

Utilidad de la tomografía corneal Pentacam en el queratocono en niños

Neisy Bernal Reyes, Alejandro Arias Díaz, Lorelei Ortega Díaz, Judith Cuevas Ruiz

Resumen

Objetivo: Determinar la utilidad de los mapas de elevación anterior y posterior y paquimétricos obtenidos con el Pentacam en la diferenciación entre córneas normales y con queratocono en pacientes en edad pediátrica.

Método: Se estudiaron 66 ojos de pacientes con edades entre 5 y 16 años con córneas con sospecha de queratocono y queratocono y se compararon con córneas normales. Las variables estudiadas fueron: edad, sexo, elevaciones normales, sospechosas o anormales anterior y posterior, la paquimetría del ápex en el punto más delgado, perfil espacial de espesor corneal, porcentaje de incremento de espesor corneal, índice de progresión paquimétrico promedio y volumen corneal. Se calcularon valores de media, desviación estándar, rango, test Chi cuadrado, utilizando el paquete estadístico SPSS.

Resultados: Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre córneas sanas y córneas con queratocono en cuanto a elevación anterior y posterior, paquimetría del ápex en el punto más delgado, el perfil espacial de espesor corneal, porcentaje de incremento de espesor corneal, índice de progresión paquimétrico promedio y volumen corneal.

Conclusiones: Las cuantificaciones de elevación anterior y posterior en los mapas de sustracción de la elevación, la paquimetría del ápex en el punto más delgado, diferencias entre ambas paquimetrías, el perfil espacial de espesor corneal, el porcentaje de incremento de espesor corneal, el índice de progresión paquimétrico promedio y el volumen corneal combinados son de gran utilidad para diferenciar córneas sanas de córneas con queratocono en edades pediátricas, contribuyendo a mejorar la sensibilidad y especificidad en el diagnóstico precoz del mismo.

Palabras clave: queratocono, tomografía corneal, mapas de elevación, mapas paquimétricos, volumen corneal, niños.

Utility of Pentacam corneal tomography in keratoconus in children

Abstract

Objective: To evaluate the usefulness of maps of elevation and abduction pachymetric maps, obtained by corneal tomography for differentiation between normal corneas and corneas with keratoconus in pediatric patients.

Methods: We studied 66 eyes of patients aged between 5 and 16 corneas with keratoconus suspect and were compared with normal corneas. Were studied: age, sex, and elevation maps pachymetric and corneal volume. We calculated mean values, standard deviation, range, Chi square test, variance between the means using the statistical package SPSS version 19.

Results: The mean age of the study was 10.22 years \pm 3.08 SD. In patients with keratoconus the average age was 10.77 years \pm 3.07 SD. The corneas with keratoconus have maximum anterior elevation 15.45 \pm 1.39 microns, 17.35 \pm 5.85 and post um, more than healthy ones, are thinner at the apex 30.02 microns, with a major difference between the apex pachymetry and 17 from the thinnest point, 47 \pm 4.35 microns, up steepest corneal thickness from the thinnest point to the periphery and less corneal volume.

Conclusions: The combination of maps based on elevation and corneal assessment pachymetric constitute a complete program which provides an overview of the structure of corneal tomography with Pentacam. Proving to be very useful to differentiate healthy corneas with keratoconus corneas in pediatric patients, helping to improve the sensitivity and specificity for early diagnosis of it.

Key words: keratoconus, Pentacam, corneal volume, elevation maps, pachymetrics maps, corneal volumen, children.

Conclusion: Our results showed that cataract surgery does not change the central cornea thickness within the first 90 days postoperatively.

Keywords: central corneal thickness, cataract surgery, pachymetry.

Utilidade da tomografia corneana Pentacam no ceratocone em crianças

Resumo

Objetivo: Determinar a utilidade dos mapas de elevação anterior e posterior e paquímetros obtidos com o Pentacam na diferenciação entre córneas normais e com ceratocone em pacientes pediátricos.

Método: Foram avaliados 66 olhos de pacientes entre 5 e 16 anos de idade com córneas com suspeita de ceratocone e foram comparadas com córneas normais. As variáveis estudadas foram: idade, sexo, elevações normais, suspeitas ou anormais anterior e posterior, a paquimetria do ápice no ponto mais fino, diferenças entre ambas as paquimetrias, perfil espacial da espessura corneana, porcentagem de incremento de espessura corneana, índice de progressão paquimétrica média e volume corneano.

Foram calculados valores de média, desvio padrão, faixa e teste Qui-quadrado utilizando o pacote estatístico SPSS.

Resultados: Observaram-se diferenças estatisticamente significativas entre córneas saudáveis e córneas com ceratocone quanto à elevação anterior e posterior, paquimetria do ápice no ponto mais fino, o perfil espacial de espessura corneana e porcentagem de aumento da espessura corneana, índice de progressão paquimétrica média e volume corneano.

Conclusões: As quantificações de elevação anterior e posterior nos mapas de subtração da elevação, a paquimetria do ápice no ponto mais fino, diferenças entre ambas as paquimetrias, o perfil espacial de espessura corneana, a porcentagem de incremento de espessura corneana, o índice de progressão paquimétrica média e o volume corneano combinados são de grande utilidade para diferenciar córneas saudáveis de córneas com ceratocone em idades pediátricas, contribuindo a melhorar a sensibilidade e especificidade no diagnóstico precoce do ceratocone.

Palavras chave: ceratocone, tomografia corneana, mapas de elevação, mapas paquimétricos, volume corneano, crianças.

Autor responsable: Dra. Neisy Bernal Reyes
Instituto Cubano de Oftalmología (ICO) "Ramón Pando Ferrer"
Calle 76 #3104 entre 31 y 41, Marianao, Habana
neisyb@horpf.sld.cu

Oftalmol Clin Exp (ISSN 1851-2658) 2011; 5(1): 18-27

El queratocono es una enfermedad no inflamatoria bilateral (con frecuencia altamente asimétrica) caracterizada por el adelgazamiento y la protrusión progresivos de la córnea, los cuales llevan a un incremento en la curvatura, astigmatismo irregular y miopía progresiva¹.

La tasa de prevalencia del queratocono es muy variable en el estudio Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK), el cual es el análisis multicéntrico más importante realizado sobre progresión y evolución del queratocono que reporta una tasa de 1/2000 personas en Estados Unidos². Kennedy y colaboradores estiman una incidencia anual de 2/100,000 personas con una prevalencia de 55/100,000 y una incidencia de dos casos nuevos por año². Otros estudios informan una frecuencia de 25/100,000 en poblaciones con tradición de matrimonios consanguíneos².

Se comunica el comienzo de la enfermedad alrededor de los 16 años como media, pero ha sido reportado hasta en pacientes de 6 años de edad, manteniéndose activo entre 5 a 10 años; en este período la evolución puede ser rápida, con cambios en la refracción cada 3 a 4 meses¹⁻² para luego mantenerse estable durante años.

Otros autores han informado la progresión más rápida en pacientes que se diagnostica antes de los 15 años y que estos necesitan una queratoplastia antes de los 20 años de edad³⁻⁴.

Aunque se desconocen a ciencia cierta las causas, se han documentado estudios de cambios metabólicos y químicos en el tejido corneal². Se reportó de un 6 a 18% de pacientes con antecedentes familiares de la enfermedad, por lo que muchos estudios han propuesto el queratocono como una compleja enfermedad genética². Se asoció a esta enfermedad con atopía, enfermedades del tejido conectivo, ojo rojo, uso de lentes de contacto y herencia².

El diagnóstico de las formas subclínicas o leves de la enfermedad, donde el paciente aún tiene buena agudeza visual corregida y no presenta signos clínicos o estos son mínimos, constituye un reto; el diagnóstico de estadios moderados y severos no plantea una gran dificultad debido a signos biomicroscópicos de adelgazamiento corneal localizado, anillo de Fleischer, estrías de Vogth, signo de Munson, signo de Rizutti y astigmatismo irregular y reflejo retinoscópico en tijeras⁵.

Desde 1946 Amsler estudió y demostró la impor-

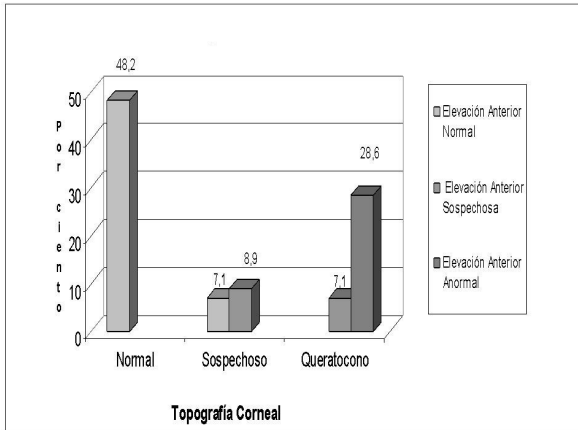


Figura 1. Mapa de sustracción de elevación anterior.

tancia del diagnóstico de la entidad en estadios leves de la forma frustre mediante topografía corneal para la evaluación y el seguimiento de pacientes con queratocono unilateral o asimétrico y para el estudio de familiares de pacientes con la enfermedad⁶.

Paralelo al desarrollo evolutivo de los topógrafos corneales se han desarrollado métodos de inteligencia artificial cada vez más sofisticados, acoplados a los topógrafos corneales basados en discos de Plácido y descriptores cuantitativos o índices topográficos que ayudan a mejorar la sensibilidad y especificidad en el diagnóstico, como el test de Rabinowitz-McDonnell, el índice KISA, el sistema experto de Klyce-Maeda-Smolek, el Corneal Navigator, entre otros; pero no están exentos de falsos negativos, como en el caso de la degeneración marginal pelúcida, ya que los sistemas están calibrados para el queratocono⁵.

Los topógrafos de reflexión con tecnología de anillos de Plácido crean mapas de curvatura donde la calidad de la película lagrimal y la alineación son críticas cuando se realiza la prueba al paciente y juegan un papel importantísimo a la hora de interpretar adecuadamente el examen. Los mapas de elevación que generan se obtienen a partir de los mapas de curvatura, por lo que no son precisos y solo permiten investigar la superficie corneal anterior. Teniendo en cuenta que ha sido demostrado que los cambios en la curvatura posterior de la córnea proporcionan información que permite la identificación temprana de ectasias corneales, es importante contar con un método preciso para estudiar la elevación posterior de esta⁷.

Cuando se realiza el estudio al paciente, para los mapas de curvatura es muy importante la orientación y la posición del ojo, ya que de lo contrario se pueden realizar interpretaciones erróneas (falsos positivos),

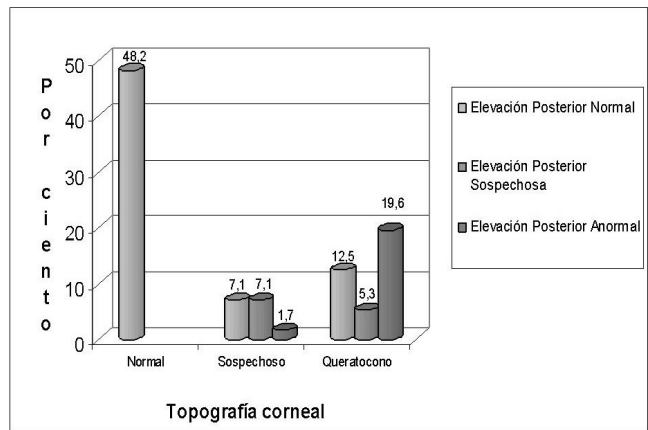


Figura 2. Mapa de sustracción de elevación posterior.

pero los mapas de elevación son independientes del eje y de la posición del ojo, por lo que no presentan este alto grado de falsos positivos de los de curvatura⁸.

Los topógrafos que utilizan discos de Plácido no permiten diagnosticar estadios iniciales de queratocono y usualmente diagnostican una córnea con ápex descentrado como queratocono, siendo los mapas de elevación más eficientes y fiables para diagnóstico precoz⁸.

Los mapas de curvatura implican una localización inexacta del ápex del queratocono y una alta incidencia de pseudodegeneración marginal pelúcida, los mapas de elevación y paquimetría son mucho más fiables a la hora de localizar el ápex del queratocono⁷.

El surgimiento de la tomografía corneal con la cámara rotacional de Scheimpflug Pentacam elimina todas las desventajas de los mapas de curvatura, obteniéndose imágenes de la superficie anterior y posterior de la córnea, de las cuales es posible obtener mapas de elevación y mapas paquimétricos completos⁷.

La información precisa de la elevación posterior es un requisito para la paquimetría precisa, debido a que esta es la diferencia entre las superficies anterior y posterior. La cámara mide desde la superficie anterior del epitelio hasta la superficie anterior del endotelio, sin incluir la película lagrimal para calcular el espesor de la córnea⁷.

Datos como el espesor corneal apical, el espesor en el centro de la pupila, la localización del punto más delgado, la distancia y posición relativa del punto más delgado al ápex corneal son también medidos por el Pentacam⁷.

La tomografía corneal con Pentacam permite obtener el perfil espacial de espesor corneal, el porcentaje de incremento de espesor corneal y la distribución de

Tabla 1. Variables paquimétricas.

Grupos	Parámetros	Paquimetría ápex	Paquimetría pupila	Paquimetría punto más delgado	Diferencia entre la paquimetría de la pupila y la del punto más delgado
Normales	Ma ± DEb	549,62 ± 23,36	548,53 ± 24,06	546,35 ± 22,47	3,40 ± 3,81
	Rango	602 - 504	602-524	598 -500	0 -15
Sospechoso	Ma ± DEb	536,44 ± 23,09	534,61 ± 21,05	532,5 ± 19,44	5,66 ± 4,44
	Rango	585-524	580-504	577 - 528	2 -22
Queratocono	Ma ± DEb	519,6 ± 34,73	515,54 ± 34,21	512,05 ± 33,85	17,47 ± 4,35
	Rango	567 - 468	565 - 466	560 - 464	22 - 59

Fuente: Base de datos. Ma = Media. DEb = Desviación estándar.

Tabla 2. Índice de progresión paquimétrico promedio

Grupos	Parámetros	Índice de progresión paquimétrico promedio
Normales	Ma ± DEb	0,97 ± 0,13
	Rango	0,8 -1,2
Sospechosos queratocono	Ma ± DEb	0,98 ± 0,09
	Rango	0,8 -1,2
Queratocono	Ma ± DEb	1,5 ± 0,08
	Rango	1,2 -1,8

Fuente: Base de datos. Ma = Media. DEb = Desviación estándar.

Tabla 3. Perfil espacial de espesor corneal.

Grupos	Parámetros	4.0 mm	8.0 mm
Normales	Ma ± DEb	552,7 ± 26,3	658,3 ± 32,8
	Rango	650 - 463	795-544
Sospechoso	Ma ± DEb	528,6 ± 23,8	601,7 ± 21,8
	Rango	596-478	624-505
Queratocono	Ma ± DEb	500,5 ± 31,6	593,2 ± 24,7
	Rango	573 - 426	686 - 498

Fuente: Base de datos. Ma = Media. DEb = Desviación estándar.

Tabla 4. Porcentaje de incremento de espesor corneal.

Grupos	Parámetros	4.0 mm	8.0 mm
Normales	Mediana	8,1%	28,6 %8
	Rango	0,8 - 15,3 %	11,5 - 47,8 %
Sospechoso	Mediana	15,3 %	33,4 %
	Rango	1,1 - 42,75%	15,6 - 106,5%
Queratocono	Mediana	25,4 %	51,6 %
	Rango	5,2 - 104,8 %	18,9 - 208,5 %

Fuente: Base de datos.

Tabla 5. Volumen corneal.

Grupos	Parámetros	Volumen corneal (mm ³)
Normal	Ma ± DEb	64,27± 2,47
	Rango	58,7 - 69,4
Sospechosos queratocono	Ma ± DEb	63,11± 3,65
	Rango	57,7 – 68,6
Queratocono	Ma ± DEb	60,7±4,34
	Rango	53,6 – 62,2

Fuente: Base de datos. M^a = Media. DE^b = Desviación estándar.

volumen corneal, los cuales han demostrado ser herramientas útiles para identificar condiciones ectásicas.

El equipo realiza un análisis de la progresión del espesor corneal del ojo escaneado y se compara con una base de datos de pacientes normales en ojos no tratados. Analiza el espesor en 22 círculos imaginarios centrados alrededor del punto más delgado con pasos de 0.4 mm de diámetro de incremento⁹.

Para el procesamiento del porcentaje de incremento del espesor corneal se calcula usando una fórmula: $(EC@x - PMD) / PMD$, donde: EC = espesor corneal, x = diámetro del círculo imaginario centrado sobre el punto más delgado y PMD = punto más delgado.

El perfil espacial de espesor corneal y el porcentaje de incremento del espesor corneal se muestran en un gráfico, en el cual se aprecia la información del ojo examinado en rojo y las tres líneas discontinuas oscuras representan los límites de espesor para córneas normales; hacia arriba y hacia abajo de las mismas, se

consideran fuera de dos desviaciones estándar (95% IC). En el centro se muestra el promedio de espesor corneal⁹.

El índice de progresión paquimétrico se calcula para cada uno de los meridianos desde un grado a lo largo de los 360 meridianos empezando en el punto más delgado. Los promedios aritméticos sobre el hemimeridiano más delgado corresponderán a la progresión máxima y en el hemimeridiano más grueso corresponderá con la progresión mínima⁹.

El Pentacam es el único equipo que proporciona una medida directa de la elevación, utilizando una serie de sistemas de tomografía que calculan la elevación como su unidad de medida elemental, aplicándola a un programa de tamizaje de queratocono⁸.

La tecnología de discos de Plácido extrapola el valor central a partir del periférico, ya que al estar la cámara situada en el centro produce un punto ciego central. La tomografía corneal mide el valor real y verdadero de la potencia corneal central⁸.

El método de descripción de la información de elevación y las formas de referencia sustraídas BFS (por sus siglas en inglés) o “esfera de mejor ajuste” fue introducido por Belin en 1990, surgiendo los mapas de elevación aunque el término correcto debe ser mapa de sustracción de la elevación, debido a que no se mira la información de elevación real, sino la información luego de sustraerla de alguna forma de referencia¹⁰.

En un ojo normal la superficie es prolata esférica, el campo de superficie central de 8-9 mm; es una superficie de referencia sutil para identificar las entidades ectásicas y el astigmatismo. La forma que más se aproxima a un cono es la *best fit*-tórica-elipsoide¹⁰.

En 2007 Belin introduce un nuevo término: la BFS mejorada, definiendo así una superficie de referencia basada en la superficie corneal individual excluyendo la región cónica o ectásica; para esto identifica la zona óptica de 4 mm centrada en el punto más delgado de la córnea (zona de exclusión) y determina la BFS para la zona central de 8.0 mm¹⁰. El *software* compara los valores de elevación de la BFS estándar con los valores de BFS mejorada. Las diferencias entre los valores indican anomalía y ayudan a diferenciar córneas sanas de córneas ectásicas.

Combinando los estudios realizados en mapas de sustracción de la elevación con la BFS mejorada por Belin y los análisis de datos aportados por los mapas paquimétricos realizados por Ambrosio, surge el Belin/Ambrosio Enhanced Ectasia Display, sistema de *screening* para el queratocono más sensible, permitiendo una mejor y comprensible evaluación de la entidad¹¹.

En la presente investigación se tenía como propósito evaluar la utilidad de los mapas de elevación anterior y posterior y de mapas paquimétricos obtenidos mediante la tomografía corneal con el Pentacam de Oculus en la diferenciación entre córneas normales, sospechosas y con queratocono en pacientes en edades pediátricas.

Método

Se realizó un estudio prospectivo descriptivo longitudinal, utilizando una población con edades comprendidas entre los 5 a 16 años que asistieron a consulta en el servicio de Córnea de nuestro centro entre los meses de enero 2011 a enero del 2012 tomando una muestra de 66 ojos de 33 pacientes. Los criterios de inclusión fueron: pacientes con sospecha de queratocono o queratocono clínico teniendo en cuenta los criterios de topografía corneal clásicos (6) y como criterios de exclusión el antecedente de otra enfermedad oftalmo-

lógica, uso de lentes de contacto o cirugía ocular previa. Posteriormente se compararon los valores corneales obtenidos con valores de córneas normales no tratadas en pacientes en este mismo rango de edades.

Las variables que fueron estudiadas se relacionan a continuación: edad, sexo en los mapas de elevación anterior y posterior, la presencia de elevaciones normales, sospechosas o anormales, en los mapas paquimétricos, la paquimetría del ápex en la pupila, en el punto más delgado, diferencias entre paquimetría del ápex y punto más delgado, en los gráficos de perfil espacial de espesor corneal y porcentaje de incremento de espesor corneal; se analizó el incremento de los mismos en los círculos de diámetro de 4.0 mm y 8.0 mm. El índice de progresión paquimétrico promedio fue otra variable que se midió al igual que el volumen corneal.

En los mapas de elevación para una esfera de mejor ajuste (BFS) de 9.0 mm se utilizaron los valores establecidos por Belin considerándose para el mapa de elevación anterior:

Normal: menos de +12 μm (μm)
 Sospechoso: entre +12 y +15 μm
 Anormales: más de +15 μm ⁹

Para los mapas de elevación posterior se consideró:

Normal: menos de +17 μm
 Sospechoso: entre +17 y +20 μm
 Anormales: más de +20 μm ⁹

A los pacientes se les realizó una historia clínica oftalmológica que incluye examen oftalmológico completo con toma de agudeza visual sin corrección (AVSC), agudeza visual mejor corregida (AVMC), visión y acomodación paralizada (VAP), examen en lámpara de hendidura, fondo de ojo indirecto y pruebas diagnósticas como queratometría con autorrefractor Nidek, topografía corneal con topógrafo Magellan y tomografía corneal con el Pentacam de Oculus. Solo se tomaron los exámenes de la tomografía corneal en los cuales el equipo informaba un “o.k.” en la QS (*examination quality specification*).

Se confeccionó una base de datos en sistema Microsoft Access y con los resultados obtenidos se realizaron tablas y gráficos para expresar valores de media, desviación estándar y rango. Para calcular la significación estadística se tuvo en cuenta el test de Chi cuadrado y el análisis de varianza entre las medias, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 19. Se consideró estadísticamente significativo cuando la $p < 0,005$.

Se cumplieron a cabalidad las normas de Helsinki para experimentación en humanos.

Se obtuvo el consentimiento informado de los pacientes y padres que aceptaron participar en el estudio y se respetaron las normas éticas de confidencialidad de la información.

Resultados

Se incluyeron 66 ojos de 33 pacientes, de los cuales el 54,5% (36 ojos) era de córneas sanas; el 15,1% (10 ojos) presentaba sospecha de queratocono y un 30,3% (20 ojos) presentaba queratocono. En el estudio el 78,7% era del sexo femenino y el 21,2%, masculino. La media de edad del estudio fue de 10,22 años \pm 3,08 DE con un rango de 5 a 16 años. En los pacientes con queratocono el promedio de edad fue de 10,77 años \pm 3,07 DE con rango de 7 a 15 años.

El 100% de las córneas normales no presentaba elevación anterior anormal. En las córneas con sospecha de queratocono, la mayor cifra correspondió con elevaciones anteriores sospechosas. De las córneas con queratocono el 20% de ellas (7,1% del total del estudio) presentaba elevación anterior sospechosa y un 80% (28,6% del total del estudio) presentaba elevación anterior anormal (fig. 1).

La media de elevación anterior máxima para córneas normales fue de 3,68 \pm 1,83 μ m, para córneas sospechosas fue 11,83 \pm 2,40 DE y para córneas con queratocono 15,45 \pm 1,39 μ m, resultando estas diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos estudiados ($p < 0,0001$).

El 100% de las córneas normales no presentaba elevación posterior anormal. En córneas con sospecha de queratocono la mayor cifra correspondió con elevaciones posteriores sospechosas. De las córneas con queratocono predominó la elevación posterior anormal, correspondiéndose con un 19,6% de la población en estudio (fig. 2).

La media de elevación posterior máxima para córneas normales fue de 4,07 \pm 3,51 μ m, para córneas sospechosas fue de 14,66 \pm 3,44 y para córneas con queratocono 17,35 \pm 5,85 μ m, resultando estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) entre los valores de la media de los grupos en estudio.

El comportamiento de la paquimetría del ápex en las córneas normales presentó una media de 549,62 \pm 23,36 μ m; en córneas sospechosas fue de 536,44 \pm 23,09 y en las córneas con queratocono, 519,6 \pm 34,73 μ m, resultando que las córneas sospechosas y con queratocono en el ápex tenían una paquimetría promedio

de 13,18 μ m y 30,02 μ m más delgadas respectivamente ($p < 0,0001$) (tabla 1).

Los valores de la paquimetría de la pupila en la córneas normales presentó una media de 548,53 \pm 24,06 μ m; en córneas sospechosas fue de 534,61 \pm 21,05 y en las córneas con queratocono, 515,54 \pm 34,21 μ m, resultando que la córneas sospechosas y con queratocono en la pupila tenían una paquimetría promedio de 13,92 μ m y 32,99 μ m más delgadas respectivamente. ($p < 0,0001$) (tabla 1).

En relación a la paquimetría del punto más delgado en las córneas normales la media fue de 546,35 \pm 22,47 μ m; en córneas sospechosas fue de 532,5 \pm 19,44 μ m y para las córneas con queratocono, de 512,05 μ m \pm 33,85 μ m, resultando también que las córneas sospechosas y con queratocono tienen como promedio en el punto más delgado 13,85 μ m y 34,57 μ m menos respectivamente ($p < 0,0001$) (tabla 1).

Otra variable investigada fue la diferencia entre la paquimetría de la pupila y la del punto más delgado, resultando que en córneas normales la media fue de 3,40 \pm 3,81 μ m; en córneas sospechosas fue de 5,66 \pm 4,44 μ m y para las córneas con queratocono fue de 17,47 \pm 4,35 μ m, resultando diferencias estadísticamente significativas entre la media de los grupos ($p < 0,0001$) (tabla 1).

El índice de progresión paquimétrico en córneas normales fue de 0,97 \pm 0,13 μ m; en córneas sospechosas fue de 0,98 \pm 0,09 μ m y para las córneas con queratocono fue de 1,5 \pm 0,08 μ m, con diferencias estadísticamente significativas para esta variable cuando se analizó para córneas normales, respecto de córneas sospechosas y con queratocono ($p < 0,001$) (tabla 2).

El perfil espacial de espesor corneal medio tanto en 4.0 mm como en 8.0 mm resultó estadísticamente significativo ($p < 0,0001$) entre las córneas normales y sospechosas y entre córneas normales y con queratocono, resultando que las córneas normales tienen un incremento paquimétrico corneal más homogéneo (tabla 3).

El porcentaje de incremento de espesor corneal medio tanto en 4.0 mm como en 8.0 mm para córneas sospechosas y con queratocono, resultó ser menos homogéneo que en córneas normales, lo que se traduce en un incremento más abrupto paquimétrico en córneas con la enfermedad, hallándose relación significativa entre las medias de los grupos en estudio ($p < 0,0001$) (tabla 4).

Otro parámetro que se tuvo en cuenta fue el volumen corneal total en donde la media en córneas normales fue de 64,27 \pm 2,47 mm³, en córneas sos-

pechosas fue de $63,11 \pm 3,65 \text{ mm}^3$ y en las córneas con queratocono fue de $60,7 \pm 4,34 \text{ mm}^3$, siendo las diferencias estadísticamente significativo entre córneas sanas y sospechosas y entre normales y con queratocono ($p < 0,0001$) (tabla 5).

Discusión

Varios estudios avalan la presencia del queratocono en edades pediátricas con una media de edad que varía desde los 10 a 16 años de edad^{3,4}, siendo nuestro resultado muy similar, con una media de 10,77 años. Otros estudios informan sobre su progresión más rápida cuando se diagnostica antes de los 15 años de edad¹², es por esto que se justifica buscar métodos cada vez más precisos que orienten al diagnóstico precoz de las formas subclínicas y clínicas leves de la entidad¹³. La topografía con discos de Plácido, aunque útil muchas veces, no es suficiente para dar un diagnóstico preciso y para cuantificar la magnitud de progresión de la enfermedad. Surge así el Pentacam demostrando tener una serie de ventajas sobre los sistemas de discos de Plácido⁷⁻⁹.

Los profesores Belin, Ambrosio y colaboradores han hecho informes de estudios donde en un 5% de los casos existía una asimetría significativa de la enfermedad y donde el ojo menos afectado presentaba un mapa de curvatura normal al inicio. Investigaciones posteriores hallaron que cerca del 50% de estos casos progresa a un queratocono clínico. Los mapas de elevación en ojos con queratocono altamente asimétrico han incrementado la sensibilidad al 75% en ojos de pacientes previamente diagnosticados con queratocono unilateral. El aumento de la especificidad se ha demostrado al estudiar ojos con encurvamiento inferior sobre la superficie anterior de la córnea sin queratocono¹⁰. Estudios previos realizados en pacientes adultos para *screening* de queratocono por Belin y colaboradores comunican en ojos normales la media de cambio en el ápex anterior y la máxima elevación de $1.86 \pm 1.9 \mu\text{m}$ y $1.63 \pm 1.4 \mu\text{m}$; en ojos con queratocono estas variables fueron de $20.4 \pm 23.1 \mu\text{m}$ y $20.9 \pm 21.9 \mu\text{m}$ ($p < .0001$)¹⁰. En cuanto a los cambios en superficie posterior Belin reporta en ojos normales la media de cambio en el ápex posterior y la máxima elevación de $2.86 \pm 1.9 \mu\text{m}$ y $2.27 \pm 1.1 \mu\text{m}$; mientras que en ojos con queratocono de $39.9 \pm 38.1 \mu\text{m}$ y $45.7 \pm 35.9 \mu\text{m}$ ($p < .0001$). Así demostraron la utilidad de los mapas de sustracción de elevación anterior y posterior para diferenciar córneas sanas de córneas con queratocono. En el presente estudio, las cifras de elevación anterior máxima fueron muy similares, pero las cifras de elevación posterior

máxima para el queratocono, mucho mayores en el informe de Belin y colaboradores¹⁰.

En la investigación realizada por Ambrosio y colaboradores en 2006 se informa que los pacientes con queratocono tienen como media en el punto más delgado $428 \pm 72 \mu\text{m}$ y en ojos normales, $537 \pm 36,7$, existiendo una relación significativa entre ambos valores⁵. También en el estudio de Ambrosio, Caiado y Bonfadini de 2009, la media del punto más delgado para una población normal fue de $550 \pm 30 \mu\text{m}$ y para córneas con queratocono fue de $450 \mu\text{m}$, con relación significativa entre ambos valores¹⁴. Resultados semejantes obtuvimos en cuanto a la media del punto más delgado en córneas normales, no así en córneas con queratocono donde obtuvimos un resultado algo superior, pero sí con diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Fontes, Ambrosio y colaboradores notificaron una media de paquimetría de la pupila para córneas normales de $544,71 \pm 35,89 \mu\text{m}$ (rango: 457-627) y para queratocono de $503 \pm 34,15$ (rango: 414-568) con relación significativa entre ellas ($p = 0,00$)¹⁵. Resultados semejantes obtuvimos nosotros para la paquimetría de la pupila.

Belin en su informe de 2007 notificó que solo el 12% de los ojos normales tiene una diferencia $> 10 \mu\text{m}$ entre la paquimetría del ápex y la paquimetría del punto más delgado; y que la distancia entre el ápex y el punto más delgado en ojos con queratocono ($1.52 \pm 0.58 \text{ mm}$) es significativamente más alta que en ojos normales ($0.9 \pm 0.23 \text{ mm}$) ($p < 0.05$)¹⁰. En este trabajo, solo el 3,8% de los ojos normales presentaba una diferencia $> 10 \mu\text{m}$ entre la paquimetría del ápex y la paquimetría del punto más delgado. En cuanto a la media del índice de progresión paquimétrica, Belin comunica diferencias estadísticamente significativas cuando compara las córneas normales ($0.91 \pm 0.23 \text{ mm}$) con córneas con queratocono ($1.81 \pm 1.16 \text{ mm}$) ($p < 0.05$). También hace referencia a un mayor porcentaje de córneas normales con este índice $< 1,2$, y solo un 12% de córneas normales con este índice con un valor mayor de 1,2, planteando la hipótesis de que estos ojos son más susceptibles de desarrollar ectasia si son sometidos a estrés como puede ser una cirugía refractiva corneal^{10,16}. Además un 11% de los casos con queratocono tiene un índice por debajo de 1,2 con un perfil espacial de espesor corneal y un porcentaje de incremento de espesor corneal dentro de límites normales; planteándose como hipótesis en estos casos, una baja probabilidad de progresión de la ectasia que en determinadas condiciones pueden beneficiarse

de los procedimientos de ablación de superficie terapéuticos¹⁰.

Ambrosio y colaboradores, en el estudio de 2006 titulado "Corneal-thickness spatial profile and corneal-volume distribution: tomographic indices to detect keratoconus"⁵ demuestran que las córneas con queratocono son 27,3 μm más delgadas que las córneas normales. En la presente investigación obtuvimos una diferencia algo mayor de 34,57 μm menos. Analizando además ese mismo informe⁵, la media paquimétrica en los diferentes círculos concéntricos, con aumento de 0,4 mm en el perfil espacial de espesor corneal, en el porcentaje de incremento de espesor corneal y en el incremento del volumen corneal. Los resultados del perfil espacial de espesor corneal en el diámetro de 4.0 mm fueron los siguientes: para ojos normales, una media de 573,2 \pm 36,7 μm y para córneas con queratocono fue de 508,7 \pm 49,3 μm . En el círculo que corresponde al diámetro de 8.0 mm, la media en córneas sanas fue de 681,5 \pm 45,8 μm y para córneas con queratocono fue de 662,2 \pm 55,4 μm , resultando entre ambos valores una relación significativa que permite concluir un incremento más homogéneo del espesor corneal en córneas normales. Ese mismo artículo, refiriéndose al porcentaje de incremento de espesor corneal para 4.0 mm en ojos normales informa una mediana de 7 y para córneas con queratocono, 21; para el diámetro de 8.0 mm obtuvo una mediana para ojos normales de 27, y para ojos con queratocono, de 59; resultando en una relación significativa entre ambos grupos que permite enunciar que el porcentaje de incremento del espesor corneal en córneas con queratocono es más abrupto que en córneas normales^{5, 17-20}.

Se obtuvieron cifras análogas en los diámetros de 4.0 y 8.0 mm en nuestras gráficas de perfil espacial de espesor corneal y porcentaje de incremento de espesor corneal, siendo igualmente significativas las diferencias entre la media de córneas sanas y con queratocono.

La investigación realizada por Fontes, Ambrosio y colaboradores de 2008 comunicó acerca de cifras promedio de volumen corneal en ojos con queratocono de 57.3 \pm 2.12 mm³ (rango 49.5-66.9) y para ojos sanos promedio, de 60.86 \pm 3.39 (rango 53.7-68.5) con una relación significativa entre ellos ($p=0,00$)¹⁵. Para esta variable se obtuvieron en esta investigación cifras similares y con significación estadística entre las medias de las córneas sanas, sospechosas y con quera-

tocono. Otro artículo de Ambrosio y colaboradores estimaba una diferencia en las medias de volumen corneal de 0.943 mm³ menor en córneas con queratocono que en sanas⁵.

En la presente investigación, los resultados muestran la evidente utilidad del análisis de datos aportados por el Pentacam, en cuanto a elevación anterior y posterior, paquimetría del ápex, en la pupila, en el punto más delgado, diferencias entre paquimetría del ápex y punto más delgado, perfil espacial de espesor corneal, porcentaje de incremento de espesor corneal, índice de progresión paquimétrico y volumen corneal, para diferenciar córneas de ojos normales de córneas sospechosas y con queratocono en edades pediátricas. Las córneas con queratocono tienen elevación anterior y posterior mayor, son más delgadas, con una diferencia mayor entre la paquimetría del ápex y la del punto más delgado, con un incremento del espesor corneal más abrupto desde el punto más delgado hacia la periferia y con menos volumen corneal.

Conclusiones

La combinación de los mapas basados en la elevación y mapas paquimétricos constituyen un algoritmo completo que permite al oftalmólogo obtener un enfoque integral de la estructura corneal mediante la tomografía, demostrando ser de gran efectividad para diferenciar córneas sanas de córneas sospechosas y con queratocono en edades pediátricas, contribuyendo a mejorar la sensibilidad y especificidad en el diagnóstico precoz de la enfermedad. Pretendemos en el futuro realizar investigaciones con una población en estudio mayor que permita una mejor y adecuada valoración sobre tomografía corneal en edades pediátricas.

Referencias

1. Alvarez P, Jaén U. *Diagnóstico y tratamiento del queratocono* [en línea]. Madrid: Universidad Europea de Madrid. Disponible en: <http://www.docstoc.com/docs/5457133/diagn%3%93stico-y-tratamiento-del-queratocono-pablo-%c3%81lvarez-m%3%a1ster-en>
2. American Academy of Optometry. Section on Cornea and Contact Lenses. Information for Eyecare Practitioners. *Keratoconus* [en línea]. Orlando, Florida: AAO, 2008. Disponible en: <http://www.aaopt.org/Media/Default/Docs/Position%20Papers/AAO%20Position%20Paper%20Keratoconus%20042008.pdf>

3. Siena University Keratoconus Study Group. Cross-linking should be performed as early as possible in pediatric patients. *Ocular Surg News* March 1, 2010. Disponible en: <http://www.osnsupersite.com/view.aspx?rid=61369>.
4. Louden K. Corneal cross-linking in children with keratoconus improves visual acuity. *Medscape Medical News* 2010. Disponible en: <http://www.medscape.com/viewarticle/731682> (consulta: 24 enero 2012).
5. Ambrósio R Jr, Alonso RS, Luz A, Coca Velarde LG. Corneal-thickness spatial profile and corneal-volume distribution: tomographic indices to detect keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32: 1851-1859.
6. Rabinowitz Y. Definición, etiología y diagnóstico de queratocono. En: Alió JL, Belda JI (eds.). *Tratamiento del astigmatismo irregular y del queratocono*. España: Highlights of ophthalmology Internacional, 2004, p. 241-260.
7. Belin MW, Ambrósio R Jr. The brains behind the BAD: simplifying pre-operative keratoconus screening. *Ophthalmology Times Europe*, Sep. 1, 2009. Disponible en: <http://www.oteurope.com/ophthalmologytimeseurope/cornea/the-brains-behind-the-bad/articlistandard/article/detail/626901>
8. Grewal SPS. Evaluación de patologías del segmento anterior usando Pentacam. *Highlights Ophthalmol* 2008; 36 (1): 17-20. Disponible en: http://www.oculus.de/en/downloads/dyn/oculus/presse/180/grewal_spanish.pdf
9. Belin MW. Pentacam instruction manual [en español]. Tres Cantos (Madrid): Oculus Optikgeräte. Disponible en: <http://www.iom.es/manual-pentacam.pdf>
10. Belin MW, Ambrósio R Jr., Khachkian SS, Salomao M. Keratoconus: ectasia detection with the Oculus Pentacam: Belin/Ambrósio enhanced ectasia display. *Highlights Ophthalmol* 2007; 35 (6): 5-12. Disponible en: http://www.pentacam.de/downloads/artikel/2008-Article_Supplement_%20Pentacam_%20Belin_Ambrosio_Enhaced_Ectasia_Display.pdf
11. Hashemi H, Mehravaran S. Day to day clinically relevant corneal elevation, thickness, and curvature parameters using the Orbscan II Scanning Slit topographer and the Pentacam Scheimpflug imaging device. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2010; 17: 44-55. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2880373/>
12. Fortunato M. UV collagen cross-linking viable option for pediatric patients. *Ocular Surg News Europe Asia Ed*, April 2009. Disponible en: <http://www.osnsupersite.com/view.aspx?rid=38088>
13. American Academy Ophthalmology. Clinical approach to corneal. En su: *External diseases and cornea*. San Francisco: American Academy Ophthalmology, 2008, cap 15: p. 329-32 (Basic and clinical science course).
14. Ambrósio R. Simplificando la evaluación de ectasias por medio de tomografía corneal Pentacam. *Highlights Ophthalmol* 2010; 38 (3): 12-20.
15. Fontes BM, Ambrósio R Jr., Jardim D, Velarde GC, Nosé W. Corneal biomechanical metrics and anterior segment parameters in mild keratoconus. *Ophthalmology* 2010; 117: 673-679.
16. Belin MW. Aplicaciones de la tomografía del segmento anterior en cirugía de córnea. *Highlights Ophthalmol* 2010; 38 (2): 15-20.
17. Li Y *et al*. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography pachymetry mapping. *Ophthalmology* 2008; 115: 2159-66.
18. Miháltz K, Kovács I, Takács A, Nagy ZZ. Evaluation of keratometric, pachymetric, and elevation parameters of keratoconic corneas with pentacam. *Cornea* 2009; 28: 976-80.
19. Szalai E, Berta A, Hassan Z, Módis L Jr. Reliability and repeatability of swept-source Fourier-domain optical coherence tomography and Scheimpflug imaging in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38: 485-94.
20. Smoleck MK, Boxer Wachler BS. Corneal topography. En: Boxer Wachler BS (ed.). *Modern management of keratoconus*. New Delhi: Jaypee, 2008, p. 35-61.