

Desarrollo del Cristalino

H.M. Trindade de Veglia, J.D. Civetta, M.L. Piuzy (*)

Introducción:

El propósito de éste trabajo es el estudio de la evolución morfológica del cristalino, durante su desarrollo, para comprender los cambios que se producen en las distintas etapas de su formación y explicar los procesos patológicos que se producen por alteraciones en su evolución.

El cristalino es una lente que enfoca los rayos luminosos sobre la retina.

El ojo es un órgano sensorial que difiere de otros órganos similares, en que su área receptiva, la retina, es en realidad parte de la pared del cerebro, que en etapas tempranas del desarrollo, se ha evaginado para formar primero una vesícula y más tarde una cúpula en las que el revestimiento contiene a las células que se especializarán luego para formar los elementos sensibles a la luz.⁽¹⁾

Su desarrollo es bastante constante, formándose por evaginaciones pares de la pared del diencefalo, constituyendo las vesículas ópticas.

La pared anterior de estas vesículas, se pone en contacto con el ectodermo, provocando cambios que llevan a la formación del cristalino.

Material y Método:

Para la realización de este trabajo se han estudiado cortes transversales y frontales seriados de los siguientes embriones humanos, pertenecientes a la embrioteca del Laboratorio de Anatomía del Desarrollo, de la Facultad de Medicina de la UNNE, derivados al laboratorio desde los centros asistenciales de la ciudad de Corrientes, con la autorización del comité de ética correspondiente.

(*) Laboratorio de Anatomía del Desarrollo. Cátedra de Anatomía Humana I de la Carrera de Medicina, Cátedra de Anatomía Humana de la Licenciatura en Enfermería de la Facultad de Medicina y Cátedra de Morfología de la Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura de la UNNE.

La clasificación de los especímenes empleados se realizó tomando como base a los estudios de Pineaud y su correlación con los Horizontes de Streeter.⁽²⁾

1. Mam 1: E.H. de 4 mm C.R. Horizonte XIII de Streeter, de 31±1 día de vida intrauterina (VI) 5^{ta} Semana; teñidos con el método de Mallory-Heidenheim.
2. Pau 3: E.H. de 5 mm C.R. horizonte XIII de Streeter, 28±1 día de VI 5^{ta} semana; teñidos con Hematoxilina-Eosina.
3. Tamar E.H. de 9,5 mm C.R. Horizonte XVI de Streeter, 37±1 día de VI. 6^{ta} Semana; teñidos con Hematoxilina-Eosina.
4. G.V. 1: E.H. de 12 mm C.R. Horizonte XVI de Streeter, 40±1 día de VI. 6^{ta} Semana; teñidos con el método de Mallory-Heidenheim.
5. JU 4 E.H. de 14,8 mm C.R. 43±1 día de VI. 7^{ma} Semana Reconstrucción en cera por el método de Born.
6. Ve E.H. de 17 mm C.R. Horizonte XVIII de Streeter, 45,4±1 día de VI. 7^{ma} Semana; teñidos con Hematoxilina Eosina.
7. Men 1: E.H. de 22 mm C.R. Horizonte XIX de Streeter, 49,5±1 día de VI. 8^{va} semana; teñido con el método de Mallory.
8. Gui 2: E.H. de 28,25 mm C.R. Horizonte XXII de Streeter, 55,1±1 día de VI. 8^{va} Semana; teñidos con el método de Mallory-Heidenheim.
9. Va 2: E.H. de 55 mm C.R. Horizonte XXIII de Streeter, 71±1 día de VI. 10^{ma} Semana; teñidos con el método de Mallory.
10. Marit 5: E.H. de 75 mm C.R. Horizonte XXIII de Streeter, 81,8±1 día de VI. 12^{va} Semana; teñidos con el método de Mallory-Heidenheim.

Resultados:

Mam 1 E.H. de 4 mm. C.R. (Foto 1) se observa una evaginación bilateral del prosencéfalo, constituyendo las vesículas ópticas, éstas se acercan a la superficie del embrión, quedando unidas al prosencéfalo por un tallo: el pedículo óptico.

Pau 3 de 5 mm (*Foto 2*). En este embrión se observa la formación de las cúpulas ópticas por invaginación de las paredes de la vesícula óptica, y, el lugar que contacta con el ectodermo, está engrosado formando la placoda cristaliniana.

Temar: E.H. de 9,5 mm (*Foto 3*). En este estadio es posible observar ya la constitución de una vesícula cristaliniana, en ella, las células anteriores permanecen de poca altura, como células cúbicas, en cambio las posteriores se alargan y comienzan a ocupar el interior de la vesícula del cristalino. En esta etapa el cristalino se independiza del ectodermo superficial.

G.V.1: E.H. de 12 mm (*Fotos 4 y 5—con más aumento—*). En este embrión se ven las dos evaginaciones del diencéfalo que forman las cúpulas ópticas.

Con mayor aumento podemos observar que la vesícula del cristalino está poblándose de células de atrás hacia delante, estas células son alargadas y cubren la cavidad de la vesícula cristaliniana hasta el ecuador de la lente (*Foto 6*).

Es posible observar también que la invaginación de las capas de la cúpula óptica, no se reducen a la cara anterior, sino que ocupan también la cara inferior de la cúpula, formando la fisura coroidea, por la que penetran al interior de la cúpula, los vasos hialoideos.

En cortes sucesivos se ve a la arteria hialoidea penetrando al interior de la cúpula rodeada del mesénquima, el cual también va a ocupar el interior del ojo formando el humor vítreo, al cual se atribuye un origen ectodérmico y mesodérmico.

En algunos cortes se ve un cono por el cual penetra el mesénquima al ojo, este cono mesodérmico, que rodea a la arteria hialoidea como un cordón, se encuentra en algunos vertebrados inferiores, y en algunos casos persiste y se lo ve en la mácula del ojo.⁽⁴⁾

JU 4 E.H. de 14,8 mm. C.R. (*Fotos 7 y 7 bis*).

El modelo obtenido por esta reconstrucción comprende parte de la pared lateral del diencéfalo, el pedículo óptico, el globo ocular constituido por la cúpula óptica y el cristalino.

Para estudiar los elementos mencionados, la reconstrucción se realizó en tres pisos. En el primer piso se puede observar: la pared del diencéfalo, el mesénquima cefálico, la pared craneal, la mucosa nasal en forma de U, y una sección transversal de la cúpula óptica que permite apreciar el plegamiento de ambas hojas, que diferenciamos por su espesor y ubicación.

La cúpula óptica, en su extremo distal, abraza una estructura esférica, seccionada por el corte, que representa al cristalino en desarrollo, en cuyo interior aparece una cavidad semilunar, ubicada en la periferia, dejando al núcleo del cristalino por detrás. Es la vesícula del cristalino, ocupada en sus dos tercios posteriores, por las fibras lenticulares, en crecimiento.

Por detrás del cristalino queda una cavidad: la cavidad vítrea, en la que se encuentra la arteria hialoidea, que se expande en una red que tapiza la cara dorsal de la lente.

En la cara inferior de la cúpula óptica se observa la reconstrucción de la fisura coroidea.

En el segundo piso se ven los elementos mencionados y la mayor parte del pedículo óptico, su continuidad con la pared diencefálica y el resto de la comunicación con el III ventrículo en vías de cierre.

En la cúpula óptica se ve el plegamiento de la retina sensorial; a partir de la unión del pedículo óptico y la pared nerviosa, queda indicado el divertículo de la cavidad ependimaria correspondiente al III ventrículo.

El piso superior cierra por arriba la cúpula óptica a la que vemos en conjunto.

Ve: E.H. de 17 mm (*Fotos 8 y 8 bis—con más aumento—*). En este embrión se ve la vesícula del cristalino completamente llena de células alargadas. También una cápsula que rodea al cristalino, originada probablemente, en sus propias células,⁽⁴⁾ esta cápsula está rodeada de una capa de mesénquima llena de vasos procedentes de la arteria hialoidea.

También se ve al mesodermo entrar al interior de la cúpula óptica, por el orificio de la pupila, y ocupar la cavidad vítrea.

En las células de la lente se observan algunos núcleos, sobre todo en la zona del ecuador del cristalino.

Men 1: E.H. de 22 mm (*Foto 9*). En esta etapa el cristalino está formado, y rodeado de mesénquima que porta a los vasos hialoideos, en el interior del nervio óptico, en formación, éstos vasos quedan como arteria y vena central de la retina. El conducto óptico va poblándose paulatinamente de fibras del nervio óptico.

Vemos también la aparición de las capas externas del ojo, derivadas del mesodermo, y a los músculos y nervios del mismo. El nervio oftálmico emergiendo del ganglio de Gasser aparece en el porta 55, corte 6.

Gui 2: E.H. de 28,25 mm (*Foto 10*). En este espécimen encontramos al cristalino formado y rodeado de una cápsula mesenquimática porta vasos, y a las células nucleadas del ecuador de la lente que son las encargadas de generar más células lenticulares.

El cristalino ocupa el orificio anterior de la cúpula óptica o pupila, por delante de él, se ve a la capa fibrosa que forma la córnea, y por detrás de ella una fina capa de mesodermo que forma la membrana írido-pupilar.

La disposición de las fibras, que son alargadas, y en forma concéntrica, le dan a la lente una apariencia de ovillo.

Va 2: F.H. de 55 mm (*Foto 11*). En esta etapa, se ve la aparición de la cámara anterior del ojo, con la córnea como pared anterior, y la membrana íridopupilar como pared posterior.

El cristalino está completamente formado, y rodeado de un tejido de mallas amplias mesenquimático, con ramificaciones vasculares.

El iris está constituido por la porción ciega de la retina, separada de la retina propiamente dicha, por la ora serrata. La zona posterior del iris se pliega y forma la porción ciliar, que va a contener a los músculos de la acomodación del cristalino.

Marit 5: F.H. de 75 mm (*Foto 12*). En este feto humano se puede observar el ojo totalmente formado.

En el corte el cristalino presenta una zona periférica cubierta por ramificaciones vasculares sostenidas por tejido mesenquimático, y una zona central compuesta por células poliedricas alargadas de atrás hacia delante, que le dan un aspecto de mosaico.

En este ejemplar no se observan los vasos hialoideos.

El radio de curvatura de la parte anterior de la lente es mayor que el radio de curvatura de la porción posterior, por lo que ésta abomba más.

Discusión:

El cristalino es, de acuerdo a lo observado en los distintos ejemplares embrionarios estudiados, de origen ectodérmico, y más precisamente del ectodermo superficial, inducido por la cúpula óptica al contactar con éste.^(1, 3)

Las etapas que sigue el cristalino en su desarrollo son la de placoda cristaliniana, en etapas muy tempranas del desarrollo (4^{ta} a 5^{ta} semana de vida intrauterina). Sigue con la formación de la fosa y vesícula cristaliniana alrededor del 1^{er} mes de gestación.

Al principio, la vesícula cristaliniana es esférica y con una sola capa de células en su pared. Posteriormente toma la forma de lente biconvexa, las células de su pared anterior son cúbicas y las de la pared posterior se alargan e invaden la cavidad cristaliniana hasta llenarla: Son las fibras primarias.⁽⁵⁾

En la sexta semana, el mesodermo y los vasos hialoideos hacen su aparición y observamos el crecimiento de las células lenticulares, que llegan hasta el ecuador de la lente.

El mesodermo que se incorpora al interior de la cúpula óptica junto con los vasos hialoideos, aparentemente, contribuye al origen del cuerpo vítreo.⁽⁶⁾

Bergmann considera que el origen del cuerpo vítreo proviene de elementos gliales procedentes de la retina, que tempranamente emiten finas prolongaciones hacia el interior del cáliz ocular y posteriormente contribuye el mesodermo que ingresa con los vasos hialoideos.⁽⁴⁾

En etapas posteriores es posible observar la cápsula cristaliniana, que posee células cúbicas pequeñas y de origen ectodémico como la lente. A ésta se agrega, por fuera, una capa mesodérmica vascular con ramificaciones de los vasos hialoideos (*Foto 13*).

A nivel del ecuador de la lente las células epiteliales se continúan con las fibrilares, en una transición suave, siendo este lugar donde por multiplicación de sus células y sucesiva transformación en fibras, asienta la matriz del cristalino.⁽⁷⁾

En embriones de 36 y 37 mm. de longitud C.R., el núcleo se va rodeando de nuevas fibras cristalinianas periféricas, que lo desplazan hacia el centro de la lente. Estas fibras secundarias le darán forma de lente biconvexa al cristalino y dará lugar a la formación de suturas en las líneas de unión de los extremos anteriores y posteriores de las fibras.⁽⁸⁾

La zona ecuatorial de la lente presenta núcleos de las células que siguen reproduciéndose durante la vida fetal y aún después del nacimiento (*Foto 14 y 15*).

Esta superposición constante de células en forma paralela al eje anteroposterior del cristalino le da una apariencia de ovillo y según Patten a los 20 años de edad siguen agregándose nuevas fibras.

En el feto de 75 mm. Y en otros de 4 meses de gestación ya no se observan los vasos hialoideos.

Conclusiones:

- El cristalino se forma a partir del ectodermo superficial inducido por la cúpula óptica.
- Evoluciona en etapas de placa, fosa, vesícula, y posteriormente completa su formación al cubrir el interior de la lente de fibras lenticulares.
- El crecimiento es continuo, y se van agregando nuevas fibras aún después del nacimiento.
- Es irrigado por la arteria hialoidea que se oblitera en etapas tardías del desarrollo.
- La convexidad de la lente es mayor en su mitad posterior, que en su porción anterior.

Bibliografía consultada:

1. Patten, B; Embriología Humana. 1979: 339-355.
2. Pineaud, H; La Croissance et ses Lois. Laboratoire D'Anatomie de la Faculté de Médecine de París. París 1965.
3. Langman; Embriología Médica. 1996: 336-345.
4. Bergmann, W; Histología y Anatomía Microscópicas Humanas: 788-791.
5. Hib, J; Embriología Médica. 1999: 228-230.
6. Hamilton, WJ; Boyd, JD; Mossman, HM: Embriología Humana. 1966: 294-296.
7. Jiménez González, I: Embriología Humana. 3^{ra} Edición: 229-239.
8. Costa Vila, J; Canals, M; Potau, JM; Ruano Gil, O. Embriogénesis del cristalino. Unidad de Morfología ocular, Dto. de Anatomía Humana, Dto. de Oftalmología, Fac. de Medicina de Barcelona, Hospital Clínic i Provincial de Barcelona. Internet.

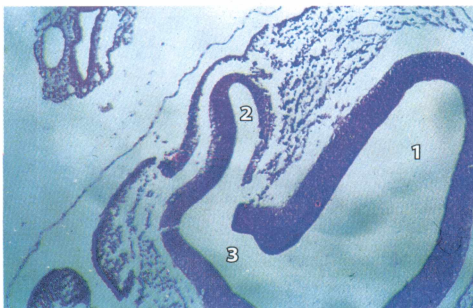


Foto 1 de E.H. de la 4ª semana, mostrando el posencéfalo y las dos evaginaciones laterales que van a formar la vesícula óptica.
1: prosencefalo, 2: vesícula óptica, 3: pedículo óptico.

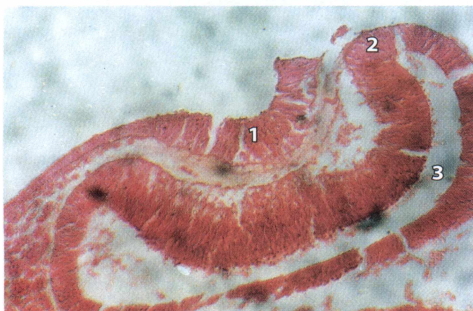


Foto 2 de E.H. Pau 3 de la 4ª-5ª semana, mostrando la formación de la cresta cristaliniana.
1: cresta cristaliniana, 2: vesícula óptica invaginándose para formar el cáliz óptico, 3: ventrículo óptico.

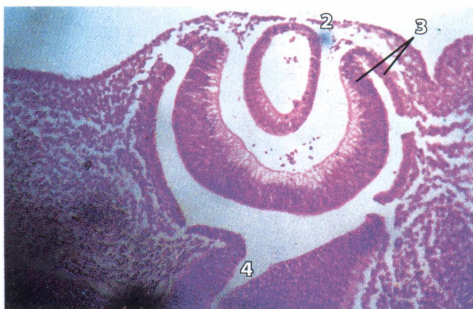


Foto 3 de E.H. Temar de 9,5 mm de la 5ª semana, mostrando la formación de la vesícula cristaliniana.
1: vesícula cristaliniana, 2: ectodermo superficial, 3: cáliz óptico, 4: pedículo óptico.

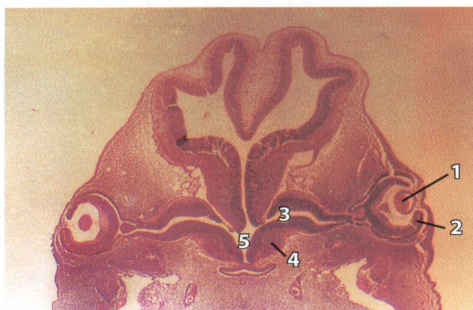


Foto 4 de E.H. GV1 de 12 mm CR, 6ª semana, mostrando las evaginaciones pares del diencefalo que forman los cáliz ópticos.
1: cristallino, 2: cáliz óptico, 3: pedículo óptico, 4: diencefalo, 5: III ventrículo.

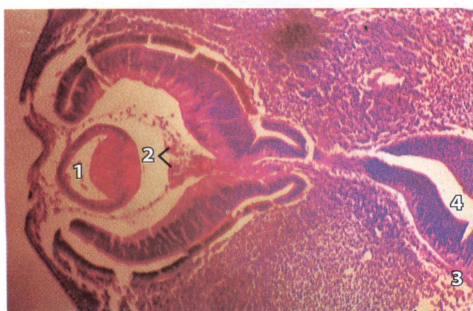


Foto 5 de E.H. GV1 de 12 mm (100 x), mostrando el cáliz óptico y la arteria hialoidea entrando al interior del cáliz por la fisura coroidea.
1: vesícula cristaliniana, 2: arteria hialoidea cubriendo el polo posterior de la vesícula cristaliniana, 3: fisura coroidea, 4: pedículo óptico.

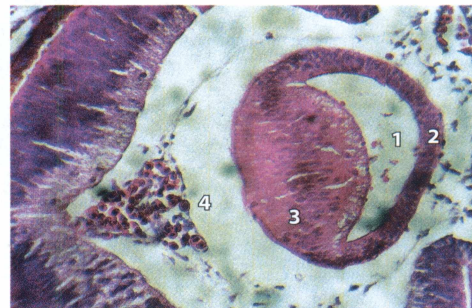


Foto 6 de E.H. GV1 de 12 mm CR, 6ª semana, mostrando la vesícula cristaliniana con las fibras posteriores que crecen y comienzan a llenar la cavidad de la vesícula hasta el ecuador de la lente.
1: vesícula cristaliniana, 2: pared anterior de células cúbicas, 3: pared posterior de células que se alargan para formar las fibras cristalinianas, 4: arteria hialoidea.

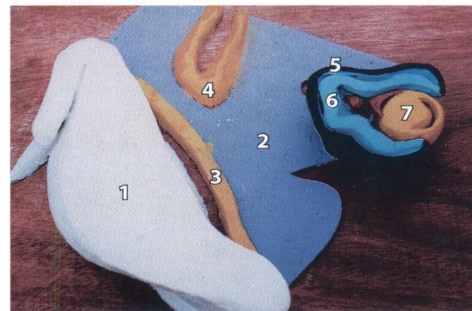


Foto 7 de E.H. Ju 4, reconstrucción en cera por el método de Born. Piso inferior del modelo.
1: pared del diencefalo, 2: mesénquima cefálico, 3: pared craneal, 4: mucosa nasal, 5: capa externa de la cúpula óptica (pigmentaria), 6: capa interna o retina sensorial, 7: cristallino.

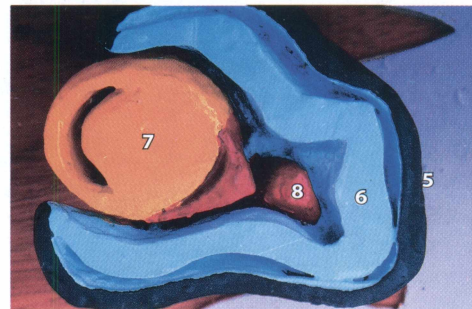


Foto 7 bis. Ampliación del globo ocular. Idénticas referencias, se agrega la 8: arteria hialoidea.



Foto 8 de E.H. de 17 mm, mostrando el cristallino completamente cubierto de fibras y el mesodermo entrando al cáliz óptico por el orificio de la pupila.
1: ectodermo superficial, 2: cristallino, 3: mesodermo entrando al cáliz óptico, 4: mesénquima que va a formar el cuerpo vítreo, 5: cápsula del cristallino.

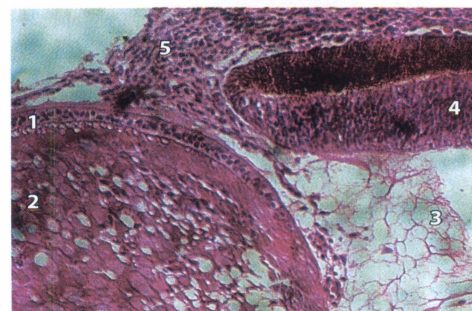


Foto 8 bis de E.H. de 17 mm CR (100 x), mostrando la cápsula del cristallino y el mesodermo entrando por el orificio de la pupila.
1: cápsula del cristallino, 2: fibras del cristallino, 3: mallas del mesénquima que forman el cuerpo vítreo, 4: iris, 5: mesodermo.

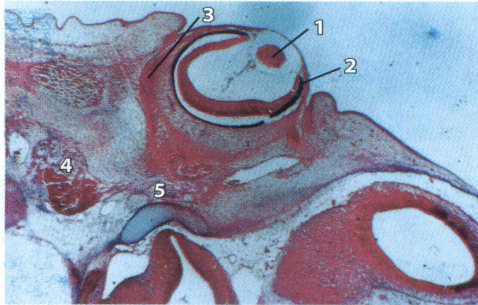


Foto 9 de E.H. Men 1 de 22 mm CR (100 x), mostrando el cristalino y la cúpula óptica y los esbozos de los músculos del ojo y el nervio oftálmico naciendo del ganglio de Gasser. 1: cristalino, 2: cáliz óptico, 3: músculo del ojo, 4: ganglio de Gasser, 5: nervio oftálmico.

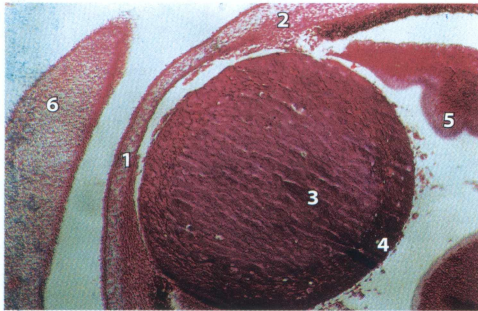


Foto 10 de E.H. Gui de 28,25 mm CR, mostrando el cristalino formado, su cápsula y la aparición de la capa fibrosa del ojo, córnea y esclerótica. 1: córnea, 2: esclerótica, 3: cristalino, 4: cápsula del cristalino, 5: retina, 6: párpado.

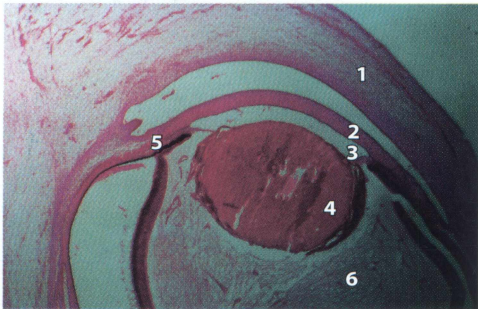


Foto 11 de feto humano de 55 mm CR, mostrando la aparición de la cámara anterior del ojo. 1: párpados, 2: córnea, 3: cámara anterior del ojo, 4: cristalino, 5: iris, 6: cuerpo vítreo.

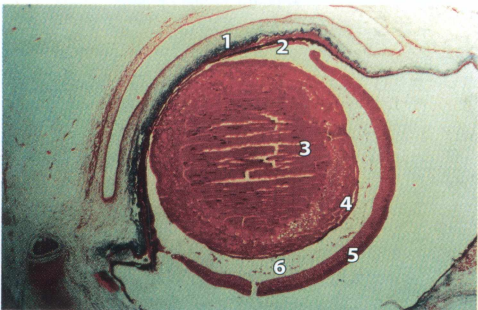


Foto 12 de feto humano Marit 5 de 55 mm CR, mostrando el ojo totalmente formado y el cristalino con sus fibras y cápsula. 1: córnea, 2: iris, 3: cristalino, 4: cápsula mesenquimática porta vasos, 5: retina, 6: cuerpo vítreo.

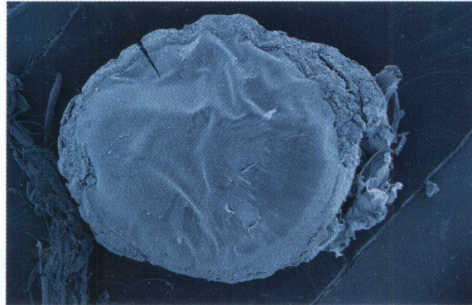


Foto 13, mostrando vista panorámica del cristalino de un feto de 6 meses. Se observa la cápsula cristaliniana. MEB (25 x).

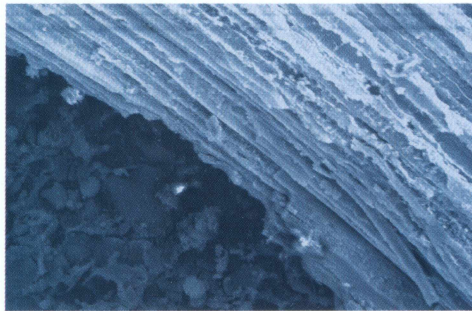


Foto 14, mostrando células epiteliales subcapsulares y fibras cristalinianas en feto. MEB (430 x).

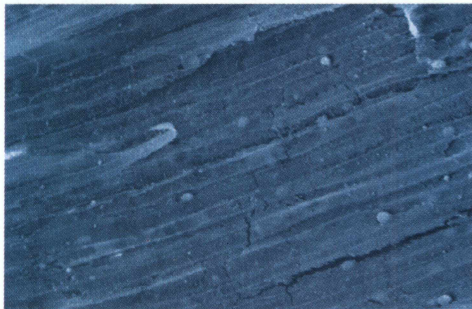


Foto 15, mostrando fibras del cristalino. Se observa el entrecruzamiento de las prolongaciones en forma de esfera y alveolos. Feto de 6 meses. MEB (430 x).