

# **“APLICACIONES CLÍNICAS DE LA PAQUIMETRÍA”**

Realizado por:  
**DAVID CARBONEL MURILLO**

Tutor:  
**J. MANUEL LARROSA**

**T.F.G. 2013  
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

# ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN (pag.4)
- ANATOMÍA CORNEAL (pag.5)
  - Dimensiones
  - Descripción microscópica
- ESPESOR CORNEAL (pag.10)
  - Valores normales según la raza
  - Otros factores
  - Población española
- PAQUIMETRÍA (pag.14)
  - Ultrasónica
  - Óptica
  - OCT
  - Confocal
  - Especular
- CIRUGÍA REFRACTIVA (pag.16)
  - Técnicas de ablación de superficie
    - PRK
    - LASIK
  - Técnicas estromales: LASIK
    - Proceso
    - Límites
    - Post-operatorio
- GLAUCOMA Y GROSOR CORNEAL (pag.23)
- ESTUDIO COMPARATIVO (pag.24)
  - Introducción
  - Material
  - Resultados
  - Conclusión
- ANEXOS (pag.29)
- BIBLIOGRAFÍA ANEXOS (pag.36)
- BIBLIOGRAFÍA (pag.37)

## **INTRODUCCIÓN**

La importancia de la paquimetría es creciente en la actualidad. Hace unas décadas no dejaba de ser un simple valor, del que poco se sabía; Actualmente es indispensable dentro de diferentes campos de la clínica oftalmológica como son la cirugía refractiva y el glaucoma.

El desarrollo de técnicas cada vez más perfeccionadas en la cirugía refractiva ha ido ligada al desarrollo de nuevos aparatos más sofisticados, con diferentes principios de medida como base.

Dentro del ámbito del glaucoma, una de las patologías oculares más prevalentes, también es importante el valor del grosor corneal para su diagnóstico y análisis de uno de sus mayores factores de riesgo, la presión intraocular.

## **ANATOMIA CORNEAL**

La córnea es una estructura fibrosa y avascular, en forma de segmento de esfera, colocada en el orificio anterior de la esclerótica, que actúa a modo de lente, siendo responsable de alrededor de las dos terceras partes del poder dióptrico del ojo.

El aporte de nutrientes y la eliminación de productos metabólicos se realizan principalmente a través del humor acuoso en la cara posterior y por las lágrimas en cara anterior.

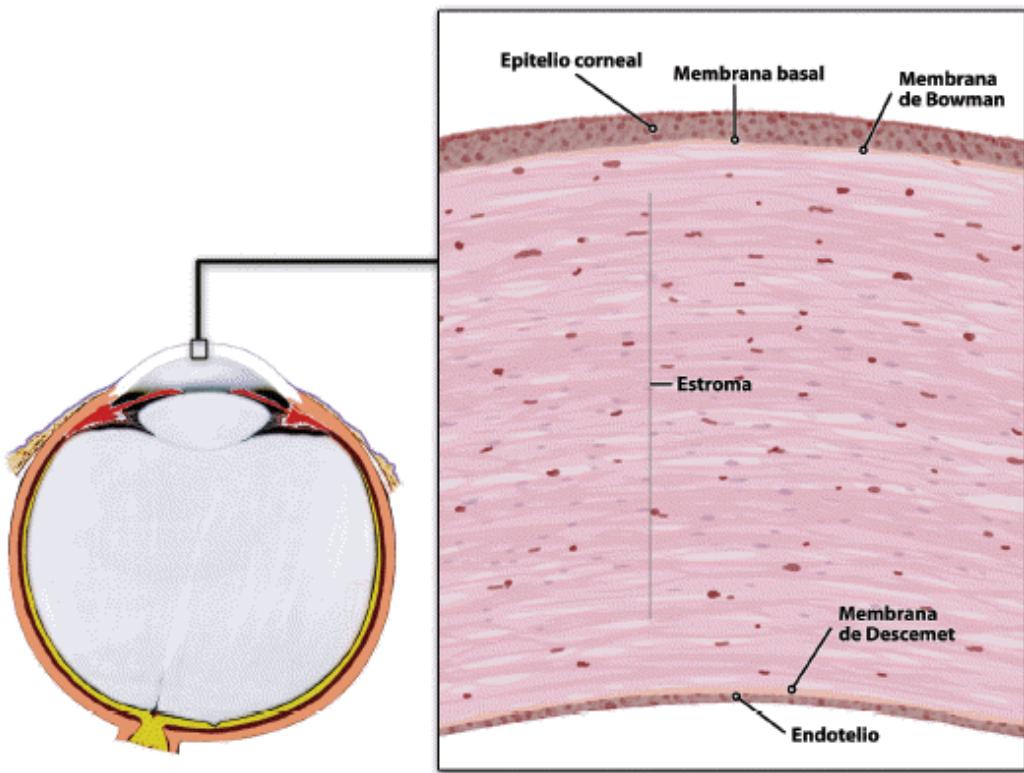
La cornea es el tejido más densamente inervado del cuerpo, con un plexo subepitelial y estromal más profundo, inervados por la primera división del nervio trigémino. Por esta razón, las abrasiones y patologías corneales van asociadas con elevado dolor, fotofobia y lagrimeo reflejo.

### **DIMENSIONES**

La cara anterior de la córnea es convexa y elíptica, oscilando el diámetro horizontal entre 11 y 12,5 mm y entre 10,5 y 11 mm el vertical. A diferencia de la cara anterior, la cara posterior corneal es cóncava y circular, y su diámetro oscila entre 11.4 y 11.8 mm. La diferencia entre convexidad y concavidad de sus caras hace que los radios de curvatura anterior y posterior sean diferentes. De este modo, el radio de curvatura de la cara anterior es mayor que el posterior, puesto que el anterior oscila entre 7,2 y 8,6 mm, y el posterior es de alrededor de 7 mm [1]

### **DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**

La córnea está cubierta por una película lagrimal cuyo espesor oscila entre 3 y 40  $\mu\text{m}$  [2] , y proporciona gran parte del poder refractivo necesario para enfocar la luz en la retina. Por debajo de la misma se localizan las capas que forman la córnea. Microscópicamente, la córnea está formada de fuera a dentro por el epitelio, la membrana de Bowman, el estroma, la membrana de Descemet y el endotelio (Fig.1).



**Figura 1.** Imagen histológica de córnea normal (200x): epitelio corneal estratificado y membrana de Bowman (A), estroma (B), membrana de Descemet (C) y endotelio (D).

Externamente se sitúa el **epitelio corneal**, que posee un grosor aproximado de 50-56  $\mu\text{m}$ . Este epitelio, formado por 5-6 capas celulares, es plano, poliestratificado y no queratinizado. El estrato superficial renueva constantemente sus células. Es uno de los tejidos que se regenera más rápidamente: una erosión puntual puede recuperarse en unas tres horas, una erosión más profunda en pocos días.

El epitelio corneal es una de las estructuras más inervada del organismo. Existen hasta 100 terminaciones nerviosas por cada  $0,01 \text{ mm}^2$  de superficie corneal [3].

La superficie de las células externas está aumentada por micropliegues y vellosidades que facilitan la adherencia de la mucina y la película lagrimal. Por debajo se encuentran dos capas de células escamosas, dos o tres estratos de células en forma de alas y una única capa de células columnares basales unidas a la membrana basal epitelial (fig.2 y fig. 3). [4] Representan la capa germinativa del epitelio ya que son las únicas células epiteliales que tienen capacidad de dividirse por mitosis. [4]

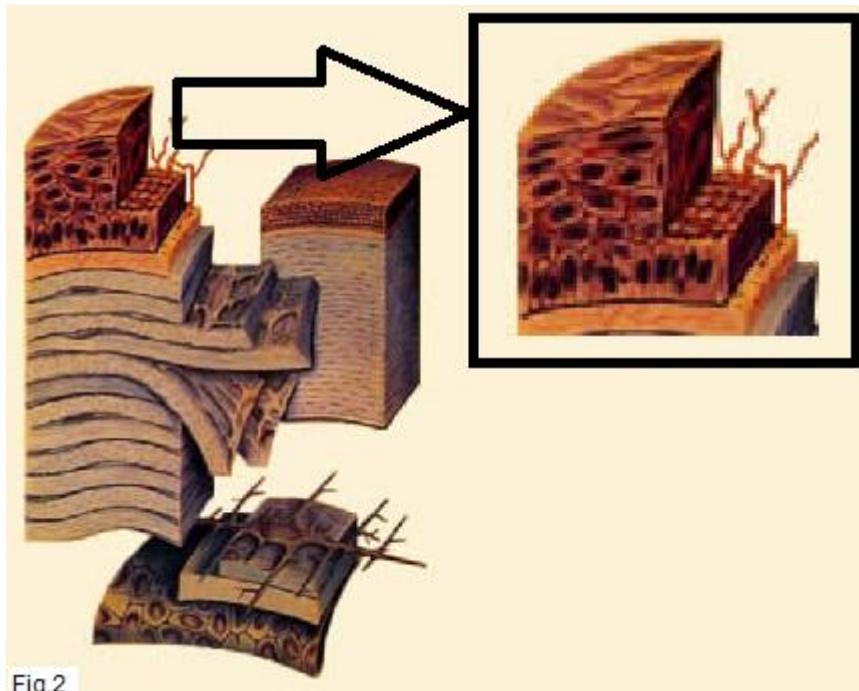


Fig.2

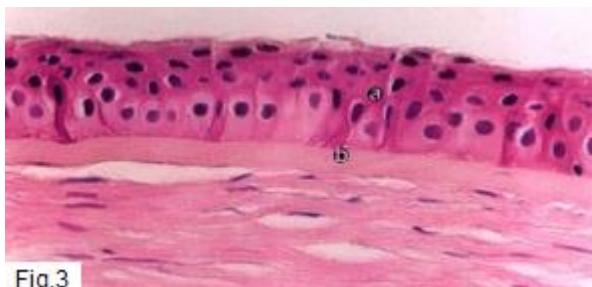


Fig.3

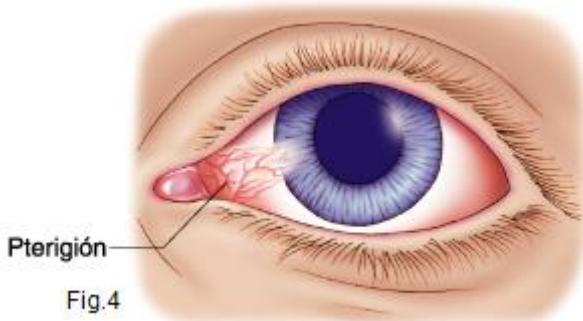


Fig.4

Las células madres epiteliales se encuentran a nivel del limbo superior e inferior y son indispensables para mantener sano el epitelio y evitar el crecimiento conjuntival sobre la córnea (como ocurre en pterigium) (fig.4). [4]

La célula que se va a diferenciar, continuará dividiéndose y sufriendo una migración centrípeta desde el epitelio basal del limbo y, posteriormente, hacia la superficie, para terminar descamándose en la lágrima. Es la denominada *teoría del movimiento XYZ de Thoft* (fig. 5). La velocidad de la migración centrípeta se ha calculado en 123 mm por semana, pudiendo variar ante situaciones de agresión al epitelio [5]

- X. Proliferación de células basales
- Y. Movimiento centripeto de las células
- Z. Pérdida celular de la superficie

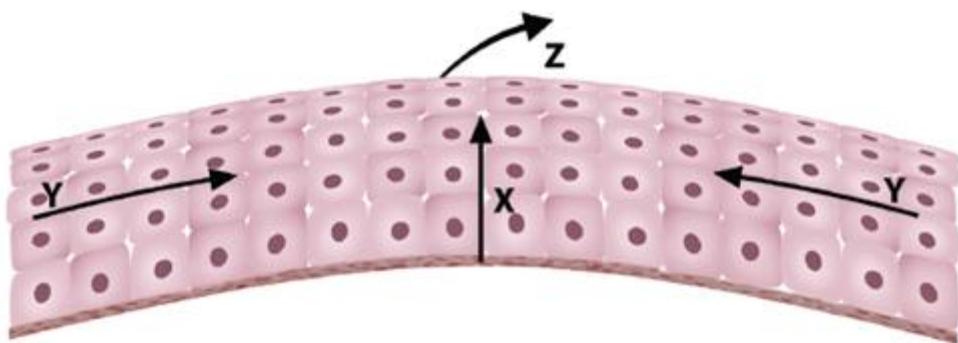


Fig.5 Representación gráfica de los tres ejes descritos en la hipótesis de Thoft.

Todo este delicado entramado celular y extracelular permite mantener una barrera al paso de fluidos desde la lágrima al estroma y protege la córnea de infecciones bacterianas. La importancia del epitelio como barrera queda demostrada por el edema estromal consecutivo a la abrasión epitelial, al absorberse fluido desde la lágrima. [6]

Aunque tiene mucho en común con el epitelio conjuntival, se puede decir que son los  $123 \text{ mm}^2$  más especializados de la superficie corporal, manteniendo la transparencia y las características refractivas sobre un tejido conectivo avascular. [6]

El epitelio corneal se continúa en profundidad con la **membrana de Bowman**. Esta membrana es una banda hialina acelular formada por fibrillas de colágeno. Su grosor medio oscila entre 8 y 14  $\mu\text{m}$  [7], siendo más delgada en su periferia. Posee escasa capacidad regenerativa; ello explica el carácter recidivante de algunas erosiones corneales cuando ésta se ve afectada. Un indicador de esta regeneración incompleta es la incapacidad del epitelio para ser humedecido adecuadamente por la película lagrimal, y por tanto, la aparición de puntos secos y ruptura precoz de la misma.

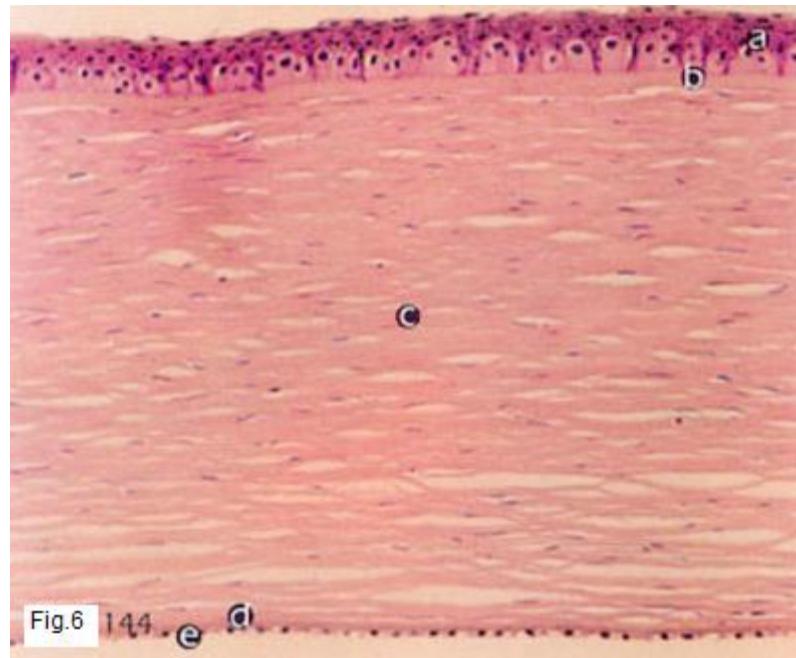
A partir de esta capa cualquier proceso patológico cursará con opacificación corneal e irregularidades causantes de astigmatismo irregular, y si se afecta el área pupilar se producirá disminución de la visión. [7]

Las corneas que carecen de membrana de Bowman presentan un comportamiento mucho más plástico a la deformación, lo que dificulta la medición tonométrica.

El **estroma corneal** representa el 90% del espesor corneal (500  $\mu\text{m}$ ). Está compuesto por laminillas de colágeno, sustancia fundamental y queratocitos [7]. Las fibras colágenas forman mallas dispuestas de manera paralela a la superficie corneal y se cruzan entre sí en ángulo recto y de forma regular. Cada lámina recorre todo el largo de la córnea y está formada por una multitud de fibras colágenas. [4]

El mantenimiento de la disposición y el espacio regular del colágeno es básico para la claridad óptica. La célula estromal es el queratocito, de forma alargada y con ramificaciones.

Las láminas del estroma anterior son cortas y se intercalan entre las diferentes capas, mientras que las del estroma posterior son largas y gruesas con mínimas interconexiones entre ellas [4]. (fig.6)



Esta ordenación de las fibras de manera estable hace que el índice de refracción sea uniforme a lo largo de la córnea, con la menor dispersión y la mayor transparencia posible.

La transparencia también depende del grado de hidratación corneal, que normalmente es de un 78%. [4] Esta hidratación es controlada por un epitelio intacto además de la contribución del endotelio.

Por debajo del estroma se encuentra la **membrana de Descemet**, acelular. Su grosor normal son unas 10micras y aumenta con la edad. Es la más resistente de las capas corneales [8] y tiene potencial regenerador.

Contrariamente a la membrana de Bowman, es fácilmente separable del estroma. [7]

Se continúa por debajo con el **endotelio corneal**, monocapa de células de aspecto hexagonal y aplanadas cuya sustitución se realiza por extensión de las células vecinas y no por división, con lo que su número decrece con la edad (al nacer su número es de 400.000 a 500.000 [7]), inflamaciones, cirugía y traumatismos.

La densidad en el adulto es de unas 2500 células/mm<sup>2</sup> descendiendo en una proporción de 0,6% al año. [4] Como consecuencia, el tamaño de las adyacentes aumenta para llenar el espacio; las células no pueden regenerarse.

Es responsable junto al epitelio de la transparencia corneal, gracias a la bomba Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> ATPasa y la barrera que crea para mantener hidratación. Con una densidad de 500 células/mm<sup>2</sup> aparece edema corneal y se pierde transparencia. [4]

Son células muy sensibles y se intoxican fácilmente tanto por ácidos como por álcalis. Su función principal es el transporte de sustancias osmóticamente activas y el mantenimiento de la transparencia y el equilibrio del porcentaje en agua, junto con el epitelio. [8] Bombea el exceso de líquido hacia el exterior del estroma. [4]

La patología general de la córnea está dominada por dos factores básicos:

- 1.- La avascularidad que explica la lentitud, cronicidad y dificultad de tratamiento. [7]
- 2.- La transparencia que se altera con facilidad, repercutiendo en la función visual. [7]

## **ESPESOR CORNEAL**

Más que una curiosidad anatómica simple, las variaciones en el grosor corneal reflejan diferencias en la función de muchos procesos fisiológicos y también se asocian a varias patologías y enfermedades.

Además de ello, existen diversos factores a tener en cuenta:

## **VALORES NORMALES SEGÚN LA RAZA**

No existe un único valor, sino un rango. Está ligado a diversos factores variables, como la raza: [9]

- Blanca 540/560micras
- Negra/americana 27micras menos de media
- Asiática: entre medio de ambas razas

La influencia de la raza en el ECC ha sido puesta de manifiesto por diversos estudios. Dichos estudios no son relacionables entre sí porque son fuertemente dependientes de la cantidad de sujetos, el rango de edad elegido o el paquímetro utilizado en la medida incluso. (Tabla 1) [10]

Quizá el estudio más relevante sea el de Aghain et Al. [11]

Por otro lado, y no incluido en la tabla existe otro estudio realizado por Doughty y Zaman (2000) [12] concluyeron que el valor medio del espesor corneal humano era de 535 micras en un total de 300 mediciones. Consideraron valores inferiores en japoneses, esquimales groenlandeses, asiáticos, afroamericanos y americanos.

Debido a la alta interraccionalidad actual en cualquier zona del mundo, debe ser de interés tener en cuenta estos datos en el diagnóstico y seguimiento de todas las patologías sobre las que el espesor corneal tiene influencia.

		Caucasians	Ultrasonic pachymetry	51	65.2 ± 10.30	N/A	Nonglaucomatous	553.90 ± 33.20	15.60 ± 3.30
Nemesure et al.	African Americans	Ultrasonic pachymetry	26	63.1 ± 11.80	N/A				
Nemesure et al.	Black (West Indians) + White	Ultrasonic pachymetry	383	50-59	M			533.80 ± 33.90	15.90 ± 3.00
Hahn et al.	Black (West Indians) + White	Ultrasonic pachymetry	278	60-69	F			536.10 ± 38.70	N/A
Hahn et al.	Black (West Indians) + White	Ultrasonic pachymetry	299	70+				534.00 ± 38.00	N/A
Casson et al.	Burmese	Ultrasonic pachymetry	504	50-59				525.10 ± 36.20	N/A
Casson et al.	Burmese	Ultrasonic pachymetry	422	60-69				531.20 ± 35.90	
Casson et al.	Burmese	Ultrasonic pachymetry	390	70+				524.30 ± 39.00	
Hahn et al.	Latinos	Ultrasonic pachymetry	1578		M + F	Normal		524.50 ± 39.10	
Hahn et al.	Latinos	Ultrasonic pachymetry	634		M			546.5 (478.7-613.4) range	
Wong et al.	Hong Kong	Ultrasonic pachymetry	944		F			549.3 (481.6-617.1) range	
Wong et al.	Hong Kong	Ultrasonic pachymetry	1909	56.2 ± 11.5	M + F			10.0 and more than 21	
Wong et al.	Hong Kong	Ultrasonic pachymetry	756	N/A	M				
Wong et al.	Hong Kong	Ultrasonic pachymetry	1153	N/A	F				
Wong et al.	Hong Kong	Ultrasonic pachymetry	17	65.5 ± 11.8 years.	M	N/A			
Aghajanian et al.	Chinese	Ultrasonic pachymetry	27		M + F			554.0 ± 32.5	N/A
Aghajanian et al.	African-American	Ultrasonic pachymetry	26		M + F	Normal		540.0 ± 34.6	
Aghajanian et al.	African-American	Ultrasonic pachymetry	36		M + F	Normal		524.8 ± 38.4	N/A
Shimmyo et al.	Asian	Ultrasonography	41		M + F	Normal		562.8 ± 31.1	
Shimmyo et al.	Asian	Ultrasonography	33		M + F	Normal		569.5 ± 31.8	
Shimmyo et al.	Asian	Ultrasonography	27		M + F	Normal		559.0 ± 24.9	
Shimmyo et al.	Asian	Ultrasonography	38		M + F	Normal		563.6 ± 29.1	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	118		M + F	Normal		538.5 ± 29.6	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	172		M + F	Normal non-glaucoma		535.46 ± 33.39	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	1482		M + F			549.79 ± 32.30	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	204	34.84 ± 7.29	M + F			14.90 ± 2.6	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	276	38.08 ± 9.85	M + F			14.74 ± 2.4	
Altinok et al.	Turkish	Ultrasonography	349	34.21 ± 9.38	M + F			14.88 ± 2.5	
Durkin et al.	Australian Aboriginal	Ultrasonography	80	41.0 ± 16.9	M			15.23 ± 2.3	
Durkin et al.	Australian Aboriginal	Ultrasonography	109	44.8 ± 14.5	M			13.6 ± 2.9	
Durkin et al.	Australian Aboriginal	Ultrasonography	51	(M + F)	M			N/A	
Durkin et al.	Australian Aboriginal	Ultrasonography	64	47.2 ± 14.8	F			N/A	
Landers et al. <sup>15</sup>	Australian	Ultrasonography	26	51 ± 14	M	N/A		N/A	
Landers et al. <sup>15</sup>	Australian	Ultrasonography	65	(M + F)	F	N/A		N/A	
Brandt et al. <sup>5</sup>	Aboriginal Caucasians	Ultrasonography	38	56 ± 15	M	N/A		N/A	
Brandt et al. <sup>5</sup>	Aboriginal Caucasians	Ultrasonography	46	(M + F)	F	N/A		N/A	
Brandt et al. <sup>5</sup>	African-American	Ultrasonography	318	40 to >70	M + F	OHT		555.7 ± 40.0	
Brandt et al. <sup>5</sup>	African-American	Ultrasonography	912	White	M + F	OHT		579.0 ± 37.0	≥24mmHg ≤32mmHg

## OTROS FACTORES

También se ha demostrado que el grosor corneal medio puede variar en presencia de alguna patología o tras un traumatismo. Además de ello, ante diversas circunstancias fisiológicas también se puede llegar a producir una variación del espesor de manera significativa.

En situaciones de hidratación corneal siempre está asociada a aumentos de espesor corneal por la captación de agua de la córnea. Cambios de temperatura y humedad pueden afectarla.

Además, el espesor corneal puede sufrir **variaciones a lo largo del día**.

Según algunos estudios [13] la córnea presentaba su espesor máximo y curvatura mínima al abrir el ojo. Los espesores mínimos se observaron a las 10 y 8 horas después de abrir los ojos para las zonas central y paracentral respectivamente. **[ANEXO 1]**

La correlación entre el **espesor corneal y la refracción** ha sido analizada por diferentes autores. Se ha detectado que en pacientes miopes sí que existía una correlación significativa entre el espesor corneal y el equivalente esférico, de modo que las córneas eran más delgadas cuanto mayor grado de miopía.

Diferentes estudios no han detectado diferencias en el **espesor corneal entre hombres y mujeres** [14] pero sí en el caso del ciclo menstrual. El espesor de la córnea central de las mujeres disminuye al comienzo del ciclo menstrual y gradualmente va aumentando conforme progresó dicho ciclo. [15] Estos hallazgos sugieren que el estrógeno puede tener un papel importante en la fisiología corneal.

Informaron que las córneas de las mujeres adquieren el espesor mínimo justo antes de la ovulación y el espesor máximo al principio o al final del ciclo menstrual.

Durante el embarazo se puede producir un aumento del espesor corneal debido a retención hídrica; asimismo parece haber una disminución de la sensibilidad corneal después de la 31<sup>a</sup> semana de gestación, que vuelve a la normalidad de seis a ocho semanas postparto.

Por otro lado, todavía no queda claro el efecto sobre el **espesor corneal de la edad**, ya que existen diferentes estudios realizados en gran cantidad de pacientes que son contradictorios:

-Algunos no hallaron correlación alguna en el espesor corneal central [16]

-Otros estudios referidos a diferentes razas sí que encontraron diferencias en sus estudios paquimétricos.

[17] Encontraron descensos de los valores centrales con cada década de vida.

[18] Por otro lado, encontraron córneas más delgadas en personas menores de 25 años, con un ligero engrosamiento a partir de los 45.

Parece ser que en dichos estudios realizados a razas asiáticas si demuestran variaciones, pero en cambio en raza caucásica, concretamente realizado en España no encontraron diferencias (357 ojos). [19]

**En el caso de niños** aparecen cambios significativos con el crecimiento en la longitud axial, el diámetro de la córnea y el estado de refracción. Se ha demostrado también mayor CCT con la edad en los niños sanos desde el nacimiento hasta los 11 años de edad, para estabilizarse después de los 11 años. [20]

El estudio a 2079 niños hasta los 17 años fue realizado en diferentes razas, quedando demostrada una correlación con los estudios realizados en adultos de diferentes razas. [11][12]

En el mismo estudio se encontraron relaciones, aunque no clínicamente relevantes que sugieren que las niñas tenían en promedio 5micras menos de grosor que los varones. [20]

**La genética** también tiene un papel importante en el grosor corneal. Hay datos que sugieren que CCT tiene un fuerte componente genético. Los estudios realizados indican que CCT es uno de los rasgos humanos más altamente heredables.

Se han realizado estudios entre padres e hijos para ver la relación existente en el grosor corneal y los genes hereditarios dando resultados positivos. [21]

Así mismo, también han sido objeto de estudio los gemelos. Con un total de 256 pares de gemelos, se encontraron mayores correlaciones en el caso de gemelos monocigóticos que dicigóticos, con coeficientes de correlación entre cada tipo de 0,95 y 0,52, respectivamente, lo que sugiere una influencia genética fuerte. [22]

También se ha demostrado en ciertos estudios que **la altitud** también afecta al espesor corneal. La falta de oxígeno que sufren los montañeros a determinadas alturas provoca un edema corneal con un consiguiente aumento del espesor corneal. [23]

Parece ser que el edema no causa alteración de la AV en altitudes de hasta 6300 metros. Es probable que alturas muy superiores, alrededor de 8000m

podrían crear problemas endoteliales así como edema endotelial conduciendo a una peligrosa pérdida visual. [23]

## **POBLACIÓN ESPAÑOLA**

Gracias a un estudio realizado en España a pacientes de distintas décadas podemos conocer el valor normal en la población española. Con un total de 357 ojos derechos examinados (excluidos defectos de refracción altos) se obtuvo un valor medio de **548,21 +/-30,7 micras**.

Comparándolo con otros estudios que lo hicieron sobre la raza caucásica vemos que los valores paquimétricos en la población española son algo menor que los que obtuvieron en sus estudios para raza caucásica otros autores (mostrados en tabla 1):

[11] **562.8+/-31.1**

[5 tabla] **555.90+/-33.2**

[10 tabla] **552.59+/-34.48**

## **PAQUIMETRÍA**

Se denomina paquimetría a la técnica de medida del espesor corneal, desde epitelio hasta endotelio en cualquiera de las localizaciones corneales. Es una técnica realizada “in vivo”.

Las primeras mediciones del grosor corneal fueron realizadas por Blix (1880) [24], quien creó un aparato óptico formado por dos microscopios de pequeños aumentos. A partir de ahí, han ido apareciendo nuevas técnicas y perfeccionándose hasta la actualidad, donde existen diversos instrumentos capaces de medir el valor paquimétrico.

La importancia de la paquimetría también ha ido creciendo con el tiempo. Es necesaria en la monitorización y el diagnóstico de distintas patologías corneales, indispensable dentro de la cirugía refractiva, en casos de edemas corneales y fundamental dentro del glaucoma y la hipertensión ocular.

Dentro de las numerosas técnicas de medida de la paquimetría destaca:

### **Paquimetría por Ultrasonido:**

Técnica GOLD ESTÁNDAR. Rápida y no invasiva, sin embargo existe contacto con la córnea, por lo que se realiza bajo anestesia tópica. Para la adquisición de la medida se utiliza una sonda ecográfica de 20MHZ que se coloca sobre la superficie [25]. Es importante la colocación perpendicular sobre córnea (debido al distinto grosor) y ejercer siempre la misma presión por parte del examinador para garantizar unos resultados repetitivos. [25]

La sonda emite ecos cuya reflexión se recibe y digitaliza, generando la medida paquimétrica. Como desventaja cabe decir la poca precisión en situaciones de hidratación corneal (edema corneal), con tendencia a infraestimar. [3]

### **Paquimetría Óptica:**

Además de darnos la curvatura y potencia corneal, el topógrafo proporciona mapas de elevación corneal de cara anterior y posterior con respecto a una esfera de referencia. La diferencia entre ambos es la paquimetría.

Topógrafo OBRSCAN y PENTACAM dan valores de 30micras mayores que PAQ US. A pesar de llevar corrector de este error, esto generaliza el valor de la paquimetría, que debe ser individual y no sujeto a correcciones [26]. Poca precisión en pacientes LASIK o corneas con opacidades o Haze porque en casos de pérdida de transparencia falsea datos ya que está basado en el análisis óptico de la córnea [27][28]. Muy útil en la detección de queratoconos y ectasias corneales (importante en LASIK).

### **Tomografía de coherencia óptica, OCT:**

Es el único que permite analizar el espesor capa por capa, independientemente de si existe o no opacidades corneales o edema; por lo que puede utilizarse útilmente en cirugía refractiva [26].

La medición se basa en emitir una onda de luz, a diferencia de US que es de sonido. Permite mayor resolución aunque estudios comparativos demuestran gran correlación entre ambos (un poco más finos en OCT). [28]

### **Microscopio confocal:**

Realiza un barrido y reconstruye la imagen en base a puntos correctamente focalizados. Produce una imagen bidimensional del espesor. Requiere bastante tiempo de exploración pero su alta resolución permite ver células epiteliales, estromales, nervios y endotelio. Por ello podemos cuantificar opacidad corneal como posibles alteraciones a nivel celular corneal. [26]

### **Microscopio especular:**

A través del reflejo espejular de las superficies corneales anterior y posterior del rayo de luz permite evaluar el grosor corneal. Da valores inferiores a US [26], pero es útil en casos donde además se requiere información del endotelio.

## **CIRUGÍA REFRACTIVA**

La córnea es la primera superficie (sin tener en cuenta la película lagrimal) en la que inciden los rayos de luz, por lo tanto es el lugar donde se produce el mayor cambio de índice de refracción.

Esto implica que esta zona del ojo será la que mayor poder de refracción aporte al sistema óptico ocular (2/3 del total); por lo tanto, pequeños cambios en su curvatura pueden llegar a tener grandes consecuencias refractivas. Consecuentemente, la mayor parte de las técnicas de cirugía refractiva corneal tienen por objetivo alterar de una u otra manera, la forma de la córnea.

La expresión cirugía refractiva se emplea para describir aquellos procedimientos quirúrgicos destinados a mejorar las cualidades ÓPTICAS del globo ocular.

Se estima que alrededor de un tercio de la población mundial tiene algún tipo de defecto refractivo [30]. Según diversos estudios el 35% de los estadounidenses mayores de 40 años tienen una ametropía lo bastante elevada como para ser corregida; en países asiáticos el 41% de la población adulta tiene al menos, una dioptría de miopía; en España, alrededor de 60.000 y 75.000 personas tienen miopía mayor a 6 Dioptrías [30].

Actualmente, el auge de la cirugía refractiva conlleva el auge de la paquimetría, que debe ser una prueba obligatoria. Están apareciendo nuevas técnicas más perfeccionadas ya que cobra más importancia la exactitud de su valor y más en el caso de la cirugía refractiva.

Es una de las pruebas más relevantes e imprescindibles en los protocolos de cirugía refractiva en todas sus fases: pre, pero y posoperatorio.

También es imprescindible para establecer idoneidad del paciente o no, el rango de defecto refractivo corregible y el mejor procedimiento quirúrgico de elección. [31]

**¿Cómo se determina cual es el procedimiento adecuado para cada paciente?**

La evaluación oftalmológica, el tipo de graduación y las características de la córnea como curvatura y grosor, son los factores determinantes para elegir el procedimiento más recomendable.

Las técnicas utilizadas por los médicos especialistas en una cirugía láser para corrección visual son **PRK, LASEK y LASIK** y dependiendo de la zona de actuación se dividen en *técnicas de ablación de superficie* y *técnica de ablación lamelar*.

## TÉCNICAS DE ABLACIÓN DE SUPERFICIE AVANZADA (ASA)

### **PRK:**

La Queratectomía Fotorefractiva fue la primera cirugía refractiva en utilizar el Laser Excimer. Consiste en desepitelizar la córnea para después aplicar Láser sobre Bowman y estroma. [32]

El epitelio corneal se remueve, bien sea mediante el empleo de alcohol o de una manera mecánica con el uso de una espátula u hojilla, o bien sea con el empleo del láser [30]. El riesgo de haze es mayor cuanto mayor es la ablación realizada.

Como es de esperar, la evaluación del epitelio es fundamental en esta técnica. Mediante la *microscopía confocal* se puede estudiar cada una de las subcapas, su tamaño y densidad celular y su grosor.

### **LASEK:**

Surge con el fin de evitar los principales inconvenientes de PRK. En la queratectomía subepitelial al levantar el epitelio se deja unido formando un colgajo mientras se aplica el láser y posteriormente se recoloca.

De este modo se consigue menos dolor postoperatorio, una recuperación más rápida de la visión y menor riesgo de haze. [33]

LASEK funciona bien en correcciones bajas y pacientes no aptos para LASIK, como paquimetrías reducidas ya que debilita la córnea en menor medida [34]. También es recomendable en ojos hundidos, con poca apertura palpebral y en aquellos que hayan tenido alteraciones intraoperatorias LASIK (ej. Agujero ojal) o regresiones miópicas.

La recuperación de la visión en los procedimientos quirúrgicos ASA es lenta. Es necesario el uso de una lente de contacto terapéutico para proteger la córnea y favorecer su recuperación durante algunos días. La gran desventaja de los procedimientos superficiales es que no se pueden realizar correcciones de elevadas ametropías debido al riesgo de provocar alteraciones en la transparencia corneal.

Las indicaciones para la utilización de técnicas tipo ASA son habitualmente:

-Paquimetría relativamente delgada (< 500 µm)

- Córneas muy planas ( $\leq 39$  D)
- Candidatos que realicen deportes de contacto o profesiones que requieran contacto físico.
- Pacientes que han tenido problemas durante LASIK [35]
- Pacientes aptos para LASIK pero con riesgo de desarrollar queratocono subclínico.

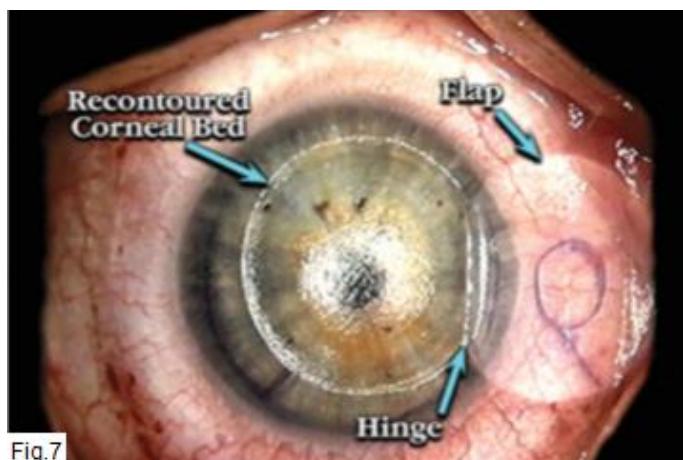
## TÉCNICAS DE ABLACIÓN EN ESTROMA

### LASIK:

La Queratomielusis in situ (LASIK) surge como alternativa a PRK con el fin de disminuir el tiempo de recuperación visual, el dolor y poder tratar defectos refractivos de mayor potencia sin riesgo de haze. Actualmente es el “gold estándar” de las técnicas refractivas; es la técnica más utilizada y su éxito radica en la eficacia, estabilidad, seguridad y una aceptable calidad de visión incluso en defectos de refracción medio-altos.

Consiste en levantar un colgajo/flap epitelio-estromal para aplicar láser sobre estroma y posteriormente recolocar el colgajo. (fig.7) El colgajo contiene las terminaciones nerviosas del epitelio por lo que apenas se produce dolor postoperatorio.

Por otra parte, la conservación post-quirúrgica del epitelio corneal y de la membrana de Bowman provoca que la incidencia de opacidad corneal postoperatoria también es mucho menor que en otros tipos de cirugía refractiva.



Después de la operación los bordes de la herida están bien delimitados y son regulares en la mayoría de los casos. Al poco tiempo aparecerá una fina pseudomembrana de 100 a 200 micras que con el paso del tiempo será sustituida por un epitelio corneal hiperplástico (alrededor de la 2º semana).

## LASER EXCIMER

Utiliza el principio de fotoablación para modificar la estructura de la córnea sin provocar lesión térmica al tejido circundante. Cuando el haz es emitido hacia la córnea, las capas en las que incide se encargan de absorberlo, lo que da como resultado la ablación de su superficie.

Su gran ventaja es que posee efectos perfectamente reproducibles y manejables, así como la ausencia de contacto mecánico con los tejidos.

Existen dos tipos de Láser Excimer:

- **Láser Femtosegundo.** Proporciona más seguridad en el tallado. La paquimetría es opcional. Utiliza pulsos de láser para crear una disección lamelar en el estroma. Cada pulso provoca fotodisrupción en el colágeno, que al traducirse en miles de pulsos adyacentes a lo largo de la córnea (en patrones controlados por ordenador) permite la creación del flap. Es capaz de liberar 15.000 pulsos de láser por segundo, generando cada impacto una microburbuja de dióxido de carbono y vapor de agua (fig.8).

Cuando confluyen miles de estas microburbujas se crea una malla o entramado en el interior del estroma, lo que elimina la necesidad de cortar mecánicamente la córnea. La porción de tejido se separa por el efecto y presión de estas burbujas sin necesidad de contacto. [30]



Fig.8 Imagen del impacto de un haz de láser excimer sobre la córnea

- **Microqueratomo.** Precisa paquimetría obligatoria debido a su menor exactitud. Consta de una hojilla oscilante dentro de un cabezal el cual se encuentra acoplado a un anillo de succión para permitir la fijación del globo ocular durante la creación del flap. El anillo de succión además de sujetar, tiene la misión de incrementar la presión intraocular para que la córnea se mantenga estable durante el paso del cabezal.[30]

Los microqueratomos tienden a crear colgajos más finos en el centro y gruesos en periferia, mientras que femtosegundo crea un colgajo más plano y uniforme, aunque a veces son más gruesos o delgados de lo que debiera, creando complicaciones.[38]

La técnica LASIK conlleva la posibilidad de importantes complicaciones relacionadas con el colgajo corneal y está más asociada a las ectasias secundarias que las técnicas de superficie.

Algunas contraindicaciones son: la refracción inestable, una paquimetría delgada, anomalías topográficas, respuesta cicatricial desmesurada, ojo seco, tamaño pupilar grande, córneas  $<41D$  o  $>45D$ , algunas enfermedades sistémicas, embarazos, historia de Herpes simple que no hayan demostrado ausencia de síntomas durante el último año [36], úlceras corneales [37] recurrentes o ciertos medicamentos como esteroides.

## PROCESO

Dentro de todo el proceso, la paquimetría toma un papel capital pre, pero y posoperatorio. Es necesario un seguimiento paquimétrico que debe ser extremadamente preciso.

La técnica más utilizada es la paquimetría por ultrasonidos, en especial [31]:

-*Mapa 1 / Mapa 2* Establece valores paquimétricos en 25 localizaciones topográficas corneales predeterminadas. Secuencia de exploración aleatoria, mapa paquimétrico general.

**Válido para operación preoperatoria de un paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva.**

-*Pantalla LASIK*: utilizado como papel capital en todas las fases de la cirugía (peroperatoria)

Preoperatorio, postflap, post ablación, postoperatorio

Es muy importante el estudio preoperatorio sobre la córnea, por ello es conveniente la comparación de parámetros obtenidos con otras tecnologías, como por ejemplo correlacionar paquimetría US con OCT o microscopio confocal. De este modo obtenemos el verdadero grosor corneal de manera más exacta y no modificada por la presión aplicada en paquimetría US.

En la cirugía de la miopía mediante LASIK, la paquimetría corneal se divide en tres zonas: el espesor de la lamela, la fotoablación programada y el lecho estromal residual postláser.

- **Preoperatorio** (Paquimetría) → CREO FLAP/COLGAJO y mido el resto de grosor corneal

Flap conseguido = Preoperatorio (mínima medida) – Post FLAP (mínima medida)

- **Ablación potencial** = Post FLAP (mínima medida) – Objetivo del LECHO DE SEGURIDAD\*
- **Ablado** = Post FLAP (mínima medida) – Post ABLACION (mínima medida)

\*Mínimo espesor corneal que debe tener la córnea para que no de problemas (Ectasias)

Termina cirugía, pongo flap/ bisagra corneal y mido paquimetría

MEJORA POTENCIAL= (Post operatorio mínima medida)- Flap conseguido – Objetivo del lecho residual

La mejora del potencial es para un futuro retoque si es necesario.

\*Hipermetropías cobran gran importancia en la periferia → paquimetría periférica.

## LÍMITES

**Establecer los límites a la hora de realizar LASIK** miópico es uno de los principales problemas de la cirugía refractiva. En un paciente óptimo para dicha cirugía, existen varios factores que influyen: la paquimetría corneal (obviamente), la morfología de las caras anterior y posterior, el diámetro pupilar y la queratometría. [39]

El espesor del lecho estromal residual es muy importante para prevenir ectasia corneal en ojos sin queratocono, ya que se debe garantizar un equilibrio estructural corneal. [40]

En la literatura se encuentran espesores absolutos **de 250-300 micras** [41] [42]. También se han propuesto límites sobre la paquimetría corneal final post-LASIK de unas **400** micras. Por tanto, la cantidad de tejido extirpado y el tratamiento total están limitados por el grosor de la córnea original.

Por otro lado, hay quien cree que quizás sea mejor hablar en porcentajes, sugiriendo un 50% como límite de seguridad. [39][43] De esta manera, para una cornea de 500micras serían 250, pero para una de 600 serían 300 las que deberíamos dejar. Si se sigue este porcentaje, lógicamente el 50% restante debe dividirse entre colgajo y fotoablación. Aplicando un 30% al colgajo y un 20% a la fotoablación los resultados serían [39]:

Paquimetría inicial: 500 micras.	Paquimetría inicial: 600 micras
Lecho residual postláser: 250 micras.	Lecho residual postláser: 300 micras
Paquimetría final: 400 micras	Paquimetría final: 480 micras
Fotoablación máxima: 100 micras.	Fotoablación máxima: 120 micras
Espesor de la lamela: 150 micras	Espesor de la lamela: 180 micras

*SI ATENDEMOS A PORCENTAJES, EL LECHO RESIDUAL VARIARÁ DE UN PACIENTE A OTRO, MIENTRAS QUE SI NOS CENTRAMOS EN VALORES DIRECTOS EN MICRAS NO).*

Este concepto de porcentajes plantea dudas como qué método seguir para obtener una relación de espesores que sea de manera sistemática. La segunda, que un colgajo de 30% es más que suficiente, incluso innecesario, pudiendo reducirlo al 25% y aumentando el lecho de seguridad hasta el 55% y el rango de corrección. Como última duda se debe decir que estas relaciones no serán aplicables a todas cónneas. A pesar de las discrepancias, se debe prefijar un valor máximo para cada caso y no sobrepasarlo.

Actualmente se tiende a la creación de colgajos muy finos (80-90 micras), técnica llamada **Sub-Bowman**. Útil en miopías elevadas, es menos invasiva en los nervios estromales pero se debe tener en cuenta las complicaciones con el manejo del colgajo (pliegues (fig.9), estrías, astigmatismo irregular, posible desgarro) [44].

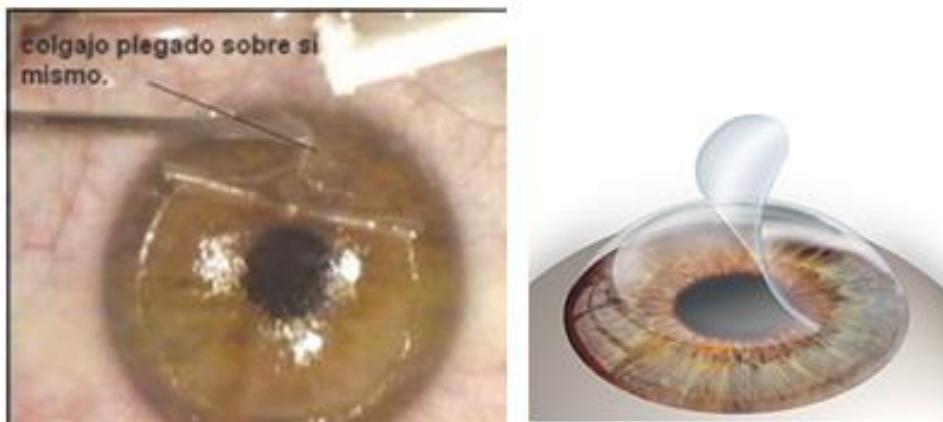


Fig.9 Comparación de colgajo plegado y colgajo normal

Parece ser además, que los queratocitos situados más próximos a superficie tiene un importante papel en la cicatrización corneal y el control de la inflamación. Esto supone que cortes muy finos, inferiores a 100 micras, se asocian a mayor activación estromal [45].

La creación de una solapa personalizada para minimizar los puntos débiles que sean susceptibles a romperse es lo ideal, equilibrando la integridad corneal y el colgajo.

Por otro lado, y dentro del proceso operatorio, es común la utilización de gotas anestésicas para aliviar el dolor. Suelen ser del mismo componente que las utilizadas en técnicas de biometría y paquimetría de contacto. Se ha demostrado que provocan una variación en el valor del grosor corneal de manera temporal. Se recoge en **[ANEXO 3]**.

## POSTOPERATORIO.

En el **post-operatorio** es lógico la utilización de la misma técnica seguida durante la cirugía: la pantalla LASIK del paquímetro por ultrasonidos.

-POSOPERATORIO: ECTASIAS CORNEALES, ALTERACIONES, LEUCOMAS PAQ OCT SEGMENTO ANTERIOR. (Grosor corneal post-LASIK con PAQ US mapa LASIK)[31]

Tras la cirugía aparecen alteraciones en algunas capas de la córnea.

La utilización de técnicas de superficie como PRK altera el grosor del epitelio para corregir los defectos de refracción. También se ha demostrado alteraciones en el grosor epitelial tras LASIK. Dichas alteraciones no ocurren de manera similar, ya que PRK actúa directamente sobre epitelio y LASIK no.

En el **[ANEXO 2]** se recoge la evolución posoperatoria comparando ambas técnicas.

## GLAUCOMA Y GROSOR CORNEAL

La presión intraocular (PIO) sigue siendo el factor de riesgo más importante en el glaucoma, además de ser el único capaz de tratar terapéuticamente para frenar su progresión.

En la actualidad está claro que el espesor central corneal tiene una correlación con la medida de la PIO mediante tonómetro Goldman. El propio Goldmann (1955) reconoció que los fundamentos físicos utilizados en el diseño de su tonómetro (TAG), estaban basados en un espesor corneal central (ECC) de 520 micras y que las medidas son erróneas en corneas gruesas (PIO elevada) y delgadas (PIO bajada) [1]. En la literatura existen diversos estudios recogidos en esta tabla [46] [47] [48] [49]:

Autores	Doughty y Zaman	Ehlers y cols.	Estudio de Rotterdam	Whitacre y cols.
ECC medio ( $\mu\text{m}$ )	544 $\mu\text{m}$	552 $\mu\text{m}$	537-544 $\mu\text{m}$	520 $\mu\text{m}$
Factor de corrección	2.5 mmHg por cada 50 micras	5 mmHg por cada 70 micras	0.19 mmHg por cada 10 micras	2 mmHg por cada 100 micras

La medida de PIO con TAG se realiza aplanando la córnea hasta llegar a igualar la presión interna con la externa que se aplica. El ECC está influyendo

ya que varía de unas personas a otras los distintos grados de resistencia corneal.

Incluso se piensa que el propio ECC es un factor de riesgo por sí solo para el desarrollo del glaucoma si tiene valores bajos. Una cornea de 600micras con una ligera PIO tiene bajo riesgo de desarrollar glaucoma. Si supusiéramos una PIO mayor para esa misma cornea, el riesgo sería relativamente bajo. Por el contrario, si mantenemos una PIO ligera, el riesgo aumenta conforme disminuye el ECC. También aumenta el daño en el campo visual conforme desciende ECC. [50][51]

La variabilidad interindividual del ECC puede suponer una fuente de error para la tonometría Goldmann de aplanación.

Según varios estudios, la mayoría de los ojos sospechosos de glaucoma presentaron córneas inferiores a 555Um. La corrección de la PIO acorde al espesor corneal cambiaría la conducta terapéutica de estos pacientes.[52]

Dentro del ámbito de la cirugía refractiva también toma importancia la medida de PIO. La alteración del espesor corneal en estos procesos provoca un aumento de PIO, que puede tener efectos en pacientes propensos a desarrollar glaucoma [53]. La variación fue en torno a  $2,69 \pm 1,69$  mm Hg en pacientes miopes. [54]

Tal afirmación cobra mayor importancia debido a que la mayoría de pacientes operados de cirugía refractiva son miopes, los cuales son más propensos a desarrollar glaucoma.

El efecto que provocan las gotas anestésicas en la medida de PIO por aplanación (TAG) también debe tenerse en cuenta, como muestra el **[ANEXO 3]**

## **ESTUDIO: COMPARACIÓN DE GROSOR CORNEAL EN POBLACIÓN ESPAÑOLA ENTRE ESTUDIO DE LA LITERATURA Y MUESTREO REALIZADO.**

### **INTRODUCCIÓN**

Visto la variabilidad del espesor corneal en torno a multitud de factores, es un dato imprescindible en campos oftalmológicos como la cirugía refractiva, enfermedad corneal o el glaucoma. Por ello, es importante conocer el valor medio de espesor corneal en nuestra población.

Con respecto al glaucoma se sabe que un espesor corneal bajo es un factor de riesgo para el glaucoma en casos de hipertensión ocular. También se debe tener en cuenta el error que produce en la medida de PIO si la córnea está fuera de los límites normales, además de que no existe un algoritmo exacto que resuelva esa sobre/infraestimación.

En el caso de la cirugía refractiva es imprescindible para averiguar que pacientes son candidatos a ella o no, y cuál sería la técnica adecuada para ellos.

Dentro de la patología corneal es necesaria para el seguimiento y diagnóstico de las ectasias tales como queratocono, queratoglobo o degeneración marginal pelúcida.

Como conclusión a todo ello, es necesario conocer el valor de la población para adoptar una buena actitud al decidir si una cornea es gruesa, delgada o normal en la consulta diaria.

## MATERIAL

El equipo que utilizamos fue el Sistema de Medida Ocuscan® RxP de Alcon.



*Sistema de Medida Ocuscan® RxP.  
Sonda de biometría y sonda de paquimetría.*

Utiliza una sonda de 20MHz y se realiza colocándola perpendicular al ápex corneal, realizando 5 medidas con una incertidumbre menor a 0.20 micras.

Además podemos corregir la medida de PIO tomada a través de Goldman o tonómetro de aire. Gracias al valor que tomamos de paquimetría y a la *fórmula de Herndon* calcula la posible desviación que ha podido sufrir el tonómetro.

Los datos fueron tomados durante los meses de mayo y junio de 2013, en el CME Ramón y Cajal a pacientes totalmente aleatorios que acudieron a

consulta para revisiones rutinarias y accedieron voluntariamente a formar parte del estudio.

La edad, los defectos de refracción y el sexo de los pacientes fueron variados, sin exclusión de ningún tipo.

Por otro lado, la raza fue prevalentemente caucásica (española) aunque no fue la única. La exclusión de niños en la prueba sí que se realizó, siendo la mínima un paciente de 17 años.

La toma de medidas fue íntegra durante la mañana (cabe mencionarlo por los cambios de espesor corneal a lo largo del día) y por el mismo especialista (importancia del correcto centrado de la sonda perpendicular a la córnea).

Los resultados se compararon con el estudio “**Espesor corneal central en una población sana española**” realizado en 2011 por *J. Gros-Otero, C. Arruabarrena-Sánchez y M. Teus* en el servicio de oftalmología del hospital Príncipe de Asturias de Madrid. [55]

En dicho estudio se realizaron un total de 357 ojos, mediante paquimetría ultrasónica (mismo aparato que el utilizado en este estudio). Se encontró una media **de 548.21 micras** de grosor corneal en la población española.

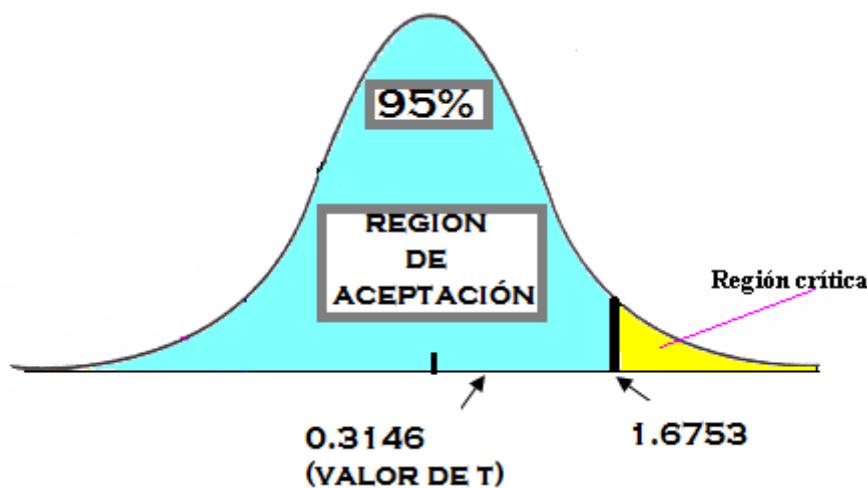
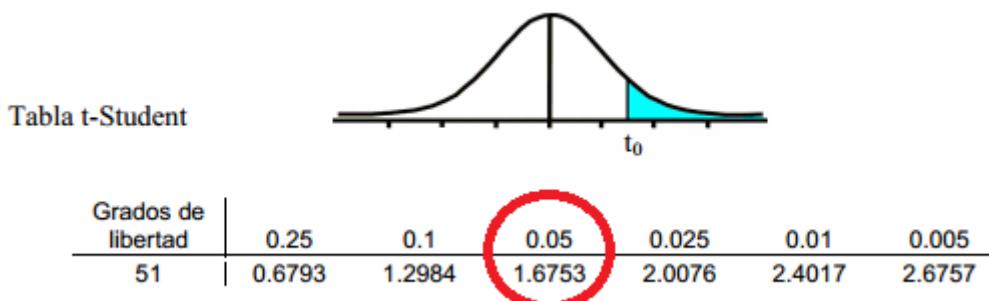
## RESULTADOS

Se analizaron un total de 52 ojos, realizando un total de 5 medidas por ojo y tomando como valor la media de las mismas. El promedio de datos obtenidos fue de **550.0755 micras**.

Para realizar la comparativa entre estudios se ha decantado por la *prueba t de student para una sola muestra*, comparando los resultados obtenidos de la muestra con el valor de la literatura (en este caso, el proporcionado por el estudio de 2011 [55])

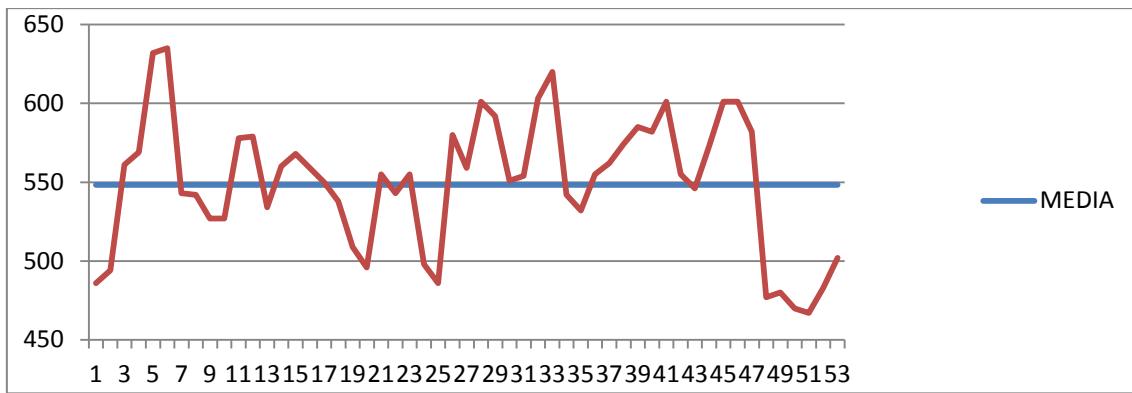
PRUEBA T PARA UNA SOLA MUESTRA		
	Variable 1	Variable 2(Estudio)
Media	550,0755	548,2100
Varianza	1788,8788	0,0000
Observaciones	52,0000	
Coeficiente de correlación de Pearson	0,0000	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	51,0000	
Estadístico t	<b>0,3146</b>	

La tabla de distribuciones T-Student de una muestra para un intervalo de confianza del 95% y un total de 51 grados de libertad da el siguiente resultado:



Como se observa en la gráfica característica de la T-Student, el valor de dicha T cae dentro de la región de aceptación, alcanzando una significación estadística, por lo que puede asegurarse una correcta relación entre ambos estudios.

En la siguiente gráfica se muestran los valores de toda muestra en relación al del estudio a comparar. Se observa la gran variabilidad en el valor del grosor corneal dependiendo de cada persona, con un rango de 467 a 635 micras.



El procedimiento utilizado para el cálculo se recoge en **[ANEXO 4]**

## CONCLUSIÓN

Como se ha demostrado en este trabajo, el valor del grosor corneal es un dato dependiente de diversidad de factores, que varía de unas poblaciones a otras y, dentro de cada población existe una gran variabilidad de resultados como muestra la gráfica.

Debido a la importancia de este dato en la clínica, cabe conocer cuál es el valor medio de cada zona, para diagnosticar ciertas patologías, saber cuál es un grosor alto o bajo o dentro del campo de la cirugía refractiva.

## **BIBLIOGRAFÍA**

[1] RODRIGUES MM, WARING GO, HACKETT J, ET AL. (1982). Cornea. IN: JAKOBIEC FA, ed. Ocular anatomy, embryology and teratology. Harper and Row: Philadelphia, pp 153-65

[2] LOPEZ-GARCÍA JS, GARCÍA-LOZANO I, MARTÍNEZ-GARCHITORENA J. (2003). Measure of the fatty layer thickness of precorneal tear film by interference colours in different types of dry eye. *Arch Soc Esp Oftalmol* . 78: 257-264.

[3] BARRY SMITH G, HAMILTON RC, CARR CA. (1996) Ophthalmic Anaesthesia. London. Arnold. P 84-103.

[4] Clinical Ophthalmology. A systematic approach/ Oftalmología clínica. Jack J. Kanski, Brad Bowling. 7º edición. El servier, 2012. ISBN (Ed. Española) 978-84-8086-915-7

[5] Thoft RA, Friend J. The X, Y, Z hypothesis of corneal epithelial maintenance. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1983; 24: 1442-1443.

[6] [Archivo en Línea] Anatomofisiología de la córnea. Juan A. Duran de la Colina. <http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap1.htm>

[7] Anatomía y fisiología del aparato ocular. Capítulo I. Félix Jesús Alañón Fernández, Manuela Cárdenas Lara, Miguel Angel Alañón Fernández y Ana Martos Aguilera

[8] SMOLIN, G.; THOFT, R. (1994). The cornea. Little, Brown and Company, eds. 3<sup>a</sup> Edition. Boston.

[9] Datos obtenidos de AOCO. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet. Dr. Vicente Polo.

[10] Journal of Optometry (2012) 5, 87---97. ORIGINAL ARTICLE Age, gender, corneal diameter, corneal curvature and central corneal thickness in Nigerians with normal intraocular pressure Eghosasere Iyamua, Ebi Osuobenib

[11] 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---2219.

[12] DOUGHTY MJ, ZAMAN ML. (2000). Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv. Ophthalmol.* 44, 367-408. Review.

[13] ARCH SOC ESP OFTALMOL 2008; 83: 183- VARIACIONES DIURNAS DE ESPESOR Y CURVATURA CORNEAL CENTRAL Y PARACENTRAL GIRÁLDEZ-FERNÁNDEZ MJ1, DÍAZ-REY A2, GARCÍA-RESUA C1, YEBRA-PIMENTEL-VILAR E3

[14] COSAR CB, SENER AB. (2003). Orbscan corneal topography System in evaluating the anterior structures of the human eye. *Cornea*. 22:118-121

[15] Variations in central corneal thickness during the menstrual cycle in women Giuffrè G, Di Rosa L, Fiorino F, et al. *Cornea* 2007;26(2):144-146.

[16] PRICE FW JR, KOLLER DL, PRICE MO. (1999). Central corneal pachymetry in patients undergoing laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology*. 106:2216-2220.

[17] FOSTER PJ, BAASANHU J, ALSBIRK PH ET AL. (1998). Central corneal thickness and intraocular pressure in Mongolian population. *Ophthalmology* 105:969-973.

[18] CHO P, LAM C. (1999). Factors affecting the central corneal thickness of Hong Kong-Chinese. *Curr Eye Res* 18:368-374.

[19] Espesor corneal central en ua población española sana. J. Gros-Otero, C. Arruabarrena-Sánchez y M. Teus. versión impresa ISSN 0365-6691 Arch Soc Esp Oftalmol v.86 n.3 Madrid mar. 2011

[20] Central Corneal Thickness in Children. Pediatric Eye Disease Investigator Group. *Arch Ophthalmol*. 2011;129(9):1132-1138.

[21] . Heritability of Central Corneal Thickness in Nuclear Families. John A. Landers. Alex W. Hewitt,, David P. Dimasi 2 ,Jac C. Charlesworth 3 , Tania Straga 1 , Richard A. D. Mills 1 ,Ravi Savarirayan 4 , David A. Mackey 4 , Kathryn P. Burdon 2 and Jamie E. Craig

[22] Central Corneal Thickness Is Highly Heritable: The Twin Eye Studies. T.-Y. Toh, None; S.H.M. Liew, None; J.R. MacKinnon, None;A.W. Hewitt, None; J.L. Poulsen, None; T.D. Spector, None; C.E. Gilbert, None; J.E. Craig, None; C.J. Hammond, None; D.A. Mackey, None. Submitted for publication December 19, 2004; revised February 27 and March 20, 2005; accepted March 31, 2005.

[23] New Insights Into Changes in Corneal Thickness in Healthy Mountaineers During a Very-High-Altitude Climb to Mount Muztagh Ata Martina Monika Bosch, MD; Daniel Barthelmes, MD; Tobias Michael Merz, MD; Pascal Bruno Knecht, MD; Frederic Truffer, MSc; Konrad E. Bloch, MD; Michael A. Thiel, MD, PhD; Benno L. Petrig, DSc; Alexander J. Turk, MD; Otto D. Schoch, MD; Urs Hefti, MD; Klara Landau, MD

**TABLA 1**

[1] La Rosa FA, Gross RL, Orengo-Nania S. Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. *Arch Ophthalmol*.2001;119:23--27.

[2] Nemesure B, Wu SY, Hennis A, Leske MC. Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. *Arch Ophthalmol*. 2003;121:240---244.

[3] Hahn S, Azen S, Ying-Lai M, Rohit V, the Los Angeles Latino Eye Study Group. Central corneal thickness in Latinos. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:1508---1512.

[4] Casson RJ, Abraham LM, Newland HS, et al. Corneal thickness and intraocular pressure in a nonglaucomatous Burmese population. *Arch Ophthalmol*. 2008;126:981--985.

[5] Shimmyo M, Ross AJ, Moy A, Mostafavi R. Intraocular pressure, Goldmann aplanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans. *Am J Ophthalmol*. 2003;136:603---613.

[6] Durkin SR, Tan EWH, Casson RJ, Selva D, Newland HS. Central corneal thickness among aboriginal people attending eye clinics in remote South Australia. *Clin Exp Ophthalmol*. 2007;35:728---732.

[7] Wong AC-M, Wong C-C, Yuen NS-Y, Hui S-P. Correlational study of central corneal thickness measurements on Hong Kong Chinese using optical coherence tomography, Orbscan and ultrasound pachymetry. *Eye*. 2002;16:715---721.

[8] Brandt JD, Beiser JA, Gordon MO, Kass MA, Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) Group. Central corneal thickness in the ocular hypertensive study (OHTS). *Ophthalmology*. 2001;108:1779---1788.

[9] Landers JA, Billing KJ, Mills RA, Henderson TR, Craig JE. Central Corneal thickness of indigenous Australians within central Australia. *Am J Ophthalmol*. 2007;143:360---362.

[10] Altinok A, Sen E, Yazici A, Aksakal FN, Oncul H, Koklu GT. Factors influencing central corneal thickness in a Turkish population. *Curr Eye Res*. 2007;32:413--419.

[24] Blix M, 1880. Oftalmometriska studier. *Acta Societatis Medicorum Upsaliensis* 15 : 349 - 421.

[25] Apuntes Optometría clínica. Bloque I (Polo Anterior). HUMS y Universidad de Zaragoza. Grado Opt. Y Optometría. 2012.

[26] Tema 20 AOCO, (Actuación optométrica en cirugía Oftálmica). HUMS y Univ. Zaragoza. 2013

[27] Boscia F, La Tegola MG, Alessio G, Sborgia C. Accuracy of Orbscan optical pachymetry in corneas with haze. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 253-258.

[28] [Artículo en línea] <http://www.oftalmo.com/studium/studium2006/stud06-4/06d-08.htm>. Evaluación y comparación del grosor corneal en ojos patológicos utilizando ultrasonidos y el sistema topográfico Orbscan. PÉREZ-SILGUERO D<sup>1</sup>, MERLO ROMERO J<sup>2</sup>, JIMÉNEZ GARCÍA M.<sup>3</sup>A<sup>2</sup>, PÉREZ SILGUERO MA<sup>1</sup>

[29] [Artículo en Línea] Intraoperatorio, Medición Grosor Utilizando Paquimetría coherencia óptica y paquimetría ultrasónica. Jenn-Chyuan Wang, FRCS (Ophth),

Hung-Ming Lee, FRCS (Ed), Catey Bunce, MSc. Diario de Cirugía Refractiva. Junio de 2008 - Volumen 24 · Número 6: 610-614.

<http://www.healio.com/ophthalmology/refractive-surgery/journals/jrs/%7B9b99b915-2dc4-488c-82fc-48be07568241%7D/intraoperative-corneal-thickness-measurement-using-optical-coherence-pachymetry-and-corneo-gage-plus-ultrasound-pachymetry> .

[30] Manual de Oftalmología. Julian García-Feijóo, Luis E. Pablo Júlvez. Editorial El servier.

[31] Tema 20 AOCO, (Actuación optométrica en cirugía Oftálmica). HUMS y Univ. Zaragoza. 2013

[32] Munnerlyn CR, Koons SJ, Marshall J. Photorefractive keratectomy: a technique for laser refractive surgery. J Cataract Refract Surg 1988;14:46-52.

[33] Taneri S, Zieske JD, Azar DT. Evolution, techniques, clinical outcomes, and pathophysiology of LASEK: review of the literature. Surv Ophthalmol. 2004;49:576-602.

[34] Qazi MA, Sanderson JP, Mahmoud AM, Yoon EY, Roberts CJ, Pepose JS. Postoperative changes in intraocular pressure and corneal biomechanical metrics Laser in situ keratomileusis versus laser-assisted subepithelial keratectomy. J Cataract Refract Surg 2009; 35:1774-1788.

[35] Weisenthal RW, Salz J, Sugar A, Mandelberg A, Furlong M, Bagan S, Kandleman S, 2003. Photorefractive keratectomy for treatment of flap complications in laser in situ keratomileusis. Cornea. 22, 399-404.

[36] De Rojas Silva MV, Díez-Feijóo E, Javaloy, Sánchez-Salorio M, 2006. Prophylactic perioperative antiviral therapy for LASIK in patients with inactive herpetic disease. J Refract Surg. 22, 404–6.

[37] Sutton GL, Kim P, 2010. Laser in situ keratomileusis in 2010 - a review. Clin Experiment Ophthalmol. 38, 192-210.

[38] Factores que influyen en el grosor del colgajo corneal con láser in situqueratomileusis con láser de femtosegundo. Chan Young Kim , Ji Hye canción , Kyoung Sun Na , So-Hyang Chung ,Choun-Ki Joo. . Coreana J Ophthalmol 2011 febrero; 25 (1) : 8-14.

[39] LÍMITES PAQUIMÉTRICOS DEL LASIK MIÓPICO: QUERATOTOMÍA LAMELAR Y FOTOABLACIÓN PERSONALIZADAS. Alfonso Sánchez JF, Baamonde Arbaiza B, Fernández-Vega Sanz L, Blázquez JI. Microcirugia ocular, numero 3.

[40] Seiler T, Iatrogenic keratectasia: Academic anxiety or serious risk. J Cataract Refract Surg 1999; 25: 1307-1308.

[41] Barraquer JI. Contraindicaciones, límites e indicaciones. En: Queratomileusis y queratofaquia. Litografía Arco. Bogotá (Colombia) 1980; 337-345.

[42] Probst LE, Machat JJ. Mathematics of laser in situ keratomileusis for high myopia. J Cataract Refract Surg 1998; 24: 190-195.

[43] Muravchik J. Keratectasia after LASIK (letter). J Cataract Refract Surg 2000; 26: 629-630.

[44] Thin-flap frente láser grueso-flap (sub-Bowman queratomileusis) queratomileusis in situ de moderada a alta miopía: análisis de casos y controles. J Cataract Refract Surg. 2008 Diciembre, 34 (12) : 2073-2078.doi: 10.1016/j.jcrs.2008.08.019.

[45] Auzerie O, Pisella P-J, Bokobza Y, Baudouin C. Aspect en microscopie confocale des modifications morphologiques cornéennes induites par le lasik. Modifications stromales cornéennes après lasik. J Fr Ophtalmol 2002; 25: 9-14.

[46] Copt R y cols. Corneal thickness in ocular hypertension, pri- mary open-angle glaucoma, and normal tension glaucoma. Arch Ophthalmol 1999; 117:14-16.

[47] Ehlers N y cols. Applanation tonometry and central corneal thickness. Acta Ophthalmol (Copenh) 1975; 53:34-43.

[48]. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measurements: a review and meta-analysis approach. Surv Ophthalmol 2000; 44:367-408.

[49]. Whitacre MM y cols. The effect of corneal thickness on ap- planation tonometry. Am J Ophthalmol 1993; 115(5):592-596.

[50] [Artículo en línea]

<http://www.healio.com/ophthalmology/glaucoma/news/online/%7Ba1f60d82-f9bb-4bfd-b6a9-11d97923cfa6%7D/large-german-study-bolsters-correlation-between-thin-corneas-and-glaucoma-damage.2012>

[51] Espesor corneal como factor de riesgo para la pérdida del campo visual en pacientes con neuropatía óptica glaucomatosa preperimétricos.

Medeiros FA , Muestra PA , Zangwill LM , Bowd C , Aihara M , Weinreb RN .

[52] Ortega Ruiz B, Armengol Oramas Y, Guerra Fernández A, Herrera Hernández N. Importancia del espesor corneal central en pacientes sospechosos de glaucoma, hipertensos oculares y normales. Rev méd electrón[Serida en línea] 2010;32(1).

Disponible en

URL:<http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202010/vol6%202010/tema04.htm>

[53] Comportamiento de la presión intraocular posterior a lasik\*. Joel Rojas-Diaz, Oscar Baca-Lozada, Regina Velasco-Ramos, Dalia Viggiano Austria. Rev Mex Oftalmol; Noviembre-Diciembre 2005; 79(6):318-321

[54] MANEJO RACIONAL DE LA TONOMETRÍA DE APLANACIÓN EN LA MIOPÍA TRAS LASIK

RATIONAL MANAGEMENT OF APPLANATION TONOMETRY IN MYOPIA AFTER LASIK

LLEÓ PÉREZ A, ALONSO MUÑOZ L, GRIMALDOS RUIZ J, ALCAÑIZ ARTOLOZÁBAL T, VERDÚ JASPE C, AGUILAR VALENZUELA L, RAHHAL MS

[55] Artículo en Línea, <http://www.elsevier.es/es/revistas/archivos-sociedad-espa%C3%B1ola-oftalmologia-296/espesor-corneal-central-una-poblacion-sana-espa%C3%B1ola-90003157-articulos-originales-2011>