



Vol. 10 Núm. 1
Ene.-Abr. 2023
pp 31-39

Análisis del astigmatismo del queratocono con tomografía corneal de Scheimpflug

Astigmatism analysis of keratoconus with Scheimpflug corneal tomography

Carlos Emiliano Rodríguez-López,*
Guadalupe Fernando Mora-González,† Jorge Rendón-Félix,§
Gerardo Daniel Jáuregui-García,¶ María Fernanda Mora-Jáuregui,||
Annette García-Castro,** Miguel Ángel Ibáñez-Hernández‡‡

RESUMEN

Introducción: el queratocono (KC) es un trastorno corneal progresivo y multifactorial en el que la forma anatómica cambia, está principalmente asociado con anomalías en el colágeno corneal. El adelgazamiento del estroma de la córnea da como resultado una protuberancia cónica llamada KC. Esta modificación de la estructura corneal provoca miopía y astigmatismo irregular que conduce a una discapacidad visual. **Objetivo:** comparar el astigmatismo corneal utilizando diferentes medidas de poder refractivo corneal obtenidas con tomografía corneal Scheimpflug Pentacam (Oculus®, Wetzlar, Alemania) en ojos con queratocono (KC), posible queratocono (posible KC) y un grupo control de ojos con astigmatismo corneal regular. **Material y métodos:** es un estudio descriptivo, observacional y retrospectivo. La muestra fue recolectada por conveniencia y corresponde a 149 ojos de 80 pacientes mexicanos de ambos sexos, a los que se les realizó Pentacam durante 2020 en consulta oftalmológica privada en el Centro Médico Puerta de Hierro en Zapopan, Jalisco, México. **Resultados:** nuestro estudio mostró que el astigmatismo corneal anterior (ACA) fue mayor en el grupo de queratocono que en el grupo de control y posible KC. Sin embargo, no hubo diferencias en el astigmatismo calculado con el poder refractivo corneal total (TCRP) y reporte Holladay a 3 mm (HR 3 mm). La magnitud del astigmatismo muestra una correlación lineal directa con clasificación tomográfica del queratocono (TKC) con todos métodos de medición de potencia corneal investigados. Con todos los métodos, la queratometría más curva, más plana y la media en el grupo KC fueron significativamente más altas que las de los otros dos grupos. Basándonos en la distribución normal, determinamos un posible punto de corte para diferenciar queratocono y astigmatismo regular. **Conclusiones:** tomar en cuenta las características del KC en la población mexicana mejora la precisión de múltiples procedimientos clínicos realizados en esta población y sienta un precedente para futuras investigaciones prospectivas.

Palabras clave: queratocono, astigmatismo, cámara anterior, córnea, aberración corneal.

ABSTRACT

Introduction: keratoconus (KC) is multifactorial and progressive corneal affection with changing anatomic structures, and it is associated with anomalies in the corneal collagen. The corneal stroma is thinnest, resulting in a conic protuberance named KC. This modification of the corneal structure conditions myopia and irregular astigmatism, conducting to visual impairment. **Objective:** compare corneal astigmatism using different measures of corneal refractive power obtained with Pentacam Scheimpflug corneal tomography (Oculus®, Wetzlar, Germany) of eyes with keratoconus (KC), possible keratoconus (possible KC) and control group of eyes with regular corneal astigmatism. **Material and methods:** this is a descriptive, observational and retrospective study. The sample was collected for convenience and corresponds to 149 eyes of 80 Mexican patients of both sexes, which underwent the Pentacam scan during 2020 in private ophthalmic consultation at Puerta de Hierro

* Residente de oftalmología.
Instituto de Oftalmología
FAP Conde de Valenciana.
Ciudad de México,
México. CDMX.

† Oftalmólogo. Jefe
del Departamento de
Oftalmología del Centro
Médico Puerta de Hierro
Andares (CMPHA).
Zapopan, Jalisco, México.

§ Oftalmólogo. Alta
Especialidad en Cirugía
Refractiva y Cristalino.
HMPHA-Instituto
Tecnológico de Estudios
Superiores de Monterrey
Zapopan, Jalisco, México.

¶ Oftalmólogo. Especialista
en glaucoma. HMPHA.

|| Médico General.
Universidad Lamar
Guadalajara. Guadalajara,
Jalisco, México.

** Residente de
oftalmología Instituto de
Oftalmología FAP Conde
de Valenciana. CDMX.
‡‡ Oftalmólogo HMPHA.

Recibido: 20/08/2021.
Aceptado: 01/11/2022.

Medical in Zapopan, Jalisco, Mexico. **Results:** our study showed that anterior corneal astigmatism (ACA) was higher in the keratoconus group than in the control group or possible KC. However there were no differences in astigmatism calculated with total corneal refractive power (TCRP) and Holladay report at 3 mm (HR 3 mm). Magnitude of astigmatism shows a direct linear correlation with topographic keratoconus classification (TKC) in all investigated corneal power measurement methods. With all the methods the steepest, the flattest and the mean keratometries in the KC group were significantly higher than those of the other groups. Based on the normal distribution we determined possible cut-off point to differentiate keratoconus from regular astigmatism. **Conclusions:** taking into account the characteristics of KC in the Mexican population improves the precision of multiple clinical procedures performed in this population and sets a precedent for future prospective research.

Keywords: keratocono, astigmatism, anterior chamber, cornea, corneal wavefront aberration.

Abreviaturas:

ACA = astigmatismo corneal anterior.
ACR = astigmatismo corneal regular.
ATR = contra la regla.
D = dioptría.
DE = desviación estándar.
HR = reporte de Holladay.
KC = queratocono.
K1 = queratometría más plana.
K2 = queratometría más curva.
LIO = lente intraocular.
OD = ojos derechos.
OI = ojos izquierdos.
OMS = Organización Mundial de la Salud.
PCA = astigmatismo corneal posterior.
TCA = astigmatismo corneal total.
TCRP = poder refractivo corneal total.
TKC = clasificación topográfica del queratocono.
WTR = con la regla.

INTRODUCCIÓN

El queratocono (KC) es un trastorno corneal progresivo y multifactorial en el que la forma anatómica cambia, está principalmente asociado con anomalías en el colágeno corneal.¹ El adelgazamiento del estroma de la córnea da como resultado una protuberancia cónica llamada KC. El origen de la palabra KC proviene de las palabras griegas *kerato*-*idis* (córnea) y *konos* (cono). Esta modificación de la estructura corneal provoca miopía y astigmatismo irregular que conduce a una discapacidad visual.²

La integración del diagnóstico de KC debe realizarse mediante una historia clínica detallada y una evaluación oftalmológica. La topografía corneal es una prioridad, ya que puede detectar y clasificar formas tempranas de KC. Sin embargo, debemos ser conscientes de las limitaciones de las metodologías actuales para medir la biomecánica corneal.^{3,4}

La topografía corneal con Pentacam (Oculus®, Wetzlar, Alemania) ofrece un sistema amigable llamado pantalla de progresión ABCD, capaz de medir la curvatura corneal anterior (Anterior, A), la curvatura corneal posterior (Back surface, B), la paquimetría

corneal más delgada (Corneal, C) y la mejor agudeza visual a distancia corregida (Distancia, D) con un análisis adicional para el nivel de cicatrización.⁵ También proporciona la potencia corneal neta de superficie corneal anterior y posterior.⁶ Pentacam puede detectar presentaciones anormales de KC, ya que se cree que los cambios asociados con KC aparecen por primera vez en la superficie posterior de la córnea.⁷

Teniendo en cuenta la escasa información que existe con esta tecnología en KC en la población mexicana, decidimos realizar esta investigación con el objetivo de comparar el astigmatismo corneal utilizando diferentes medidas de poder refractivo corneal obtenidas con la tomografía corneal Scheimpflug del Pentacam en ojos con KC, posible queratocono (posible KC) y un grupo de control de ojos con astigmatismo corneal regular (ACR). Analizamos las magnitudes y eje del astigmatismo corneal con queratometrías anteriores, poder refractivo corneal total (TCRP) y reporte de Holladay a 3 mm (HR 3 mm). Este estudio también evalúa la correlación entre el astigmatismo corneal anterior (ACA) y el astigmatismo corneal total (TCA) en las diferentes etapas de la clasificación topográfica del queratocono (TKC).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio descriptivo, observacional y retrospectivo. La muestra fue recolectada por conveniencia y corresponde a 149 ojos de 70 pacientes mexicanos de ambos sexos, que fueron sometidos a examen con Pentacam durante 2020 en consulta oftalmológica privada en el Centro Médico Puerta de Hierro en Guadalajara, Jalisco, México. La muestra se dividió en tres grupos. El primer grupo formado por 80 ojos con KC, que a su vez fueron subdivididos según TKC; un segundo grupo formado por 10 ojos marcados por Pentacam como posible KC; y un tercer

grupo formado por 59 ojos con $ACR \geq 1$ dioptría (D). Comparamos los valores obtenidos en los tres grupos y encontramos la correlación entre las variables analizadas y el grado de KC expresado por la TKC.

Todos los pacientes incluidos en el grupo KC tuvieron confirmación clínica y algún grado de TKC. Los criterios de exclusión fueron cirugía corneal o intraocular previa y cualquier otra enfermedad corneal distinta de la KC que pudiera generar cambios importantes en la arquitectura ocular.

Todas las mediciones fueron realizadas por técnicos oftalmológicos expertos. Las lecturas se

tomaron según lo recomendado en el manual de instrucciones del instrumento. Se verificó la calidad de la imagen y para cada ojo sólo se registró un examen con un factor de alta calidad. Estratificamos los cambios en los índices corneales según el nivel de TKC y los comparamos con una población de ojos con ACR sin ninguna otra patología corneal para evaluar su capacidad diagnóstica. El análisis estadístico se realizó con un sistema informático especializado recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS): Epi Info. Para la realización del trabajo se obtuvo la aprobación del comité

Tabla 1: Descripción de la media y desviaciones estándar de variables estudiadas en los tres grupos.

	Ojos		
	ACR 59 (39.6%)	Posibles queratoconos 10 (6.71%)	Queratoconos 80 (53.7%)
Astigmatismo anterior	2.53 ± 1.36	1.8 ± 0.77	2.66 ± 1.35
Eje de K2 en astigmatismo anterior	89.36 ± 26.81	93.14 ± 26.1	84.86 ± 34.5
Queratometría más plana con queratometría anterior	42.44 ± 1.87	42.03 ± 1.37	47.03 ± 3.73
Queratometría más curva con queratometría anterior	44.97 ± 1.8	43.83 ± 0.9	51.28 ± 4.94
Astigmatismo con HR 3 mm	2.01 ± 1.14	1.56 ± 0.69	2.6 ± 4.85
Eje de K2 en astigmatismo con HR 3 mm	90.13 ± 29.23	76.82 ± 49.0	79.42 ± 41.1
Queratometría más plana con HR 3 mm	42.5 ± 1.9	41.5 ± 1.4	47.26 ± 4.37
Queratometría más curva con HR 3 mm	44.49 ± 1.8	43.1 ± 0.97	50.77 ± 5.97
Astigmatismo con TCRP	2.53 ± 0.4	1.61 ± 0.58	2.85 ± 2.67
Eje de K2 en astigmatismo con TCRP	88.1 ± 29.3	91.56 ± 27.5	94.5 ± 57.7
Queratometría más plana con TCRP	42.22 ± 1.96	41.7 ± 1.4	45.96 ± 3.23
Queratometría más curva con TCRP	44.75 ± 1.9	43.31 ± 1.0	50 ± 4.55
Relación TCA/ACA	1.02 ± 0.27	0.92 ± 0.19	0.96 ± 0.5

ACR = astigmatismo corneal regular. K2 = queratometría más pronunciada. Relación TCA/ACA = relación entre el poder corneal obtenido por TCRP entre el astigmatismo corneal con queratometrías anteriores. HR 3 mm = queratometrías del informe Holladay a 3 mm. TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total.
Los datos indican la media \pm desviación estándar.

Tabla 2: Descripción de las medias y las desviaciones estándar de diferentes variables del queratocono estratificadas según la clasificación topográfica de queratocono (TKC).

	TKC 1, 14 ojos (17.5%)	TKC 2, 26 ojos (32.5%)	TKC 3, 31 ojos (39%)	TKC 4, 9 ojos (11%)
Astigmatismo anterior	2.86 ± 1.16	3.18 ± 1.58	4.66 ± 2.41	8.05 ± 2.37
Eje de K2 en astigmatismo anterior	87.46 ± 18.6	74.36 ± 37.82	90.08 ± 37.86	93.09 ± 27.7
Queratometría más plana con queratometría anterior	43.9 ± 1.35	45.48 ± 2.5	48.64 ± 3.45	50.83 ± 4.4
Astigmatismo con HR 3 mm	2.23 ± 1.13	2.66 ± 1.53	3.35 ± 2.38	3.89 ± 3.89
Eje de K2 en astigmatismo con HR 3 mm	78.3 ± 28.11	78.48 ± 44.5	82.65 ± 45.6	71.75 ± 38.5
Queratometría más plana con HR 3 mm	43.85 ± 1.14	45.41 ± 3.3	49.0 ± 4.0	51.72 ± 5.2
Queratometría más curva con HR 3 mm	46.0 ± 1.9	49.68 ± 7.0	52.4 ± 4.52	55.6 ± 6.0
Astigmatismo con TCRP	2.73 ± 1.2	3.45 ± 4.29	4.45 ± 2.93	6.63 ± 1.93
Eje de K2 en astigmatismo con TCRP	81.9 ± 24.61	81.9 ± 24.6	89.65 ± 37.16	89.64 ± 37.15
Queratometría más plana con TCRP	43.4 ± 1.8	44.8 ± 2.45	47.15 ± 3.0	49.3 ± 3.4
Queratometría más curva con TCRP	46.1 ± 2.56	48.25 ± 3.69	51.6 ± 3.64	55.93 ± 3.9

K2 = queratometría más pronunciada. HR 3 mm = queratometrías del informe Holladay a 3 mm. TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total. TKC = *topographic keratoconus classification*.

Los datos indican la media \pm desviación estándar.

de ética de nuestro centro y el consentimiento informado de cada paciente.

RESULTADOS

Nuestra muestra consistió en 80 pacientes, de los cuales 33 eran hombres (42%) y 47 mujeres (58%). En total se incluyeron 149 ojos, de los cuales 76 eran ojos derechos (OD) (51%) y 73 eran ojos izquierdos (OI) (49%). El 84% de KC de la muestra fueron bilaterales. La edad media de la población fue de 41 años con una desviación estándar (DE) de ± 15 años. Los participantes estaban en un rango de 21 a 74 años. Las *Tablas 1 y 2* resumen el perfil de astigmatismo corneal de KC en la población mexicana mediante tomografía corneal Pentacam Scheimpflug. La *Figura 1* muestra las variables de astigmatismo encontradas.

Comparación del astigmatismo corneal anterior (ACA) calculado con queratometrías anteriores

El astigmatismo corneal anterior (ACA) fue significativamente mayor en los ojos con KC que en los otros grupos ($p < 0.001$). Sin embargo, el astigmatismo en el grupo con posible KC fue significativamente menor que en los ACR y KC ($p < 0.05$). El eje en los tres grupos se orientó con la regla (WTR, por sus siglas en inglés). La magnitud de ACA se correlacionó directamente con TKC (r de Pearson = 0.56, R^2 = 0.32) (*Figura 2*). Las queratometrías anteriores del grupo KC son significativamente superiores a las obtenidas en ACR y posible KC ($p < 0.001$). Al comparar ACR y posible KC no hubo diferencias significativas en la queratometría más plana (K1) ($p > 0.05$). Sin embargo, la queratometría más curva (K2) de los ACR fue más

alta ($p < 0.001$). Hubo una correlación lineal positiva de la TKC con queratometrías anteriores (K1: r de Pearson = 0.60, R^2 = 0.36) (K2: r de Pearson = 0.74, R^2 = 0.55). La queratometría media fue significativamente mayor en ojos con KC ($p < 0.001$) (Figura 3).

Comparación del astigmatismo corneal con el calculado con queratometrías del reporte Holladay a 3 mm (HR 3 mm)

No hubo diferencias significativas entre el astigmatismo corneal obtenido en el grupo KC y ACR ($p >$

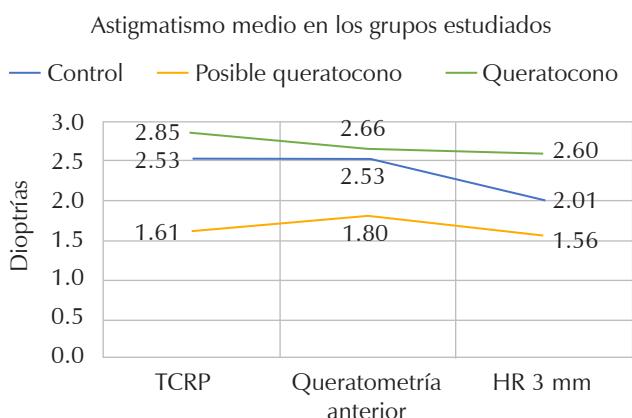


Figura 1: Ilustra la distribución de la media de astigmatismo entre los grupos estudiados con tres métodos diferentes para medir la potencia corneal.

TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total.

HR3 = queratometrías del reporte Holladay a 3 mm.

0.05). Sin embargo, el astigmatismo en el grupo con posible KC fue significativamente menor que en los otros dos grupos ($p < 0.05$). El eje en los tres grupos estaba orientado con WTR. El astigmatismo corneal tuvo una correlación directa débil con la TKC (r de Pearson = 0.24, R^2 = 0.07). Las queratometrías de los KC son significativamente superiores a las obtenidas en ARC y posible KC ($p < 0.05$). Los ACR mostraron queratometrías significativamente más curvas que en los posibles KC. Hubo una correlación lineal directa del grado de TKC con las queratometrías (K1: r de Pearson = 0.59, R^2 = .35) (K2: r de Pearson = 0.62, R^2 = 0.38). La queratometría media fue significativamente mayor en ojos con KC ($p < 0.001$).

Comparación de astigmatismo corneal calculado con queratometrías del TCRP

No hubo diferencias significativas en la media de astigmatismo corneal entre los KC y ACR ($p > 0.05$). Sin embargo, el astigmatismo en el grupo con posible KC fue significativamente menor que en los otros dos grupos ($p < 0.001$). El eje en los tres grupos estaba orientado con WTR. Se encontró una correlación lineal directa débil entre TCRP y TKC (r de Pearson = 0.48, R^2 = 0.22). Las queratometrías totales en el grupo KC son más curvas que las obtenidas en los ACR y posibles KC ($p < 0.05$). No hubo diferencias en la queratometría más plana entre los posibles KC y los ACR, pero la queratome-

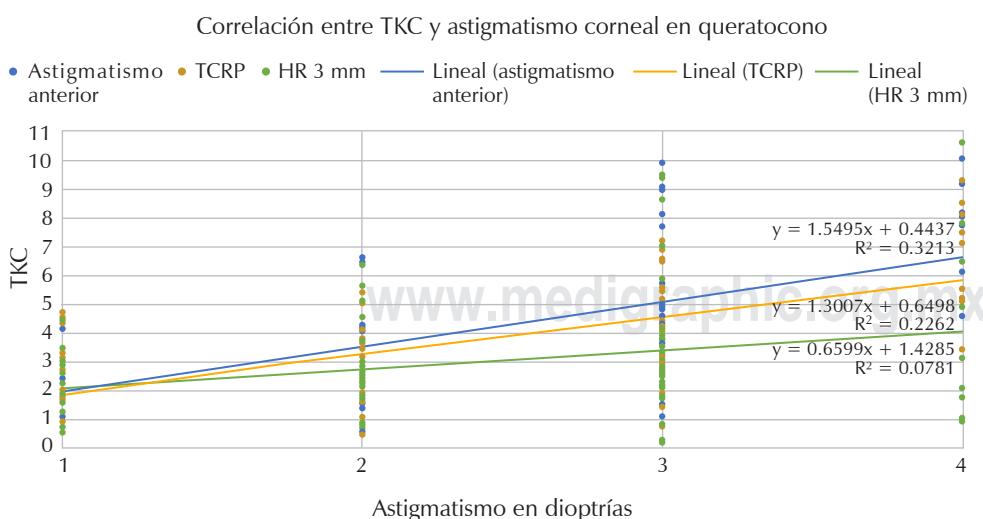


Figura 2:

Gráfico de dispersión que muestra la distribución del astigmatismo según TKC en el grupo de queratocono. TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total. HR3 = queratometrías del reporte Holladay a 3 mm. TKC = clasificación topográfica del queratocono.

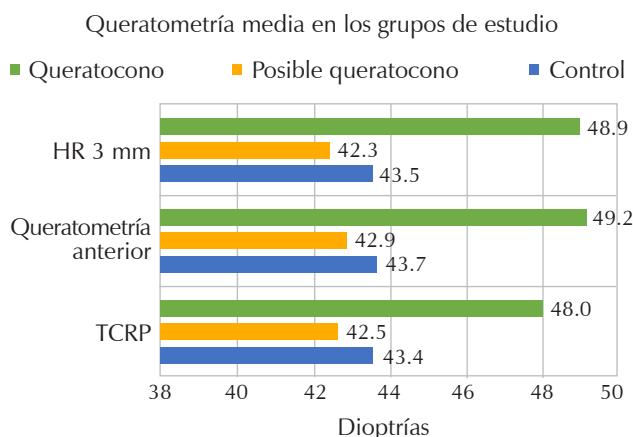


Figura 3: Gráfico de barras de queratometrías medias entre los grupos estudiados con tres métodos diferentes para medir la potencia corneal.

TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total.

HR3 = queratometrías del reporte Holladay a 3 mm.

tría más pronunciada sí fue mayor en los ACR. Se encontró una correlación lineal directa entre TCK y queratometrías del TCRP (K1: r de Pearson = 0.57, R^2 = 0.33) (K2: r de Pearson = 0.70, R^2 = 0.49). La queratometría media fue significativamente mayor en ojos con KC ($p < 0.001$).

Comparación de los diferentes métodos de medición de la refracción del corneal

Al analizar ojos con KC y posible KC no se detectaron diferencias significativas entre el astigmatismo corneal calculado con queratometría anterior, TCRP y HR 3 mm ($p > 0.05$). En ojos con ACR no hubo diferencia significativa en el astigmatismo calculado con queratometrías anteriores y TCRP ($p > 0.05$), pero el astigmatismo calculado con el HR3mm fue significativamente menor. La relación de astigmatismo del poder corneal total/astigmatismo corneal anterior (TCA/ACA ratio) fue < 1 en el grupo KC y posible KC en contraste con el grupo de control (Figura 4).

Se encontró una correlación lineal directa entre el astigmatismo calculado con queratometrías anteriores y con TCRP en los tres grupos: KC (r de Pearson = 0.77, R^2 = 0.60), posible KC: (r de Pearson = 0.93, R^2 = 0.86) y ACR (r de Pearson = 0.93, R^2 = 0.87) aunque la correlación fue más débil en grados más altos de la TCK (Figura 1).

En los KC las queratometrías fueron menores con TCRP que con queratometrías anteriores o HR 3 mm. En ojos con posible KC y con ACR no hubo diferencias significativas en los valores de queratometría obtenidos con los tres tipos de medición de poder corneal utilizados en este estudio.

DISCUSIÓN

El sistema de Amsler-Krumeich es uno de los más antiguos y aún es muy utilizado para la clasificación de KC. Esta clasificación no reconoce ningún cambio que no sea en la superficie corneal anterior. Los mapas de espesor corneal completo también han mostrado las limitaciones de depender de una sola medición apical.⁸ Muchos autores creen que ignorar el astigmatismo corneal posterior puede afectar significativamente la estimación del astigmatismo corneal,⁹ por ello decidimos investigar el comportamiento de técnicas de clasificación más recientes en nuestra población. Todas las fórmulas estándar de cálculo de LIO (lente intraocular) se basan en valores queratométricos. Los dispositivos Scheimpflug son una nueva tecnología para medir

Correlación entre ACA y TCA estratificada por TCK

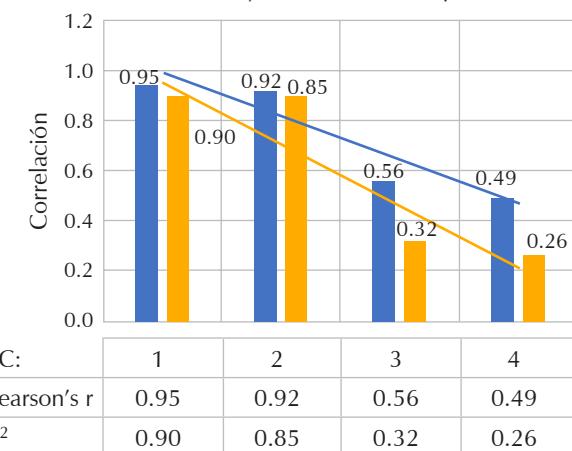


Figura 4: Muestra cómo la correlación directa entre el astigmatismo corneal con queratometrías anteriores y el astigmatismo total dado por las queratometrías del queratometrías del poder refractivo corneal total. Nótese cómo se debilita con el aumento del grado de clasificación topográfica del queratocono.

ACA = astigmatismo corneal anterior. TCA = astigmatismo corneal total. TCK = clasificación topográfica del queratocono.

Tabla 3: Punto de corte de queratometría sugerido para diferenciar el queratocono del astigmatismo regular y posible queratocono.

ACR y posible queratocono	Punto de corte	Queratocono
<	Queratometría anterior más plana 43.8 D	≥
<	Queratometría anterior más curva 46.5 D	≥
<	Queratometría más plana de TCRP 43.2 D	≥
<	TCRP queratometría más curva 46.05	≥

ACR = astigmatismo corneal regular. TCRP = queratometrías del poder refractivo corneal total.

la curvatura corneal posterior en la práctica clínica.¹⁰ La cámara Scheimpflug giratoria de Pentacam crea una serie de índices específicos de KC, como el índice KC y el TKC. TKC se clasifica en grado 0 (normal) a grado IV (KC grave), pero son posibles etapas intermedias (por ejemplo, 1-2).¹¹ Hasta donde sabemos, este estudio es el primero en evaluar estos métodos de cálculo de astigmatismo con potencia corneal total en pacientes con KC en población mexicana.

Con base en la distribución normal de nuestros resultados, determinamos los valores mostrados en la *Tabla 3* como un posible punto de corte de las queratometrías para diferenciar el queratocono de los ACR y el posible queratocono.

De manera similar a nuestro trabajo, un artículo mexicano en 2016 evaluó 172 ojos (92 pacientes). Los ojos se dividieron en tres grupos: KC grado I, grado II, KC subclínico y un grupo de control. Todos los ojos se sometieron a una evaluación de la curvatura corneal mediante imágenes de Scheimpflug con Sirius®. También se calculó la relación de potencia corneal posterior-anterior. Se observó que el astigmatismo corneal posterior (PCA) era significativamente mayor en el grupo subclínico. Se

encontró una correlación entre ACA y PCA en todos los grupos.¹² Otro estudio realizado en Europa en 2016 utilizando la tecnología Scheimpflug en 119 ojos con KC informa que el PCA fue mayor que el ACA. Sin embargo, nuestro estudio no mostró una diferencia significativa entre el astigmatismo con queratometrías anteriores y astigmatismo con TCRP en ojos con KC. También reportaron que el PCA se correlaciona con el astigmatismo corneal total (TCA). El astigmatismo de ACA y TCA de su población fue significativamente mayor que el observado por nosotros (ACA: media 4.03 D. DE: 2.23 y TCA: media 3.63 D. DE: 1.93). Sugieren que la influencia del PCA en el TCA no puede ignorarse al planificar la corrección del astigmatismo mediante lentes intraoculares tóricos.¹³

La Universidad Católica de Corea hizo un artículo en 2020 para analizar el poder corneal medio y el astigmatismos en 64 pacientes con KC utilizando una cámara Scheimpflug. Obtuvieron medidas de astigmatismo medio superiores a las encontradas en nuestro estudio siendo con K simulada de 4.58 ± 2.14 y con *true net power* de 4.59 ± 2.17 . Observaron que las medidas de TCRP centradas en el ápice son mayores que las centradas en la pupila. Llegaron a la conclusión de que los poderes corneales y el astigmatismo en el KC cambian según los métodos de cálculo y las áreas de medición.¹⁴

Se realizó un estudio prospectivo en 126 ojos de 83 pacientes japoneses que tenían KC y 42 ojos normales de 42 sujetos de la misma edad. La elevación de la córnea, la paquimetría y la queratometría se midieron con Pentacam. Obtuvieron los siguientes datos de queratometría media en KC: 49.5 D. (DE: 5.7) versus 43 D. (DE: 1.7) en los controles. Cilindro medio en KC: 4.0 D. (DE: 3.1) y en grupo control: 1.4 D. (DE 0.7). Los valores encontrados en su población fueron significativamente superiores a los nuestros ($p < 0.05$).¹⁵ Una investigación iraní evaluó con un sistema de imágenes Scheimpflug 161 ojos de 161 pacientes con KC. Describieron cantidades medias de ACA y TCA superiores a las observadas por nosotros (4.08 ± 2.21 D y 3.50 ± 1.94 D, respectivamente). Reportaron astigmatismo WTR, contra la regla (ATR, por sus siglas en inglés) y astigmatismos oblicuos de la superficie posterior de la córnea en 61 ojos (37.9%), 67 ojos (41.6%) y 33 ojos (20.5%), respectivamente. A diferencia de nosotros, detec-

taron mayor prevalencia de astigmatismo ATR. También encontraron una fuerte correlación ($p \leq 0.001$, $r = 0.839$) entre el astigmatismo de ACA y PCA en las diferentes etapas de KC. Llegaron a la conclusión de que el astigmatismo corneal en la superficie anterior estaba más afectado que en la superficie posterior al aumentar la gravedad de KC, aunque el astigmatismo corneal posterior se vio más afectado que el astigmatismo corneal anterior en etapas tempranas de la TKC.¹⁶

CONCLUSIÓN

Nuestro estudio mostró que el ACA fue mayor en el grupo de KC que en el grupo de ACR o posible KC. Sin embargo, no hubo diferencias en el astigmatismo calculado con TCRP y HR 3 mm. La magnitud del astigmatismo muestra una correlación lineal directa con TKC en todos los métodos investigados de medición de la potencia corneal. Con todos los métodos, las queratometrías más curvas, más planas y medias en el grupo KC fueron significativamente más altas que las de los otros grupos. El eje en los tres grupos se orientó con WTR en todos los grupos independientemente del método de medición de potencia corneal. Nuestra investigación no mostró una diferencia significativa entre ACA y la calculada con TCRP en ojos con KC. Se encontró una correlación lineal directa entre ACA y TCRP en los tres grupos. En el grupo KC, las queratometrías fueron menores con TCRP que con queratometrías anteriores o HR 3 mm.

La evaluación del astigmatismo corneal en ambas superficies desempeña un papel importante en los procedimientos de corrección de visión, ajuste de lentes de contacto rígidos permeables al gas y el cálculo de lente intraocular (LIO). El uso de HR 3 mm es menos útil para calcular el LIO. Con este trabajo intentamos sentar los precedentes para futuras investigaciones prospectivas en población mexicana para mejorar la precisión de los múltiples procedimientos clínicos realizados actualmente.

REFERENCIAS

1. Loukovitis E, Kozeis N, Gatzios Z, et al. The proteins of keratoconus: a literature review exploring their contribution to the pathophysiology of the disease. *Adv Ther*. 2019;36:2205-2222. Available in: <https://doi.org/10.1007/s12325-019-01026-0>
2. Andreanos KD, Hashemi K, Petrelli M, Droutras K, Georgalas I, Kymionis GD. Keratoconus treatment algorithm. *Ophthalmol Ther*. 2017;6(2):245-262. doi: 10.1007/s40123-017-0099-1.
3. Mas Tur V, MacGregor C, Jayaswal R, O'Brart D, Maycock N. A review of keratoconus: diagnosis, pathophysiology, and genetics. *Surv Ophthalmol*. 2017;62(6):770-783. doi: 10.1016/j.survophthal.2017.06.009.
4. Khaled ML, Helwa I, Drewry M, Seremwe M, Estes A, Liu Y. Molecular and Histopathological Changes Associated with Keratoconus. *Biomed Res Int*. 2017;2017:7803029. doi: 10.1155/2017/7803029.
5. Kreps EO, Jimenez-Garcia M, Issartel I, Claerhout I, Koppen C, Rozema JJ. Repeatability of the pentacam HR in various grades of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2020;219:154-162. doi: 10.1016/j.ajo.2020.06.013.
6. Tamaoki A, Kojima T, Hasegawa A, Nakamura H, Tanaka K, Ichikawa K. Intraocular lens power calculation in cases with posterior keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(10):2190-2195. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.11.001.
7. Ruiseñor Vázquez PR, Galletti JD, Minguez N, Delrivo M, Fuentes Bonthoux F, Pfortner T, Galletti JG. Pentacam Scheimpflug tomography findings in topographically normal patients and subclinical keratoconus cases. *Am J Ophthalmol*. 2014;158(1):32-40.e2. doi: 10.1016/j.ajo.2014.03.018.
8. Belin MW, Duncan JK. Keratoconus: The ABCD Grading System. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2016;233(6):701-707. English. doi: 10.1055/s-0042-100626.
9. Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement. *Am J Ophthalmol*. 2009;147:788-795.
10. Ghiasian L, Abolfathzadeh N, Manafi N, Hadavandkhani A. Intraocular lens power calculation in keratoconus; a review of literature. *J Curr Ophthalmol*. 2019;31(2):127-134.
11. Goebels S, Eppig T, Wagenpfeil S, Cayless A, Seitz B, Langenbucher A. Staging of keratoconus indices regarding tomography, topography, and biomechanical measurements. *Am J Ophthalmol*. 2015;159(4):733-738. doi: 10.1016/j.ajo.2015.01.014.
12. Larrea J, Ramirez A, Navas A, Graue E, Jimenez A. Correlation of anterior and posterior corneal shape in clinical keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(12):2902.
13. Savini G, Naeser K, Schiano D, Mularoni A. Influence of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with keratoconus. *Cornea*. 2016;35:1427-1433. doi: 10.1097/ICO.0000000000000920
14. Kim J, Whang WJ, Hyun SK. Analysis of total corneal astigmatism with a rotating Scheimpflug camera in keratoconus. *BMC Ophthalmol*. 2020;20:475. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01747-9>.
15. Kamiya K, Ishii R, Shimizu K, et al. Evaluation of corneal elevation, pachymetry and keratometry in keratoconic eyes with respect to the stage of Amsler-Krumeich classification. *Br J Ophthalmol*. 2014;98(4):459-463. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-304132.
16. Aslani F, Khorrami M, Aghazadeh M, Hashemian H, Askarizadeh F. Characteristics of posterior corneal astigmatism in different stages of keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res*. 2018;13(1):3-9.

Conflicto de intereses: todos los autores certifican que no tienen afiliaciones ni participación en ninguna organización o entidad con ningún interés financiero o no financiero en el tema o los materiales tratados en este manuscrito.

Financiamiento: esta investigación no ha recibido ayudas específicas de agencias del

sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Correspondencia:

Dr. Carlos Emiliano Rodríguez-López

E-mail: emiliano.1695@gmail.com

www.medigraphic.org.mx