

Morfometría del tejido corneal en adultos sin alteraciones corneales

Corneal Tissue Morphometry in Adults without Corneal Alterations

Keyly Fernández García^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-9318-3891>

Félix Piloto Reyes¹ <https://orcid.org/0009-0005-4446-5437>

Zaadia Pérez Parra¹ <https://orcid.org/0000-0001-7019-3491>

Judith Cuevas Ruíz¹ <https://orcid.org/0000-0002-7061-111x>

Lainet Lorelys Saavedra Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4048-9720>

¹Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: keylyfdez@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Describir las características morfométricas del tejido corneal en adultos sin alteraciones corneales.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo, transversal, con 120 pacientes, aparentemente sanos, para un total de 240 ojos, en el servicio de Córnea del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer en el período entre 2019 y 2022. Se estudiaron variables demográficas, estado refractivo, parámetros de curvaturas y elevaciones anteriores y posteriores, así como paquimetría.

Resultados: Predominio del sexo femenino (66,7 %), edades entre 19 y 59 años (61,7 %), color de piel blanca (82,5 %), miopía (53,8 %). La queratometría anterior media del eje más plano, más curvo y en el punto más fino fue de $43,27 \pm 0,13$ D; $44,19 \pm 0,12$ D y $44,97 \pm 1,51$ D, respectivamente. La media de la elevación anterior en el ápex y punto más fino fue de $2,23 \pm 0,13$ μm y de $3,39 \pm 0,17$ μm . La queratometría posterior media del eje más plano fue de $-6,56 \pm 2,16$ D y en el eje más curvo de $-6,44 \pm 1,04$ D, la elevación media en el ápex y punto más fino fue de $6,78 \pm 0,16$ μm y $6,48 \pm 0,5$ μm , respectivamente. La media de paquimetría central,

ápex y en el punto más fino fue de $527,63 \pm 0,65 \mu\text{m}$, $528,65 \pm 0,75 \mu\text{m}$ y $519,81 \pm 0,55 \mu\text{m}$, respectivamente.

Conclusiones: Los sujetos sanos estudiados presentan valores morfométricos corneales similares a otros estudios poblacionales.

Palabras clave: córnea; morfometría; tomografía corneal; Pentacam.

ABSTRACT

Objective: To describe the morphometric characteristics of corneal tissue in adults without corneal alterations.

Methods: A descriptive, cross-sectional study was carried out with 120 patients, apparently healthy, for a total of 240 eyes, in the Cornea service of the Cuban Institute of Ophthalmology Ramón Pando Ferrer in the period between 2019 and 2022. Demographic variables, refractive status, parameters of anterior and posterior curvatures and elevations, as well as pachymetry were studied.

Results: Predominance of female sex (66.7 %), age between 19 and 59 years (61.7 %), white skin color (82.5 %), myopia (53.8 %). The mean anterior keratometry of the flattest, most curved axis and at the thinnest point was $43.27 \pm 0.13 \text{ D}$; $44.19 \pm 0.12 \text{ D}$ and $44.97 \pm 1.51 \text{ D}$, respectively. The mean anterior elevation at the apex and thinnest point was $2.23 \pm 0.13 \mu\text{m}$ and $3.39 \pm 0.17 \mu\text{m}$. The mean posterior keratometry of the flatter axis was $-6.56 \pm 2.16 \text{ D}$ and in the more curved axis $-6.44 \pm 1.04 \text{ D}$, the mean elevation at the apex and thinnest point was $6.78 \pm 0.16 \mu\text{m}$ and $6.48 \pm 0.5 \mu\text{m}$, respectively. The mean pachymetry central, apex and at the thinnest point were $527.63 \pm 0.65 \mu\text{m}$, $528.65 \pm 0.75 \mu\text{m}$ and $519.81 \pm 0.55 \mu\text{m}$, respectively.

Conclusions: The healthy subjects studied present corneal morphometric values similar to other population-based studies.

Palabras clave: cornea; morphometry; corneal tomography; Pentacam.

Recibido: 22/09/2024

Aceptado: 14/10/2024

Introducción

La *córnea* es una estructura compleja que, además de cumplir una función protectora, es responsable de tres cuartas partes de la potencia óptica del ojo. Por ser la primera barrera ocular se encuentra expuesta a patógenos y agresiones externas, es avascular, se encuentra bañada por el humor acuoso en su cara posterior y las lágrimas en su cara anterior, los que son responsables de aportarle nutrientes y retirar los desechos metabólicos. Es el tejido corporal con mayor densidad nerviosa, posee dos plexos nerviosos, uno subepitelial y otro estromal profundo, inervados ambos por la primera división del trigémino por lo que cualquier daño se asocia con intenso dolor, fotofobia y lagrimeo.⁽¹⁾

La película lagrimal nutre la *córnea* aportando oxígeno y factores de crecimiento, lava el detritus de la superficie ocular y la protege gracia a los agentes antimicrobianos que contiene, como la IgA. Además, tiene también una importante función refractiva al constituir la primera interfase que se encuentra la luz al entrar en el ojo.⁽²⁾

El grosor corneal central es un indicador indirecto del metabolismo y el estado de hidratación corneal, y se correlaciona con la salud general de la *córnea* y con la función endotelial, además de permitir realizar ajustes de la tensión ocular.^(3,4,5)

La *córnea* forma parte del sistema dióptrico ocular. Está compuesta por una zona central de 1-2 milímetro (mm) con las superficies anterior y posterior relativamente esféricas, zona paracentral de 7-8 mm, tórica, zona periférica de 11 mm de diámetro, y limbar de 12 mm. La zona óptica es el 1/3 central que incluye el reborde pupilar (4 mm), y se produce un aplanamiento progresivo hacia la periferia, sobre todo nasal y superior lo que genera una asfericidad (Q media -0,26), que compensa la aberración esférica positiva.⁽⁶⁾

La forma de la *córnea* determina su curvatura (milímetros) que proporciona una potencia (dioptrías), según las interfases que generan dos medios de diferentes índices de refracción. Forma y curvatura son propiedades geométricas, mientras que la potencia es una propiedad funcional. El rango de curvatura central anterior en la edad adulta (rango 6,7-9,4 mm) corresponde a una potencia de +43,0 dioptrías (D) de las +59,0 D de la potencia ocular total. La mayor parte radica en la superficie anterior corneal y la interfase aire-lágrima, que generan +48,0 D, y la superficie

posterior genera una potencia negativa de -5,8 D debido a la interfase endotelio-humor acuoso.⁽⁶⁾

Existen diferentes métodos de medir la curvatura o forma corneal en mm (reflexión o proyección), para luego calcular la potencia corneal en dioptrías con las leyes de la refracción, con dificultad pues la córnea es esférica, irregular y asimétrica.⁽⁷⁾

En los métodos de reflexión la imagen se refleja sobre la superficie corneal para medir la curvatura (queratómetros, queratoscopios, videoqueratoscopios). Los métodos de elevación calculan la forma de la córnea mediante triangulación midiendo una altura Z desde un plano arbitrario (iris, limbo, o plano frontal), calculando la curvatura corneal basándose en esa forma, y para ver detalles de elevación, utilizan una esfera de referencia en vez de un plano. Los tomógrafos son los que emplean los métodos de proyección que al proyectar la luz en forma de haz de hendidura permite conocer la superficie anterior y posterior corneal, obteniéndose datos de elevación que permiten estimar la curvatura y potencia corneal de ambas caras corneales, combinando la exploración estructural (tomografía-paquimetría) y funcional (topografía) en un solo sistema.

Entre estos métodos de proyección está el barrido de hendidura (Orbscan), que escanea el ojo proyectándose en un ángulo de 45°, a una velocidad de 0,75 segundos, 20 hendiduras desde el lado izquierdo y otras 20 desde el lado derecho, generando 40 imágenes con 9000 puntos de datos en la córnea. Otro sistema son las cámaras de Scheimpflug rotacional (Pentacam de Oculus, Galilei, Sirius), con mayor densidad de puntos de exploración en la córnea central, que al ser la porción más importante ópticamente superan a los de barrido de hendidura.^(7,8)

La información de los topógrafos permite obtener no solo cifras de la potencia refractiva corneal central sino también mapas de su distribución en toda la superficie corneal: a) el mapa axial o sagital mide la curvatura en un punto como la distancia perpendicular desde la tangente en ese punto al eje visual, b) el tangencial, instantáneo o local mide el radio de curvatura en un punto respecto al de al lado a lo largo de un meridiano específico, c) el *true net power* (TNP), o mapa de poder queratométrico total, describe la potencia óptica de la córnea, d) el mapa de poder de refracción frontal, compensa la aberración esférica corneal, e) el *total corneal refractive power* (TCRP), el poder refractivo total, muestra la potencia total refractiva

de la córnea (el valor que más se acerca a la refracción corneal real), f) los mapas de elevación que miden la altura de un punto de la superficie corneal anterior o posterior con respecto a la superficie de una esfera de referencia, siendo positivo si el punto está por encima de la esfera de referencia, correspondiéndole un color cálido, y con valor negativo si se encuentra por debajo con color frío.⁽⁷⁾

El módulo de Belin-Ambrosio se basa en la combinación de criterios de elevación y paquimetría para mejorar la identificación oportuna de ectasias corneales,⁽⁹⁾ en comparación con los clásicos criterios topográficos.⁽¹⁰⁾

Tradicionalmente, la córnea se ha tratado desde una perspectiva bidimensional, donde no se le atribuía un papel importante al espesor corneal y la superficie ocular. El desarrollo de los medios diagnósticos en la oftalmología ha cambiado este concepto por una percepción más compleja e integral de la córnea como elemento refractivo tridimensional.

El estudio de la morfología, morfometría y biomecánica de la córnea constituye una herramienta de gran importancia para la comprensión de la córnea sana, así como para el diagnóstico y toma de decisión en numerosas condiciones oculares como anomalías congénitas, distrofias y ectasias corneales, y para el apropiado cálculo del lente intraocular, compensar la presión intraocular basada en el espesor corneal, definir parámetros guía en el diagnóstico ectasias, validar rangos de normalidad en córneas donantes y facilitar la rehabilitación visual posqueratoplastia. Igualmente, el desarrollo de la cirugía refractiva ha incrementado el interés en investigaciones para la detección precoz de ectasias corneales y en específico el queratocono subclínico, ya que un adelgazamiento provocado por una cirugía traerá consigo la aparición de una ectasia. Se trata de una intervención quirúrgica electiva, con alto nivel estético en el que prácticamente no cabe la posibilidad de complicaciones, son muy mal toleradas por los pacientes y por los propios cirujanos. Esto ha motivado numerosas investigaciones con el objetivo de establecer valores de córneas sanas y en consecuencia identificar signos que no se corresponden a estos límites.

Conocer las características morfométricas del tejido corneal en adultos sin alteraciones corneales utilizando la tomografía corneal con cámara rotacional de Scheimpflug (Pentacam AXL) permitirán incrementar la información existente

sobre la córnea en la población y su aplicación en protocolos diagnósticos y tratamientor, además de reafirmar la utilidad del Pentacam como medio de estudio de la córnea.

El objetivo fue describir las características morfométricas del tejido corneal en adultos sin alteraciones corneales

Métodos

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal, que incluyó 120 sujetos de diferentes provincias del país, para un total de 240 ojos, en el período entre 2019 y 2022, que asistieron a la consulta de córnea en el Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. Los criterios de inclusión fueron aquellos sujetos aparentemente sanos con ausencia de enfermedades sistémica u ocular, ausencia de cirugía ocular previa, ametropía inferior o igual a 2 dioptrías, que colaboraran durante la realización del examen y estuviesen de acuerdo en participar en la investigación a través de consentimiento informado. Se excluyeron aquellos sujetos usuarios de lentes de contacto, embarazadas o mujeres lactando y en los que el resultado de la tomografía mostró signos de alteraciones corneales.

Para la operacionalización se les realizó a los sujetos incluidos en el estudio, de manera rutinaria, el interrogatorio exhaustivo, biomicroscopia en lámpara de hendidura, la toma de agudeza visual, el examen refractivo, la presión intraocular de aplanación, oftalmoscopia directa, tomografía corneal y paquimetría (Oculus Pentacam AXL).

Se definieron las siguientes variables: grupos de edad; sexo, color de la piel, queratometría del eje más plano, más curvo y en el punto más fino de la superficie anterior corneal (K1a, K2a y KPMF, respectivamente), queratometría del eje más plano y más curvo de la superficie posterior corneal (K1p y K2p respectivamente), elevación anterior en ápex (EA ápex), elevación anterior en punto más fino (EA PMF), elevación posterior en ápex (EP ápex), elevación posterior en punto más fino (EP PMF), paquimetría central, en ápex y en el punto más fino (PMF), diferencia entre ápex y punto más fino, distancia entre ápex y punto más fino e índice de progresión paquimétrica promedio (PPI-Avg).

Los datos y las variables en estudio obtenidos se recogieron en una planilla conformada con fines de la investigación (anexo 1) y se plasmaron en la base de datos confeccionada en Microsoft Excel. Se utilizaron medidas de resumen y dispersión para el análisis estadístico de la información. Los datos recogidos fueron procesados en una base de datos SPSS 26.0, con un nivel de significación de 95 % (valor estadístico $<0,05$) y se representaron en tablas y gráficas. La información se procesó a través de estadígrafos descriptivos como para las variables cualitativas frecuencias absolutas y relativas (%) y la prueba de la ji al cuadrado para la comparación de las proporciones. y para las variables cuantitativas se determinaron medidas de resúmenes de tendencia central (media), error típico de la media (ETM) y mínimos y máximos. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis o la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, según la variable de clasificación tuviera tres o dos categorías respectivamente.

El estudio fue analizado y sometido a la aprobación de los comités de ética y científico del Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, quienes aprobaron y monitorearon su realización. Se obtuvo el consentimiento informado de los sujetos y familiares para participar en esta investigación.

Resultados

En la tabla 1 se puede observar una caracterización de la muestra según variables clínico epidemiológicas, a predominio del sexo femenino (80 pacientes). El 61,7 % correspondió a edades entre 19 y 59 años. Predominó el color de piel blanca En cuanto al estado refractivo, el 53,8 % de los sujetos de estudio fueron miopes. Estas frecuencias difirieron significativamente.

Tabla 1- Caracterización de la muestra según variables clínico epidemiológicas

Variables		No	%	*p
Sexo	Femenino	80	66,7	0,000
	Masculino	40	33,3	
Edad (años)	≤ 18	22	18,3	0,000
	19-59	74	61,7	
	≥ 60	24	20,0	
	Media (SD) 39,94 ± 20,69			-
Color de piel	Blanca	99	82,5	0,000
	No blanca	21	17,5	
Estado refractivo	Emétrope	74	30,8	0,000
	Miope	129	53,8	
	Hipermetrópe	37	15,4	

*p: prueba de la ji al cuadrado para una muestra.

Fuente: Historia Clínica.

La media, el ETM de la esfera y los rangos de la esfera, del cilindro, y del equivalente esférico obtenidos fueron $-0,51 \pm 0,06$ D; $-0,39 \pm 0,04$ D y $-0,69 \pm 0,06$ D, respectivamente (tabla 2).

Tabla 2 - Variables asociadas al estado refractivo ocular

Variables	Media±ETM	Rango
Esfera (D)	$-0,51 \pm 0,06$	-2,00 a +2,00
Cilindro (D)	$-0,39 \pm 0,04$	-2,00 a +1,50
Equivalente esférico (D)	$-0,69 \pm 0,06$	-3,00 a + 1,75

ETM: error típico de la media.

Fuente: Historia clínica.

La media de la queratometría de la superficie anterior en el eje más plano, eje más curvo y en el punto más fino fue de $43,27 \pm 0,13$ D, $44,19 \pm 0,12$ D, y $44,97 \pm 0,09$ D. En la superficie corneal posterior, la media de la queratometría del eje más plano fue de $-6,44 \pm 0,16$ D y en el eje más curvo de $-6,56 \pm 0,06$ D (tabla 3).

Tabla 3- Valores de curvatura de la superficie corneal anterior y posterior

Curvatura corneal (D)	Media ±ETM	Rango
K2a	$44,19 \pm 0,12$	38,0 a 47,6
K1a	$43,27 \pm 0,13$	37,0 a 47,4
K PMF	$44,97 \pm 0,09$	41,0 a 47,50
K2p	$-6,56 \pm 0,06$	-8,0 a -4,0
K1p	$-6,44 \pm 0,16$	-8,50 a -7,70

ETM: error típico de la media.

Fuente: Historia clínica.

La media de la elevación anterior fue de $2,23 \pm 0,13 \mu\text{m}$ en el ápex con un rango de 0,0 y $9,0 \mu\text{m}$. En el punto más fino, la media obtenida fue de $3,39 \pm 0,17 \mu\text{m}$ con igual rango. En la cara posterior, la elevación media en el ápex fue de $6,78 \pm 0,16 \mu\text{m}$ con un rango de 2,0 a $12,0 \mu\text{m}$ y en el punto más fino $6,48 \pm 0,5 \mu\text{m}$ con un rango similar de 2,0 a $14,0 \mu\text{m}$ (tabla 4).

Tabla 4- Elevación anterior y posterior en el ápex y punto más fino

Variables (μm)	Media \pm ETM	Rango
EA ápex	$2,23 \pm 0,13$	0,00 a 9,00
EA PMF	$3,39 \pm 0,17$	0,00 a 9,00
EP ápex	$6,78 \pm 0,16$	2,00 a 12,00
EP PMF	$6,48 \pm 0,5$	2,00 a 14,00

ETM: error típico de la media.

Fuente: Historia clínica.

La paquimetría media central, en el ápex y en el punto más fino fue de $527,63 \pm 0,69 \mu\text{m}$, $528,65 \pm 0,75 \mu\text{m}$ y $519,81 \pm 0,55 \mu\text{m}$. La distancia entre ambos puntos de $0,90 \pm 0,012 \mu\text{m}$ y la diferencia entre el ápex y el punto más fino fue de $8,81 \pm 0,36 \mu\text{m}$, con un índice medio de progresión paquimétrica (PPI-Avg) de $0,86 \pm 0,01$ (tabla 5).

Tabla 5 - Valores de paquimetría corneal según Pentacam AXL

Variables	Media \pm ETM	Rango
Paquimetría central (μm)	$527,63 \pm 0,69$	509 a 550
Paquimetría ápex (μm)	$528,65 \pm 0,75$	509 a 556
Paquimetría PMF (μm)	$519,81 \pm 0,55$	500 a 544
Distancia ápex-PMF (μm)	$0,90 \pm 0,012$	0,60 a 1,40
Diferencia ápex-PMF (μm)	$8,81 \pm 0,36$	0 a 21
PPI-Avg	$0,86 \pm 0,01$	0,42 a 1,50

ETM: error típico de la media.

Fuente: Historia clínica.

Discusión

Un estudio⁽¹¹⁾ realizado con 506 ojos con el objetivo de determinar valores normativos y correlacionar estos parámetros con factores biomecánicos, reportó mayor frecuencia del sexo femenino con una media de $28,43 \pm 6,36$ años de edad. En el presente estudio se observó predominio del sexo femenino, piel blanca y una

media de $39,94 \pm 20,6$ años. *Almorín*⁽¹²⁾ estudió 796 ojos de sujetos del sexo femenino y una media de edad de $50,5 \pm 14,8$ años superior a la cifra obtenida en el estudio actual.

El defecto refractivo más frecuente fue la miopía. La media de la esfera fue de $-0,51 \pm 0,06$ D, $-0,39 \pm 0,04$ de cilindro. *Almorín*⁽¹²⁾ encontró una media de esfera de $-0,43 \pm 3,46$ D y cilindro de $0,86 \pm 0,9$ D, prácticamente el doble de los resultados del presente estudio.

Al evaluar la curvatura de la superficie anterior y posterior de la córnea observamos que la media de los valores encontrados en el presente estudio fue superior en 1 dioptría en relación con los resultados de los estudios revisados. *Almorín*⁽¹²⁾ reportó una media de la queratometría de la superficie anterior de la córnea en el eje más plano de $43,35 \pm 1,51$ D y queratometría más curva de $44,36 \pm 1,49$ D. En la superficie posterior encontró que la media de queratometría en el eje más plano era de $-6,19 \pm 0,25$ D y en el eje más curvo de $-6,53 \pm 0,28$ D.

Vitályos y otros⁽¹³⁾ realizaron un estudio con 35 sujetos sanos, europeos, con predominio del sexo femenino y una media de 31,8 años y encontraron en la superficie anterior que la media de la queratometría del eje más plano fue de $43,53 \pm 1,28$ D y en el eje más curvo de $44,39 \pm 1,48$. En la superficie posterior, la media en el eje más plano y el más curvo fue $-6,20 \pm 0,22$ D y $-6,52 \pm 0,28$ D, respectivamente. Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio ya que en la superficie posterior el valor obtenido en el eje más plano fue de $-6,56 \pm 0,06$ D y en el eje más curvo de $-6,44 \pm 0,16$ D.

Liu y otros⁽¹⁴⁾ obtuvieron una media de queratometría en el eje más curvo de $7,62 \pm 0,26$ D y más plano $7,85 \pm 0,26$ D. Por su parte, *Nemeth* y otros,⁽¹⁵⁾ en pacientes de 61,24 años de edad media, reportaron un radio frontal horizontal de $7,72 \pm 0,38$ y el vertical $7,65 \pm 0,37$. El radio posterior horizontal $6,47 \pm 0,42$ y el vertical $6,22 \pm 0,27$.

Supiyaphun y otros⁽¹⁶⁾ encontraron en la superficie anterior una media de queratometría en el eje más plano de $43,3 \pm 31,41$ D, en el eje más curvo $44,6 \pm 1,54$.

Gharieb y otros⁽¹⁷⁾ reportan en la superficie anterior una queratometría en el eje más plano de $42,8 \pm 1,7$ y en el eje más curvo $43,99 \pm 1,77$ D. En nuestros resultados la medida de la queratometría de la superficie anterior, el eje más plano correspondió a $44,19 \pm 0,12$ D y el eje más curvo a $-43,27 \pm 0,13$ D.

Zhao y otros⁽¹⁸⁾ al evaluar la superficie anterior encontró una queratometría en el eje más plano de $42,48 \pm 1,76$ D y en eje más curvo de $43,31 \pm 2,20$ D.

En un estudio⁽¹⁹⁾ sobre las propiedades biomecánicas de la córnea en pacientes miopes, observó en el grupo de miopía leve un equivalente esférico de $-1,92 \pm 0,72$ D, la queratometría en el eje más plano en la cara anterior de $42,87 \pm 1,83$ D y $43,85 \pm 1,70$ D en el eje más curvo. Otro estudio en miopes leves⁽¹²⁾ reporta en la superficie anterior, una queratometría en el eje más plano de $42,70 \pm 1,43$ D, en el eje más curvo fue de $43,82 \pm 1,58$ D. En la superficie posterior, el eje más plano tuvo una media de $-6,56 \pm 0,06$ D y en el eje más curvo de $-6,44 \pm 0,27$ D.

En pacientes miopes e hipermétropes candidatos a cirugía refractiva se reportó una media de la queratometría más curva en la superficie anterior de $43,80 \pm 1,82$ D, en el eje más plano $42,61 \pm 1,64$ D. En la superficie posterior, la queratometría en el eje más curvo fue de $-6,44 \pm 0,32$ D y la queratometría en el eje más plano de $-6,01 \pm 1,05$ D.⁽²⁰⁾

Los valores medios de la elevación anterior en el ápex y en el punto más fino coinciden con autores como Zhang y otros⁽²¹⁾ que reportaron una elevación anterior en el punto más fino de $2 \mu\text{m}$ con un rango de 0 a $5 \mu\text{m}$. Y Alsaif y otros⁽²²⁾ cifras de elevación anterior en el ápex de $2,60 \pm 1,48 \mu\text{m}$ y en el punto más fino de $4,92 \pm 1,68 \mu\text{m}$. Estos resultados son similares a los nuestros.

Almorín⁽¹²⁾ encontró una elevación anterior en el ápex de $1,81 \pm 1,17 \mu\text{m}$ con un rango de -2 a 5 y en el punto más fino de $1,99 \pm 1,75 \mu\text{m}$ con un rango de -7 a 10. Otros autores encontraron valores superiores, como Sedaghat y otros⁽²³⁾ con una media de $5,13 \pm 2,7 \mu\text{m}$ y Zhang y otros⁽²⁰⁾ fue de $7,90 \pm 0,27 \mu\text{m}$.

Los valores de elevación posterior en el ápex y en el punto más fino fueron coincidentes con Zhang y otros⁽²⁰⁾ y Alsaif y otros⁽²²⁾ que reportaron elevación posterior en el ápex de $3,67 \pm 3,58 \mu\text{m}$ y en el punto más fino de $4,92 \pm 3,81 \mu\text{m}$. Valores similares encontró Almorín⁽¹²⁾ con $3,51 \pm 3,4 \mu\text{m}$ en el ápex y $7,75 \pm 5,77 \mu\text{m}$ en el punto más fino. Zhang y otros⁽²¹⁾ observaron una media de $4 \mu\text{m}$ de elevación posterior en el punto más fino y Sedaghat y otros⁽²³⁾ reportan una media de $9,17 \pm 5,64 \mu\text{m}$.

Sedaghat y otros⁽²³⁾ en un estudio realizado en el 2017 obtuvieron una media de la paquimetría en el ápex de $544 \pm 32 \mu\text{m}$ y la paquimetría en el punto más fino de $531 \pm 32 \mu\text{m}$, con un rango de 433-688 μm .

Almorín⁽¹²⁾ reporta en el ápex una paquimetría de $550,35 \pm 33,13 \mu\text{m}$ con rango entre 442 y 687 μm . En el punto más fino fue de $546,54 \pm 33,02 \mu\text{m}$ con un rango de 440 a 686 μm . La diferencia entre el ápex y el punto más fino fue de $3,81 \pm 12,57 \mu\text{m}$ y la distancia entre el ápex y el punto más fino fue de $0,69 \pm 10,23 \mu\text{m}$ con un rango de 0,07 a 1,81 μm , ambos valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio. El promedio del índice de progresión fue de $0,99 \pm 0,15 \mu\text{m}$ con un rango de 0,42 a 1,8 μm , cercano al obtenido en la investigación con una media de $0,86 \pm 0,24$.

Los valores medios de paquimetría varían en los estudios publicados. *Zhang* y otros⁽²¹⁾ en el grupo control de su estudio encontró que la paquimetría en el ápex era de $541,84 \pm 31,82 \mu\text{m}$ y en el punto más fino de $538,3 \pm 31,75 \mu\text{m}$.

Yu y otros⁽²⁴⁾ reportan una media de paquimetría central de $537,22 \pm 30,06$; semejante a la del actual estudio. *Liu* y otros⁽¹⁴⁾ en un estudio en sujetos chinos sanos encontró una media de espesor corneal central de $552,20 \pm 28,18 \mu\text{m}$.

Gharieb y otros⁽¹⁷⁾ obtuvieron una paquimetría central y en el punto más fino de $538,4 \pm 31,95 \mu\text{m}$ y $534,34 \pm 32,08 \mu\text{m}$, respectivamente. *Zhao* y otros⁽¹⁸⁾ encontraron en sujetos sanos una media de paquimetría en el punto más fino de $543,0 \pm 27,00 \mu\text{m}$.

En un estudio con parámetros similares en cuanto a sexo y edad, *Souza* y otros⁽²⁵⁾ evaluaron la relación entre las propiedades biomecánicas de la córnea y las medidas del segmento anterior en Sao Paulo, e incluyeron 226 ojos de 113 sujetos sanos y observaron una media de espesor corneal central de $547,02 \pm 35,1 \mu\text{m}$.

Vitályos y otros⁽¹³⁾ reportan una paquimetría media en el punto más fino de $548 \pm 31,5 \mu\text{m}$. *Alsaif* y otros⁽²²⁾ con un universo de pacientes similar al nuestro, encontraron una paquimetría central de $550,09 \pm 34,29 \mu\text{m}$, en el ápex de $550,73 \pm 34,64 \mu\text{m}$ y en el punto más fino de $546,30 \pm 34,61 \mu\text{m}$. *Alrajhi* y otros⁽²⁶⁾ en un estudio de pacientes miopes, encontraron en miopes leves que la paquimetría central, en el ápex y en el punto más fino tuvieron una media de $556,37 \pm 28,82 \mu\text{m}$, $554 \pm 43,08 \mu\text{m}$ y $553,12 \pm 28,74 \mu\text{m}$, respectivamente.

Nemeth y otros⁽¹⁵⁾ estudiaron 43 ojos de voluntarios sanos con una media de $61,24 \pm 15,72$ años y encontraron que la media de la paquimetría del ápex fue de $568,86 \pm 47,27 \mu\text{m}$.

Se puede concluir que los valores queratométricos de la superficie corneal anterior y posterior encontrados en nuestro estudio coinciden con los del resto de las poblaciones sanas, la córnea en sujetos sanos fue ligeramente más delgada que en otras poblaciones.

Referencias bibliográficas

1. Mishima S, Gasset A, Klyce SD Jr, Baum JL. Determination of tear volume and tear flow. Invest Ophthalmol. 1966 [acceso 06/08/2023];5:264-76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5947945/>
2. Del Monte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. J Cataract Refract Surg. 2011;37(3):588-98. DOI: [10.1016/j.jcrs.2010.12.037](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.12.037)
3. Rufer F, Sander S, Klettner A, Frimpong-Boateng A, Erb C. Characterization of the thinnest point of the cornea compared with the central corneal thickness in normal subjects. Cornea. 2009;28(2):177-80. DOI: [10.1097/ICO.0b013e3181861c29](https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181861c29)
4. Ramesh PV, Jha KN, Srikanth K. Comparison of Central Corneal Thickness using Anterior Segment Optical Coherence Tomography Versus Ultrasound Pachymetry. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR. 2017;11(8):Nc08–Nc11. DOI: [10.7860/JCDR/2017/25595.10420](https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25595.10420)
5. Schroder S, Eppig T, Langenbacher A. A Concept for the analysis of repeatability and precision of corneal shape measurements. Zeitschrift fur medizinische Physik. 2016;26(2):150–8. DOI: [10.1016/j.zemedi.2016.01.002](https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2016.01.002)
6. American Academy of Ophthalmology. Fundamentos y principios de Oftalmología. Barcelona: Elsevier; 2008. (Curso de Ciencias Básicas y Clínicas).
7. Belin M, Khachikian SS, Ambrosio RJ. Elevation based corneal tomography. Clayton, Panama: Jaypee-Highlights Medical Publishers; 2012.
8. Piñero DP. Technologies for anatomical and geometric characterization of the corneal structure and anterior segment: A review. Semin Ophthalmol. 2016;30(3):161-70.

9. Villavicencio OF, Gilani F, Henriquez MA, Izquierdo Jr L, Ambrosio Jr RR, Belin MW. Independent population validation of the Belin/Ambrosio Enhanced Ectasia Display: Implications for Keratoconus studies and screening. *Int J keratoconus Ectatic Corneal Dis.* 2017 [acceso 06/08/2023];3(1):1. Disponible en: <https://www.ijkecd.com/doi/pdf/10.5005/jp-journals-10025-1069>
10. Ha A, Wee WR, Kim MK. Comparative Efficacy of the New Optical Biometer on Intraocular Lens Power Calculation (AL-Scan versus IOLMaster). *Korean J Ophthalmol.* 2018;32(3):241-8. DOI: [10.3341/kjo.2017.0063](https://doi.org/10.3341/kjo.2017.0063)
11. Linke SJ, Ceyrowski T, Steinberg J, Kuhnhardt K, Richard G, Katz T. Central versus thinnest pachymetry of the cornea and thinnest point vector length: impact of ocular side, refractive state, age, and sex. *Cornea.* 2013;32(5):e127-35. DOI: [10.1097/ICO.0b013e3182772d29](https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3182772d29)
12. Almorín Fernández-Vigo I. Estudio corneal y poblacional mediante tomografía con cámara rotacional de tipo Scheimpflug [tesis doctoral]. [Extremadura]: Universidad de Extremadura; 2017 [acceso 08/08/2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=110419>
13. Vitályos G, Kolzsvári BL, Németh G, Losoncsy G, Hassan Z, Pásztor D, *et al.* Effects of aging on corneal parameters measured with Pentacam in healthy subjects. *Scientific Reports.* 2019 [acceso 08/08/2023];9:3419. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6399218/>
14. Liu G, Rong H, Pei R, Du B, Jin N, Wang D, *et al.* Age distribution and associated factors of cornea biomechanical parameter stress-strain index in Chinese healthy population. *BMC Ophthalmology.* 2020 [acceso 08/08/2023];20:436. Disponible en: <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-020-01704-6>
15. Nemeth G, Szalai E, Hassan Z, Lipecz A, Flasko Z, Modis L. Corneal biomechanical data and biometrics parameters measured with Scheimpflug-based devices on normal corneas. *Int J Ophthalmol.* 2017;10(2):217-22. DOI: [10.18240/ijo.2017.02.06](https://doi.org/10.18240/ijo.2017.02.06)
16. Supiyaphun C, Rattanasiri S, Jongkhajornpong P. Comparison of anterior segment parameters and axial length using two scheimpflug devices with integrated optical biometers. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:3487-93. DOI: [10.2147/OPHTH.S278701](https://doi.org/10.2147/OPHTH.S278701)

17. Gharieb HM, Shalaby HS, Othman IS. Repeatability and interchangeability of topometric, anterior chamber and corneal wavefront data between two Scheimpflug camera devices. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:3801-3810. DOI: [10.2147/OPTH.S274303](https://doi.org/10.2147/OPTH.S274303)
18. Zhao H, Yang Z, Han X, Guan W, Wang X, Cai M, *et al.* Corneal differences between healthy and subclinical patients assessed using two different corneal tomographers. *Arq Bras Oftamol.* 2020;83(2):92-97. DOI: [10.5935/0004-2749.20200015](https://doi.org/10.5935/0004-2749.20200015)
19. Yu A-Y, Shao H, Pan A, Wang Q, Huang Z, Song B, *et al.* Corneal biomechanical properties in myopic eyes evaluated via Scheimpflug imaging. *BMC Ophthalmology.* 2020 [acceso 08/08/2023];20:279. Disponible en: <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-020-01530-w>
20. Zhang Q-W, Zhai C-B, Ma D-L. Comparison of corneal curvature parameters obtained from two different instruments-Pentacam and VX120. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(8):1311-16. DOI: [10.18240/ijo.2019.08.12](https://doi.org/10.18240/ijo.2019.08.12)
21. Zhang H, Tian L, Guo L, Qin X, Zhang D, Li L, *et al.* Comprehensive evaluation of corneas from normal, forme fruste keratoconus and clinical keratoconus patients using morphological and biomechanical properties. *Int Ophthalmol.* 2021;41:1247–1259. DOI: [10.1007/s10792-020-01679-9](https://doi.org/10.1007/s10792-020-01679-9)
22. Alsaif NK, Al-Sharif Em, Alsaif SK, Mousa A, Al-Muammar AM. Corneal elevation indices and pachymetry values of Saudi myopes using scheimpflug imaging. *Saudi Med J.* 2020;41(2):168-176. DOI: [10.15537/smj.2020.2.24876](https://doi.org/10.15537/smj.2020.2.24876)
23. Sedaghat MR, Mohammad Zadeh V, Fadakar K, Kadivar S, Abrishami M. Normative values and contralateral comparison of anterior chamber parameters measured by Pentacam and its correlation with corneal biomechanical factors. *Saudi Journal of Ophthalmology.* 2017;31(1):7–10. DOI: [10.1016/j.sjopt.2016.11.006](https://doi.org/10.1016/j.sjopt.2016.11.006)
24. Yu A-Y, Shao H, Pan A, Wang Q, Huang Z, Song B, *et al.* Corneal biomechanical properties in myopic eyes evaluated via Scheimpflug imaging. *BMC Ophthalmology.* 2020 [acceso 08/08/2023];20:279. Disponible en:

<https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12886-020-01530-w>

25. Souza MB, de Medeiros FW, Villela FF, Alves MR. Relationship between the biomechanical properties of the cornea and anterior segment measurements. Clinics (Sao Paulo). 2018;73:e491. DOI: [10.6061/clinics/2018/e491](https://doi.org/10.6061/clinics/2018/e491)
26. Alrajhi LS, Bokhary KA, Al-Saleh AA. Measurement of anterior segment parameters in Saudi adults with myopia. Saudi J Ophthalmol. 2018;32(3):194-9. DOI: [10.1016/j.sjopt.2018.04.007](https://doi.org/10.1016/j.sjopt.2018.04.007)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Keyly Fernández García.

Curación de datos: Félix Piloto Reyes.

Análisis formal: Judith Cuevas Ruíz.

Investigación: Zaadia Pérez Parra.

Metodología: Keyly Fernández García.

Supervisión: Zaadia Pérez Parra.

Validación: Lainet Lorelys Saavedra Rodríguez.

Redacción-borrador-original: Félix Piloto Reyes.

Redacción, revisión y edición: Keyly Fernández García.