



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Actualización en técnicas de paquimetría

Presentado por Alberto López de la Rosa

Tutelado por: Rubén Cuadrado Asensio

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a, 30 de mayo de 2014

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1.1. Anatomía corneal	3
1.2. Estructura de la córnea	3
1.3. Espesor corneal	5
1.4. Paquimetría.....	5
 MATERIAL Y MÉTODO	7
2.1 Búsqueda bibliográfica	7
2.2 Criterios de inclusión y exclusión	7
2.3 Lectura crítica	7
 RESULTADOS	9
3.1. Paquimetría ultrasónica tradicional	9
3.2. Biomicroscopía ultrasónica	9
3.3. Microscopía especular	10
3.4. Microscopía confocal.....	10
3.5. Topografía de barrido con hendidura	11
3.6. Topografía con la cámara de Scheimpflug	11
3.7. Tomografía de coherencia óptica	12
3.8. Reflectometría óptica de baja coherencia	12
 DISCUSIÓN	13
4.1. Ventajas y limitaciones de los distintos métodos	13
4.2. Fiabilidad e intercambiabilidad de las técnicas	13
4.3. Aplicaciones clínicas	14
4.3.1. Cirugía refractiva	14
4.3.2. Ectasias corneales	15
4.3.3. Glaucoma	15
 CONCLUSIONES	17
 BIBLIOGRAFÍA	19

INTRODUCCIÓN

1.1. Anatomía corneal

La córnea es el tejido transparente situado en la parte más frontal del ojo. Esta estructura se encuentra en su parte más externa protegida únicamente por una capa mucoacuosa, la película lagrimal, y por los párpados en las situaciones en las que éstos se encuentran cerrados. Alrededor de la córnea, en sus 360°, se encuentra el limbo esclerocorneal, tejido que sirve de transición entre la córnea y la esclerótica. Por su parte interna está en contacto con el humor acuoso, fluido que llena las cámaras anterior y posterior del ojo.¹

La función principal de la córnea consiste en transmitir y refractar los rayos de luz que entran en el ojo, lo que la convierte en la estructura más importante de la superficie ocular. La córnea es responsable de dos tercios del poder refractivo total del ojo, aproximadamente 43 dioptrías. Esto se debe a que la córnea tiene forma de lente convexo-cóncava, cuya cara anterior tiene un radio de curvatura de 7,7 mm, mientras que el radio de la cara posterior es de 6,8 mm, con un espesor de la zona central de 550 µm y un índice de refracción de 1,376.¹

Para llevar a cabo su función principal, transmitir y refractar los rayos de luz, la córnea cuenta con una gran transparencia, característica que se debe a varios factores: la gran uniformidad de la capa más superficial de ésta, el epitelio corneal; la ausencia de vasos sanguíneos en todo su tejido; y la disposición regular tanto del contenido celular como extracelular en el estroma corneal, la capa más gruesa de la córnea, lo que depende del estado de hidratación, el metabolismo y la nutrición de los componentes del estroma.¹

Debido a la ausencia de vascularización, la córnea depende de otras estructuras para su nutrición, para ello se aprovecha de las estructuras que se encuentran en contacto directo con ella. De este modo, la nutrición de la córnea viene por tres vías: por su cara externa se nutre del oxígeno disuelto en la película lagrimal proveniente del exterior, por su cara interna se nutre del humor acuoso, y en menor cantidad de los capilares del limbo esclerocorneal que nutren su parte periférica.¹

La inervación corneal es otra de sus características principales, ya que se trata de uno de los tejidos más densamente inervados del cuerpo, se estima que de 300 a 400 veces más inervado que la piel. Esta inervación, en su mayoría de origen sensorial, proviene de la rama oftálmica del nervio trigémino (V par craneal). Estas fibras nerviosas penetran en la córnea a nivel del estroma en un patrón radial a través del limbo esclerocorneal alrededor de toda la circunferencia. Una vez penetran en el interior estromal pierden su envoltura de mielina con el objetivo de mantener la transparencia corneal y ascienden hasta el epitelio corneal donde dan lugar a terminaciones libres.¹

1.2. Estructura de la córnea

La córnea, histológicamente, está formada por seis capas (Figura 1), las cuales son de la más externa a la más interna: el epitelio corneal, la membrana de Bowman, el estroma corneal, la capa de Dua, la membrana de Descemet y

el endotelio corneal.²

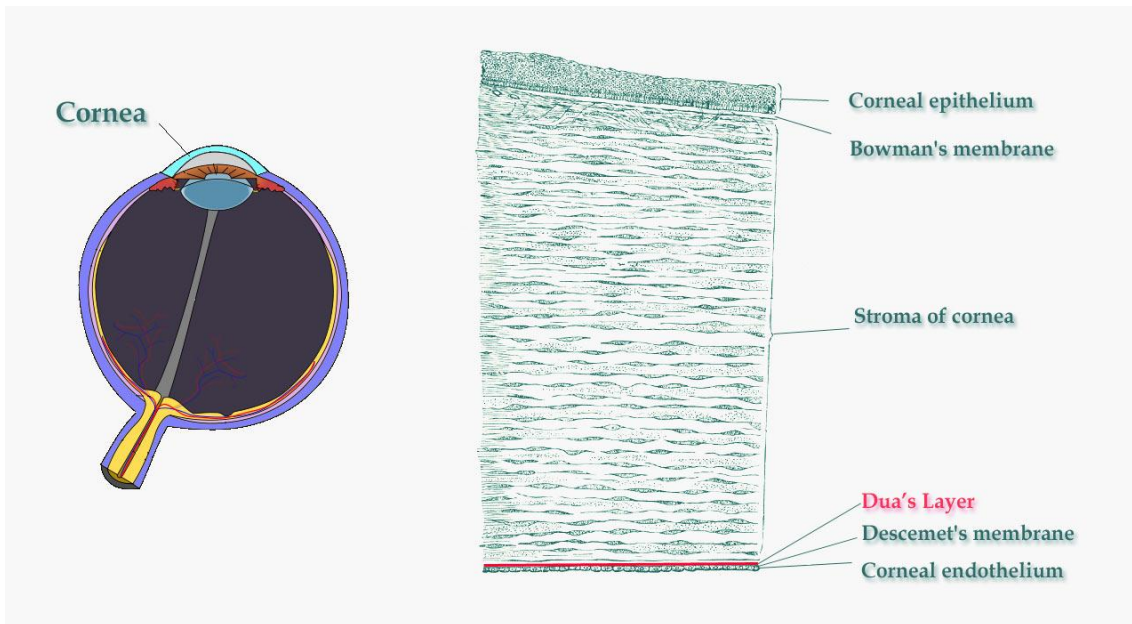


Figura 1. Capas de la córnea. Imagen obtenida de: sci-news.com. http://cdn4.sci-news.com/images/enlarge/image_1151e-eye-dua-s-layer.jpg (22 de mayo de 2014)

El epitelio corneal consiste en un epitelio estratificado no queratinizado de 5 o 6 capas, lo que supone un grosor de 50 μm . Esta capa sirve como primera barrera frente a microorganismos y de protección frente a traumas. La cara más superficial cuenta con numerosas microvellosidades que ayudan a estabilizar la película lagrimal, las capas intermedias están formadas por células aladas y la capa más interna está formada por células columnares muy juntas. Inmediatamente a continuación encontramos la membrana basal del epitelio, que sirve de unión entre éste y la membrana de Bowman.¹

La membrana de Bowman es una capa formada por fibras de colágeno organizadas de forma aleatoria con un grosor total de 10 μm . La parte anterior se encuentra bien delimitada por la membrana basal del epitelio corneal; por el contrario, la parte posterior se mezcla con el estroma corneal.¹

El estroma corneal se representa la mayoría del grosor corneal, aproximadamente 500 μm . Está formado por láminas de colágeno orientadas paralelas a la superficie corneal, queratocitos que se sitúan entre estas láminas, y matriz extracelular. Este contenido está organizado de forma rigurosamente uniforme, característica que contribuye a la transparencia corneal.¹

La capa Dua ha sido la última en ser descrita, en 2013. Se trata de una capa de 10 μm compuesta por láminas de colágeno; y que, a pesar de su grosor, se describe como una capa altamente resistente. Esta capa separa la última fila de queratocitos del estroma corneal de la membrana de Descemet.²

La membrana de Descemet es una capa acelular formada principalmente por fibras de colágeno y tiene un espesor de 10 μm . Esta capa sirve como una membrana basal modificada del endotelio corneal.¹

El endotelio corneal está formado por una capa de células hexagonales y aplanadas que conllevan un modesto grosor de 5 μm . Su función principal es el mantenimiento de la deshidratación corneal, y por tanto, de la transparencia de ésta.¹

1.3. Espesor corneal

El espesor total de la córnea en su zona central es de unos 550 μm . En España, en un estudio realizado con 357 paciente el valor medio del espesor corneal central fue de $548,21 \pm 30,7\mu\text{m}$.³ Se ha visto que este espesor no es constante a lo largo de toda la córnea, sino que va aumentando hacia la periferia, donde tiene un espesor aproximado de 670 μm .¹ No obstante, estos valores pueden variar de acuerdo a diferentes factores.

- La raza es uno de los factores que puede afectar al espesor corneal. Existen estudios que han comparado ciertas razas, y apuntan que los sujetos caucásicos, chinos, hispánicos y filipinos tienen un espesor corneal ligeramente mayor que japoneses, y estos a su vez mayor que la raza afroamericana.⁴
- La edad también afecta al grosor corneal, de tal modo que encontramos córneas más estrechas a medida que avanzamos en edad.⁴
- El género parece ser un factor que no influye en el grosor corneal.³ Sin embargo, se han encontrado cambios en función del momento del ciclo menstrual, cuyo grosor es menor al inicio del ciclo, va aumentando con el transcurso de éste y alcanza su punto máximo al final del mismo.⁵
- Además, la cirugía refractiva,⁶ ciertas patologías como las ectasias corneales⁷ o condiciones de hipoxia como el uso de lentes de contacto también pueden hacer variar el grosor corneal.⁸

1.4. Paquimetría

La paquimetría es la técnica que se realiza para medir el espesor de la córnea "in vivo". El instrumento utilizado para realizar esta medida se denomina paquímetro y la unidad de medida dada suele ser en micrómetros.

En sus inicios, la paquimetría se utilizaba en la práctica clínica como indicador del funcionamiento endotelial de la córnea debido a que el endotelio regula la cantidad de agua que entra en el estroma corneal y éste es un factor directo del espesor corneal. En la actualidad, la paquimetría se ha convertido en una práctica esencial antes y después de cirugía refractiva,⁶ como diagnóstico y seguimiento de ectasias corneales⁷ y como variable a tener en cuenta a la hora de interpretar el valor de la tonometría.⁹ Por tanto, esta técnica se ha incluido en la rutina de la clínica oftalmológica.

La importancia que ha adquirido la paquimetría en la práctica clínica junto con los avances tecnológicos hacen que, hoy en día, existan numerosas técnicas para medir el espesor corneal. El propósito de este trabajo es describir las técnicas actuales para realizar la paquimetría, así como discutir las ventajas y limitaciones de cada una de ellas.

MATERIAL Y MÉTODO

En este estudio se ha realizado una revisión bibliográfica cuyo objetivo fue recopilar la mayor información posible acerca del tema del trabajo, actualización en técnicas de paquimetría. Por lo tanto, la búsqueda se centró en la descripción de las técnicas de paquimetría más actuales, así como de una crítica comparación entre ellas.

2.1. Búsqueda bibliográfica

La búsqueda se ha realizado en capítulos de libros académicos y en la base de datos Pubmed (National Center for Biotechnology Information, Bethesda, MD) utilizando para ello palabras clave, o combinaciones de ellas, directamente relacionadas con el tema, tales como: corneal thickness, pachymetry, ultrasound, specular, confocal, microscopy, optical, coherence, tomography, reflectometry.

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

La búsqueda bibliográfica se ha centrado en incluir referencias lo más actuales y con la mayor transcendencia posible. Para ello se ha llevado a cabo una lectura crítica a cada una de las consultas realizadas. El idioma de búsqueda ha sido principalmente el inglés, pero también se han realizado búsquedas en español.

2.3. Lectura crítica

Se realizó una lectura cuidadosamente analítica y reflexiva a cada una de las referencias citadas en este trabajo previamente a la citación en el mismo.

RESULTADOS

Actualmente, existen numerosas técnicas disponibles para medir el espesor corneal. Una clasificación típica de esta técnica es en función de los métodos que precisan de contacto con la córnea y los que no. De este modo, las técnicas actuales que se engloban como técnicas de contacto son la paquimetría ultrasónica tradicional y la microscopía confocal; mientras que en las técnicas de no contacto se incluyen la microscopía especular, la topografía de barrido con hendidura, la topografía con la cámara de Scheimpflug, la tomografía de coherencia óptica y la reflectometría óptica de baja coherencia. A continuación se exponen estas técnicas:

3.1. Paquimetría ultrasónica tradicional

La paquimetría por ultrasonidos tradicional es una técnica de medida del espesor corneal vigente desde la década de los 80, y que hoy en día sigue siendo considerada el sistema de referencia en la medida del grosor corneal. Esta técnica se basa en medir el tiempo que una onda ultrasónica de 10 a 20 MHz tarda en recorrer el espesor corneal, rebota en la cara posterior y vuelve hasta el instrumento. Para llevar a cabo esta medida es necesario instilar anestesia tópica ocular y colocar la sonda ultrasónica alineada al eje visual en contacto con la zona central de la córnea (Figura 2).^{10,11}



Figura 2. Paquimetría ultrasónica tradicional. Imagen obtenida de: Centro de Diagnósticos Oftalmológicos. <http://www.cdosa.cl/w/examenes/paquimetria-corneal-ultrasonica/> (14 de abril de 2014).

3.2. Biomicroscopía ultrasónica

La biomicroscopía ultrasónica es una técnica de paquimetría que utiliza el mismo principio que la ultrasónica tradicional con frecuencias de ultrasonido más elevadas, 50 MHz o mayor. En esta técnica la sonda no entra en contacto directo con la córnea sino que lo hace a través de un medio de inmersión, que puede tratarse de un gel o de solución salina. Con este método se obtiene una imagen transversal de la córnea, el iris y la parte anterior del cristalino con una resolución baja (Figura 3).¹²

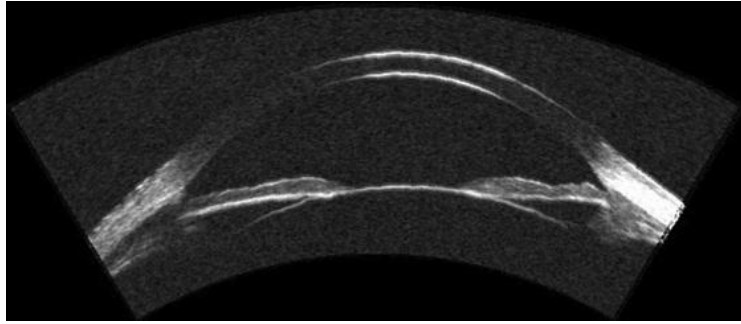


Figura 3. Sección transversal obtenida con la técnica de biomicroscopía ultrasónica. Imagen obtenida de: Silverman RH. High-resolution ultrasound imaging of the eye - a review. Clin Experiment Ophthalmol. 2009;37:54-67.

3.3 Microscopía especular

Esta técnica ya fue descrita por Vogt en 1920, pero no fue hasta 1968 cuando Maurice desarrolló el primer microscopio especular. El objetivo principal era la visualización del endotelio, no obstante, se ha adaptado para obtener también la medida del grosor corneal (Figura 4). Para llevar a cabo la medida el instrumento utiliza un haz de luz en forma de sección óptica para posteriormente analizar su reflexión tanto de cara anterior como posterior. Calculando la distancia entre ambas reflexiones obtener el valor del espesor corneal. Inicialmente, la microscopía especular se realizaba en contacto directo con la córnea, pero más recientemente se han diseñado instrumentos que utilizan esta técnica sin necesidad de contacto.^{10,13}

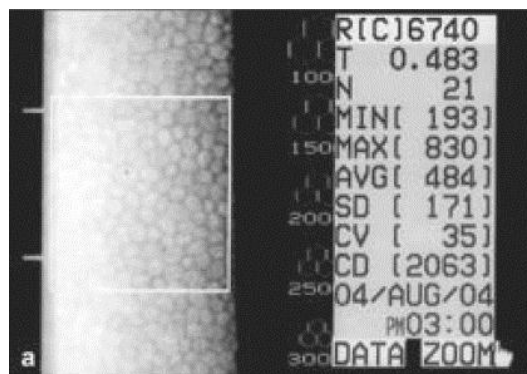


Figura 4. Microscopía especular con el valor de la paquimetría "T" (mm). Imagen obtenida de: Basak SK, Bhaumik A, Mohanta A, Shingal P. Ocular toxicity by latex of Calotropis procera (Sodom apple). Indian J Ophthalmol. 2009 May-Jun;57(3):232-4.

3.4. Microscopía confocal

La microscopía confocal es una técnica que permite la visualización in vivo a nivel celular de cualquier capa de la córnea. Esto es posible debido a que el sistema que incorpora es capaz de recoger únicamente el plano focal desechando las zonas fuera de foco. Además, se puede utilizar para medir el espesor corneal, ya sea completo o cada capa individualmente. Para llevar a cabo esta medida, el instrumento está en contacto con la córnea. Con esta técnica se consiguen imágenes tridimensionales de alta resolución.^{14,15}

3.5. Topografía de barrido con hendidura

Esta técnica se lleva a cabo con el topógrafo comercial Orbscan II (Bausch & Lomb). Su método consiste en realizar barridos con un haz en forma de hendidura formando un ángulo de 45° para obtener de manera digital las elevaciones de cara anterior y posterior de la córnea, y a partir de éstas, generar un mapa paquimétrico como el que se muestra en la Figura 5.^{10,16}

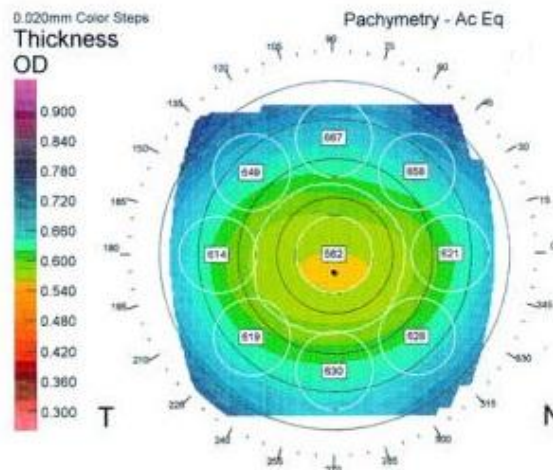


Figura 5. Mapa paquimétrico obtenido con topografía de barrido con hendidura. Imagen obtenida de: Liu Z, Huang A, Pflugfelder S. Evaluation of corneal thickness and topography in normal eyes using the Orbscan corneal topography system. Br J Ophthalmol. 1999;83:774–778.

3.6. Topografía con la cámara de Scheimpflug

Esta técnica utiliza el principio de Scheimpflug para obtener una imagen tridimensional de la córnea. El principio de Scheimpflug soluciona el problema para realizar fotografías cuyos plano focal e imagen no son paralelos, se basa en que el plano focal, el plano objeto y el plano imagen coincidan en un mismo punto, y de ese modo, se obtienen imágenes nítidas de todo el plano. Mediante la rotación de la cámara se genera el modelo tridimensional, lo que permite obtener el valor paquimétrico en cualquier zona de la córnea. Por tanto, se trata de una técnica de no contacto; con la que se obtienen imágenes transversales de la córnea en alta resolución (Figura 6), e incluso el mapa paquimétrico.^{17,18}

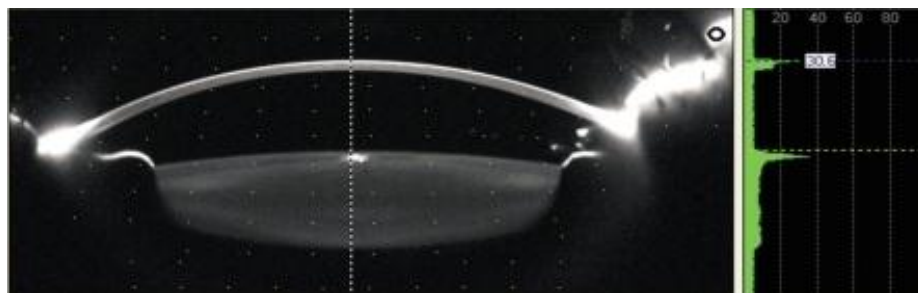


Figura 6. Sección transversal obtenida con la cámara de Scheimpflug. Imagen obtenida de: Ni Y, Liu XL, Wu MX, Lin Y, Sun YY, He C, Liu YZ. Objective evaluation of the changes in the crystalline lens during accommodation in young and presbyopic populations using Pentacam HR system. Int J Ophthalmol. 2011;4:611-5

3.7. Tomografía de coherencia óptica

La tomografía de coherencia óptica (OCT) es una técnica basada en el principio de interferometría de Michelson. El instrumento emite un rayo de unos 840 nm que se divide en dos, un rayo de referencia que recorre una distancia conocida y un rayo que atraviesa las diferentes estructuras oculares dando lugar a reflexiones. Un detector analiza estas reflexiones y lo traduce en distancias, de tal manera que si se tiene en cuenta la distancia entre ambas caras de la córnea obtenemos el espesor corneal (Figura 7). Con esta técnica también se puede obtener un mapa paquimétrico.^{19,20}

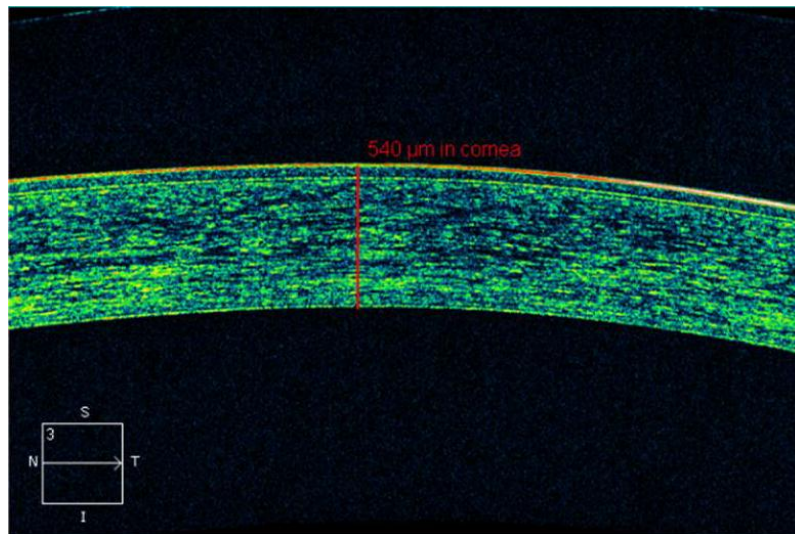


Figura 7. Sección transversal obtenida con el OCT. Imagen obtenida de: Correa-Pérez ME, López-Miguel A, Miranda-Anta S, Igelsias-Cortiñas D, Alió JL, Maldonado MJ. Precision of high definition spectral-domain optical coherence tomography for measuring central corneal thickness. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53:1752-7.

3.8. Reflectometría óptica de baja coherencia

A partir de la técnica del OCT, se ha adaptado otro método para medir el espesor corneal, la reflectometría óptica de baja coherencia. Esta técnica también está basada en el principio de interferometría de Michelson, por tanto, utiliza dos rayos, en este caso de 780 nm, uno referencia y uno reflejado a partir de los cuales se calcula el grosor corneal. Con este método se obtiene una gráfica de interferencias a partir de la cual se calcula el valor paquimétrico.^{21,22}

DISCUSIÓN

4.1. Ventajas y limitaciones de los distintos métodos

Actualmente, la paquimetría ultrasónica tradicional es considerada como el método de referencia o “gold standard”; no obstante, cuenta con ciertas limitaciones. En primer lugar, es necesario instilar anestesia tópica ya que se trata de una técnica de contacto, procedimiento que puede ser incómodo para el paciente o incluso conllevar intoxicaciones o lesiones epiteliales debido al contacto directo.¹⁰ Otra de sus limitaciones es que el valor de la paquimetría depende de la experiencia del examinador, por la presión que realice sobre la córnea y del alineamiento de la sonda del paquímetro con el eje visual.¹⁰ Sin embargo, su facilidad de uso, simpleza, portabilidad y bajo coste, junto con lo extendido que hoy en día se encuentra en las clínicas, hacen que, a pesar de los avances tecnológicos, siga siendo el método de referencia.

Los métodos modernos intentan evitar los inconvenientes de la paquimetría ultrasónica. Uno de sus principales inconvenientes, el contacto con la córnea, es suplido por la mayoría de métodos modernos, a excepción de la biomicroscopía ultrasónica y la microscopía confocal, y por tanto, reducen la incomodidad, la posibilidad de generar lesiones y la variabilidad debido a la presión ejercida por el instrumento contra la córnea.^{10,12,15-21}

A parte de evitar los inconvenientes de la paquimetría ultrasónica, las nuevas técnicas también ofrecen mejores representaciones de la paquimetría. Mientras el paquímetro ultrasónico, la microscopía especular y la reflectometría óptica de baja coherencia únicamente nos ofrecen el valor central total del espesor corneal,^{10,21} la microscopía confocal es capaz de medir el grosor de cada una de las capas corneales por separado.¹⁵ Además, la microscopía confocal, la biomicroscopía ultrasónica, el barrido con hendidura, la técnica con cámara de Scheimpflug y el OCT nos ofrecen cortes transversales de la córnea en dos dimensiones.^{14,16,18,20} Y las técnicas de barrido con hendidura, cámara de Scheimpflug y OCT, a su vez, nos muestran un mapa paquimétrico de la totalidad de la córnea.^{16,18,20}

A parte de realizar la paquimetría, algunos de los instrumentos modernos pueden llevar a cabo funciones complementarias, dando más provecho a la práctica clínica. Las microscopías especular y confocal son capaces de evaluar el estado endotelial mediante el conteo de células y el tamaño de las mismas.^{10,14} A su vez, la microscopía confocal puede utilizarse para ver las diferentes capas de la córnea a nivel celular con un alto nivel de detalle.¹⁵ Las técnicas que usan el barrido con hendidura o la cámara de Scheimpflug también llevan a cabo topografía corneal.¹⁶ Por último, la reflectometría óptica de baja coherencia también muestra información sobre la profundidad de la cámara anterior y la longitud axial del globo ocular.²¹

4.2. Fiabilidad e intercambiabilidad de las técnicas

A la hora de considerar el uso de nuevas técnicas, se debe tener en cuenta la fiabilidad de sus medidas y en caso de que se vaya a comparar con otra técnica, la intercambiabilidad de las mismas.

La fiabilidad es la consistencia que tienen los instrumentos a la hora de realizar diferentes medidas. La fiabilidad, a su vez, se puede dividir en repetibilidad y reproducibilidad. La repetibilidad viene dada por la capacidad de un instrumento de obtener valores similares en medidas repetidas bajo las mismas condiciones; mientras la reproducibilidad es la capacidad de obtener valores similares modificando el observador o el momento de la medida. Las técnicas que se han descrito se han visto que cuentan con una alta repetibilidad y reproducibilidad en sujetos sanos.^{14-19,22-24} Parece, por tanto, que cualquiera de los métodos es válido para incluir en la práctica clínica.

La intercambiabilidad es la capacidad de obtener valores similares bajo las mismas condiciones en instrumentos diferentes. La mayoría de estudios comparan diferentes técnicas con el método de referencia, la paquimetría ultrasónica. Se ha visto que tienden a infraestimar la medida del espesor corneal con respecto al método de referencia la microscopía especular,^{23,25} la microscopía confocal²⁶ y el OCT.²⁷ Las técnicas que obtienen los resultados más comparables a la de referencia son el método con la cámara de Sheimpflug^{25,27,28} y la reflectometría óptica de baja coherencia.²⁸ Por último, se encuentra mayor controversia con las técnicas de biomicroscopía ultrasónica y de barrido con hendidura, ya que unas veces se han obtenido valores comparables con respecto a la paquimetría ultrasónica,^{28,29} mientras que otras no.^{24,26} Esto nos indica que hay que prestar mucha atención a la hora de comparar valores de diferentes instrumentos, ya que, de no ser así se podrían cometer errores con cierta facilidad.

4.3. Aplicaciones clínicas

Actualmente, las principales aplicaciones de la paquimetría en la práctica clínica son en cirugía refractiva,⁶ en córneas con ectasias corneales⁷ y en el diagnóstico de hipertensión ocular.⁹

4.3.1. Cirugía refractiva

La córnea cuenta con dos tercios del poder refractivo total del ojo, por tanto, pequeños cambios en su curvatura implican consecuencias refractivas y visión borrosa. Debido a esto, la mayoría de las técnicas de cirugía refractiva pretenden modificar la forma de la córnea para cambiar su poder refractivo con el objetivo de reducir la ametropía de los pacientes.⁶

La paquimetría es una técnica imprescindible a realizar antes, durante y después de este tipo de cirugías. El primer objetivo es establecer si el paciente es candidato o no al proceso quirúrgico, y posteriormente se utiliza como seguimiento del proceso a tiempo real y postoperatorio.³⁰

La técnica referencia, los ultrasonidos, conllevan un problema debido al contacto que establece el instrumento con la córnea, por posible intoxicación o erosión, e incluso la posibilidad de que en el postoperatorio se desplace el flap creado en algunas técnicas quirúrgicas.¹⁰ El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de técnicas de no contacto, y más concretamente, instrumentos basados en el OCT y la reflectometría óptica de baja coherencia que han sido

integrados en la mesa del quirófano, permitiendo realizar la paquimetría durante la propia intervención.^{31,32}

4.3.2. Ectasias corneales

Una ectasia corneal es un proceso patológico de la córnea que implica un adelgazamiento de la córnea y un aumento de la curvatura de la misma en ausencia de signos inflamatorios. Existen diferentes tipos de ectasias, los más frecuentes son queratocono, degeneración marginal pelúcida y ectasia postcirugía ocular.^{33,34}

Debido al cambio en el grosor de la córnea, resulta esencial realizar la paquimetría para el diagnóstico y el seguimiento de este tipo de procesos. El adelgazamiento no es necesariamente central, por lo que resulta de gran ayuda en estos casos realizar el mapa paquimétrico, posible con las técnicas de barrido con hendidura, cámara de Sheimpflug y OCT.⁷

4.3.3. Glaucoma

El glaucoma es una enfermedad ocular que daña las fibras nerviosas de la retina provocando una pérdida irreversible del campo visual. El principal factor de riesgo es una presión intraocular elevada; además, en los sujetos con la presión ocular elevada, un espesor corneal reducido es un factor de riesgo añadido.^{35,36} Por tanto, conocer el espesor corneal es útil para realizar un seguimiento más exhaustivo en pacientes con factores de riesgo de desarrollar glaucoma.

El tratamiento principal en los pacientes que desarrollan glaucoma es la reducción de la presión intraocular, por lo que resulta imprescindible en su seguimiento la medida de la presión intraocular.³⁷ La presión intraocular se mide mediante la tonometría, la cual depende del espesor corneal, de tal manera que un espesor menor puede llevar a infraestimar la presión intraocular.^{36,38} Por tanto, la paquimetría resulta crucial a la hora de interpretar la medida de la tonometría.

Para resolver estos problemas, actualmente existen tonómetros que realizan de manera simultánea la paquimetría y la medida de la presión intraocular. Estos tonómetros utilizan el principio de la cámara de Scheimpflug para realizar la paquimetría, y aplicando un factor de corrección a la tonometría se obtiene el valor de la presión intraocular corregido según el espesor corneal de cada sujeto.³⁹

CONCLUSIONES

En la actualidad existen numerosas técnicas de paquimetría que ofrecen un valor fiable del espesor corneal.

Cada técnica cuenta con sus ventajas y limitaciones particulares, lo que implica que cada una sea más recomendable según la aplicación destinada.

El valor dado por cada técnica paquimétrica puede depender del método empleado, por tanto, hay que prestar especial cuidado a la hora de comparar valores entre técnicas, no siempre son intercambiables.

La paquimetría se ha convertido en una técnica esencial en ciertas prácticas clínicas como son: en cirugía refractiva para el preoperatorio, durante el procedimiento y seguimiento tras la cirugía; en el diagnóstico y seguimiento de ectasias corneales; y en la interpretación de la tonometría para el diagnóstico de hipertensión ocular o glaucoma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Forrester JV, Dick Aderhaut, McMenamin PG, Lee WR. Anatomy of the eye and orbit. En: Forrester JV, Dick Aderhaut, McMenamin PG, Lee WR. *The Eye (Basic Science in Practice)*; Filadelfia, (USA): Saunders; 2002: Pag. 1-98.
2. Dua HS1, 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.
3. Gros-Otero J, Arruabarrena-Sánchez C, Teus M. Central corneal thickness in a healthy Spanish population. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2011;86:73-6.
4. Aghaian E, Choe JE, Lin S, Stamper RL. Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic. *Ophthalmology*. 2004;111:2211-9.
5. Goldich Y, Barkana Y, Pras E, Fish A, Mandel Y, Hirsh A, Tsur N, Morad Y, Avni I, Zadok D. Variations in corneal biomechanical parameters and central corneal thickness during the menstrual cycle. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1507-11.
6. McAlinden C. Corneal refractive surgery: past to present. *Clin Exp Optom*. 2012;95:386-98.
7. Tummanapalli SS, Maseedupally V, Mandathara P, Rathi VM, Sangwan VS. Evaluation of corneal elevation and thickness indices in pellucid marginal degeneration and keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39:56-65.
8. Brennan NA, Efron N, Carney LG. Corneal oxygen availability during contact lens wear: a comparison of methodologies. *Am J Optom Physiol Opt*. 1988;65:19-24.
9. Shetgar AC, Mulimani MB. The central corneal thickness in normal tension glaucoma, primary open angle glaucoma and ocular hypertension. *J Clin Diagn Res*. 2013;7:1063-7.
10. Kapoor S. Pachymetry. En: Agarwal S, Apple DJ, Agarwal A, Buratto L, Alió JL, Pandey SK, Agarwal A. *Textbook of Ophthalmology*. Nueva Delhi (India): Jaypee Brothers Medical Publishers; 2002: Pag. 980-985.
11. Shildkrot Y, Liebmann JM, Fabijanczyk B, Tello CA, Ritch R. Central corneal thickness measurement in clinical practice. *J Glaucoma*. 2005 Oct;14:331-6.
12. Silverman RH. High-resolution ultrasound imaging of the eye - a review. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2009;37:54-67.
13. Olsen T, Ehlers N. The thickness of the human cornea as determined by a specular method. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1984;62:859-71.
14. Li HF, Petroll WM, Møller-Pedersen T, Maurer JK, Cavanagh HD, Jester JV. Epithelial and corneal thickness measurements by in vivo confocal microscopy through focusing (CMTF). *Curr Eye Res*. 1997;16:214-21.
15. Ivarsen A, Stultiens BA, Møller-Pedersen T. Validation of confocal microscopy through focusing for corneal sublayer pachymetry. *Cornea*. 2002;21:700-4.
16. Liu Z, Huang AJ, Pflugfelder SC. Evaluation of corneal thickness and topography in normal eyes using the Orbscan corneal topography system. *Br J Ophthalmol*. 1999;83:774-8.
17. Aramberri J, Araiz L, Garcia A, Illarramendi I, Olmos J, Oyanarte I, Romay A, Vigara I. Dual versus single Scheimpflug camera for anterior segment analysis: Precision and agreement. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38:1934-49.
18. Khoramnia R, Rabsilber TM, Auffarth GU. Central and peripheral pachymetry measurements according to age using the Pentacam rotating Scheimpflugcamera. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:830-6.
19. Wirbelauer C, Scholz C, Hoerauf H, Pham DT, Laqua H, Birngruber R. Noncontact corneal pachymetry with slit lamp-adapted optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2002;133:444-50.
20. Li Y, Tang M, Zhang X, Salaroli CH, Ramos JL, Huang D. Pachymetric mapping with Fourier-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:826-31.

21. Wa Lti R, Bo Hnke M, Gianotti R, Bonvin P, Ballif J, Salathe RP. Rapid and precise in vivo measurement of human corneal thickness with optical low-coherence reflectometry in normal human eyes. *J Biomed Opt.* 1998;3:253-8.
22. López-Miguel A, Correa-Pérez ME, Miranda-Anta S, Iglesias-Cortiñas D, Coco-Martín MB, Maldonado MJ. Comparison of central corneal thickness using optical low-coherence reflectometry and spectral-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:758-64.
23. Almubrad TM, Osuagwu UL, Alabbadi I, Ogbuehi KC. Comparison of the precision of the Topcon SP-3000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. *Clin Ophthalmol.* 2011;5:871-6.
24. Al-Farhan HM1, Al-Otaibi WM. Comparison of central corneal thickness measurements using ultrasound pachymetry, ultrasound biomicroscopy, and the Artemis-2 VHF scanner in normal eyes. *Clin Ophthalmol.* 2012;6:1037-43.
25. Tai LY, Khaw KW, Ng CM, Subrayan V. Central corneal thickness measurements with different imaging devices and ultrasound pachymetry. *Cornea.* 2013;32:766-71.
26. McLaren JW, Nau CB, Erie JC, Bourne WM. Corneal thickness measurement by confocal microscopy, ultrasound, and scanning slit methods. *Am J Ophthalmol.* 2004 Jun;137(6):1011-20.
27. Ishibazawa A, Igarashi S, Hanada K, Nagaoka T, Ishiko S, Ito H, Yoshida A. Central corneal thickness measurements with Fourier-domain optical coherence tomography versus ultrasonic pachymetry and rotating Scheimpflug camera. *Cornea.* 2011;30:615-9.
28. Sedaghat MR, Daneshvar R, Kargozar A, Derakhshan A, Daraei M. Comparison of central corneal thickness measurement using ultrasonic pachymetry, rotating Scheimpflug camera, and scanning-slit topography. *Am J Ophthalmol.* 2010;150:780-9.
29. Tam ES, Rootman DS. Comparison of central corneal thickness measurements by specular microscopy, ultrasound pachymetry, and ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29:1179-84.
30. Zhao MH, Zou J, Wang WQ, Li J. Comparison of central corneal thickness as measured by non-contact specular microscopy and ultrasound pachymetry before and post LASIK. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2007;35:818-23.
31. Wirbelauer C, Aurich H, Pham DT. Online optical coherence pachymetry to evaluate intraoperative ablation parameters in LASIK. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2007;245:775-81.
32. Genth U, Mrochen M, Wälti R, Salaheldine MM, Seiler T. Optical low coherence reflectometry for noncontact measurements of flap thickness during laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology.* 2002;109:973-8.
33. Jinabhai A, Radhakrishnan H, O'Donnell C. Pellucid corneal marginal degeneration: A review. *Cont Lens Anterior Eye.* 2011 Apr;34(2):56-63.
34. Vazirani J, Basu S. Keratoconus: current perspectives. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:2019-2030. Epub 2013 Oct 14.
35. Mehdizadeh A, Hoseinzadeh A, Fazelzadeh A. Central corneal thickness as a risk factor for glaucoma. *Med Hypotheses.* 2007;69:1205-7.
36. Janićijević-Petrović MA, Šarenac-Vulović TS, Janićijević KM, Vulović DA, Andrijana PB, Vujić DI. Evaluation of central corneal thickness in patients with ocular hypertension and primary open-angle glaucoma. *Med Glas (Zenica).* 2014;11:115-9.
37. Mudumbai RC. Clinical update on normal tension glaucoma. *Semin Ophthalmol.* 2013;28:173-9.
38. lester M, Mete M, Figus M, Frezzotti P. Incorporating corneal pachymetry into the management of glaucoma. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35:1623-8.
39. García-Resúa C, Pena-Verdeal H, Miñones M, Giraldez MJ, Yebra-Pimentel E. Reliability of the non-contact tonopachymeter Tonopachy NT-530P in healthy eyes. *Clin Exp Optom.* 2013;96:286-94.