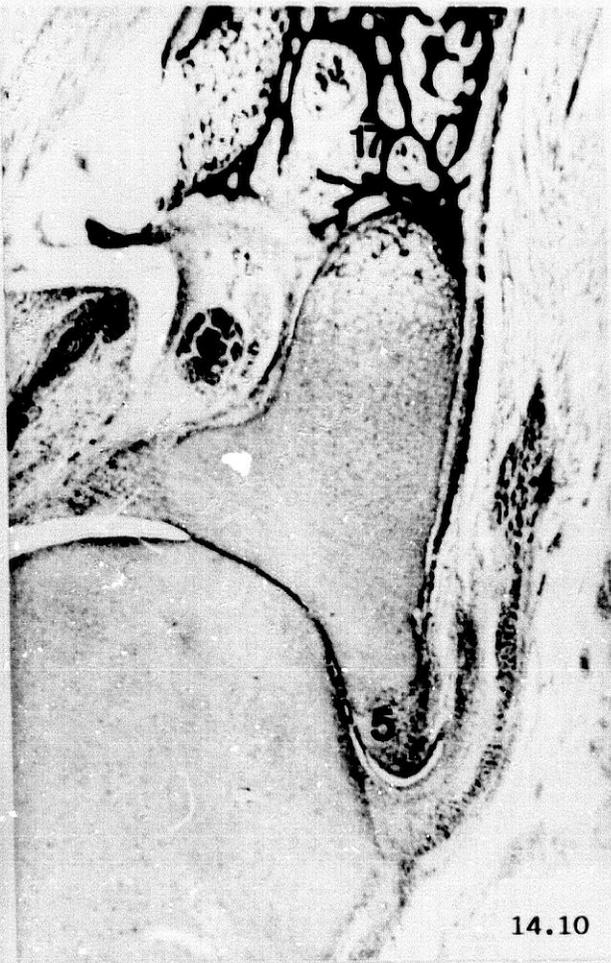
14.9



14.9.a



14.9.b



14.10



14.10.a



14.10.b

11ª Semana.
Feto Humano de 53 mm.

Explicación de figuras:

14.10 a 14.10.b

Este plano y sus detalles muestran un estado comparativo del proceso osteogénico en evolución: mientras el cuerpo escapular (17) está afectado intensamente por el proceso de trabeculación osteogénica, las superficies ósteo-articulares de la futura articulación del hombro se hallan aún en una clara fase cartilaginosa. Al mismo tiempo, el labio articular escapular (5) va definiendo cada vez más su citoestructura de fibrocartilago.

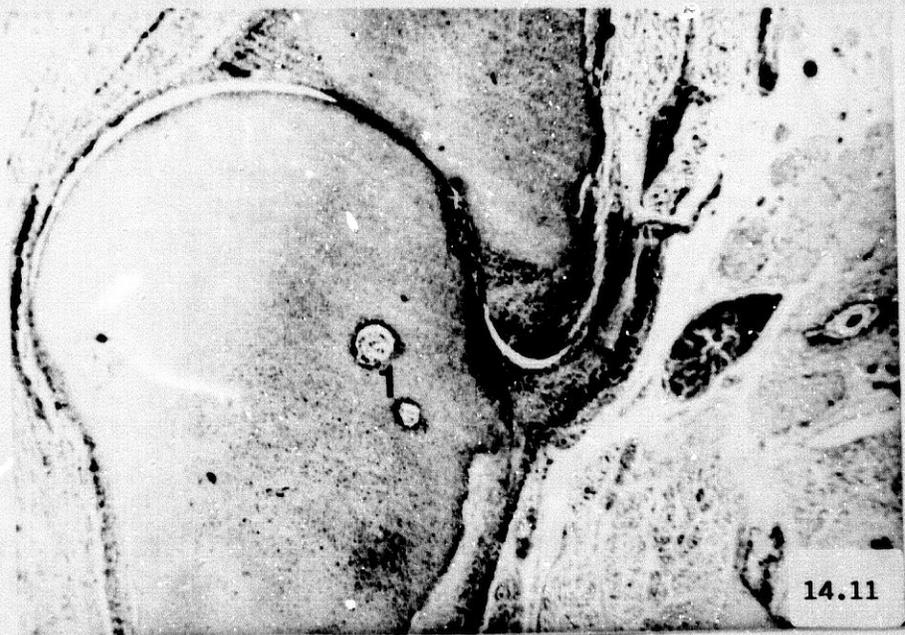
11ª Semana.
Feto Humano de 53 mm.

Explicación de figuras:

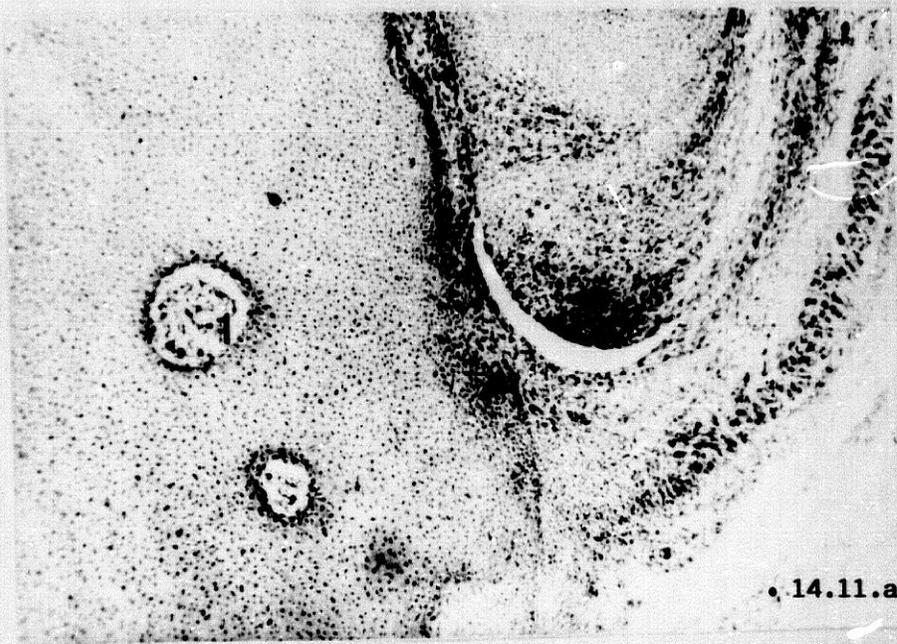
14.11 a 14.12.a

Mientras que para la once semana del desarrollo la articulación del hombro está prácticamente definida desde el punto de vista de la cartilificación, la presencia de nidos de detritus cartilagosos (1), fruto de la invasión vascular va siendo cada vez más numerosa, interesando inicialmente al extremo cefálico del húmero antes que a su oponente articular escapular.

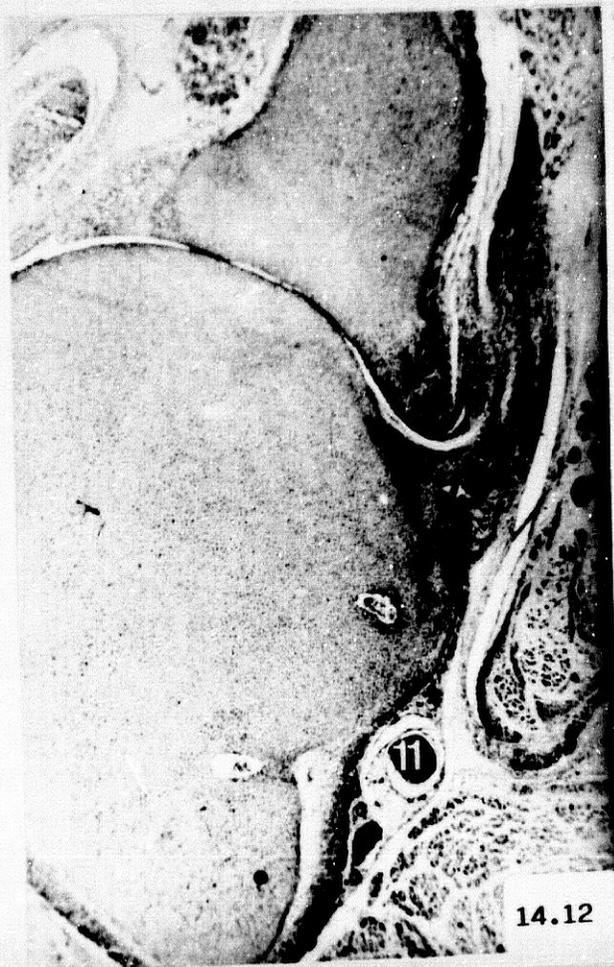
El tendón de la cabeza larga del bíceps (11) sigue demostrando su curso intracapsular, pero siempre envuelto en la sinovial correspondiente que le aísla de la luz articular.



14.11



14.11.a



14.12



14.12.a

PROTOCOLO -15-

(12ª Semana)

12ª Semana.
Feto Humano de 65 mm.

Explicación de figuras:

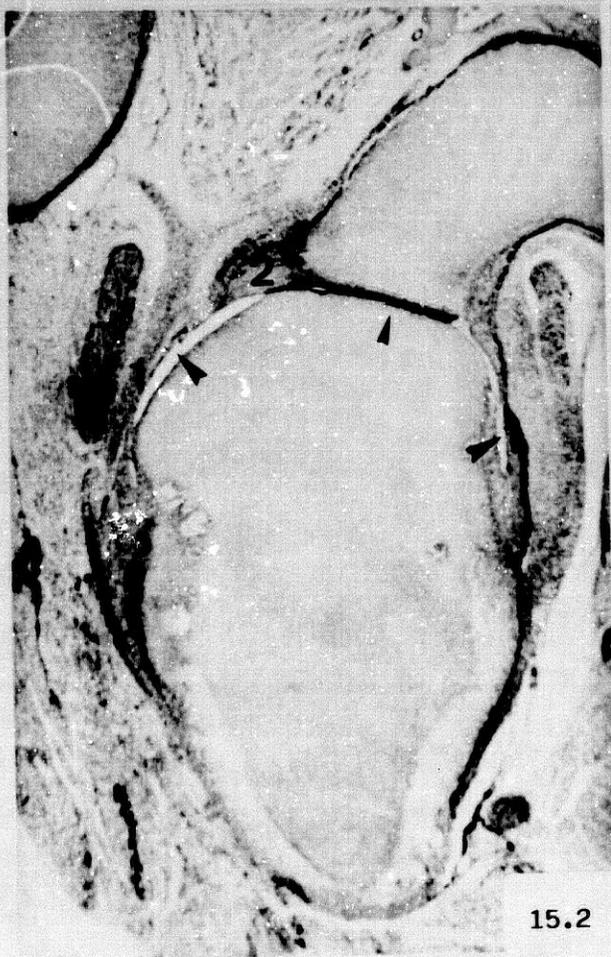
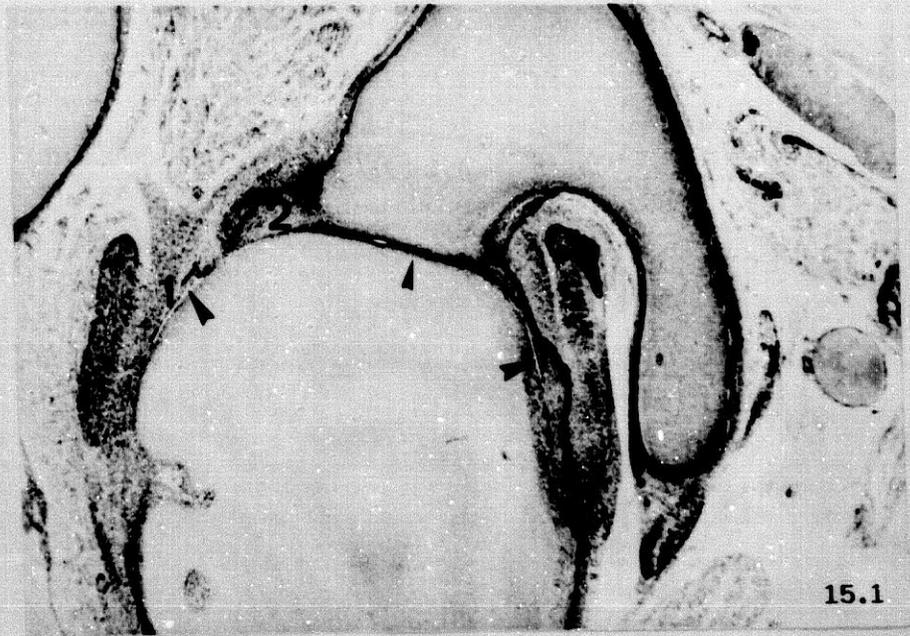
15.1 a 15.3

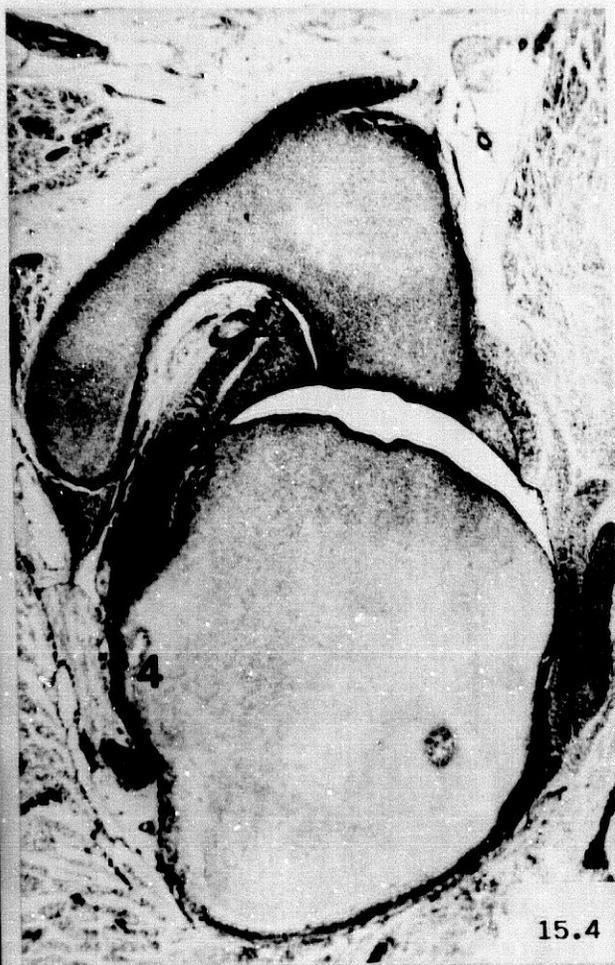
Las imágenes de estos tres planos próximos entre sí que secciona la articulación del hombro del lado derecho a distintos niveles ofrecen dos detalles que de manera constante se presentan desde el tercer mes del desarrollo, tales como:

El adosamiento de las superficies articulares enfrentadas entre sí en determinadas áreas donde la línea articular es prácticamente inexistente (**flecha fina**), y donde el tejido pericondral que ha de organizar el cartílago hialino articular futuro presenta una gran riqueza cromática en contraste con las áreas periféricas cuyo lumen es claro y nítido (**flecha gruesa**), quedando subyacente o concéntrico al manguito capsular (1). Toda esta distinta disposición arquitectónica articular es fruto de la propia dinámica fetal intrauterina.

Otro detalle, también constante como decíamos, es que progresivamente el labio articular (2) en su crecimiento relativo va siendo cada vez menor en comparación con el resto del par ósteo-articular.

Por lo demás, la organización de la cápsula articular (1) y sus refuerzos tendinosos de músculos periarticulares está cada vez más definida, estableciéndose un contacto íntimo entre aquella y éstos.





15.4



15.4.a



15.5



15.5.a

12ª Semana.

Feto Humano de 65 mm.

Explicación de figuras:

15.4 a 15.5.a

Estos dos planos y sus correspondientes ampliaciones equivalen a sendas secciones de la región del hombro donde contrasta la amplia luz articular de las zonas articulares cartilaginosas enfretadas entre sí en comparación con el adosamiento que ofrecían las imágenes de la articulación del hombro derecho que antes hemos estudiado, lo que confirma una vez más que ello se debe al estaño funcional mecánico de una y otra articulación.

Mientras el proceso de trabeculación osteogénica ya está avanzado en estructuras vecinas como son el cuerpo escapular, la diáfisis humeral y, por supuesto, la misma clavícula (3), el molde cartilaginoso del hombro sólo es afectado a nivel de su extremidad cefálica invadida por penachos de yemas vasculares (4) que cursan desde la superficie hacia la profundidad, mientras que el área correspondiente a la superficie articular escapular todavía es respetada por la invasión de aquellas yemas.

El tendón de la cabeza larga del bíceps (5) asciende por el canal bicipital del húmero inmerso en el fondo de saco de la sinovial articular (6) y protegido por la cubierta pericondral del húmero, que a este nivel ha dado origen al ligamento de Gordon Brodie (7).

12ª Semana.

Feto Humano de 70,5 mm.

Explicación de figuras:

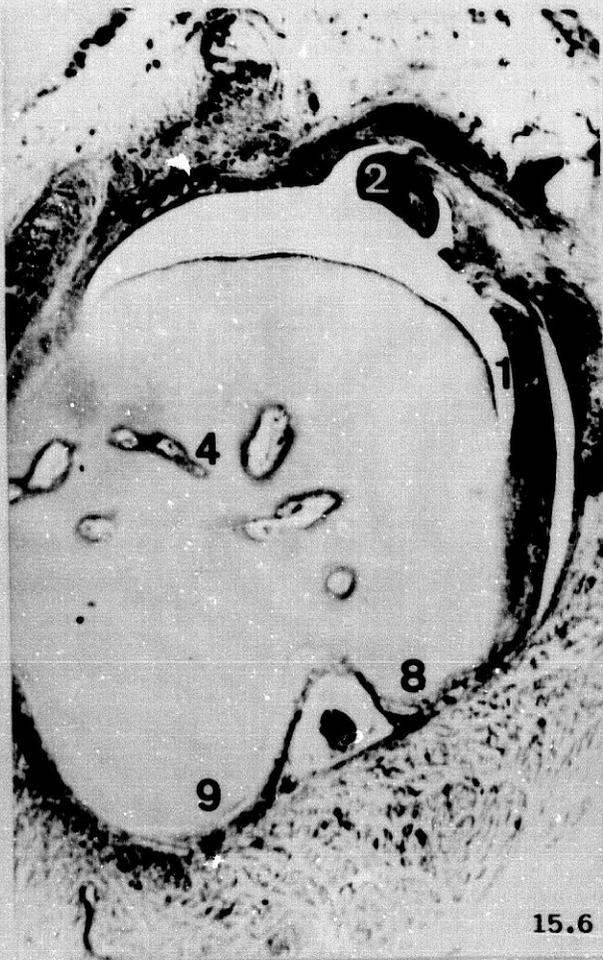
15.6 a 15.7.a

Las figuras muestran dos imágenes de sección que interesan horizontalmente la articulación del hombro derecho a la altura de los macizos troquiniano (8) y troquiteriano (9) entre los cuales queda el canal bicipital e inmerso en él el tendón de la cabeza larga del bíceps (5) envuelto por su correspondiente membrana sinovial (6) y suspendido por su meso.

La luz articular es amplia y uniforme protegida dorso y ventralmente por la cápsula articular (1), en la que se secciona una parcela breve del labio articular (2).

Una vez más comprobamos, significativamente, que a la altura donde discurre el tendón del músculo subescapular (10) próximo a su inserción troquiniana, la cápsula articular queda reducida a la simple membrana sinovial (flecha), índice indicativo de que estamos en presencia del llamado foramen oval de Weitbrecht a cuyo nivel el único refuerzo que presenta la articulación es el del propio tendón del músculo subescapular.

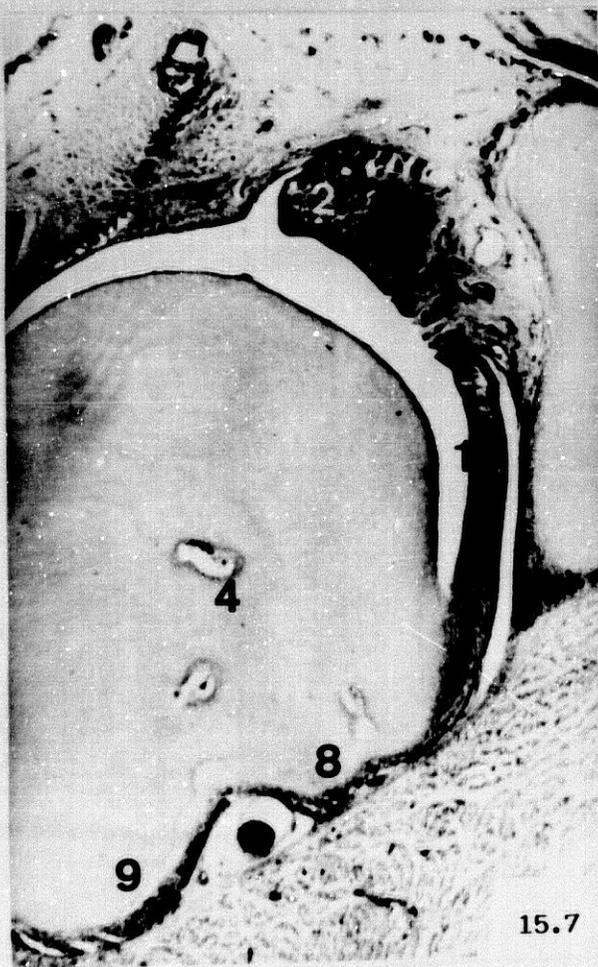
Los penachos vasculares (4) que han invadido el molde cartilaginoso de la extremidad proximal del húmero son cada vez más abundantes formando en su entorno nichos de detritus cartilagosos que preceden a la próxima trabeculación osteogénica.



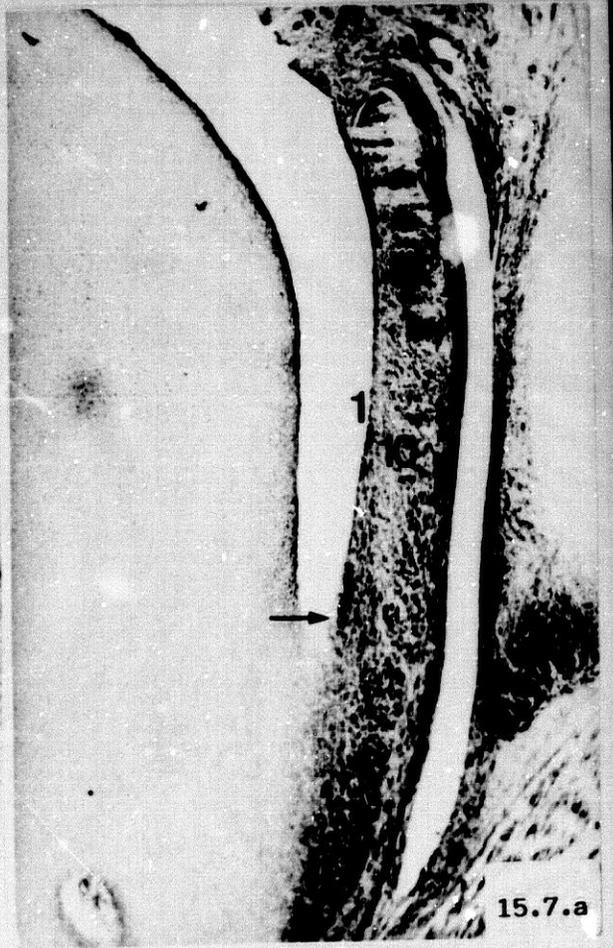
15.6



15.6.a



15.7



15.7.a

PROT O C O L O -16-

(13ª Semana)

13ª Semana.

Feto Humano de 83 mm.

Explicación de figuras:

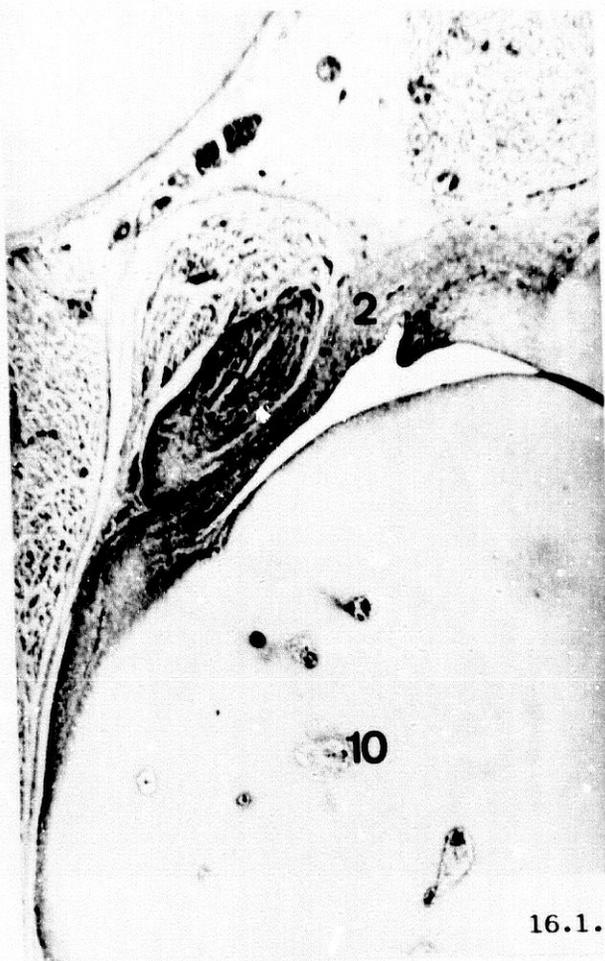
16.1 a 16.3

Planos de sección a distintos niveles donde se pone de manifiesto la limpieza de la luz articular. Labio articular (1) y manguito capsular (2) están cada vez más definidos así como los correspondientes refuerzos activos de la misma, de entre los que destacamos aquí la presencia del tendón del músculo supraespinoso (3) reforzando la parte superior de la cápsula sobre cuya superficie llega a labrar incluso un lecho tendinoso, y el tendón del músculo subescapular (4) que, dada la extraordinaria delgadez del manguito capsular subyacente se convierte en el verdadero elemento capsular en la cara ventro-medial de la articulación. Más a distancia y a partir del proceso coracoides (5) emergen conjuntamente los músculos coracobraquial (6), que aparece atravesado por el nervio musculocutáneo (7), y la cabeza corta del bíceps (8).

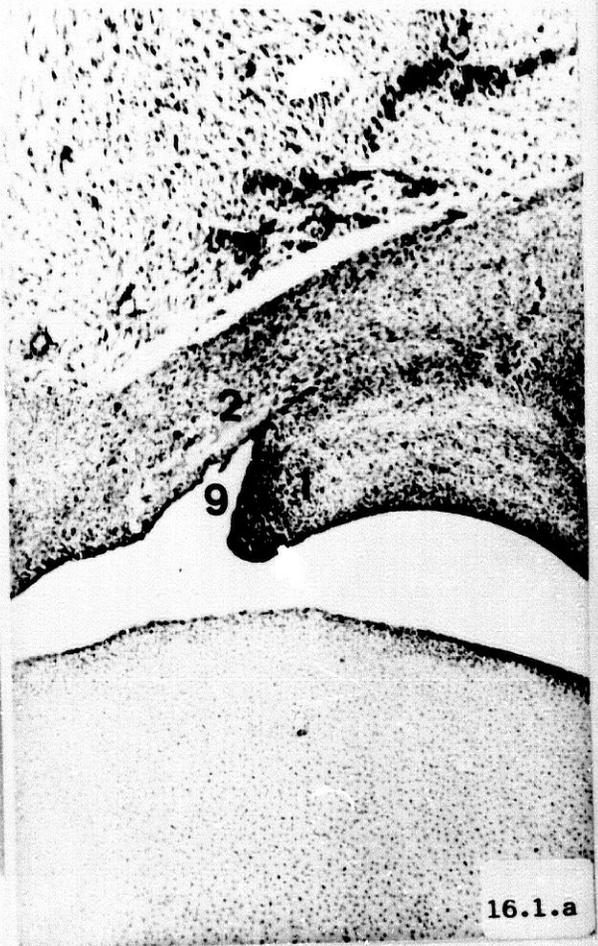
La inserción capsular ocurre en la base de la margen externa del labio articular, dejando una especie de recesos (9) entre la cara profunda del manguito capsular y el resto de la margen externa del susodicho labio respetado por la inserción capsular.

Finalmente, a nivel de la margen antero-medial de la cápsula articular se observa por vez primera con claridad un engrosamiento capsular profundo con relación al tendón del músculo subescapular (4), cuando éste se desliza caudal y medial al proceso coracoides que pone de manifiesto la organización de los refuerzos ligamentosos intrínsecos de los ligamentos glenohumerales que aquí, como puede apreciarse, hacen una ligera hernia (flecha) en la luz articular. Una pequeña hendidura separa parcialmente entre sí, a este nivel, la cara profunda del músculo subescapular (4) y la superficie del ligamento capsular (2).

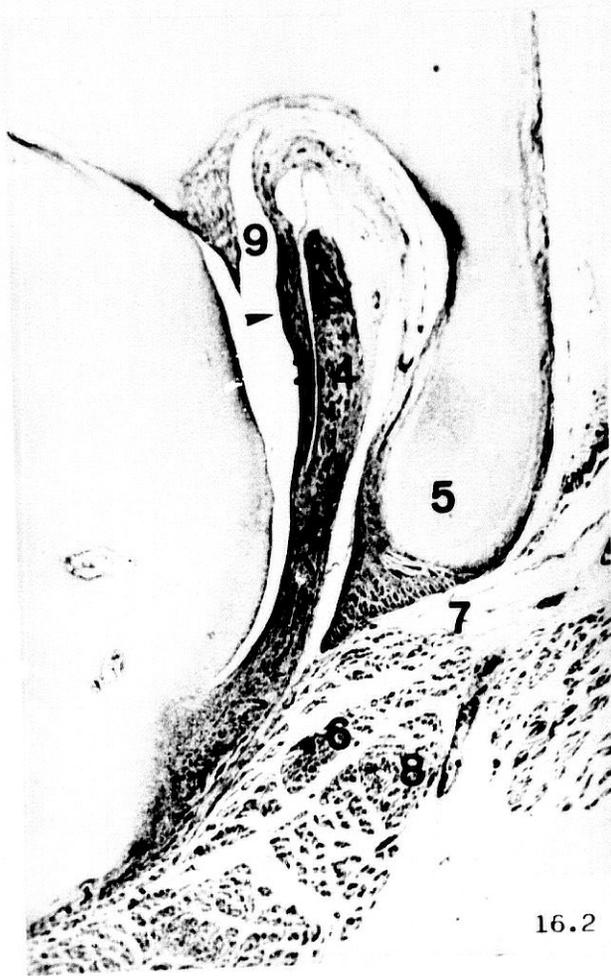
Por último, se advierte que la presencia de detritus de sustancia cartilaginosa (10) de la cabeza humeral se va acentuando progresivamente.



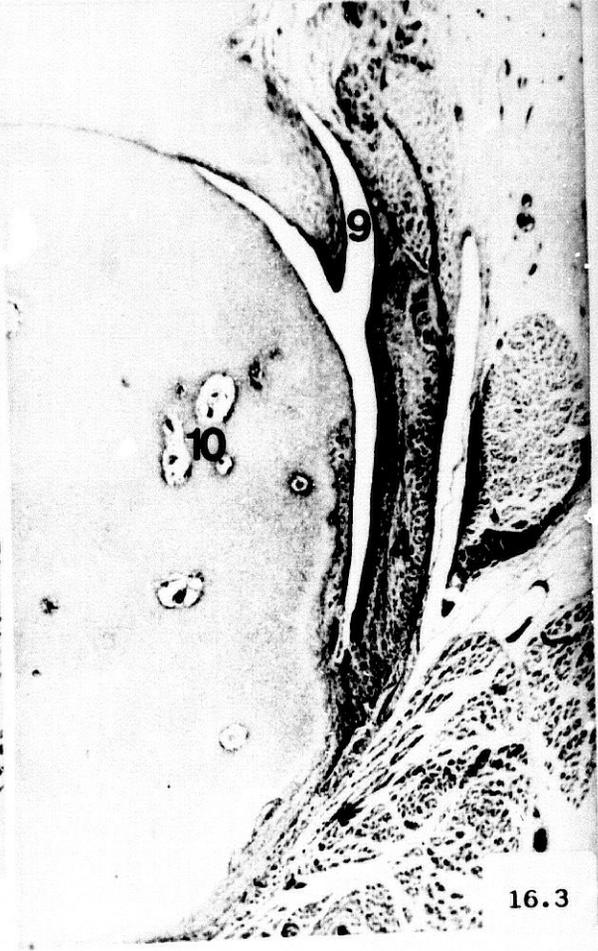
16.1.



16.1.a



16.2



16.3

PROT O C O L O -17-

(14ª Semana)

14ª Semana.

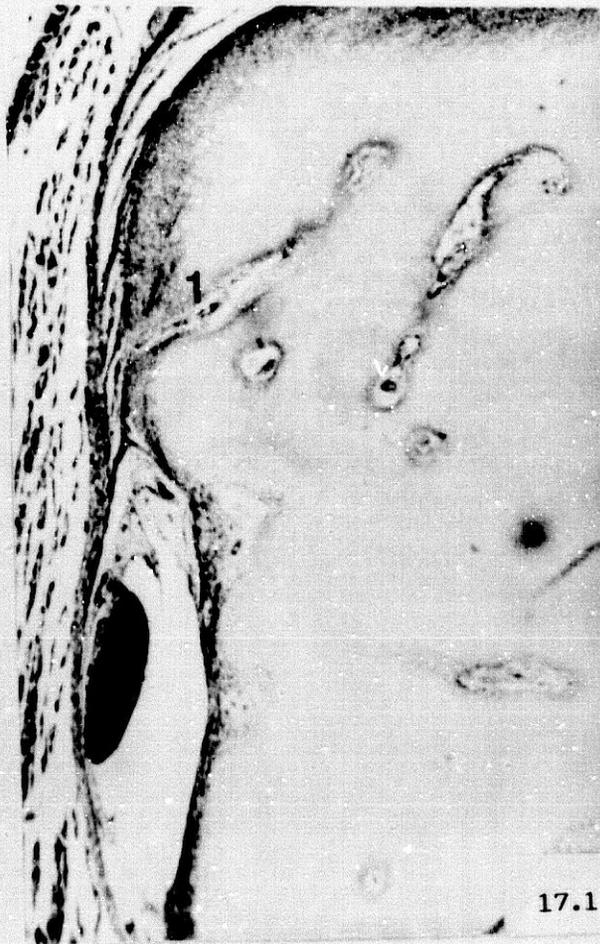
Feto Humano de 102 mm.

Explicación de Figuras:

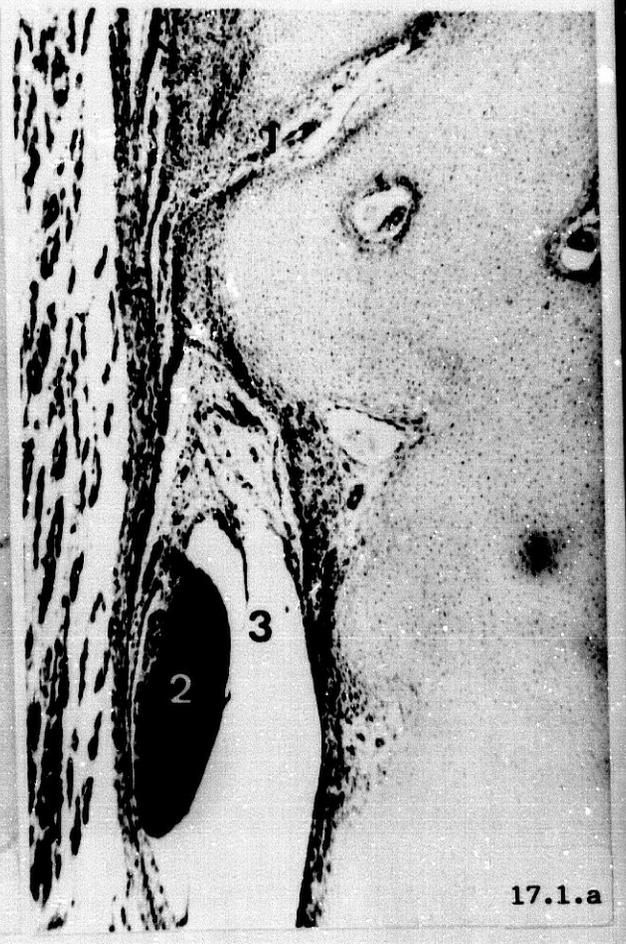
17.1 a 17.2.a

Llegada la catorce semana, cuando la articulación del hombro es ya un perfecto remedo cartilaginosa de la futura articulación escápulo-humeral del adulto, la penetración de yemas vasculares (1) a partir del pericondrio se intensifica progresivamente destruyendo a su paso la textura cartilaginosa de la cabeza humeral. Dichas yemas, a manera de penachos, se ven en estos planos durante un largo trayecto debido a que el feto en cuestión ha sido cortado sagitalmente.

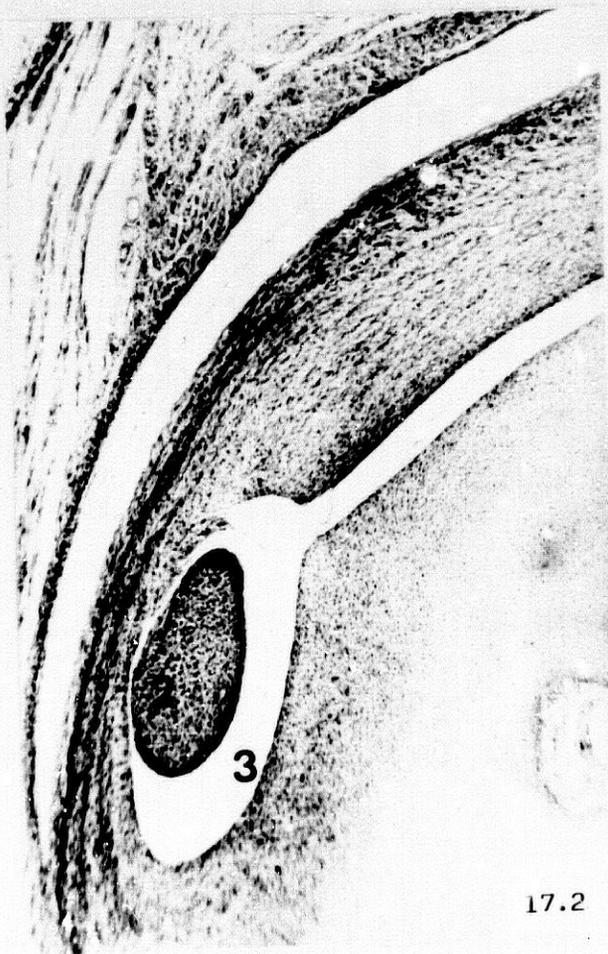
Prueba de la maduración citoarquitectónica articular es que el tendón de la cabeza larga del bíceps (2) tiene un curso perfectamente intracapsular, y sólo una sutil membrana sinovial (3) le aísla de la luz articular.



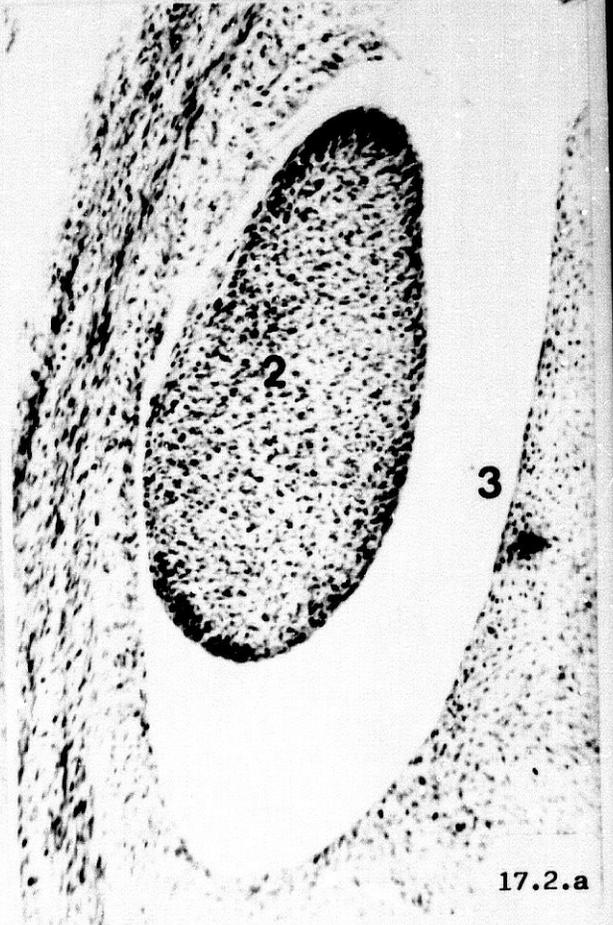
17.1



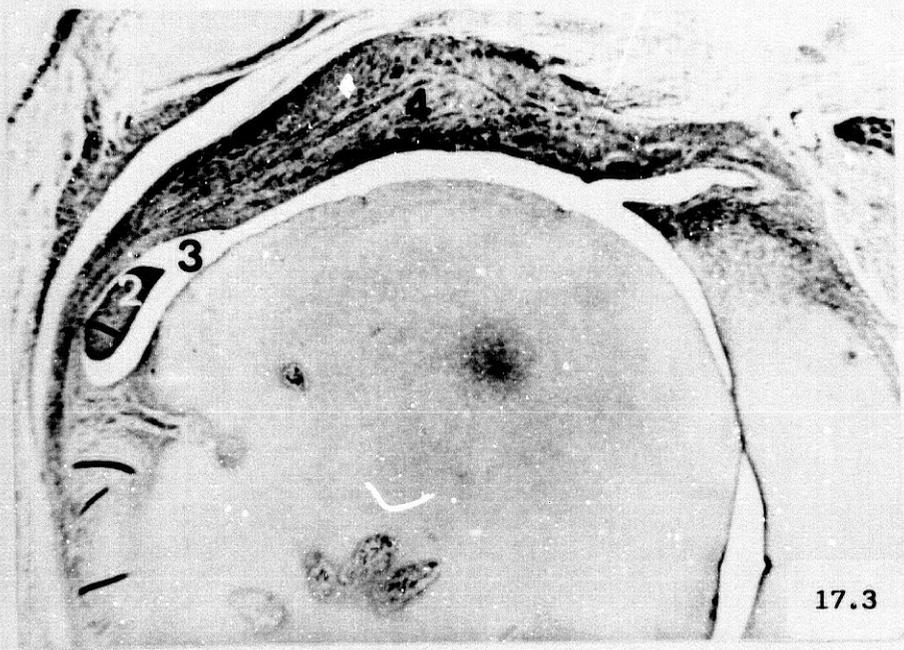
17.1.a



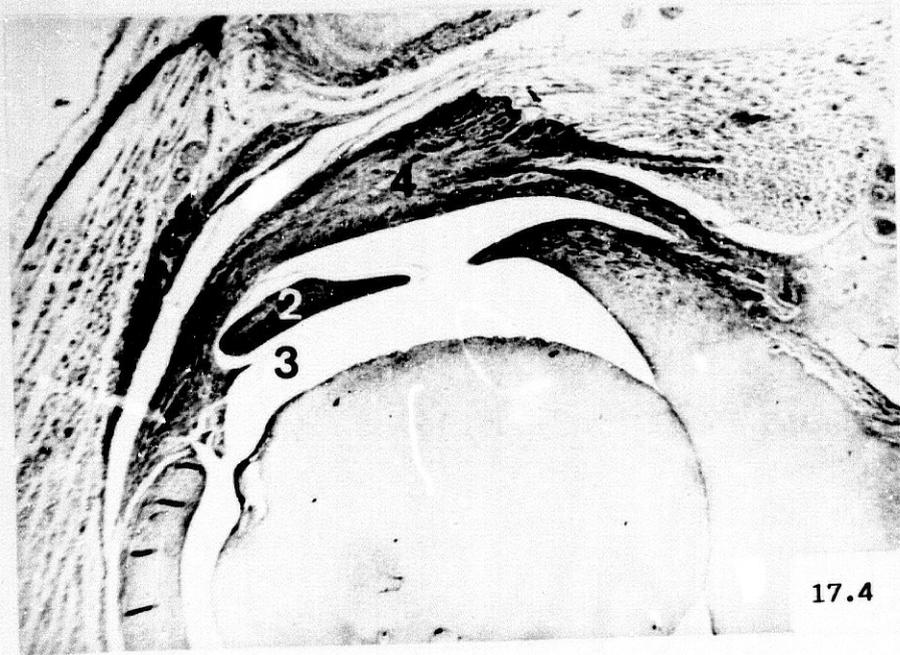
17.2



17.2.a



17.3



17.4

14ª Semana.
Feto Humano de 102 mm.

Explicación de figuras:

17.3 y 17.4

El tendón de la cabeza larga del bíceps (2) envuelto en su membrana sinovial (3) simula, en algunos planos, un islote en la luz articular a medida que de forma progresiva se va acercando a su inserción originaria escapular; excéntrico al mismo la cápsula articular, que constituye techo fibroso a la articulación, se ve ampliamente reforzada por el tendón del músculo supraespinoso (4).

V.- RESULTADOS

De una manera lógica y coherente con el tratamiento que se viene haciendo en cada uno de los apartados anteriores, definiremos y expondremos en este capítulo los resultados obtenidos. Y así, para evitar reiteraciones vanas y pretendiendo obtener una visión más exacta y panorámica de cada estadio del desarrollo, tanto en el periodo embrionario como fetal temprano, analizaremos y presentaremos los hallazgos más relevantes que se han encontrado y que han orientado y concretado nuestro trabajo según la clasificación u ordenación en protocolos realizada y ya propuesta.

Evidentemente, es tan ineficaz como inadecuado en este trabajo poder realizar un estudio profundo y exhaustivo en todos los puntos y consideraciones que plantea, e incluso, pueda plantearse o derivarse de las citas o datos presentados en el capítulo denominado "Introducción y Planteamiento del Tema". Por ello, los hechos más puntuales y significativos obtenidos en los "Resultados" nos ha marcado y delimitado el campo de nuestra investigación, permitiéndonos de este modo, poder ahondar aún más en cada uno de ellos y establecer unos datos claros y contrastados con los que contar para una ulterior confrontación y estudio del estado de cada una de las situaciones, incógnitas o datos establecidos en la bibliografía existente.

Asimismo, por supuesto, nos servirán como punto de mira o referencia las imágenes más demostrativas o ilustrativas de cada uno de estos protocolos, tal y como quedan dispuestas en el capítulo anterior.

Así pues, y con la misma sistemática, pasaremos a continuación a exponer los resultados obtenidos protocolo a protocolo, es decir, aunando y centrando los diferentes procesos o las particularidades correspondientes acontecidas en el marco cuyos parámetros caracterizan o definen a cada uno de estos

periodos. Con ello, quedará establecido nuestro patrón o esquema básico del desarrollo de la articulación del hombro en relación a estos estadios y en aquellos aspectos concretos de nuestra investigación, a la espera de la subsiguiente fase de discusión.

PERIODO EMBRIONARIO

PROTOCOLO -1-

Este primer protocolo presenta el estadio 13 de O'Rahilly (4-6 mm.) reflejado en esta ocasión por una serie de microfotografías correspondientes a un embrión de 5 mm.

En estos primeros momentos del desarrollo el esbozo del miembro superior no ofrece grandes detalles o características precisas o definitivas en cuanto a su morfoestructura. Pero sin embargo, sí se puede apreciar en los planos horizontales el típico aspecto de paleta que le caracteriza. Aparece, pues, como una simple protuberancia en las paredes laterales del tronco a una altura coincidente con la sección de la pars pilórica del intestino truncal anterior y con el punto donde el segmento proximal de la vena vitelina derecha se incurva ventralmente para buscar la porción más declive del seno venoso.

No presenta, por ahora, ningún rasgo o indicio de pliegue o muesca que pueda señalar la presencia o el inicio de una curvatura y la subsiguiente determinación de las porciones o segmentos que constituyen el miembro superior. De igual modo, y con las mismas consecuencias, no existe ningún tipo de orientación que adelante o se asemeje a la que irá sufriendo en estadios posteriores hasta lograr la definitiva, fruto por supuesto, de que aún no son más que simples protusiones en las paredes laterales.

Algo más nos puede aportar la lectura de la configuración, composición y características internas del anlage de miembro superior en este estadio. Citoestructuralmente el esbozo está constituido por un mesénquima indiferente uniformemente distribuido, pero aún no existe una clara condensación proliferativa que denuncie formaciones futuras de blastemas musculares o de tejido condrógeno, salvo en la misma raíz de implantación del esbozo en su continuidad hacia el dorso, donde se pueden observar células somáticas. Por otro lado, es muy evidente la organización de la cresta apical denunciada por la formación de una placa epiblastica fundamentalmente en el vértice y la margen ventral del epiblasto de cubierta del extremo distal del esbozo de miembro superior.

Como detalle morfológico y funcional cabe destacar la existencia de signos incipientes de organización de la vena marginal, inmersa en el mesénquima indiferente que ocupa y da cuerpo al futuro miembro superior.

En resumen, el anlage se presenta como una mera protuberancia con una típica forma en paleta. Es evidente la formación de la cresta apical así como de una vena marginal incipiente.

PROTOCOLO -2-

En este protocolo se incluyen los ejemplares enmarcados por su desarrollo en el estadio 14 de O'Rahilly, sirviéndonos de ilustración uno de 5,5 mm. En él se pueden distinguir las yemas de las extremidades superiores, ya no como simples prominencias, sino como verdaderas proyecciones más o menos redondeadas o alargadas, según el corte se produzca en sentido estricto transverso-horizontal o en menor o mayor grado de oblicuidad,

respectivamente, que arrancan de la pared lateral del tronco aproximadamente a una altura muy similar a la que hacían en el estadio anterior.

Se puede advertir el ligero cambio de orientación que empieza a sufrir el esbozo de miembro en sentido ventral, de tal suerte que comienza a definirse un pliegue relativamente marcado entre la pared torácica y la correspondiente al anlage del miembro superior, al igual que se puede apreciar un ligero adelgazamiento a medida que nos aproximamos a la región correspondiente a la punta o zona distal del mismo. A pesar de ello no se puede precisar por el momento que se haya establecido una delimitación y separación de los segmentos propios del miembro superior.

En cuanto a la conformación interna se puede considerar que el anlage en sí de los miembros superiores muestra una citoestructura un tanto amorfa pero en la que domina una disposición más laxa en la base de implantación del miembro que colinda con el extremo ventral del respectivo dermatomo, mientras que el extremo distal libre del anlage no sólo ofrece la condensación epiblastica placodial de la cresta apical sino que a este nivel hay un claro y uniforme mesénquima indiferente hacia el cual, desde la raíz del esbozo del miembro, avanza con claridad la arteria axial y la vena marginal, que ya estaban presentes en el estadio precedente.

En resumen, se puede destacar la orientación del miembro en sentido ventral, la disposición uniforme del mesénquima y la presencia de la arterial axial y la vena marginal y de la cresta apical.

PROTOCOLO -3-

Se definen en este protocolo los embriones humanos comprendidos en el estadio 15 de O'Rahilly, eligiendo como representante uno de 8 mm. que permita el seguimiento de los acontecimientos evolutivos de este periodo.

El aspecto externo general del esbozo del miembro es muy similar al comentado a propósito del estadio anterior, es decir, continúan desplazándose en sentido ventral y medial. Pero lo más significativo de todo en relación con el anlage del miembro superior es que en éste ya ha aparecido un pliegue circular, especialmente manifiesto en la porción ventral que anticipa la futura región del codo, delimitando en el miembro embrionario dos segmentos claramente diferenciados: el proximal, que da lugar al hombro y al brazo; y el distal, origen de antebrazo, muñeca y mano. En la topografía del conjunto embrionario la posición que ocupa el extremo distal del anlage se sitúa con claridad a la altura del plano que secciona el esbozo hepático.

En cuanto a la estructura interna cabe destacar que el mesénquima de la base y porción central del esbozo de miembro aparece uniformemente distribuido y bañado por la arteria axial, mientras que en la periferia del anlage aparece claramente densificado. Aún no hay el menor atisbo de condensación celular precursora de los esbozos escápulo-humerales, si acaso ligeros signos de condensación del mesénquima embrionario pero, insistimos, sin ofrecernos aún claros preblastemas musculares o precondrógenos. Sin embargo, en la zona central o axial del esbozo hay una inquietud celular cual si se tratara de organizar tejido condrógeno para formar los futuros modelos esqueléticos a la altura del segmento proximal del esbozo, mientras que a nivel de todo el segmento distal del anlage, el mesénquima es laxo e indiferente. La raíz del esbozo es invadida por formaciones

fibrilares nerviosas raquídeas del futuro plexo braquial del que ya, en estos momentos tan precoces del desarrollo, son perfectamente distinguibles algunos troncos terminales, como los del nervio radial, mediano e incluso cubital, los cuales profundizan en un mesénquima indiferente inicial pero que ante la invasión de las fibras nerviosas se densifica en su entorno como elemento precursor de preblastemas musculares.

Por otro lado, el mesénquima del segmento distal del esbozo de miembro superior, correspondiente a los futuros antebrazo, muñeca y mano, está uniformemente repartido, denunciando con ello, la cronología evolutiva normal del embrión, su retraso morfogénico con relación al segmento proximal del esbozo al que, como ya se ha comentado, le ha llegado la influencia de los cordones nerviosos. Aquí no se observan aún nervios pero, en cambio, es clara y manifiesta la presencia de una voluminosa vena marginal. Asimismo la parte ventral del epiblasto del esbozo aparece con una evidente proliferación celular correspondiente a la placoda marginal.

En resumen, en el estadio 15 de O'Rahilly se aprecia un primer surco o pliegue circular correspondiente al codo, el cual separa un segmento proximal, destinado al hombro y brazo, de otro distal para antebrazo, muñeca y mano. Se comienzan a observar diferentes troncos nerviosos (radial, mediano y cubital) en la región proximal, mientras que en la distal no aparecen aún, continuando el mesénquima uniformemente dispuesto en el que se sigue contando con la presencia de la vena marginal y de un epiblasto placodal densificado.

PROCOLO -4-

Un paso más en el desarrollo embrionario del miembro superior y particularmente de la articulación del hombro nos conduce al estadio 16 de O'Rahilly, presentado en esta ocasión en este protocolo 4, y reflejado en las figuras que nos ofrece un embrión de 10 mm.

Evidentemente la posición y orientación del esbozo de miembro superior sigue progresando hacia el tronco, es decir, en un movimiento de aproximación, a la vez que su extremo, de aspecto más afilado, apunta en dirección caudal.

Se aprecian con nitidez la presencia de dos pliegues o surcos circulares que anticipan no sólo la división de un segmento proximal correspondiente al brazo y futuro hombro, sino también un segmento distal para antebrazo y mano; a su vez, este último segmento ofrece un surco menos marcado que trata de precisar la región de la muñeca y delimitar correspondiente a la mano, pero en lo que aún no son evidentes condensaciones de futuros blastemas dispuestos radialmente. Característica común de estos pliegues circulares es que aparecen mucho más marcados en la margen que mira al tronco embrionario, es decir, la región ventral de aquél, que en la cara dorsal del miembro.

En cuanto a la información que nos brinda su composición y detalles internos cabe destacar lo siguiente: La raíz del miembro es invadida ampliamente por las fibras nerviosas del plexo braquial, del que irradian distalmente ramos troncos terminales tales como el nervio radial y el nervio mediano que recorren en toda su longitud el segmento proximal del esbozo. En su entorno hay una clara y manifiesta densificación celular precursora de preblastemas musculares, especialmente para musculatura topográficamente dorsal, que por su situación corresponde a la

masa blastemática del tríceps braquial. El resto del mesodermo de dicho segmento está uniformemente densificado pero sin mayor diferenciación blastemática.

Como ya se ha precisado con anterioridad, un profundo surco ventral delimita los segmentos proximal y distal del miembro, separándolos en superficie parcialmente entre sí. En el segmento distal la estructura del mesénquima es uniforme, no apreciándose de modo manifiesto troncos nerviosos y sí en cambio generosos regueros vasculares correspondientes a la vena marginal. Por otro lado, el epiblasto del segmento distal aparece poliestratificado en general, pero de forma particular en toda la margen ventral del esbozo, como manifestación de la placoda epiblastica de la cresta apical primaria.

Por último, cabe reseñar que si en las porciones más superiores del esbozo de miembro y en relación con el plexo braquial se aprecia la arteria axial en organización, en los planos medios del miembro ésta aparece como el elemento vascular central del esbozo, tratando de organizar la arteria braquial.

En resumen, mientras el esbozo de miembro sigue su cambio direccional en busca de las porciones ventrales y mediales con relación al tronco, se aprecian ya los pliegues circulares que delimitan una porción proximal para hombro y brazo, y otra distal para antebrazo y mano en la que ya quiere iniciarse un nuevo pliegue que marque la muñeca y distinga claramente la mano. El mesénquima está uniformemente densificado, pero mientras en el segmento proximal se observa con nitidez las fibras nerviosas y troncos terminales del plexo braquial, alrededor de los cuales comienzan a aparecer los preblastemas musculares, en el distal no se distinguen de modo manifiesto y sí en cambio amplios regueros vasculares correspondientes a la vena marginal. Asimismo se aprecia el curso de la arteria axial previa a la organización de

la arterial braquial.

PROTOCOLO -5-

Alcanzamos con el protocolo 5 el estadio 17 de O'Rahilly, eligiendo en esta ocasión como ejemplares representativos dos embriones de 12 y 13 mm. cada uno.

El esbozo de miembro sigue su movimiento de aproximación llegando a situarse ventral con relación al tronco buscando la línea media del mismo. Por supuesto, ni que decir tiene, este hecho será observado con mayor o menor claridad según la orientación del corte realizado al embrión en cuestión. Más evidente, si cabe, se observa el pliegue circular que está separando los segmentos proximal y distal del miembro superior en desarrollo. Asimismo, es ya muy manifiesto un nuevo pliegue marcado fundamentalmente en la cara ventral del segmento distal del miembro que viene a señalar la separación entre el futuro antebrazo y la mano.

Mientras tanto, el desarrollo evolutivo de la morfogénesis afecta igualmente a los componentes internos, avanzando de tal manera que la uniformidad inicial del mesodermo blastemático se ha roto en beneficio no sólo de la organización de blastemas premusculares sino también de la formación del esbozo condrogénico del húmero. Comentaremos a continuación los sucesos más llamativos que, por supuesto, van ocurriendo simultáneamente pero en beneficio de la claridad expositiva lo haremos en una cadencia topográfica próximo-distal. Y así, en la base de implantación de la raíz del miembro superior que colinda con el extremo más anterior del material somítico no existe aún manifestación alguna de blastema escapular. Sin embargo, se aprecia el blastema precartilaginoso o condrogénico del húmero.

En éste, que forma el eje central del segmento proximal del miembro superior, se aprecia la inmadurez celular precartilaginosa cubierta periféricamente por bandas circulares celulares que han de organizar el pericondrio.

Por la raíz citada penetran las fibras nerviosas del plexo braquial originando sus troncos terminales radial, mediano y cubital como estructuras nerviosas más manifiestas que, en su avance distal, marcan los correspondientes territorios topográficos bien distinguibles por la posición que ocupan con arreglo al molde condrogénico o precartilaginoso del húmero; ya que como es manifiesto, mientras el nervio radial discurre dorsal a aquel molde, los nervios mediano y cubital se sitúan ventralmente. Como elemento central del esbozo del brazo se halla una masa circular condrogénica inmadura o de precartilago en torno al cual el mesénquima se alinea, formando bandas circulares pericondrales, cuyo material aún es más inmaduro que el del esbozo humeral propiamente dicho. A su vez el blastema del brazo se ha condensado ampliamente al unísono que ha progresado el curso de los troncos terminales del plexo braquial, formándose masas de blastemas premusculares dorsales y ventrales que en cierto modo se estratifican denunciando la musculatura dorsal y ventral, no sólo del brazo propiamente dicho sino incluso de músculos de la región axilar. Así por ejemplo, mientras superficial al nervio radial está el blastema premuscular del tríceps, profundo al mismo aparece la masa blastemática para el braquial anterior; o referido al nervio mediano, que se sitúa superficial al braquial anterior y profundo a la masa del bíceps; tal es el caso que aún no se ha diferenciado en estos momentos el curso del nervio músculo-cutáneo.

A la altura de la flexura del codo se pueden apreciar incluso el área donde el nervio radial cursa inmerso en el blastema premuscular que ha de dar lugar a los músculos braquial

anterior, que queda profundo al nervio, y al origen común de los músculos de la celda lateral del antebrazo que le quedan superficiales.

Mientras en la zona del antebrazo hay amplia densificación del blastema y están presentes los nervios mediano y radial en su tránsito del brazo al antebrazo, en la parte más distal del esbozo, la correspondiente a la mano, no se aprecian nervios, como tales troncos nerviosos, y sí amplios regueros vasculares venosos del sistema de la vena marginal. En esta zona es también evidente la futura región tenar y, dada la orientación que ha adoptado el extremo más distal del esbozo del miembro ya se alinean densificaciones blastemáticas uniformemente orientadas organizando los radios de la mano que en relación con el cuerpo embrionario se hallan a la altura del esbozo hepático.

Como resumen se puede destacar en primer lugar que es ya muy manifiesta la presencia del pliegue que separa en el segmento distal existente una porción o antebrazo de otro más distal o mano.

En segundo lugar, es palpable que el esbozo precartilaginoso humeral antecede con mucho al esbozo escapular del cual aún no hay la menor evidencia, al igual que le ocurre a los huesos del antebrazo, por lo que se pueden identificar los blastemas premusculares en el primer caso y no en los otros dos. En conjunto, las masas blastemáticas premusculares van definiendo su topografía denunciada en parte por el curso de los cordones nerviosos (tales como el radial, mediano y cubital) y en parte por la ya citada presencia del molde precartilaginoso del húmero.

En tercer y último lugar, en la mano no se aprecian nervios organizados como tales y sí amplios regueros vasculares de la vena marginal, así como la presencia de la

futura región tenar y la aparición de la organización de los radios de la mano.

PROTOCOLO -6-

En el protocolo 6 se contemplan aquellos ejemplares comprendidos en el estadio 18 de O'Rahilly y, para esta ocasión, nos sirve de referencia un embrión de 15 mm.

El miembro sigue su proceso de orientación y cambio de posición, como ya es sabido, aunque realmente para la articulación escápulo-humeral en concreto la repercusión es prácticamente inapreciable.

Sin embargo, acontece un nuevo suceso, cual es el que en el segmento proximal, a nivel de la futura región del hombro, hay una clara condensación de mesénquima embrionario que representa el anlage de la futura escápula. Este esbozo de disposición irregular presenta tres expansiones: una dorsomedial destinada al cuerpo escapular; otra ventromedial para el futuro proceso coracoides; y una tercera lateral, más globosa en conjunto, para el acromion-espina y la porción condrogénica proximal del húmero. Tal vez sea éste el hecho más destacable en cuanto a esta articulación se refiere, aunque también hemos de considerar otros aspectos. Y así, se pueden identificar la mayoría de músculos. Excéntrico a la condensación mesenquimal representativa de la escápula, el mesénquima embrionario también aparece condensado, pero en menor cuantía, destinado a blastemas premusculares inmersos en los cuales aparecen los diferentes troncos nerviosos del plexo braquial, siendo muy evidente y fácilmente reconocible entre ellos el del nervio radial.

En planos algo más distales es bien manifiesta la situación

condrogénica adquirida por el esbozo del húmero, así como los blastemas premusculares que le rodean y hacia los cuales llegan los troncos terminales del plexo braquial, de entre los que se aciertan a distinguir los nervios mediano, radial y cubital.

En el segmento distal aún no hay la menor evidencia de tejido precondrogénico y sólo es manifiesto en él la uniformidad del mesénquima embrionario y la disposición placodial del epiblasto marginal, así como la presencia de la vena marginal.

En resumen, es evidente que durante el comienzo del estadio 18 de O'Rahilly, embriones de 15 mm. de longitud, los futuros huesos, escápula y húmero, están constituidos por una masa común de tejido precondrogénico formado simplemente por un acúmulo de tejido mesenquimal embrionario muy densificado para la escápula, coexistente con el molde condrogénico de la porción proximal del húmero.

En principio la citada condensación mesenquimal precondrogénica empieza a organizarse a nivel del brazo, para después extenderse hacia la escápula; en otras palabras, el esbozo condrogénico prehumeral precede ligeramente en el tiempo al de la escápula pero finalmente, acabando las horas de este estadio uno y otro, como acabamos de decir, formarán un todo único y común de material condrogénico en el que se hace evidente una banda, que persiste como mesénquima, o pieza intermedia, contrastando con sendos moldes condrogénicos.

PROTOCOLO -7-

Se llega de la mano de este protocolo 7 al estadio 19 de O'Rahilly, representando sus logros y peculiaridades más destacables en tres embriones, dos de 17 mm. y uno de 18 mm.

El grado de desarrollo del miembro superior va adquiriendo cada vez mayor complejidad y amplitud, lo que sugiere y obliga a ceñirse más aún a la articulación del hombro, objeto preciso del presente trabajo.

Se pone de manifiesto la evolución cronológica de la condrogénesis de la futura articulación del hombro, la cual ha progresado sensiblemente a lo largo de este estadio. Efectivamente, entradas las horas del citado periodo se aprecian con nitidez los moldes condrogénicos del húmero y de la escápula formando un todo pero en el que la interzona se hace evidente destinada a elaborar la articulación escápulo-humeral. Como partes integrantes de la escápula se siguen distinguiendo las tres porciones comentadas en el apartado anterior: cuerpo escapular, espina-acromion y proceso coracoides; éste último íntimamente unido a la porción proximal condrogénica del húmero, pero, a pesar de ello, en la base del mismo hay una mayor condensación mesodermal que contrasta con la fase condrogénica de la apófisis coracoides y del húmero, denunciando la interzona o pieza intermedia, que paulatinamente se irá haciendo más manifiesta. Por lo demás, a nivel de la futura articulación, el mesénquima se densifica intensamente formando un manguito pericondral con destino a parte de la futura cápsula de la articulación. Excéntricamente a esta última densificación celular, los troncos nerviosos terminales del plexo braquial tales como el nervio radial, mediano, cubital, o bien ramas colaterales del mismo (nervios axilar, supraescapular) se encuentran inmersos en blastemas premusculares periarticulares. Así, y como un detalle más de lo que se acaba de exponer, comentaremos que desde el vértice del proceso coracoides se prolonga distalmente ocupando la margen medial del húmero una masa blastemática premuscular que nos anticipa los tendones originarios de los músculos coraco-braquial y cabeza corta del bíceps, y ligeramente medial a dicho vértice se halla el blastema del músculo pectoral menor.

Incluso en correlación con la fase evolutiva se acierta a distinguir con claridad el blastema premuscular del coracobraquial cruzado por el nervio músculo-cutáneo, lo que permite acuñarlos con el nombre clásico de músculo perforado y nervio perforante de Caserius, respectivamente.

En general, se demuestra el avanzado proceso condrogénico en el que se hallan inmersos los futuros huesos del miembro superior, incluso siendo posible diferenciar ya los del antebrazo, carpo, metacarpo y falanges; claro que estas últimas están aún más retrasadas en el desarrollo. De igual forma se puede aplicar lo dicho a la presencia de blastemas premusculares y nerviosos.

En resumen, el estado del desarrollo evolutivo ha avanzado mucho más, pudiendo observar los moldes cartilaginosos de los futuros huesos del miembro superior y de forma particular para este trabajo los que componen la articulación del hombro, apreciándose la escápula con el proceso coracoides y la porción espina-acromion, y la cabeza humeral, así como los blastemas premusculares y los principales troncos nerviosos y ramas colaterales del plexo braquial inmersos en los mismos. Y como detalle fundamental y de gran importancia en este periodo se distingue una constante pieza intermedia que con su presencia contrasta inmersa en la masa condrogénica sin solución de continuidad destinada a formar húmero y escápula y que queda interpuesta entre ambos para elaborar la futura articulación del hombro.

PROTOCOLO -8-

Con el protocolo 8 alcanzamos el estadio 20 de O'Rahilly, donde el desarrollo ha evolucionado tan solo un poco más respecto

a los ejemplares analizados en el anterior periodo. Nos sirven de modelo para esta ocasión dos embriones de 19 mm. y 20 mm. respectivamente. Por supuesto y tal como indicamos anteriormente, el grado de diferenciación y el consiguiente avance y aparición de numerosos detalles y estructuras anatómicas en toda la extensión del miembro superior nos obliga a ceñirnos lo más posible a la articulación y a la región del hombro, pues al fin y al cabo es de lo que se trata.

Y así las diferentes imágenes muestran con claridad el desarrollo que va adquiriendo la articulación del hombro y su entorno. Se puede observar la masa cartilaginosa única escápulo-humeral, pero al contar con la presencia de la interzona se van delimitando los moldes cartilaginosos de la escápula y del húmero.

La interzona se diferencia claramente de los moldes cartilaginosos de los futuros huesos que intervienen en la articulación del hombro porque aquélla forma una banda densa de mesoblasto por acumulación celular del mesodermo, mientras que la futura escápula y húmero muestran una clara diferenciación cartilaginosa de cartílago inmaduro. Como continuación o prolongación del citado material mesodermal de la interzona, el mesodermo, a uno y otro lado de la misma, se expande formando un conjunto pericondral que anticipa con su densificación la organización de parte de la cápsula articular del hombro así como del futuro labio articular glenoideo.

Por otro lado ya hemos venido observando en los últimos protocolos la mejor definición y apreciación de las masas blastemáticas premusculares en la práctica totalidad del miembro superior, ocurriendo así en la región del muñón del hombro. De

esta forma se distinguen cada vez con mayor nitidez, de tal suerte que la diferenciación de músculos como deltoides, infraespinoso o pectoral mayor son ya una realidad dentro del conjunto de blastemas premusculares periarticulares a los que hay que añadir la inserción del esbozo del tendón común de los músculos coracobraquial y cabeza corta del bíceps fijándose en el proceso coracoides, hecho que ya habíamos comentado en el protocolo precedente.

En resumen, hemos de destacar que el desarrollo evolutivo continúa su progresión en la región de la articulación del hombro, definiéndose algo más la interzona que permite distinguir con mayor facilidad los futuros moldes de escápula y húmero o de cavidad glenoidea y cabeza humeral, respectivamente, del bloque o masa cartilaginosa única que conformaba hasta estos momentos. Igualmente acontece al resto de estructuras musculares, nerviosas, etc. Pero lo más llamativo es que empieza a organizarse la cápsula, los ligamentos y el labio articular.

PROTOCOLO -9-

El protocolo nueve incluye el estadio 21 de O'Rahilly, utilizando para ilustrar las imágenes un embrión de 24 mm.

Obviamente, a medida que van sucediéndose las diferentes etapas del desarrollo, se evidencian y se definen con mayor claridad los moldes cartilagosos de los huesos que conforman la articulación del hombro, húmero y escápula, así como sus porciones más representativas dentro de esta región del hombro, tales como el acromion, la coracoides, etc. Lo mismo ocurre también con las estructuras del territorio anexo a la misma como los músculos periarticulares y troncos nerviosos del plexo braquial.

De todos modos el proceso evolutivo de la articulación del hombro, al iniciarse el estadio 21 de O'Rahilly, interesa de forma específica a la interzona articular, la cual empieza a deslaminarse de tal suerte que se puede descomponer convencionalmente en tres franjas: una central mucho más laxa, futura cavidad articular, y dos excéntricas mucho más densificadas que se adosan como tejido pericondral a los moldes cartilagosos de las futuras cavidad glenoidea y cabeza humeral. Al unísono, el tejido pericondral que se adosa a la futura cavidad glenoidea, fruto de la deslaminación de la interzona, se concentra preferentemente en las márgenes de la citada cavidad para organizar el labio articular glenoideo (cuyo material mesodérmico contrasta con el tejido cartilaginoso escapular vecino) y parte de la cápsula ligamentosa.

Excéntrico con relación a la cápsula y en íntimo contacto con ella se ha organizado por estos días el tendón del músculo subescapular, por un lado, y de los músculos supra e infraespinoso por el otro, ofreciendo ya su indudable acción de refuerzo y protección de la misma.

Por último, hemos de resaltar en este protocolo que por vez primera en el desarrollo de la región se observa organizado el tendón de la cabeza larga del bíceps humeral, el cual va quedando inmerso y profundo al tejido mesenquimal que está organizando parte de la cápsula de la articulación del hombro, terminando por fijarse en la cara externa de la base del labio articular y zonas adyacentes.

Como resumen final de los procesos evolutivos acontecidos en este estadio se han de remarcar la deslaminación que sufre la interzona pasando a tener tres capas: una central laxa que dará lugar a la futura cavidad articular, y dos excéntricas condensadas y adosadas al tejido pericondral de los moldes

cartilaginosos que darán lugar al labio y parte de la cápsula articular. Asimismo los tendones de los músculos periarticulares, tales como el del subescapular, supra e infraespinoso se aprecian relacionándose íntimamente con la futura cápsula articular. Y por último, se observa por vez primera el tendón de la cabeza larga del bíceps braquial en una disposición profunda a la cápsula.

PROTOCOLO -10-

Un peldaño más en el desarrollo de la articulación del hombro nos proporciona el análisis, en este protocolo 10, del estadio 22 de O'Rahilly, merced a las imágenes representativas de tres embriones de 24,5 mm., 26 mm. y 27 mm. El primero de ellos se incluye en este protocolo no por lo novedoso de sus detalles en relación a estadios anteriores, sino que al ser secciones parasagitales nos ofrecen un nuevo punto de vista y nos pueden servir, por ello, para confirmar lo que acontecía en estadios previos, y en este mismo que comentamos.

Al comenzar este estadio, 22 de O'Rahilly, la interzona articular muestra su inquietud celular estando más delimitada, ofreciendo con claridad la laxitud de la zona central, la cual ha de organizar la cavidad articular en contraposición con las zonas excéntricas o periféricas que están constituyendo por aposición un tejido pericondral que en su día organizará, a nivel de las superficies del par óseo, el correspondiente cartílago hialino de ellas y, por otra parte, el labio articular y parte del aparato capsular que ya son muy evidentes. En algunas figuras da la impresión que la deslaminación de la pieza intermedia es aparentemente más intensa en la zona periférica que en la central, concretamente la que queda vecina a la futura cara articular del labio glenoideo, pero ello es simplemente convencional, fruto de la sección, ya que por lo que venimos

observando no hay un lugar preciso en el que la banda laxa media de la interzona tenga preferencia a demostrarse en algún sector determinado.

Al unísono que se van perfilando los distintos componentes de la articulación escapulo-humeral, los músculos periarticulares son ya una realidad de formaciones estriadas con sus correspondientes tendones tales como: supraescapular deslizándose bajo el acromion, supra e infraespinoso, masa deltoidea, pectoral mayor, subescapular, tendón de la cabeza larga del bíceps, etc.

El manguito capsular, que como se ha visto, se organiza en parte a partir del material periférico de la interzona que se aprieta formando una banda mesenquimal que desde el labio articular salta al molde cartilaginoso del vecino húmero, se encuentra totalmente protegido y reforzado: medialmente por el tendón del músculo subescapular (ahora muy organizado) tras su curso bajo el proceso coracoides, mientras que lateral y dorsalmente lo hace el tendón del músculo infraespinoso.

Son evidentes, igualmente, diversos elementos como pueden ser los situados medial a la articulación del hombro, donde destacan en la futura región axilar el curso de la arteria y de los fascículos del plexo braquial.

En resumen, al comienzo del estadio 22 la interzona en conjunto ofrece un aspecto "hojaldrado" cuya parte o banda intermedia se ve cruzada por multitud de trabéculas fibrilares que saltan entre sendas zonas excéntricas o pericondrales de la pieza intermedia. A lo largo de este estadio la organización y diferenciación del material de la interzona va precisando su futuro destino. Se hace cada vez más evidente la banda clara media resultante de la dehiscencia de la interzona para organizar la futura cavidad articular; las otras dos capas densas se

aplican como tejido pericondral a las zonas vecinas de los moldes cartilaginosos escapular y humeral para proporcionarle el futuro cartílago hialino al par kinemático ósteo-articular; finalmente el material periférico excéntrico a la citada interzona prosigue la organización del labio articular y su contribución en la elaboración de la cápsula articular. Esta, a su vez se aprecia ya reforzada por los tendones de los músculos periarticulares: el del subescapular medialmente, y el del infraespinoso látero-dorsalmente.

PROTOCOLO -11-

Se alcanza ya con este protocolo 11 el estadio 23 de O'Rahilly, o lo que es lo mismo, llegamos a los últimos momentos del periodo embrionario. Nos sirven como figuras ilustrativas las correspondientes a un embrión de 29 mm. y tres de 30 mm., respectivamente.

Fruto del desarrollo evolutivo embrionario general y en particular de la región del hombro, cuando se agotan las horas del último estadio embrionario, la articulación escápulo-humeral es ya casi una articulación que remeda in miniature a la del adulto. La articulación se ve arropada por las masas musculares periarticulares y más a distancia por las que componen las paredes axilares, cuya región es cruzada por los troncos vasculo-nerviosos.

Una observación detenida de la articulación del hombro muestra el avanzado desarrollo cartilaginoso del par kinemático, el cual se halla ya en una fase clara de cartilificación, y cuyas márgenes articulares han sido ampliamente tapizadas por la densificación pericondral de las bandas excéntricas de la interzona primaria, mientras que la banda media de la misma se ha

vaciado de contenido para formar la cavidad articular cada vez más amplia, pero en cuya luz aún saltan puentes célula-fibrilares entre los pericondrios densificados de las futuras superficies articulares. En definitiva, avanzadas las horas del estadio 23 de O'Rahilly, mientras la banda media de la interzona primaria va quedando "vacía" a modo de una franja acelular resultante de la deslaminación de esta banda media, las bandas excéntricas aparecen adosadas y condensadas como tejido pericondral a las superficies articulares de la glenoides y de la cabeza humeral.

El labio articular, por su parte, empieza a adoptar una estructura fibro-cartilaginosa pero con un claro predominio de tejido mesodermal. Se continúa insesiblemente con el molde cartilaginosa de la escápula, siendo el distingo posible por el progresivo cambio de la estructura fibrocartilaginosa a claro cartilago. Mientras la cara profunda del labio articular va precisando cada vez más su lisura y se le adosa material de la interzona primaria para proporcionarle su futura cubierta hialina, la cara externa sirve de inserción al mesénquima que organiza la cápsula articular, la cual por ahora se confunde con el magma de tejido conjuntivo que le entorna en toda su extensión y que se interpone entre ella y los tendones de los músculos periarticulares. Y así se puede encontrar al músculo subescapular que, tras deslizarse caudal y medial al proceso coracoides, llega a insertarse a la cresta subtroquiniana adosado íntimamente a la cara superficial del tejido conjuntivo capsular. Igualmente ocurre con el músculo supraespinoso que, tras deslizarse bajo la prolongación de la espina que está organizando el acromion como continuación de la misma llega a insertarse a la zona del futuro troquíter en íntima relación con el tejido conjuntivo capsular.

En este mismo sentido por el surco intertubercular o canal bicipital se desliza el tendón de la cabeza larga del bíceps inmerso en el fondo de saco de la cavidad articular profundo al

tejido conjuntivo de la cápsula, a este nivel ligamento de Gordon Brodie, y rodeado por bandas dispuestas circularmente que organizan la membrana sinovial, terminando por alcanzar e insertarse en la margen externa del labio articular.

Se continúa apreciando desde el vértice del proceso coracoides el mesénquima que organiza el tendón común de los músculos coracobraquial y cabeza corta del bíceps. Incluso al primero de éstos se le puede observar en el momento de ser perforado por el nervio músculo-cutáneo, dándole razón de ser a sus denominaciones respectivas de perforado y perforante de Caserius.

En resumen se puede decir que a lo largo del último estadio embrionario de O'Rahilly la articulación escápulo-humeral queda definida en sus distintos componentes en espera de una ulterior resolución y maduración de las estructuras que lo integran. Destaca la organización de la cavidad articular que ofrece ya un claro lumen sólo interrumpido parcialmente por bandas trabeculares célula-fibrilares que saltan a manera de puentes entre las superficies pericondrales enfrentadas del futuro par ósteo-articular. La densificación pericondral que se adosa a las superficies articulares cartilaginosas, provenientes de las bandas excéntricas a la banda media laxa de la interzona primaria, ofrecen su material para la organización del futuro cartílago hialino articular. Labio y cápsula articular son evidentes. No obstante, lo más significativo conseguido a lo largo del último estadio embrionario, aparte de la estructura articular en sí, es el grado de organización conseguido por el tendón de la cabeza larga del bíceps durante su curso profundo a la cápsula articular, observándole a partir de ahora inmerso en un fondo de saco protegido y cubierto por una membrana sinovial en avanzado proceso de organización.

En definitiva, al final del periodo embrionario propiamente dicho, hallamos una articulación escápulo-humeral que a falta de la ulterior maduración estructural, remeda in miniature la articulación del hombro definitivo.

PERIDO FETAL

PROTOCOLO -12-

Con este protocolo doce dejamos ya el periodo embrionario y comenzamos a adentrarnos en los primeros momentos de la etapa fetal, en concreto nos situamos en la 9ª semana, eligiendo para participar en las figuras tres fetos de 33 mm., 36 mm. y 39 mm., respectivamente.

En general, el desarrollo de aquellas estructuras que se han ido definiendo en las etapas anteriores progresa en tanto en cuanto evoluciona lo ya existente, pero al unísono se pueden destacar peculiaridades concretas de algunas de las formaciones articulares o de su entorno que más llaman la atención.

Y así, se puede acertar a observar la continuidad de la base del proceso coracoides con la superficie articular escapular pero, a nuestro juicio, debido o fruto de la sección. Por la misma razón se puede apreciar la luz de la cavidad articular con distinto calibre en función del plano de sección, de tal suerte que mientras en algún sector se muestra como una simple hendidura, en otros más caudales el lumen articular es amplísimo, o bien, es mínimo o nulo aparentemente en la zona central, siendo parcialmente visible entre las secciones del labio articular y el y el húmero.

En relación al labio articular sigue contrastando su estructuras con el molde cartilaginosa vecino de la escápula a la

vez que ofrece con nitidez la inserción de la cápsula articular en la margen externa de aquél.

Por otro lado, en estos comienzos del periodo fetal humano, y mientras sigue el proceso de organización de la pieza intermedia para acabar la formación de la cavidad articular, la musculatura periarticular, cual es el caso del músculo supraespinoso y el tendón de la cabeza larga del bíceps humeral, perfilan sus relaciones definitivas con la cápsula articular de tal suerte que mientras el primero de los citados tendones se adosa y refuerza externamente el manguito capsular en construcción, el segundo queda profundo al mismo, subyacente a la inserción que la cápsula hace en la margen externa del labio articular. Se puede apreciar este tendón de la cabeza larga del bíceps situado abiertamente en posición intracapsular bajo el refuerzo ligamentoso capsular que organiza el ligamento de Gordon Brodie, discurriendo por un espacio claro acelular y envuelto por una sutil membrana sinovial que le aísla de la luz de la cavidad articular, siendo eminentemente mesodermal, contrastado con el tejido cartilaginoso de la superficie vecina de la escápula, denunciando con ello su diferente procedencia. Por fin irá en busca de su inserción en la margen externa del labio articular.

Igualmente, se observa la íntima relación que guardan, por un lado, el tendón del músculo subescapular que tras pasar bajo la concavidad del proceso coracoides termina insertándose medial con relación al curso intertubercular del tendón de la cabeza larga del bíceps; y por otro lado, el recorrido del músculo infraespinoso y su correspondiente tendón látero y dorsalmente desde la cara posterior de la escápula hasta su inserción en el húmero.

En resumen, hemos de destacar que continúa el proceso de organización de la pieza intermedia en pro de la cavidad

articular, así como el desarrollo de la musculatura periarticular.

Definitivamente se perfila la disposición intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps así como de la membrana sinovial que le cubre y rodea a lo largo de su recorrido intracapsular, aislándolo de la luz articular.

El refuerzo ligamentoso de Gordon Brodie es ya una realidad morfoestructural superficial al cual aparece por vez primera una condensación mesodermal, profundo al sistema capsular, que puede ser un representante del aparato ligamentoso intrínseco de refuerzo de la cápsula articular: nos referimos, claro es, a los ligamentos gleno-humerales.

PROTOCOLO -13-

Se recoge en este protocolo trece la 10ª semana del desarrollo, sirviéndonos como imágenes referenciales las realizadas a dos fetos humanos de 41 mm. (uno de ellos cortado parasagitalmente) y otros dos de 45 mm. y 46 mm., respectivamente.

En primer lugar hemos de destacar un nuevo acontecimiento, que comienza a aparecer en este periodo y que da paso a una nueva etapa del desarrollo general y de la articulación del hombro en particular. Y así, evidenciando las horas de desarrollo en que cursa el citado feto, correspondiente a la semana diez, no es de extrañar que a nivel del molde cartilaginoso humeral encontremos yemas vasculares que a manera de penachos profundizan desde el tejido pericondral, anunciándonos con ello el inicio de la osteogénesis en la citada porción, estando ya presente por supuesto en la diáfisis humeral.

Centrándonos en las estructuras propias de la articulación del hombro se evidencia una luz articular clara y manifiesta presentando en algunas ocasiones reliquias de septos fibro-celulares trabeculares que saltan entre las superficies pericondrales del futuro par ósteo-articular; y en otras, ni el menor vestigio de las mismas, pues este es su final, que está a punto de concretarse. En relación a la cavidad articular se pone en evidencia de forma aparente o convencional la circunstancia de que es más manifiesta en las zonas periféricas que en las centrales, quedando unos amplios espacios articulares entre las superficies internas del labio articular y la cabeza humeral, mientras que hay un íntimo contacto entre la propia superficie articular de la escápula y la citada cabeza humeral.

El labio articular va enriqueciendo su estructura merced a la cartilificación que progresa desde la vecina escápula para organizar definitivamente el fibrocartílago en el que, hasta ahora, predominaba la estructura mesodermal. Consiguientemente, el crecimiento relativo del labio articular con relación a la superficie glenoidea de la escápula sufre un gran incremento durante la primera fase del desarrollo del periodo fetal, ampliando de este modo la superficie articular glenoidea de la escápula.

Sobre la superficie externa del labio articular llegando hasta su misma base adherente salta el manguito capsular del par kinemático articular.

Las correspondientes inserciones escapular y humeral del manguito capsular se hacen muy manifiestas, mostrando la mayor amplitud a nivel de su margen externa más que medialmente, donde a la altura del extremo interno del futuro cuello quirúrgico del húmero aún no es posible el distingo de los repliegues o frénulas sinoviales. En alguna sección se puede observar en su margen

anterior y medial un mayor aumento de su grosor apareciendo una pequeña protusión hacia la luz articular, denunciando con ello la presunta organización de los ligamentos intrínsecos capsulares, es decir, los ligamentos glenohumerales de Farabeuf. En el mismo sentido se aprecia la margen medial extraordinariamente reforzada por la presencia del potente tendón del músculo subescapular, que a estos niveles, futuro ojal de Weitbrecht, sólo está separado de la luz articular por la membrana sinovial. Se deduce de ello el importante papel protector o de refuerzo tendinoso de los músculos periarticulares, como es el caso del recién comentado músculo subescapular por el lado medial, o bien el de los músculos supraespinoso e infraespinoso por la margen póstero-lateral.

Una vez más se observa con claridad el curso intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps aislado de la luz articular por la correspondiente membrana sinovial y fijo a la superficie interna del manguito capsular por el característico mesotendón sinovial, así como su inserción final en la margen externa del labio articular a cuyo nivel la estructura de uno y otro elemento se superponen y confunden, ¿cual si realmente el curso intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps resultara de una diferenciación mesenquimal del material de la interzona primaria?, incluso, según el plano de sección, se puede apreciar el origen de las dos cabezas del músculo bíceps humeral: mientras la cabeza larga cursa intracapsularmente por la parte anterior, como se ha comentado, en la parte profunda o posterior del plano parasagital se observa la cabeza corta del citado bíceps originándose en la futura tuberosidad infraglenoidea. El contraste, pues, entre el curso de una y otra cabeza del bíceps braquial con relación a la cápsula de la articulación del hombro es manifiesto.

En resumen, son muchos e importantes los sucesos destacables que acontecen en la 10ª semana del desarrollo que presentamos en este protocolo 13, tal y como exponemos a continuación:

En primer lugar se asiste al inicio del proceso de osteogénesis al surgir por vez primera yemas vasculares que desde la periferia y a partir del pericondrio tratan de profundizar el extremo cefálico del molde cartilaginoso del húmero, cosa que aún no es evidente en la escápula.

La cavidad articular adquiere una mayor definición pues aparece casi libre de trabéculas célula-fibrilares residuales de la banda media laxa de la interzona.

En cuanto a la cápsula articular se acierta a pensar que en parte procede del material mesodermal periférico y excéntrico de la interzona primaria al que posiblemente se le adosa mesénquima ambiental vecino, en cuya margen interna organiza con toda verosimilitud los llamados ligamentos intrínsecos capsulares. Igualmente se contempla que la cara ántero-medial de la cápsula articular ofrece en apariencia una ventana, el futuro foramen oval de Weitbrecht, sólo cerrada por la membrana sinovial a dicho nivel, pero protegida superficialmente por el potente tendón del músculo subescapular.

El labio articular, por su parte, intensifica su invasión condrogénica, adquiriendo un gran aumento relativo de su tamaño, ampliando de esta forma la superficie de la cavidad glenoidea.

En cuanto a la membrana sinovial no se aprecia aún en el receso medial e inferior de la cavidad articular la organización de frénulas o repliegues.

Por último, en relación al desarrollo y formación de la cabeza larga del bíceps, en este período, se observa que la definición de la membrana sinovial que aísla el tendón de la cabeza larga del bíceps es completa, organizándose el mesotendón sinovial para el curso intracapsular de dicho tendón.

PROTOCOLO -14-

El objetivo de este protocolo catorce es analizar y resaltar aquellos datos evolutivos de la semana once, para lo cual se recogen las imágenes de dos fetos de 50 mm., otro de 52 mm. y un cuarto de 53 mm.

Al comenzar esta semana once del desarrollo se encuentra más definida aún la organización del conjunto de la articulación del hombro, que ya veíamos perfilada al concluir el periodo embrionario, en espera de la ulterior osteogénesis. Signo inequívoco de que ésta ya se ha iniciado es la presencia de nidos de detritus de condrocitos, que denuncian hasta qué punto han penetrado las yemas vasculares que partiendo de la superficie pericondral han profundizado hasta la extremidad cefálica humeral derrumbando progresivamente el molde cartilaginoso. Se aprecia, igualmente, el diferente grado de desarrollo que poseen en estos momentos la escápula y húmero, pues mientras el cuerpo escapular está afectado intensamente por el proceso de trabeculación osteogénica, las superficies ósteo-articulares de la futura articulación del hombro se hallan aún en una clara fase cartilaginosa. Otro tanto ocurre a nivel del húmero al comparar su diáfisis con la cabeza humeral.

El contraste citoestructural entre las distintas formaciones que refuerzan y protegen la articulación del hombro se ponen en evidencia al estudiar, no ya el aspecto cartilaginoso claro de la

superficie articular condrogénica de la escápula, sino que a partir de ahora la diferenciación entre la cápsula propiamente dicha y el labio articular, en cuya margen externa se fija, es cada vez más evidente, definiendo progresivamente su citoestructura de fibrocartílagos.

La luz articular es amplia y libre en la que ha desaparecido por completo la presencia de reliquias célula-fibrilares de la primitiva pieza intermedia, siendo aparentemente más amplia entre la superficie del labio articular y la cabeza humeral donde simulan formar sendos fondos de saco.

Se pone de manifiesto el desarrollo y definición alcanzado por la cápsula articular, existiendo un claro contraste entre la densidad del manguito capsular a nivel de sus paredes anterior y posterior en favor de esta última. Tal y como se viene observando, la cápsula de la articulación del hombro se encuentra ampliamente reforzada por los diversos tendones de los músculos periarticulares. Y así, se puede citar la íntima relación que guarda el tendón del músculo supraespinoso reforzando la cara posterior y más alta de la misma; o bien, el refuerzo que proporciona el tendón del músculo subescapular en la tenue superficie ventro-medial de la cápsula. Lateral y excéntricamente la articulación se ve protegida y almohadillada por la presencia del músculo deltoides.

En la cara profunda de la citada cápsula de la articulación escápulo-humeral se aprecia una sutil capa membranosa correspondiente a la membrana sinovial, la cual ya presenta los fondos de saco sinoviales que le caracterizan. En el fondo de saco medial, como es típico en el individuo adulto, la membrana sinovial forma unos repliegues para dar origen a la frénula sinovial, cuya presencia y existencia coincide con el plano convencional que pasa a la altura

del futuro cuello quirúrgico del húmero.

En relación al tendón de la cabeza larga del bíceps se sigue observando lógicamente, en el canal bicipital bajo el ligamento de Gordon Brodie y rodeado por un magma sinovial. A partir de la once semana del desarrollo la diferenciación citoestructural de este tendón y del labio articular es ya una realidad denunciada no sólo por la intimidad de su textura, sino también por la diferente apetencia cromática de una y otra, más manifiesta a nivel del citado tendón.

En resumen, los componentes de la articulación del hombro están prácticamente definidos en el contexto de la cartilificación en espera de la ulterior osteogénesis cuyas primeros signos ya han aparecido y van aumentando considerablemente, en el sentido de la presencia de nidos de detritus de condrocitos merced a la invasión vascular a modo de penachos.

En segundo lugar, muy probablemente los movimientos activos del feto en el claustro materno determinan que la luz articular, en más de una ocasión, sea mínima a nivel de las superficies enfrentadas del par ósteo-articular en comparación con la amplia luz de la cavidad en todo el sector periférico, es decir, el que queda entre la margen concéntrica o profunda de la cápsula articular y la cabeza humeral. Circunstancia que si ya se ha ido observando desde el final del período embrionario se hace mucho más manifiesta durante el período fetal.

En tercer lugar se pone de manifiesto el claro contraste entre la densidad del manguito capsular, más pronunciada en su cara posterior. Igualmente destacar que por vez primera en el fondo de saco medial de la cavidad articular empiezan a hacerse evidentes las trabéculas o frénulas sinoviales propias del hombro del individuo desarrollado.

Por último, es clara la diferenciación estructural entre el material que ha organizado el tendón de la cabeza larga del bíceps y el labio articular, todo lo cual va precedido por una mayor densificación del tendón del bíceps y una mayor apetencia cromática a la tinción de hematoxilina-eosina.

PROTOCOLO -15-

La siguiente etapa en el desarrollo queda cubierta en este protocolo 15 correspondiente a la 12ª semana, ilustrada con las imágenes más representativas que nos ofrecen dos fetos de 65 mm. y 70,5 mm., respectivamente.

El primer hecho a reseñar es el concerniente a la evolución del nuevo proceso de osteogénesis que ya se había iniciado en el periodo anterior. Mientras el proceso de trabeculación osteogénica ya está avanzado en estructuras vecinas como son el cuerpo escapular, la diáfisis humeral y, por supuesto, la misma clavícula, el molde cartilaginoso del hombro, sólo es afectado a nivel de su extremidad cefálica invadida por penachos de yemas vasculares que cursan desde la superficie hacia la profundidad, cada vez más abundantes formando en su entorno nichos de detritus cartilagosos que preceden a la próxima trabeculación osteogénica, respetando el área correspondiente a la superficie articular escapular. Tal circunstancia sólo viene a confirmar la morfogénesis de la región del hombro en el proceso evolutivo de la articulación escápulo-humeral donde, como hemos comprobado, la condrogénesis humeral precedía a la escapular.

La imagen que denuncia la cavidad articular no es homogénea. En algunas figuras el adosamiento de las superficies articulares enfrentadas entre sí en determinadas áreas hacen la línea articular prácticamente inexistente, y donde el tejido

pericondral que ha de organizar el cartílago hialino articular futuro presenta una gran riqueza cromática en contraste con las áreas periféricas cuyo lumen es claro y nítido, quedando subyacente o concéntrico al manguito capsular. En otras, la luz articular entre las zonas articulares cartilaginosas enfrentadas entre sí es amplia y definida. Todo ello confirma la distinta disposición arquitectónica articular como consecuencia de la propia dinámica fetal intrauterina.

A diferencia de la etapa anterior y fruto del desarrollo, el labio articular va siendo progresivamente cada vez menor en comparación con el resto del par ósteo-articular, el cual, lógicamente, va aumentando de tamaño en busca de la proporción del adulto.

Por lo demás, la organización de la cápsula articular y sus refuerzos tendinosos de músculos periarticulares está cada vez más definida, estableciéndose un contacto íntimo entre aquella y éstos. Se comprueba, una vez más, que a la altura donde discurre el tendón del músculo subescapular próximo a su inserción troquiniana, la cápsula articular queda reducida a la simple membrana sinovial, índice demostrativo de que estamos en presencia del llamado foramen oval de Weitbrecht a cuyo nivel el único refuerzo que presenta la articulación es el propio tendón del músculo subescapular.

El tendón de la cabeza larga del bíceps se halla en su curso ascendente por el canal bicipital del húmero inmerso en el fondo de saco de la sinovial articular, suspendido por su meso y protegido por la cubierta pericondral del húmero, que a este nivel da origen al ligamento de Gordon Brodie.

En resumen, hay que destacar fundamentalmente tres puntos: Primero, la invasión de penachos vasculares del extremo cefálico

humeral que precede al mismo proceso a nivel de la superficie articular escapular. Segundo, el distinto aspecto de la luz articular inexistente o presente en función de la actividad mecánica funcional de la articulación y de los músculos activos de la misma en el claustro materno. Y tercero, por último, la reducción progresiva del labio articular, con relación al par ósteo-articular, acercándose cada vez más a las proporciones definitivas.

PROTOCOLO -16-

Se alcanza con este protocolo 16 la treceava semana del desarrollo, sirviéndonos para documentarla las imágenes que nos ofrece un feto de 83 mm.

Pocos son ya los datos novedosos que nos permite comentar este periodo del desarrollo con relación a los precedentes ya analizados. De todos modos, hemos de comentar que efectivamente, las estructuras que componen la articulación escápulo-humeral están bien definidas como modelos o moldes cartilagosos en los que ya se está iniciando el proceso de osteogénesis, destacando la presencia de detritus de condrocitos de la cabeza humeral, fruto de la creciente invasión de yemas vasculares que progresivamente se va acentuando.

Continúa poniéndose de manifiesto la claridad y amplitud de la luz de la cavidad articular perfectamente delimitada.

Tal y como hemos precisado anteriormente, en general, los diferentes elementos de la articulación del hombro están bien definidos, como es el caso del labio y manguito capsular y de los refuerzos activos de la misma.

Además, queda perfectamente reflejada la inserción capsular en la base de la margen externa del labio articular, dejando una especie de recesos entre la cara profunda del manguito capsular y el resto de la margen externa del susodicho labio respetado por la inserción capsular.

En la cápsula articular, justamente a nivel de su margen ántero-medial, destaca con mayor claridad la presencia de un engrosamiento capsular profundo con relación al tendón del músculo subescapular, cuando éste se desliza caudal y medial al proceso coracoides que pone de manifiesto la organización de los refuerzos ligamentosos intrínsecos de los ligamentos glenohumerales que aquí, como puede apreciarse, hacen una ligera hernia o protusión en la luz articular.

Por último, se pone de manifiesto, al igual que ha ocurrido en estadios anteriores, la íntima relación entre la cápsula articular y los tendones de los músculos periarticulares que les prestan un magnífico servicio de protección, sujeción y refuerzo. Y así, se destaca la presencia del tendón del músculo supraespinoso reforzando la porción superior de la cápsula sobre cuya superficie llega a labrar incluso un lecho tendinoso. Igualmente, el tendón del músculo subescapular se sitúa en íntima relación con la cara ventro-medial de la articulación, y en este lugar, dada la extraordinaria delgadez del manguito capsular subyacente al mismo, se convierte en el verdadero elemento capsular.

En resumen, se perfila la inserción definitiva de la cápsula articular en la base de la margen externa del labio articular, apreciándose unos pequeños recesos de la luz articular entre el resto de la citada margen, libre de la inserción capsular, y la cara profunda del manguito capsular, circunstancia que no ha sido descrita hasta ahora en la morfogénesis.

Asimismo, se perfilan los refuerzos ligamentosos intraarticulares que protegen la cara ántero-interna de la cápsula articular.

PROCOLO -17-

El protocolo 17 constituye el último de los que integran la sección de exposición de las imágenes ilustrativas y representativas de cada periodo y, por ende, de ésta dirigida a la presentación de los resultados. Nos sirve como ejemplar un feto de 102 mm.

Realmente las diferentes estructuras de la articulación han conseguido un alto grado de diferenciación y definición en su composición cartilaginosa. De esta manera, la articulación del hombro es ya un perfecto remedo cartilaginosa de la futura articulación escápulo-humeral del adulto. Pero en estos momentos del desarrollo, alcanzada la catorce semana, la penetración de yemas vasculares a partir del pericondrio (hecho que observábamos en estadios precedentes como indicio del comienzo del proceso de osteogénesis en la cabeza del húmero) se intensifica progresivamente destruyendo a su paso la textura cartilaginosa de la cabeza humeral.

El resto de elementos se continúan apareciendo con el mismo nivel de maduración y diferenciación, destacando la nitidez y amplitud de la cavidad articular, e igualmente, la presencia de los elementos activos de la articulación como verdaderos protectores y reforzadores de su manguito capsular en sus diferentes facetas.

En relación al tendón de la cabeza larga del bíceps, éste tiene un curso perfectamente intracapsular, y sólo una sutil

membrana sinovial le aísla de la luz articular, dando prueba con ello de la maduración citoarquitectónica articular alcanzada.

En resumen y en definitiva, llegada la catorce semana la articulación del hombro remeda in miniature a la de un adulto con el único distingo que por ahora se halla en fase cartilaginosa; si bien, a nivel del extremo cefálico del húmero los penachos vasculares están destruyendo el molde cartilaginoso de la misma, mientras que a nivel de la superficie articular escapular se mantiene la integridad estructural.

VI.- DISCUSSION

Que lejanos parecen quedar aquellos momentos en los que nos enfrentábamos con los primeros compases del estudio y conformación de este trabajo, pero tras la planificación y planteamiento a priori de las líneas y objetivos a seguir, tras el laborioso esfuerzo de recopilación, clasificación y análisis de la bibliografía existente, y tras la aplicación de la metodología adecuada se obtuvieron una serie importante de conceptos, referencias, sucesos en fin, que nos hablan o delatan el proceso evolutivo seguido por la articulación escapulo-humeral en los períodos embrionario y fetal tratados.

Ni que decir tiene la cantidad de interrogantes, cuestiones y dificultades que nos han planteado estos puntos o apartados que acabamos de enunciar a grandes rasgos. Pero en estos instantes de presentación de esta Tesis Doctoral hemos de poner de nuevo en un primer plano el capítulo concerniente al estado del conocimiento, de la investigación y de las circunstancias teóricas y prácticas de la citada articulación del hombro; en definitiva, de la situación y contenido de la bibliografía en relación a aquélla.

Es el momento, pues, en el que hemos de confrontar las diferentes opiniones sobre este tema con las observaciones y resultados obtenidos por nosotros, y a la vista de ello tratar de emitir, tras esta discusión, aquellos juicios o consideraciones que creamos más oportunas con la intención de presentar nuevas reseñas que supongan, bien corroborar o rechazar algunas ya dadas, o bien dar unas nuevas hipótesis o directrices en el conocimiento y clarificación de la morfogénesis y evolución de la articulación del hombro.

Ya en el primer capítulo se planteaban los aspectos o apartados que se consideran en el estudio del desarrollo de los miembros y en particular de la articulación escapulo-humeral. Pero igualmente, y como es lógico pensar, se dejaba plasmado, y

se ha hecho en más de una ocasión a lo largo de la exposición, la dificultad, o mejor, la imposibilidad de poder abordar todos y cada uno de los puntos enumerados en ese primer capítulo con la profundidad que corresponde, ya que realmente merecerían un tratado o un estudio particular para cada uno de ellos.

De todos modos, a lo largo de la exposición precedente hemos tenido oportunidad de dejar manifiestas con claridad las líneas prioritarias que marcan los objetivos finales del presente trabajo de investigación.

Y así, podemos sistematizar el tratamiento a desarrollar en este capítulo tal y como expondremos a continuación, definido por los epígrafes y apartados que intentamos sigan, en la medida de lo posible, el esquema general del primer capítulo y, de este modo, mantener una continuidad ajustada y didáctica.

1.- ASPECTOS GENERALES DE LA MORFOGENESIS DE LOS MIEMBROS Y DE SUS ARTICULACIONES.

Aunque bajo este enunciado quedan enmarcadas aquellas estructuras que conforman los miembros y sus articulaciones en general, es lógico que dirijamos la discusión hacia el miembro superior y la articulación del hombro en concreto, y que derivado de ésto se puedan deducir ideas o hechos aplicables al resto de articulaciones y miembros, salvando las diferencias evidentes.

a) MORFOGENESIS Y DESARROLLO GENERAL

El primer punto que debe ser considerado es el concerniente al momento de aparición de las yemas de las extremidades superiores, aunque como cabía esperar todos los autores prácticamente coinciden en señalar el mismo período, unos tomando como referencia la longitud del embrión y otros la edad del mismo

en semanas, lo cual viene a decir lo mismo.

LEWIS (1901) y **GARDNER (1963)** lo fijan en 4,5 mm., **O'RAHILLY** y **Cols. (1956)**, **BODEMER (1972)** y **O'RAHILLY** y **Cols. (1981)** lo consideran en el estadio 12 (3-5 mm.). Y otros autores como **TAURE(1930)**, **PATTEN (1958)**, **GENIS (1970)**, **SADLER (1986)**, entre otros, al final de la 4ª semana. Claramente todos vienen a opinar de la misma manera. Nuestra propia casuística nos ofrece la misma situación, pues ya en el estadio 13 de O'Rahilly (4-6 mm.) y en las microfotografías que lo ilustran correspondientes a un embrión de 5 mm. se aprecian con nitidez la emergencia del esbozo de miembro superior, ofreciendo en los planos horizontales el típico aspecto de paleta que le caracteriza, y conformado citoestructuralmente de un tejido mesodermal indiferente de disposición homogénea o uniforme.

Otro segundo punto, también de gran interés, en el que la mayoría de los autores coinciden, es el referente a la diferenciación de los diversos segmentos del miembro. Se considera, en general, el intervalo desde 6ª a 7ª semana el propio para que se produzca el inicio de esta separación. Para **TAURE (1930)**, **GASSER (1975)**, **SADLER (1986)** una constricción circular aparece a la sexta semana limitando la mano primitiva o placa de la mano del resto del miembro, formándose más adelante la del codo. Igualmente para **CELESTINO (1945)** la refiere al comienzo del segundo mes; **SOLERE** y **HAEGEL (1970)** en la séptima semana; y para **BODEMER (1972)** a los 7,5 mm., distinguiendo en cada brote de la extremidad superior un segmento distal o mano y uno proximal para brazo y hombro. Nosotros nos pronunciamos, a la vista de nuestras observaciones, en la misma línea pero precisando más la cronología del proceso. Efectivamente, en el estadio 13 de O'Rahilly (4-6 mm.) no se presenta ningún rasgo o indicio de pliegue o muesca que pueda señalar la presencia o el inicio de una curvatura y la subsiguiente determinación de las

porciones o segmentos que constituyen el miembro superior. Es en el estadio 14 de O'Rahilly (5-7 mm.) cuando se comienza a definir un pliegue relativamente marcado entre la pared torácica y la correspondiente al anlage del miembro superior. En el estadio 15 de O'Rahilly (7-9 mm.) se advierte ya la aparición de un pliegue circular, especialmente manifiesto en la porción ventral que anticipa la futura región del codo, delimitando en el miembro dos segmentos: el proximal que da lugar al hombro y brazo, y el distal, origen del antebrazo, muñeca y mano. En el siguiente estadio, 16 de O'Rahilly (8-11 mm.), se observa un nuevo surco circular que trata de precisar la región de la muñeca y delimitar la correspondiente a la mano.

En tercer lugar pocos son los datos que se encuentran en relación a la presencia de los elementos vasculares y nerviosos del miembro superior, tal vez porque como tales no produzcan controversia o discusión y no merezcan atención en este sentido, aunque creemos deben tenerla a la hora de poder establecer un horario morfogénico lo más completo posible.

Sobre todo se pronuncian en relación a la vena marginal; y así, coinciden **STREETER (1945), O'RAHILLY y Cols. (1956) y O'RAHILLY y Cols. (1981)**, en reconocer su presencia en el estadio 14 de O'Rahilly a partir del cual se hace más evidente. Para nosotros ya en el estadio 13 de O'Rahilly se aprecian signos incipientes de organización de la vena marginal, inmersa en el mesénquima indiferente que ocupa y da cuerpo al futuro miembro superior. En el siguiente periodo, estadio 14, la presencia de la vena marginal y de la arteria axial es una verdadera realidad, observando a esta última en el estadio 16 como el elemento vascular central en los planos medios del esbozo de miembro tratando de organizar la arteria braquial.

En relación a los elementos nerviosos, en general, se

declinan por la sexta semana como la fecha en la que se distinguen los nervios músculo-cutáneo, mediano, cubital y radial, como así lo hace a modo de ejemplo, **GASSER (1975)**. Y efectivamente, en nuestros datos se identifica en el estadio 15 de O'Rahilly (7-9 mm.) la raíz del esbozo invadida por formaciones fibrilares nerviosas raquídeas del futuro plexo braquial del que se pueden distinguir perfectamente los nervios radial, mediano y cubital. A diferencia de ello, y como reflejo del retraso evolutivo normal de la porción distal del miembro, en ésta no se aprecian aún nervios como tales troncos, haciéndolo al alcanzar el estadio 18 de O'Rahilly (13-17 mm.).

b) FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA MORFOGENESIS Y EN EL DESARROLLO.

Este es uno de los temas realmente extenso aplicable y/o deducible de cada una de las articulaciones que van a gozar de mayor posibilidad de movimientos, como es el caso que nos ocupa de la articulación escápulo-humeral. Por otro lado, y a la vista de las observaciones que se puedan obtener tras el estudio de una articulación en especímenes humanos o de experimentación son muy amplios los caminos de interpretación de los posibles factores que pueden intervenir en la morfogénesis de las articulaciones, y en nuestro caso concreto de la del hombro, como así lo atestiguan la gran cantidad de teorías e hipótesis al respecto.

Obviamente, y como ya hemos apuntado con anterioridad, nuestra aportación queda basada en los hallazgos observados en la articulación escápulo-humeral.

El espectro de factores que pueden participar en la formación y desarrollo articular es muy amplio. De todos modos se puede centrar y resumir en las tres líneas de mayor aceptación y discusión. Una que aboga por la capacidad intrínseca de

autodiferenciación en la que se puede incluir el sustrato o participación genética. Otra en relación a la repercusión nerviosa. Y una tercera, que es donde fundamentalmente se centra el dilema, en el sentido de considerar la función de los factores extrínsecos o mecánicos.

En cuanto a la primera, se debe partir de la idea de aceptar la capacidad intrínseca de los miembros en la edad embrionaria como así lo demuestran las experiencias, entre otras, de **HAMBURGER (1938)** y **DRACHMAN** y **SOKOLOFF (1966)** en *gallus domesticus* y lo reflejan en sus manifestaciones **GARDNER (1963)** y **HAMILTON** y **MOSSMAN (1975)**. Asimismo, el hecho de la participación genética, no ya en el sentido estricto de proceso o factor hereditario como ya apuntaba **BERNAYS (1878)**, sino como de programación comandada por los genes, bien en los primeros momentos como se refiere **HAMILTON** y **MOSSMAN (1975)** o sin precisar este matiz como lo hace **HOLDER (1978)**, debe ser también tomado como punto básico y previo al proceso.

En cuanto a la segunda, no se considera con profusión la participación nerviosa en la formación de la articulación. **HAMBURGER** y **WANGH (1940)** piensan que tiene algún efecto en el primordio apendicular. Con los mismos animales de experimentación **EASTLICK (1943)** dice que tiene influencia para el crecimiento normal de las piezas óseas y sobre todo musculares, e igualmente considera en sentido afirmativo la participación nerviosa el trabajo de **SCHOWING** y **CELERS (1973)**.

En sentido opuesto se decantan **HARRISON (1904)** y **HAMBURGER (1929)** experimentando en ranas. **AREY (1962)** dice que "no tiene ningún efecto sobre la formación de las cavidades articulares". De igual modo se expresa **BRADLEY (1970)** trabajando en pollos.

Realmente creemos que es difícil poder adoptar una posición tajante, pero lo que sí está claro es que la aparición de los troncos nerviosos procedentes del plexo braquial, tal y como hemos visto recientemente, ocurre en la porción proximal del esbozo de miembro en el estadio 15 de O'Rahilly, alcanzando las porciones distales en el 18, no apareciendo la menor señal aún de cavidad articular pues hasta el estadio 17 no se comienza a tener los primeros indicios del esbozo precartilaginoso humeral y ni siquiera está el del escapular que aparece en el siguiente, estadio 18, y aún se ha de alcanzar un estadio más, el 19, para distinguir una constante pieza intermedia que comenzará su deslaminación en el estadio 21. Se deriva, pues, de todo ello, la nula relación existente entre la aparición e influencia nerviosa y la formación y desarrollo de la cavidad articular, estando de este modo en consonancia con las opiniones de los últimos autores enunciados anteriormente. Sin embargo, del primer grupo de autores, aquellos que sí aceptan la repercusión nerviosa, hay que prestar cuidada atención a la matización que hace **EASTLICK (1943)** ya que sí acepta su participación, pero en el crecimiento, que no formación de las piezas óseas, y sobre todo en los elementos musculares. Y ésto tiene otra dimensión que no repercute directamente a la articulación en el sentido de cavidad articular. Desde nuestro punto de vista también podemos sumarnos a este hecho, pues es claramente manifiesto que cuando en el estadio 15 de O'Rahilly comienzan a apreciarse en la porción proximal del miembro los principales troncos nerviosos del plexo braquial, el mesénquima que hasta el momento se presentaba indiferente, ante la invasión de éstos se densifica en su entorno, mostrándose como elemento precursor de preblastemas musculares. Esta situación a medida que transcurren los estadios, es decir, a medida que progresa el desarrollo se aprecia con mayor nitidez.

La tercera línea, la que considera la influencia de los

factores extrínsecos o mecánicos, es la que presenta mayor inquietud para ser considerada por los investigadores como elemento importante en la formación o determinación de la cavidad articular. En síntesis tres son las posiciones que adoptan los diferentes autores: Unos que afirman la actuación de los factores mecánicos, es decir, de la aparición del movimiento por la actividad y contracción muscular; otros que rechazan esta intervención; y unos terceros que adoptan una postura ecléctica valorando tanto la actuación de los factores intrínsecos como extrínsecos.

Entre los primeros ya **HENKE** y **REYHER (1874)** proponía que "el movimiento es el factor que determina la forma de la estructura articular". En el mismo sentido se expresan otros autores como **SCHULIN (1879)**, **HAGEN-TORN (1882)**, **TORNIER (1894)**, **FALDINO (1921)** el cual destaca que "la fuerza muscular es un factor importante en el desarrollo de las articulaciones, puesto que éstas no se diferencian antes de que aparezcan los tendones en su superficie". **DRACHMAN** y **SOKOLOFF (1966)** opinan que "intervienen en la formación de la cavidad articular primaria y en el inicio de la forma de las superficies articulares, pero las contracciones musculares no son necesarias para la morfogénesis articular previa al estadio de la formación de la cavidad. En la misma línea siguen **MURRAY** y **DRACHMAN (1969)**, **BRADLEY (1970)**, o bien más recientemente los trabajos de **RUANO y Cols. (1978, 80, 85)**, **PERSSON (1983)** y **LLUSA y Cols. (1988)** produciendo parálisis en pollos por diferentes métodos observan la ausencia de cavidades o la regresión de éstas si ya estaban formadas, así como de las estructuras articulares, evidenciando de esta manera el papel fundamental que tienen los factores extrínsecos en la formación de la cavidad.

Entre los segundos, los que no consideran la influencia de los factores mecánicos en la formación de la articulación

cabe citar desde **BERNAYS (1878)** que afirma que la forma de la articulación se parece a la del adulto antes de que surjan las cavidades y aún antes de que sea posible una actividad muscular, y que son los factores hereditarios los que determinan principalmente la forma de la articulación sin negar que el movimiento produce modificación en la forma de la misma. En este mismo grupo de autores se encuentran **BARDEEN (1905)**, **LANGER (1929)**, **FELL y CANTI (1934)**, **HAINES (1947)**, **GRAY y GARDNER (1950)** y **GARDNER (1963)**.

El tercer grupo de autores consideran la participación de los factores extrínsecos pero no únicamente. Y así **WHILLIS (1940)** incide en que hay que suponer la actuación de otros factores además del movimiento. **SISSONS (1956)** otorga el protagonismo a los factores intrínsecos sólo en estadios primitivos, siendo posteriormente las contracciones musculares esenciales para la formación de la cavidad articular. Para **HAMILTON y MOSSMAN (1975)** los factores genéticos e intrínsecos actúan en primer lugar, y luego los extrínsecos pueden tener influencia modificadora sobre los detalles de la forma del esqueleto y son esenciales para la construcción de la cavidad articular primaria y para determinar las superficies articulares. Más recientemente, **MITROVIC (1982)** redonda en esta misma idea, pues tras producir parálisis con decametanium en embriones de pollo sugiere que "los factores intrínsecos son importantes para la diferenciación en los estadios primitivos de la hendidurización articular, mientras que el movimiento parece ser condición necesaria para la diferenciación y el mantenimiento de la cavidad articular; unos sin los otros son ineficaces".

Por lo tanto el primer y tercer grupo están bastante en consonancia pues aceptan el papel de los factores extrínsecos, sin olvidar, como defienden los últimos, los factores intrínsecos en los primeros momentos.

Nuestros hallazgos van en esta última dirección, pues en primer lugar ya hemos expuesto en el apartado anterior el que deben ser considerados los factores intrínsecos, llámense capacidad de autodiferenciación, soporte o codificación genética, etc., en la morfogénesis de los miembros y de sus articulaciones, y en concreto en la del hombro. Pero además la presencia de la actividad muscular y por ende de cierto grado de movilidad articular produce también sus consecuencias en el desarrollo articular como proponen el primer y tercer grupo de autores comentados en este punto, y a los cuales nos sumamos con nuestras propias observaciones. Como ya se ha precisado el mesénquima indiferente que ocupa la raíz del esbozo en el estadio 15 de O'Rahilly comienza a densificarse alrededor de los troncos nerviosos, que se hacen ahora evidentes, constituyendo la primera manifestación de elemento precursor de preblastemas musculares. Estos progresivamente se van desarrollando, presentándose bien definidos en las horas del estadio 20 de O'Rahilly. Este dato viene a encajar con el dado por **WINDLE y FITZGERALD (1937)** y **WINDLE (1944)** que detectan los movimientos en las extremidades humanas aproximadamente a los 20-23 mm. que equivale al estadio 20-21 de O'Rahilly. En el estadio 22 los músculos periarticulares son ya una realidad de formaciones estriadas con sus correspondientes tendones. Es justamente el estadio 21 de O'Rahilly cuando el proceso evolutivo de la articulación del hombro interesa de forma específica a la interzona articular, la cual comienza a deslaminarse, progresando ésta en el 22, para ya al final del periodo embrionario, estadio 23, destacar la cavidad articular que ofrece un claro lumen, si acaso sólo interrumpido parcialmente por bandas trabeculares célula-fibrilares que saltan a manera de puentes entre las superficies pericondrales enfrentadas del futuro par ósteo-articular. Otra circunstancia, cual es el que la luz articular, en más de una ocasión sea mínima a nivel de las superficies articulares en comparación con la

amplia luz de la cavidad en todo el sector periférico, es decir, el comprendido entre la margen concéntrica o profunda de la cápsula articular y de la cabeza humeral, viene a corroborar el papel de los movimientos activos del feto en el claustro materno sobre la cavidad articular ya que se deben a imágenes producidas, en un momento determinado por la actuación muscular sobre el par kinemático articular proyectándose sobre sus superficies articulares y, por ende, sobre el espacio entre ambas propio de la cavidad articular. Recogeremos de manera más puntualizada este hecho al analizar la formación de la mencionada cavidad articular, observándose en las últimas horas del periodo embrionario y de manera más manifiesta durante el fetal.

c) MATERIAL BASICO DE LA MORFOGENESIS Y DEL DESARROLLO

Este es un tema que, tal como quedó plasmado en el capítulo de introducción, ha ido evolucionando con el desarrollo de la investigación; y en síntesis, desde pensar en la actuación individual o predominante de ectodermo y mesodermo se llega a admitir por la mayoría de autores la interacción de ambas.

Nosotros no entramos en profundidad sobre el particular, como es lógico pensar, por las directrices de nuestro trabajo encaminado hacia el análisis morfológico tanto en su génesis como en su desarrollo. De todos modos sí partimos del planteamiento último en relación a la interacción mutua e interdependencia de ambos componentes, ectodérmico y mesodérmico, en consonancia con autores como **STREETER (1948, 49)**, **O'RAHILLY y Cols. (1956)**, **MILAIRE (1963)**, **GENIS (1970)**, **BODEMER (1972)**, **SAUNDERS y REUSS (1974)**, **SEICHERT (1979)** y **GUMPEL-PINOT (1980,81)**, entre otros; y gracias a ello y como resultado de la interacción se conforma la cresta o placoda apical cuyo papel inductor, en suma, es fundamental; estando igualmente en la línea de **SAUNDERS (1948)**, **NAUJOKS (1953)**, **ZWILLING (1955,61)**, **MILAIRE (1957)**, **JIMENEZ y**

PUCHADES (1971), GUILLEN (1987), entre otros. Nuestras observaciones, en este sentido, van encaminadas al estudio y seguimiento de la formación y desarrollo de esta cresta apical, manifestando su presencia desde el primer momento en que aparece el anlage del miembro superior. Y así ya en el estadio 13 de O'Rahilly es muy clara la organización de la cresta apical denunciada por la formación de una placa epiblastica fundamentalmente en el vértice y margen ventral del epiblasto de cubierta del extremo distal del esbozo de miembro superior. Todo ello habla pues a favor del papel relevante de la mencionada cresta apical, fruto de la previa interacción del ectodermo y mesodermo, como directora de los sucesos que van a ocurrir y dar lugar a la conformación del miembro y de todas su estructuras.

2.- MORFOGENESIS ESPECIFICA DE LA ARTICULACION DEL HOMBRO.

Aunque en el apartado anterior ya se dirigía el análisis de aspectos más generales hacia la articulación del hombro, es ahora realmente cuando la discusión se centra en todas aquellas estructuras relacionadas más directamente con la citada articulación.

a) ELEMENTOS ESQUELETICOS DE LA ARTICULACION DEL HOMBRO

Analizaremos a continuación aquellos hechos más significativos que afectan al futuro par ósteo-articular que conformará la articulación escápulo-humeral.

Por un lado, **LEWIS (1901)** considera que el húmero y la escápula siguen una misma sucesión, de tal modo que a los 9 mm. se encuentran en forma de mesénquima más o menos condensado y definido, y a los 10,5 mm. están en situación de precartilago. **HAINES (1947)** corrobora el dato del estado mesenquimatoso para ambos a los 9 mm. Trabajos como los de **O'RAHILLY y Cols. (1956),**

O'RAHILLY y GARDNER (1975) y **O'RAHILLY y Cols. (1981)** manifiestan que es el estadio 16 ó 16-17 el que marca el inicio de la condricación del húmero, precisando **GARDNER (1973)** y **O'RAHILLY y Cols. (1981)** que la condricación de la cabeza humeral comienza en el estadio 18 (13-17 mm.). En cuanto a la escápula coinciden **ANDERSEN (1963)**, **GARDNER (1973)** y **O'RAHILLY y Cols. (1981)** en fijar el estadio 18 como el comienzo del proceso de condricación de la escápula, es decir, más tardío que el correspondiente al húmero.

Es evidente a partir de esta información obtenida en la revisión bibliográfica que la exposición individual de los trabajos es incompleta y en algún caso discrepante.

En primer lugar no podemos estar de acuerdo con las apreciaciones de **LEWIS (1901)** y **HAINES (1947)** en el sentido de considerar que el proceso de formación de húmero y escápula es parejo en el tiempo ya que en nuestras observaciones comprobamos que no acontece de esa manera.

En los resultados de nuestro trabajo en los estadios 13 (4-6 mm.) y 14 (5-7 mm.) el esbozo está constituido citoestructuralmente por un mesénquima indiferente uniformemente distribuido. En el 15 (7-9 mm.) aún no hay el menor atisbo de condensación celular precursora de los esbozos escápulo-humerales; si acaso ligeros signos de condensación del mesénquima embrionario situado en la raíz del anlage de miembro superior. En el estadio 17 (11-14 mm.) se aprecia el blastema precartilaginoso o condrogénico del húmero, coincidiendo pues con los datos, antes mencionados, ofrecidos por **O'RAHILLY y Cols. (1956)**, **O'RAHILLY y GARDNER (1975)** y **O'RAHILLY y Cols. (1981)**. En el estadio siguiente, 18 de O'Rahilly (13-17 mm.) se observa una clara condensación mesenquimal que modela con bastante fidelidad el anlage de la futura escápula tal y como exponen, según hemos citado

anteriormente, **ANDERSEN (1963)**, **GARDNER (1973)** y **O'RAHILLY y Cols. (1981)**, pero en desacuerdo por tanto con **LEWIS (1901)** y **HAINES (1947)** ya que el inicio del proceso de condricación del húmero precede en el tiempo al de la escápula; circunstancia visible, ya comentada, a los 12 mm., es decir, estadio 17 de O'Rahilly. Por tanto, en el comienzo del estadio 18 de O'Rahilly (13-17 mm.) se observa el molde condrogénico del húmero coexistente con una condensación mesenquimal escapular que aún no ha entrado en fase condrogénica, lo que atestigua, una vez más, que el molde condrogénico del húmero antecede al de la escápula. Estas dos estructuras se disponen formando un todo, pero con un matiz o peculiaridad importante, (por lo que de nuevo insistimos y hacemos hincapié) ya que es un todo mixto en su textura, pues mientras es precartilago para el húmero sólo hay condensación mesenquimal para la escápula. Al final de este estadio, embriones de 16-17 mm., la condensación mesenquimal escapular ha evolucionado a tejido condrogénico y comienza a definirse la primera manifestación de la interzona en el inicial molde condrogénico único escápulo-humeral como la persistencia de una banda mesenquimal indiferente que se interpone en el citado molde condrogénico.

Se inicia de este modo la fase condrogénica, seguida de la cartilaginosa propiamente, época ésta fundamental en la que van aconteciendo progresivamente importantes hechos en el desarrollo del resto de estructuras de la articulación. Sirvan de ejemplo la deslaminación de la pieza intermedia y la subsiguiente formación de labio articular, cartílago hialino, membrana sinovial y cápsula articular y por supuesto la aparición y conformación de la cavidad articular. Asimismo la definición y evolución de las futuras masas musculares, de sus respectivos tendones periarticulares y del aparato ligamentario y, en fin, de todas las estructuras que conforman el sistema articular a la espera del siguiente periodo, es decir, la fase osteogénica.

Como es lógico y por las razones evidentes en beneficio de una clara exposición y del mantenimiento de la sistemática prevista, analizaremos y debatiremos cada uno de los puntos o estructuras que se conforman en esta fase condrogénica en los respectivos apartados para cada una de las estructuras, tal y como veremos más adelante.

Posteriormente se hará presente el comienzo del proceso de osificación. La osteogénesis viene denunciada por la invasión de yemas vasculares que a manera de penachos profundizan desde el tejido pericondral. En el extremo cefálico del molde cartilaginoso del húmero, sumándonos a las observaciones de **GARDNER (1963)** ocurre a la 10ª semana del desarrollo precediendo al mismo proceso en la porción articular escapular, la cual aún en la 14ª semana mantiene su integridad estructural, aunque por supuesto ya ha alcanzado la diáfisis humeral y cuerpo escapular, reiterando una vez más la diferencia en el tiempo entre el desarrollo humeral y escapular, a favor del primero. Esta invasión vascular y el consiguiente proceso osteogénico va aumentando de modo evidente a manera que avanza el desarrollo general.

En relación a las superficies articulares de los futuros componentes óseos que forman la articulación escápulo-humeral, **LEWIS (1901)** comenta un hecho reseñable: "en el estadio de 16 mm. una porción de la cabeza humeral se apoya en la base del proceso coracoides, indicando que un sector de éste va a ser incorporado a la superficie glenoidea de la escápula, cosa que", según él, "ocurre a los 20 mm.". Realmente ésto no acontece de esta manera aunque en la imagen pudiera simularlo. A finales del estadio 18 y ya en el 19 (16-18 mm.) los moldes condrogénicos de húmero y escápula forman un todo. En la escápula se distingue un cuerpo escapular, la espina-acromion y el proceso coracoides, el cual está íntimamente unido a la porción proximal condrogénica

del húmero, pero a pesar de ello, en la base del mismo hay una mayor condensación mesodermal que contrasta con la fase condrogénica de la apófisis coracoides y del húmero, denunciando la interzona que paulatinamente se irá haciendo más manifiesta, por lo que, a nuestro juicio, hemos de discrepar de esa opinión y ofrecer la siguiente: no creemos que exista realmente apoyo, sino que fruto del desarrollo hay en principio una continuidad entre los moldes del húmero y escápula, la cual queda rota por la aparición de la interzona y como consecuencia la situación que era de continuidad pasa a ser de contigüidad o vecindad.

Analicemos por último en este punto los aspectos más llamativos referentes al labio glenoideo, considerado en este apartado por ser una porción escapular desde el punto de vista morfológico y funcional, aunque su relación de origen esté en la interzona que posteriormente comentaremos y volveremos a recoger allí.

Estamos de acuerdo con el momento de aparición o anlage del labio articular dada por **SIMON (1923)** a los 20 mm., **HAINES (1947)** lo halla definido a los 23 mm., **GARDNER y GRAY (1953)** a los 17 mm., **ANDERSEN (1963)** a los 18 mm., **GARDNER (1973)** a los 20 mm. y **O'RAHILLY y GARDNER (1975)** lo identifican en el estadio 20 de O'Rahilly (18-22 mm.), pues en nuestros resultados, efectivamente, ocurre en el citado estadio 20, que aglutina en conjunto las fechas dadas por los demás autores.

Otra cuestión la constituye el material de origen del labio glenoideo. En general, coincidimos con los autores como **SIMON (1923)**, **GARDNER y GRAY (1953)** y **ANDERSEN (1963)** que piensan que es un claro derivado de la interzona, siendo discrepante, hasta cierto punto, el trabajo de **HAINES (1947)** al considerar que surge aparte de la misma, aunque posteriormente precisa que lo hace del mesénquima sinovial que como más tarde comentaremos procede de la

pieza intermedia. Nuestros datos confirman que el labio articular glenoideo surge como continuación o prolongación del material mesodermal de la interzona, en concreto de la banda excéntrica de la misma que queda vecina o en aposición al molde escapular que ha de organizar la fosa articular de ésta.

Igualmente nos expresamos en el mismo sentido que lo hace **GARDNER y GRAY (1953)** y **ANDERSEN (1963)** al manifestar que a los 30 mm., para nosotros en el estadio 23 (27-31 mm.), el labio articular empieza a adoptar una estructura fibrocartilaginosa, aunque creemos que con un claro predominio de tejido mesodermal. Y por otro lado, que su cara profunda va precisando cada vez más su lisura adosándose material de la interzona primaria para proporcionarle su futura cubierta hialina. Nuestro seguimiento nos ofrece algunos datos más precisos, ya que lo observamos hacia la décima semana enriquecido por la cartilificación que progresa desde la escápula para organizar definitivamente el fibrocartílago, aumentando por tanto su tamaño relativo que después irá reduciendo a medida que los moldes articulares escapular y humeral vayan creciendo para adoptar su proporción definitiva.

b) PIEZA ARTICULAR INTERMEDIA DE LA ARTICULACION DEL HOMBRO.
DERIVADOS.

Es éste un punto importante a la hora de analizar la morfogénesis y desarrollo de cada uno de los elementos que componen el sistema articular, pues la evolución de la pieza intermedia o interzona ofrece la clave para el conocimiento de la formación de la mayoría de estructuras de una articulación, y en concreto de la que estudiamos escápulo-humeral.

b.1.- INTERZONA

Nos parece muy temprana la referencia ofrecida por **HAINES (1947)** de la aparición de la interzona a los 11 mm., ya que por estas fechas ni siquiera hay el menor atisbo de un molde condrogénico escápulo-humeral. En cambio, estamos de acuerdo con **GARDNER y GRAY (1953)** y **ANDERSEN (1963)** al no apreciar aún a los 12 mm. la presencia de la interzona, existiendo por tanto una continuidad blastemática entre escápula y húmero. **GARDNER y GRAY (1953)** establecen el periodo de aparición entre 12-17 mm.; y en efecto, en nuestras apreciaciones a finales del estadio 18 de O'Rahilly (16-17 m.) los moldes condrogénicos del húmero y de la escápula forman un todo donde hemos comprobado que la interzona se hace evidente entre ambos por vez primera, por lo que insistimos, a nuestro juicio, se rompe la continuidad condrogénica del molde único escápulo-humeral para quedar el futuro húmero y escápula en contigüidad a través del mesénquima de la interzona.

Una vez conformada la pieza intermedia, su desarrollo evolutivo vuelve a resaltar otro hecho importante y básico en el mismo, cual es el proceso de derrumbamiento, y éste a su vez en dos aspectos: por un lado la fecha en la que ocurre y, por otro, el mecanismo al que se debe.

En cuanto al primero en la literatura no se distingue con claridad cuándo está empezando a deslaminarse y cuándo el hecho está consumado, lo cual puede inducir a cierto grado de confusión o error. Así, para **HESSER (1926)** es homogénea a los 22 mm., para **HAINES (1947)**, confirmando los hallazgos de **LEWIS (1901)** y **RETTNER (1902)**, lo es a los 19 mm., presentando un primer estadio de disolución a los 21 mm., observando tres capas en la misma a los 23 mm. y aclarándose la capa media en mayor grado a los 29 mm. **GARDNER y GRAY (1953)** ya aprecian las tres capas a los

20 mm. y el derrumbamiento se va produciendo a los 22 mm. **ANDERSEN (1963)** la observa trilaminar a los 25-26 mm. y la descomposición comienza a los 28 mm. Ciertamente, y en líneas generales, la sucesión cronológica es aproximadamente así, pero creemos que debe quedar algo más puntualizada. Para nosotros, en el estadio 21 de O'Rahilly (22-24 mm.) la interzona comienza a deslaminarse de tal suerte que se puede descomponer convencionalmente en tres láminas: una central mucho más laxa, futura cavidad articular, y dos excéntricas mucho más densificadas que se adosan como tejidopericondral a los moldes cartilagosos de las futuras cavidad glenoidea y cabeza humeral. En el estadio 22 la capa media ofrece con mayor claridad su consistencia laxa, viéndose cruzada por multitud de trabéculas célula-fibrilares. Es ya en los últimos momentos del periodo embrionario, estadio 23 de O'Rahilly, cuando la banda media se ha vaciado de contenido para formar la cavidad articular, aunque en cuya luz siguen saltando puentes célula-fibrilares entre los pericondrios densificados de las futuras superficies articulares. Mientras tanto las bandas excéntricas tapizan con su densificación pericondral las superficies articulares, conformando el futuro cartílago hialino de las mismas. Además de la cavidad articular y cartílago hialino, de la interzona se derivan el labio articular, como hemos apuntado anteriormente, y parte del material capsular, concretamente su estrato profundo o membrana sinovial. Y en efecto, es en el estadio 20 de O'Rahilly (18-22 mm.) cuando el tejido pericondral de la margen periférica de la lámina próxima al molde cartilaginoso de la escápula se diferencia a fibrocartílago propio del labio articular, mientras que el resto del material periférico del conjunto de la pieza intermedia dará origen a parte del manguito capsular para organizar la sinovial articular a cuya margen o faceta superficial se adosa mesénquima ambiental periarticular que completa y constituye la capa fibrosa de la cápsula articular.

Un segundo aspecto se refiere al análisis de las teorías sobre el mecanismo por el que se produce la deslaminación de la pieza intermedia y con ello la aparición de la cavidad articular y demás derivados.

Es evidente que al hablar de estos mecanismos lo estamos haciendo también de los que producen y conforman la cavidad articular que analizaremos en el siguiente apartado de modo específico.

Muchas son las hipótesis de trabajo sobre esta cuestión, tal y como fueron expuestas en el primer capítulo, por lo que no vamos a reiterar de nuevo, si acaso tan sólo mencionar aquellas que nos sirvan de referencia para hacer las oportunas consideraciones o comentarios. Así por ejemplo **BERNAYS (1878)** hablaba simplemente de dehiscencia, **TAURE (1930)** de reabsorción del disco intermedio, **DAVIES (1950)** de ampliación y confluencia de las mallas del retículo y por retracción y separación de sus puentes protoplasmáticos, de tal modo que los espacios próximos se unen y forman uno mayor, teniendo en cuenta también el papel de la licuefacción. **HAMILTON y MOSSMAN (1975)** propone una versión sencilla por desaparición de células. **GARDNER (1963)** y **GENIS (1970)** hablan de un proceso enzimático. **ORTS (1985)** propone la reunión de vacuolas para formar una hendidura o cavidad articular. Otras teorías sobre el particular encuentran opiniones contrarias: Así apoyan la licuefacción **WHILLIS (1940)**, **HAINES (1947)** y en sentido opuesto se manifiestan **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)**. **EBERL-ROTHE y SONNENSCHNEIDER (1950)**, **GARDNER y Cols. (1957)** y **WASSILEV (1972)** están a favor del proceso degenerativo, pronunciándose en contra de **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)** y **ANDERSEN (1963)**. O a favor de la necrosis celular **MITROVIC (1971, 77, 78)** y en contra **LINCK y PORTE (1978)** y **STOFFT y EFFENDY (1985)**. A nuestro juicio y de una manera muy ilustrativa y gráfica lo interpretamos no ya como un proceso de

imbibición, vacuolización o aparición y reunión de geodas, sino como "la masa central hojaldrada de un pastel o confitura" ante la progresiva "huida periférica" del material de la lámina media de la interzona para contribuir a la formación de cartílago hialino, labio articular y membrana sinovial de la cápsula articular.

b.2.- CAVIDAD ARTICULAR

Acabamos de considerar el proceso de formación y desarrollo de la pieza intermedia articular y cómo a partir de la banda media de la misma la evolución de la interzona lleva consigo y al unísono la aparición y conformación de la cavidad articular, de tal suerte que a medida que comienza a derrumbarse o deslaminarse se inicia el proceso de cavitación. Asimismo hemos expuesto las teorías y consideraciones oportunas sobre los mecanismos por los cuales se lleva a cabo la citada deslaminación de la interzona y subsiguiente conformación de la cavidad articular por lo que no insistimos más y remitimos al apartado anterior.

En cuanto al momento de aparición y formación de la cavidad se pueden citar, a modo de ilustración, autores como **SIMON (1923)** y **HAINES (1947)** que proponen el comienzo en los 30 mm. y a los 34 mm. la consideran completa **GARDNER y GRAY (1953)** dicen que se inicia a los 22 mm. siendo muy amplia a los 30 mm. Para **ANDERSEN (1963)** ocurre a los 28 mm., y para **O'RAHILLY y Cols. (1981)** acontece en el estadio 23 (27-31 mm.), es decir, las mismas fechas en las que ocurre el proceso de menor o mayor deslaminación o derrumbamiento de la interzona. En suma creemos, y así lo respaldan nuestros resultados, que el estadio 21 es el punto de partida de la organización de la futura cavidad articular, siendo más manifiesta en el 22 y 23 donde se aprecian, en la luz articular, bandas célula-fibrilares a modo de puentes entre las superficies articulares como reliquia última de la

deslaminación de la banda media que no desaparecerán definitivamente hasta alcanzar la semana once, ya en las primeras etapas del periodo fetal.

En relación a estos puentes célula-fibrilares creemos acertada la interpretación de **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)** al considerarlos como unas distorsiones artificiales o artefactos de técnicas de laboratorio en una etapa en la cual la banda media de la interzona está presente sólo como una capa de células. Pensamos que estas bandas a manera de puentes célula-fibrilares entre las dos superficies articulares, presentes a partir del estadio 22 de O'Rahilly hasta la once semana del desarrollo, se deben a la deslaminación de la capa media de la interzona, de la que representan su última instancia y que quedan temporalmente a manera de reliquias, y al adosamiento de las dos capas excéntricas a las superficies articulares, de tal modo que en conjunto ofrecen un aspecto "hojaldrado" que al corte muestra esa peculiar disposición.

Un segundo tema, tal vez de menor relevancia, pero con cierto interés en la formación de la cavidad, se centra en la falta de unanimidad al considerar el lugar de aparición de ésta. Unos postulan que lo hace por la periferia, entre los que se encuentran **RETTNER (1902)**, **WHILLIS (1940)** y **HAINES (1947)**; y otros a nivel central, como **FALDINO (1921)**, **DAVIES (1950)**, **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)** y **ANDERSEN (1963)**. Incluso **MITROVIC (1978)** en sus experiencias en ratas expone que aparecen tanto en la periferia como en la zona central, o bien varias hendiduras a la vez. **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)** llegan a la conclusión, tras estudios metódicos de manos y pies, que "cualquier aparición primaria de la cavidad articular en situación periférica puede ser interpretada como un artefacto. Especialmente el secado de las secciones después de desparafinarlas y teñirlas daba lugar a la formación de cavidades

articulares periféricas de exactamente el mismo aspecto que las descritas por los partidarios del inicio en la periferia". Y aún apunta algo más: "cuando se sigue una técnica cuidadosa en todas las etapas de la preparación nunca observamos cavidades periféricas en la articulación".

Nuestra opinión al respecto, fundamentada en nuestros hallazgos y resultados descritos con anterioridad, no se declina por ninguna de estas dos opciones, es decir, ni porque haya una preferencia por comenzar en la periferia, ni porque cuando así lo parezca sea debido a un artefacto por mal uso del método. Y nos explicamos a continuación: Al final del periodo embrionario, allá por el estadio 23 de O'Rahilly, en algunas figuras da la impresión que la deslaminación de la pieza intermedia es aparentemente más intensa en la zona periférica que en la central, concretamente la que queda vecina a la futura cara articular del labio glenoidal, pero ello es simplemente convencional, fruto de la sección, en consonancia con la motilidad que el embrión empieza a tener ya dentro del claustro materno y en relación directa con la posición articular del hombro en el instante preciso en el que se ha interrumpido la gestación; ya que por lo que se observa hasta ese momento no hay un lugar concreto en el que la banda laxa media de la interzona tenga preferencia a demostrarse en algún sector determinado. Más adelante en el desarrollo, entrado el periodo fetal, surgen imágenes que denuncian de forma aparente o convencional la circunstancia de que la cavidad es más manifiesta en las zonas periféricas que en las centrales, quedando unos amplios espacios articulares entre las superficies internas del labio articular y la cabeza humeral, mientras que hay un íntimo contacto entre la propia superficie articular de la escápula y la citada cabeza humeral. Llama la atención, pues, que en el periodo embrionario cuando aparece la luz articular ésta es constante y más o menos uniforme en toda su extensión (teniendo en cuenta la existencia de esas imágenes

recientemente comentadas fruto del momento de la interrupción del embarazo), mientras que a medida que progresa el periodo fetal las áreas de adosamiento del par kinemático borran parcelariamente el lumen de dicha cavidad, confirmando con ello la distinta disposición arquitectónica articular como consecuencia de la dinámica o movilidad propia de la época fetal. Este detalle ya fue recogido al hablar de los factores que intervienen en la morfogénesis y desarrollo de la articulación, haciéndolo en favor de la interacción o influencia de los factores mecánicos o extrínsecos.

b.3.- MEMBRANA SINOVIAL

No es unánime la opinión de los diferentes autores al hablar sobre el material de origen de la membrana sinovial. Unos hablan de su naturaleza conectiva, como **HUETER (1866)**, **HAGEN-TORN (1882)** y **HAMMAR (1894)**. **CLARK** y **LE GROSS (1928)** piensan que es de origen mesotelial. **KEITH (1933)** que proviene del pericondrio y es de naturaleza cartilaginosa. **SIMON (1923)** y **AREY (1962)** la consideran como un falso epitelio proveniente de la cara interna de la cápsula. **HAINES (1947)** manifiesta que "es difícil precisar su origen en el caso de la articulación del hombro".

Realmente no es fácil poder precisar su naturaleza por su extraordinaria delgadez y sutileza que obstaculizan su identificación. Pero sin embargo, ya hemos adelantado al hablar de la pieza intermedia nuestra opinión, la cual se declina claramente por considerarla derivada de la interzona. Y así, en el estadio 20 de O'Rahilly mientras el tejido pericondral de la margen periférica de la lámina adyacente al molde cartilaginosa de la escápula se diferencia para dar lugar al labio articular, el resto del material periférico al que se le va sumando el correspondiente a la capa media que "va huyendo" a medida que ocurre el proceso de deslaminación, a partir del estadio 21, va a

dar origen a la porción sinovial de la cápsula articular. En sentido similar opinan **GARDNER y GRAY (1953)** y **ANDERSEN (1963)** al proponer que la entrada de capilares en la condensación capsular distinguen en la interzona el "mesénquima sinovial blastemal, primordio del tejido sinovial", hecho que ocurre hacia los 22-23 mm., es decir hacia el estadio 21 de O'Rahilly, momento en el que, como hemos relatado anteriormente, la interzona comienza a deslaminarse y concentrarse preferentemente en las márgenes de la cavidad para determinar el labio y parte de la cápsula articular, concretamente su capa profunda o membrana sinovial.

Un detalle de la morfología de la membrana sinovial es el concerniente a las formaciones saculares o pliegues sinoviales, distinguiendo en el medial la frénula sinovial, cuya presencia coincide con el plano convencional que pasa a la altura del futuro cuello quirúrgico del húmero. Sobre este particular se manifiestan en el mismo sentido, nuevamente, **GARDNER y GRAY (1953)** y **ANDERSEN (1963)**.

Un último aspecto que concierne también directamente a la membrana sinovial en la articulación del hombro es su relación con el curso intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps, punto que analizaremos al hablar de éste. De todos modos adelantemos que al final del periodo embrionario, estadio 23 de O'Rahilly, se aprecia el recorrido intracapsular del mencionado tendón rodeado por bandas dispuestas circularmente dependientes de la membrana sinovial. Algo más tarde, hacia la décima semana del desarrollo, ya en el periodo fetal por supuesto, se puede observar claramente al tendón aislado de la luz articular por la correspondiente membrana sinovial anclado a la superficie interna del manguito capsular por un manifiesto mesotendón sinovial.

b.4.- CAPSULA ARTICULAR

Tal y como ya hemos adelantado en más de una ocasión, al considerar esta estructura partimos de la base de que es un derivado en parte de la pieza intermedia.

Es una opinión prácticamente generalizada el considerar su origen a partir de la pieza intermedia. En esta línea se pueden citar desde **BAER (1837)**, **LEWIS (1901)**, **BARDEEN (1905)**, **PUJIULA (1943)**, **DAVIES (1945)** y más recientemente **GARDNER y GRAY (1953)**, **ANDERSEN (1963)**, **HAMILTON y MOSSMAN (1975)** y **WILLIAM y WARWICK (1985)**, aunque algunos autores como **HAGEN-TORN (1882)** y **HAINES (1947)** la consideran de origen extrablastemático.

Nosotros consideramos que la cápsula articular es en parte derivado de la pieza intermedia. Y lo es en parte por el siguiente razonamiento: ya veíamos que en el estadio 20 de O'Rahilly (18-22 mm.) se diferenciaba el labio articular desde la banda excéntrica de la interzona localizada en aposición al molde cartilaginoso de la escápula, y mientras tanto, alcanzado el estadio 21, el material periférico restante, producido por la "huída" de las células de la capa media y por el proceso de deslaminación ya comentados, da origen a la porción sinovial de la cápsula articular al que se le sumará ahora tejido ambiental periarticular que conformará la porción fibrosa de la cápsula articular. Así pensamos porque el material periférico del conjunto de la interzona no es suficiente para organizar la totalidad del manguito capsular articular, por lo que será preciso que mesénquima ambiental se adose a la superficie del estrato profundo para concluir la conformación capsular. En otras palabras, creemos que de la pieza intermedia deriva fundamentalmente la membrana sinovial, mientras que es el tejido conjuntivo embrionario ambiental periarticular el que organiza la

porción fibrosa de la cápsula articular. En apoyo de esta manera de pensar está el curso intracapsular y a su vez extraarticular del tendón de la cabeza larga del bíceps, ya que si todo el manguito capsular derivara de la porción excéntrica de la pieza intermedia, el mencionado tendón necesariamente tendría que ser extracapsular.

Sobre su fecha de anlage o aparición no hay una absoluta unanimidad, pero los datos son muy aproximados. Para **SIMON (1923)** ocurre a los 18 mm., **HAINES (1947)** lo cifra a los 16 mm., **GARDNER** y **GRAY (1953)** a los 13 mm. e "incluso antes", y para **ANDERSEN (1963)** previo a los 23 mm. En efecto, están en un intervalo cercano y prácticamente en la misma línea de nuestras observaciones, pues ya en el estadio 19 (16-18 mm.) se iniciaba a ver la condensación correspondiente al futuro manguito capsular, siendo más definitiva su presencia en el estadio 20 de O'Rahilly (18-22 mm.) y sobre todo en el 21 (22-24 mm.), como acabamos de comentar, donde se aprecia la estructura correspondiente a la cápsula articular, la cual se va haciendo cada vez más evidente saltando entre las piezas del par kinemático, alcanzando la cara externa del labio articular hasta su misma base adherente.

Por otro lado, a medida que se desarrollan los músculos periarticulares la refuerzan, como es el caso del músculo subescapular, medial y ventralmente, que debido a la delgadez que ofrece a ese nivel la cápsula, a diferencia de su porción posterior más engrosada, se convierte en la verdadera pared de la misma.

Otra relación muscular, o mejor, tendinosa de marcado interés la constituye la existente con el tendón de la cabeza larga del bíceps, el cual en el estadio 21 de O'Rahilly va quedando inmerso y profundo al tejido que está organizando la porción fibrosa de la cápsula de la articulación. En el estadio

23 es observado en el surco intertubercular profundo al tejido conjuntivo de la cápsula, a este nivel ligamento de Gordon Brodie, y rodeado por bandas circulares correspondientes a la membrana sinovial. Es tan íntima la relación entre cápsula y tendón de la cabeza larga del bíceps, tanto en su disposición como en la textura y composición de su material que, a nuestro juicio, creemos que parte del mesénquima ambiental periarticular, que como vimos contribuía a formar la porción fibrosa capsular, organiza la porción intracapsular del tendón de la cabeza larga del bíceps, lo que viene corroborado por el curso del mencionado tendón, pero no adelantemos más sobre el particular pues lo abordaremos posteriormente en su apartado correspondiente.

3.- FORMACIONES LIGAMENTARIAS DE LA ARTICULACION DEL HOMBRO.

De las estructuras ligamentosas de la articulación del hombro las cuestiones y las dudas se centran en los llamados ligamentos intrínsecos o glenohumerales de Farabeuf.

Realmente es un punto muy discutible pues es muy difícil poder distinguir estas estructuras, tal es así que los únicos datos destacables a favor de su existencia son los de **GARDNER** y **GRAY (1953)**. Los describen como engrosamientos: el superior apareciendo a los 21 mm. y estando bien diferenciado a los 30 mm. El medio surgiendo a los 27 mm. para desdoblarse a los 30 mm. en dos condensaciones, la interna como pliegue de la cápsula y la externa separada del músculo subescapular, y a los 60 mm. lo aprecia claramente manifiesto. El inferior aparece igualmente a los 27 mm. y no lo distingue muy bien del medio.

Los únicos hallazgos observados en los ejemplares estudiados por nosotros que ponen en evidencia a estos ligamentos ocurre por vez primera en la semana décima del desarrollo, apreciándose en

la margen anterior y medial de la cápsula un mayor aumento de su grosor que protusiona hacia la luz articular, denunciando con ello la presunta organización de estos ligamentos de Farabeuf. Este mismo hecho se manifiesta con mayor claridad en la treceava semana del desarrollo.

Otro ligamento muy en relación con los anteriores que se distingue con relativa facilidad es el llamado ligamento humeral transverso de Gordon Brodie. Para **GARDNER y GRAY (1953)** comienza a condensarse en el estadio 19 (16-18 mm.). Creemos que el dato es algo temprano pues el tendón de la cabeza larga del bíceps lo observamos por primera vez en el estadio 21 de O'Rahilly, y es en el 23 (27-31 mm.) cuando se aprecia claramente el ligamento dispuesto superficial al mencionado tendón, no siendo más que el tejido pericondral que cubre a éste a su paso por el canal intertubercular.

4.- REFUERZOS MUSCULO-TENDINOSOS DE LA ARTICULACION DEL HOMBRO.

Los refuerzos músculo-tendinosos tienen una faceta morfológica de gran interés, pero sobre todo están destinados a alcanzar un papel no sólo importante, sino indispensable en la actividad funcional de la articulación del hombro. Esto hace que los músculos periarticulares sean los elementos activos de la kinemática articular, pero además, se convierten en elementos protectores y de refuerzo capsular de tal entidad que en algunas ocasiones son la verdadera pared de la articulación, lo cual viene a denunciar, una vez más, la presunción de que dichos tendones periarticulares se organizan del mismo mesénquima embrionario que elabora la porción fibrosa del manguito capsular y del tendón de la cabeza larga del bíceps.

Como datos generales se pueden confrontar los referentes a

la aparición y diferenciación de las masas musculares de la región de la articulación del hombro. Y así coincidimos con **LEWIS (1901)** y **HAINES (1947)** que a los 9 mm. y 10 mm., respectivamente, observan las masas premusculares. Efectivamente, en el estadio 13 de O'Rahilly (4-6 mm.) el esbozo está constituido citoestructuralmente por un mesénquima uniformemente distribuido pero en el que no existe una clara condensación proliferativa que denuncie formaciones futuras de blastemas musculares. En el estadio 15 de O'Rahilly (7-9 mm.) cuando se distinguen algunos de los principales troncos nerviosos terminales profundizando en el mesénquima indiferente, el cual ante esta invasión se densifica en su entorno como elemento precursor de preblastemas musculares, estableciendo por tanto una dependencia entre la invasión neurógena y la diferenciación preblastemática muscular. Esta situación continúa en el estadio 16 (8-11 mm.), diferenciándose aún mejor en el estadio 17 (11-14 mm.), 18 (13-17 mm.) y 19 (16-18 mm.) alcanzando, si cabe la matización, el grado de verdaderos blastemas premusculares.

De igual forma, podemos continuar la evolución del desarrollo muscular, compartiendo los datos de nuestros hallazgos en relación a una mayor diferenciación muscular con las apreciaciones de **LEWIS (1901)** en el sentido de que ya distingue la presencia de cada músculo a los 21 mm. **GARDNER y GRAY (1953)**, **GASSER (1975)** y **O'RAHILLY y Cols. (1981)** corroboran los datos de **LEWIS (1901)** al dar como referencia los 23 mm., 21-30 mm. y el estadio 21 (22-24 mm.), respectivamente, para reconocer los músculos y tendones de la región del hombro, en el caso que nos ocupa. Como acabamos de comentar, nuestras observaciones van en esta línea, apreciándolos perfectamente definidos a partir del estadio 20 de O'Rahilly (18-22 mm.), mientras que a partir del 22 (23-28 mm.) los músculos periarticulares son ya una realidad de formaciones estriadas con sus correspondientes tendones.

5.- TENDON DE LA CABEZA LARGA DEL BICEPS.

Hemos considerado en este trabajo de investigación aquellos músculos verdaderamente periarticulares, y aquellos otros que sin serlo se encuentran o se relacionan con la región del hombro con el fin de afrontar el estudio de la articulación escápulo-humeral con una idea amplia de la topografía de la región, indispensable para relacionar e interpretar los sucesos de cada período del desarrollo. Pero de entre todos ellos hay uno que tiene especial significación por su íntima relación con la citada articulación, cual es el tendón de la cabeza larga del bíceps, hasta el punto que se dispone intracapsular, por lo que ha merecido este estudio particular.

En cuanto al momento en el que se puede distinguir los primeros indicios de la representación de este tendón, **LEWIS (1901)** habla de los 16 mm., **SIMON (1923)** a los 20 mm., **NEALE (1937)** a los 22 mm., **GARDNER y GRAY (1953)**, a los 13-14 mm. a modo de una condensación que se continúa con una densa zona celular situada en la porción ántero-superior de la interzona. Para **ANDERSEN (1963)** se distingue como una condensación no bien definida a los 18 mm. Las opiniones pues, no son lejanas exceptuando a priori, la dada por **GARDNER y GRAY (1953)**, aunque amplía esta apreciación. Realmente los datos de estos trabajos son muy similares, y en aquellos que parecen serlo menos basta con profundizar algo más en sus matizaciones para darse cuenta que ofrecen una idea más uniforme y coincidente. Así, **GARDNER y GRAY (1953)**, que como hemos comentado propone la edad más temprana de aparición, añade que a los 17 mm. la condensación del futuro tendón está fusionada con el labio glenoideo, y que a los 21 mm. el tendón se sitúa profundo a la estructura que representa la cápsula. O bien **ANDERSEN (1963)** que precisa que a los 23 mm. es un cordón denso, celular rodeado de tejido laxo similar en el aspecto al de la interzona. Nuestras observaciones se mueven

también en estos márgenes, de tal forma que se aprecia por vez primera el tendón organizado en el estadio 21 de O'Rahilly (22-24 mm.), el cual va quedando inmerso y profundo al tejido mesenquimal que está organizando la cápsula de la articulación del hombro, terminando por fijarse en la base de la margen libre del labio articular y zonas adyacentes.

En segundo lugar se destacan, como ya se ha apuntado en más de una ocasión, sus particulares relaciones con la cápsula articular y membrana sinovial: En el estadio 23 de O'Rahilly, últimas horas del periodo embrionario, al igual que comenta **ANDERSEN (1963)** para las mismas fechas (30-32 mm.), el tendón de la cabeza larga del bíceps se encuentra situado en el surco intertubercular en el fondo de saco de la cavidad articular profundo al tejido conjuntivo de la cápsula, a este nivel ligamento de Gordon Brodie, y rodeado por bandas dispuestas circularmente de la membrana sinovial. Igualmente, coincidimos con **ANDERSEN (1963)** al apreciar ya entrado el periodo fetal, en la semana décima de desarrollo, el curso intracapsular del mencionado tendón aislado de la luz articular por la correspondiente membrana sinovial y fijo a la superficie interna del manguito capsular por su peculiar mesotendón sinovial.

Un tercer aspecto muy debatido en relación al tendón de la cabeza larga del bíceps se centra en aclarar si la formación y desarrollo del mismo se realiza in situ o se debe a un proceso de migración. Por la segunda opción se decantaron las primeras investigaciones, como por ejemplo las de **LUSCHKA (1858)** y **WELCKER (1878)**. Pero más recientemente los investigadores se declinan por la primera, como así lo hacen **SIMON (1923)**, **NEALE (1937)**, **HAINES (1947)**, **GARDNER y GRAY (1953)**, **ANDERSEN (1963)**. Nosotros también nos sumamos a esta última posición, pues hay una serie de situaciones que así lo aconsejan y avalan. Y de este modo, ya al final del periodo embrionario y comienzo del fetal se aprecia a

este tendón insertarse en la margen externa del labio articular, sirviendo igualmente, por estas fechas, de inserción al mesénquima que organiza la cápsula articular, siendo realmente difícil el distingo por su idéntica estructura. Será en la semana once cuando se comienza a manifestar claramente la diferenciación citoestructural de la cápsula articular, labio articular que se define más como fibrocartilago, y tendón de la cabeza larga del bíceps que sufre una mayor densificación. De ésto debemos resaltar e insistir en un hecho importante como es la idéntica citoestructura de la porción fibrosa de la cápsula articular y del tendón de la cabeza larga del bíceps en sus primeros momentos de formación, allá por el final del periodo embrionario y comienzo del fetal, cual si realmente el curso intracapsular del citado tendón resultara de una diferenciación mesenquimal del material de la interzona primaria. La realidad, nos parece, está próxima, pero no es así. Nosotros pensamos que se organiza a partir del mesénquima ambiental excéntrico a la futura membrana sinovial (emanada de aquel material periférico restante, una vez derivado el correspondiente al labio articular, al que se le suma el de la capa media de la interzona) y confundido con aquel mesénquima ambiental que ha de proporcionar el estrato externo o fibroso del manguito capsular, lo que como ya se ha apuntado anteriormente, viene corroborado por el curso en situación intracapsular y extrasinovial de este tendón, ya que si todo el manguito capsular derivara de la porción excéntrica de la interzona, sólo cabría la posibilidad que fuese necesariamente extracapsular.

En suma, de todo ello se deduce que el tendón de la cabeza larga del bíceps es un derivado del mesénquima embrionario ambiental periarticular excéntrico a aquel otro mesénquima derivado de la interzona que da origen a la membrana sinovial, y como consecuencia de ello, originarse y desarrollarse in situ, confirmando así las teorías que optan por esta consideración.

VII.- CONCLUSIONES

Se establece la morfogénesis de la articulación del hombro durante los estadios embrionarios y periodo fetal temprano y asimismo su horario morfogénico.

La organización de la articulación del hombro durante las mencionadas épocas evolutivas pasa por las siguientes fases:

A) FASE MESENQUIMAL INDIFERENTE

Comprende los estadios 13 a 16 de O'Rahilly, en la que no hay ninguna manifestación de los esbozos escápulo-humeral y por consiguiente de la articulación del hombro. Se aprecian sin embargo en los estadios 15 y 16, las imágenes representativas de preblastemas musculares definidas merced a la invasión previa en esta fase de los principales troncos nerviosos terminales del plexo braquial en cuyo entorno el mesénquima comienza a acumularse para tal fin.

B) FASE MESENQUIMAL CONDENSATIVA

Comprende los estadios 17 y comienzos del 18 de O'Rahilly, en la que se diferencian los blastemas precondrogénicos del par ósteo-articular y los blastemas premusculares.

Al comienzo del estadio 18 de O'Rahilly el molde precartilaginoso del húmero se dispone conjuntamente con la condensación mesenquimal escapular que aún no ha entrado en fase condrogénica, es decir, formando un todo mixto, ya que mientras es precartilago para el húmero sólo es mesenquimal para la escápula, resaltando que el proceso condrogénico del húmero antecede en el tiempo al de la escápula.

C) FASE CONDROGENICA O PRECARTILAGINOSA

Comprende el final del estadio 18 y estadio 19 de O'Rahilly.

La condensación mesenquimal escapular ha evolucionado a tejido precartilaginoso, de tal modo que sobre un molde condrogénico escápulo-humeral, inicialmente único, surge o, mejor, simplemente se define la interzona a finales del estadio 18, cuya persistencia como mesénquima indiferente contrasta con el precartilago del resto de dicho molde.

D) FASE CARTILAGINOSA

Comprende desde el estadio 20 de O'Rahilly hasta la 10ª semana del desarrollo, esta última ya en periodo fetal en la que se inician los primeros momentos de la fase osteogénica.

En esta fase cartilaginosa la articulación del hombro se perfila y remeda in miniature a la del adulto. Los sucesos evolutivos se acentúan en este periodo, afectando a las estructuras que destacamos y sintetizamos a continuación:

a) Cartílago hialino:

Derivado claramente de la pieza intermedia, se observa inicialmente con nitidez cuando ésta comienza su deslaminación en el estadio 21 de O'Rahilly de tal modo que mientras la banda media se hace laxa, las excéntricas tapizan con su densificación pericondral las superficies articulares, aportando el material del futuro cartílago hialino de las mismas.

b) Labio articular:

Derivado igualmente de la pieza intermedia, se comienza

observar en el estadio 20 de O'Rahilly con prolongación de la banda excéntrica del material mesodermal de la interzona que queda vecina o en aposición al molde escapular que ha de organizar la fosa articular de ésta.

c) Cavidad articular:

El proceso de cavitación comienza al unísono del proceso de deslaminación de la interzona, es decir, estadio 21 de O'Rahilly, gracias a lo que hemos dado en llamar gráficamente "la masa central hojaldrada de un pastel o confitura" ante la progresiva "huida periférica" del material de la lámina media de la interzona para contribuir a la formación de cartílago hialino, labio articular y de la membrana sinovial o estrato profundo de la cápsula articular.

Por otro lado y en primer lugar, entre el estadio 22 de O'Rahilly y la once semana del desarrollo donde la luz articular ya es completa, se aprecian unas bandas a manera de puentes célula-fibrilares entre las dos superficies articulares que se deben a la deslaminación de la capa media de la interzona, de la que representan su última instancia y que quedan temporalmente a manera de reliquias, y al adosamiento de las dos capas excéntricas, de tal modo que en conjunto ofrecen un aspecto "hojaldrado", al que hacíamos alusión, que al corte muestra esa peculiar disposición.

En segundo lugar, hacia el final del periodo embrionario y en el periodo fetal se pueden apreciar ocasionalmente que la deslaminación de la pieza intermedia, o lo que es igual, la luz de la futura cavidad articular es mayor en la perifería que en la zona central, borrando parcelariamente las áreas de adosamiento del par kinemático el lumen de dicha cavidad, produciéndose no al uso indebido del método usado, sino a un hecho convencional,

fruto de la sección, en consonancia con la motilidad que el embrión o feto empiezan a tener en el claustro materno y en relación directa con la posición articular del hombro en el momento preciso en el que se ha interrumpido la gestación.

d) Membrana sinovial:

Derivado también de la interzona, se aprecia en el estadio 20-21 de O'Rahilly, coincidiendo con el proceso de deslaminación, a partir del resto del material periférico de la pieza intermedia, una vez delimitado el correspondiente al labio articular, al que se le va sumando el de la capa media que va igualmente "huyendo" a medida que ocurre el citado proceso de deslaminación.

e) Cápsula articular y sus refuerzos ligamentosos:

Ya en el estadio 19 se puede observar el inicio de una condensación correspondiente al futuro manguito capsular, siendo más definitivamente en el estadio 20 y sobre todo 21 de O'Rahilly donde se aprecia con mayor exactitud. Se deriva en parte de la interzona y en parte del tejido ambiental periarticular, de tal modo que de la primera deriva el estrato profundo de la cápsula o membrana sinovial, mientras que del segundo procede el estrato fibroso y refuerzos ligamentosos, completando así su estructura.

f) Refuerzos músculo-tendinosos periarticulares:

En la fase cartilaginosa, a partir del estadio 20 de O'Rahilly constituyen blastemas premusculares bien definidos que posteriormente a partir del estadio 22 de O'Rahilly se aprecian como verdaderas formaciones estriadas con sus correspondientes tendones. No sólo son elementos activos de la articulación, sino que precisamente en la del hombro se convierten en elementos

protectores y de refuerzo capsular de tal entidad que en ocasiones son verdadera pared articular, lo cual viene a denunciar, una vez más, la presunción de que dichos tendones periarticulares se organizan del mismo mesénquima embrionario que elabora la porción fibrosa del manguito capsular y del tendón de la cabeza larga de bíceps. De ésto último se deduce que se originan in situ, y en relación al citado tendón de la cabeza larga del bíceps, por su peculiar recorrido intracapsular y extrasinovial, así como por su inserción en la base de la cara externa del labio articular, se corrobora que la porción fibrosa de la cápsula articular se derive del mismo material, es decir, de ese tejido conjuntivo ambiental periarticular, ya que si así no fuera, el tendón tendría que ser necesariamente extracapsular.

E) FASE OSTEOGENICA

Se inicia en la 10ª semana para el extremo cefálico del húmero no interesando aún en la 14ª semana la porción articular escapular, aunque por supuesto está ya presente en las porciones correspondientes a la diáfisis humeral y cuerpo escapular, que obviamente quedan fuera del estudio específico que realizamos de la articulación del hombro.

Llegadas estas horas en el desarrollo evolutivo de la articulación del hombro, su conformación parece estar definida por lo que remeda in miniature a la del adulto, a la espera de la ulterior maduración osteogénica que aquí se inicia, justamente donde nuestra labor, momentáneamente, en relación a la presente Tesis Doctoral concluye.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- AMPRINO, R.; CAMOSSO, M. (1955).- Le rôle morphogénétique de la crête ectodermique apicale du bourgeon des membres de l'embryon de Poulet. C.R. Ass. Anat., **42**: 197-203.
- AMPRINO, R.; CAMOSSO, M. (1958).- Experimental observations on influences exerted by the proximal over the distal territories of the extremities. Experientia, **14**: 241-245.
- AMPRINO, R.; CAMOSSO, M. (1959).- Observations sur les duplications expérimentales de la partie distale de l'ébauche de l'aile chez l'embryon de Poulet. Arch. Anat. Micr., **48**: 261-305.
- ANDERSEN, H. (1962).- Histochemical studies on the histogenesis of the human elbow joint. Acta Anat., **51**: 59-68.
- ANDERSEN, H. (1963).- Histochemistry and development of the human shoulder and acromio-clavicular joints with particular reference to the early development of the clavicle. Acta Anat., **55**: 124-165.
- ANDERSEN, H.; BRO-RASMUSSEN, F. (1961).- Histochemical studies on the histogenesis of the joints in Human Fetuses with special reference to the development of the joint cavities in the hand and foot. Am. J. Anat., **108**: 111-122.
- AREY, L.B. (1962).- Anatomía del Desarrollo. 6ª Edic. Ed. Vázquez. Buenos Aires.
- BAER, K.E.V. (1837).- Über Entwicklungsgeschichte der Thiere. Vol. 2. Königsberg. Bornträger.

- BALFOUR, F.M. (1885).- A treatise on Comparative Embryology. Vol. 2. Vertebrata. Mac Millan. London.
- BALINSKY, B.I. (1931).- Zur Dynamik der Extremitätenknospenbildung. Arch. Entw. Mech., 123: 566-648.
- BALINSKY, B.I. (1983).- Introducción a la Embriología. 5ª Ed. Ed. Omega. S.A. Barcelona.
- BARDEEN, C.R. (1905).- Studies of the development of the human skeleton. Am. J. Anat., 4: 265-302.
- BARLAND, P.; NOVIKOFF, A.B.; HAMERMAN, D. (1962).- Electron microscopy of the human synovial membrane. J. Cell Biol., 14: 207-220.
- BELL, E.; GASSELING, M.T.; SAUNDERS, J.W. (1962).- On the role of ectoderm in limb development. Develop. Biol., 4: 177-196.
- BELL, E.; KAIGHN, M.E.; FESSENDEN, L.M. (1959).- The role of mesodermal and ectodermal components in the development of the chick limb. Develop. Biol., 1: 101-124.
- BELL, E.; SAUNDERS, J.W.; ZWILLING, E. (1959).- Limb development in the absence of ectodermal ridge. Nature, 184: 1736-1737.
- BERNAYS, A. (1878).- Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen mit Bemerkung über die gelenke in allegemeinen. Gegenbaurs Morph. Jahrb., 4: 403-446.

- BERTRAND, P. (1923).- Notes sur la vascularisation des épiphyses chez le foetus. C. R. Ass. Anat., 18: 89-94.
- BLACK, B.M. (1934).- The prenatal incidence, structure and development of some human synovial bursae. Anat. Rec., 60: 333-335.
- BLECHSCHMIDT, E. (1948).- Funktionsentwicklung. I. Mechanische Genwirkungen. Musterschmidt. Göttingen.
- BLECHSCHMIDT, E. (1951).- Die frühembryonale lageentwicklung der gliedmaßen (Entwicklung der extremitäten beim menschen. Teil I). Z. Anat. EntwGesch., 115: 529-540.
- BODEMER, C.W. (1972).- Embriología Moderna. 1ª Ed. Nueva Editorial Interamericana, S.A. México.
- BOUCHET, A.; CUILLERET, J. (1986).- Anatomía Descriptiva, Topográfica y Funcional. Miembros Superiores. 2ª reimpresión. Ed. Panamericana. Buenos Aires.
- BRACHET, J. (1935).- Traité d'Embryologie des Vertébrés. 2ª. ed. Ed. Masson. París.
- BRADLEY, S.J. (1970).- An analysis of self-differentiation of chick limb buds in chorio-allantonic grafts. J. Anat., 107/3: 479-490.
- BRODIE, C.G. (1890).- Note on the transverse-humeral, coraco-acromial and coraco-humeral ligaments. J. Anat. and Physiol., 24: 247-252.

- BRUCH, C. (1852).- Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Knochensystems. Neue Denkschr. Schweiz. naturf. Ges., 12: 1-176.
- CAIRNS, J.M.; SAUNDERS, J.W. (1954).- The influence of embryonic mesoderm on the regional specification of epidermal derivatives in the chick. J. Exp. Zool., 127: 221-248.
- CAPLAN, A.I.; KOUTROUPAS, J. (1973).- The control of muscle and cartilage development in the chick limb: The role of differential vascularization. J. Embryol. exp. Morph., 29: 571-583.
- CARTER, T.C. (1954).- The genetics of luxate mice. J. Genet., 52: 1-35.
- CAUNA, N. (1963).- Concerning the nature and evolution of limbs. J. Anat., 97/1: 23-34.
- CELESTINO, A. (1945).- Elementos de Embriología. Librería Hachette, S.A. Buenos Aires.
- CLARK, W.E.; LE GROSS, P. (1928).- Preliminary communication on "An experimental study of the nature of the synovial membranes of the joints". J. Anat., 63: 152-154.
- CHAUBE, S. (1959).- On axiation and symmetry in transplanted wing of the chick. J. Exp. Zool., 140: 29-77.
- CHEVALLIER, A. (1978).- Etude de la migration des cellules somitiques dans le mésoderme somatopleural de

- l'ebauche de l'aile. Arch. Develop. Biol., **184**: 57-73.
- CHEVALLIER, A.; KIENY, M.; MAUGER, A. (1976).- Sur l'origine de la musculature de l'aile chez les Oiseaux. C.R. Acad. Sci., **282**: 309-311.
- CHEVALLIER, A.; KIENY, M.; MAUGER, A. (1977).- Limb-somite relationship: origin of the limb musculature. J. Embryol. exp. Morph., **41**: 245-258.
- CHRIST, B.; JACOB, H.J.; JACOB, M. (1974).- Ueber des ursprung der flügelmuskulatur. Experimentelle untersuchungen mit wachtel und hühnerembryonen. Experientia, **30**: 1446-1448.
- CHRIST, B.; JACOB, H.J.; JACOB, M. (1977).- Experimental analysis of the origin of the wing musculature in avian embryos. Anat. Embryol., **150**: 171-186.
- CHRIST, B.; JACOB, H.J.; JACOB, M. (1979).- Differentiating abilities of avian somatopleural mesoderm. Experientia, **35**: 1376-1377.
- DALQ, A. (1949).- The concept of physiological competition and his interpretation in morphogenesis. Exp. Cell. Res., Supl. 1: 483-496.
- DAVIES, D.V. (1945).- Anatomy and Physiology of diarthrodial joints. Am. Rheum. Dis., **5**: 29-42.
- DAVIES, D.V. (1946).- Synovial membrane and synovial fluid of joints. Lancet., **2**: 815-819.

- DAVIES, D.V. (1950).- Structure and function of synovial membrane. Br. Med. J., I: 92-95.
- DAVIES, D.V.; EDWARDS, A.W. (1948).- The blood supply of synovial membrane and intraarticular structures. Ann Roy. Coll. Surg. Eng., 2: 142-156.
- DECKER, J.D. (1967).- Motility of the turtle embryo, *Chelyda serpentina*. Science, 157: 952-954.
- DE LA VILLA, J. (1952).- Datos anatómicos discutibles referentes a la articulación escapulo-humeral. An. Acad. Nac. Med., 69/2: 221-259.
- DETWILER, S.R. (1933).- On the time of determination of the antero-posterior axis of the forelimb in *Amblystoma*. J. Exp. Zool., 64: 405-414.
- DICKSON, J.A.; O'DELL, H.W. (1952).- A phylogenetic study of recurrent anterior dislocation of the shoulder joint. Surg. Gynec. Obstet., 95/3: 357-365.
- DRACHMAN, D.B.; SOKOLOFF, L. (1966).- The role of movement in embryonic joint development. Develop. Biol., 14: 401-420.
- DULYAPIN, V.A. (1965).- Embryonal development of the shoulder joint in man. Sci. Res. Inst. of Devel. Physiol., 12: 450-454.
- EASTLICK, H.E. (1943).- Studies on trasplanted embryonic limbs of chick. The development of muscle in neverless and in innervated grafts. J. Exp. Zool., 93: 27-47.

- EBERL-ROTHER, G.; SONNENSCHNEIN, A. (1950).- Die ontogenetische
ausbildung des kniegelenkes beim Menschen. Z.
Anat. EntwGesch., 115: 252-272.
- EYRE-BROOK, A. (1942).- The morbid anatomy of a case of recurrent
dislocation of the shoulder. Br. J. Surg., 30:
32-37.
- FABER, J. (1971).- Vertebrate limb ontogeny and limb regenera-
tion: morphogenetic parallels. Advanc. Morph., 9:
127-147.
- FALDINO, G. (1921).- Ricerche sullo sviluppo delle articolazioni.
Chir. d. Org. di Mov., 5: 609-651.
- FELL, H.B.; CANTI, R.B. (1934).- Experiments on the development
in vitro of the avian knee joint. Proc. Roy. Soc.,
116: 316-351.
- FERNANDEZ, J. (1982).- Heteroinjertos heterocrónicos de material
del miembro. Trab. Inst. Embriol., 2: 7-16.
- FILATOW, D. (1928).- Über die Verpflanzung des epithels und des
mesenchyms einer vorderen extremitätenknospe bei
embryonen von Axolotl. Arch. Entw. Mech., 113:
240-244.
- FISCHEL, A. (1929).- Lehrbuch der Entwicklung des Menschen.
Springer. Berlin.
- GARDNER, E. (1963).- The development and growth of bones and
joints. J. Bone Jt. Surg., 45: 856-862.

- GARDNER, E. (1973).- The early development of the shoulder joint in stages human embryos. Anat. Rec., 175: 503.
- GARDNER, E.; GRAY, D.J. (1953).- Prenatal development of the human shoulder and acromioclavicular joints. Am. J. Anat., 92/2: 219-276.
- GARDNER, E.; GRAY, D.J.; O'RAHILLY, R. (1957).- The prenatal development of the skeleton and joints of the human hand. Am. J. Anat., 101: 169-224.
- GARDNER, E.; GRAY, D.J.; O'RAHILLY, R. (1969).- Anatomy. 3^a ed. W.B. Saunders. Philadelphia.
- GASSER, R.F. (1975).- Atlas of Human Embryos. Harper and Row Publishers. New York.
- GENIS, J.M. (1970).- Biología del Desarrollo. Fundamentos de Embriología. 1^a ed. Editorial Espaxs. Barcelona.
- GHADIALLY, F.; ROY, S. (1966).- Ultrastructure of rabbit synovial membrane. Ann. Rheum. Dis., 25: 318-326.
- GLUCKSMANN, A. (1939).- Studies on bone mechanics in vitro. II. The role of tension and pressure in chondrogenesis. Anat. Rec., 73: 39-51.
- GRAY, D.J.; GARDNER, E. (1950).- Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints. Am. J. Anat., 86: 235-288.
- GRIM, M. (1970).- Differentiation of myoblast and the relationship between somites and the wing bud of the chick embryo. Z. Anat. Entwicklung., 132: 260-271.

- GUILLEN, P. (1987).- Diferenciación heterotópica de miembro a partir de desagregados celulares de áreas presuntivas y esbozos de miembro. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid.
- GUMPEL-PINOT, M. (1980).- Ectoderm and mesoderm interactions in the limb bud of the chick embryo studied by transfilter cultures: cartilage differentiation and ultrastructural observations. J. Embryol. exp. Morph., 59: 157-173.
- GUMPEL-PINOT, M. (1981).- Ectoderm-Mesoderm interactions in relation to limb-bud chondrogenesis in the chick embryo: transfilter cultures and ultrastructural studies. J. Embryol. exp. Morph., 65: 73-87.
- GUTIERREZ, M.; MONTERO, C.; GARCÍA, J.D. (1963).- Coloración histológica policroma de embriones. An. Desarr., 11/23: 53-56
- HAGEN-TORN, O. (1882).- Entwicklung und Bau der Synovialmembranen. Arch. F. Mikr. Anat., 21: 591-663.
- HAINES, R.W. (1947).- The development of joints. J. Anat., 81: 33-35.
- HAMBURGER, V. (1929).- Ueber der einfluss des nerven system auf die entwicklung der extremitäten von Rana fusca. Roux Arch., 105: 149-201.
- HAMBURGER, V. (1938).- Morphogenetic and axial self-differentiation of transplanted limb primordia of 2-day chick embryos. J. Exp. Zool., 77: 379-400.

- HAMBURGER, V. (1939).- The development and innervation of transplanted limb primordia of chick embryos. J. Exp. Zool., 80: 347-390.
- HAMBURGER, V. (1968).- Emergence of nervous coordination. Origin of integrated behavior. Develop. Biol., Suppl. 2: 251-271.
- HAMBURGER, V.; WANGH, M. (1940).- The primary development of the skeleton in limbs trasplants of chick embryos. Physiol. Zool., 13: 367-383.
- HAMILTON, W.J.; MOSSMAN, H.W. (1975).- Embriología Humana. 4ª ed., Editorial Interamericana. Buenos Aires.
- HAMMAR, J.A. (1894).- Ueber des feineren Bau der Gelenke. I. Die Gelenk Membran. Arch. F. Mikr. Anat., 43: 266-326.
- HAMPE, A. (1960).- Sur l'induction et la competence dans les relations entre l'epiblaste et le mesenchyme de la patte du Poulet. J. Embryol. exp. Morph., 8: 246-250.
- HARRISON, R.G. (1904).- An experimental study of the relation of the nervous system to the developing musculature in the embryo of the frog. Am. J. Anat., 3: 197-214.
- HARRISON, R.G. (1918).- Experiments on the development of the forelimb of *Amblystoma*, a self-differentiating equipotential system. J. Exp. Zool., 25: 413-462.

- HARRISON, R.G. (1925).- The effect of reversing the medio-lateral or transverse axis of the forelimb bud in the salamander embryo. Roux Arch. EntwMech. Organ., **106**: 469-502.
- HARRISON, R.G. (1931).- Experiments on the development and growth of limbs in the Amphibia. Science, **74**: 575-576.
- HENKE, W.; REYHER, C. (1874).- Studien Über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen. Akad. der Wiss Wien., **3/70**: 217-273.
- HERTZ, H.; WEINSTABL, R.; GRUNDSCHÖBER, F.; ORTHNER, E. (1986).- Macroscopical and microscopical anatomy of the shoulder joint and the limbus glenoidalis. Acta Anat., **125/2**: 96-100.
- HESSER, J. (1926).- Beiträge zur Kenntnis der Gelenkentwicklung beim Menschen. Morph. Jahrb., **55**: 489-567.
- HOLDER, N. (1978).- The onset of osteogenesis in the developing chick limb. J. Embryol exp. Morph., **44**: 15-29.
- HOLLINSHEAD, W.H. (1958).- Anatomy for surgeons. Vol. III, Cassell and Co. London.
- HUETER, C. (1866).- Zur histologie der Gelenkflächen und Gelenkkapseln mit einem Kritischen vorwort über die Versilberungsmethode. Virchow's Archiv. F. Path. Anat. u Physiol. u F. Klin. Med., **36**: 25-80.
- JACOP M.; CHRIST, B. JACOB, H.J. (1978).- On the migration of myogenic stem cells into the prospective wing

- region of chick embryos. Anat. Embryol., 153: 179-193.
- JIMENEZ, J. (1981).- Cultivo "in vitro" de esbozos de miembro. Trab. Inst. Embryol., 2: 64-79.
- JIMENEZ, J. (1982).- Mecanismo formal del cingulum en embriones de vertebrados. Trab. Inst. Embriol., 3: 27-41.
- JIMENEZ, J.; PUCHADES, A. (1971).- Grafts of heterotopic areas in birds embryos. Anat. Rec., 64: 34-47.
- KAZZANDER, J. (1894).- Ueber die entwicklung des kniegelenkes. Arch. F. Anat. U. Ent., 7: 161-171.
- KEITH, A. (1933).- Human Embriology and Morphology. 5^a ed. Ed. Williams Wood y Cía. Baltimore.
- KIENY, M. (1959).- Rôle du mésoderme dans le développement du bourgeon de membre chez l'embryon de Poulet. C.R. Acad. Sci., 249: 1571-1573.
- KIENY, M. (1960).- Rôle inducteur du mésoderme dans la différenciation précoce du bourgeon de membre chez l'embryon de poulet. J. Embryol, exp. Morph., 8: 457-467.
- KIENY, M. (1968). Variation de la capacité inductrice du mésoderme et de la compétence de l'ectoderme au cours de L'induction primaire du bourgeon de membre, chez l'embryon de poulet. Arch. Anat. Micros., 57: 401-418.

- KIENY, M. (1971).- Les phases d'activité morphogène du mésoderme somatopleural pendant le développement précoce de membre chez l'embryon de poulet. Ann. d'Embryol. Morph., 4: 281-298.
- KIENY, M.; BURGBAL, L. (1970).- Sur le rôle du mésoderme somitique dans la différenciation de la patte de l'embryon de poulet. C.R. Acad. Paris., 270: 1009-2014.
- KIENY, M.; CHEVALLIER, A. (1980).- Existe-t-il une relation spatiale entre le niveau d'origine des cellules somitiques myogènes et leur localisation terminale dans l'aile?. Arch. Anat. Micr. Morph. Exp., 69: 35-46.
- KIENY, M.; MAUGER, A.; CHEVALLIER, A.; SENDEL, P. (1979).- Origine embryologique des muscles lisses cutanés chez les Oiseaux. Arch. Anat. Micr. Morph. Exp., 68: 283-290.
- KIENY, M.; PAUTOU, M.P.; CHEVALLIER, A. (1981).- On the stability of the myogenic cell line in avian limb bud development. Arch. Anat. Microsc. Morphol. Exp., 70/2: 81-90.
- KISILEV, N.V. (1956).- Development of the shoulder joint of man in the embryonal period. Trud. Astrakh. Med. Inst., 12/1: 72-82.
- KOLLIKER, A. (1879).- Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Zweite Auflage. Leipzig.

- LANGER, M. (1929).- Ueber die Entwicklung des Kniegelenkes. Z. Anat. EntwGesch., 89: 83-101.
- LEWIS, W.H. (1901).- The development of the arm in man. Am. J. Anat., 1: 145-184.
- LINCK, G.; PORTE, A. (1978).- B cells of the synovial membrane. II. Differentiation during development of the synovial cavity in the mouse. Cell Tiss. Res., 195: 251-265.
- LUSCHKA, H. (1858).- Die Halbegelenke des menschlichen Körpers. Berlín. (Citado por Haines, 1947).
- LLUSA, M.; SUSO, S.; RUANO, D. (1988).- Recording of chick embryo movements and their correlation with joint development. Acta Anat., 132: 55-58.
- MADERSON, P.F. (1967).- A comment on the evolutionary origin of vertebrate appendages. Amer. Nat., 101: 71-78.
- MARTINO, L. (1935).- Osservazioni sullo sviluppo delle articolazioni tra ossa di origine condrale. Fisiol. e Med., 6: 589-605.
- Mc LACHLAN, J.C.; HORNBRUCH, A. (1979).- Muscle-forming potential of the non-somitic cells of the early avian limb bud. J. Embryol. exp. Morph., 54: 209-217.
- MAUGER, A.; KIENY, M. (1980 a).- Sur les potentialités des cellules myogènes contenues dans les masses pré musculaires des membres des Oiseaux. C.R. Acad. Sci., 290: 779-781.

- MAUGER, A.; KIENY, M. (1980 b).- Migratory and organogenetic capacities of muscle cells in bird embryos. Arch. Devel. Biol., 139: 123-134.
- MILAIRE, J. (1957).- Contribution à la connaissance morphologique et cytochimique des bourgeons de membres chez quelques reptiles. Arch. Biol., 68: 429-512.
- MILAIRE, J. (1963).- A morphological and cytochemical study of the development of the limbs of mice and the mole. Arch. Biol., 74: 129-317.
- MILAIRE, J. (1978).- Etude morphologique, histochimique et autoradiographique du développement du squelette des membres chez l'embryon de souris. I. Membres antérieurs. Arch. Biol., 89: 169-216.
- MILAIRE, J. (1983).- Patterns of dephosphorylating activities in the mesoderm of developing mouse limb buds. I.5' Nucleotidase, non specific ATP-phosphohydrolase and alkaline phosphatase in normal forelimb buds. Arch. Biol., 94: 301-344
- MITROVIC, D. (1971).- La nécrose physiologique dans le mésenchyme articulaire des embryons de rat et de poulet. C.R. Hebd. Séanc. Acad. Sci., 273: 642-645.
- MITROVIC, D. (1977).- Development of the metatarsophalangeal joint of the chick embryo. Morphological, ultrastructural and histochemical studies. Am. J. Anat., 150: 333-348.
- MITROVIC, D. (1978).- Development of the Diarthrodial Joints in the Rat Embryo. Am. J. Anat., 151: 475-486.

- MITROVIC, D. (1982).- Development of the Articular Cavity in Paralyzed chick Embryos and the chick Embryo Limb Buds Cultured on Chorioallantoic membranes. Acta Anat., 113/4: 313-324.
- MOORE, K.L. (1985).- Embriología básica: 2ª ed. Nueva Editorial Interamericana. México.
- MUNARON, G. (1954).- Rilievi istochimici ed istofisici sul mesenchima intermedio delle articolazioni embrionali e sui suoi derivati. Monit. Zool.Ital., 63: 347-349.
- MURILLO, N.L. (1963).- Análisis experimental de la participación del mesoblasto paraaxial sobre la morfogénesis de los miembros en el embrión de las aves. Anal. Desarr., 11/23-25: 63-67.
- MURRAY, P.D.F.; DRACHMAN, D.B. (1969).- The role of movement in the development of joints and related structures: the head and neck in the chick embryo. J. Embryol. exp. Morph., 22: 349-371.
- MURRAY, P.D.F.; SELBY, D. (1930).- Intrinsic and extrinsic factors in the primary development of the skeleton. Roux Arch. EntwMech. Organ., 122: 629-662.
- NARBAITZ, R. (1975).- Embriología. Editorial Panamericana. Buenos Aires.
- NATHANSON, M.A.; HILFER, S.R.; SEARLS, R.L. (1978).- Formation of cartilage by nonchondrogenic cell types. Develop. Biol., 64: 99-117.

- NATHANSON, M.A.; HAY, E.D. (1980).- Analysis of cartilage differentiation from skeletal muscle grown on bone matrix. Develop. Biol., 78: 301-331.
- NAUJOKS, H. (1953).- Der einfluss kurzfristigen sauerstoffmangels auf die entwicklung des hühnchens in den ersten fünf bruttagen. Beitr. Path. Anat., 113: 221-252.
- NEALE, R.M. (1937).- The alleged transmigration of the long tendon of the biceps brachii. Anat. Rec., 67: 205-218.
- NOGAMI, H.; URIST, N.R. (1970).- A substratum of bone matrix for differentiation of mesenchymal cells into chondrogenous tissues in vitro. Exp. Cell Res., 63: 404-410.
- NOGAMI, H.; URIST, N.R. (1974).- Substrata prepared from bone matrix for chondrogenesis in tissue culture. J. Cell Biol., 62: 510-519.
- O'RAHILLY, R.; GARDNER, E. (1972).- The initial appearance of ossification in staged human embryos. Am. J. Anat., 134: 291-308.
- O'RAHILLY, R.; GARDNER, E. (1975).- The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryo. Anat. Embryol., 148: 1-23.
- O'RAHILLY, R.; BOSSY, J.; MULLER, F. (1981).- Introduction à l'étude des stades embryonnaires chez l'embryon humaine. Bull. Ass. Anat., 65/183: 141-234.

- O'RAHILLY, R.; GARDNER, E.; GRAY, D.J. (1956).- The ectodermal thickening and ridge in the limbs of staged human embryos. J. Embryol. exp. Morph., 4: 254-264.
- ORTS, F. (1985).- Anatomía Humana. Tomo I. 6ª ed. Editorial Científico Médica. Barcelona.
- PALACIOS, J.; RHODE, M. (1980).- Embriología de la rodilla. IV Simposium Internacional de Traumatología. Fundación-Ed. Mapfre. Madrid.
- PATTEN, B.M. (1958).- Embriología Humana. 2ª Ed. Reimpresión. Librería El Ateneo Editorial. Buenos Aires.
- PATURET, G. (1951).- Traité d'Anatomie Humaine. Vol. 2. Editorial Masson. París.
- PERSSON, M. (1963).- The role of movements in the development of sutural and diarthrodial joints tested by longterm paralysis of chick embryos. J. Anat., 137/3: 591-599.
- PINOT, M. (1970).- Le rôle du mésoderme somitique dans la morphogenèse des membres de l'embryon de Poulet. J. Embryol. exp. Morph., 23: 109-151.
- PUJIULA, J. (1943).- Embriología del Hombre y demás Vertebrados. 2ª ed. Editorial Casals. Barcelona.
- REITERER, M.E. (1902).- Ebauche esquelettógene des membres, et developpement des articulations. J. Anat. et Physiol., 38: 473-623.

- ROMANES, G.J. (1981).- Cunningham's Textbook of Anatomy. 12^a ed.
Oxford University Press. Oxford.
- ROSENFELD, M.C. (1898).- Die Bänder des Schultergelenkes beim Menschen und einigen Säugetieren. Anat. Hefte, **34/35**: 339-358.
- ROTMANN, E. (1931).- Die Rolle des ektoderms und mesoderms bei der formbildung der extremitäten von Triton. I. Operation in gastrula-stadium. Roux Arch. EntwMech. Organ., **124**: 747-794.
- ROUVIERE, H.; DELMAS, A. (1987).- Anatomía Humana, Descriptiva Topográfica y Funcional. Tomo III. 9^a ed. Editorial Masson S.A. Barcelona.
- RUANO, D.; NARDI, J.; TEIXIDOR, A. (1980).- Embryonic mobility and joint development. Folia Morphol., **28/3**: 221-223.
- RUANO, D.; NARDI, J.; TEIXIDOR, A. (1985).- Embryonal hypermobility and articular development. Acta Anat., **123**: 90-92.
- RUANO, D.; NARDI, J.; TEJEDO, A. (1978).- Influence of extrinsic factors on the development of the articular system. Acta Anat., **101**: 36-44.
- SADLER, T.W. (1986).- Langman. Embriología Médica.- 5^a ed. Editorial Médica Panamericana, S.A. Buenos Aires.
- SAUNDERS, J.W. (1948).- The proximo-distal sequence in origin of the parts of the chick wing and the role of the ectoderm. J. Exp. Zool., **108**: 363-404.

- SAUNDERS, J.W. Jr.; CAIRNS, J.M.; GASSELING, M.T. (1957).- The role of the apical ridge of ectoderm in the differentiation of the morphological structure and inductive specificity of limb parts in the chick. J. Morph., 101: 57-87.
- SAUNDERS, J.W.; GASSELING, M.T.; BERTIZAL, J. (1959).- The distribution of factors affecting the symmetry of skeletal parts in the wing bud of the chick embryo. Anat. Rec., 133: 332-333.
- SAUNDERS, J.W.; GASSELING, M.T.; GFELLER, M.D. (1958).- Interactions of ectoderm and mesoderm in the origin of axial relationships in the wing of the fowl. J. Exp. Zool., 137: 39-74.
- SAUNDERS, J.W.; REUSS, C. (1974).- Inductive and axial properties of prospective wing-bud mesoderm in the chick embryo. Develop. Biol., 38: 41-50.
- SCHOWING, J.; CELERS, J. (1973).- Influence inductrice de l'encephale embryonnaire sur le developpement du crane chez le poulet. J. Embryol. exp. Morph., 39: 83-94.
- SCHULIN, K. (1879).- Uber die Entwicklung und weitere Ausbildung der Gelenke de Menschinnen Körpers. Arch. F. Anat. V. Physiol., 5: 240-274.
- SCHUSTER, H. (1878).- Zur Entwicklungsgeschichte des Hulf und Kniegelenkes. Mitth. A. D. Embryol., 17: 199-221.

- SEARLS, R.L.; JANNERS, M. (1969).- The stabilization of cartilage forming mesenchyme of the embryonic chick limb. J. Exp. Zool., 170: 365-376.
- SEICHERT, V. (1979).- The spatial interrelationship of the Body Wall mesoderm and ectoderm of the chick embryo at the level of the developing limbs. Folia Morphol., 27: 310-317.
- SIMON, S. (1923).- Beiträge zur Entwicklung des Schultergelenkes beim Menschen. Math.-naturw. Kl., 130/131: 61-95.
- SISSONS, H.A. (1956).- The Growth of Bone: Biochemistry and Physiology of Bone. Editorial Academic Press. New York.
- SOLERE, M.; HAEGEL, P. (1970).- Embriología. Cuadernos Prácticos. T. II. Editorial Toray-Masson, S.A. Barcelona.
- STEINER, K. (1928).- Entwicklungsmechanische untersuchungen über die bedeutung des ektodermalen epithels der extremitätenknospe von Amphibienlarven. Arch. Entw. Mech., 113: 1-11.
- STOFFT, E.; EFFENDY, W. (1985).- Development and Morphology of rat synovial membrane. Acta Anat., 121: 36-40.
- STREETER, G.L. (1945).- Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age group XIII, embryos about 4 or 5 millimeters long, and age group XIV, period of indentation of the lens vesicle. Contrib. Embryol., 31: 27-63.

- STREETER, G.L. (1948).- Developmental horizons in human embryos. Descriptions of age groups XV, XVI, XVII, and XVIII, being the third issue of a survey of the Carnegie Collection. Contrib. Embryol., 32: 133-203.
- STREETER, G.L. (1949).- Developmental horizons in human embryos. A review of the histogenesis of cartilage and bone. Contrib. Embryol., 33: 149-167.
- SUTTON, J.B. (1885).- On the nature of ligaments (Part. II). J. Anat. and Physiol., 19: 27-50.
- TAURE, M. (1930).- Manual de Embriología Humana. Editorial Librería Síntesis. Barcelona.
- TESTUT, L.; LATARJET, A. (1978).- Tratado de Anatomía Humana. Tomo I. 2ª Reimpresión. Salvat Editores S.A. Barcelona.
- THORNTON, C.S. (1956).- Epidermal modifications in regenerating and in non-regenerating limbs of anuran larvae. J.Exp. Zool., 131: 373-394.
- TORNIER, G. (1894).- Das Entstehen der Gelenkformen. Veshandl. d. Anat. Gessellsch., 8: 95-102.
- TSCHUMI, P.A. (1957).- The growth of the hindlimb bud of *Xenopus laevis* and his dependence upon the epidermis. J. Anat., 91: 149-173.
- UHTHOFF, H.K.; PISCOPO, M. (1985).- Anterior capsular redundancy of the shoulder: Congenital or traumatic? J. Bone Jt. Surg., 67/B: 363-366.

- VELPEAU, A. (1843).- Recherches sur les cavités closes. An. Chir. Fran. étrang., 7: 302-314.
- WASSILEV, W. (1972).- Elektronenmikroskopische und histochemische untersuchungen zur entwicklung des kniegelenkes der ratte. Z. Anat. Entwgesch., 137: 221-238.
- WELCKER, H. (1878).- Die Einwanderung der Bicepssehne in das Schultergelenk. Nebst Notizen fiber ligamentum interarticulare humeri und lig. teres femoris. Arch. F. Anat. u. Entwegsgesch., 1: 20-42.
- WHILLIS, J. (1940).- The development of synovial joints. J. Anat., 74: 277-283.
- WILLIAMS, P.L.; WARWICK, R. (1985).- Gray Anatomia. Tomo 1. 36^a ed. Editorial Salvat, Barcelona.
- WINDLE, W.F. (1944).- Genesis of somatic motor function in mammalian embryos: a synthesizing article. Physiol. Zool., 17: 247-260.
- WINDLE, W.F.; FITZGERALD, J.E. (1937).- Development of the spinal reflex mechanism in human embryos. J. Comp. Neurol., 67: 493-509.
- WINDLE, W.F.; ORR, D.W. (1934).- The development of behavior in chick embryos: spinal cord structure correlated with early somatic motility. J. Comp. Neurol., 60: 287-307.
- ZWILLING, E. (1949).- The role of epithelial components in the developmental origin of the "wingless" syndrome of chick embryos. J. Exp. Zool., 111: 175-187.

- ZWILLING, E. (1955).- Ectoderm-mesoderm relationship in the development of the chick embryo limb bud. J. Exp. Zool., 128: 423-441.
- ZWILLING, E. (1956 a).- Interaction between limb bud ectoderm and mesoderm in the chick embryo I. Axis establishment. J. Exp. Zool., 132: 157-171.
- ZWILLING, E. (1956 b).- Reciprocal dependence of ectoderm and mesoderm during chick embryo limb development. Am. Nat., 90: 257-265.
- ZWILLING, E. (1961).- Limb morphogenesis. Rev. Advant. Morph., 1: 301-330.
- ZWILLING, E. (1966).- Cartilage formation from so called myogenic tissue of chick embryo limbs buds. Ann. Med. Exp. Biol. Fenn., 44: 134-139.
- ZWILLING, E. (1972).- Limb Morphogenesis. Develop. Biol., 28: 12-17.
- ZWILLING, E.; HANSBOROUGH, L.A. (1956).- Interaction between limb bud ectoderm and mesoderm in the chick embryo. III Experiments with polydactylous limbs. J. Exp. Zool., 132: 219-239.