

Fig. 20-1


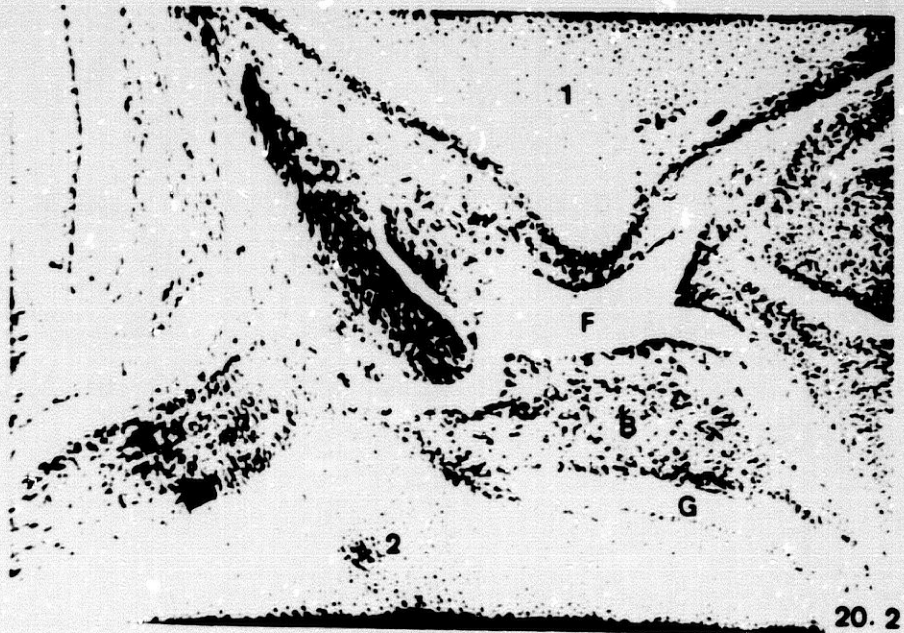
- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 96.1.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
-  :Espina de la tibia.
- 3 :Rótula.
- 9 :Músculo cuádriceps femoral y tendón.
- 0 :Tendón rotuliano.
- B :Menisco interno.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.
- H :Cámara fémoro-rotuliana.

Fig. 20-2

- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 96.1.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- :Espina de la tibia.
- B :Menisco interno.
- D :Ligamento cruzado posterior. Detalle.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Menisco-tibial interna.



20.1



20.2

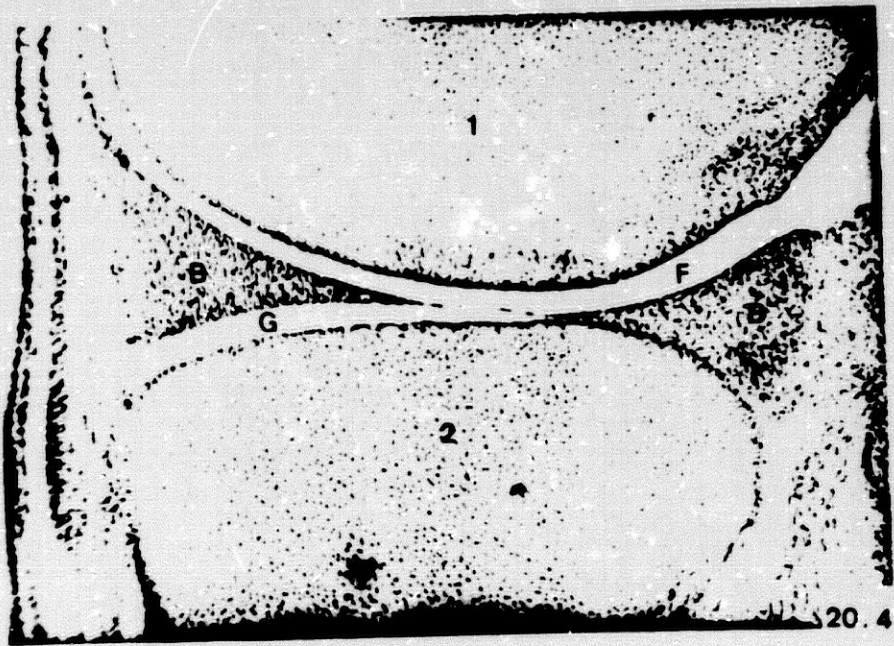


Fig. 20-3

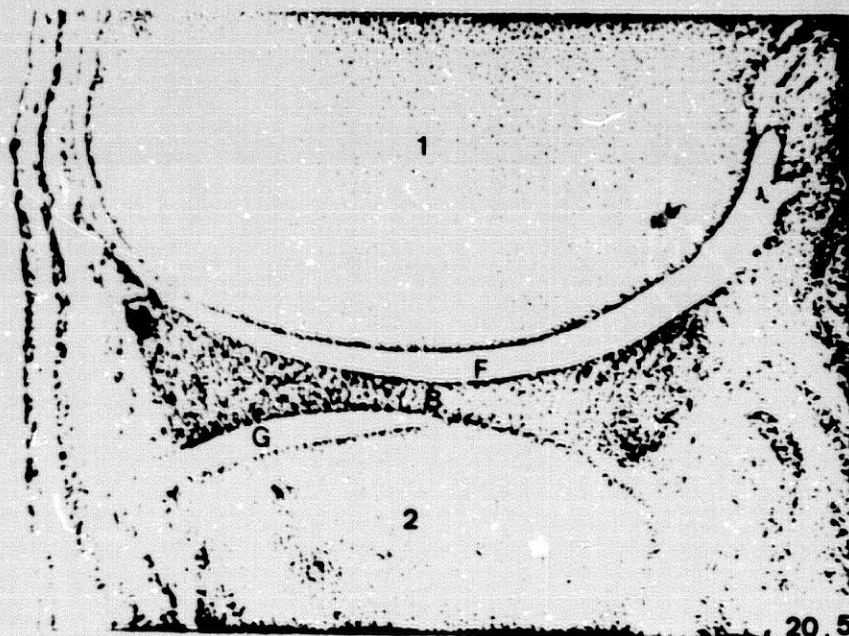
- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 5.1.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- 3 :Rótula.
- 7 :Nervio ciático poplíteo interno.
- 9 :Tendón del músculo cuádriceps femoral.
- 0 :Tendón rotuliano.
- B :Menisco interno.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- G :Cámara menisco-tibial.
- LA :Ligamento adiposo.
- H :Cámara fémoro-rotuliana.

Fig. 20-4

- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 32.1.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- B :Menisco interno. Detalle.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.

Fig. 20-5

- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 38.1.1.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- B :Menisco interno. Detalle.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.



20.5



20.6



20.7

Fig. 20-6

- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 41.1.3.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- 4 :Peroné.
- 7 :Nervio ciático poplíteo interno.
- 8 :Nervio ciático poplíteo externo.
- A :Menisco externo.
- F :Cámara fémoro-meniscal externa.
- G :Cámara menisco-tibial externa.
- R :Cámara tibio-peronea proximal.
- P :Músculo poplíteo.
- V :Vena poplíteo.

Fig. 20-7

- Feto humano: B.B.-3.
- Corte: 44.1.1.
- 1 :Cóndilo femoral externo.
- 2 :Tibia.
- 4 :Peroné.
- 8 :Nervio ciático poplíteo externo.
- A :Menisco externo.
- F :Cámara fémoro-meniscal externa.
- G :Cámara menisco-tibial externa.

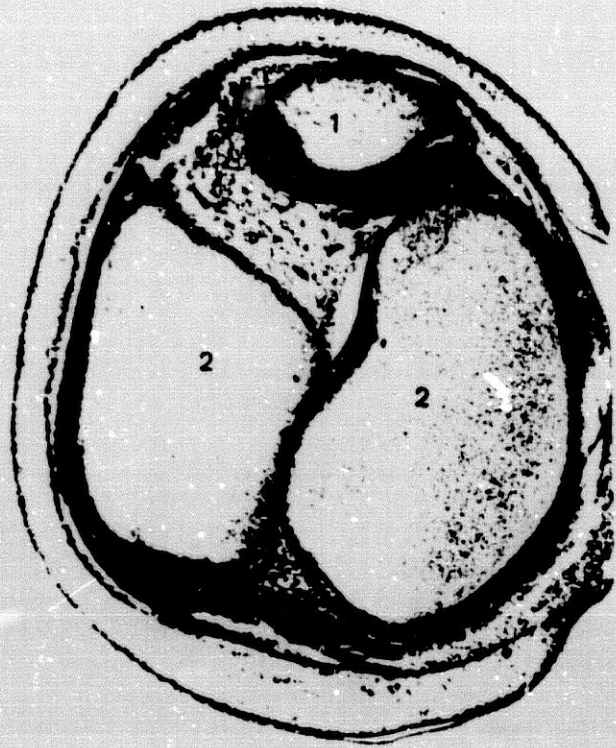


Fig. 21-1

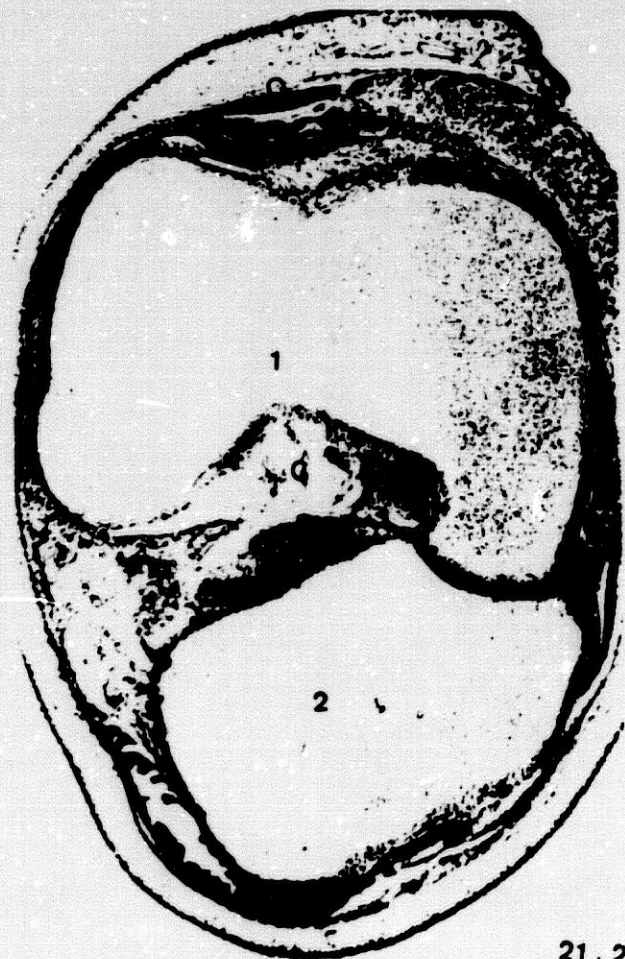
- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 83.2.2.
- 1 :Fémur. Constituido por tejido condrógeno maduro.
- 2 :Tibia. Constituido por tejido condrógeno maduro.

Fig. 21-2

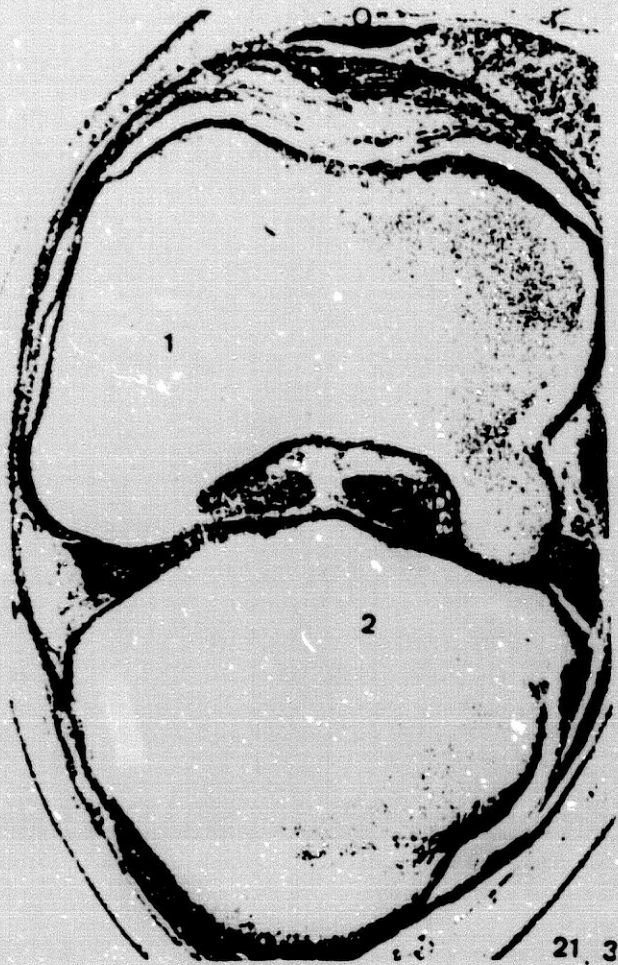
- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 94.2.2.
- 1 :Fémur. Cóndilos y escotadura intercondílica.
- 2 :Tibia.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- O :Tendón rotuliano.



21.1



21.2



21.3



21.4

Fig. 21-3

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 98.2.2.
- 1 :Fémur. Cóndilos y escotadura intercondílica.
- 2 :Tibia.
- A :Menisco externo.
- B :Menisco interno.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- K :Cápsula articular, fijándose en meniscos.

Fig. 21-4

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 3.2.2.
- 1 :Fémur. Detalle del cóndilo externo.
- 2 :Tibia.
- A :Menisco externo.
- E :Ligamento lateral externo.
- K :Cápsula articular, insertándose en meniscos.

Fig. 21-5

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 47.2.2.
- 1 :Cóndilo femoral interno.
- 2 :Tibia.
- 3 :Rótula.
- 9 :Tendón del músculo cuádriceps.
- 0 :Tendón rotuliano.
- LA :Ligamento adiposo.
- N :Músculo gastrocnemius medial.
- D :Ligamento cruzado posterior.

Fig. 21-6

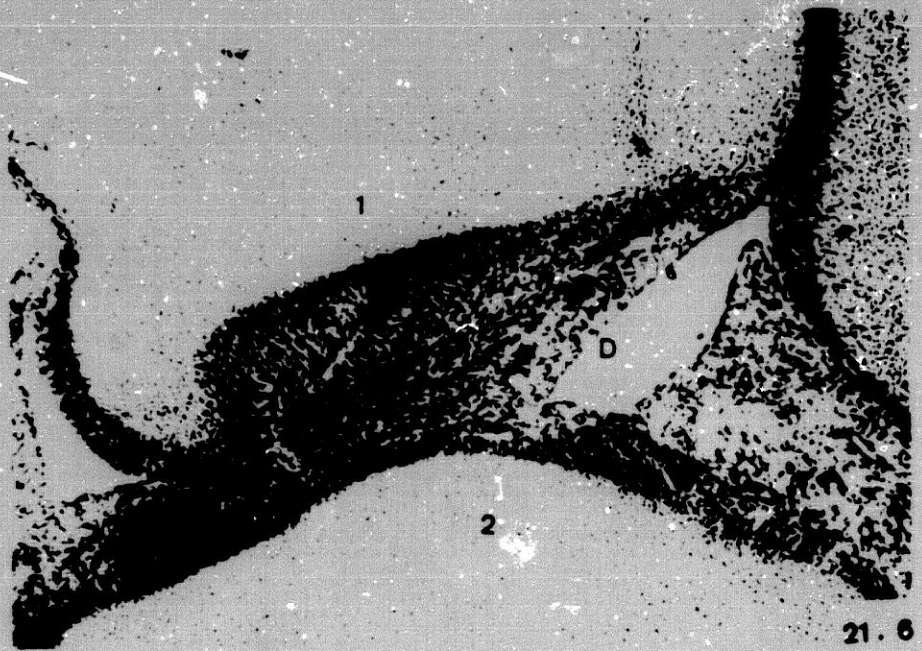
- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 46.2.2.
- 1 :Cóndilo femoral interno.
- 2 :Tibia.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- LA :Ligamento adiposo

Fig. 21-7

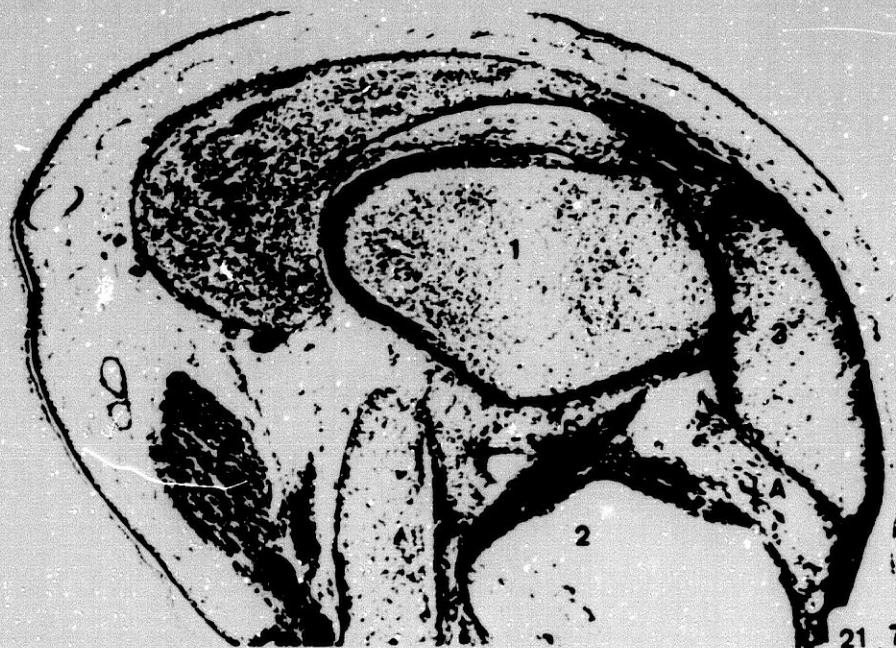
- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 50.2.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- 3 :Rótula.
- 9 :Tendón del músculo cuádriceps.
- 0 :Tendón rotuliano.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- LA :Ligamento adiposo.



21.5



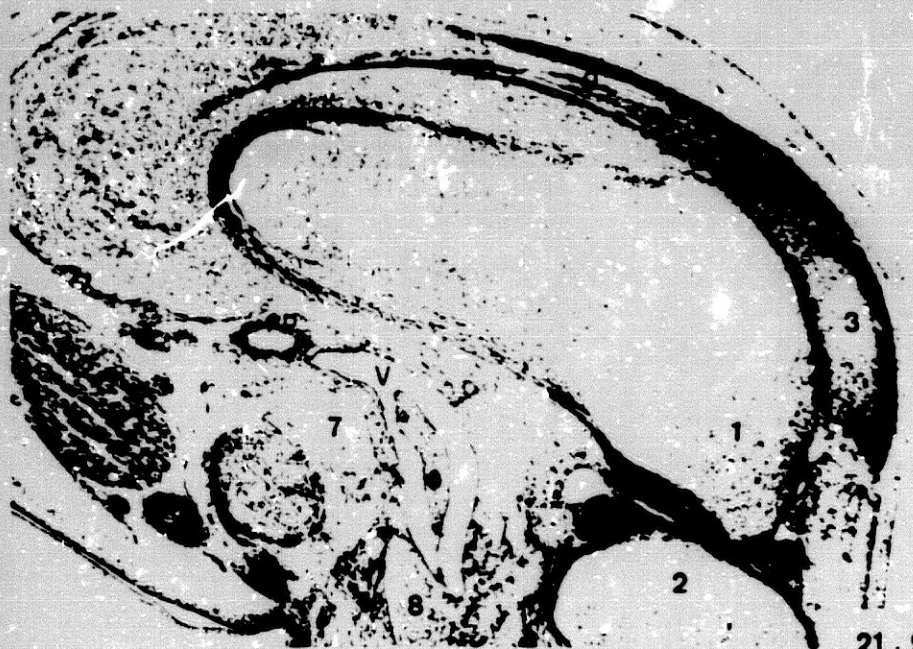
21.6



21.7



21. 8



21. 9



21.10

Fig. 21-8

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 50.2.2
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.

Fig. 21-9

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 62.2.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- 3 :Rótula.
- 7 :Nervio ciático poplíteo interno.
- 8 :Nervio ciático poplíteo externo.
- 9 :Tendón músculo cuádriceps.
- A :Menisco externo.
- AP :Arteria poplíteo.
- V :Vena poplíteo.

Fig. 21-10

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 67.2.2.
- 1 :Cóndilo femoral externo.
- 2 :Tibia.
- 7 :N.ciático poplíteo interno.
- 8 :N.ciático poplíteo externo.
- A :Menisco externo.
- P :Músculo poplíteo.
- V :Vena poplíteo.



Fig. 21-11

- Feto humano: S.A.-4.
- Corte: 67.2.2.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- A :Menisco externo.

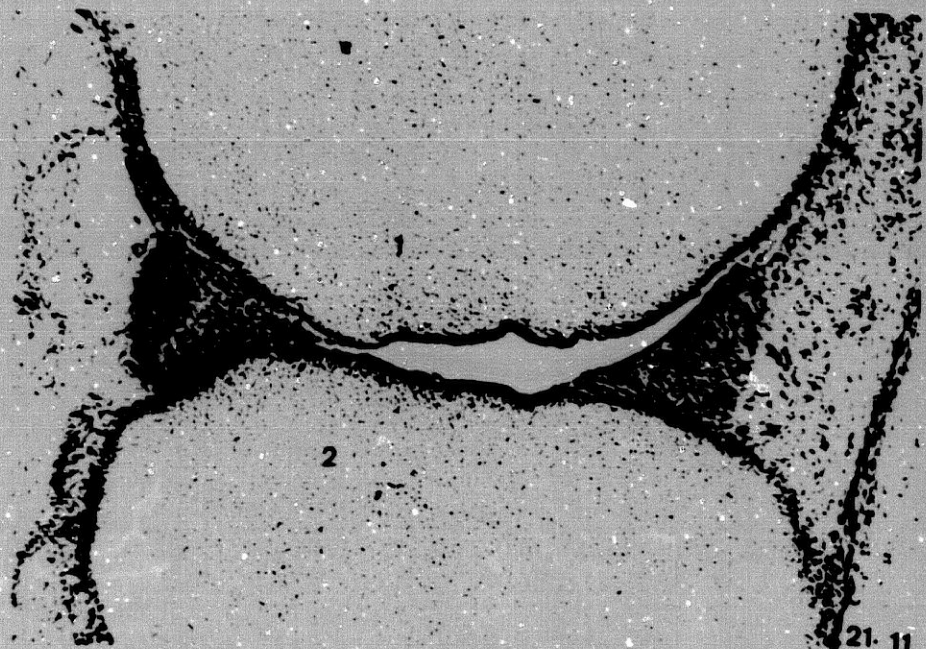
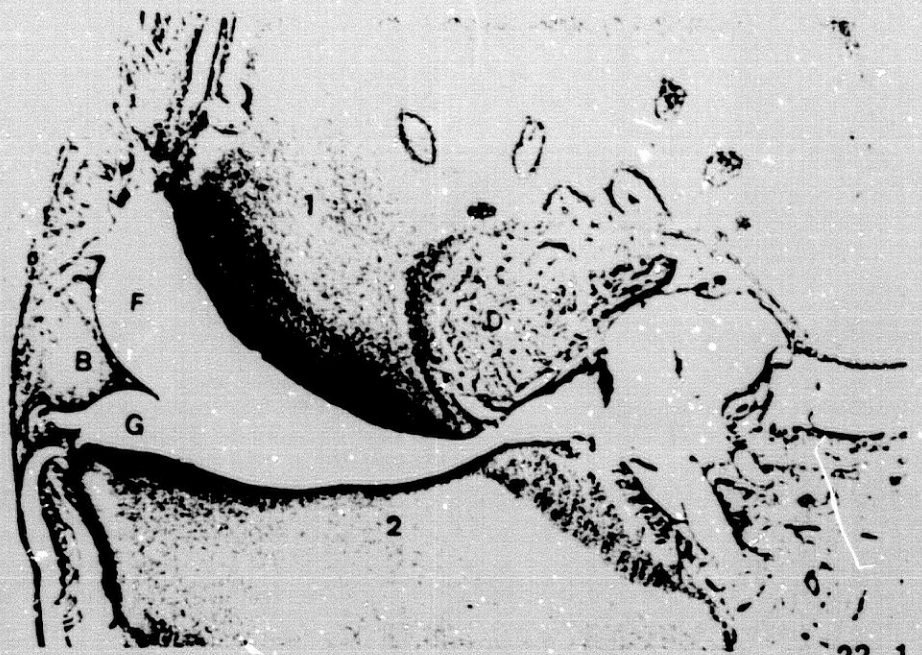


Fig. 22-1

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 98.1.1.
- 1 :Fémur, donde se está manifestando el proceso de osificación.
- 2 :Extremidad proximal de tibia, también en pleno proceso de osificación.
- B :Menisco interno.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.
- D : Ligamento cruzado posterior.

Fig. 22-2

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 21.1.1.
- B :Menisco interno.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.
- LI :Ligamento lateral interno.



22. 1



22. 2

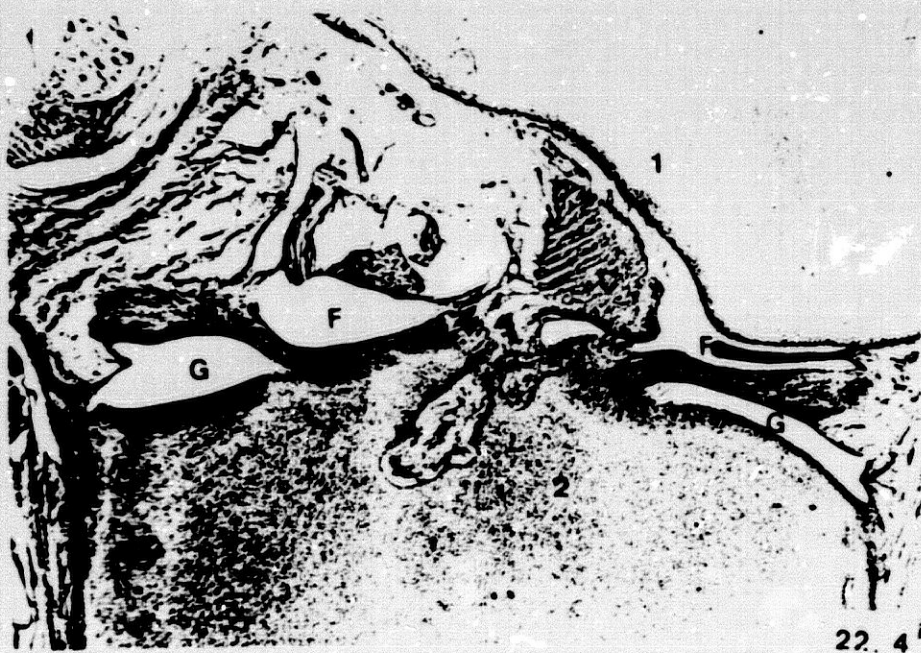
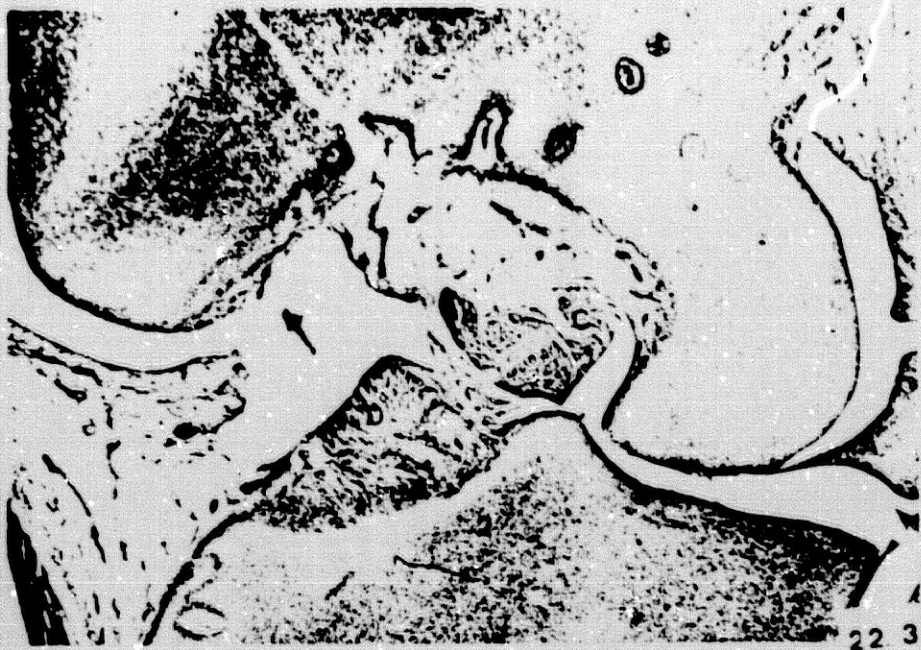


Fig. 22-3

- Feto humano: O.L.-3.
- Corte: 1.1.1.
- 1 :Fémur, donde se aprecian las características del proceso de osificación.
- 2 :Tibia, donde se aprecian también características del proceso de osificación.
- A :Menisco externo.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.

Fig. 22-4

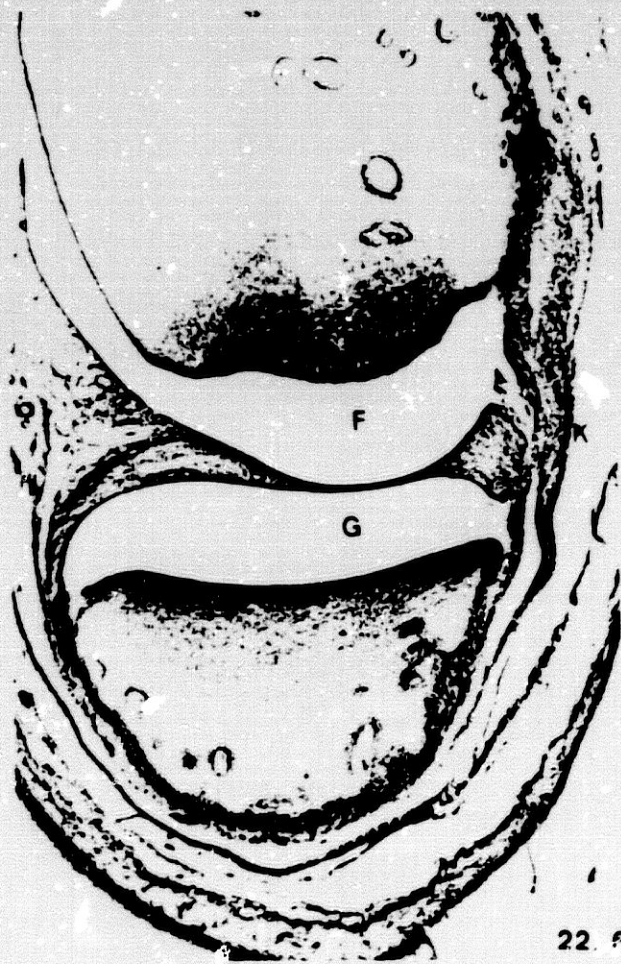
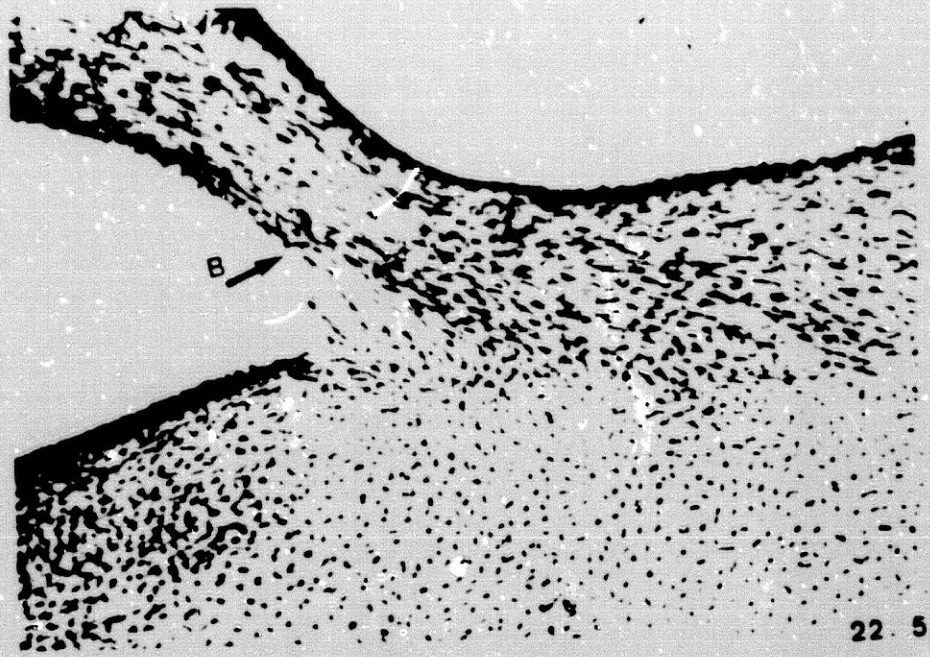
- Feto humano: O.L.-4.
- Corte: 6.1.1.
- 1 :Fémur.
- 2 :tibia.
- A :Menisco externo.
- B :Menisco interno.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- F :Cámara fémoro-meniscal.
- G :Cámaras menisco-tibiales.

Fig. 22-5

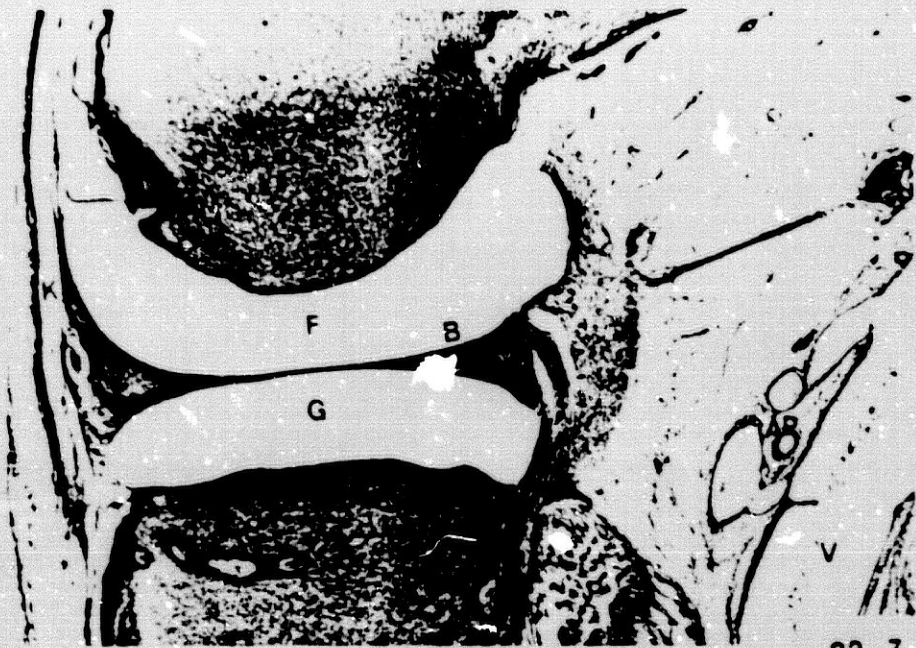
- Feto humano: O.L.-4.
- Corte: 7.1.1.
- B : Inserción del cuerno anterior del menisco interno en la tibia.

Fig. 22-6

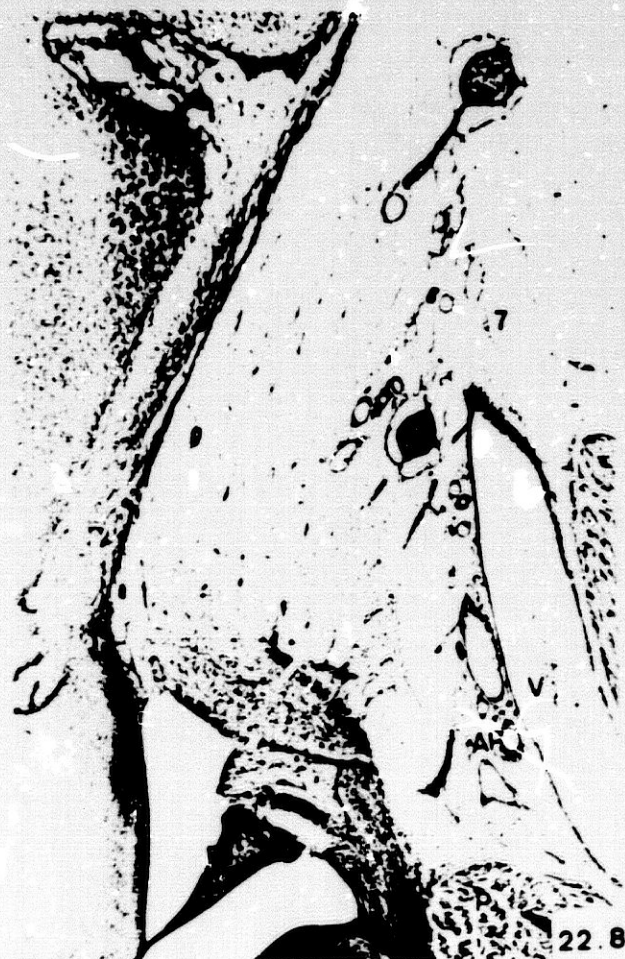
- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 98.1.1.
- B : Menisco interno.
- F : Cámara fémoro-meniscal interna.
- G : Cámara menisco-tibial interna.
- K : Cápsula articular.







22.7



22.8

Fig. 22-7

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 26.1.1.
- F :Cámara fémoro-meniscal interna.
- G :Cámara menisco-tibial interna.
- AP :Arteria poplítea.
- V :Vena poplítea.
- P :Músculo poplíteo.
- K :Cápsula articular.

Fig. 22-8

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 25.1.1.
- 7 :Nervio ciático poplíteo interno.
- AP :Arteria poplítea.
- V :Vena poplítea.
- P :Músculo poplíteo.
- B :Menisco interno.

Fig. 22-9

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 100.1.1.
- B :Cuernos anterior y posterior del menisco interno.
- K :Cápsula articular.
- E :Ligamento lateral externo.

Fig. 22-10

- Feto humano: O.L.-1.
- Corte: 100.1.1.
- B :Cuerno anterior del menisco interno.
- K :Cápsula articular.
- E :Ligamento lateral externo.



22.9



22.10

Fig. 23-1

- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 29.1.2.
- 1 :Fémur. Destacan la presencia de las yemas vasculares invasoras del cartilago.
- 3 :Rótula.
- 9 :Tendón del músculo cuádriceps.
- 0 :Tendón rotuliano.
- 9 :Fonde de saco suprarotuliano.

Fig. 23-2

- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 37.1.3.
- 1 :Fémur.
- 3 :Rótula.
- 9 :Tendón del músculo cuádriceps.
- 0 :Tendón rotuliano.
- B :Menisco interno.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- P :Músculo poplíteo.



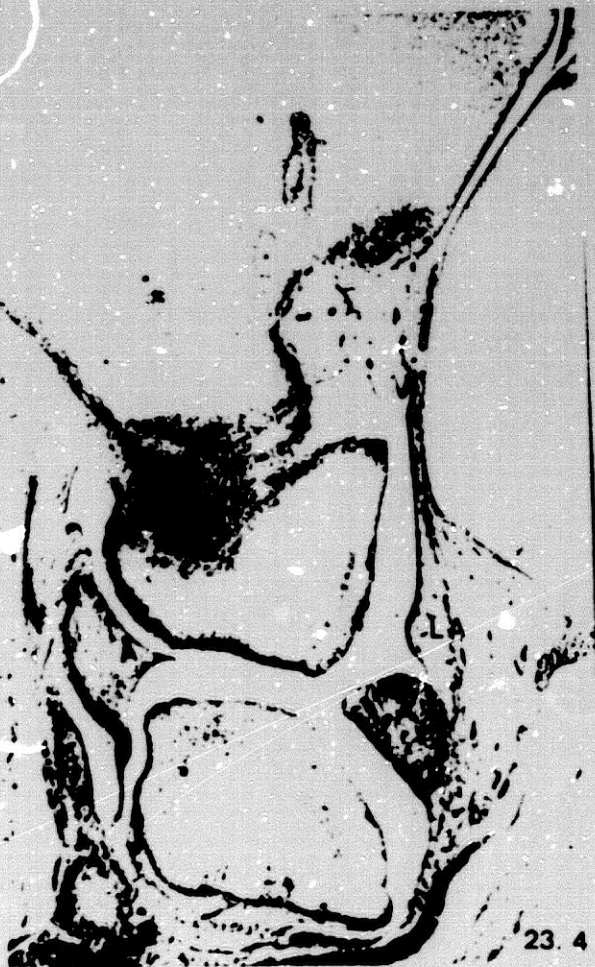
23.1



23.2



23.3



23.4

Fig. 23-3

- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 41.1.3.
- B :Detalle de menisco interno.
- D :Detalle de ligamento cruzado posterior.

Fig. 23-4

- Feto humano: 2.0.2.
- Corte: 49.1.3.
- A :Menisco externo.
- LA :ligamento adiposo.

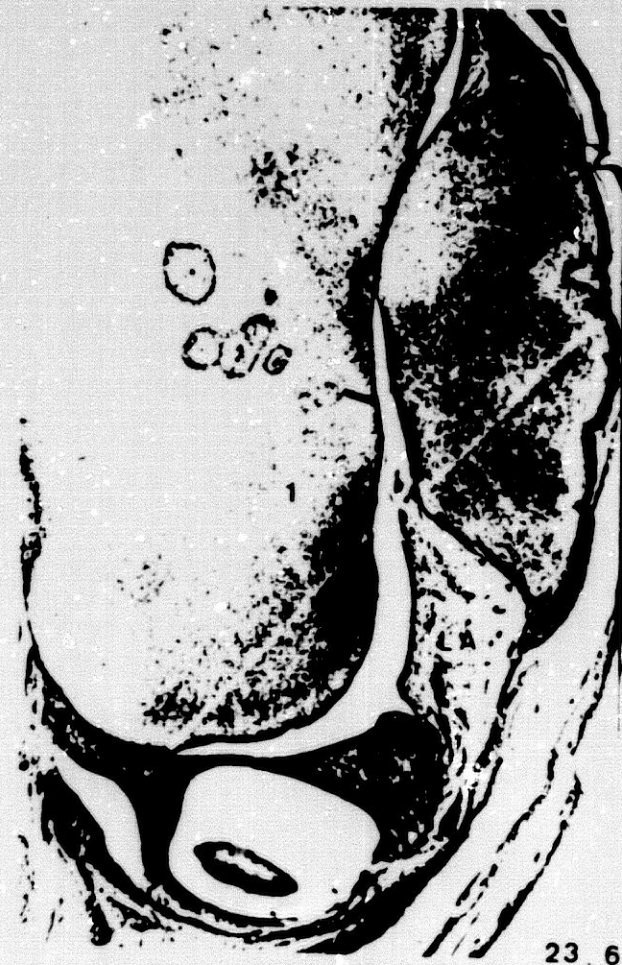


Fig. 23-5

- Feto humano: Z.O.-2.
- Corte: 53.1.2.
- 6 :Nervio ciático común.
- 7 :Nervio ciático poplíteo interno.
- 8 :Nervio ciático poplíteo externo.
- L :Vasos linfáticos.
- V :Vasos poplíteos.

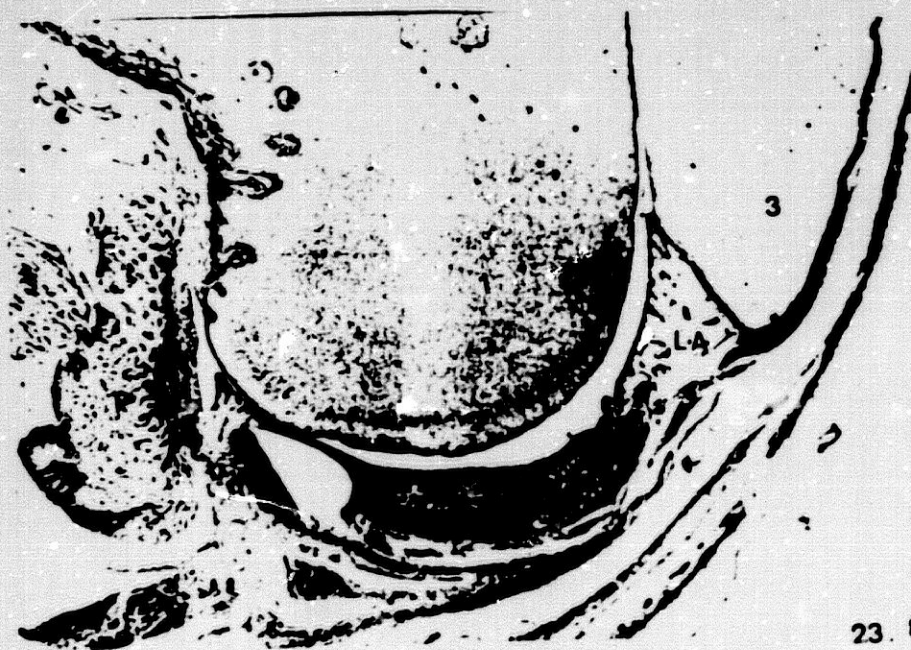
Fig. 23-6

- Feto humano: Z.O.-2.
- Corte: 61.1.2.
- 1 :Fémur.
- 3 :Rótula.
- A :Menisco externo.
- LA :Ligamento adiposo.





23.7



23.8

Fig. 23-7

- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 65.1.1.
- A :Menisco externo. Detalle.

Fig. 23-8

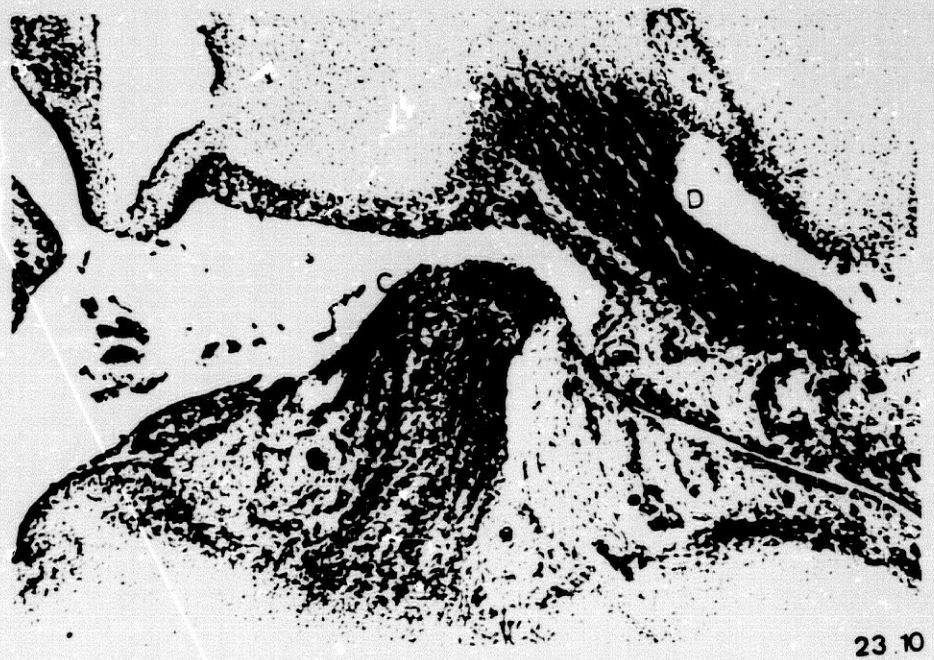
- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 69.1.3.
- 1 :Fémur.
- 3 :Rótula.
- A :Menisco externo.
- LA :Ligamento adiposo.
- P :Músculo poplíteo.

Fig. 23-9

- Feto humano: Z.O.-2.
- Corte: 1.1.3.
- 1 :Fémur.
- 2 :Tibia.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.

Fig. 23-10

- Feto humano: Z.O.-2.
- Corte: 29.1.2.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.





23.11

Fig. 23-11

- Feto humano: 2.0.-2.
- Corte: 1.1.3.
- C :Ligamento cruzado anterior.
- D :Ligamento cruzado posterior.
- AP :Arteria poplítea.
- V :Vena poplítea.
- 7 :Nervio ciático interno.



RESULTADOS

PROTOCOLO -1-

- Embrión humano: J.L.-5.
- Estadío: 17 de O'Rahilly.
- Edad: 41 días.
- Longitud: 13 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Procedencia: Embrioteca Departamento de Ciencias Morfológicas.  
Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 1-1 á 1-3.

Apenas acaba de iniciarse en la morfogénesis el desarrollo del miembro inferior. En esta serie de imágenes, correspondientes a un embrión muy joven, (13 mm.), asistimos al momento en el cual comienza a establecerse, en el esbozo del miembro inferior, la inicial delimitación, manifestada por una clara constricción en el esbozo del miembro (**flecha**) (figs. 1-1 á 1-3), que va a traer como consecuencia la organización de la futura región del genu de modo que ya pueden delimitarse con claridad dos segmentos en el esbozo, el proximal, para las regiones de la cadera y muslo, y el distal, para la pierna y el pie. Todo ello coincide con el punto en el que se observa la bifurcación de la arteria aorta para

continuarse con la correspondiente arteria ilíaca primitiva del lado izquierdo, que por cierto a este nivel (fig. 1-1) enmarca dorsal y lateralmente a las yemas ureterales y al correspondiente tejido metanéfrico que las entorna.

En el esbozo, aún impreciso, del miembro inferior izquierdo, que estamos analizando, se observa, con toda claridad, una cresta apical perfectamente definida (●), (figs. 1-1 á 1-3), inmediatamente profunda a la cual observamos la disposición que adopta la correspondiente vena marginal (★), (figs. 1-1 y 1-2), así como la penetración en el esbozo del miembro inferior de las fibras nerviosas del futuro plexo lumbrosacro (L) (figs. 1-1 y 1-2).

En cuanto a la evolución del tejido mesodermal, que obviamente rellena al esbozo del miembro, podemos observar, aunque no con excesiva claridad, al contrario de lo que ocurre a nivel de la futura región de la cadera, que apenas se ha iniciado una condensación proliferativa que anticipe, con su presencia, la próxima aparición de las masas premusculares y precartilaginosas que originarán la musculatura y articulación de la rodilla.

Quiere decirse, por tanto, que ya en el estadio 17 de O'Rahilly aparece claramente una franca delimitación en el miembro inferior a nivel de la futura articulación de la rodilla, así como el inicio de la condensación de formaciones mesenquimales que darán lugar, a la postre, a la organización

muscular y esquelética correspondiente. Es por tanto, en este estadio 17 de O'Rahilly cuando aún de forma no clara, insistimos, podemos comenzar a hablar de la localización más precoz del anlage de la articulación de la rodilla.

#### PROTOCOLO -2-

- Embrión humano: X-12.
- Estadio: 16 de O'Rahilly.
- Edad: 43 días.
- Longitud: 15 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada

#### RESULTADOS

##### Figs. 2-1 á 3-1.

La presente serie de imágenes, correspondientes a un embrión humano de 15 mm., primeros momentos del estadio 16 de O'Rahilly, nos muestra la zona de la futura articulación de la rodilla en la que podemos apreciar, como ya atisbábamos en el estadio anterior,

una marcada constricción que viene a corresponderse con la posición que va a ocupar dicha articulación de la rodilla, (flecha), (figs. 2-1 á 2-3), que apenas ha iniciado su desarrollo.

En estas imágenes observamos, como elemento central del esbozo del miembro inferior, el esqueleto, en fase precartilaginosa, de la tibia (2), la cual se encuentra separada de la porción precartilaginosa correspondiente a la extremidad distal del fémur (1) por una amplia banda de mesénquima, aún sin estructura clara, y que pensamos debe corresponder a la pieza articular intermedia (5) que apenas ha iniciado su desarrollo (figs. 2-1 á 2-3).

En el material que estamos analizando, correspondiente al esbozo del miembro inferior en desarrollo, destacan, igualmente, la presencia de los blastemas premusculares de los futuros músculos, tanto ventrales como dorsales de la pierna. En íntima relación con ellos, y apareciendo como elementos que en cualquiera de los casos nos ayudan a identificar las masas musculares citadas, se observa la presencia de dos troncos nerviosos correspondientes al nervio ciático poplíteo interno (7) y al nervio tibial anterior (T), (figs. 2-1 y 2-2), e incluso asistimos al momento en el cual es interesada, en su porción más distal y lateral, la bifurcación del tronco del nervio ciático (6) (figs. 2-1 y 2-2).

En la porción más apical del esbozo del miembro aparece claramente manifiesta, en su curso, la vena marginal del miembro inferior (★) así como es aún perceptible la cresta ectodérmica apical (●) (figs. 2-1 y 2-3).

#### PROTOCOLO -3-

- Embrión humano: G.G.-1.
- Estadío: 18 de O'Rahilly.
- Edad: 44 días.
- Longitud: 17 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 3-1 á 3-9.

Las imágenes seleccionadas de este embrión, del estadío 18 de O'Rahilly, que nos ayudarán a seguir, en su morfogénesis, la disposición y el desarrollo de la articulación de la rodilla, nos están mostrando la existencia de una estrangulación (**flecha**)

(figs. 3-1; 3-2; 3-4 y 3-6) que nos permite separar la región de la pierna de la correspondiente al pie. En el segmento distal de ésta (figs. 3-1; 3-2; 3-4 y 3-6) se observa, de forma evidente, la existencia de una muy clara vena marginal ★.

En el área prospectiva correspondiente a la articulación de la rodilla la proliferación mesodermal y su correspondiente densificación inician la diferenciación "in situ" del tejido precartilaginoso y masas premusculares destinadas a la musculatura de la rodilla que van perfilando su topografía (figs. 3-1; 3-2; 3-4; 3-6 y 3-8).

Como puede observarse, en estos planos, el proceso de condricificación está interesando al fémur en su porción distal (1) así como a la porción proximal de la tibia (2). En relación con ellos, y en busca de las condensaciones mesodermales premusculares, llegan los nervios femoral (M) y obturador (V) (figs. 3-8 y 3-9), que se observan en la porción inicial de su curso.

Como hemos señalado, más arriba, y observando básicamente el desarrollo del miembro inferior derecho de este embrión, se nos pone de manifiesto, como consecuencia de la sección, el molde cartilaginoso, aún inmaduro, de la extremidad distal del fémur (1) (figs. 3-3; 3-5 y 3-7), que se halla enfrentada a la correspondiente de la extremidad proximal de la tibia (2) (figs. 3-3; 3-5; 3-7 y 3-9), disponiéndose entre uno y otro, e iniciando

su diferenciación por estas fechas, la pieza intermedia (5), que ha de originar la articulación de la rodilla; a su nivel el tejido mesodermal que la integra une íntimamente las masas precartilaginosas de las extremidades distal del fémur (1) y proximal de la tibia (2).

Quiere decirse, por tanto, que durante este estadio 18 de O'Rahilly se inicia el proceso de condricificación que traerá aparejada la formación de las piezas esqueléticas del miembro inferior y, concretamente, en el caso que nos ocupa, de aquellas que conforman la articulación de la rodilla; el proceso progresa en dirección próximo-distal, ya que, tras haber observado a microscopía la serie completa del presente embrión, hemos visto que se distinguen moldes de cartílago inmaduro o precartilago para el fémur y la región iliaca que ha de contribuir a la formación de la cavidad cotiloidea y, consecuentemente, a nivel de la futura articulación. El fenómeno al que acabamos de hacer referencia acontece también a nivel del futuro sistema articular de la rodilla, estando, sin embargo, más retrasado en el desarrollo el resto de las piezas esqueléticas y articulares del miembro inferior.

Al igual que hacen las futuras piezas esqueléticas del miembro inferior, las correspondientes masas blastémicas premusculares comienzan a diferenciarse "in situ", alineándose en su topografía regional. A estas masas llegan, bien definidos, los troncos nerviosos femoral (M), obturador (V) y ciático (6) (figs. 3-8 y 3-9).



Seguimos observando en el extremo distal del miembro inferior tanto la vena marginal (★) como la cresta ectodérmica apical (●) (figs. 3-1; 3-2; 3-4 y 3-6).

En definitiva, lo que caracteriza a este estadio es que la articulación de la rodilla se encuentra en fase condrógena.

#### PROTOCOLO -4-

- Embrión humano: B.E.-1.
- Estadio: 19 de O'Rahilly.
- Edad: 48 días.
- Longitud: 17 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 4-1 á 4-12.

Las imágenes que nos muestra este embrión de 17 mm., perteneciente al estadio 19 de O'Rahilly, vienen a ser una

superposición de lo que ya observamos en el embrión descrito en el estadio anterior.

El esbozo del miembro inferior de este embrión, como resulta normal prácticamente en todos los especímenes, se encuentra en flexión, y justamente por este motivo podemos apreciar cómo sendos esbozos precartilaginosos del fémur (1) y de la tibia (2) vienen a formar entre sí un ángulo de 90° (figs. 4-1 y 4-2). Si iniciamos el abordaje y descripción de las estructuras que se encuentran dispuestas en relación con la articulación de la rodilla, cuya morfogénesis estamos abordando en el presente trabajo, observamos que se nos hacen claramente patentes troncos nerviosos que mantienen importantes relaciones con dicho sistema articular. Efectivamente, por la superficie de extensión del molde cartilaginoso inmaduro del fémur (1) observamos como discurren ramas del plexo lumbar, y concretamente el nervio femoral (M) (figs. 4-1; 4-2; 4-4; 4-5; 4-8 y 4-10). De un modo análogo también se nos hacen patentes los troncos nerviosos correspondientes del plexo sacro, en concreto podemos apreciar el origen del tronco del nervio ciático (6) (figs. 4-4 y 4-7), organizado a partir de los últimos nervios lumbares y primeros sacros, y cómo inmediatamente dicho tronco nervioso mantiene importantes relaciones de vecindad con los elementos vasculares que están organizando los vasos ilíacos a partir de los iniciales vasos axiales (X) (figs. 4-4 y 4-7). Podemos seguir, incluso, el recorrido del citado tronco ciático (6) (figs. 4-1 y 4-4) por la superficie de flexión del miembro inferior, hasta que finalmente,

llegado a la altura de la futura región poplítea (figs. 4-10 y 4-11), termina bifurcándose en sus dos ramas terminales, el nervio tibial (7) y nervio fibular (8), e incluso podemos observar, en las figs. 4-7 á 4-11, parte del recorrido transversal del nervio tibial anterior (T). También se nos hace claramente visible, ocupando lógicamente una posición más lateral con relación al nervio tibial anterior, la situación que adquiere en su recorrido el nervio músculo cutáneo de la pierna (figs. 4-1; 4-2; 4-4; 4-5; 4-7; 4-8 y 4-9).

Por lo que se refiere a las estructuras que corresponden a los moldes cartilagosos, aún inmaduros, de los elementos constitutivos de la articulación de la rodilla sólo podemos decir, por el momento, que se aprecian, aunque en fase todavía inmadura, las extremidades distal del fémur (1) y proximal de la tibia (2) (figs. 4-1 á 4-6), entre las cuales seguimos observando, hecho que como decíamos acontece por primera vez en este estadio, la pieza articular intermedia (5) constituida por una masa mesenquimal indiferente. Como ya comentamos, en el estadio anterior, las masas blastemáticas premusculares se van diferenciando "in situ", al igual que ya han comenzado a hacer las piezas esqueléticas futuras del miembro inferior. La pieza articular intermedia (5) en estos momentos del desarrollo aparece representada por una banda única de tejido mesenquimal indiferente que establece el nexo de unión entre las extremidades distal del fémur (1) y proximal de la tibia (2).

No observamos, en ningún momento, la presencia de esbozo mesenquimatoso alguno que nos induzca a pensar en la existencia posible de la rótula.

#### PROTOCOLO -5-

- Embrión humano: B.B.-5.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Edad: 50 días.
- Longitud: 20 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada

#### RESULTADOS

Figs. 5-1 á 5-9.

Durante el estadío 20 de O'Rahilly, cual es el caso de este embrión humano de 20 mm. de longitud, los hechos morfológicos más trascendentes que podemos observar, en relación con el sistema articular de la rodilla, son los que siguen:

El proceso de condricificación afecta, ya con toda evidencia, a los moldes cartilaginosos de las futuras piezas esqueléticas del miembro inferior, pudiéndose reconocer, perfectamente, ya el correspondiente sistema articular de la rodilla. En este mismo embrión los espacios interdigitales del futuro pie comienzan ya a hacerse evidentes.

Por lo que se refiere a la región de la rodilla, e incluso también a nivel de la región de la cadera, observamos cómo comienzan a diferenciarse los blastemas premusculares en masas bien organizadas de la musculatura ventral y dorsal del muslo y pierna, pudiendo reconocerse la masa muscular del cuádriceps femoral (9), e incluso su tendón rotuliano (0) (figs. 5-1 á 5-9), así como la de los aductores (AD) (figs. 5-1 y 5-4), por parte del muslo, y la del tríceps sural (TR) (figs. 5-1 y 5-4), por parte de la pierna. Del mismo modo podemos observar los troncos terminales del plexo lumbo-sacro destinados a estos músculos, y así reconocemos la disposición o el curso del nervio femoral (M) (figs. 5-1 y 5-4) y del tronco del nervio ciático (6) (figs. 5-1; 5-2; 5-4; 5-5; 5-7 y 5-8), en el cual incluso se puede llegar a reconocer e identificar su componente tibial (7) y fibular (8) (figs. 5-7 y 5-8). Los elementos músculo-nerviosos, a los que acabamos de hacer referencia, comienza a tener definidas sus relaciones con la futura articulación de la rodilla. Esta última, por su parte, prosigue su morfogénesis.

Los planos nos muestran el grado de cartilificación conseguido por el fémur y la tibia apareciendo, cada vez más

manifiesta, la extremidad distal del primero, esto es los futuros cóndilos femorales.

En el área articular de la rodilla, donde concurren extremidad distal del fémur y proximal de la tibia y por cuya superficie de flexión cursa de modo aparente el tronco del nervio ciático, el tejido conjuntivo se interpone entre las citadas porciones precartilaginosas del fémur y tibia, comprobándose (figs. 5-2 y 5-5 á 5-9) como la pieza mesodermal intermedia (5) de la futura diartrosis de la rodilla sigue su evolución, de tal suerte que su material celular comienza a adosarse, excéntricamente, a los moldes precartilaginosos del par kinemático para confundirse y continuarse, después, con el tejido pericondral (figs. 5-6 y 5-9). Sin embargo aún no se ha comenzado a dar origen a la futura cavidad articular de la rodilla.

Por la superficie de extensión del esbozo correspondiente al miembro inferior, e inmediatamente lateral a la condricación representante de la extremidad proximal de la tibia, observamos la disposición que ofrece la porción correspondiente al nervio tibial anterior (T) (figs. 5-7 y 5-8).

Observando, con detenimiento, las porciones centrales de la pieza articular intermedia (5) (figs. 5-2; 5-7 y 5-8) da la sensación de que comienza a hacerse más laxa, como si ya intentase anunciar, sin conseguirlo, la situación de la futura

cavidad articular de la rodilla.

Ventral y caudal al precartilago que ha de organizar los cóndilos del fémur se organiza una condensación mesenquimal que anuncia, por primera vez la evolución morfogénica de la futura rótula (3)

#### PROTOCOLO -6-

- Embrión humano: M.A.-7.
- Estadío: 20 de O'Rahilly.
- Edad: 51 días.
- Longitud: 22 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 6-1 á 6-4.

Las imágenes que nos ofrece este embrión de 22 mm., correspondiente a las últimas horas del estadío 20 de O'Rahilly,

son prácticamente superponibles a las que acabamos de hacer mención en el protocolo anterior.

Observamos, con mayor definición, el proceso de cartilificación que está aconteciendo tanto a nivel de la extremidad distal del fémur, donde de una forma evidente y clara se están organizando los futuros cóndilos (1) (figs. 6-1 á 6-4), como a nivel de la extremidad proximal de la tibia, donde de modo análogo se está definiendo la futura meseta tibial (2) (figs. 6-1 y 6-3). De todas formas estos extremos están en pura fase condrógena que contrasta con la incipiente cartilificación diafisaria.

Aparecen muy manifiestos también los blastemas musculares correspondientes al cuádriceps (9) (figs. 6-1 y 6-3) e incluso apreciamos, con claridad, la disposición del tendón rotuliano (0) (figs. 6-1 á 6-4).

A la altura del futuro rombo poplíteo se nos manifiesta la presencia del blastema muscular correspondiente a la musculatura de los gastrocnemius o gemelos (N) (fig. 6-1), y del sóleo (S) (figs. 6-1 y 6-3). E igualmente, en estrecha relación con ellos, observamos el curso del nervio ciático (6) (fig. 6-1), así como las ramas correspondientes a los nervios ciático poplíteo interno (7) y al tibial anterior (T) (figs. 6-1 y 6-3).

En el espacio que media entre las extremidades distal del



fémur y proximal de la tibia se observa la pieza articular intermedia de la futura articulación de la rodilla (5) (figs. 6-1 á 6-4), la porción central de la cual (figs. 6-1 y 6-4) se nos muestra ya mucho más laxa, como anticipo de la formación de la futura cavidad articular, que sus porciones latero-ventrales, e incluso las porciones excéntricas de la citada pieza articular intermedia se continúan, perfectamente, con el pericondrio que a este nivel recubre a las piezas, por ahora precartilaginosas, de la rodilla.

PROTOCOLO -7-

- Embrión humano: P.E.-8.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Edad: 52 días.
- Longitud: 22-24 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

## RESULTADOS

### Figs. 7-1 á 7-9.

Los planos correspondientes a este embrión de aproximadamente 23 mm., estadio 21 de O'Rahilly son secciones parasagitales y oblicuas de la articulación de la rodilla, que está siendo interesada en sentido mediolateral; esta es la razón por la cual en las figs. 7-1 y 7-2 puedan observarse los cóndilos internos tanto del fémur (1) como de la tibia (2), en fase cartilaginosa, y en las figs. 7-6 á 7-8 estén interesados los cóndilos externos de ambas formaciones (1) (2), también en fase cartilaginosa.

Observamos, igualmente, en estos momentos del desarrollo el grado evolutivo conseguido por la pieza articular intermedia (5), donde se contempla que el tejido conjuntivo mesodermal periférico se adosa, en parte, al contorno de los cóndilos femorales (1) y tibiales (2) homónimos, formando una densa banda pericondral conjuntiva (figs. 7-1; 7-2; 7-4 y 7-5), que anticipa la organización del cartilago hialino de cubierta del par kinemático enfrentado; otras porciones de la pieza intermedia se densifican, por proliferación celular, al igual que ocurre a otro nivel, concretamente en las márgenes de la cavidad cotiloidea para elaborar el labio articular, y organizan (figs. 7-6 á 7-9) los correspondientes meniscos articulares, de los cuales, en este caso, claramente observamos al menisco externo (A). Así mismo es visible el anclaje y fijación de la cápsula articular (K) tanto

7

en la margen anterior (figs. 7-6 y 7-7) como en la posterior (fig. 7-8) del citado menisco externo.

Mientras tanto la parte central de la pieza articular intermedia (figs. 7-8 y 7-9) forma una masa conjuntiva, citoestructuralmente mucho más laxa que sus partes periféricas y lógicamente que los meniscos en formación, que se interpone por el momento entre las superficies articulares enfrentadas. Incluso en las porciones más laterales de dicha pieza intermedia se observa (fig. 7-9) una incipiente cavidad articular entre el cóndilo femoral externo (1) y menisco externo (A) surcada, por el momento lógicamente, por septos o tabiques conjuntivos fruto de la deslaminación.

Se nos pone de manifiesto, igualmente (figs. 7-1 á 7-4) el hueso rotuliano (3), todavía en fase cartilaginosa. La pieza intermedia (5) de la futura articulación fémoro-rotuliana presenta un desarrollo análogo al de la fémoro-tibial, si bien en este caso está algo más evolucionada en su desarrollo de modo que comienza ya a intuirse la presencia de la futura cavidad articular (H) (figs. 7-1; 7-2 y 7-4). En íntima relación con la base rotuliana se observa la inserción de aquellas fibras del tendón del cuádriceps que continúan al músculo crural (9) e igualmente, resbalando sobre la cara superficial de la rótula hasta alcanzar, finalmente, la futura tuberosidad anterior de la tibia, todo ello aún en fase condrógena, apreciamos claramente la presencia (figs. 7-1 á 7-5) del más importante refuerzo anterior

de la articulación de la rodilla, cual es el tendón rotuliano  
C.

En cuanto a la meseta tibial (2) observamos el inicio de la organización de la futura espina de la tibia (D) (figs. 7-4 y 7-5), e inmediatamente dorsal a la misma, y arrancando por tanto de la futura superficie retroespinal (figs. 7-4 y 7-5), observamos la inserción tibial del ligamento cruzado posterior (D), el cual puede seguirse en dirección dorsoventral, (figs. 7-3 y 7-2) hasta que finalmente terminará insertándose en la cara axil del cóndilo femoral interno (fig. 7-1).

Desde el punto de vista topográfico, creemos conveniente señalar la presencia, en pleno hueco poplíteo (fig. 7-6), del nervio ciático poplíteo interno (7), profundo al cual está siendo interesada la vena poplíteo (V). En situación más lateral (fig. 7-9) es interesado el nervio ciático poplíteo externo (8).

#### PROTOCOLO -8-

- Embrión humano: C.H.-1.
- Estadío: 21 de O'Rahilly.
- Edad: 52 días.
- Longitud: 24 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor

- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

### RESULTADOS

Figs. 8-1 á 8-7.

Los planos de sección que ofrecemos de este embrión de 24 mm., correspondientes a las últimas horas del estadio 21 de O'Rahilly, nos muestran las imágenes de la rodilla derecha (figs. 8-1 á 8-5) y de la izquierda (figs. 8-6 y 8-7). El grado evolutivo alcanzado por este embrión es análogo, pero menos evolucionado en la morfogénesis, al que ya hemos descrito en el protocolo anterior, si bien queremos recalcar algunas consideraciones en relación con la morfogénesis de la articulación de la rodilla.

Seguimos observando el grado evolutivo alcanzado por la pieza articular intermedia (5) (figs. 8-1 á 8-4) donde se contempla que el tejido conjuntivo mesodermal periférico se adosa al contorno de las superficies que van a formar el par kinemático articular, formando una densa banda pericondral conjuntiva (fig. 8-2) que anticipa la organización del cartílago hialino de cubierta del par articular enfrentado. Sigue observándose, igualmente, cómo las porciones excéntricas de la pieza articular

intermedia inician un proceso de densificación, por proliferación celular, que les llevará a elaborar los correspondientes meniscos articulares (figs. 8-3 á 8-5).

Se nos hace patente, como ya comentamos en el protocolo anterior, la presencia del robusto tendón rotuliano (0) (fig. 8-1) que se dirige en dirección de la tuberosidad anterior de la tibia, en desarrollo.

Dorsal a la articulación de la rodilla, y en pleno rombo poplíteo, se nos muestra, claramente, la disposición y el curso del nervio ciático poplíteo interno (7) (figs. 8-3 y 8-5).

Si las imágenes que acabamos de ofrecer en relación con la rodilla derecha corresponden a cortes parasagitales de la misma, las dos imágenes que ahora presentamos de la rodilla izquierda, sin embargo, y como consecuencia de la disposición del miembro inferior del embrión, son cortes frontales (figs. 8-6 y 8-7). Las imágenes citadas las exponemos, básicamente, con objeto de resaltar la presencia no sólo del esbozo de la rótula (3) (fig. 8-6) y la correspondiente pieza articular intermedia fémoro-rotuliana (5) en una fase de desarrollo análoga a la que se sitúa a nivel de la articulación de la rodilla propiamente dicha, sino también, y sobre todo, para marcar la presencia y situación, aún en fase blastémica, del ligamento cruzado posterior (2), el cual desde su anclaje tibial salta (figs. 8-6 y 8-7) en busca de la cara axil del cóndilo femoral interno.

PROTOCOLO -9-

- Embrión humano: E.A.-3.
- Estadío: 22 de O'Rahilly.
- Edad: 54 días.
- Longitud: 24'5 mm.
- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 9-1 á 9-8.

En las primeras horas del estadío 22 de O'Rahilly, como corresponde a este embrión de 24 mm., la rodilla del cual aparece cortada sagitalmente, se nos manifiesta cómo el proceso de osteogénesis se está iniciando a nivel de la diáfisis tibial (2) (fig. 9-2), si bien el resto de las piezas que formarán el par kinemático articular está aún en una clara fase condrógena.

La pieza intermedia (5), situada entre el fémur y la tibia (figs. 9-1 á 9-3), aún aparece como una estructura densa, sin el menor atisbo, por el momento, de deslaminación que organice siquiera una minúscula hendidura articular; sin embargo, el

pericondrio que recubre las porciones enfrentadas del fémur (1) y la tibia (2) aparece claramente condensado, como inicio y anticipo de la organización del futuro cartilago hialino articular. Inmediatamente ventral a la extremidad distal del fémur aparece, también en fase condrógena, la rótula (3) (fig. 9-6), al borde superior de la cual vemos que llega el tendón del músculo cuádriceps (9), que incluso resbala sobre su cara superficial, reforzándola y adoptando, por ello, ciertamente un aspecto condensado.

La extremidad proximal del peroné (4) (figs. 9-7 y 9-8) aparece enfrentada a la superficie homónima de la tibia (2) para constituir la articulación tibio-peroneo proximal en la cual, por el momento, no hay el menor atisbo de hendidura articular. Observamos, igualmente, como en busca de ese extremo proximal del peroné se dirigen e insertan las fibras que están organizando el músculo biceps femoral (BF) (figs. 9-7 y 9-8). Además podemos comprobar cómo, rodeando el futuro cuello del peroné, cruza la región el nervio ciático poplíteo externo (8) (figs. 9-7 y 9-8).

Así mismo se nos hace evidente la presencia de los ligamentos cruzados, en organización, tanto el ligamento cruzado posterior (D) (figs. 9-4 y 9-5), rodeado ventral y dorsalmente por un magma de tejido conjuntivo laxo, como el ligamento cruzado anterior (C) (figs. 9-7 y 9-8), alcanzando la cara axil del cóndilo externo, en desarrollo.



A nivel del hueso poplíteo seguimos el curso de los vasos del mismo nombre (V) (figs. 9-1 y 9-2), en íntima relación con los cuales, pero lógicamente superficial, apreciamos el curso del nervio ciático poplíteo interno (7) (fig. 9-1) y aún más superficial el del nervio ciático poplíteo externo (8) (figs. 9-1; 9-7 y 9-8).

#### PROTOCOLO -10-

- Embrión humano: H.E.-1.
- Estadío: 22 de O'Rahilly.
- Edad: 56 días.
- Longitud: 28 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embricoteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 10-1 á 10-13.

En los últimos momentos del estadío 22 de O'Rahilly, como corresponde a este embrión de 28 mm. de longitud, las imágenes

que presentamos, tanto a nivel de la rodilla derecha (figs. 10-1 á 10-5), que aparece cortada frontalmente, como de la izquierda (figs. 10-6 á 10-13), que aparece cortada parasagitalmente, nos ayudarán a seguir analizando el grado evolutivo conseguido en estos momentos por la articulación de la rodilla.

En las figuras que ofrecemos de la rodilla derecha se nos muestra, claramente, el curso y situación de sendos ligamentos cruzados (C) y (D) (fig. 10-1) así como el tendón rotuliano (O) (fig. 10-1). Igualmente son interesadas en el corte las imágenes correspondientes a sendos meniscos (A) y (B) (figs. 10-1 á 10-4) y las correspondientes cámaras articulares fémoro-meniscal (F) y menisco-tibial (G), apareciendo sobre todo muy clara la hendidura articular correspondiente a la primera de ellas; sobre la cara lateral del cóndilo externo podemos observar el blastema correspondiente al futuro ligamento lateral externo (E) (figs. 10-1; 10-3 y 10-4) de la articulación de la rodilla. Finalmente, en la fig. 10-5, observamos con nitidez el curso de la arteria genu media (GM), rama vascular, que como sabemos, se encargará básicamente de la vascularización de los ligamentos cruzados de la articulación, la cual desprende un pequeño ramúsculo que, finalmente, termina alcanzado, en su inserción, al ligamento cruzado posterior (D) de la rodilla, en desarrollo.

Las imágenes de la rodilla del lado izquierdo, que como decíamos aparece cortada parasagitalmente, nos van a facilitar el estudio y análisis no sólo de los elementos que conforman y

organizan el desarrollo de la articulación de la rodilla sino también nos orientarán sobre la morfotopografía de la misma en estos momentos de la organogénesis.

Comprobamos, en primer lugar, el derrumbamiento del molde cartilaginoso a nivel de la porción central de la diáfisis femoral (figs. 10-6 y 10-8), inicio del correspondiente proceso osteogénico, como corresponde, lógicamente, al final del segundo mes del desarrollo. Sin embargo, aquellas porciones enfrentadas que constituirán el par kinemático articular de la rodilla están en clara fase condrógena. Uno de los elementos que forman parte del par articular será la rótula (3), la cual está enfrentada a la epifisis femoral distal (figs. 10-6 y 10-8 á 10-11) y en el borde superior de la cual observamos, nítidamente, cómo se implanta el tendón del cuádriceps (9) (figs. 10-6; 10-8; 10-10 y 10-11), y del borde inferior de la cual parte el más importante refuerzo anterior de la rodilla, que es el tendón rotuliano (0) (figs. 10-9 á 10-11), que finalmente alcanza la margen anterior de la extremidad proximal de la tibia, donde aún no hay el menor vestigio de la tuberosidad anterior.

Podemos observar, también, la organización y situación del ligamento cruzado posterior (D) (figs. 10-6 á 10-10), que partiendo de la superficie retroespinal de la tibia termina alcanzando la cara axil del cóndilo interno, cómo del ligamento cruzado anterior (C) (figs. 10-10 y 10-11). Ventral con respecto a la disposición de sendos ligamentos se encuentra el ligamento

PROCOLO -11-

- Embrión humano: N.A.-1.
- Estadio: 23 de O'Rahilly.
- Edad: 57 días.
- Longitud: 29 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 11-1 á 11-10.

Las imágenes que ilustran el presente protocolo, correspondientes a un embrión de 29 mm. de longitud del estadio 23 de O'Rahilly, nos muestran distintas secciones a nivel del sistema articular de la rodilla en desarrollo. A pesar de que está acabando el segundo mes de desarrollo, y como es lógico va a iniciarse el derrumbamiento del molde cartilaginoso correspondiente, para comenzar la osteogénesis, tal fenómeno no llegamos a observarlo en la siguiente serie de imágenes, debido a que obviamente estamos interesando exclusivamente las epífisis enfrentadas del par kinemático articular de la rodilla.

rotuliano (0). Se nos delimita un espacio triangular, de vértice posterior, relleno, por ahora, por un material de tejido conjuntivo laxo.

En estas secciones de la rodilla del lado izquierdo queremos resaltar la presencia de la formación meniscal externa (A) (figs. 10-13).

De los elementos que conforman y rellenan el hueco poplíteo debemos resaltar la presencia de la arteria poplíteo (AP) (figs. 10-6; 10-8 y 10-9), aún muy disminuida de calibre, la llegada a la región del nervio ciático mayor (6) (figs. 10-8 y 10-9) y de sus ramas de división, esto es, el nervio ciático poplíteo interno (17) (fig. 10-10) y el ciático poplíteo externo (8) (10-12 y 10-13).

Otro de los elementos, por ahora cartilaginoso, en relación con la articulación de la rodilla es el peroné (4) el cual, finalmente, acaba articulándose con la cara posterior del cóndilo tibial externo (2) (figs. 10-12 y 10-13), sin alcanzar ni intervenir, para nada, por ahora según observamos, en el sistema articular de la rodilla. Además en busca de su borde superior vemos cómo se dirige el blastema del futuro ligamento lateral externo (E) de la articulación de la rodilla (figs. 10-12 y 10-13).

Una observación detenida de las correspondientes cámaras articulares, en desarrollo, de la rodilla nos van a poner de manifiesto algunos hechos significativos. En primer lugar, nos llama la atención el grado de desarrollo adquirido por los meniscos articulares interno (B) y externo (A) de la rodilla, derivados, como decíamos en el estadio 22, de la pieza articular intermedia (figs. 11-4; 11-5; 11-8; 11-9 y 11-10). La presencia de los citados meniscos articulares, en cuyas márgenes laterales termina insertándose la cápsula articular en desarrollo (K) (figs. 11-4; 11-5; 11-8 ; 11-9 y 11-10), ocupa, parcialmente, a este nivel la cavidad articular en su porción más excéntrica. Sin embargo, las figuras 11-4 á 11-10 nos muestran cómo la banda central de la pieza articular intermedia, que ya era bastante laxa en el estadio 21 de O'Rahilly, ha terminado por deslaminarse y disgregarse, hasta el punto que empieza a verse, fruto de ello, una cavidad (figs. 11-3 y 11-4) o dos cavidades (figs. 11-8; 11-9 y 11-10), dependiendo a la altura a la que estamos interesando el par kinemático articular. Observamos, por tanto, la cámara articular fémoromeniscal (F) y meniscotibial (G) en las que, como reliquia del fenómeno que ha dado lugar a su organización, persiste una fina trabeculación a nivel de las luces articulares (figs. 11-4; 11-9 y 11-10), representada por finos puentes de tejido conjuntivo que unen entre sí las márgenes opuestas de la pieza intermedia que se han adosado a los respectivos contornos femoral (1) y tibial (2), saltando también en busca de las formaciones meniscales. Otro detalle, significativo en el plano,

es la existencia de detalles análogos, a los que acabamos de describir, a nivel de la cámara articular fémoro-rotuliana (H) (figs. 11-3 y 11-5). Nos llama así mismo la atención, como contraste, el espesor alcanzado por las cubiertas pericondrales, femoral y tibial homónimas (figs. 11-6 y 11-7) en las zonas que están claramente enfrentadas. Está definiéndose, tan tempranamente, el área de cartílago hialino destinada a soportar mayor carga.

Se nos dibuja también, claramente, en el plano el curso y disposición de los ligamentos cruzados (C) (D), inmersos en plena fosa intercondílea, (figs. 11-6; 11-7 y 11-8) envueltos en un magma mesenquimal laxo en el que existen una gran cantidad de elementos vasculares. En la rodilla del lado derecho (figs. 11-1 y 11-2), se observa el recorrido del ligamento cruzado posterior (D), que se dispone alcanzando la cara axil del cóndilo femoral interno, e incluso, a mayor aumento (figs. 11-2), se observa con claridad no solo su inserción femoral sino el aspecto que tiene la masa conjuntiva que lo organiza. En la rodilla izquierda observamos la inserción femoral del ligamento cruzado posterior (D) (figs. 11-5 á 11-8) e igualmente la correspondiente al ligamento cruzado anterior (C) (figs. 11-5 á 11-8).

En la rodilla derecha se nos manifiesta parte del curso del tendón de origen del músculo poplíteo (P) (fig. 11-3), que está contorneando la cara lateral externa de la epífisis proximal de la tibia (2) para introducirse, en busca de su inserción

condílea, a través del nagma de tejido conjuntivo que, como decíamos, está íntimamente relacionado con la presencia de los ligamentos cruzados en desarrollo. Podemos ver también el blastema premuscular, próximo a su inserción tibial, del citado músculo (P) (figs. 11-3 y 11-5).

#### PROTOCOLO -12-

- Embrión humano: X-4.
- Estadío: 23 de O'Rahilly.
- Edad: 58 días.
- Longitud: 31 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 12-1 á 12-8.

Llegados al final del período embrionario (estadío 23 de O'Rahilly), como es el caso del este embrión de 31 mm. de longitud observamos que el molde cartilaginoso en la extremidad



proximal de la diáfisis tibial (fig. 12-1) empieza a derrumbarse. No obstante, resulta evidente el hecho de que los elementos constitutivos del par kinemático articular de la rodilla se mantienen, por ahora, en una clara fase de cartilificación, al unísono que se van definiendo las estructuras derivadas de la pieza intermedia articular.

Una observación, detenida, de las imágenes que presentamos de la rodilla del lado izquierdo de este embrión (figs. 12-1 a 12-3), en la cual debido a su posición aparece cortada frontalmente, nos muestra algunos detalles significativos en relación con el desarrollo articular de la rodilla. En primer lugar, los elementos constitutivos del par kinemático están aún en una clara fase de cartilificación. Observamos, igualmente con claridad, seccionada en sentido ventrodorsal, la imagen triangular del elemento que ha derivado de la fracción externa de la pieza articular intermedia, aún en fase de organización, cual es la formación meniscal interna (B) y externa (A); cada uno de estos meniscos, por su margen lateral, están claramente anclados a la formación capsular (K), la cual, en estos cortes frontales, se observa cómo se dispone partiendo de las márgenes laterales de la rótula, en desarrollo, rodeando perfectamente las formaciones condilares del fémur (1) hasta que finalmente se implanta, no solo en la cara lateral de los meniscos sino en sendas márgenes de los cóndilos de la tibia (2). Con relación a esta formación capsular debemos decir que aquella porción de la misma que continúa lateralmente a la rótula, algo más densificada, nos está

organizando las aletas rotulianas (J) (figs. 12-1 y 12-2).

Por otra parte el proceso de organización de la cavidad articular está ya prácticamente concluso, de modo que se nos hace patente la cámara fémoro-rotuliana (H) (figs. 12-1 y 12-2), la cámara fémoromeniscal (F) (figs. 12-2 y 12-3) y la menisco-tibial (G) (fig. 12-2).

Como decíamos en el protocolo anterior los pericondrios de las porciones condíleas del fémur y sus homónimas de la meseta tibial, aquellas superficies que tomarán contacto al cerrarse el par kinemático, aparecen más condensadas y densificadas, como inicio de la organización del futuro cartílago hialino articular.

Del conjunto de las formaciones ligamentosas articulares de la rodilla destacamos, en estas secciones de la rodilla izquierda (fig. 12-3), el curso y disposición del ligamento cruzado posterior (D) el cual, como sabemos, partiendo de la superficie retroespinal de la tibia termina, finalmente, alcanzando la cara axil del cóndilo interno femoral, quedando en situación inmediatamente concéntrica a él un tejido conjuntivo laxo, que está rellenando la fosa intercondílea, en el cual incluso podemos observar a la arteria genu media (GM) (figs. 12-1 y 12-3).

La rodilla derecha de este embrión, como consecuencia de su posición, se nos muestra cortada parasagitalmente (figs. 12-4 á 12-8). El grado evolutivo de la misma, lógicamente, viene a mantenerse en relación a lo ya descrito para el lado izquierdo, y

a ello remitimos al lector; si bien, al tratarse en este caso de cortes parasagittales, podemos observar la disposición de formaciones que en la izquierda no se nos hacían patentes, tales como el ligamento cruzado anterior (C) (fig. 12-4), que desde la superficie preespinal de la tibia termina alcanzando la cara axil del cóndilo femoral externo. A nivel de la cámara fémoro-rotuliana (H) todavía quedan restos de septos o trabéculas conjuntivas (figs. 12-5). Podemos observar al menisco interno (B), con las características y disposición que ya hemos mencionado (figs. 12-6 á 12-8), y el externo (A) en las 12-4 y 12-5).

Debemos además precisar y anotar algunos extremos en relación con la morfotopografía en la articulación de la rodilla. En este sentido señalamos el curso y disposición de la arteria poplítea (AP), en íntima relación con el nervio ciático poplíteo interno (7) (fig. 12-6) y sus ramas, así como la arteria tibial anterior (AT) (fig. 12-5) caudal a la cual se secciona, en fase cartilaginosa, el peroné (4), que termina alcanzando y articulándose (fig. 12-6) con la tibia, quedando tal sistema articular manifiestamente fuera de la articulación de la rodilla. Por otro lado, podemos observar la rama lateral de la arteria genu superior, e igualmente el suelo del hueco poplíteo en desarrollo, el músculo poplíteo (P) sobre el cual se apoya el paquete vasculonervioso poplíteo (figs. 12-6 y 12-7); caudal al mismo observamos la formación premuscular correspondiente al músculo soleo (S) sobre cuyo ojal cruza el nervio tibial posterior (TP) (fig. 12-5).

PROTOCOLO -13-

- Feto humano: R.I.-1.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 9 semanas.
- Longitud: 38 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 13-1 á 13-11.

Al iniciarse el período fetal sigue consolidándose la organización de la articulación de la rodilla, hasta conformar una articulación "in miniature", que a su vez se ve arropada por las estructuras musculares, vasculares y nerviosas, que son propias en la topografía.

Efectivamente, el proceso osteogénico, ya avanzado en las diáfisis femoral y tibial, todavía no ha afectado en lo más mínimo a los elementos del par kinemático articular. Esto es, la articulación de la rodilla conserva aún, claramente, su

estructura cartilaginosa en un grado de organización similar a lo observado en las horas finales del período embrionario. Sin embargo en estas primeras horas del período fetal aparece, ya claramente perfilado, el más importante refuerzo anterior de la articulación de la rodilla, esto es, el ligamento rotuliano (0) (fig. 13-1), el cual finalmente termina alcanzando el esbozo de la futura tuberosidad anterior de la tibia, aún en fase condrogénica.

Si seguimos el análisis de la morfología y grado de desarrollo alcanzado por la rodilla en este feto, las imágenes de la cual aparecen cortadas sagitalmente siendo interesada inicialmente la porción correspondiente a la margen lateral del cóndilo interno (1) (figs. 13-1 y 13-2), apreciamos, claramente, que como consecuencia de la evolución de la pieza intermedia articular prácticamente se ha organizado la cavidad articular fémoro-tibial (Q) (figs. 13-1; 13-2 y 13-3), si bien aún quedan pequeños restos de trabéculas y septos conjuntivos y además se aprecia, claramente, cómo las bandas más excéntricas de la inicial pieza intermedia se han adosado a las superficies enfrentadas del par kinemático organizando condensaciones muy manifiestas en dicha superficie, esbozo del futuro cartílago hialino.

La articulación fémoro-rotuliana (5) (fig. 13-4) y la evolución de su correspondiente pieza intermedia presentan un grado de desarrollo análogo al descrito para la articulación

fémoro-tibial.

Como venimos diciendo, las porciones centrales de la pieza intermedia, en sus contornos más excéntricos, continúan su proceso condensativo que les lleva a organizar, aún con más claridad, cada uno de los meniscos articulares, de los cuales en esta primera serie de imágenes, referidas a la rodilla izquierda, se nos muestra el menisco externo (A) (figs. 13-4; 13-5 y 13-6), pudiendo apreciarse no sólo el grado de madurez que ha adquirido hasta el momento, sino además el proceso que está llevando a la organización de la correspondientes cámaras fémoro-meniscal (F) y menisco-tibial (G) cómo a lo largo de su margen más excéntrica termina implantándose la cápsula articular (K) (figs. 13-4 y 13-5), que prácticamente ha alcanzado, ya en este momento, su organización. El contraste entre el aspecto cartilaginoso de los cóndilos femoral y tibial con la estructura fibrocartilaginosa del menisco correspondiente es manifiesto (fig. 13-6).

La imagen de la rótula (3), aún en fase condrógena, se nos muestra como decíamos enfrentada y articulada al cóndilo externo (fig. 13-4). Superficialmente la formación rotuliana está, claramente, cubierta por las porciones terminales del tendón cuadricepsital, que organizarán al tendón rotuliano (O) y que aparecen fuertemente adheridas al pericondrio rotuliano. Subyacente, no sólo a la rótula sino también a la margen más anterior del cóndilo externo y entre ellos y la tibia, se nos está conformando en estos cortes transversales una superficie triangular, de base anterior, rellena, por el momento, por un

masa de tejido conjuntivo laxo, esbozo, pensamos, de las formaciones adiposas del sistema articular de la rodilla.

El grado evolutivo alcanzado por los ligamentos cruzados de la rodilla es muy manifiesto. De ellos, en esta serie de imágenes, se nos muestra con toda claridad, alcanzando la cara axil del cóndilo femoral externo, en plena fosa intercondílica, la disposición del ligamento cruzado anterior (C) (figs. 13-4 y 13-5).

Debido a la disposición de los miembros inferiores del feto mientras la rodilla izquierda aparece cortada sagitalmente, como decíamos, la rodilla derecha (figs. 13-7 á 13-11) aparece, sin embargo, cortada frontalmente con una discreta oblicuidad; es la razón por la cual podemos observar sendos cóndilos femorales (1) y la fosa intercondílea.

Obviamente, el grado evolutivo alcanzado por las estructuras que están conformando el par kinemático es idéntico a lo ya descrito en la rodilla izquierda. Sin embargo, en esta serie de imágenes cortes frontales de la rodilla del lado derecho se nos manifiestan con mucha claridad las cámaras articulares fémoro-rotuliana (H) (fig. 13-7), fémoro-meniscal (F) y menisco-tibial (G) (figs. 13-7; 13-8; 13-10 y 13-11), en las cuales todavía pueden observarse algunos tractos del tejido conjuntivo.

Se nos muestra también, con su forma y estructura típica, tanto el menisco externo (A) (figs. 13-7; 13-8; 13-10 y 13-11) como el menisco interno (B) (figs. 13-7 y 13-8), en la cara excéntrica de los cuales, como ya repetidamente hemos dicho, termina implantándose la cápsula articular (K) de la rodilla ya en un grado apreciable de organización (figs. 13-7; 13-8; 13-10 y 13-11). En plena fosa intercondílica, y rodeados por un magma de tejido conjuntivo laxo con una gran cantidad de elementos vasculares (fig. 12-9), ramas de la arteria genu media, observamos la disposición de los ligamentos cruzados, tanto el posterior (D) (figs. 13-7 á 13-9), alcanzando la cara axil del cóndilo femoral interno, como el anterior (fig. 13-11) en el momento en que alcanza la cara axil del cóndilo femoral, (C).

#### PROTOCOLO -14-

- Embrión humano: G.V.-3.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 9 semanas.
- Longitud: 41 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.



## RESULTADOS

### Figs. 14-1 á 14-15.

Las imágenes que presentamos a continuación corresponden a cortes frontales oblicuos tanto de la rodilla derecha (figs. 14-1 á 14-9) como de la izquierda (figs. 14-10 á 14-15) de un feto de 9 semanas (41 mm. de longitud).

Como vimos en el protocolo anterior la morfología del sistema articular de la rodilla remeda, prácticamente, "in miniature" a la correspondiente del adulto.

En estos primeros momentos del desarrollo fetal, sin embargo, si bien la diáfisis femoral (1) ya ha iniciado su proceso de osificación, (figs. 14-4 y 14-10) aquellas porciones tanto del fémur como de la rótula que formarán parte del par kinemático articular aún están, como es lógico, en una clara fase condrógena, fenómeno que se observa, claramente, en la fig. 14-1.

Como consecuencia de la evolución de la pieza articular intermedia durante el período embrionario se ha organizado la cavidad articular fémoro-rotuliana (H) (figs. 14-1; 14-10 y 14-11), en la cual aún quedan restos de septos o trabéculas conjuntivas. De modo análogo la organización de cada uno de los meniscos, interno (B) y externo (A) (figs. 14-4 á 14-8 y 14-12 y

14-13) nos permite también reconocer las cavidades articulares cuya presencia determina, ésto es, la cámara fémoro-meniscal (F) (figs. 14-4 á 14-6 y 14-12) y la menisco tibial (G) (figs. 14-8; 14-12 y 14-13), en las cuales también quedan restos de trabéculas o septos conjuntivos (fig. 14-6). Igualmente, y rebasando en dirección distal el sistema articular de la rodilla, será interesada, a nivel de su epifisis proximal y lógicamente en fase condrógena, la imagen del peroné (4) (fig. 14-15).

Del conjunto de los refuerzos ligamentosos del sistema articular de la rodilla nos aparecen no sólo el conjunto de fibras del tendón del cuádriceps, que se insertan y resbalan sobre la cara superficial de la rótula (figs. 14-1 y 14-10) con sus correspondientes expansiones laterales o aletas rotulianas (J) (figs. 14-1 y 14-10), sino también su continuación caudal o ligamento rotuliano (O) (figs. 14-4; 14-6; 14-7; 14-8; 14-9 y 14-12), que finalmente acaba fijándose en la superficie de la tibia que organizará la tuberosidad anterior (figs. 14-9 y 14-13). Profundo con relación a dicho tendón, en relación con los ligamentos cruzados de la articulación, se está organizando una masa de tejido conjuntivo laxo, anticipo del ligamento adiposo (LA) (figs. 14-4 á 14-6).

De los refuerzos laterales del sistema articular observamos, apareciendo como una condensación de la cápsula articular, el esbozo del ligamento lateral interno (LI) (figs. 14-4 á 14-6; 14-12 y 14-13), mientras que el ligamento lateral externo (E) es

manifiestamente independiente de la cápsula articular, observándose en cualquier caso superficial al tendón de inserción del músculo poplíteo (P) (figs. 14-13 y 14-14).

Pero en cualquier caso quizás lo más trascendente, sobre todo por su importancia funcional en la articulación de la rodilla, sean los ligamentos cruzados. De ellos podemos seguir, perfectamente, tanto al ligamento cruzado posterior (D), desde su inserción en la cara axil del cóndilo interno (figs. 14-2 á 14-16) hasta que, corriendo por el espacio intercondílico, terminará insertándose en la superficie retroespinal de la tibia (figs. 14-7 y 14-12). Igualmente podemos seguir, desde su inserción en la cara axil del cóndilo externo (figs. 14-4 y 14-5), al ligamento cruzado anterior (C) el cual tras cruzar la fosa intercondílica alcanzará la superficie preespinal de la tibia (fig. 14-6), en relación, como observamos, con el cuerno anterior del menisco externo.

Otro importante refuerzo del sistema articular de la rodilla será, aún en fase de organización, el músculo poplíteo (P), que desde su origen tibial (figs. 14-9; 14-13 á 14-15) finalmente alcanzará, por su tendón de origen, la cara lateral del cóndilo externo (figs. 14-12 y 14-13), quedando profundo, como decíamos, al ligamento lateral externo (E) (figs. 14-13 y 14-14). En relación con el músculo poplíteo se está organizando la región topográfica del rombo poplíteo, en la cual observamos no sólo el músculo semimembranoso y su tendón de inserción (SM) (fig. 14-9)

sino también al músculo cuádriceps femoral, así como su tendón (BF) en busca del peroné (fig. 14-15). A este nivel también empezamos a observar los lados inferiores del citado rombo, esto es, el blastema de los músculos gemelos de la pierna (N) (fig. 14-15). En pleno rombo poplíteo, y en relación por tanto con los blastemas musculares que acabamos de mencionar, vienen a disponerse, desde la profundidad a la superficie, la arteria poplíteo (AP) (figs. 14-8; 14-9; 14-12 á 14-15), la vena poplíteo (V) (figs. 14-8; 14-9 y 14-12) y las ramas de división del tronco del nervio ciático (6) (figs. 14-9 y 14-12), es decir, el nervio ciático poplíteo interno (7) (figs. 14-9; 14-12; 14-13; 14-15) y el nervio ciático poplíteo externo (8) (figs. 14-9; 14-12 y 14-13).

#### PROTOCOLO -15-

- Feto humano: A.M.-1.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 9 semanas.
- Longitud: 41 mm.
- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

## RESULTADOS

### Figs. 15-1 á 15-5.

Las imágenes que presentamos de este feto humano en las últimas horas de la novena semana del desarrollo nos van a mostrar algunos extremos particulares en relación con la articulación de la rodilla. Así, por ejemplo, como viene siendo una norma, los elementos del par kinemático articular aún no han comenzado su osteogénesis, estando pues en una clara fase condrógena.

Las cavidades articulares, tanto fémoro-rotuliana (**H**) (fig. 15-1), como fémoro-meniscal (**F**) (figs. 15-2 y 15-4) y menisco-tibial (**G**) (figs. 15-2; 15-4 y 15-5) están prácticamente organizadas, con apenas algún tracto o septo de tejido conjuntivo.

También son muy manifiestos cada uno de los meniscos, con su forma típica a la sección frontal y sus manifiestas adherencias, por su cara excéntrica, a la cápsula articular.

La cara superior de la rótula (**3**) (fig. 15-1) aparece muy condensada como consecuencia de las expansiones del tendón del cuádriceps, algunas de las cuales, como sabemos, se adhieren fuertemente a su pericondrio. De las márgenes laterales de la

citada rótula, y apareciendo como condensaciones de la cápsula articular, parten las aletas rotulianas (J) (fig. 15-1).

Caudal con relación a la rótula seguimos, en su recorrido en busca de la cara anterior de la tibia, al tendón rotuliano (O) (figs. 15-2; 15-4 y 15-5).

En esta serie de imágenes podemos además seguir, con mucha nitidez y precisión, el curso de los ligamentos cruzados, sobre todo del ligamento cruzado anterior (C) (figs. 15-2 á 15-4), que partiendo de la superficie preespinal de la tibia alcanza la cara axil del cóndilo femoral externo (figs. 15-2 y 15-3), cruzando oblicuamente la fosa intercondílica.

Inmediatamente dorsal a él se aprecian las inserciones femorales, en la cara axil del cóndilo interno, del ligamento cruzado posterior (D) (figs. 15-2 á 15-4), pudiendo apreciarse incluso sus inserciones tibiales en la superficie retroespinal de la tibia. Dorsal a ellos, y ocupando ese espacio de la fosa intercondílica se dibuja, claramente, el recorrido de la arteria que se encarga de su vascularización, esto es, de la arteria genu media (GM) (figs. 15-2 y 15-3).

En íntima relación con la margen externa del menisco externo (A), y claramente independiente del mismo y de la cápsula articular, observamos, cortado transversalmente y en busca de la apófisis estiloides del peroné, al ligamento colateral externo de

la articulación de la rodilla. (E) (fig. 15-5).

Del conjunto de elementos que están situados en el hueco poplíteo destacamos la presencia del nervio ciático poplíteo interno (7) (fig. 15-5) y el conjunto de vasos poplíteos (figs. 15-2 y 15-3) de los cuales la arteria es más profunda y el nervio más superficial, quedando arropados, a uno y otro lado, por los blastemas musculares que organizarán el músculo triceps sural (fig. 15-5).

#### PROTOCOLO -16-

- Feto humano: G.V.1.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 10 semanas.
- Longitud: 45 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

## RESULTADOS

Figs. 16-1 á 16-7.

La serie de imágenes que presentamos de este feto humano, de 45 mm, 10 semanas de vida intrauterina, nos permiten analizar algunos detalles puntuales, tanto a nivel de las cámaras fémoro-menisco-tibial-interna (F) (G) (figs. 16-1 á 16-5) como a nivel de la fémoro-menisco-tibial-externa (figs. 16-1; 16-6 y 16-7).

Si comenzamos analizando, en primer lugar, el grado de madurez alcanzado por las piezas que forman el par kinemático de la articulación de la rodilla, podremos comprobar cómo tanto la extremidad distal del fémur (1) como la proximal de la tibia (2) e incluso la extremidad proximal del peroné (A) (fig. 16-6) persisten aún en fase cartilaginosa madura, no apareciendo, por tanto por el momento, el menor vestigio de osteogénesis.

Como consecuencia de la evolución de la pieza articular intermedia se nos marcan, perfectamente, las distintas cavidades articulares de la rodilla; en este sentido, y debido a la presencia del fibrocartílago articular interno (B) (figs. 16-1 á 16-6) con un notable grado de desarrollo y en cuya superficie excéntrica termina insertándose una cápsula articular (K) bien desarrollada, apreciamos, claramente, la cavidad articular correspondiente a la cámara fémoro-meniscal interna (F) (figs.



16-2 á 16-5), en la cual incluso quedan algunos tractos de tejido conjuntivo derivados, como sabemos, de la pieza intermedia, así como la menisco-tibial interna (G) (figs. 16-2 á 16-5), en la cual, igualmente, persisten aún algunos tractos conectivos. En esta serie de cortes incluso podemos observar el momento en que es interesado el cuerno anterior del menisco interno (B), implantándose en la superficie preespinal de la tibia (fig. 16-3), así como su porción excéntrica, lo cual nos permite observar las correspondientes superficies enfrentadas y que cerrarán el par kinemático, tanto del cóndilo femoral interno (1) como de la cavidad glenoidea homónima de la tibia (2) (fig. 16-3), en la cual también persisten restos de trabéculas conjuntivas.

Si fijamos nuestra atención ahora (figs. 16-1; 16-6 y 16-7) en la porción articular externa de la rodilla podremos observar, con nitidez, no sólo la imagen típicamente triangular del menisco externo (A), en cuya cara superficial termina implantándose la cápsula articular de la rodilla (figs. 16-1 y 16-7), sino también el aspecto de las dos cavidades articulares que su presencia determina, ésto es, la fémoro-meniscal (F) y menisco-tibial externa (G) (figs. 16-1 y 16-7). La fig. 16-6 nos muestra el cuerno posterior del menisco externo, del cual parte un tracto, claramente manifiesto, que va al encuentro de la margen externa y anterior del ligamento cruzado posterior (D), anticipándonos con su presencia el ligamento menisco-femoral, ligamento de Wrisberg, ó también llamado, por otros, tercer ligamento cruzado de la

rodilla.

Al ser interesada en el corte la extremidad proximal del peroné (4) (fig. 16-6) podemos comprobar cómo se ha organizado la cavidad articular tibio-peroneo proximal (R), con un grado evolutivo análogo al alcanzado en la articulación de la rodilla. Llama, igualmente, nuestra atención el hecho significativo de la continuidad existente entre las cavidades articulares menisco-tibial externa (G) y tibio-peroneo proximal (R), como si una articulación y otra estuviesen perfectamente interconectadas o intercomunicadas entre sí en estos momentos del desarrollo, debiendo, por tanto, admitirse, al menos en estas horas, la participación de la articulación tibio-peroneo proximal en el sistema articular de la rodilla, durante los primeros momentos del periodo fetal temprano.

Rellenando el espacio intercondílico nos aparece un tejido conjuntivo laxo, con algunos elementos vasculares ramas de la arteria genu media. De los ligamentos cruzados, podemos seguir el ligamento cruzado posterior (D), desde su inserción en el espacio retroespinal tibial (2) (fig. 16-6) hasta su implantación en la cara axil del cóndilo femoral interno (1) (fig. 16-1). Del ligamento cruzado anterior (C) sólo observamos su inserción en la superficie preespinal de la tibia (2) (fig. 16-3), en íntima relación con el cuerno anterior del menisco interno (B).

Reforzando a estos niveles la margen lateral de la cápsula

(K) de la articulación de la rodilla se nos muestran no sólo las inserciones en el peroné del ligamento lateral externo (E) (fig. 16-6) sino también el curso, desde su origen en la cara lateral del cóndilo externo (fig. 16-1), del tendón del músculo poplíteo (P) (fig. 16-6).

#### PROTOCOLO -17-

- Feto humano: M.A-3.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 10 semanas.
- Longitud: 46 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 17-1 á 17-8.

La serie de imágenes que presentamos de este feto, tan sólo 1 mm. mayor que el descrito en el protocolo anterior y por tanto de la misma edad y con un grado de desarrollo análogo, nos van a permitir observar determinados aspectos en relación con la morfotopografía de la articulación objeto de nuestro estudio.

En primer lugar hemos de resaltar el hecho de que todos y cada uno de los elementos que forman el par cinemático articular permanecen en fase cartilaginosa (figs. 17-1 á 17-3; rodilla izquierda y figs. 17-6 á 17-8; rodilla derecha). Si acaso resaltemos el hecho de que la porción correspondiente a la diafisis del peroné (4) ya ha iniciado su osteogénesis (fig. 17-1).

Por lo que se refiere al aspecto, morfología y grado de desarrollo alcanzado por cada una de las cámaras articulares, es decir, la cámara fémoro-meniscal (F), menisco-tibial (G) y fémoro rotuliana (H) viene a ser, en todo, superponible a lo ya descrito en el protocolo anterior, y a esas líneas remitimos al lector. No obstante creemos importante resaltar el grado de desarrollo, ya muy manifiesto, alcanzado por las aletas de la rótula (J) (figs. 17-2; 17-4; 17-6 á 17-8) así como la presencia, en el espacio que media entre rótula (3), cóndilo femoral interno (1) y cóndilo tibial externo (2), de una masa de tejido conjuntivo laxo de estructura análoga a la que se dispone en relación con los ligamentos cruzados (fig. 17-1).

Tanto en una como en otra rodilla aparecen, manifiestamente identificables, sendos ligamentos cruzados; en el lado izquierdo (figs. 17-2 y 17-3), vemos como rellenan el espacio intercondílico, con algunas ramas de la arteria genu media inmersas en el tejido conjuntivo laxo que los entorna, e

igualmente apreciamos las inserciones femorales tanto del ligamento cruzado posterior (D) como del anterior (C), con su forma y aspecto característicos; en el lado derecho, de modo análogo, observamos la inserción en la cara axil del cóndilo externo del ligamento cruzado posterior (D) (figs. 17-4 y 17-5) así como el curso (figs. 17-4 y 17-5) e inserción, en la cara axil del cóndilo externo, del ligamento cruzado anterior (C).

La cápsula de la articulación (K), muy manifiesta y claramente desarrollada, presenta una evidente condensación en su margen anterior, en la porción que se aplica y fija en la cara superficial de la rótula (3), correspondiente al tendón de inserción del músculo cuádriceps (figs. 17-1; 17-4; 17-5; 17-7 y 17-8) así como el aspecto condensado de la misma, en su margen interna (fig. 17-1), anticipo del ligamento lateral interno de la articulación (LI).

Por lo que se refiere a la morfotopografía del hueso poplíteo debemos destacar la presencia del nervio ciático poplíteo interno (7), profundo al cual se dispone la arteria tibio-peronea (TP), apoyados sobre la masa muscular que está conformando, en su porción de origen, el músculo poplíteo (P).

Inmediatamente suprayacente a la extremidad proximal de la diáfisis del peroné reconocemos el curso de la arteria tibial anterior (AT) (fig. 17-1).

PROTOCOLO -18-

- Feto humano: X-8.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 10 semanas.
- Longitud: 50 mm.
- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 18-1 á 18-11.

En los últimos momentos de la semana diez del desarrollo, cuando los fetos tienen una longitud de 50 mm. se pueden seguir, obviamente con mayor claridad y nitidez, gran parte de los elementos que intervienen en la organización del sistema articular de la rodilla.

En la presente serie de imágenes analizaremos la morfotopografía y grado de desarrollo alcanzado, básicamente, en la rodilla derecha del presente feto (figs. 18-1 á 18-9), dejando, tan sólo, algunos aspectos puntuales que, como

consecuencia del corte, se aprecian mejor en la rodilla del lado izquierdo (figs. 18-10 y 18-11).

Por lo que se refiere a los elementos que intervienen en el par kinemático articular, y como corresponde a la semana diez del desarrollo, aún presentan una clara estructura de tejido cartilaginoso.

La cámara articular fémoro-rotuliana (**H**), claramente manifiesta aún presenta algunos tractos conjuntivos (figs. 18-3; 1-4 y 18-10); precisión análoga podemos hacer en lo que se refiere al resto de las cámaras articulares, es decir, la fémoro-meniscal (**F**) (figs. 18-1; 18-2; 18-7; 18-10 y 18-11) y la menisco-tibial (**G**) (figs. 18-1; 18-7; 18-10 y 18-11), en las cuales también pueden identificarse algunos tractos dispersos de tejido conjuntivo (fig. 18-7).

Las secciones fetales, sagitales, interesan también la interlínea de la articulación tibio-peronea proximal (**R**), en desarrollo, pudiéndose comprobar, en estos momentos durante la semana diez la clara comunicación que existe entre dicha cámara articular y la menisco-tibial externa (**G**) (fig. 18-2).

Aquella parte de la porción excéntrica y central de la pieza intermedia que se condensó y adoptó estructura de fibrocartilago éste es, el correspondiente menisco articular, también puede ser observado con su estructura típica; en este sentido podemos ver

la superficie excéntrica, no articular del menisco externo (A) (fig. 18-1) así como sus cuernos anterior y posterior (figs. 18-2 y 18-3), que finalmente acaban anclándose en la superficie de la tibia (fig. 18-3). Por el contrario, del menisco interno (B) (fig. 18-7) tan sólo son interesados en el corte su cuerno anterior, y su cuerno posterior implantándose en la superficie tibial. Precisiones análogas podríamos hacer en relación con el cuerno posterior del menisco externo (A) de la rodilla (figs. 18-10 y 18-11). En cualquier caso, en la cara no articular de cada uno de los meniscos termina, de una forma clara, implantándose la cápsula articular (K) (figs. 18-10 y 18-11).

Por lo que se refiere a los ligamentos cruzados de esta articulación comprobamos el curso y disposición, entre ambos cuernos del menisco externo, del ligamento cruzado anterior (C) (figs. 18-3 y 18-4), rodeado por un magma de tejido conjuntivo laxo en el cual hay una gran cantidad de vasos, ramas procedentes de la arteria genu media. En la rodilla izquierda, quizás podamos apreciar, con mayor claridad, el curso del ya citado ligamento cruzado anterior (C) desde la superficie preespinal de la tibia a la cara axil del del cóndilo femoral externo (figs. 18-10 y 18-11).

Cruzándose en aspa con el ligamento cruzado anterior, y saltando desde la superficie retroespinal de la tibia hasta la cara axil del cóndilo interno seguimos, con toda nitidez, al ligamento cruzado posterior (D) (figs. 18-5; 18-6; 18-8 y 18-9).



La cápsula de la articulación **K** presenta, como decíamos, un notable grado de organización, en relación con ella, y en esta serie de imágenes, creemos oportuno destacar la presencia del más importante refuerzo anterior de la articulación de la rodilla, cual es el tendón rotuliano (**O**) (figs. 18-5; 18-8 y 18-10), profundo al cual, y en el espacio que media entre la rótula y la meseta tibial, sigue acantonado un rama de tejido conjuntivo laxo, anticipo, creemos, de la organización del ligamento adiposo (**LA**) (figs. 18-3 á 18-5) de la articulación. Dorsolateralmente, la cápsula articular se invaginará en el fondo de la fosa intercondílica, anclándose y dejando en posición extraarticular a sendos ligamentos cruzados. Esa es la razón de la especial disposición que presenta y que podemos seguir en las figs. 18-5 y 18-6. Inmediatamente dorsal a ella se aprecian algunas ramas de la arteria genu media (figs. 18-5 y 18-6).

En relación con la morfotopografía del hueco poplíteo, también podemos señalar la presencia del músculo poplíteo (**P**) (figs. 18-1; 18-2; 18-3; 18-7 y 18-10) sobre el cual se apoya el nervio ciático poplíteo interno (**7**) y los vasos poplíteos (**V**) (figs. 18-1 y 18-2), así como al nervio ciático poplíteo externo (**8**) (figs. 18-1; 18-2; 18-3; 18-7 y 18-8).

Debemos señalar, igualmente, los orígenes fibulares del músculo sóleo (**S**) (fig. 18-2) y los del músculo tibial posterior (**MT**) (fig. 18-5).

PROTOCOLO -19-

- Feto humano: M.A.-1.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 11 semanas.
- Longitud: 52 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 19-1 á 19-7.

En la once semana del desarrollo, como corresponde a este feto de 52 mm. de longitud, aún permanecen los elementos que van a formar el par kinemático articular en la fase condrogénica típica, destacando, si acaso, cómo la capa pericondral, en aquellos puntos en que va a establecer el cierre del par kinemático articular, aparece más condensada (figs. 19-3 y 19-6) como consecuencia de la evolución de la pieza intermedia durante

el período fetal y anticipo de la organización del cartilago hialino articular. Igualmente aparece una clara condensación condrógena (figs. 19-4 y 19-6) que nos está anticipando la organización de la espina de la tibia ( ).

Como consecuencia de la disposición de los miembros inferiores las figs. 19-1 á 19-3 son cortes parasagittales de la rodilla del lado izquierdo mientras que las figs. 19-4 á 19-7 son cortes frontales de la rodilla del lado derecho. Con ayuda de esta serie de imágenes podemos comprobar cómo apenas quedan algunas trabéculas en la luz articular, consecuencia de la deslaminación de la pieza articular intermedia, ocupando las muy claras cavidades articulares: fémoro-meniscal (F) (figs. 19-1 y 19-2), menisco-tibial (G) (figs. 19-2 y 19-5) y fémoro-menisco tibial (fig. 19-6), la confluencia de cuya superficie contribuye a establecerla la organización, ya muy avanzada, de los meniscos articulares, de los cuales son interesados en esta serie de imágenes: el contorno del menisco interno (B) (figs. 19-1 y 19-2) así como su cuerno anterior y posterior (fig. 19-3), en la rodilla izquierda, que como decíamos estaba cortada parasagittalmente. En la rodilla derecha, sin embargo, al tratarse de cortes frontales simplemente aparece, con un aspecto triangular típico a la sección, el menisco interno (B) figs. 19-5 á 19-7). En cualquiera de los casos, en la cara lateral o superficie excéntrica de dichos meniscos se fija la cápsula articular (K), resultando clara y manifiesta la diferente

estructura que presenta cápsula y menisco (fig. 19-5), fibrosa la primera y fibrocartilaginosa la segunda.

Ocupando, en parte, la fosa intercondílica no sólo se dispone, como apreciamos en las figs. 19-4 y 19-6, el ligamento cruzado posterior (O), el cual termina fijándose en la cara axil del cóndilo interno (fig. 19-6), sino además nos llama especialmente la atención la masa de tejido conjuntivo laxo que viene a disponerse en relación con él (figs. 19-4 y 19-6), la cual concretamente en la porción subrotuliana, y tratando de septar una y otra superficie articular cóndilo-tibial, viene a conformar el ligamento adiposo (LA) de dicha articulación, el cual en este caso como ocurre en ocasiones, llega incluso a alcanzar el espacio intercondílico. Inmediatamente ventral a él aparece el más importante refuerzo anterior de la rodilla, buscando su inserción en la tuberosidad anterior de la tibia, el tendón rotuliano (O) (fig. 19-7).

Del conjunto de los elementos que conforman el hueco poplíteo observamos, dispuestos desde la superficie a la profundidad, en la fig. 19-1 el nervio ciático poplíteo interno (7), la vena poplíteo (V), destacando como elemento más profundo la arteria poplíteo (AP).

PROTOCOLO -20-

- Feto humano: B.B.-3.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 11 semanas.
- Longitud: 53 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 20-1 á 20-7.

Las imágenes que ilustran el presente protocolo, correspondientes a un feto de once semanas de desarrollo, nos muestran el importante grado organizativo alcanzado por el conjunto de estructuras que conforman el sistema articular de la rodilla.

En cualquier caso, aún en estos momentos del desarrollo, el proceso osteogénico no ha alcanzado todavía a las epífisis del fémur y de la tibia (1) (2), sobre cuya meseta destaca la silueta de la espina tibial (3) (figs. 20-1 y 20-2), ni a la rótula (3), por lo cual persiste todavía su estructura condrógena.

El grado organizativo alcanzado por las distintas cavidades articulares que van a conformar el sistema articular de la rodilla nos muestra, el hecho significativo de la casi completa desaparición de aquellas trabéculas o septos conjuntivos, que hasta ahora hemos visto como se disponían aleatoriamente en las cavidades articulares; observamos, con toda claridad, la interlínea articular fémoro-rotuliana (H) (figs. 20-1 y 20-3), la fémoro-meniscal (F) (figs. 20-1; 20-2; y 20-4 á 20-7) y la menisco-tibial (G) (figs. 20-1 á 20-7), separadas estas dos últimas como sabemos, aunque incompletamente, por la presencia de los meniscos, de los cuales podemos observar el cuerno anterior (fig. 20-3) y el posterior (figs. 20-1 y 20-2) del menisco interno (B), así como su contorno (figs. 20-4 y 20-5), y el correspondiente al menisco externo (A) (figs. 20-6 y 20-7). En cualquiera de las imágenes que ofrecemos de ellos se nos presenta, nítidamente, no sólo su aspecto citoestructural sino también sus relaciones con la cápsula articular (K) (figs. 20-1; 20-2 y 20-4 á 20-7). De modo análogo, en estos momentos, se nos muestra el fondo de saco que se organiza tras la implantación en la tibia de la cápsula articular (figs. 20-4).

Ocupando gran parte del espacio que media entre fémur y tibia, y rodeados por un magma de tejido conjuntivo laxo cuya porción más central es la expresión y manifestación del ligamento adiposo de la articulación de la rodilla (LA) (figs. 20-1 y 20-3), se disponen los ligamentos cruzados, de los cuales, como consecuencia del corte, observamos con mayor claridad el

recorrido del ligamento cruzado posterior (D), desde su inserción en la superficie retroespinal de la tibia (fig. 20-3) hasta que alcanza la cara axil del cóndilo interno (1) (figs. 20-1 y 20-2). Inmediatamente ventral a él, e iniciando su correspondiente cruce, se dispone el ligamento cruzado anterior (C) (fig. 20-3).

Otro refuerzo articular importante de esta articulación lo constituye el ligamento rotuliano (O) (figs. 20-1 y 20-3), que viene a ser la continuación de las fibras tendinosas, que previamente organizaron y se insertaron en el borde superior de la rótula (figs. 20-1 y 20-3), del músculo cuádriceps femoral.

Del conjunto de los elementos que conforman el rombo poplíteo destacamos la presencia del paquete vascular poplíteo (fig. 20-6), así como los nervios ciático poplíteo interno (7) (figs. 20-3 y 20-6) y el ciático poplíteo externo (8) (figs. 20-6 y 20-7). Igualmente, formando el suelo del hueco poplíteo, aparece el conjunto del blastema muscular del músculo poplíteo (P) (fig. 20-6). Debemos, finalmente, mencionar otro hecho importante en relación con este sistema articular y es que, como observamos en las figs. 20-6 y 20-7, la cavidad articular tibio-peronea proximal (R) está en clara continuidad con la que se establece entre el menisco externo y su correspondiente cavidad glenoidea.

PROTOCOLO -21-

- Feto humano: S.A.-4.
- Estadío Período fetal.
- Edad: 12 semanas.
- Longitud: 70 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 21-1 á 21-4.

Las cuatro primeras imágenes de esta serie corresponden a cortes frontales realizados sobre la rodilla izquierda de un feto de 70 mm. de longitud que cursa durante las doce semanas del desarrollo. Las secciones por tanto, son adecuadas para analizar, básicamente, los elementos que se sitúan no sólo a nivel de la fosa intercondílica sino también aquellos que establecen la congruencia en el par kinemático articular.

Sin embargo, previamente, debemos señalar que en estos momentos del desarrollo las epífisis de los elementos que formarán el par kinemático articular aún presentan una citoestructura de aspecto condrógeno maduro, apreciación de la



que, lógicamente, también hacemos partícipe a la rótula.

La imagen de la cápsula aparece muy bien definida (K) (fig. 21-3) y una observación detenida de la misma nos va a permitir identificar la condensación correspondiente al ligamento lateral externo (E) de la articulación (fig. 21-4) así como la expansión del tendón rotuliano (O) (figs. 21-2 y 21-3). Igualmente apreciamos las inserciones meniscales del ligamento capsular (figs. 21-3 y 21-4).

Por lo que se refiere a los elementos que rellenan y ocupan, casi totalmente, la fosa intercondílica debemos señalar la típica disposición que presenta, en busca de la cara axil del cóndilo externo, el ligamento cruzado anterior (C) (fig. 21-2), y además en el espesor del tejido conjuntivo laxo que lo contorna se identifican, lógicamente, pequeñas ramas de la arteria genu media. (fig. 21-2).

Como elementos que establecen la congruencia del par kinemático articular aparecen los meniscos (A) y (B) (figs. 21-3 y 21-4), e incluso un corte afortunado como el de la fig. 21-4 nos permite identificar, en la porción externa de esta rodilla izquierda, la cámara fémoro-meniscal (F) e incipientemente la menisco-tibial (G) en las cuales aún permanecen algunos tractos de tejido conjutivo.

Figs. 21-5 á 21-11.

La rodilla del lado derecho, por el contrario, y como consecuencia de la disposición de los miembros inferiores de este lado aparece, curiosamente, cortada sagitalmente; sin embargo seguimos observando, como en el caso anterior, la estructura claramente condrógena de los elementos del par kinemático articular, si bien el proceso de osificación diafisario femoral está ya muy próximo a la epífisis distal del fémur (figs. 21-9 y 21-10).

Como consecuencia de la disposición del corte identificamos la situación y morfología del menisco articular externo (A) (figs. 21-9 á 21-11), el cual está siendo interesado a nivel de sus cuernos anterior y posterior, concretamente a nivel del punto en el que está teniendo lugar su adherencia sobre la superficie retro y preespinal de la tibia. Como consecuencia de ello observamos, con claridad, la cavidad articular fémoro-menisco-tibial (figs. 21-10 y 21-11) en la cual apenas si hay algún tracto conectivo.

En estos cortes sagitales se observa la disposición y el cruce que realizan entre sí los ligamentos cruzados de esta articulación. En este sentido podemos seguir, desde su anclaje e inserción en la superficie retroespinal de la tibia (figs. 21-7 y 21-8) hasta su inserción en la cara axil del cóndilo interno (fig. 21-5 y 21-6), al ligamento cruzado posterior (D) el cual se

cruza en aspa con el ligamento cruzado anterior (C), que podemos comenzar a observarlo originándose en la superficie preespinal de la tibia (figs. 21-7 y 21-8).

Ventral a la situación de ambos ligamentos, y entre la margen inferior de la rótula (3) y la superior de la tibia (2), se dispone un tejido conjuntivo laxo que comienza a estar perfectamente delimitado de aquel que entorna a los ligamentos cruzados, y que con algunos elementos vasculares en su espesor nos sigue dibujando, en estos momentos del desarrollo, la situación del ligamento adiposo (LA) (figs. 21-5 á 21-7).

Inmediatamente ventral a él aparece el tendón rotuliano (O) (fig. 21-5), que como sabemos no es más que la continuación, reforzando ventralmente la cápsula articular, del tendón del músculo cuádriceps femoral (9) (figs. 21-5; 21-7 y 21-9).

En relación con los elementos del rombo poplíteo debemos destacar, en primer lugar, la presencia, formando el suelo de dicha región topográfica, del músculo poplíteo (P) (fig. 21-10) sobre el cual se disponen, escalonadamente desde la profundidad a la superficie, los vasos poplíteos (V) (figs. 21-9 y 21-10), el nervio ciático poplíteo interno (7) y el nervio ciático poplíteo externo (8) (figs. 21-9 y 21-10). Formando parte, igualmente, del rombo poplíteo nos parece interesante señalar el origen del músculo gemelo interno o gastrocnemio medial (N) (fig. 21-5)

PROTOCOLO -22-

- Feto humano: O.L.-1.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 13 semanas.
- Longitud: 85 mm.
- Cortes: Transverso-horizontales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

RESULTADOS

Figs. 22-1 á 22-10.

El avance progresivo de la osteogénesis en dirección a la articulación de la rodilla termina por alcanzar las epífisis de los elementos que forman el par kinemático articular (figs. 22-1 y 22-4). El proceso de osificación se manifiesta, inicialmente, por la invasión vascular del cartílago, determinando el comienzo de la disgregación del molde cartilaginoso de las epífisis distal del fémur (1) (figs. 22-1 y 22-3) y de la proximal de la tibia (2) (figs. 22-3 y 22-4). Ahí se organizan una serie de islotes de ovillos vasculares que inician la destrucción del cartílago (figs. 22-1; 22-3 y 22-4).

Lógicamente la penetración de las yemas vasculares se

efectúa desde la superficie a la profundidad, tras invadir la zona pericondral condílea (figs. 22-1; 22-3; 22-6 á 22-8), preferentemente desde las márgenes laterales y fondos de la fosa intercondílica (fig. 22-5), lo que sugiere que los vasos invasores proceden de la red arterial pericapsular y en última instancia de las arterias genu, ramas de la arteria poplítea.

En este protocolo que presentamos, correspondiente a las trece semanas de desarrollo, ésto es, al inicio del tercer mes, las figs. 22-1 á 22-5, corresponden a cortes frontales realizados sobre la rodilla del lado izquierdo y las figs. 22-6 á 22-10 a cortes sagitales de la rodilla del lado derecho.

Tanto en un lado como en otro observamos cómo la capsulación ligamentosa articular y la luz de las distintas cavidades articulares son definitivas (figs. 22-1; 22-2; 22-6 y 22-9); en este sentido destacamos la presencia del menisco interno (**B**) (figs. 22-1 y 22-2) y del menisco externo (**A**) (fig. 22-3) de la rodilla izquierda, cortados frontalmente, y sobre todo las inserciones de sus cuernos anteriores en la superficie de la tibia (figs. 22-4 y 22-5).

Por lo que se refiere a la rodilla del lado derecho está siendo interesada la porción circunferencial excéntrica del menisco interno (**B**) (figs. 22-6 y 22-7) así como sus cuernos anterior y posterior (figs. 22-8; 22-9 y 22-10). En cualquiera de las imágenes observamos, con claridad, la inserción que realiza

la cápsula articular sobre la superficie no articular de estos meniscos.

Entre los refuerzos capsulares de esta articulación consideramos oportuno señalar la presencia, a nivel de sus inserciones tibiales, del ligamento lateral interno (LI) (fig. 22-2), entre el cual y el menisco del mismo lado queda un espacio ocupado por tejido conjuntivo laxo en cuyo espesor se ven algunas ramas de la arteria genu superior.

Igualmente observamos los orígenes femorales del ligamento lateral externo (E) (figs. 22-9 y 22-10).

De los refuerzos posteriores de esta articulación, y concretamente en la rodilla del lado izquierdo, debemos señalar el origen tibial del ligamento cruzado anterior (C) (fig. 22-4) el cual termina insertándose en la cara axil del cóndilo externo (fig. 22-3). Igualmente observamos las fijaciones tibiales del ligamento cruzado posterior (D) (fig. 22-3) y su inserción en la cara axil del cóndilo interno (fig. 22-1).

En la porción más central de la fosa intercondílica se encuentra dispuesto un magma de tejido conjuntivo laxo, con algunos elementos vasculares, correspondiente al ligamento adiposo de esta articulación (LA) (fig. 22-4).

Finalmente, a nivel del hueco poplíteo y apoyándose sobre el

músculo poplíteo (P) (figs. 22-7 y 22-8), se disponer, desde la profundidad a la superficie, la arteria poplíteo (AP) y la vena poplíteo (V) (figs. 22-7 y 22-8) así como el nervio ciático poplíteo interno (7) (fig. 22-8), destacándose además, en el espesor de la grasa que se está organizando a este nivel, la presencia de gran cantidad de elementos linfáticos que se empiezan a observar, como tales, a partir de la semana trece del desarrollo.

#### PROTOCOLO -23-

- Feto humano: Z.O.-2.
- Estadío: Período fetal.
- Edad: 14 semanas.
- Longitud: 102 mm.
- Cortes: Sagitales de 10 micras de espesor.
- Tinción: Hematoxilina de Harris y Eosina.
- Procedencia: Embrioteca Instituto F. Olóriz. Universidad de Granada.

#### RESULTADOS

Figs. 23-1 á 23-11.

Secciones sagitales de las articulaciones de la rodilla derecha e izquierda de un feto que inicia su catorce semana de

desarrollo servirán para confirmar cuanto ha acontecido en el proceso morfogénico de la organización de la articulación de la rodilla hasta alcanzar esta edad los fetos humanos y que ha sido descrito con la suficiente amplitud a lo largo de los protocolos precedentes. En realidad todo está definido en la morfoestructura de dicha articulación, en espera de que culmine el proceso osteogénico del par kinemático articular.

Planos parasagitales de la rodilla izquierda (figs. 23-1 á 23-5) y derecha (figs. 23-6 á 23-11) nos muestran la organización definitiva de la región, en la que destaca la presencia de los ligamentos cruzados, posterior (D) (figs. 23-2; 23-3; 23-9 á 23-11) y anterior (C) (figs. 23-9 á 23-11) con sus correspondientes elementos vasculares nutricios (fig. 23-11), esto es, ramas de la arteria genu media. Igualmente destaca la presencia de los meniscos externos (A) tanto en la rodilla izquierda (fig. 23-4) como en la derecha (figs. 23-6 á 23-8), que permiten la congruencia de las superficies articulares homónimas del fémur y de la tibia.

Así mismo destaca la presencia de la rótula (3) (figs. 23-1 y 23-2) a la que llega el tendón del músculo cuádriceps (9), para insertarse, y que se continúa con el tendón rotuliano (0) (figs. 23-1 y 23-2), el cual manda una expansión hacia el menisco interno (figs. 23-2 y 23-3). Concretamente en relación con el tendón de inserción del músculo cuádriceps, y profundo al mismo, observamos la conformación del fondo de saco suprarotuliano (4)



(fig. 23-1). De igual modo, subyacente al borde inferior de la rótula, destacamos la presencia y el avanzado grado organizativo alcanzado por el ligamento adiposo (LA) (figs. 23-4; 23-6 y 23-8).

Quizás un aspecto significativo de las imágenes sea la forma en candelabro que adoptan los penachos vasculares (figs. 23-1; 23-8 y 23-9) en que se han traducido las yemas vasculares invasoras del cartílago, no sólo epifisario, femoral y tibial, sino también rotuliano (figs. 23-6 y 23-8), los cuales penetran a partir de la red arterial pericapsular y destruyen, sucesivamente, cada uno de los moldes cartilagosos.

Igualmente, podemos ver la llegada al hueco poplíteo del tronco del nervio ciático (6) (fig. 23-5), dividiéndose en sus ramas interna (7) y externa (8), al igual que los vasos poplíteos (V), que comienzan a ser considerados como tales a partir del momento en que rebasan el hiatus de los aductores (fig. 23-5). Ya en pleno hueco poplíteo comprobamos cómo su suelo lo forma el músculo homónimo (P) (figs. 23-2 y 23-8) y cómo sobre él se sitúan, sucesivamente, la arteria poplíteo (AP), que está desprendiendo a este nivel los ramos articulares para la rodilla, la vena poplíteo (V), el nervio ciático poplíteo interno (7) (fig. 23-11), destacándose además la existencia de una gran cantidad de formaciones linfáticas.

DISCUSSION

Tras haber realizado, tal y como ha quedado expresado en los capítulos precedentes, un minucioso y detallado estudio sobre la morfogénesis y horario morfogénico de la articulación de la rodilla durante los periodos embrionario y fetal temprano humano, estamos en condiciones de contrastar nuestros resultados con los obtenidos por los distintos autores que se han ocupado del tema, cuyas concepciones quedaron expresadas en el capítulo correspondiente de la presente Tesis Doctoral.

Deberemos comenzar afirmando que realmente, es mucho lo que se ha escrito en relación con los determinantes primarios que condicionan el desarrollo y establecimiento de la forma definitiva que alcanzan las articulaciones, en general, y la articulación de la rodilla, en particular. Sin embargo, y a pesar de que ese no sea el tema central de nuestro trabajo de investigación, no podemos resistirnos, tras nuestras observaciones, a hacer algunas precisiones en relación con este apasionante campo de la Embriología. Primeramente, adelantémonos a decir que estamos de acuerdo con **SONNENSCHNEIN (1951)** en que el establecimiento de una determinada forma articular debe estar genéticamente condicionado, siendo un producto de la evolución filogenética, fenómeno que conllevará el que ante la actitud bípeda, desarrollada por el ser humano, será la función que deberá realizar la articulación, lo que condicionará su forma. Ahora bien, una vez que el hombre ha adquirido tal desarrollo ¿cuáles son los factores involucrados en el hecho de que de un primitivo esbozo se llegue a una articulación perfectamente

conformada?

Frente a investigadores de la talla de **BERNAYS (1878)**, que señala en la formación de la articulación de la rodilla la existencia de dos periodos: un primero de formación del esbozo articular, y un segundo de formación de las estructuras musculares; añadiendo además, que la forma de la articulación de la rodilla se parece ya a la del adulto incluso antes de que aparezcan las cavidades articulares, siendo los factores hereditarios los que principalmente determinan su forma, dándole pues un papel secundario a la actividad muscular, afirmaciones éstas ratificadas por **KAZZANDER (1894)**; **BARDEEN (1905)**; **HESSER (1926)**; **LANGER (1929)**; **MARTINO (1935)**; **FELL y CANTI (1934)**; **MC DERMOTT (1943)**; **HAINES (1947)**; **GRAY y GARDNER (1950)** y **ANDERSEN (1961)**. Nosotros, sin embargo, pensamos que puesto que ya desde el estadio 18 de O'Rahilly (embriones humanos de 13-17 mm. y 44 días de edad) observamos la presencia en el esbozo del miembro inferior de los correspondientes blastemas premusculares, así como la llegada de las ramas del plexo lumbo-sacro, quiere decir, por tanto, que el trofismo que las citadas ramas nerviosas comienzan a aportar a dichos blastemas premusculares, así como la función contráctil de éstos, deben ejercer un efecto positivo en la formación y determinación de la forma articular. Por todo ello coincidimos con **HAMILTON y MOSSMAN (1964)** en que las características primarias de la forma y tamaño de la articulación de la rodilla dependen de su capacidad de autodiferenciación, y que la presión y contracción muscular

pueden tener influencias modificadoras, debiendo ser esta última la determinante de la forma definitiva de la articulación.

Igualmente estamos de acuerdo con DRACHMAN y SOKOLOFF (1966); RUANO y Cols. (1978 y 1980); MITROVIC (1982) y PERSSON (1983) en que si en algún momento del desarrollo se interrumpe la influencia de determinados factores extrínsecos, como por ejemplo el movimiento, el proceso de organización se interrumpiría, e incluso podría tener lugar un proceso involutivo de algunas de las estructuras ya conformadas.

Tras sentar estas bases, en relación con la adquisición de una determinada morfología, por un sistema articular tan complicado biomecánicamente como el de la rodilla, y que como decíamos al principio se alejaba un tanto del tema central de nuestro trabajo de investigación, trataremos, a partir de ahora, y siguiendo un esquema análogo al expuesto en el capítulo de "Introducción", contrastar nuestras observaciones con las de los diferentes autores consultados.

#### 1.- Sobre el proceso de condricificación y osificación de la rodilla.

En el miembro inferior, la condensación de las formaciones mesodermales que darán lugar, al proseguir el desarrollo, a su organización esquelética propia, se inicia, según nuestras observaciones en el estadio 17 de O'Rahilly (embriones humanos

de 13 mm. y 41 días de edad), por lo cual confirmamos las observaciones de **PATTEN** (1958), que las identificó al inicio de la 6ª semana del desarrollo, y **O'RAHILLY, GARDNER y GRAY** (1956), que las describen en el estadio 17 de O'Rahilly. Si bien **MC DERMOTT** (1943), **HAMILTON y MOSSMAN** (1975) y **LANGMAN** (1976) afirman observar, por primera vez, condensaciones blastémicas, esbozo de las futuras formaciones esqueléticas, en embriones de 28-29 días de edad.

Seguidamente, en el estadio 18 de O'Rahilly (embriones humanos de 17 mm. y 44 días de edad), y como consecuencia de una proliferación y mayor condensación de las ya citadas formaciones mesodermales, hemos podido apreciar cómo a nivel de la epífisis distal del fémur y proximal de la tibia, ambos en desarrollo, se inicia un proceso de diferenciación de ese tejido mesodermal a precartilago o cartilago inmaduro, fenómeno que tiene lugar "in situ" y con una progresión en el eje del miembro en sentido próximo-distal. **O'RAHILLY** (1952) afirma, por su parte, que en embriones de pollo tal proceso acontece en el estadio 26 de Hamburger-Hamilton, en la forma de tres largos segmentos separados por una interzona homogénea; y **PATTEN** (1958) señala que a finales de la 6ª semana del desarrollo, en embriones humanos, las condensaciones precartilaginosas se han modelado y comienzan a sugerir, por su forma, alguno de los futuros huesos principales del miembro inferior.

Por otra parte, coincidimos con **GARDNER y O'RAHILLY** (1968);

MOORE (1975); CACERES y CAJA (1980) y CLARK y ODGEN (1983) al situar el comienzo del proceso de condricación de los elementos que constituyen la articulaci3n de la rodilla en el estadio 18 de O'Rahilly, momento en el cual los extremos enfrentados de f3mur y tibia, en desarrollo, aparecen revestidos por una espesa capa de pericondrio, formada por c3lulas redondeadas y densamente agregadas. Sin embargo, MC DERMOTT (1943) precisa que la condricaci3n tanto del f3mur como de la tibia comienza en los d3as 47-51 del desarrollo, si bien a nivel de la tibia, en un grado menor. Y adem3s O'RAHILLY (1952) asegura que los futuros elementos esquel3ticos que integran la rodilla se condrican en el estadio 27 de O'Rahilly; no obstante, unos a3os m3s tarde, O'RAHILLY, GARDNER y GRAY (1956) llegaron a observar la condricaci3n a nivel del f3mur y de la tibia en algunos embriones del estadio 17 de O'Rahilly (8'6-14'5 mm.), afirmaci3n que asimismo es compartida por GENIS (1970). Por su parte PALACIOS y RHODE (1980) especifican que los esbozos cartilaginosos, antes de convertirse en tales, han de pasar por las fases: de condensaci3n mesenquimal continua, segmentaci3n en forma de blastemas mesenquimales, y, finalmente, invasi3n por n3cleos cartilaginosos.

El proceso de cartilificaci3n sigue avanzando en las ep3fisis, distal del f3mur y proximal de la tibia, hasta el punto que en el estadio 20 de O'Rahilly comienzan a perfilarse los futuros c3ndilos femorales y la correspondiente meseta tibial.

Precisamente, en el estadio 20 de O'Rahilly (embriones humanos de 20-22 mm. de longitud y 50 días de edad) encontramos, por primera vez, una condensación mesenquimal que nos anuncia la organización de la futura rótula, hecho que **BARDEEN (1905)** asegura encontrar, por primera vez, en embriones de 33 mm. de longitud; **LANGER (1929)** en el estadio de 26 mm., describiéndola como una agregación de células redondeadas en el punto en donde el músculo cuádriceps está en relación con el fémur en desarrollo; **MC DERMOTT (1943)** en el día 60 del desarrollo; **O'RAHILLY y GARDNER (1965)** entre los días 29-30; **CACERES y CAJAL (1980)** en un embrión de 24'5 mm. y **MILAIRE y ROOZE (1982)**, en embriones de ratón, en el estadio de 15 días. Tras nuestras observaciones afirmamos con **GARDNER y O'RAHILLY (1968)** y **O'RAHILLY y GARDNER (1972)** que en el estadio 19 de O'Rahilly, (embriones humanos de 16-18 mm. de longitud y 48 días de edad) la rótula aparece como una condensación mesenquimal, haciéndose manifiestamente evidente en el estadio 20 de O'Rahilly.

En cualquier caso, tras nuestras observaciones y el estudio de la bibliografía especializada, debemos de dar respuesta a un interrogante que se plantea en relación con la organización de la rótula, ésto es: ¿Es la rótula un hueso sesamoideo, o es independiente del tendón del músculo cuádriceps femoral?.

Nosotros pensamos, con **BERNAYS (1878)**; **DE VRIES (1908)**; **CAREY y ZEIT (1927)**; **EBERL-ROTHE y SONNENSCHNEIN (1950)** y **ANDERSEN (1961)**, que desde el comienzo de su organización es independiente



del tendón del músculo cuádriceps femoral, no siendo, por tanto, un hueso sesamoideo del citado tendón, ya que su blastema se sitúa frente a los procesos condilares en desarrollo, de modo que, secundariamente, las fibras del tendón del músculo cuádriceps se fijan en ella. Discrepamos, por tanto, con aquéllos que consideran a la citada estructura como una formación de tipo sesamoideo que se inicia en el periodo fetal como un engrosamiento del tendón del músculo cuádriceps (**BARDEEN, 1905; CACERES y CAJA, 1980**).

Durante el estadio 21 de O'Rahilly (embriones humanos de 22-24 mm. de longitud y 52 días de edad) hemos reconocido el inicio de la organización de la espina de la tibia. Además, también en estas horas de la morfogenesis, y en coincidencia con **WALMSLEY (1940)**, apreciamos que si bien entre fémur y rótula aún no hay contacto directo, la superficie patelar del fémur ya está definida.

Por lo que se refiere al proceso del inicio de condricación de la rótula, hemos comprobado que tampoco hay unanimidad de criterios, pues para **WALMSLEY (1940)** tal fenómeno acontece en embriones de 30 mm.; **MC DERMOTT (1943)** y **PUJIULA (1943)** lo sitúan entre la 10ª y 11ª semana del desarrollo; y para **GARDNER y O'RAHILLY (1968)** tiene lugar en el estadio 22 de O'Rahilly. Sin embargo, nosotros hemos comprobado que la rótula inicia su proceso de condricación en las últimas horas del estadio 21 de O'Rahilly, y concretamente en embriones de 24 mm. de longitud.

En cuanto al inicio del proceso de la osteogénesis de la diáfisis femoral y tibial, y tras nuestras observaciones, estamos de acuerdo con PUJIULA (1943); O'RAHILLY y GARDNER (1965); PATTEN (1958); GARDNER y O'RAHILLY (1968); O'RAHILLY y GARDNER (1972); HAMILTON y MOSSMAN (1975) y CACERES y CAJA (1980) en que tal hecho se produce entre la 7ª-8ª semana del desarrollo, y más concretamente, entre los estadios 22 y 23 de O'Rahilly.

La diáfisis del peroné, sin embargo, hemos observado que inicia su osteogénesis en el período fetal temprano (fetos humanos de 45-50 mm. de longitud y 10 semanas de edad), si bien hemos de señalar que O'RAHILLY y GARDNER (1972) señalan en dos especímenes, estudiados por ellos, el comienzo del proceso de osteogénesis fibular diafisario en el estadio 23 de O'Rahilly. Por todo lo dicho no estamos de acuerdo con TAURE (1930) cuando afirma que la osteogénesis de la diáfisis tibial se inicia entre los 30-40 días de edad y la de la diáfisis fibular entre los 35-45 días.

De cualquiera de las formas, la secuencia de aparición de los núcleos de osificación diafisaria tampoco es la que señalan NOBACK y ROBERTSON (1951) en el sentido de que primero se inicia a nivel de la diáfisis femoral, le sigue la de la tibia y la última será la del peroné, ya que nosotros hemos podido evidenciar que la osteogénesis diafisaria tibial precede a la correspondiente femoral. No obstante, el proceso osteogénico no alcanzará las epífisis de la rodilla hasta la 13-14 semanas del

desarrollo.

Otro importante aspecto, ampliamente objeto de debate, sobre la morfogénesis de la articulación de la rodilla es el de la posibilidad de participación o no de la extremidad proximal del peroné en el citado sistema articular. Tras nuestros estudios debemos hacer algunas puntualizaciones: En primer lugar, destacamos la presencia de una interzona o pieza articular intermedia entre las extremidades proximales de la tibia y peroné en el estadio 23 de O'Rahilly, en lo que coincidimos con **GRAY y GARDNER (1950); HAINES (1952 y 1953) y PALACIOS y RHODE (1980)**. Por otro lado, para nosotros la cavidad tibio-peroneo proximal comienza a hacerse patente al inicio del periodo fetal (fetos humanos de 10 semanas), si bien **GRAY y GARDNER (1950)** afirman observarla, por primera vez, en la 12ª semana del desarrollo, y **PALACIOS y RHODE (1980)** en la 15ª semana. Pero además, mientras que **BARDEEN (1905); LANGER (1929); GRAY y GARDNER (1950); HAINES (1952 y 1953); ANDERSEN (1961); PALACIOS y RHODE (1980) y CACERES y CAJA (1980)** niegan la participación de la extremidad proximal del peroné, durante el desarrollo, en el sistema articular de la rodilla, nosotros con **HENKE y REYHER (1874); FURST (1925); TAURE (1930); KEITH (1933); MC DERMOTT (1943); O'RAHILLY (1951) y OLIVIER (1965)** hemos comprobado que el peroné, aunque durante un corto periodo de tiempo, interviene en la articulación de la rodilla, puesto que entre las 10 y 11 semanas del desarrollo hemos encontrado una ostensible comunicación entre las cámaras articulares tibio-peronea proximal y menisco-tibial externa, si

bien, como ya afirmaron los autores antes citados, no hemos llegado a encontrar, en ningún momento, una pieza articular intermedia o interzona primitiva entre fémur y peroné.

## 2.- Sobre la pieza articular intermedia y sus derivados.

### A.- Cavidades articulares:

El origen y establecimiento de la cavidad articular de la rodilla es, para nosotros, un proceso de deslaminación que tiene lugar a nivel de la capa intermedia, avascular, de la interzona trilaminar o disco intermedio articular, como lo demuestran los hechos que acontecen, durante los periodos embrionario y fetal temprano, en el interior de dicha capa y la presencia a esos niveles, de una serie de puentes o septos conjuntivos (menos manifiestos a medida que progresa el desarrollo) que se sitúan uniendo las márgenes de las cavidades recién organizadas y, que nosotros consideramos, son producto o consecuencia del citado proceso de deslaminación. Esta forma de organización ya fue manifestada por **BERNAYS (1878)**; **TAURE (1930)**; **WALMSLEY (1940)**; **MC DERMOTT (1943)**; **HAINES (1947)**; **O'RAHILLY (1952)**; **HAINES (1953)**; **GARDNER y O'RAHILLY (1968)**; **GENIS (1970)**; **MITROVIC (1978)**; **PALACIOS y RHODE (1980)** y **WILLIAMS y WARWICK (1985)**. Sin embargo, para **VELPEAU (1843)** la aparición de la cavidad articular es un proceso meramente mecánico; **RETTNER (1902)** atribuyó su origen a una evolución mucosa o albuminosa del tejido esquelético conjuntivo primordial; **WHILLIS (1940)** y **GRAY y GARDNER (1950)**

consideran que la cavitación tiene lugar en el mesénquima sinovial vecino a la interzona, con el cual se continuará, posteriormente ésta.

Como **MILAIRE (1963)** nosotros no hemos encontrado, en ningún momento, procesos degenerativos en el mesoblasto articular que nos pudieran hacer pensar en que la cavitación pudiera ser el resultado de un proceso destructivo, si bien **PALACIOS y RHODE (1980)** han llegado a afirmar que el proceso de licuefacción, en dicha interzona, existe en virtud de una actividad enzimática.

De acuerdo con **SCHULIN (1879)**; **RETTNER (1902)**; **LUCIEN (1904)**; **GRAY y GARDNER (1950)**; **O'RAHILLY (1952)**; **PALACIOS y RHODE (1980)** y **CACERES y CAJA (1980)**, la cavitación se inicia, primitivamente, en las porciones periféricas de la capa intermedia de la interzona trilaminar, es decir, de aquella capa que quedó cuando las capas condrógenas se fusionaron a las piezas articulares y que, posteriormente, avanza en dirección central.

Este proceso se hace ostensible, primeramente, en la interzona fémoro-rotuliana, e inmediatamente después, casi coincidiendo en el tiempo, en la fémoro-tibial. Nuestras concepciones difieren de las de **ANDERSEN y BRO-RASMUSSEN (1961)**, que consideran el inicio de la cavitación en posición central y afirman un avance progresivo en sentido periférico; y **MITROVIC (1978)**, partidario del inicio sincrónico en las porciones central y periférica.

Nosotros observamos, por vez primera, el inicio de organización de la cavidad articular en el estadio 21 de O'Ra'hilly (embriones de 22-24 mm. de longitud y 52 días de edad). Sin embargo este fenómeno fue observado, por primera vez, durante el estadio 23 de O'Ra'hilly por **MC DERMOTT (1943)** y **GRAY y GARDNER (1950 y 1968)**; **O'RAHILLY y GARDNER (1975)**; **PALACIOS y RHODE (1980)**; a los 40 días por **VELPEAU (1843)**, en embriones de 5 mm. por **GRYNFELTT (1904)** en embriones de 30 mm. por **LUCIEN (1904)**; **BARDEEN (1905)** y **CACERES y CAJA (1980)**, en fetos de 11'8 cm. por **DUBINKIN y MOTNENKO (1931)**, en fetos de 40 mm. por **WALMSLEY (1940)**.

Surgen, también, puntos de discrepancia cuando se intenta definir el modo de constitución de la cavidad única final, siendo amplia la serie de investigadores que consideran que resulta de la suma de cinco cavidades (una fémoro-rotuliana, dos fémoro-meniscales y dos menisco-tibiales), que si bien inicialmente están separadas, finalmente establecerían confluencia entre sí. En este sentido, concretamente, se pronuncian **GRYNFELTT (1904)**; **LUCIEN (1904)**; **GRAY y GARDNER (1950)** y **PALACIOS y RHODE (1980)**, mientras que para otros como **ANDERSEN (1961)** resulta de la confluencia de tres (una fémoro-rotuliana y dos fémoro-meniscales), o **DOSKOCIL (1984)** que afirma que el proceso de organización de la cavidad articular de la rodilla es, en realidad, el resultado de la fusión de dos cavidades simétricas, separadas primariamente entre sí por un mediastinum medio. Nosotros pensamos, por el contrario, que si bien existen

una cavidad fémoro-rotuliana, dos fémoro-meniscales y posteriormente se organizan otras dos menisco-tibiales, también, como ya hemos apuntado anteriormente, existe una sexta cavidad articular, la correspondiente a la articulación tibio-peroneo proximal, que por estar en comunicación durante el periodo fetal temprano con la menisco-tibial externa creetos, que por lo menos temporariamente, formará parte de la primitiva cavidad articular de la rodilla.

El establecimiento de una cavidad articular única, tras perderse la conexión con la tibio-peroneo proximal, tiene lugar, y en ello coincidimos con **PALACIOS y RHODE (1980)**, entre la doce y trece semanas del desarrollo (fetos de 88-100 mm. de longitud).

#### **B.- Meniscos articulares:**

La organización de los meniscos articulares, elementos necesarios para el establecimiento de la congruencia articular en la rodilla, ha sido sometida a controversia casi desde que comenzó su estudio.

En este sentido, frente a los que los consideran como derivados capsulares (**SCHUSTER, 1878**), o derivados de los músculos fémoro-caudales y asociados (**SUTTON, 1887**) o los que opinan que son el resultado de la persistencia del mesodermo situado entre las estructuras óseas, sin especificar nada más, (**GRAY, 1930**), o ante los que consideran que se forman en la zona

fronteriza del mesénquima que se continúa con la zona intermedia de la articulación (EBERL-ROTHE y SONNENSCHNEIN, 1950, nosotros coincidimos con BERNAYS (1878); SCHULTZ (1879); BARDEEN (1905); TAURE (1930); DUBINKIN y MONTNENKO (1931), KEITH (1933) y NAVES-JANER (1946) en que son derivados blastémicos que se organizan tras un proceso de densificación, por proliferación celular de las porciones más excéntricas de la interzona trilaminar, porción a la que MAZZOTI, PAGANI y MARCHINI (1975) dieron el nombre de disco intermedio de Henke.

Por otro lado, nosotros apreciamos, por primera vez en el desarrollo la densificación correspondiente al esbozo de los meniscos articulares en el estadio 21 de O'Rahilly (embriones humanos de 22-24 mm. y 52 días de edad), sin embargo hasta la 8ª semana (estadio 22 de O'Rahilly) no pueden ser identificadas sendas formaciones meniscales con cierta nitidez. Con ello confirmamos las descripciones de GRAY y GARDNER (1950); GARDNER y O'RAHILLY (1968); PALACIOS y RHODE (1980), CACERES y CAJA (1980) y CLARK y ODGEN (1983).

GARDNER y O'RAHILLY (1968) afirman, como es lógico, haberlos encontrado en todos los especímenes examinados pertenecientes al estadio 23 de O'Rahilly, e incluso DOSKOCIL (1985) indica que están perfectamente formados cuando el espacio articular no existe aún con una personalidad propia.

Otros autores ponen de manifiesto que inician su desarrollo



ya en el periodo fetal, y así, por ejemplo, **MC DERMOTT (1943)** centra el comienzo de su organización entre las semanas 9 y 10. Es incluso curioso el que autores como **LUCIEN (1904)** no los cite hasta estudiar embriones de 30 mm. o que **DUBINKIN y MONTNENKO (1931)** fijen su inicio de organización en fetos humanos de 3 meses y medio.

Tras iniciar sendos meniscos articulares su organización, en el estadio 21 de O'Rahilly, hemos podido observar cómo, en este mismo estadio, la cápsula articular se fija en la margen anterior del menisco externo, y en el estadio 23 de O'Rahilly nos aparecen las superficies no articulares de cada uno de los meniscos con su correspondiente fijación capsular. Sin embargo, para **MC DERMOTT (1943)** y **GRAY y GARDNER (1950)** tal fijación no tiene lugar hasta la 12ª semana del desarrollo, momento en el que encuentran penetración vascular en estos elementos fibrocartilagosos.

Hasta la 10ª semana del desarrollo (fetos humanos de 50 mm.) no se nos manifiesta claramente el anclaje de cada uno de los cuernos de los meniscos en las correspondientes superficies de la meseta tibial.

### **C.- Componente graso de la rodilla.**

Estamos de acuerdo con **LUCIEN (1904)** en que el componente graso de la rodilla, tanto el que organizará el paquete adiposo anterior, como el que hará lo propio en relación al ligamento

adiposo, surge a partir de los restos del disco intermedio una vez que se ha formado la cavidad articular, apareciendo como un tejido conjuntivo laxo, que se observa, por primera vez, en el estadio 22 de O'Rahilly, en derredor de los ligamentos cruzados. Este tejido se transformará en componente graso ya en el periodo fetal (fetos humanos de 180 mm. de longitud y 19 semanas de edad), según **PALACIOS y RHODE (1960)**.

Por lo que se refiere al llamado paquete adiposo anterior de la rodilla debemos señalar que inicia su organización en el estadio 22 de O'Rahilly, como un tejido conjuntivo laxo que se sitúa entre los ligamentos cruzados, dorsalmente, y el ligamento rotuliano, ventralmente, viniendo a adoptar una forma triangular, de vértice posterior. Sin embargo, llegada la 11ª semana del desarrollo, parte de él una especie de septum medial que termina alcanzando la fosa intercondílica, y nos hace afirmar con **LUCIEN (1904)** que será el elemento que organizará el futuro ligamento adiposo de esta articulación.

#### **D.- Ligamentos cruzados:**

Aunque autores como **SUTTON (1887)** y **AREY (1961)** consideran que los ligamentos cruzados se forman a partir de un tejido extraarticular y que secundariamente son arrastrados hacia el interior de la articulación, para recubrirse, posteriormente, por una membrana sinovial reflejada, pudiendo ser considerados, por ello, como realmente externos a la articulación; y **KEITH (1933)**

los considera derivados de la porción posterior de la cápsula, que ha quedado aislada en el interior de la articulación a consecuencia del crecimiento hacia el espacio poplíteo de los cóndilos femorales; nosotros, junto con LUCIEN (1904 ; BARDEEN 1910 ; DUBINKIN y MONTNENKO (1931); MC DERMOTT (1943 ; ANDREASSI (1958 ; O'RAHILLY (1951) y PALACIOS y RHODE (1980) pensamos que su origen es blastémico, siendo unos derivados más de la pieza articular intermedia, ya que no sólo surgen de ella sino que inicialmente también adoptan características blastémicas, y que será secundariamente, y debido posiblemente a un proceso de invaginación de la margen posterior de la cápsula articular, cuando acabarán en situación extraarticular.

Nosotros comenzamos a observarlos, por vez primera, al igual que GRAY y GARDNER (1950) y PALACIOS y RHODE (1980) en el estadio 21 de O'Rahilly, siendo el ligamento cruzado posterior el más precoz en organizarse. MC DERMOTT (1943) los observa, sin embargo, un poco más tarde (9ª-10ª semanas), y CACERES y CAJA (1980) consideran que mientras que la condensación correspondiente al ligamento cruzado posterior aparece en embriones humanos de 28 mm. la del ligamento cruzado anterior lo hace ya en el período fetal.

En el estadio 22 de O'Rahilly llegamos a apreciar cómo la arteria genu media, encargada como se sabe de la vascularización de los ligamentos citados, comienza a desprender ramúsculos que terminan penetrando en dichas estructuras ligamentosas. Este

proceso, según MC DERMOTT (1943) quedaría concluso en la 19ª semana del desarrollo, o en la 23, según PALACIOS y RHODE (1980); nosotros no podemos pronunciarnos en este sentido, al alcanzar nuestro estudio morfogénico sólo los periodos embrionarios y fetal temprano, concluyendo en la 14 semana del desarrollo.

### 3.- Sobre los elementos ligamentosos y tendinosos:

El esbozo del ligamento rotuliano, el más importante refuerzo anterior de la articulación de la rodilla, prolongación del tendón del músculo cuádriceps femoral, inicia su organización en el estadio 20 de O'Rahilly (embriones humanos de 20 mm. de longitud y 50 días de edad) siendo coetáneo con el esbozo rotuliano. PALACIOS y RHODE (1980) y GRAY y GARDNER (1950) coinciden con nosotros. Sin embargo, en el trabajo que este último autor publicó con O'Rahilly (GARDNER y O'RAHILLY, 1968) reformó su inicial conclusión, afirmando que aparece antes, y concretamente entre los estadios 18 y 19 de O'Rahilly.

Cuando se hace, en el estadio 21 de O'Rahilly, más evidente la rótula comprobamos que las fibras del tendón del músculo cuádriceps femoral resbalan sobre la cara superficial de ella, para conformar, seguidamente, el tendón rotuliano, el cual se dirige hacia la tuberosidad anterior de la tibia en desarrollo. Nosotros, sin embargo, no hemos podido poner de manifiesto la primitiva dirección o curso fibular que le atribuyó STRASSER (1917).

Hemos apreciado, igualmente, la condensación correspondiente al ligamento lateral externo de la articulación de la rodilla en el estadio 22 de O'Rahilly (embriones humanos de 22-24 mm. y 56 días de edad) apareciendo como un blastema densificado que desde el cóndilo femoral externo va en busca de la extremidad proximal del peroné. También **PALACIOS** y **RHODE (1980)** aseguran haberlo observado en embriones de 22-24 mm., si bien **GRAY** y **GARDNER (1950)** y **GARDNER** y **O'RAHILLY (1968)** ponen de manifiesto que en realidad la condensación blastémica que dará lugar a este ligamento está presente ya en el estadio 19 de O'Rahilly, quedando bien definido una semana después (8ª semana) para alcanzar el peroné en la 9ª semana del desarrollo. Hemos constatado, igualmente, que en todo momento el ligamento lateral externo aparece claramente independiente de la cápsula articular.

Como **PALACIOS** y **RHODE (1980)** no observamos hasta el inicio del periodo fetal (fetos humanos de 41 mm. y 9 semanas de edad) condensación mesenquimal alguna que nos señale la presencia y situación del ligamento lateral interno. **GARDNER** y **O'RAHILLY (1968)** sin embargo afirman haberlo encontrado en embriones del estadio 20 de O'Rahilly.

A diferencia del ligamento lateral externo el interno surge inmediatamente vecino a la cápsula articular, cual si se tratara realmente de una condensación de la misma.

El tendón del músculo poplíteo, uno de los refuerzos

posteriores de la articulación de la rodilla, comenzamos a observarlo en el estadio 23 de O'Rahilly (embriones humanos de 29-31 mm., y 57 días de edad) disponiéndose contorneando la cara lateral de la epífisis proximal de la tibia, para seguidamente introducirse en el magma conjuntivo laxo de la fosa intercondílica y alcanzar la inserción condílea.

#### 4.- Sobre el ligamento capsular:

Frente a la concepción clásica de que la cápsula fibrosa deriva, inicialmente, del manguito pericondral que está uniendo los dos elementos del par kinemático articular, (BAER, 1837; SCHULIN, 1879; TAURE, 1930; KEITH, 1933) nosotros creemos, con HAINES (1947 y 1953) GRAY y GARDNER (1950) y WILLIAMS y WARWICK (1985) que se constituye a partir del material celular sobrante de la capa intermedia de la interzona articular que se une al mesénquima general del miembro, para sufrir, finalmente, un proceso de condensación que terminará organizando la estructura capsular fibrosa.

No existe unanimidad de criterios en lo que se refiere al inicio de la organización de la cápsula articular. Así, mientras HAINES (1947) la observa en embriones de 16 mm., LANGER (1929) MC DERMOTT (1943), GRAY y GARDNER (1950), GARDNER y O'RAHILLY (1968), PALACIOS y RHODE (1980), lo hacen más tarde, y generalmente a partir de la 9ª semana del desarrollo.

Nosotros, sin embargo, entendemos, de acuerdo con **MOLL** (1948), que no existe simultaneidad en la formación de las diferentes porciones de la cápsula articular y con **LAHLAIDI** (1974) en que tampoco existe homogeneidad en su constitución, ya que como hemos observado, la cápsula articular es manifiestamente diferente en sus porciones anteriores, posteriores y laterales.

Con **CACERES** y **CAJA** (1980) creemos que ventralmente se inicia como la estructura tendinosa del cuádriceps, que distalmente se pierde, confundiéndose con la aponeurosis anterior de la pierna que se fija a la rótula. De ésta parte la cápsula que rodea las formaciones condilares femorales, se implanta en las caras laterales, no articulares, de ambos meniscos, y termina fijándose en ambos cóndilos tibiales, mientras que de su margen inferior surge el ligamento rotuliano. Aquellas porciones de la cápsula que continúan lateralmente a la rótula y que se presentan más densificadas constituyen las aletas rotulianas, que nosotros, por primera vez, apreciamos en el estadio 23 de O'Rahilly. Por tanto, afirmamos, como **PALACIOS** y **RHODE** (1980) que la cápsula, en sentido estricto, sólo se desarrolla en la parte posterior de la articulación, ya que por delante son el tendón del cuádriceps, la rótula, el ligamento rotuliano y los retináculos los elementos que cierran la cavidad.

En la 9ª semana del desarrollo, periodo fetal temprano, la cápsula articular ha alcanzado su organización; sin embargo en la 10ª semana observamos cómo la margen posterior de ésta se

invaginará hacia el fondo de la fosa intercondílica, dejando en situación más dorsal a ella a los ligamentos cruzados de la articulación.



CONCLUSIONES

A la vista de nuestros resultados podemos concluir que:

- 1.- En el estadio 18 de O'Rahilly, se inicia a nivel de las epífisis enfrentadas de fémur y tibia en desarrollo, el proceso de diferenciación del primitivo tejido mesodermal a precartilago o cartilago inmaduro.
- 2.- En el estadio 20 de O'Rahilly comienza la organización de la rótula como una condensación mesenquimal independiente del tendón del músculo cuádriceps femoral. Su condricación empieza al final del estadio 21 de O'Rahilly.
- 3.- La rótula no se organiza como un hueso sesamoideo del tendón del músculo cuádriceps femoral.
- 4.- La osteogénesis de las epífisis enfrentadas de fémur y tibia se inicia en la 13 semana del desarrollo.
- 5.- En el estadio 21 de O'Rahilly comienza el fenómeno de deslaminación de la pieza articular intermedia para originar la cavidad articular de la rodilla.
- 6.- Entre la 10 y 11 semana del desarrollo se establece una ostensible comunicación entre las cavidades articulares: tibio-peroneo proximal y menisco-tibial externa, por lo

cual, en esos momentos del desarrollo, la cámara articular tibio-peroneo proximal forma parte de la cavidad articular de la rodilla.

La citada comunicación se pierde entre la 12 y 13 semana del desarrollo.

7.- Se establece el horario morfogénico de la articulación de la rodilla.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANDERSEN, H. (1961).- Histochemical studies on the histogenesis of the knee joint and superior tibiofibular joint in human fetuses. Acta Anat. 46(279-303).
- 2.- ANDERSEN, H. y 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. Amer. J. Anat. 108(111-122).
- 3.- ANDREASSI, G. (1958).- The first developmental phases on the cruciate ligaments on the knee joint. C.S. Ass. Anat. 44/98(84-91).
- 4.- AREY, L.B. (1961).- Developmental anatomy. W.B. Saunders. Co. London.
- 5.- BAER, K.E.V. (1837).- Über Entwicklungsgeschichte der Thiere Vol. 2 . Königsberg: Bornträger.
- 6.- BALINSKY, B.I. (1983).- Introducción a la Embriología. 5ª edición. Editorial Omega. S.A. Barcelona.
- 7.- BARDEEN, C.R. (1905).- Studies of the development of the human skeleton. Amer. J. Anat. 4(265-302).

- 8.- BARDEEN, C.R. (1910).- Human Embryology. Vol. 1. Editorial Company Lippincot. Philadelphia.
- 9.- BENNETT, G.A.; WAINE, H. y BAUER, W. (1942).- Changes in the Knee Joint at various ages. The Commonwealth Fund. Nueva York.
- 10.- BERNAYS, A. (1878).- Die Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes des Menschen mit Bemerkungen über die Gelenke in allgemeinen. Gegenbaur's Morphol. Jahrb. 4(403-446).
- 11.- BLACK, B.M. (1934).- The prenatal incidence, structure and development of some human synovial bursae. Anat. Rec. 60(333-355).
- 12.- CACARES, E. y CAJA, V.L. (1980).- Estudio de las cavidades intraarticulares de la rodilla en los periodos embrionarios y fetal humano. An. Desarr. 24/56 (79-85).
- 13.- CACERES, E. y CAJA, V.L. (1980).- Nuevas aportaciones al conocimiento del desarrollo de la rodilla en periodos embrionario y fetal humano. IV simposium Internacional de Traumatología. Fundación-Ed. Mapfre. Madrid.

- 14.- CAREY, E.J. (1922).- Direct observations on the transformation of the mesenchyme in the thigh of the pig embryo (*Sus Scrofa*), with especial reference to the genesis of the thigh muscles, of the knee and hip joints, and the primary bone of the femur. J. Morph. 37(1-77).
- 15.- CAREY, E.J. y ZEIT, W. (1927).- The early postnatal development of the patella and the configuration of the insertion part of the m. quadriceps femoris in the foetal period. Cs. Morfol. 8(15-23).
- 16.- CELESTINO DA COSTA, A. (1945). Elementos de embriología. Librería Hachette. S.A. Buenos Aires.
- 17.- CIHAK, y PUZANOVA, L. (1960).- The shape and position of the patella and the configuration of the insertion part of the m. quadriceps femoris in the foetal period. Cs. Morfol. 8(15-23).
- 18.- CLARK, W.E. y 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).

- 19.- CLARK, C.R. y ODGEN, J.A. (1963).- Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury. J. Bone Joint Surg. 65/4(538-547).
- 20.- DAVIES, D.V. (1945).- Anatomy and physiology of diarthrodial joints. Am. Rheum. Dis. 5(29-35).
- 21.- DAVIES, D.V. y EDWARDS, A.W. (1948).- The blood supply of synovial membrane and intraarticular structures. Ann. Roy. Coll. Surg. Eng. 2(142-156).
- 22.- DOSKOCIL, M. (1964).- Beitrag zur studium der Entwicklung des Kniegelenkes des Menschen. Anat. Anz. 157(35-41).
- 23.- DOSKOCIL, M. (1985).- Formation of the Femoropatellar part of the Human knee joint. Folia Morph. 33/1(38-47).
- 24.- DRACHMAN, D.B. y SOKOLOFF, L. (1966).- The role of movement in embrionic joint development. Devl. Biol. 14(401-420).
- 25.- DUBINKIN, G. y MOTNENKO, A. (1931).- Uber die Entwicklung



der Menisken des Kniegelenks. Arch. Klin. Chir.  
8(165-539).

26.- EBERL-ROTHE, G. y SONNESCHEIN, A. (1950).- Ontogenesis in  
the human knee joint. Z. Anat. Entwicklungesch.  
115(251-274).

27.- FALDINO, G. (1921).- Ricerche sullo sviluppo delle  
articolazioni. Chir. d. Org. di Mov. 5(609-651).

28.- FELL, H.B. y CANTI, R.G. (1934).- Experiments on the  
developmet in vitro of the avian knee-joint.  
Proc. Roy. Soc. 116(316-351).

29.- FURST, C.M. (1925).-Über die Entwicklung der Fibula beim  
Menschen. Z. Ges. Anat. L. Z. Anat. Entw. Gesch.  
76(113-116).

30.- GARDNER, E. y O'RAHILLY, R. (1968).- The early development  
of the knee joint in staged human embryos. J.  
Anat. 102/2(289-299).

31.- GENIS, J.M. (1970).- Biología del desarrollo. 1ª edición.  
Editorial Expaxs. Barcelona.

32.- GRAY, H. (1930).- Anatomy of the Human Body. 22ª edición.  
Editorial Lea y Febinger. Philadelphia.

- 33.- GRAY, D.J. y GARDNER, E. (1950).- Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints. Am. J. Anat. 86(235-297).
- 34.- GRAY, D.J., GARDNER, E. y O'RAHILLY, R. (1957).- The prenatal development of the skeleton and joints of the human hand. Am. J. Anat. 101(169-223).
- 35.- GRYNFELTT, E. (1904).- Note sur le developpement de l'articulation du genou l'homme. Montpellier Méd. 25(613-624).
- 36.- GRYNFELTT, E. (1904).- Note sur le developpement de l'articulation du genou l'homme. Montpellier Méd. 26(641-655).
- 37.- GRAYNFELTT, E. (1904).- Note sur le developpement de l'articulation du genou l'homme. Montpellier Méd. 27(13-21).
- 38.- HAGEN-TORN, O. (1882).- Entwicklung und Bau der Synovial membranen. Arch. f. mikr. Anat. 21(591-663).
- 39.- HAINES, R.W. (1942).- The tetrapod knee joint. J. Anat. 76(270-301).

- 40.- HAINES, R.W. (1947).- The development of joints. J. Anat.  
81(33-55).
- 41.- HAINES, R.W. (1952).- The development of the femorotibial  
joint with a discussion of the alleged  
femorofibular articulation. J. Anat. 86/4(495).
- 42.- HAINES, R.W. (1953).- The early development of the  
femorotibial and tibiofibular joints. J. Anat.  
87(192-206).
- 43.- HAMILTON, W.J. y MOSSMAN, H.W. (1964).- Embriología Humana.  
1ª ed. Ed.: Interamericana. Buenos Aires.
- 44.- HAMILTON, W.J. y MOSSMAN, H.W. (1975).- Embriología Humana.  
4ª edición. Editorial Interamericana. Buenos  
Aires.
- 45.- HAMMAR, J.A. (1894).- Ueber den feineren Bau der Gelenke.  
I. D. Gelenkmembran. Arch. f. mikr. Anat.  
43(266-326).
- 46.- HENKE, W. y REYHER, C. (1874).- Studien über die  
Entwicklung der Extremitäten des Menschen,  
insbesondere der Gelenklächen. Akad. dar. Wiss.  
Wien. 3/70(217-273).

- 47.- HESSER, J. (1926).- Beiträge zur Kenntnis der Gelenkentwicklung beim Menschen. Morph. Jahrb. 55(489-567).
- 48.- HOLDER, N. (1938).- The onset of osteogenesis in the developing chick limb. J. Embryol. exp. Morph. 44(15-29).
- 49.- 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).
- 50.- KAPLAN, E.B. (1955).- The embryology of the menisci of the knee joint. Bull. Hosp. It. Dis. 16(111-124).
- 51.- KAZZANDER, J. (1894).- Uebere die Entwicklung des Kniegelenkes. Arch. f. Anat. u. Ent. 7(161-176).
- 52.- KEITH, A. (1933).- Human Embryology and Morphology. 5ª edición. Editorial Willians Wood y Compañía. Baltimore.
- 53.- LAHLAIDI, A. (1974).- Genetic and secondary influences determining the form of the meniscus in the

human knee during organogenic development. J. Genet. Human. 2:1(1-5).

54.- LANGER, M. (1929).- Über die Entwicklung des Kniegelenkes. Z. Ges Anat. 1. Z. Anat. Entw-Gesch. 89(83-101).

55.- LANGMAN, I. (1976).- Embriología Médica. 3ª edición. Editorial Importechnica. S.A. Madrid.

56.- LUCIEN, M. (1904).- Développement de l'articulation du genou et formation du ligament adipeux. Bibliographie Anatomique. 13(126-132).

57.- MARTINO, L. (1935).- Osservazioni sullo sviluppo delle articolazioni tra ossa di origine condrale. Fisiol. e Med. 6(589-605).

58.- MAZZOTTI, G.; PAGANI, P.A. y MARCHINE, M. (1975).- Observation about human knee joint development. Arch. Ital. Anat. Embryol. 80/3-4(173-192).

59.- MC DERMOTT, L.J. (1943).- Development of the human knee joint. Arch. Surg. 46(705-719).

60.- MILAIRE, J. (1963).- A morphological and cytochemical study of the development of the limbs of mice and the mole. Arch. Biol. (Bruxelles). 74/2(129-317).

- 61.- MILAIRE, J. y ROOZE, M. (1982).- Étude morphologique, histochemique et autoradiographique du développement des squelettes des membres chez l'embryon de souris. II: Membres postérieurs. Arch. Biol.(Bruxelles). 93(311-342).
- 62.- MITROVIC, (1978).- Development of the Diarthrodial Joints in the Rats Embryo. Am. J. Anat. 115(475-486).
- 63.- MITROVIC, D. (1982).- Development of the Articular Cavity in Paralysed chick Embryos and the chick Embryo Buds Cultured on Chorioallantoic membranes. Acta Anat. 113/4(313-324).
- 64.- MOLL, J. (1946).- The embrionic development of the human knee joint. Facts and discussion. Acta Neerlandica Morphologicae Normalis et Pathologicae. 6/3(283-284).
- 65.- MOORE, K.L. (1975).- Embriologia Clínica. 1ª edición. Editorial Importechnica. S.A. Madrid.
- 66.- MOSER, F. (1892).- Beitrag zur Kenntniss der Entwicklung der Knieschleimbeutel beim Menschen. Morph. Arb. Jena. 1(267-288).

- 67.- NAVES-JANER, J. (1946).- Embriología e Histología de los meniscos de la rodilla. Archivo Español de Morfología. 5:12(3-36).
- 68.- NOBACK, C.R. y ROBERTSON, G. (1951).- Sequences of appearance of ossification centres in the human skeleton during the first five prenatal months. Am. J. Anat. 89(1-28)
- 69.- OLIVIER, G. (1965).- Anatomie Antropologique. Editorial Vigor Frères. Paris.
- 70.- O'RAHILLY, R. (1951).- The early prenatal development of the human knee joint. J. Anat. Lond. 85(166-170).
- 71.- O'RAHILLY, R. (1952).- The development of the synovial joints in the chick. Anat. Rec. 112/2(303-475).
- 72.- O'RAHILLY, R.; BOSSY, J. y MULLER, F. (1981).- Introduction à l'étude des stades embryonnaires chez l'homme. Bull. Ass. Anat. 65/189 141-234).
- 73.- O'RAHILLY, R. y GARDNER, E. (1965).- The development of the knee joint of the chick and its correlation with embryonic staging. J. Morph. 98/1(49-81).

- 74.- O'RAHILLY, R.; GARDNER, E. y GRAY, D.J. (1956).- The ectodermal thickening and ridge in the limbs of staged human embryos. J. Embryol. exp. Morph. 4(254-264).
- 75.- O'RAHILLY, R. y GARDNER, E. (1972).- The initial appearance of ossification in staged human embryos. Am. J. Anat. 134(291-301).
- 76.- O'RAHILLY, R. y GARDNER, E. (1975).- The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryo. Anat. Embryol. 148(1-23).
- 77.- PALACIOS, J. y RHODE, M. (1980).- Embriología de la rodilla. IV Simposium Internacional de Traumatología. Fundación-Ed. Mapfre. Madrid.
- 78.- PATTEN, M. (1958).- Embriología Humana. 2ª edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires.
- 79.- PATURET, G. (1951).- Traité d'Anatomie Humaine. Vol. 2. Editorial Masson. Paris.
- 80.- PERSSON, M. (1983).- 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).

- 81.- POLACEK, J. (1959).- Nerve supply of the knee joint in man  
CSL. Morfol. 8/3(251-261).
- 82.- PUJILUA, J. (1943).- Embriología del hombre y demás  
vertebrados. 2ª edición. Editorial Tip. Cat.  
Casals. Barcelona.
- 83.- RETTERER, M.E. (1902).- Ebauche squelettogène des membres,  
et developpement des articulations. J. Anat. et  
Physiol. (Paris). 38(473-623).
- 84.- REYHER, C. (1874).- On the cartilages and synovial membranes  
of the joints. J. Anat. et Physiol. (Paris).  
8(261-273).
- 85.- ROSS, J.A.; TOUGH, I.C.K. y ENGLISH, T.A. (1958).-  
Congenital Discoid Cartilage. Report of a Case of  
Discoid Medial Cartilage, with an Embryological  
Note. J. Bone and Joint Surg. 40-B/2(262-267).
- 86.- RUANO-GIL, D.; NARDI-VILARDAGA, J. y TEJEDO-MATEU, A. (1978).-  
Influence of extrinsic factors on the development  
of the articular system. Acta Anat. 101(26-44).
- 87.- RUANO-GIL, D.; NARDI-VILARDAGA, J. y TEIXIDOR-JOHE, A.

- (1980).- Embryonic Mobility and Joint Development. Folia Morphol. Pragae. 28/3(221-223).
- 88.- SCHULIN, K. (1879).- Über die Entwicklung und weitere Ausbildung der Gelenke des Menschenkörpers. Arch. f. Anat. u. Physiol. 5(240-274).
- 89.- SCHUSTER, H. (1878).- Zur Entwicklungsgeschichte des Hüft und Kniegelenkes. Mitth.a.d. embryol. 17(199-211).
- 90.- SHIMODA, F. (1955).- Innervation, especially sensory innervation of the knee joint and the motor organs around it in early of human embryo. Arch. Histol. Jap. 9 1(91-107).
- 91.- SISSONS, H.A. (1956).- The growth of bone. En: Biochemistry and physiology. of bone. Editorial Academic Press. Nueva York.
- 92.- SONNENSCHNEIN, A. (1951).- The evolution of the joint in vertebrates. Acta Anat. 13/3(288-328).
- 93.- STOFFT, E. y EFFENDY, W. (1985).- Development and Morphology Rat Synovial Membrane. Acta Anat. 121(36-40).
- 94.- STRASSER, H. (1917).- Lehrbuch der Muskel und

Gelenkmechanik. Vol. 3 . Springer, Berlin.

- 95.- SULLIVAN, W.E. (1922).- The function of articular discs.  
Ana. Rec. 24(49-53).
- 96.- SUTTON, J.B. (1887).- Ligaments: Their Nature and Morphology.  
Editorial Son y Co. Philadelphia
- 97.- TAURE, M. (1930).- Manual de Embriología Humana. Editorial  
Librería Sintés. Barcelona
- 98.- TORNIER, G. (1894).- Das Entstehen der Gelenkformen.  
Veshandl. d. anat. Gessellsch (Jena). 8(95-102).
- 99.- VELPEAU, A. (1843).- Recherches sur les cavités closes.  
Anales de la Chirurgie française et étrangère.  
7(302-314).
- 100.- VRIES, B. de. (1908).- Zur Anatomie der Patella. Anat. Anz.  
32(163-169).
- 101.- WALMSLEY, R. (1940).- The development of the patella. J.  
Anat. 74(360-368).
- 102.- WASSILEV, W. (1972).- Elektronenmikroskopische und  
histochemische Untersuchungen zur Entwicklung des  
Kniegelenkes der Ratte. Z. Anat. EntwGesch.

137(221-238).

103.- WHILLIS, J. (1949).- The development of synovial joints. J. Anat. 74(277-283).

104.- WILLIAMS, P.L. y WARWICK, R. (1985).- Gray Anatomía. Tomo 1. 36ª edición. Editorial Salvat. Barcelona.