

3.1. ANATOMÍA DE LA CÓRNEA

Pedro Arriola Villalobos, Mayte Ariño-Gutiérrez, José Ignacio Fernández-Vigo, José Manuel Benítez del Castillo

Como se ha comentado en capítulos precedentes, la microscopía confocal permite la visualización de las diferentes capas corneales, con una resolución microscópica subcelular (1). En los siguientes capítulos analizaremos las imágenes obtenidas en diferentes patologías y alteraciones corneales. Para su correcta comprensión, antes debemos describir las imágenes de córnea normal obtenidas con MC (2).

Es importante recordar que en MC podemos observar imágenes corneales en dos planos diferentes. El frontal es el plano más habitual, y se obtiene de forma paralela a la superficie de la córnea. Cada

imagen representa una «rebanada» horizontal a una profundidad concreta. El otro plano, el sagital, muestra un corte de perfil de la córnea y permite ver el espesor total, la transición entre capas, y las relaciones estructurales (fig. 1).

EPITELIO CORNEAL

El epitelio corneal es la capa más externa de la córnea, actúa como barrera protectora y superficie óptica y tiene un grosor normal de entre 50-70 micras. Está compuesto por tres capas celulares bien definidas, dispuestas de forma estratificada. La más superficial, la capa de células superficiales, contiene 2-3 capas de células poligonales de diferente tamaño, forma y reflectividad, con algunas de ellas en proceso de descamación, visibles con mayor reflectividad (fig. 2). Presentan núcleos hiperreflectivos rodeados de una banda oscura. La siguiente capa, de células alares, aladas o «wing cells», esta compuesta de 2-3 capas de células de morfología poligonal, de tamaño variable (unas 30 micras de diámetro), con

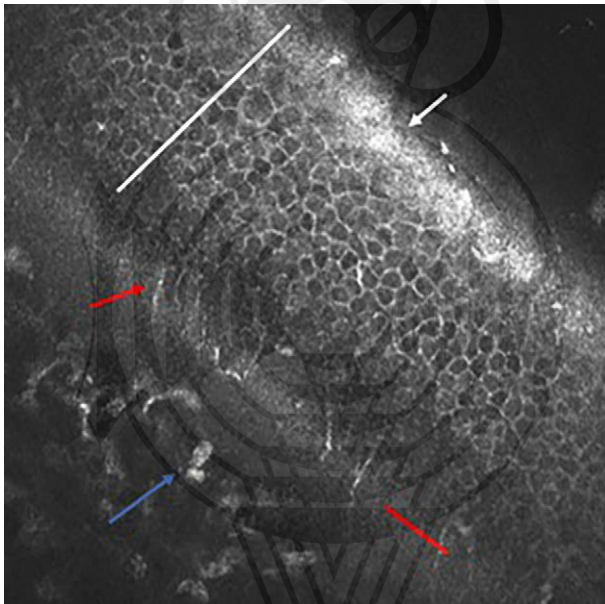


Fig. 1. Imagen sagital de microscopía confocal corneal. Se visualizan células epiteliales superficiales en proceso de descamación (flecha blanca), el epitelio corneal en su espesor total (línea blanca), nervios del plexo subbasal (flecha roja) atravesando la capa de Bowman (línea roja), así como queratocitos en el estroma anterior (flecha azul).

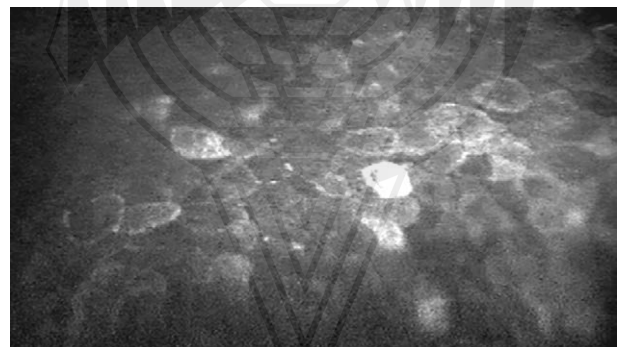


Fig. 2. Imagen frontal de microscopía confocal corneal. Se visualizan células epiteliales superficiales, algunas en proceso de descamación.

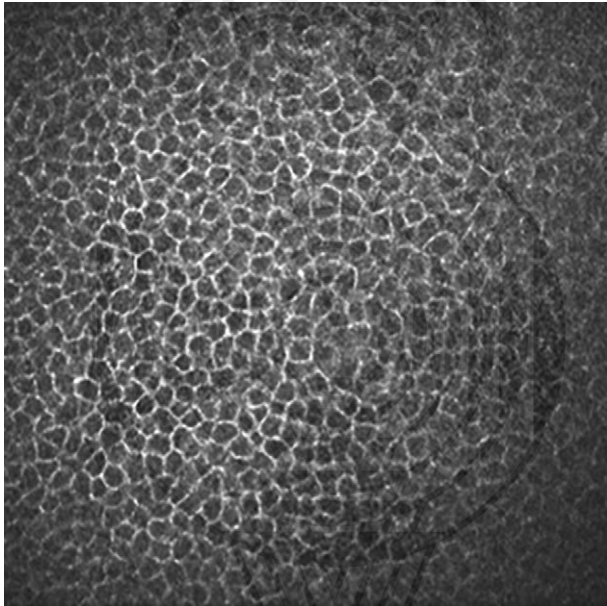


Fig. 3. Imagen frontal de microscopía confocal corneal de la capa de células epiteliales alares.

núcleo y borde brillante en las imágenes de MC (3) (fig. 3). La más profunda de las capas, la capa de células basales, es una unicapa de células de unas 10-15 micras de diámetro en mosaico regular en la MC, con cuerpos celulares oscuros y bordes brillantes (4) (fig. 4). Esta capa se apoya sobre una membrana basal, inmediatamente superficial a la capa de Bowman.

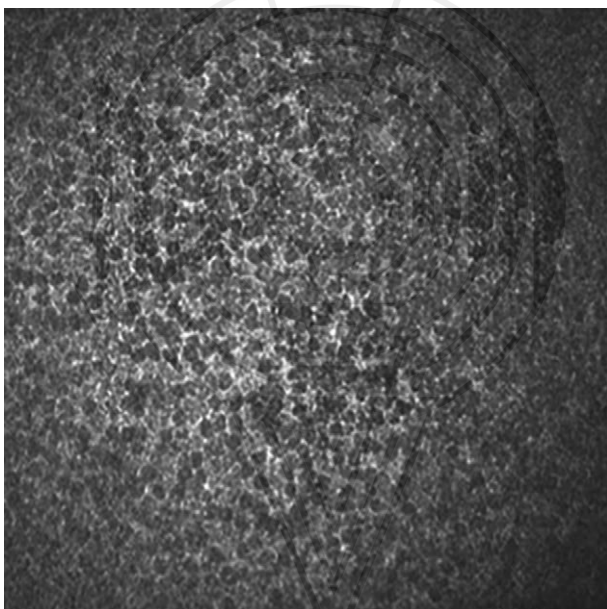


Fig. 4. Imagen frontal de microscopía confocal corneal de la capa de células epiteliales basales.

CAPA DE BOWMAN

La capa de Bowman (no membrana, puesto que no es una membrana verdadera) es una capa acelular de colágeno, de unas 8-14 micras de espesor, que sirve de transición y refuerzo estructural entre epitelio y estroma. En la MC se visualiza como una línea hiperreflectiva de grosor variable (16,6 micras de grosor medio) (5), fundamentalmente en cortes sagitales (fig. 1). A este nivel se visualiza el plexo nervioso subbasal, que no es una «capa» anatómica clásica pero sí es fundamental en el trofismo corneal. Las fibras nerviosas del plexo nervioso subbasal se observan como finas líneas hiperreflectivas con ramificaciones sobre un fondo oscuro (6-8) (fig. 5). Suele encontrarse justo debajo de la capa de células epiteliales basales, tras atravesar la capa de Bowman las fibras nerviosas estromales.

En esta capa es posible visualizar, en determinadas situaciones, células de Langerhans (fig. 6), células dendríticas presentadoras de antígenos, ubicadas principalmente en la periferia corneal y que pueden migrar hacia la córnea central en caso de inflamación. En MC son visibles como estructuras hiperreflectivas de un diámetro aproximado de unas 15 micras (9) (fig. 7). Pueden observarse en tres diferentes morfologías: cuerpos celulares individuales con prolongaciones, células con forma dendrítica o células organizadas en una red mediante interdigitaciones dendríticas (10).

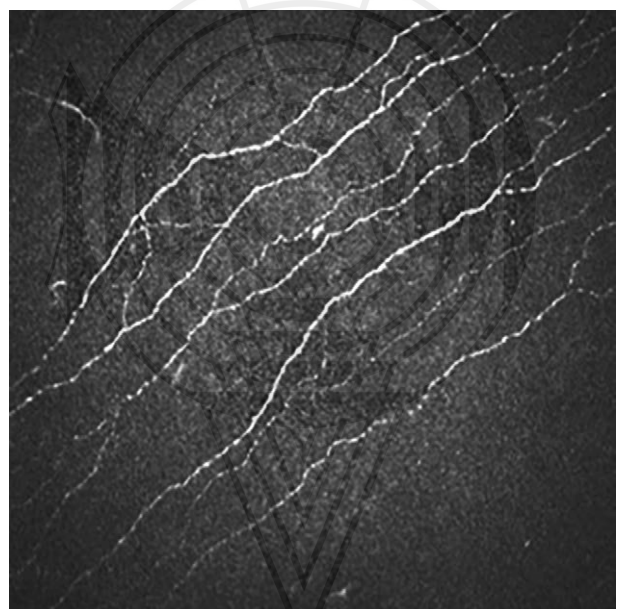


Fig. 5. Imagen frontal de microscopía confocal corneal que muestra fibras nerviosas del plexo nervioso subbasal.

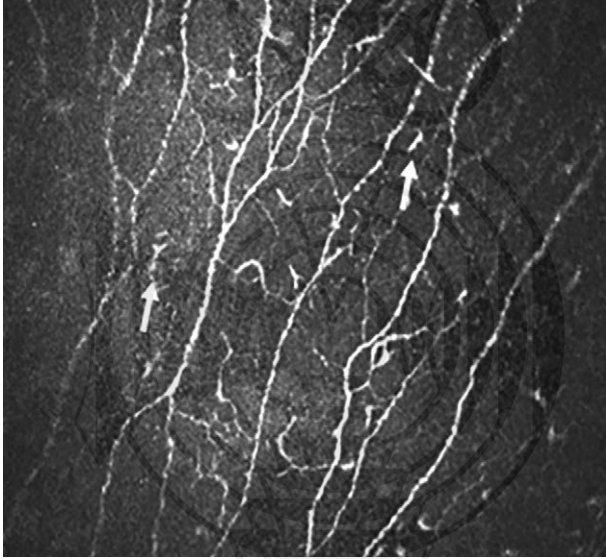


Fig. 6. Imagen frontal de microscopía confocal corneal que muestra fibras nerviosas del plexo nervioso subbasal con células de Langerhans entre ellas (flechas blancas)

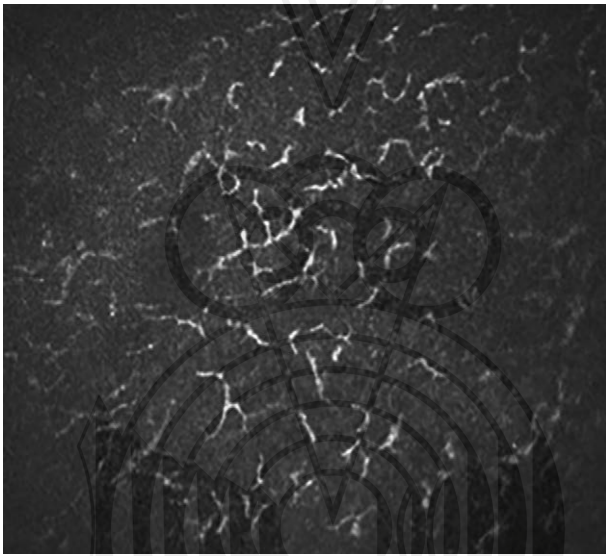


Fig. 7. Imagen frontal de microscopía confocal corneal que muestra abundantes células de Langerhans

ESTROMA

El estroma es la capa de mayor grosor de la córnea, con unas 450-500 micras de espesor, suponiendo aproximadamente el 90% del grosor corneal. Está compuesto de colágeno, matriz extracelular y queratocitos.

Con MC solo es posible visualizar los núcleos celulares de los queratocitos, como estructuras hiperreflectivas sobre fondo oscuro, existiendo algunas diferencias según la profundidad (figs. 8 y 9). Así,

los núcleos son más numerosos y pequeños en el estroma anterior, reduciéndose la densidad celular (3) y aumentando su tamaño conforme mayor profundidad. Además, la morfología del núcleo varía. En el estroma anterior se visualizan núcleos ovoides-redondeados, que pasan a ser más ovoides en el estroma medio y más elongados y de forma axial en el estroma profundo. Por último, la reflectividad de los núcleos es mayor en el estroma anterior y menor en el profundo.

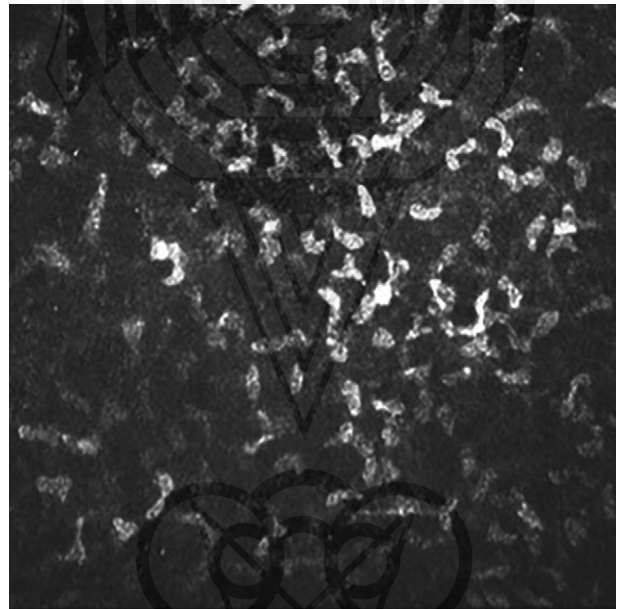


Fig. 8. Imagen frontal de microscopía confocal corneal del estroma anterior.

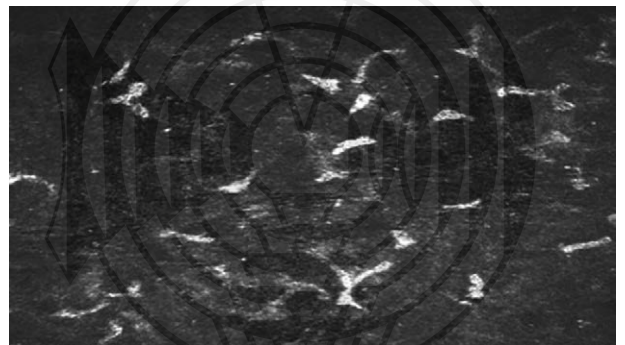


Fig. 9. Imagen frontal de microscopía confocal corneal del estroma posterior. Observe la menor densidad y reflectividad de los núcleos de los queratocitos.

CAPA DE DUA

La capa de Dua, descrita en 2013 (11), es una capa acelular entre el estroma y el endotelio de unas 10-15 micras de espesor y con rol aún controvertido. No

es visualizable mediante MC, por ser acelular, muy delgada y con una reflectividad muy similar al estroma adyacente, sin «salto» óptico que permita distinguirla claramente de la membrana de Descemet.

MEMBRANA DE DESCOMET

La membrana de Descemet es la verdadera membrana basal de endotelio corneal. Tiene un grosor de unas 10-20 micras. Tanto ese grosor como su reflectividad aumenta con la edad (12), lo que permite su visualización con MC sólo en pacientes añosos, aunque con dificultad, por tratarse de una capa acelular, homogénea y de baja reflectividad.

ENDOTELIO

El endotelio corneal es una monocapa, de unas 5 micras de espesor, de células hexagonales. En MC se visualizan como una matriz regular de células hexagonales con cuerpos celulares brillantes y bordes oscuros (3,13) (fig. 10).

Hay que tener en cuenta que las capas más profundas se visualizan con mucha dificultad con Heidelberg-Rostock Module, por lo que es complejo obtener imágenes nítidas de Descemet y endotelio con este equipo de MC. Por el contrario, el Confoscan tiene peor definición pero sí consigue imágenes de estas capas de mayor profundidad. Así, permite la visualización de células endoteliales y el recuento de la densidad celular en pacientes con distrofia de Fuchs, algo que la microscopía especular no consigue en todos los casos (14). Este equipo de MC, además, cuenta con una herramienta de conteo automático de densidad de células endoteliales, aunque parece sobreestimar esta variable (15).

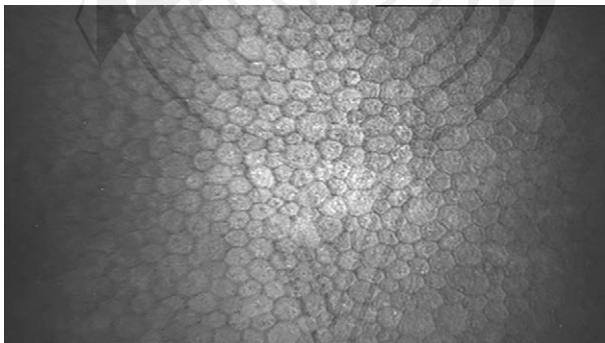


Fig. 10. Imagen frontal de microscopía confocal corneal del endotelio.

Un estudio analizó los efectos de la edad en la morfología corneal mediante MC y halló cuatro cambios significativos con el envejecimiento corneal (12): aumento de micropuntos en el estroma anterior, pliegues en el estroma posterior, opacificación de la membrana de Descemet y guttas corneales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Masters BR, Böhnke M. Confocal microscopy of the human cornea in vivo. *Int Ophthalmol*. 2001; 23: 199-206.
2. Cañadas P, Alberquilla García-Velasco M, Hernández Verdejo JL, Teus MA. Update on Corneal Confocal Microscopy Imaging. *Diagnostics (Basel)* 2022; 13: 46.
3. Mustonen RK, McDonald MB, Srivannaboon S, et al. Normal human corneal cell populations evaluated by in vivo scanning slit confocal microscopy. *Cornea* 1998; 17: 485-92.
4. Masters BR, Thaeer AA. In vivo human corneal confocal microscopy of identical fields of subepithelial nerve plexus, basal epithelial, and wing cells at different times. *Microsc Res Tech* 1994; 29: 350-6.
5. Li HF, Petroll WM, Møller-Pedersen T, et al. Epithelial and corneal thickness measurements by in vivo confocal microscopy through focusing (CMTF). *Curr Eye Res* 1997; 16: 214-21.
6. Richter A, Slowik C, Somodi S, Vick HP, Guthoff R. In vivo imaging of corneal innervation in the human using confocal microscopy. *Ophthalmologe* 1997; 94: 141-6.
7. Oliveira-Soto L, Efron N. Morphology of corneal nerves using confocal microscopy. *Cornea* 2001; 20: 374-84.
8. Cruzat A, Qazi Y, Hamrah P. In Vivo Confocal Microscopy of Corneal Nerves in Health and Disease. *Ocul Surf* 2017; 15: 15-47.
9. Mastropasqua L, Nubile M, Lanzini M, et al. Epithelial dendritic cell distribution in normal and inflamed human cornea: in vivo confocal microscopy study. *Am J Ophthalmol* 2006; 142: 736-44.
10. Zhivov A, Stave J, Vollmar B, Guthoff R. In vivo confocal microscopic evaluation of Langerhans cell density and distribution in the normal human corneal epithelium. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005; 243: 1056-61.
11. Dua HS, Faraj LA, Said DG, Gray T, Lowe J. Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet's layer (Dua's layer). *Ophthalmology* 2013; 120: 1778-85.
12. Hillenaar T, van Cleynenbreugel H, Remeijer L. How normal is the transparent cornea? Effects of aging on corneal morphology. *Ophthalmology* 2012; 119: 241-8.
13. Imre L, Nagymihály A. Reliability and reproducibility of corneal endothelial image analysis by in vivo confocal microscopy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001; 239: 356-60.
14. Hara M, Morishige N, Chikama T, Nishida T. Comparison of confocal biomicroscopy and noncontact specular microscopy for evaluation of the corneal endothelium. *Cornea* 2003; 22: 512-5.
15. Huang J, Maram J, Tepelus TC, et al. Comparison of Non-contact Specular and Confocal Microscopy for Evaluation of Corneal Endothelium. *Eye Contact Lens* 2018; 44 Suppl 1: S144-50.