

## Topoaberrometría en pacientes con queratocono

### Topoaberrometry in patients with keratoconus

María del Carmen Benítez Merino<sup>1\*</sup>

Niurka López Dorta<sup>2</sup>

Taimi Cárdenas Díaz<sup>1</sup>

Michel Guerra Almaguer<sup>1</sup>

Justo Luis Noriega Martínez<sup>1</sup>

Alexeide de la C. Castillo Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Hospital “Enrique Cabrera Cossío”. La Habana, Cuba.

\* Autor para la correspondencia. Correo electrónico: mc.benitez@infomed.sld.cu

---

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar las características topoaberrométricas del queratocono.

**Métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo de corte transversal que comprendió 101 topografías corneales de pacientes diagnosticados de queratocono con el topógrafo corneal Magellan Plug and Play (n= 101 ojos), en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”, en el período 2016-2017.

**Resultados:** Los grupos de edades más representados en la muestra fueron de 20-29 y de 30-39 años, con una proporción similar de pacientes en uno y otro sexo. Predominaron los

pacientes con queratocono clínico por índice de severidad y con clasificación patológica según índice de predicción con correlación ascendente entre ambos índices. La localización central del cono fue la más frecuente en esta muestra, donde predominaron los valores más elevados de los índices anteriores. Predominó la aberración de alto orden coma en cuanto al valor medio de raíz cuadrática media y la aberración esférica en el valor máximo.

**Conclusiones:** El grupo de edades más representado según la muestra analizada es el de 20 a 39 años, con proporción similar de pacientes en uno y otro sexo. Predominan los pacientes con queratocono clínico por índice de severidad y con clasificación patológica según índice de predicción con correlación ascendente entre ambos índices. La localización central del cono es la más frecuente y es donde existen los valores más elevados de los índices anteriores. Predomina la aberración de alto orden coma en cuanto al valor medio de la raíz cuadrática media y la aberración esférica en el valor máximo de esta.

**Palabras clave:** Queratocono; índice topográfico; aberraciones corneales.

---

## ABSTRACT

**Objective:** Determine the topoaberrometric characteristics of keratoconus.

**Methods:** A cross-sectional observational descriptive study was conducted of 101 corneal topograms of patients diagnosed with keratoconus obtained with the corneal topograph Magellan Plug and Play (n= 101 eyes) at Ramón Pando Ferrer Cuban Institute of Ophthalmology in the period 2016-2017.

**Results:** The age groups best represented in the sample were 20-29 and 30-39 years, with a similar proportion of male and female patients. A predominance was found of patients with clinical keratoconus by the severity index and with pathological classification by the prediction index, with an ascending correlation between the two indices. Central cone location was the most frequent in the sample, with a prevalence of the highest levels of the aforementioned indices. A high frequency was found of coma higher-order aberration, according to root mean square and maximum spherical aberration values.

**Conclusions:** The age group best represented in the study sample is 20-39 years, with a similar proportion of male and female patients. A predominance is found of patients with clinical keratoconus by the severity index and with pathological classification by the prediction index, with an ascending correlation between the two indices. Central cone

location is the most frequent, with a prevalence of the highest levels of the aforementioned indices. A high frequency is found of coma higher-order aberration, according to root mean square and maximum spherical aberration values.

**Key words:** Keratoconus; topographic index; corneal aberrations.

---

Recibido: 22/03/2019

Aprobado: 14/06/2019

## INTRODUCCIÓN

El queratocono se considera una enfermedad progresiva, asimétrica y no inflamatoria de la córnea, caracterizada por encurvamiento y distorsión, con adelgazamiento apical y opacidad central de la córnea en estadios avanzados.<sup>(1)</sup> La protrusión apical asimétrica induce astigmatismo irregular que afecta la agudeza visual con intolerancia a la corrección óptica a medida que progresa. Puede clasificarse esta condición en dos grupos: sospecha de queratocono y queratocono clínico. Utilizamos el término de queratocono clínico en pacientes donde, además de presentar modificaciones mediante pruebas diagnósticas, presenta uno o más de los signos clínicos de la enfermedad, dígase signo de Munson, anillo de Fleischer o estrías de Voght detectados al examen en lámpara de hendidura.<sup>(2)</sup>

Clásicamente comienza en la pubertad con una progresión hacia la tercera y cuarta década de la vida. La evolución de la enfermedad es lenta con una progresión durante 5 o 6 años, aunque en ocasiones se mantiene estacionario. En caso de progresión relativamente rápida, llegan a requerir queratoplastia entre el 10 y el 25 % de estos casos. Si la aparición es temprana es muy probable que se afecten los dos ojos por igual; no así cuando la aparición es tardía, donde un ojo con elevado grado de astigmatismo y el congénere normal da lugar a

las formas clínicas frustres. En este caso se debe suponer que el ojo contrario con astigmatismo elevado, pero con agudeza visual buena, con corrección óptica desarrollará una evolución similar sin poder precisar el plazo, que debe oscilar entre uno o dos años.<sup>(3)</sup>

Se presenta en todas las razas, climas y regiones y su prevalencia se estima en 1 de cada 2 000 habitantes;<sup>(3,4)</sup> de 4 a 600 personas por cada 100 000 (0,004 a 0,6 %).<sup>(5)</sup> Otros plantean que 54 por cada 100 000 con una incidencia anual en el rango de 50 a 230 por 100 000 habitantes.<sup>(6)</sup>

El queratocono es la causa principal de queratoplastia en Europa y la segunda en los Estados Unidos, después de la queratopatía bullosa. En Cuba, en el año 2007 se registró el queratocono como la cuarta causa de queratoplastia (10,3 %) precedida por la queratopatía bullosa afáquica o pseudofáquica, el leucoma corneal y la perforación corneal o descemetocele. Actualmente constituye aproximadamente el 20 % de las indicaciones de queratoplastia en Cuba.<sup>(7)</sup>

Se considera una afección de transmisión hereditaria autosómica dominante, con expresión y penetrancia variable e incompleta y se han invocado diversos patrones de transmisión.<sup>(3)</sup> Se plantea como un desorden heterogéneo con una contribución genética en su patogénesis. Puede dividirse en tres grandes categorías: queratocono aislado asociado a desordenes genéticos raros, queratocono con sus asociaciones comúnmente mencionadas y el queratocono aislado sin asociaciones. Esta última es la forma más común en la práctica clínica y es, a su vez, heterogénea. Se ha reportado en caso de pacientes con historia de atopia, frotamiento de los ojos como hábito, disfunciones del tejido conectivo, uso de lentes de contacto e historia familiar asociada.<sup>(8)</sup>

Se han formulado muchas hipótesis respecto a los mecanismos histopatológicos. La más acreditada es el incremento de la actividad de las colagenasas y la ausencia de inhibidores de las proteasas. En los últimos años ha ganado terreno la teoría genética, especialmente en relación con el descubrimiento de la mutación del gen VSX 1 en el cromosoma 22, encontrado en el 4 % de las familias. En consecuencia, se piensa que es más probable una conjunción de las hipótesis genéticas y mecánicas en la etiología del queratocono.<sup>(9,10)</sup>

Se considera de origen multifactorial y se invocan componentes inflamatorios y no inflamatorios; entre ellos se encuentran alteraciones bioquímicas, degeneración celular y alteraciones en fibras de colágeno, así como cambios mitocondriales y alteraciones en la

síntesis de proteínas,<sup>(11)</sup> con una herencia mendeliana entre 6 y 10 % de los casos con predominio del esporádico sobre el patrón autosómico dominante, ambos invocados, con genes identificados en el cromosoma 20 como VSX 1, KTCN 1 y el ZNF 469.<sup>(11,12)</sup>

Otros autores<sup>(13)</sup> plantean el papel de los cambios bioquímicos en la córnea de estos pacientes, como la presencia de una apoptosis de los queratocitos con carácter evolutivo, la degradación de colágeno VI, las fibras nerviosas adelgazadas, las modificaciones de la densidad nerviosa y la hipoestesia corneal, en tanto apoyan la participación de componentes inflamatorios, el aumento de los niveles de interleukina 6 en el fluido lagrimal desde estadios tempranos y un aumento a nivel corneal de la IL 1, la cual modula la proliferación, diferenciación y muerte de los queratocitos. Se encuentra relación entre el rascado ocular y los microtraumas por lentes de contacto y el aumento en la liberación de interleukina 1 en la córnea.<sup>(14)</sup> La severidad de la enfermedad varía desde formas frustres asintomáticas hasta cuadros clínicos floridos de opacidades corneales que llegan a requerir trasplante corneal.<sup>(15)</sup>

El término queratocono subclínico o sospechoso de queratocono se introduce para indicar un estadio preclínico de la enfermedad en ojos que no muestran los signos clásicos queratométricos, retinoscópicos y biomicroscópicos, pero que muestran cambios topográficos similares al queratocono clínico.<sup>(16)</sup> *Klyce*<sup>(17)</sup> lo describe como córneas con signos de queratocono sin evidencia de queratocono clínico. En términos generales, un patrón corneal sospechoso de queratocono puede tener un área localizada de encurvamiento anormal, sobre todo inferior, aunque este puede ser central y raramente superior; puede presentar una pajarita asimétrica, truncada o angulada. El diagnóstico del queratocono en etapas precoces de la enfermedad ha adquirido importancia en la última década, por la evidencia de ectasias inducidas por procedimientos refractivos corneales en pacientes con queratocono subclínico.<sup>(18)</sup> También con la evolución de la cirugía refractiva corneal y el desarrollo tecnológico en el equipamiento utilizado en Oftalmología se ha producido un incremento en el diagnóstico de las afecciones oftalmológicas, como esta.<sup>(19)</sup>

La enfermedad induce miopía y astigmatismo irregular. Esta significativa irregularidad es la consecuencia de los cambios inducidos en la geometría corneal anterior que puede ser evidenciado a través de la topografía corneal donde se observa un incremento localizado del poder corneal rodeado de zonas concéntricas de menor poder, con asimetría superior - inferior. Estas alteraciones topográficas son responsables de la significativa inducción de aberraciones de alto orden y la degradación de la calidad visual.<sup>(20)</sup>

En cuanto al estudio y seguimiento de la enfermedad, aunque las videoqueratografías corneales basadas en disco de Plácido han sido útiles, se han demostrado limitadas al solo analizar datos obtenidos de la superficie anterior de la córnea. Es conocida por estudios realizados la importancia del análisis de la curvatura de la superficie corneal posterior,<sup>(14)</sup> donde el valor de las aberraciones de alto orden es menor, pero la irregularidad es significativamente mayor.<sup>(20)</sup>

No obstante, por ser las modificaciones topográficas y paquimétricas las definitorias al diagnosticar distrofias ectásicas, el avance tecnológico de las últimas décadas ha estado en función de diagnosticar formas tempranas y frustres de la enfermedad, sin dejar de mencionar los topógrafos con sistemas de inteligencia artificial, como el *Magellan Plug and Play*, que utilizan el *Nidek Corneal Navigator* empleados en muchos de los Servicios de Córnea y Cirugía refractiva en Cuba.<sup>(21)</sup>

El *Keratoconus Severity Score*<sup>(6)</sup> basado en hallazgos en lámpara de hendidura, topografía corneal, el average de poder corneal y la raíz cuadrática media del frente de onda de alto orden (HORMSE), me permite clasificar al paciente en: no afectado (topografía normal), no afectado (topografía atípica), topografía sospechosa, afectado con enfermedad leve, afectado con enfermedad moderada y afectado con enfermedad severa.

En estudios donde se realiza un análisis de métodos para graduar el queratocono se invoca lo que plantea Alió,<sup>(22)</sup> quien propuso una modificación a otras clasificaciones una vez detectado el cono clínicamente y confirmado por videoqueratoscopia, tomando en cuenta el promedio de las lecturas de las queratometrías centrales, la raíz cuadrática media (RMS) de las aberraciones coma.like. A mayor poder queratométrico, mayor será la aberración coma.like y la cicatrización en casos avanzados, que clasifica la enfermedad en cuatro estadios.

El análisis en estos pacientes de las aberraciones corneales tiene importancia, ya que supone una parte mayoritaria de las aberraciones oculares, son fácilmente medibles, son estables (no dependen de la acomodación) y su medición no está afectada por el tamaño pupilar.<sup>(23)</sup> Los aberrómetros corneales restringen el análisis de las aberraciones a la superficie corneal anterior (topógrafos), o a las dos superficies corneales anterior y posterior (tomógrafos). Al ser la superficie anterior de la córnea el mayor componente refractivo del ojo y estar este

fuertemente distorsionado en ojos afectados por queratocono, el patrón aberrométrico ocular total es dominado por las aberraciones corneales.<sup>(24)</sup>

Este estudio tuvo como objetivo determinar las características topoaberrométricas del queratocono.

## MÉTODOS

Fue realizado un estudio observacional descriptivo transversal. Se acopió información secuencial procedente del Servicio de Córnea del Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” en el periodo comprendido de enero del año 2016 a diciembre de 2017, de los pacientes con diagnóstico de queratocono que fueron pesquisados con el topógrafo corneal *Magellan Mapper Plug and Play* de la firma Nidek, en una muestra de 101 ojos. Con el uso de los mapas de curvatura (axial) se recogieron datos referentes a la localización del cono según imagen topográfica, y mediante el programa de inteligencia artificial *Nidek Corneal Navigator* se tomaron datos referentes a los índices. Posteriormente, se aplicó el programa de aberrometría para este mapa topográfico con pupila simulada de 6 mm, a partir del tercer orden radial, y se tomaron en cuenta la RMS coma, la RMS trefoil y la RMS aberración esférica. Se consideraron las topografías corneales que cumplieran con los parámetros establecidos de confianza para ser analizadas como: área analizada mayor del 80 %, alineación correcta en los tres ejes y que solo presentaran diagnóstico de queratocono por el programa Nidek Corneal Navigator.

Se estudiaron variables como: localización del cono por imagen topográfica, índice de predicción de queratocono (KPI), índice de severidad del queratocono (KSI), índice de sector opuesto (OSI), índice de asimetría de superficie (SAI), índice de sector diferente (DSI) y aberraciones corneales de alto orden. Se utilizaron los valores referidos por el equipo como normal, sospechoso y anormal para cada uno de los índices.

Se tomó como marco muestral la información relacionada con cada uno de los pacientes reclutados, considerando que estos constituían una muestra aleatoria en el tiempo. Se buscó un tamaño muestral, capaz de brindarnos una confianza de un 95 % en las estimaciones de

los índices involucrados. Para esto nos valimos de las facilidades que brinda el paquete estadístico EPINFO, de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Con la información obtenida de cada caso (ojo), se confeccionó una base de datos relacional en el sistema SPSS versión 18,0 del 2009, lo cual permitió el procesamiento automático, incluida la congruencia interna de los datos. Las variables cualitativas fueron procesadas y analizadas con la opción estadísticas descriptivas tablas, para con ellas dar cumplimiento al plan de tabulación previsto; se les calcularon los correspondientes porcentajes, así como el *test* estadístico Chi cuadrado cuando procedió. Para las variables de tipo cuantitativas fueron utilizadas medias de tendencia central y de variabilidad. El ANOVA, una vía modelo fijo de Kruskal Wallis, fue empleado cuando no procedía su equivalente paramétrico.

En todos los casos, los contrastes correspondientes para variables cualitativas o cuantitativas fueron efectuadas con un nivel  $\alpha= 0,05$ .

## RESULTADOS

Fueron estudiados 101 ojos, correspondientes a 62 pacientes de acuerdo con los criterios de inclusión declarados (tabla 1); de ellos, 51 ojos correspondieron al sexo masculino (50,5 %), lo cual estuvo muy equilibrado con lo que apareció en el sexo femenino (50 ojos) para un 49,5 %. Los dos grupos de edades más representados fueron el de 20 a 29 con un 28,7 % y el de 30 a 39 con una contribución similar (27,7 %). Se sometió a contraste una hipótesis de medias similares de edades entre sexos (Mas= 33,1 años *versus* Fem= 32,8 años). Para esto se utilizó el criterio de la prueba t de Student, la cual confirmó la presunción inicial de promedio de edades iguales ( $t= 0,1479$ ;  $p= 0,8827$  gl).

La tabla 2 presenta la relación o congruencia entre el índice de predicción del queratocono y el grado de severidad detectado. No solamente se presentan las frecuencias categorizadas según los diferentes puntos de corte para las dos variables de la tabla de contingencia, sino que decidimos adicionalmente mostrar en los totales marginales de filas y columnas los respectivos valores promedios de tales variables, dentro de cada categoría específica. De esa forma pudimos apreciar que el menor valor promedio del índice de severidad (17,0 %), fue encontrado en la categoría donde el índice de predicción categorizaba como normal, y era

mucho mayor el índice de severidad (43,9 %) en el grupo que el índice de predicción categorizó como patológico. El comportamiento de los valores del índice de predicción e índice de severidad fue similar. Se resalta el hecho de lo exigua que fue la presencia de ojos de pacientes evaluados como normales mediante el índice de predicción con apenas 6, y estaban prácticamente ausentes los casos sospechosos con solo 1. Un análisis de varianza confirmó la estrecha relación entre el índice de predicción y el índice de severidad ( $F_{2,98} = 5,945; p = 0,004$ ).

**Tabla 1** - Distribución según edad y sexo

Grupos de edades	Sexo				Total	
	Masculino		Femenino		No.	%
	No.	%	No.	%		
14 - 19	9	17,6	4	8,0	13	12,9
20 - 29	9	17,6	20	40,0	29	28,7
30 - 39	19	37,3	9	18,0	28	27,7
40 - 49	12	23,5	12	24,0	24	23,8
50 - 59	2	3,9	5	10,0	7	6,9
Total	51	100,0	50	100,0	101	100,0
Edad media	33,1		32,8		32,9	
% sobre el total	50,5		49,5		100,0	

La relación que podría existir entre la severidad del queratocono y su localización es presentada en la [tabla 3](#). Se partía de la presunción de que los que se ubicaban en la región central serían los de mayor magnitud, algo que se podía apreciar en la columna marginal final donde hemos colocado el KSI promedio, en la que se destaca el alto valor correspondiente a la localización central con 60,6 %. La menor se localizó en la superior. Se apreció como detalle notable la elevada proporción de ojos con conos localizados en la región central (49,5 %) seguido de los ubicados en la parte inferior (41,6 %).

La hipótesis subyacente de que la localización estaba relacionada con el grado de severidad pudo ser verificada. Para esto nos valimos tanto de una décima de independencia con la prueba estadística Chi cuadrado como con una diferencia de medias. Se correspondía la

localización central con valores más altos del índice de severidad ( $> 30 \%$ ), casos clasificados como queratocono clínico.

**Tabla 2 - Índice de predicción del queratocono *versus* índice de severidad**

Índice de predicción del queratocono	Severidad queratocono						Total		Media. Índice de severidad KSI
	Normal < 15 %		Sospecha 15,30 %		Queratocono clínico > 30 %		No.	%	
	No.	%	No.	%	No.	%			
Normal < 0,21	3	50,0	1	16,7	2	33,3	6	100,0	17,0
Sospecha 0,21 - 0,23	-	0,0	-	0,0	1	100,0	1	100,0	43,0
Patológico > 0,23	21	22,3	15	16,0	58	61,7	94	100,0	43,9
<b>Total</b>	24	23,8	16	15,8	61	60,4	101	100,0	42,3
<b>Índice medio de predicción</b>	0,3296		0,3487		0,4075		0,3797		-

**Tabla 3 - Distribución según índice de severidad y localización**

Localización	Severidad del queratocono						Total		Media KSI
	Normal < 15 %		Sospecha 15,30 %		Queratocono clínico > 30 %		No.	%	
	No.	%	No.	%	No.	%			
Inferior	19	45,2	12	28,6	11	26,2	42	100,0	25,1
Central	1	2,0	3	6,0	46	92,0	50	100,0	60,6
Superior	4	44,4	1	11,1	4	44,4	9	100,0	21,4
<b>Total</b>	24	23,8	16	15,8	61	60,4	101	100,0	42,3

La tabla 4 presenta el índice de predicción de queratocono según localización. Ya se disponía de la información que indicaba que el grupo sospecha solo tenía un caso, y que el grupo más numeroso era el patológico, con un 93,1 %. No obstante, cuando se analizó la

distribución según localización, se apreció que lo predominante eran las ubicaciones centrales (50 ojos) y la inferior con 42, así como que el promedio del índice de predicción fue superior en el grupo central (0,3974). Se correspondió la localización central con el grupo mayor de casos con índice de predicción patológico. Un análisis de varianza de una vía permitió establecer que esa pre-eminencia no era obra de la casualidad ( $F_{2,98} = 3,3167$ ;  $p = 0,0430$ ).

**Tabla 4 - Índice de predicción del queratocono según localización**

Índice de predicción del queratocono	Localización						Total	
	Inferior		Central		Superior		No.	%
	No.	%	No.	%	No.	%		
Normal < 0,21	1	2,4	2	4,0	3	33,3	6	5,9
Sospecha 0,21 - 0,23	.	0,0	1	2,0	.	0,0	1	1,0
Patológico > 0,23	41	97,6	47	94,0	6	66,7	94	93,1
Total	42	100,0	50	100,0	9	100,0	101	100,0
KPI medio	0,3755		0,3974		0,3011		0,3797	

Las aberraciones de alto orden son presentadas en la tabla 5, en la que se utiliza su valor promedio, así como su desviación estándar y los valores extremos (máximo y mínimo).

**Tabla 5 - Aberraciones de alto orden**

Aberraciones de alto orden	Media RMS	DS	Mínimo RMS	Mediana RMS	Máximo RMS
Coma	1,65	0,93	0,09	1,55	4,24
Trefoil	0,69	0,43	0,08	0,61	1,87
Aberración esférica	1,36	1,06	0,01	1,14	5,13

## DISCUSIÓN

El *Dundee University Scottish Keratoconus Study* (DUSKS) reportó que la edad media de diagnóstico de queratocono es típicamente entre la segunda y comienzos de la tercera década de la vida y que solamente una pequeña proporción de pacientes se diagnostican (7,5 %) cercano a los 40 años. Por otra parte, el *Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus* (CLEK) plantea una edad media entre los 24 y 27 años de edad al diagnóstico y que solo el 4 % de los pacientes tenían al diagnóstico más de 49 años.<sup>(25)</sup>

En este estudio se encuentra un predominio de pacientes en los grupos de edades de 20 a 29 y de 30 a 39 años donde, a pesar de no ser un estudio similar a los anteriormente descritos, nuestro grupo de pacientes están comprendidos entre las edades referidas. Mientras en un estudio publicado por *Pérez Parra* y otros, en el año 2014, la edad promedio se encontró en los 35 años y un predominio en el sexo femenino,<sup>(10)</sup> estudio también realizado en este instituto.

Se considera que pudiera influir además que una parte de los casos diagnosticados eran remitidos desde las consultas de cirugía implanto-refractiva donde el mayor número de los casos pesquisados están comprendidos en este grupo de edades.

Durante los años de implantación de la topografía de reflexión se han desarrollado numerosos índices y programas de detección incorporados al software de los distintos aparatos. Dentro de los índices topográficos que analiza el topógrafo Magellan tenemos el índice de severidad y el índice de predicción del queratocono, donde su comportamiento en la muestra estudiada es uno de los objetivos de nuestra investigación.

Al analizar su comportamiento en esta muestra se encuentra que el mayor porcentaje de casos se encontraba dentro del grupo clasificado como patológico por el índice de predicción y como queratocono clínico teniendo en cuenta el índice de severidad.

Se plantea además que el KPI es derivado de 8 índices cuantitativos; es considerado uno de los indicadores más significativos de la asimetría corneal y constituye el determinante primario de clasificación con el uso del índice de clasificación de queratocono (KCI).<sup>(26)</sup> Este índice de predicción del queratocono se plantea que posee una sensibilidad del 92 %, una especificidad del 59 % y una exactitud del 74 %.

Se encuentra en este estudio una estrecha relación entre el índice de predicción y el índice de severidad, y existe una correlación entre ellos de forma ascendente. Es decir, a medida que aumentaba el índice de severidad, aumentaba el índice de predicción.

Al revisar la literatura buscando los patrones topográficos invocados en esta enfermedad encontramos que autores<sup>(27)</sup> plantean que el patrón topográfico típico del queratocono se caracteriza por un poder corneal central alto, una córnea inferior curva, una amplia diferencia entre el poder del ápex corneal y el de la periferia, y a menudo disparidad entre el poder central de las dos córneas de un paciente dado. Sin embargo, en un mínimo de casos los conos están centrados y en algunos casos raros existen queratoconos con la curvatura superior mayor que la inferior.

*Morote* y otros<sup>(28)</sup> refieren clasificar el queratocono establecido en los siguientes patrones:

- *Bull's eye pattern* (*patrón en ojo de buey*): Representación gráfica de un cono central, y aunque es de las más típicas, es de las menos frecuentes. A medida que el cono progresa, la córnea va adquiriendo mayor curvatura con una forma más prolata.
- *Bow tie pattern*: Según se aleja el cono del vértice corneal, se produce la imagen de pajarita astigmática cuyas ramas se incurvan hacia la zona ectásica. La pajarita es la representación de un queratocono no central.
- *Junctional pattern*: patrón mixto entre los anteriores.

*Samara* y otros<sup>(29)</sup> clasifican el queratocono por topografía en tres categorías: queratocono central simétrico, queratocono central asimétrico y queratocono periférico, Donde predominan los queratoconos centrales, aunque difiere en que ellos dividieron los queratoconos centrales en simétricos y asimétricos, con predominio de estos últimos. Igualmente *Pérez Parra* y otros<sup>(10)</sup> lo clasificaron en localización del cono excéntrica y central, donde predominó la localización central del cono en un 85,5 % de los casos.

Los autores de esta investigación consideramos más útil clasificar las topografías de nuestros pacientes utilizando la localización del cono (al ser el encurvamiento corneal anormal localizado el hallazgo topográfico típico) en: conos centrales y conos periféricos

inferior y superior (centrales cuando el ápex del cono está dentro de los tres milímetros centrales, en el centro geométrico central y periféricos cuando salen de esta localización).

Coincidimos con otros autores<sup>(30)</sup> en que la localización del cono es lo que más influye en la distorsión visual y debe hacerse una evaluación del efecto de la localización en cuanto a equivalente esférico, poder del cilindro y raíz cuadrática media de la aberración de frente de onda.

En esta muestra de estudio predominaron los conos de localización central, localización esta que se correspondió con los casos con índice de predicción patológico y la forma de queratocono clínico según índice de severidad.

Resulta importante señalar que la localización del cono con este tipo de topógrafo pudiera generar alguna controversia porque su localización no se incluye dentro de los programas del equipo.

En esta investigación se consideró también el comportamiento de las aberraciones de alto orden que se encuentran invocadas como más modificadas en este tipo de pacientes, a partir del conocimiento de que la topografía corneal convencional puede ser utilizada para medir las aberraciones de la córnea de forma independiente. Mediante un trazado de rayos virtual sobre los mapas de elevación corneal (obtenidos mediante topografía corneal con disco de Plácido) puede medirse la aberración transversal de la superficie corneal anterior. A partir de estos datos se puede obtener la aberración de onda corneal tal y como se ha descrito anteriormente. La aberrometría corneal derivada de topografía ha sido reconocida como un método eficaz para analizar superficies corneales altamente aberradas en queratocono, opuesto a la aberrometría ocular total, que está limitada por el área pupilar.<sup>(15)</sup>

La descentración del ápice corneal, ya sea inferior, inferonasal o inferotemporal, conlleva aberraciones coma.like significativas. Los mapas de color de las aberraciones de alto orden muestran diferentes frentes de onda con base en la posición del cono, el cual es usualmente inferior o inferonasal en relación con el frente de onda en la parte opuesta de la córnea, más frecuentemente superior, lo que genera un coma horizontal.<sup>(4)</sup>

Al analizar el comportamiento de las aberraciones de alto orden coma, trefoil y aberración esférica en esta muestra, observamos valores medios de la raíz cuadrática media mayores en

la aberración coma, seguido de la aberración esférica. Pero al relacionarlas, observamos que a medida que se incrementaban los valores aparecían valores superiores en esta última. Este comportamiento era de esperarse en nuestro estudio, donde predominó la localización central del cono. Reiteramos que las aberraciones de frente de onda muestran diferentes frentes de onda en relación con la posición del cono.

*Schlegel* y otros,<sup>(4)</sup> en el año 2008, hallaron altos valores de aberraciones coma vertical y aberraciones coma-like en pacientes con queratocono comparado con muestras de sujetos normales. En adición, *Maeda*<sup>(23)</sup> plantea que las aberraciones de alto orden en pacientes con queratocono eran significativamente diferentes que en pacientes normales, con dominancia de las aberraciones coma-like sobre las aberraciones esféricas-like. Otros estudios demostraron que las aberraciones de alto orden son 5,5 veces mayores en ojos con queratocono y que el coma vertical era la aberración dominante.<sup>(31)</sup>

Se coincide con otros investigadores en que, a pesar de la utilidad de la tecnología de frente de onda para mensurar astigmatismo irregular a través de las aberraciones de alto orden, la presencia de pares de términos de *Zernike* con valores positivos y negativos hace difícil reconocer las características de estas aberraciones y realizar análisis estadísticos,<sup>(32)</sup> como sucedió al analizar las aberraciones corneales con el topógrafo utilizado en esta investigación.

Por esta razón solo se toman en cuenta los valores medios de RMS y los valores mínimos y máximos para cada aberración estudiada. No se encontraron, en la revisión realizada al efecto, estudios de aberraciones corneales por topografía con el uso de este topógrafo.

Los grupos de edades más representados son los de 20 a 29 y de 30 a 39 años, con proporción similar de pacientes en uno y otro sexo. Predominan los pacientes con queratocono clínico por índice de severidad y con clasificación patológica según índice de predicción con correlación ascendente entre ambos índices. La localización central del cono es la más frecuente y donde predominan los valores más elevados de los índices anteriores. Predomina la aberración de alto orden coma en cuanto al valor medio y la aberración esférica en el valor máximo de la RMS.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zadnik K, Barr JT, Edrington T, Everett DF, Jameson M, McMahon TT, Shin JA, Sterling JL, Wagner H, Gordon MO, the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study Group. Baseline Findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1998 [acceso: 01/07/2011];39. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/39/13/2537.full.pdf>
2. Shirayama Suzuki M, Amano S, Honda N, Usui T, Yamagami S, Oshika T. Longitudinal analysis of corneal topography in suspected keratoconus. Br J Ophthalmol 2009 [acceso: 01/09/2011];93. Disponible en: <http://bjo.bmj.com/content/93/6/815.full.pdf>
3. Mokey Castellanos MO. Queratoplastia perforante en el queratocono grado IV y tratamiento selectivo con láser excimer de ametropías post trasplante [tesis]. La Habana: Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras; 2008.
4. Schlegel Z, Hoang Xuan T, Gatinel D. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus suspect eyes. J Cataract Refract Surg. 2008 [acceso: 12/10/2011];34. Disponible en: <http://www.gatinel.com/wp.content/uploads/2010/01/JCRS.MAY.2008.pdf>
5. Smolek MK, Klyce SD. Current Keratoconus Detection Methods Compared With a Neural Network Approach. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1997 [acceso: 01/09/2011];38. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/38/11/2290.full.pdf>
6. McMahon TT, Szczotka Flynn L, Barr JT, Anderson RJ, Slaughter ME, Lass JH, Iyengar SK, the CLEK Study Group. A New Method for Grading the Severity of Keratoconus. The Keratoconus Severity Score (KSS) Cornea. 2006 [acceso: 01/09/2011];25. Disponible en: <https://vrcc.wustl.edu/clekarchive/pdf/31%20McMahon%20%20A%20New%20Method.pdf>
7. Jareño Ochoa M, Pérez Parra Z, Fernández Domínguez TM, Gómez Castillo Z, Escalona Leyva E, Díaz Ramírez S. Efectividad del crosslinking del colágeno corneal en el tratamiento del queratocono. Rev Cubana Oftalmol [Internet]. 2012 [acceso:

09//02/2018];25(2):243-53. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864.21762012000200009&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864.21762012000200009&lng=es)

8. Rabinowitz YS. The genetics of keratoconus. *Ophthalmol Clin N Am.* 2003 [acceso: 04//07/2011]; 16. Disponible en: <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/08961549/PIIS0896154903000993.pdf>

9. Nielsen K, Hjortdal J, Pihlmann M, Corydon TJ. Update on the keratoconus genetics. *Acta Ophthalmol.* 2013 [acceso: 22//03/2014];91 (2):[aprox. 3 p.]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22471291>

10. Pérez Parra Z, Ulloa Oliva S, Escalona Leyva ET, Castillo Pérez AC, Márquez Villalón S. Caracterización clínica y epidemiológica del queratocono. *Rev Cubana Oftalmol [Internet].* 2014 [acceso: 09//02/2018]; 27(4):598-609. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864.21762014000400010&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864.21762014000400010&lng=es)

11. Gordon-Shaag A, Millodot M, Shneur E, Liu Y. The genetic and environmental factors for keratoconus. *BioMed Research International;* 2015 [acceso: 19/12/2018]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/795738/cta/>

12. Anthony J, Aldabe VS, Yellore AK, Salem GL, Yoo SA, Rayner H, et al. VSK1 Gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:2820-2.

13. Jun AS, Cope L, Feng X, Lee S, Meng H, Hamad A, Chakravarti S. Subnormal cytokine profile in the tear fluid of keratoconus patients. *PLoS One.* 2011;27;6(1):e16437.

14. Wisse RPL, Kuiper JJW, Gans R, Imhof S, Radstake TRDJ, van der Lelij A. Cytokine Expression in Keratoconus and its Corneal Microenvironment: A Systematic Review. *Ocul Surf.* 2015;(04):6.

15. Szczotka Flynn L, Slaughter M, McMahon T, Barr J, Edrington T, Fink B, Lass J, Belin M, Kiyengar S. CLEK Study Group Disease severity and family history in keratoconus. *Br J Ophthalmol.* 2008 [acceso: 04/07/2011];92. Disponible en: <http://bjo.bmj.com/content/92/8/1108.full.pdf>

16. de Sanctis U, Loiacono C, Richiardi L, Turco D, Mutani B, Grignolo FM. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measured by pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology*. 2008 [acceso: 04/07/2011];115. Disponible en: <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/01616420/PIIS0161642008002005.pdf>
17. Klyce SD. Chasing the suspect: keratoconus. *Br J Ophthalmol*. 2009 [acceso: 04/07/2011];93. Disponible en: <http://bj.o.bmj.com/content/93/7/845.full.pdf>
18. Díaz Rodríguez ME, López Hernández S, Benítez Meriño MC, González Peña A, Cuevas Ruiz J, Noriega Martínez JL. Diagnóstico del queratocono subclínico por topografía de elevación. *Rev Cubana Oftalmol [Internet]*. 2014 [acceso: 19/12/2018];27(1):29-37. Disponible en: [http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864.21762014000100004&lng=es](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864.21762014000100004&lng=es)
19. Mariño Hidalgo O, Guerra Almaguer M, Cárdenas Díaz T, Pérez Suárez RG, del Carmen Medina Y, Milanés Camejo R. Lentes esclerales: características e indicaciones. *Rev Cubana Oftalmol [Internet]*. 2017 [acceso: 19/12/2018];30(1). Disponible en: [http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864.21762017000100010&lng=es](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864.21762017000100010&lng=es)
20. Piñero DP, Alió JL, Alesón A. Pentacam posterior and anterior corneal aberrations in normal and keratoconic eyes. *Clin Exp Optom*. 2009 [acceso: 29/07/2011];92:3. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1444.0938.2009.00357.x/pdf>
21. McGhee CN, Altaie R. Assessing computerized tomography and higher order aberration in the diagnosis of manifest and subclinical keratoconus. *Clin Experim Ophthalmol*. 2008;36:807-9.
22. del Castillo Ruiz A, Hernández Quintela E. Aberraciones corneales de alto orden: ¿Un método para graduar al queratocono? *Rev Mex Oftalmol*. 2008 [acceso: 10/02/2011];82(6). Disponible en: [http://www.artemisaenlinea.org.mx/acervo/pdf/revista\\_mexicana\\_ofthalmologia/Aberraciones%20369.375.pdf](http://www.artemisaenlinea.org.mx/acervo/pdf/revista_mexicana_ofthalmologia/Aberraciones%20369.375.pdf)

23. Maeda N. Clinical applications of wave front aberrometry a review. Clin Experim Ophthalmol. 2009 [acceso: 12/10/2011];37. Disponible en: [http://www.dcc.unicamp.br/~wainer/cursos/2s2008/ia/ambrosio\\_ct\\_profile.pdf](http://www.dcc.unicamp.br/~wainer/cursos/2s2008/ia/ambrosio_ct_profile.pdf)
24. Barbero S, Marcos S, Merayo Lloves J, Moreno Barriuso E. Validation of the estimation of corneal aberrations from videokeratography in keratoconus. J Refract Surg. 2002 [acceso: 29/10/2011];18. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/8776/1/Validation\\_estimation\\_corneal\\_aberrations.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/8776/1/Validation_estimation_corneal_aberrations.pdf)
25. Weed KH, MacEwen CJ, Giles T, Low J, McGhee CNJ. The Dundee University Scottish Keratoconus study: demographics, corneal signs, associated diseases and eye rubbing. Eye. 2007 [acceso: 12/10/2011];22. Disponible en: <http://www.nature.com/eye/journal/v22/n4/pdf/6702692a.pdf>
26. Twa MD, Parthasarathy S, Roberts C, Mahmoud AM, Raasch TW, Bullimore MA. Automated decision tree classification of corneal shape. Optom Vis Sci. 2005 [acceso: 15/08/2011];82(12). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3073139/pdf/nihms275710.pdf>
27. Ambrosio R, Venetto M, Wilson SE. Uso de la topografía en el diagnóstico de las patologías corneales. En: Boy BF. Wavefront analysis, aberrómetros y topografía corneal. Panamá: Highlights of Ophthalmology; 2003:117-30.
28. Jiménez M, Alfaro I, Alejandre Alba N, Herrera Pereiro J. Sistemas topográficos de proyección (Topografía de Plácido). En: Castillo Gómez A. Métodos Diagnósticos en Segmento Anterior. España: Secoir; 2011. p. 173-85.
29. Samara A, Benítez Merino MC, Díaz Parra Y, Machado E. Características topográficas del queratocono en nuestro medio. Rev Cubana Oftalmol. 2003 [acceso: 26/05/2011];16(2). Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/oft/vol16\\_2\\_03/oft08203.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/oft/vol16_2_03/oft08203.htm)
30. Tan B, Baker K, Chen YL, Lewis JW, Shi L, Swartz T. How keratoconus influences optical performance of the eye. J Vis. 2008;8(2):13:1-10.

31. McGhee CN, Altaie R. Assessing computerized tomography and higher-order aberration in the diagnosis of manifest and subclinical keratoconus. *Clin Experim Ophthalmol.* 2008;36:807-9.

32. Kosaki R, Maeda N, Bessho K, Hori Y, Nishida K, Suzaki A, Hirohara Y, Mihashi T, Fujikado T, Tano Y. Magnitude and orientation of Zernike terms in patients with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007 [acceso: 05/08/2011];48. Disponible en: <http://www.iovs.org/content/48/7/3062.full.pdf+html>

### **Conflicto de intereses**

Los autores del presente artículo declaran que no tienen conflicto de intereses.