



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ACTUALIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN OPTOMÉTRICA EN
EL QUERATOCONO

UPDATE OF THE OPTOMETRIC INTERVENTION IN KERATOCONUS

Autor

Carla Martínez López

Directores

Laura Remón Martín

Sofía Zaira Otín Mallada



Facultad de ciencias/Grado de óptica y Optometría

2019-2020

RESUMEN

El queratocono es un tipo de ectasia corneal, bilateral y asimétrica, relativamente frecuente en la población que conlleva la protusión apical de la córnea y la reducción del espesor corneal entre otros cambios morfológicos corneales; que, en consecuencia, producen la disminución de la calidad visual. En la actualidad, no se conoce a ciencia cierta sobre la etiología del queratocono, pero se estudia para conseguir un diagnóstico precoz siendo este muy importante para frenar su progresión y alcanzar la mejor corrección óptica posible. El objetivo de este trabajo, es realizar una actualización en la intervención optométrica en el queratocono profundizando en los tratamientos ópticos y quirúrgicos.

ABSTRACT

Keratoconus is a type of corneal ectasia, bilateral and asymmetrical, relatively common in the population that leads to an apical protrusion of the cornea and a reduction of the corneal thickness among other corneal morphological changes. The result is a decrease in visual quality. At the moment, the etiology of keratoconus is not known for sure so it is being studied in order to achieve an early diagnosis, which is very important to stop its progression and to get the best possible optical correction. The aim of this study, is to update the optometric intervention in keratoconus going deeper into the optical and surgical treatments.

ÍNDICE

1.1.	FISIOPATOGENIA	1
1.2.	ETIOLOGÍA.....	2
1.3.	PREVALENCIA	3
1.4.	SIGNOS Y SÍNTOMAS.....	4
1.5.	DIAGNÓSTICO.....	6
1.5.1.	Evaluación clínica.....	6
1.5.2.	Topografía corneal	6
1.5.3.	Otros instrumentos diagnósticos.....	10
1.5.3.1.	Paquimetría corneal	10
1.5.3.2.	Aberrometría Corneal	10
1.5.3.3.	Propiedades biomecánicas de la córnea	11
1.6.	TRATAMIENTO.....	11
1.6.1.	Tratamiento óptico-optométrico.....	12
1.6.1.1.	Prescripción de gafas.....	12
1.6.1.2.	Lentes de contacto blandas	12
1.6.1.3.	Lentes Rígidas Gas Permeables.....	13
1.6.1.4.	Lentes híbridas.....	15
1.6.1.5.	Lentes de contacto RGP de apoyo escleral.....	16
1.6.1.6.	Sistema Piggyback	17
1.6.2.	Tratamiento quirúrgico	18
1.6.2.1.	Cross-linking.....	18
1.6.2.2.	Anillos Intraestromales	19
1.6.2.3.	Lentes intraoculares fáquicas	19
1.6.2.4.	Queratoplastia	20
2.	INTERVENCIÓN OPTOMÉTRICA EN EL QUERATOCONO	21
2.1.	EL ÓPTICO-OPTOMETRISTA.....	21
2.1.1.	Integración en sanidad según los países y actividades que realiza	21
2.2.	EL OPTOMETRISTA Y EL QUERATOCONO.....	22
2.2.1.	Intervención en el diagnóstico y detección precoz.....	22
2.2.2.	Intervención en el tratamiento.....	22
3.	CONCLUSIÓN.....	23
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Signo de Munson	4
Figura 2. Estrías de Vogt.....	5
Figura 3. Anillo de Fleischer.....	5
Figura 4. Hidrops corneal	5
Figura 5. Despeje apical	14
Figura 6. Cojinete apical.....	14
Figura 7. Apoyo dividido.....	14
Figura 8. Lentes Híbridas	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las LC RGP de apoyo escleral según su diámetro.....	16
---	----

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es recoger información en relación al queratocono, más específicamente en cuanto a su fisiopatogenia, etiología, prevalencia, signos, síntomas y diagnóstico; para así, conocer más acerca de esta ectasia corneal y realizar una revisión sobre los tratamientos actuales del mismo.

El queratocono es una enfermedad no inflamatoria de la córnea, bilateral y de progresión generalmente asimétrica.^{30,59} Altera la morfología corneal de tal forma que, se produce un adelgazamiento del grosor corneal causando un aumento de la curvatura en la región central o periférica.^{4, 10}

Esta ectasia corneal suele desarrollarse generalmente entre la pubescencia y la etapa adulta^{4,10,21} y, a partir de aquí, el queratocono se estabiliza y se ralentiza su progresión.^{4,59}

1.1. FISIOPATOGENIA

La córnea es la estructura más externa del globo ocular, es avascular, transparente y altamente inervada. Está constituida por diferentes capas, desde la más externa en contacto con la película lagrimal a la más interna en contacto con el humor acuoso. Encontramos, el epitelio corneal, es un epitelio poliestratificado, escamoso no queratinizado compuesto por 5-7 hileras de células con gran capacidad de regeneración. La membrana de Bowman, tejido transparente acelular constituido por fibras de colágeno, sin capacidad de regeneración. El estroma, constituye el 90% del espesor corneal y está formado por láminas de colágeno regularmente orientadas, y el espacio entre colágeno está mantenido por proteoglicanos; y dispuestos entre estos, encontramos los queratocitos (fibroblastos modificados). La membrana de Descemet, condensación del estroma corneal, es una fina lámina de colágeno de gran elasticidad y resistencia. Y, por último, el endotelio corneal, monocapa de células escamosas hexagonales sin capacidad de regenerarse.

Cada una de estas capas tiene una función específica importante, y un defecto en cualquiera de éstas puede conducir a diversos trastornos de la estructura como son las alteraciones topográficas y aberrométricas.

En el queratocono, la córnea se ve severamente afectada debido a las alteraciones estructurales. La estructura estromal no está basada en una matriz laminar ortogonal, como en las córneas normales, sino que hay regiones de colágeno altamente alineadas entremezcladas con regiones en las que hay poco colágeno alineado.^{43,52}

En función de la fase de progresión en la que se encuentra el queratocono, podemos encontrar diferentes cambios morfológicos y estructurales de la córnea. Existe un sistema de clasificación para el queratocono utilizando cuatro etapas distintas para caracterizar la evolución queratocónica.^{29,50}

En la etapa 1, correspondiente con la forma subclínica de queratocono, los primeros cambios estructurales ocurren en la membrana basal epitelial y la capa de Bowman. Se observa un epitelio corneal más delgado y la capa de Bowman se reduce significativamente.^{29,31,50}

En la etapa 2 o forma temprana, mediante la OCT, se observan anomalías hiperreflexivas presentes a nivel de la capa de Bowman con un epitelio corneal más grueso^{50,51}; y mediante la microscopía confocal, se detecta un patrón de células epiteliales alargadas con disposición irregular y una significativa disminución de su densidad.^{50,51} También, se ha demostrado una proliferación fibroblástica en el estroma anterior debajo de las roturas de la capa de Bowman y una cantidad variable de opacidades estromales.^{29,50} Los pliegues en la membrana de Descemet (estrías de Vogt), son generadas debido a la distensión del tejido y se observan principalmente en las etapas 2 y 3 pero estos pliegues e irregularidades no muestran ninguna alteración de la matriz extracelular.^{29,31,50} Junto a esto, la modificación de la morfología de la membrana de Descemet está asociada en algunos casos de queratocono a pleomorfismo (variación en forma) o polimegatismo (variación del tamaño) de las células del endotelio corneal.²⁹

En la etapa 3, correspondiente con la forma moderada, se representa las mismas características observadas en la etapa 2 pero en un estado más avanzado. Se produce un desplazamiento posterior de las estructuras hiperreflexivas de la capa de Bowman junto con el aumento del grosor epitelial y el adelgazamiento del estroma debido a la disminución de queratocitos estromales que conlleva la desestabilización del citoesqueleto.^{29,50,51}

En la etapa 4 o forma grave, la cicatrización afecta a todo el espesor del estroma. Cuando el estroma residual es delgado, la cicatriz toma la forma de un reloj de arena y el epitelio engrosado compensa el adelgazamiento del estroma.⁴³ Se considera la forma aguda del queratocono (hidropesía), la ruptura de la membrana de Descemet permitiendo el paso del humor acuoso en el epitelio y en el estroma corneal junto con la total cicatrización de la córnea.^{29,50,51}

1.2. ETIOLOGÍA

En la actualidad, todavía no se conoce en detalle la etiología del queratocono, aunque se sabe que es de origen multifactorial; entre los que encontramos los factores ambientales y genéticos, entre otros. La etnia parece desempeñar un papel relevante, siendo la raza asiática aquella con más predisposición en comparación con el resto.^{21,53} Esta ectasia corneal presenta un modelo genético caracterizado por una transmisión recesiva por lo que es probable que, los familiares de pacientes muestren patrones sospechosos de queratocono.^{21,53} En cuanto, a los factores ambientales, destacamos la exposición a los rayos UV y altas temperaturas, atopía y frotamiento de los ojos^{21,53}; aunque la contribución relativa de cada uno de ellos es actualmente desconocida.^{21,53} Se ha demostrado que procesos inflamatorios pueden desempeñar un papel en el desarrollo y en la evolución de la enfermedad.^{4,22,57} Por ejemplo, pacientes que se frotan los ojos de forma continua y fuerte, pacientes alérgicos (atopia) e incluso portadores de lentes de contacto (LC) rígidas gas permeables (RGP).^{4,22,53} Aquellos pacientes predispuestos a sufrir esta ectasia, si se frotan los ojos repetitivamente, se produce

un daño del epitelio corneal que conlleva inflamación, alteración de las fuerzas biomecánicas corneales y a su vez, el adelgazamiento de la córnea.⁴

El queratocono ha sido relacionado con numerosos trastornos sistémicos asociados a anomalías en el tejido conectivo y a una elasticidad anormal del colágeno^{31,53}; como, por ejemplo, displasia congénita de la cadera, hipermovilidad de las articulaciones, osteogénesis imperfecta, síndrome de Ehlers-Danlos, síndrome de Marfan, etc.^{31,53}

Finalmente, los factores genéticos y ambientales pueden influir en el desarrollo de queratocono, pero únicamente se ha demostrado que el frotamiento de los ojos es altamente significativo.⁵³

1.3. PREVALENCIA

La prevalencia del queratocono varía según la localización geográfica, criterios de diagnóstico utilizados y los pacientes seleccionados.¹⁸ Según los estudios realizados mediante los discos de plácido, la prevalencia de queratocono varía desde el 0,0003% en Rusia al 2,3% en la India.¹⁸ Por otro lado, en Minnesota (EEUU) existe una prevalencia del 0,05% respecto a la población general¹⁸; dicho estudio se realizó mediante la queratometría y el reflejo en tijera de la retinoscopía.^{9,18}

En España, Galicia, se estudió la incidencia de esta patología siendo 181 casos por 100.000 habitantes⁴; aunque otros autores presentan valores más bajos respecto a la población general, 1/100.000 y 2.3/100.000.⁴ Los factores ambientales contribuyen a la variación de la prevalencia. Lugares con mucho sol y temperaturas altas presentan mayor prevalencia que los lugares fríos con temperaturas más bajas debido a que, la luz ultravioleta genera estrés oxidativo que las córneas queratocónicas no son capaces de manejar.^{4,18,21} También influye la combinación de factores genéticos y ambientales.^{4,21} Las enzimas antioxidantes de la córnea como la catalasa, normalmente eliminan las especies de oxígeno reactivo sin daño celular.²³ Sin embargo, la acumulación de oxígeno reactivo puede conducir a un daño corneal en el queratocono superando la defensa celular.²³ A través de diversos mecanismos, las células intentan eliminar los factores estresantes, disminuir el daño y mantener o restablecer la homeostasis corneal.²⁹

Existe una variación en la prevalencia en función de la raza, los informes de dos encuestas en el Reino Unido indicaron una prevalencia 4,4 y 7,5 veces mayor respectivamente para los sujetos asiáticos en comparación con los caucásicos blancos,¹⁸ aunque otros autores indican que no existen diferencias entre ellas.¹⁰

Se encuentra diversidad de opinión respecto al aumento de la prevalencia de sufrir queratocono de los pacientes con antecedentes familiares y si afecta o no a ambos sexos por igual.^{10,18} Aunque el tipo más común de queratocono es esporádico, muchos estudios han reportado la presencia de un gran número de casos de queratocono con herencia familiar cuya prevalencia oscila entre el 5% y 27,9%.²¹

La prevalencia en función del género, no está determinada ya que la mayoría de los documentos publicados después de la década de 1970 indican una mayor prevalencia de los hombres sobre las mujeres mientras que, los estudios publicados antes de los años 70 y dos estudios recientes informan de lo contrario.^{18,21}

Los pacientes con Síndrome de Down, presentan una prevalencia entre el 5-15% de sufrir queratocono.^{2,4,10,22,31,48,59} Además, se conoce que esta ectasia corneal puede presentar enfermedades asociadas como son los trastornos del tejido conectivo, síndrome de Marfan, síndrome de Ehlers-Danlos y el prolapsio de la válvula mitral^{2,31}; aumentando así la prevalencia de queratocono.^{2,31} También está asociada a anomalías cromosómicas como el síndrome de Turner y anomalía en el anillo del cromosoma.² Las enfermedades oculares asociadas son la blefaritis, queratoconjuntivitis, uveítis, cataratas subcapsulares, desprendimiento de retina y la retinosis pigmentaria.^{10,22,48}

1.4. SIGNOS Y SÍNTOMAS

El queratocono se caracteriza por un adelgazamiento gradual del estroma y una protusión apical del ápex corneal que en consecuencia da lugar a varios signos clínicos característicos. Actualmente, se clasifica el queratocono en diferentes grados según su evolución, en los cuales encontraremos los diferentes signos clínicos nombrados anteriormente.

En la forma subclínica o fustre, encontraremos pacientes que pueden ser asintomáticos. En este grado de queratocono únicamente se puede evaluar a través de la topografía corneal ya que los signos clínicos característicos de esta ectasia corneal (reflejo en tijera, signo de Rizutti, estrías de Vogt...) son muy leves o aún no han aparecido.^{10,15,26,45}

En la forma temprana, se produce leve adelgazamiento corneal y puede ir acompañado del **reflejo en tijera**, que se observa al realizar la retinoscopía debido a la presencia de astigmatismo irregular^{4,9,10,26,45} y del **signo de Charleux o gota de aceite** que se observa al realizar la oftalmoscopía.⁴ En esta fase, también es posible observar otros signos clínicos típicos de queratocono como las estrías de Vogt; pero estos serán leves.

En la forma moderada, los signos clínicos serán más notables y los podemos examinar a través de la lámpara de hendidura. Entre ellos, destacamos el **signo de Munson** (**figura 1**) que se define como la impronta en forma de V que produce la córnea sobre el párpado inferior cuando el paciente mira hacia abajo debido a que, el párpado se adapta a la curvatura corneal^{4,9,21,29,45}; mayor será cuanto mayor sea el grado del queratocono.

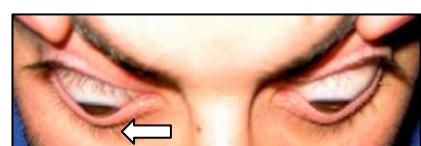


Figura 1. Signo de Munson

Fuente: Boxer, B. (2009). Manejo moderno del queratocono. Panamá, República de Panamá: Jaypee Highlights

Podemos encontrar el **signo de Rizutti**, reflejo brillante que se produce sobre el lado nasal de la córnea cuando incide la luz en la zona del limbo temporal.^{10,21,45} Otro signo característico, son las **estrías de Vogt** (**figura 2**), cicatrices estromales anteriores que se observan como finas líneas verticales, generadas por compresión de la membrana de Descemet producida por el estiramiento y abultamiento corneal.^{9,29,31,44,45} El **anillo de Fleischer** (**figura 3**), es una línea

circular alrededor de la base del cono producida por la acumulación de depósitos de hierro de la película lagrimal a consecuencia de cambios severos de la curvatura corneal.^{29,31,45}

La forma grave, presenta los típicos signos clínicos de queratocono, pero mucho más llamativos entre los cuales destaca el signo de Munson.^{26,45} Se produce el aumento del tamaño de la protrusión cónica y es muy común observar **opacidades corneales** superficiales o profundas, **cicatrices corneales** y severa **disminución del espesor corneal**.^{21,45}

Otro signo típico en este grado de queratocono, es **la ruptura de la membrana de Descemet** en consecuencia del adelgazamiento de la córnea que a su vez conlleva la aparición de **hidrops corneal** (**figura 4**); el cual permite el paso del humor acuoso hacia el estroma y crea un edema.^{9,29,31}

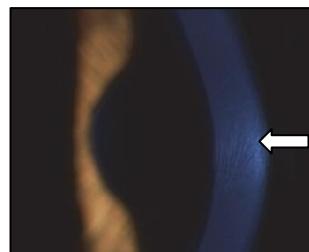


Figura 2. Estrías de Vogt

Fuente: Lotfy, M., Helwa,I., Drewry,M., Seremwe,M., Estes,A. y Liu,Y. (2017). *Molecular and Histopathological Changes Associated with Keratoconus. BioMed Research International*, 2017, 1-16.

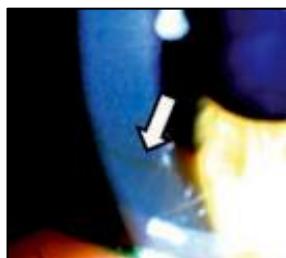


Figura 3. Anillo de Fleischer

Fuente: Alió, J.L., Vega,A., Peña,P., Durán. Mº.L., Sanz,P. y Maldonado,M. (2015, Marzo). *Guía de actuación en el Queratocono. Pamplona, España: EUNSA.*

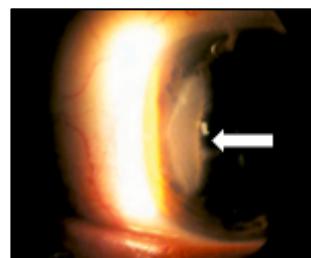


Figura 4. Hidrops corneal

Fuente: Boxer, B. (2009). *Manejo moderno del queratocono. Panamá, República de Panamá: Jaypee Highlights*

Los **síntomas oculares** del queratocono varían dependiendo de la gravedad de la enfermedad y de su grado de evolución. En etapas incipientes, también llamadas subclínicas, el queratocono no produce normalmente ningún síntoma.⁴⁵

La progresión de la enfermedad manifiesta una importante pérdida de la agudeza visual (AV) debido a la deformación e irregularidad de las estructuras corneales que conlleva la aparición, en la etapa inicial, de las aberraciones de bajo orden como es la miopía y el astigmatismo irregular. Su valor y eje sufrirá cambios durante el proceso de evolución de dicha ectasia corneal.

En fases avanzadas, se produce distorsión y diplopía por la combinación de las aberraciones de bajo y alto orden.^{4,12,22,29} Dichas aberraciones generan el emborronamiento de la imagen retiniana, reducen el contraste y el intervalo de frecuencias espaciales de la imagen, es decir, el grado de detalle. Las aberraciones de alto orden con mayor valor en casos de queratocono moderado-severo, son la aberración esférica y el coma vertical.^{4,10,22,29,37,45,58} El coma hace que los pacientes perciban sombras alrededor de las letras.

Debido a los cambios que sufre la córnea en cuanto a su forma, curvatura cónica y propiedades ópticas, se origina sensibilidad al contraste anormal, pérdida de visión nocturna, irritación, sequedad ocular y fotofobia.^{4,22,29} En caso de cicatrización y opacidad corneal, se produce dispersión de la luz que conlleva la disminución de la sensibilidad al contraste de las imágenes.

1.5. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico precoz del queratocono es importante en cuanto a su manejo y evolución. Por ello, el estudio de la cara anterior y posterior de la córnea es muy importante para conseguir un diagnóstico precoz ya que el origen de la enfermedad es local.

Actualmente, los métodos de diagnóstico que se utilizan para el queratocono son muchos como la paquimetría, la retinoscopía o la aberrometría, pero destacamos los métodos de imagen de la córnea como es la topografía corneal.

1.5.1. Evaluación clínica

Normalmente, la evaluación clínica del paciente, se realiza con ayuda de la lámpara de hendidura en busca de alteraciones u anomalías del segmento anterior que coincidan con los signos clínicos característicos para confirmar la sospecha de queratocono. En un queratocono subclínico o temprano, es muy difícil detectar cambios en el segmento anterior ya que son muy leves o inexistentes. Por lo contrario, en caso de queratocono moderado, gracias a los aumentos que nos proporciona la lámpara de hendidura, podemos detectar signos clínicos de queratocono como el anillo de Fleischer y las estrías de Vogt. También, es muy común encontrar el signo de Munson utilizando luz difusa y el signo de Rizutti proyectando un haz de luz sobre el limbo temporal para conseguir así, el reflejo brillante que se produce sobre el lado nasal. Otros signos acompañantes que se pueden observar son el aumento de la visibilidad de los nervios de la córnea y el adelgazamiento apical.²⁵ En caso de queratocono grave, es común observar, mediante la lámpara de hendidura, las cicatrices corneales o leucomas que se producen en el vértice del cono descritas como opacidades blanquecinas. Junto a esto, el hidrops corneal provoca la formación de edema corneal el cual se identifica claramente.

1.5.2. Topografía corneal

En la actualidad, se emplea la topografía corneal como método de diagnóstico primordial del queratocono. Existen dos sistemas de análisis topográfico, el sistema de reflexión y el sistema de elevación. A partir de la topografía, se realiza un estudio de la superficie anterior de la córnea; pero actualmente, se dispone de dos topógrafos de elevación, el Orbscan (Bausch&Lomb) y el Pentacam (Oculus) que también permiten estudiar la superficie posterior de la córnea.⁵⁵

Los videoqueratoscopios emplean el sistema de análisis topográfico de reflexión proyectando los discos de Plácido; una serie de discos concéntricos de diferente diámetro que son reflejados por la córnea para calcular la variación de curvatura entre dos puntos y, a partir de este dato, se consigue adquirir el poder dióptrico y el radio de curvatura de la córnea. Mediante una serie de algoritmos matemáticos, capaces de determinar la forma corneal⁶⁰; determinan la desviación de los anillos reflejados, y se construye una imagen tridimensional de la superficie anterior de la córnea.⁶⁰ La calidad de la imagen reflejada depende de la calidad lagrimal.

El topógrafo Orbscan, emplea el sistema de elevación y realiza un escaneo topográfico en tres dimensiones e incorpora un disco de plácido que es capaz de tomar 40 imágenes analizando 18.000 puntos de ambas superficies corneales en 1,5 segundos.⁵⁰ El Pentacam, también utiliza el mismo análisis topográfico y combina el uso de una cámara rotatoria de Scheimpflug y los anillos de plácido para analizar 25.000 puntos de ambas superficies corneales tomando unas 50 fotos, mientras gira entorno al ápex corneal y calcula un modelo matemático en tres dimensiones del polo anterior del ojo en base a la elevación de la superficie anterior y posterior de la córnea^{20,55}; siendo el resto de parámetros obtenidos mediante algoritmos matemáticos.⁵⁵

Todos los sistemas topográficos ofrecen como resultado un mapa de la morfología corneal representado en colores que denominamos mapa topográfico, es un mapa tridimensional y existen diferentes tipos, algunos muy útiles para el diagnóstico de queratocono como son el mapa sagital, tangencial y el de elevación.

El mapa sagital, es el más utilizado y mide la curvatura en un punto de la superficie corneal en dirección axial pero distorsiona la verdadera imagen de la córnea debido a que, corrige el problema de la curvatura y se centra en el eje óptico considerando que la superficie de la córnea tiene una forma esférica.^{13,34} Sin embargo, este mapa es útil para la evaluación cualitativa de la forma de la córnea a través de la escala de colores^{13,34}; detectando así, patrones corneales anormales como un patrón asimétrico de pajarita típico del queratocono.^{13,32}

El mapa tangencial, representa más exactamente la curvatura corneal ya que reconstruye la superficie corneal mediante radios de curvatura locales cuyos centros no son situados en el eje óptico y muestra una alta sensibilidad respecto a los datos obtenidos.^{13,32} Es más sensible en la detección del cambio de curvatura local y más adecuado para el control del queratocono.^{13,32} Según varios usuarios, el mapa tangencial es el más útil ya que el vértice del cono equivale al punto más alto de curvatura en el mapa.^{4,9}

Los mapas de elevación, obtienen la información comparando la superficie corneal con una superficie de referencia.^{4,9,28,34} La elevación de un punto en la superficie corneal muestra la altura del punto (en micras) en la superficie corneal relativa a una superficie de referencia.³⁴ La superficie de referencia desempeñará un papel fundamental en la interpretación de estos mapas²⁸; ya que se calcula para obtener el mejor ajuste de la córnea medida.^{28,55} Se pueden considerar diferentes diámetros de zona para calcular la superficie de mejor ajuste, la cual puede tener diferentes características geométricas (esfera, elíptica, tórica...).^{28,55} La mejor

aproximación matemática de la superficie corneal real se llama esfera de mejor ajuste (BSF) y se calcula por el software del instrumento para cada mapa de elevación por separado.^{32,50}

La misma superficie corneal escaneada puede obtener diferentes mapas topográficos de elevación en función de las diferentes superficies de referencia. Por lo tanto, es difícil comparar directamente dos mapas de elevación que probablemente tengan BSF con valores de referencia ligeramente diferentes, y la comparación sólo puede ser intuitiva.³⁴

En cuanto al tipo de escala a utilizar para realizar un buen diagnóstico del queratocono, se sabe que la escala absoluta da toda la gama de dioptrías que el topógrafo puede medir en una escala de color.^{13,34} Es buena para la comparación directa de diferentes mapas y para detectar patologías graves, pero por lo contrario, no muestra cambios leves de curvatura y puede pasar por alto cambios locales sutiles.^{9,13,34} La escala normalizada, ajusta el rango de medición de dioptrías para cada córnea, por lo que es sensible a pequeños cambios y es más apropiada para un análisis personalizado de la morfología corneal.^{9,13,34}

El mapa paquimétrico, nos permite capturar la naturaleza focal y asimétrica del adelgazamiento corneal queratocónico mediante un algoritmo propio del aparato diagnóstico.^{13,52} En el caso de los topógrafos Pentacam y Orbscan, proporcionan un mapa de distribución del espesor de la córnea que identifica el punto más delgado (TP), su ubicación y el espesor anular²⁸; comenzando por el punto más delgado y aumentando concéntricamente hacia la periferia.^{13,28,55} Los datos de espesor se utilizan para construir gráficos del perfil espacial del espesor de la córnea y gráficos del aumento del espesor corneal²⁸; los cuales describen el incremento paquimétrico anular desde el TP hasta la periferia y han sido validados estadísticamente para el diagnóstico del queratocono.^{28,505} Se consideran valores anómalos, en dicho gradiente paquimétrico, cuando existe una diferencia de 100 µm entre el punto de mayor espesor y menor espesor corneal en un círculo de diámetro de siete milímetros, y cuando hay una diferencia de espesor menor de 30 µm entre la periferia y el centro.⁵⁵ El grosor mínimo (o central) de la córnea es el parámetro paquimétrico más citado para evaluar el queratocono debido a que las córneas queratocónicas son significativamente más delgadas que las córneas sanas. Sin embargo, un valor bajo de "espesor mínimo de la córnea" también podría deberse a un adelgazamiento generalizado de la córnea, a un adelgazamiento focal o a ambos.²⁷ En la ectasia temprana, se puede detectar un volumen reducido de la córnea central mediante la imagen topográfica con normalidad biomecánica.⁴²

Los topógrafos corneales generan una serie de índices que permiten cuantificar el nivel de irregularidad corneal con el fin de detectar la presencia de queratocono distinguiendo entre una córnea normal y una córnea patológica. A estos parámetros se les denomina "índices de detección del queratocono"^{4,40} pero el principal problema radica en el hecho de que, cada índice tiene un alto grado de especificidad en función del topógrafo para el que ha sido desarrollado y, por tanto, no puede ser directamente extrapolado a otros topógrafos corneales.¹³

A continuación, se describen algunos de los índices comunes empleados por los topógrafos corneales sin incluir el Orbscan (Bausch&Lomb) y el Pentacam (Oculus), que tienen índices propios utilizando para su cálculo tanto el grado de elevación de la cara posterior como los resultados obtenidos en el mapa paquimétrico.⁴⁰

- **Queratometría simulada (SIMK).** Este índice proporciona información sobre la potencia dióptrica del meridiano más curvo (K_2) y el más plano (K_1).² La diferencia entre los dos valores da lugar al astigmatismo corneal. SIMK es capaz de determinar si la córnea es patológica cuando supera el valor de corte establecido siendo $43,53 \pm 1,02$ D para un grupo de córneas normales^{2,13}; y el doble de la desviación típica del grupo control, queda establecido como valor de corte del grupo de queratocono.^{2,13}
- **Índice de asimetría de superficie (SAI).** Indica un valor medio de las diferencias de potencia que existen entre puntos espacialmente situados a 180° en 128 meridianos equidistantes.^{2,13} Para casos de queratocono encontraremos valores de SAI $>0,42$ ya que el rango normal oscila entre 0,10 y 0,42.²²
- **Medición de la Irregularidad Corneal (CIM).** Índice numérico que data el grado de irregularidad en la morfología de la superficie de la córnea. Cuantifica la desviación estándar entre la superficie corneal y la superficie de referencia más adecuada (tórica).^{4,13} Cuanto mayor sea CIM, mayor posibilidad de córnea patológica con anormalidad morfológica.¹³ En una córnea sana, los valores CIM oscilan entre 0,03 a 0,68 μm , mientras que un valor de 0,69 a 1 μm se considera sospechoso o límite normal, y un valor de 1,10 a 5,00 μm como patológico o inusual.^{4,13,22}
- **Índice de regularidad de la superficie (SRI).** Informa sobre la regularidad corneal en un área central de 4,5 mm de diámetro, equivalente a los diez anillos centrales de Placido.^{4,13} Una córnea normal presenta valores de ISR entre 0,00 y 0,56 por tanto, para casos de queratocono ISR tomará valores mayores a 0,56.^{4,13,40}
- **Asimetría supero-inferior (I-S).** Diferencia dióptrica entre cinco puntos del hemisferio inferior con los cinco puntos del superior separados treinta grados entre ellos y medidos a tres milímetros del ápice corneal.^{4,13,40} Los valores I-S entre 1,4 y 1,8 D se definen como puntos de corte para la sospecha de queratocono y superiores a 1,8 D como puntos de corte para queratocono.^{4,13,40}
- **KISA%.** Es un índice muy efectivo para identificar de forma prematura el queratocono, pero disminuye su efectividad en casos de ectasia corneal incipiente.^{4,13,40} Un valor entre 60 y 100 es indicativo de la sospecha de patología, mientras que, si es superior a 100^{4,13,22,40}; casi asegura queratocono.^{4,13,22,40}
- **Índice de predicción del queratocono (KPI).** Se calcula por una combinación de 8 índices topográficos.¹⁴ Si KPI toma valores cercanos a cero se traduce en ausencia de ectasia corneal, si $\text{KPI} > 0,23$ se considera resultados anómalos, mientras que, si KPI está cercano a la unidad se entiende como córnea patológica con alta probabilidad de sufrir queratocono.^{4,21,45}
- **Índice de queratocono (KCI).** Este método puede diferenciar entre una córnea sana y una queratocónica y también, si el queratocono es periférico o central. Su valor se expresa en porcentaje y cuanto mayor sea, más se asemejará a una córnea patológica.^{4,13,22,40}
- **Índice de severidad del queratocono (KSI).** Calcula la gravedad del queratocono y distingue entre una córnea sana, una presunta córnea queratocónica y una córnea con queratocono. Un valor $\text{KSI} < 15\%$ se considera normal, los valores comprendidos entre el 15 % y el 30 % se considerarán queratocono sospechoso, y por encima de este valor es considerado queratocono.^{4,13}

La cualidad más destacada de la topografía corneal es que, es capaz de cuantificar la irregularidad de la morfología corneal de forma integral a través del análisis simultáneo de varios índices topográficos con el objetivo de proporcionar información más exacta y fiable.

1.5.3. Otros instrumentos diagnósticos

1.5.3.1. Paquimetría corneal

La paquimetría corneal, es una prueba diagnóstica que permite medir el espesor corneal. Actualmente, encontramos la paquimetría óptica (de no contacto), ultrasónica (de contacto) y el mapa paquimétrico que se obtiene mediante la tomografía de coherencia óptica, tal y como se ha mencionado anteriormente.

El valor medio del espesor corneal en la zona central es de 550 µm, por lo que si se obtiene un valor paquimétrico mínimo menor de 500-470 µm se considera altamente sospechoso de patología ectásica;⁵⁵ aunque no exista ninguna alteración o signo clínico acompañante debido a que, se produce una disminución focal del espesor corneal antes de que se puedan detectar anomalías topográficas o biomecánicas de la córnea.⁵⁵

1.5.3.2. Aberrometría Corneal

Los aberrómetros, son aparatos diagnósticos cuya función es determinar las aberraciones oculares. Encontramos varios tipos de aberrómetros; aquellos que utilizan el principio de Tscherning o el trazado de rayos, que analizan el frente de onda al llegar a la retina, y aquellos que emplean el método de Hartmann-Shack y analizan el frente de onda cuando este emerge del globo ocular.⁵⁶ Actualmente, gran parte de los aberrómetros utilizan el sensor Hartmann-Shack ya que permite estudiar las aberraciones hasta un orden elevado y muestra mayor repetibilidad.⁵⁶

Según un estudio “(del Castillo y Hernández, 2008)”, para 41 ojos con queratocono y 29 ojos sanos, el RMS promedio de los ojos patológicos para las aberraciones de alto orden (AAO) fue de $3,30 \pm 2,17$ Mm¹²; en comparación con los resultados obtenidos con los ojos sanos donde la diferencia del promedio del RMS fue de 2,70Mm.¹² En otro estudio “(Torres, del Carmen y Naranjo, 2009)” para 55 ojos queratocónicos, las aberraciones más importantes fueron el coma vertical (-1,21 micras \pm 1,16) y la aberración esférica (-0,46 micras \pm 0,6).⁵⁸

La córnea es el mayor componente refractivo del ojo, por tanto, en córneas queratocónicas y aberrantes; el componente refractivo total va a estar altamente distorsionado y las aberraciones oculares estarán dominadas por las aberraciones corneales.^{8,42}

Según un estudio “(Piñero, Alió, Barraquer, Michael y Jiménez, 2010)”, los coeficientes aberrométricos están estrechamente relacionados con el factor de resistencia corneal (CRF) por lo que, cuanto más alta es la aberración, más bajo será el CRF⁴³; de manera que, los cambios en las propiedades viscoelásticas de la córnea están relacionados con los cambios en la queratometría y aberrometría corneal.⁴³

1.5.3.3. Propiedades biomecánicas de la córnea

La córnea es una estructura viscoelástica cuyas propiedades principales están relacionadas con su comportamiento biomecánico. La elasticidad describe la proporcionalidad entre la magnitud de la deformación del tejido y la fuerza aplicada; y la resistencia viscosa o amortiguación, representa la dependencia temporal que existe en la relación entre la deformación y la fuerza aplicada.⁴³

Las propiedades biomecánicas de la córnea, se estudian por medio del analizador de respuesta ocular (ORA). Este dispositivo genera un pulso de aire al ojo que causa que la córnea se desplace hacia el interior, logrando un estado de aplanamiento específico o aplanamiento (P1).⁴³ Milisegundos después de la primera aplicación, la presión disminuye y la córnea pasa por un segundo estado de aplanado (P2), mientras regresa de la concavidad a su curvatura convexa normal.⁴³ Se considera que a mayor rigidez corneal será necesaria una mayor presión de aplanamiento. Se registran dos presiones diferentes para lograr el aplanamiento (P1 y P2) y la diferencia entre ellas se considera como histéresis corneal (CH).⁴³ Este instrumento diagnóstico proporciona el CRF que es calculado usando un algoritmo propio, y se dice que está predominantemente relacionado con las propiedades elásticas de la córnea.⁴³

En el caso de córneas queratocónicas, se produce una disminución de los parámetros biomecánicos, tanto la CH como CRF, y se cree que es la consecuencia de los cambios que se producen en la estructura laminar de colágeno de este tipo de córneas (distorsión de la matriz laminar ortogonal).^{40,43}

Al inicio del queratocono, la inestabilidad biomecánica es causada por cambios sutiles en la infraestructura corneal y puede no ser detectable en una medición in vivo.⁴³

1.6. TRATAMIENTO

El queratocono es un trastorno ectásico, caracterizado por el adelgazamiento corneal progresivo y la aparición de aberraciones de alto orden que reducen la calidad de la visión conforme avanza la enfermedad; su tratamiento cambiará en función del estado y gravedad de la ectasia corneal.

El tratamiento del queratocono nos presenta varias alternativas, las cuales quedan divididas en tratamiento óptico-optométrico y quirúrgico. Así mismo, los tratamientos no quirúrgicos tienen como objetivo solucionar la mala calidad óptica y los tratamientos quirúrgicos regularizar la superficie corneal y mejorar las propiedades biomecánicas de la córnea. Por todo ello, es muy satisfactorio la combinación de ambas alternativas, tanto optométricas como quirúrgicas siempre que sea necesario.

1.6.1. Tratamiento óptico-optométrico

El tratamiento óptico-optométrico, consiste en la prescripción de gafas y adaptación de lentes de contacto (LC) a los pacientes con queratocono con el fin de conseguir la rehabilitación visual compensando las aberraciones corneales de alto y bajo orden y mejorando la agudeza visual.

En la actualidad, gracias a los avances tanto en la fabricación como en el diseño de las lentes de contacto se consigue asegurar un ajuste más preciso gracias a la topografía corneal y a la tomografía de coherencia óptica.³ La elección de las lentes de contacto para cada paciente, se basará en los mismos criterios de selección para cualquier adaptación de lentes de contacto, eventualmente usando la lente que proporcione la mayor comodidad y mejor visión aunque el ajuste también dependerá del grado de progresión de la enfermedad ectásica y la estabilidad corneal.³

Es muy importante explicar a los pacientes la pauta de no frotarse los ojos, para no favorecer la evolución de la ectasia, y por ello, reducir el impulso de frotamiento mediante el uso de medicamentos antialérgicos tópicos en pacientes con alergia, y el uso de lubricantes tópicos en caso de irritación ocular¹⁹; pero siempre sin conservantes ya que reducen la irritación y el trauma epitelial en comparación con los agentes con conservantes.¹⁹

1.6.1.1. Prescripción de gafas

En estadios iniciales o en casos de queratocono subclínico, la corrección de la ametropía con gafas es suficiente para conseguir una buena agudeza visual ya que, en muchas ocasiones, los pacientes son asintomáticos y las aberraciones corneales son muy leves. En casos de queratocono más avanzado, la utilidad de las gafas queda muy limitada debido a la aparición y al aumento de las aberraciones de alto orden, y que las lentes de las gafas no son capaces de compensar. Por tanto, son necesarias la adaptación de lentes de contacto para mejorar la visión y la comodidad en el porte sin comprometer la salud corneal.

1.6.1.2. Lentes de contacto blandas

En cuanto a la adaptación de LC blandas hidrofílicas, están indicadas en los primeros grados de la enfermedad, cuando hay una topografía corneal poco atípica y la agudeza visual corregida es normal.^{3,5} El objetivo de esta adaptación es corregir el astigmatismo siempre presente en el queratocono, proporcionando una óptica aceptable y un ajuste cómodo en los casos en que el cono se encuentra cerca del eje visual y el ápice del cono no es demasiado empinado.³ Estas lentes de contacto, ofrecen una adecuada visión, suficiente intercambio lagrimal, oxigenación corneal, facilidad de manejo y baja tasa de infección si se manejan adecuadamente.⁵

Para mejorar estos resultados, actualmente se están utilizando nuevos hidrogeles especiales que incluyen pequeñas zonas ópticas, espesores centrales más gruesos y superficies internas asféricas.³ También, podemos encontrar LC blandas personalizadas guiadas por frente de onda que facilitan la adaptación en estos casos especiales.³

Los tres parámetros importantes en la adaptación de cualquier LC son el diámetro de la lente, la curva base y la potencia para corregir el error refractivo. El diámetro se basa en la ubicación del cono, su tamaño, y la inclinación³⁸; por ello, para pacientes cuya protusión corneal este

localizada ínfero-temporalmente (siendo lo más frecuente) y en casos de desplazamiento apical grave o cono de gran diámetro, se necesitará una LC de mayor diámetro.³⁸ Es importante escoger LC blandas de alto contenido en agua para mejorar la transmisibilidad al oxígeno o lentes de hidrogel de silicona, sobre todo, en caso de elevados errores refractivos donde la LC es más gruesa para evitar cambios corneales relacionados con la hipoxia.

Actualmente encontramos diferentes LC blandas disponibles en el mercado para la adaptación en pacientes con queratocono, entre ellas encontramos: *HydroKone (Innovaciones Medlens)*, *Soft K (Soflex Contact Lens Industries)*, *Solus Soft K (Strategic Lens Innovations)*, *SpecialEyes 59/54 Tórica (SpecialEyes)*, y *Ocu-Flex Tórica (Ocu-Ease)*.^{20,44}

En un estudio “(González, Jorge, de Almeida y Parafita, 2006)” realizado para valorar la eficacia de la LC *Soft K*, ha demostrado que presenta un rendimiento superior a las lentes de hidrogel convencionales en varios aspectos²⁰; ya que enmascara el astigmatismo y mejora la visión gracias al grosor de la zona óptica, obteniendo buenos resultados de AV, y la zona periférica mejora la comodidad.²⁰ La LC blanda, *Soft K (Soflex Contact Lens Industries)*, está hecha de un material no iónico con un alto contenido en agua (58%) y está disponible en el mercado, tanto el diseño esférico (*Eni-Eye Soft K*) como el tórico (*Eni-Eye Soft K Tórica*).²⁰ Esta LC, está diseñada para casos leve-moderados de queratocono, especialmente indicada para casos de intolerancia de lentes RGP.²⁰ Presenta una curva base esférica y una periferia asférica.²⁰

1.6.1.3. Lentes Rígidas Gas Permeables

Las lentes rígidas gas permeables (RGP), son la primera opción de tratamiento en casos de queratocono temprano-moderado. Son la opción más apropiada para la compensación óptica en el queratocono ya que consiguen una superficie anterior perfecta libre de aberraciones debido a que, todas las irregularidades de la superficie corneal anterior están enmascaradas y compensadas por la película lagrimal formada entre la superficie anterior de la LC y el epitelio corneal.^{3,7}

Las lentes RGP de diámetro corneal, se adaptan para conos centrales pequeños o para conos suaves.^{3,7} El ajuste ideal es más fácil de lograr en el queratocono temprano; en los casos más avanzados, es difícil obtener un ajuste "óptimo" debido a la irregularidad corneal ya que existe un aplanamiento central y un abultamiento inferior de la córnea que interfiere con la estabilidad y está asociado con la dislocación de la lente.^{7,38} Para un buen ajuste, la zona periférica de la LC necesita aplanarse más que la córnea periférica y, al hacerlo, debe tener un levantamiento de borde axial determinado con valores de excentricidad que van desde 0,65 a más de 1,0 en los casos de queratocono más avanzados.³

Dentro de este grupo de lentes (RGP), destacamos las lentes de contacto *Rose K (Menicon)*, debido a que, presenta una tasa de éxito mayor del 90% y son mucho más cómodas que las LC RGP tradicionales.^{10,43,44,45} Se caracterizan por ser lentes multicurvas con una pequeña zona óptica muy curva que encaja con el cono corneal y con una periferia más plana que permite el intercambio lagrimal para lograr así^{10,43,44}; el patrón con fluoresceína llamado "cojinete apical". Además, la periferia de la lente y el levantamiento de borde resultante son los factores más importantes para conseguir un ajuste exitoso.^{43,44}

Respecto a la adaptación de las RGP, hay disponibles varias filosofías de ajuste siendo un tema controvertido la elección de la técnica más apropiada, pero destaca la técnica de "tres puntos de contacto" siendo la más aceptada en la práctica clínica.²⁵

En el "*despeje apical*" (figura 5), no hay ningún toque en la zona apical, es decir, la zona apical está despejada y la bóveda está presente reduciendo el riesgo de cicatrices, erosiones y edema corneal a largo plazo.^{25,44} El endurecimiento en la periferia de la lente puede resultar en el sellado del intercambio lagrimal debido a un toque intermedio y excesivo ya que, normalmente, son lentes de contacto de menor diámetro con un radio de la zona óptica posterior más pronunciado (BOZR) centradas en el cono.^{25,44} A veces, el borde de la lente resulta en el eje visual o en la zona óptica bifurcando la pupila y provocando una visión fluctuante.^{25,44} En etapas posteriores de la enfermedad, una relación de ajuste de despeje apical puede ser más difícil de obtener.

En el "*cojinete apical*" (figura 6), la zona óptica de la LC toca con el ápice del cono^{25,44}; lo que resulta en una buena agudeza visual debido al ajuste más plano de la lente sobre la córnea, pero conlleva, la aparición de cicatrices corneales e intolerancia sobre el uso a largo plazo.^{25,44}

La técnica de "*apoyo dividido o tres puntos de contacto*" (figura 7), es el equilibrio entre ambas dos técnicas previamente explicadas; que consiste en tocar ligeramente el ápice corneal con una alineación periférica de tal forma que, el soporte de la lente se reparte entre el ápice y la córnea paracentral consiguiendo así la distribución del peso sobre mayor área corneal con el objetivo de minimizar el riesgo de cicatrices apicales y facilitando el intercambio lagrimal.^{25,44} Este es el tipo de ajuste de LC RGP más preferido en la clínica, tal y como se ha mencionado previamente, ya que proporciona una buena visión y mayor comodidad en el uso prolongado.^{25,44} Además, este tipo de ajuste es más fácil de lograr en queratocono más avanzado.⁴⁴

Cuando las LC RGP de diámetro corneal, no son bien toleradas por los pacientes o no se consigue un ajuste óptimo, normalmente en casos de queratocono avanzado, existen tres alternativas para ganar tolerancia y comodidad en el porte sin sacrificar la agudeza visual. Entre ellas encontramos: **las lentes de contacto híbridas, las lentes RGP de apoyo escleral y el sistema Piggyback.**^{3,5,7,19,44}

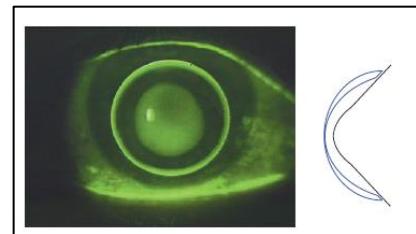


Figura 5. Despeje apical

Fuente: Leung, K.K. (1999) *RGP fitting philosophies for keratoconus. Clinical and Experimental Optometry*, 82, 230-235

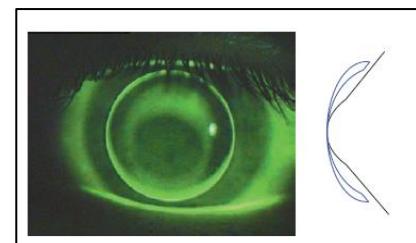


Figura 6. Cojinete apical.

Fuente: Leung, K.K. (1999) *RGP fitting philosophies for keratoconus. Clinical and Experimental Optometry*, 82, 230-235.

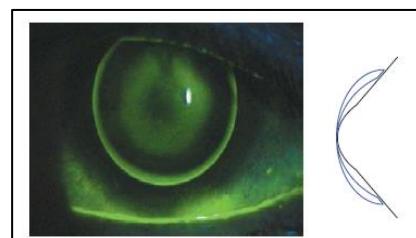


Figura 7. Apoyo dividido

Fuente: Leung, K.K. (1999) *RGP fitting philosophies for keratoconus. Clinical and Experimental Optometry*, 82, 230-235.

Un estudio realizado por “(Szczotka y Patel, 2008)”, estudiaron el comportamiento de las LC RGP adaptadas a 40 sujetos con córneas irregulares como es el caso del queratocono, hechas del material tisilfocon A⁵⁴; comercializado bajo el nombre comercial de *Menicon Z* (Menicon, Nagoya, Japón) cuya característica principal es que tiene un alto Dk.⁵⁴ De los 40 pacientes incluidos en el estudio, se adaptaron las LC *Menicon Z* a 33 ojos queratocónicos (20 pacientes) y se obtuvo una tasa de éxito del 79% siendo la duración media de porte de 2,5 años (0,5-5 años), en el que los pacientes obtenían una agudeza visual aceptable y se mantenía la fisiología corneal.⁵⁴ Los pacientes que no lograron adaptarse a la LC *Menicon Z* fue por intolerancia al material, incomodidad en el porte, depósitos y rotura repentina de la LC.⁵⁴

1.6.1.4. Lentes híbridas

Las lentes híbridas (figura 8), consisten en una combinación de una zona central permeable a los gases y una falda hidrofílica periférica.^{3,5,7,44} Las ventajas de este sistema se basan en la combinación de las propiedades de un material rígido permeable al gas en la zona central que corrige el astigmatismo irregular y las aberraciones corneales con una buena agudeza visual, y las ventajas de las lentes de contacto blandas en la periferia que proporcionan mayor estabilidad, comodidad y tolerancia de la lente.^{3,5,7}

El diámetro total de la lente es de 14,5 mm y se adaptan sin o con un mínimo toque apical en la córnea central.^{7,44} Por tanto, un buen ajuste de estas lentes de contacto se traduce en que haya buen intercambio lagrimal (sin bloqueo), movimiento de 0,25 a 0,50 mm de la lente (probando mirando hacia arriba y parpadeando) y buena calidad óptica, comodidad y concentración de lágrima.^{3,6,38}



Figura 8. Lentes Híbridas

Fuente: Alió, J.L., Vega, A., Sanz, P., Peña, P., Durán, M.L. y Maldonado, M. (2015). *Keratoconus Management Guidelines. International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 4, 1-39

Un estudio realizado “(Özkurt, Oral, Karaman, Özgür y Dogan, 2007)”, tenía como objetivo evaluar la adaptación de la lente *SoftPerm* en 24 ojos con queratocono.³⁹ La lente *SoftPerm* está compuesta por una LC RGP en su zona central con alto Dk y la zona periférica hecha de un material hidrofílico con un diámetro total de la LC de 14,3 mm y un diámetro de zona óptica de 7 mm.³⁹ Esta lente (*SoftPerm*, SBH, Sunnyvale, CA), es el resultado de la segunda generación de lentes híbridas con el mismo diseño y material que las de primera generación (*Saturno II*) pero con un diámetro mayor y con modificaciones en el diseño del borde de la LC para conseguir mayor intercambio lagrimal.¹ El tiempo medio de seguimiento fue de 23 meses (rango de 3-41 meses) y se adaptó como lente de prueba, aquella con un radio 0,1 mm más curvo que la medición del radio corneal central; que dio lugar a un ajuste ideal y un fluorograma con una mínima separación apical, buen centrado, movimiento 0,25-0,50 mm y una estrecha banda de fluoresceína en la unión rígido-blando.³⁹ Los resultados obtenidos fueron una mejor corrección visual con AV promedio de 20/40 con una tasa de éxito del 83,3% aunque también se encontraron complicaciones.³⁹ En 7 (29,1%) de 24 ojos, sufrieron conjuntivitis papilar gigante y en 6 (25%) de 24 ojos, vascularización corneal³⁹; sin embargo, la incomodidad fue la razón más común para la interrupción del porte de la LC.³⁹

Como afirman “Abdalla, Elsahn, Hammersmith y Cohen (2010)” en un estudio realizado a 41 pacientes (61 ojos con queratocono), a los que se les adaptó la lente de contacto *SynergEyes*

(SynergEyes, Inc, Carlsbad, CA)¹; una lente híbrida de tercera generación con un centro RGP y una falda suave con unión más fuerte entre estas lentes (RPG/hidrogel).¹ Se obtuvo una tasa de éxito en la adaptación del 86,9% y el valor promedio de agudeza visual previo a la adaptación de las lentes SynergEyes, era de 20/60 y tras la adaptación, la mayoría de los pacientes portaron las LC durante 10-12 horas¹; se obtuvo como resultado una agudeza visual excelente (20/20 a 20/25) en 19 de 61 ojos (31,1%) y muy bueno (20/30 a 20/40) en 38 ojos (62,3%).¹ El resto de los ojos, tres de ellos presentaban una agudeza visual de 20/50 a 20/100, y el otro ojo una agudeza visual de 20/200 que conllevo que el paciente finalizase la adaptación.¹ Por tanto, el mejor valor medio de agudeza visual con la LC fue 20/32 (rango 20/20 a 20/200) siendo por tanto, la agudeza visual mejor o igual a la obtenida con la corrección previa en la mayoría de los casos (52 de 61 ojos, 85,2%).¹

1.6.1.5. Lentes de contacto RGP de apoyo escleral

Las lentes de contacto RGP de apoyo escleral se caracterizan porque se apoyan, tal y como su nombre indica, sobre la esclerótica sin tocar la córnea ni el limbo dejando un espacio ocupado por fluido (suero fisiológico (SF)/lágrima artificial), y, por lo tanto, sin contacto entre la lente y la córnea; enmascarando áreas muy grandes de irregularidad corneal.^{3,7,44}

La primera consideración que hay que tener en cuenta al adaptar las lentes de contacto esclerales, es el tamaño del diámetro de la lente, que depende del diámetro horizontal de iris visible (HIV); ya que cada tamaño proporciona diferentes beneficios.^{3,7} En función del diámetro de las lentes, las clasificamos en varios grupos (tabla 1).

Clasificación	Diámetro
Corneo-esclerales	(12,9-13,5 mm)
Semiesclerales	(13,6-14,9 mm)
Mini-esclerales	(15,0-18,0 mm)
Esclerales completas	(18,1-24,0 mm)

Tabla 1. Clasificación de las LC RGP de apoyo escleral según su diámetro.

Fuente: Alió, J.L., Vega, A., Sanz, P., Peña, P., Durán, M.L. y Maldonado, M. (2015). *Keratoconus Management Guidelines. International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 4, 1-39.

Un diámetro grande conlleva mayor depósito de lágrima, mayor área de apoyo en la zona de apoyo y mayor descentralización.³ Por el contrario, un diámetro pequeño, es más fácil de usar (a la hora de insertar y retirar la lente de contacto).³ El movimiento espontáneo después del parpadeo no es común en las lentes de contacto esclerales y el movimiento vertical puede causar molestias y una pobre satisfacción por parte del paciente.³

Las ventajas de estas lentes, es que incluyen la capacidad de despejar completamente la superficie corneal, proporcionando buena concentración lagrimal útil para el tratamiento del síndrome de ojo seco, y estabilizan la agudeza visual, dado que la LC no se mueve durante su porte (al contrario que las corneales). La principal desventaja es su sistema de apoyo que hace que la LC quede “sellada” en la conjuntiva, de manera que no hay intercambio lagrimal. Esto obliga a que el paciente se deba extraer la LC y aplicar SF + lágrima varias veces durante el día (dependerá del paciente). Debido a su tamaño, existe una mayor dificultad con respecto a la aplicación y la eliminación de la lente de contacto.^{3,7} Las contraindicaciones para las lentes esclerales son las córneas con importante edema por la reducción del recuento de células endoteliales.⁷

Durante el proceso de adaptación, teniendo en cuenta que varía en función del diseño de cada lente de contacto, se deben tener en cuenta tres partes de la lente, entre otras, que se ajustan de forma independiente y son: BOZR y el BOZD, la unión corneoescleral (zona media-periférica) y la zona esclero-conjuntival.³ Además, se deben evaluar dos parámetros principales con ayuda de la lámpara de hendidura, el háptico y la bóveda.⁴⁴ Un ajuste aceptable se caracteriza por una adecuada separación entre la lente y la córnea (300 micras) sin burbujas en el fluido, y sin compresión de los vasos conjuntivales.⁴⁴

Se realizó un estudio “(Carracedo et al.,2017)” a 26 pacientes voluntarios con queratocono y la muestra se dividió en dos grupos, aquellos pacientes con anillos intraestromales y los pacientes sin ellos¹¹; con el objetivo de evaluar cómo afecta la turbidez y el grosor de la capa lagrimal post-lente sobre la calidad visual en pacientes con queratocono.¹¹ Las lentes que se adaptaron, *ICD 16.5* (Paragon Vision Sciences, Mesa, Arizona, EE.UU.), lentes RGP de apoyo escleral con un diámetro total de 16,5 mm que proporcionan un espesor de separación (córnea-lente) entre el 300 µm y el 400 µm, siguiendo las instrucciones del fabricante.¹¹ Una vez adaptada esta LC, los pacientes la usaron de seis a nueve horas y la sensibilidad al contraste y la AV disminuyeron para toda la muestra pero más significativamente, la AV en el caso de los pacientes sin anillos intraestromales, de $0,14 \pm 0,14$ logMAR a $0,25 \pm 0,12$ logMAR.¹¹ La capa lagrimal post-lente, disminuyó significativamente (70 µm) para todos los sujetos estudiados y aumentó la turbidez de la misma, siendo el número de partículas ocho veces mayor después del porte¹¹; por lo que, se encontró una correlación significativa entre la turbidez y la AV pero no se encontró correlación entre la turbidez y el espesor de la capa lagrimal post-lente.¹¹

1.6.1.6. Sistema Piggyback

El sistema Piggyback consiste en combinar una lente de contacto RGP sobre un lente de hidrogel de silicona, mejorando así la tolerancia mecánica, la comodidad en el porte y la concentración lagrimal en algunos casos de queratocono.^{3,5,7,44} En primer lugar, se adapta la lente de contacto blanda (se ajusta ligeramente plana) y a continuación de esta, se realiza la lectura de los radios queratométricos, bien sea con una queratometría o topografía corneal, sobre la lente de contacto blanda en la superficie anterior central y se utiliza para seleccionar la curva base de la lente de contacto RPG.^{3,44} La curva base de la lente RGP, se selecciona en función del valor del radio queratométrico más plano con un diámetro que oscila entre 9 y 10 mm; y siempre teniendo en cuenta que la lente debe tener un grosor reducido.^{3,44}

La evaluación de la adaptación, tanto del ajuste dinámico como del estático, debe realizarse para la LC RGP. Los movimientos que realiza cada lente (LC blanda de hidrogel de silicona y la LC RGP) son independientes entre sí.⁴⁴ Después de lograr un ajuste óptimo para ambas LC, se realiza la sobrerrefracción y se añade la potencia a la LC RGP.⁴⁴ Se puede modificar el ajuste final de la lente RGP modificando la potencia de la lente de contacto blanda.^{3,7,44} Ambas lentes deben ser de un material con alto Dk para minimizar el riesgo de hipoxia ya que, aunque el uso de una lente blanda de potencia positiva puede ayudar, el grosor adicional implica una reducción de la permeabilidad al oxígeno.^{3,7,44}

Como afirman “Romero, Santodomingo, González, Flores y Villa, 2015” en un estudio realizado a diecisésis pacientes de queratocono (30 ojos), las LC blandas de potencia negativa, reducen la

potencia de la lente RGP sin verse afectada la AV en casos de adaptación del sistema Piggy-back.⁴⁷ En otro estudio “(Romero, Santodomingo, González, Flores y Villa, 2013)”, realizado por los mismos autores previamente, respaldaban los resultados obtenidos ya que estudiaron a diecinueve pacientes con queratocono (30 ojos) y observaron que las lentes de contacto blandas de potencia negativa proporcionan una superficie anterior más plana en comparación con los lentes de potencia positiva en córneas queratocónicas, pudiendo ser más adecuadas para la adaptación del sistema piggy-back.⁴⁶

Aunque este sistema de lentes de contacto presente ventajas obvias de comodidad, tolerancia y corrección en algunos pacientes, presenta dificultades para obtener un resultado efectivo. El mantenimiento de la relación de equilibrio-estabilidad entre ambas lentes es un verdadero problema de adaptación^{3,7} dado que, el movimiento excesivo o el comportamiento cerrado de la lente rígida puede causar alteraciones en la interfaz de las dos lentes acompañado de burbujas o desechos que disminuyen la calidad óptica y alteran el metabolismo de la córnea.³ Como resultado, pueden observarse zonas de hipoxia/edema y formación de nuevos vasos.³

1.6.2. Tratamiento quirúrgico

El tratamiento quirúrgico es una alternativa para el tratamiento del queratocono cuya indicación es marcada siempre por los oftalmólogos. La indicación de estos tratamientos va siempre en función de la capacidad del paciente en lograr una buena visión con corrección óptica y el grado de evolución de la ectasia corneal. En la actualidad, encontramos varias opciones de tratamiento reservando la queratoplastia como última opción.¹⁹

1.6.2.1. Cross-linking

La técnica de Cross-linking (CXL), mejora las propiedades biomecánicas de la córnea, y se basa en la combinación de una sustancia fotosensible (0,1% de Riboflavina con o sin el 20% de Dextrano) y su estimulación con luz ultravioleta de tipo A (UVA).^{3,5,35} La riboflavina es un efectivo fotoactivador con sensibilidad a la UV por lo que, cuando absorbe la luz alcanza un estado de excitación que le permite interactuar con el oxígeno molecular y se produce la foto-oxidación generando radicales intermedios.^{3,5} El 20% de dextrano permite la estabilización osmolar y el mantenimiento de la córnea durante el procedimiento. Después de la aplicación de la luz UVA, la fotopolimerización del estroma corneal ocurre debido a la foto-oxidación y la liberación de O² y radicales libres que generan la formación de nuevos enlaces covalentes dentro de las fibras de colágeno; que permite la reticulación de la córnea consiguiendo así el aumento de la rigidez corneal, cambios en el comportamiento biomecánico y bioelástico del tejido de la córnea y mejoras en los diferentes comportamientos visuales, refractivos, topográficos y aberrométricos del paciente.^{3,5}

El principal efecto del CXL es que reduce la progresión de la enfermedad a través de la formación de los enlaces entre las fibrillas de colágeno; por tanto, el momento más efectivo para realizar esta técnica es en pacientes con queratocono progresivo que aún conservan buena agudeza visual (AV) corregida (AV=0,8).^{3,5,35} Además, se deben tener en cuenta otras consideraciones como que los pacientes sean menores de 35 años con espesor corneal mayor

a 400 micras (para prevenir la toxicidad de los rayos UV en el endotelio) y con lecturas queratométricas menores a 58 dioptrías.^{3,5,35} Las contraindicaciones de esta técnica son el embarazo y la lactancia, opacidad corneal y síndrome de ojo seco severo.^{3,5,35}

El CXL, se puede realizar solo o en combinación de otras alternativas quirúrgicas como la implantación de anillos intraestromales.³⁵

1.6.2.2. Anillos Intraestromales

Los anillos intraestromales, técnica reversible, que permite regularizar la superficie corneal aplanando el área empinada de la córnea y así, reduciendo la distorsión visual, con fines terapéuticos y refractivos.^{3,5,35} Además, facilita la adaptación de lentes de contacto.³ Los segmentos intraestromales, hechos de PMMA, se implantan mediante túneles de disección en el estroma corneal, ya sea manualmente o usando un láser de femtosegundo (disección estromal más precisa).^{3,5,35} Ambas técnicas producen resultados similares, pero el uso del láser de femtosegundo hace que el proceso sea más seguro, rápido, más fácil para el cirujano y más cómodo para el paciente^{3,35}; y además, produce mayor reducción de las aberraciones corneales de alto orden.³ La longitud de los segmentos se determina en base al nomograma del fabricante, así mismo, los anillos se eligen teniendo en cuenta el error de refracción, el mapa topográfico, el espesor corneal y las lecturas queratométricas.^{3,5} La incisión que guía la implantación de los segmentos en el túnel, se encuentra en el eje del meridiano más empinado de la topografía corneal y los diámetros de los anillos más pequeños ofrecen mayores efectos de aplanamiento^{3,5}; a menudo utilizados en pacientes con mayores errores de refracción.^{3,5}

Actualmente hay cuatro tipos principales de segmentos intracorneales; *Keraring*, *Intacs*, *Ferrara* y *Myoring*.^{3,35} Entre ellos, destacan los segmentos *Kearing* ya que su implantación es más efectiva en la mayoría de los casos y tiene un bajo índice de complicaciones pero los *Intacs* y los anillos de *Ferrara* son los más disponibles en el mercado para el manejo del queratocono.^{3,35} Los mejores candidatos para la implantación de los anillos intraestromales son aquellos que se encuentren en la etapa moderada y severa de la enfermedad, con ausencia de cicatrices corneales e intolerancia al porte de lentes de contacto.^{5,35}

Los segmentos intraestromales pueden combinarse con otras técnicas quirúrgicas, como el Cross-linking, lentes intraoculares fáquicas y procedimientos de queratoplastia.³

1.6.2.3. Lentes intraoculares fáquicas

Las lentes intraoculares (LIO) fáquicas tienen como objetivo corregir el error refractivo, pero no frenar la progresión del queratocono. Son útiles para reducir la miopía y el astigmatismo irregular en las primeras etapas del queratocono, y en los casos avanzados, para corregir el error refractivo residual después de la queratoplastia laminar anterior profunda (DALK).³⁵ Estas lentes presentan diferentes diseños en función de la zona a ser implantadas; lentes intraoculares de anclaje iridiano, de cámara anterior o de cámara posterior.

Tiene ventajas, como la compensación de ametropía, la conservación de la acomodación, y la estabilidad de la lente intraocular con independencia de la morfología corneal, el aumento de la imagen de la retina en pacientes con alta miopía, y reversibilidad en caso de fracaso.^{3,35} Aunque, por otro lado, los efectos negativos de la implantación de lentes fáquicas incluyen la

pérdida acelerada de células endoteliales, la formación de cataratas, riego de ovalización de la pupila, aumento de la presión intraocular, rotación o descentralización de las lentes y problemas de visión nocturna y halos.^{3,35} Otra importante desventaja de las LIO fáquicas, es que si la ectasia corneal evoluciona, lo hará con ella la graduación del paciente y puede suceder que la LIO fáquica no consiga compensar la totalidad del error refractivo.

Tras un estudio realizado, “(Badoza, Cosentino y Benítez, 2019)”, a 18 ojos queratocónicos a los que se les implanta una LIO fáquica (LIOF) en cámara posterior, *LIOF Toric ICL Visian*.⁶ Todos los pacientes intervenidos mejoran su agudeza visual sin corrección en el postoperatorio, sin complicaciones acompañantes, dando lugar a una agudeza visual con corrección de $0,71 \pm 0,2$ en el primer mes mejorando así hasta los dos años tras la intervención siendo la agudeza visual con corrección de $0,82 \pm 0,2$.⁶

El procedimiento puede ser combinado y realizado simultáneamente con Cross-linking.³⁵

1.6.2.4. Queratoplastia

La queratoplastia penetrante (PK), era la técnica de elección para casos de queratocono avanzado; que consiste en trasplantar la córnea en su totalidad. Pero en la actualidad, gracias a las mejoras quirúrgicas, la queratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) se considera como una buena alternativa.^{5,19} La queratoplastia en el queratocono se realiza cuando existe una cicatrización corneal significativa, el paciente no tolera las lentes de contacto u otras estrategias quirúrgicas fallan o están contraindicadas; como puede ser el caso de una córnea muy delgada (200 mm) o con riesgo de hidrops corneal.^{19,35}

La principal ventaja del DALK sobre la PK clásica, consiste en que hay menores tasas de rechazo del injerto, mayor preservación de células endoteliales, menor astigmatismo residual postquirúrgico y un período postoperatorio más corto.^{5,3} Por el contrario, las limitaciones del método incluyen la dificultad a la hora de realizar la técnica y el hecho de que no puede ser fácilmente aplicado en córneas con cicatrices, neovascularización o hidrops corneal.⁵ Así mismo, ambas técnicas (PK y DALK) proporcionan los mismos resultados visuales.⁵

En cuanto a las tasas de rechazo del injerto corneal, la PK varía entre 2,3-68%, aunque la tasa de fracaso del injerto tiende a ser menor gracias a la aplicación inmediata de corticoesteroides.^{5,35} En cambio, la DALK, evita el trasplante del endotelio eliminando así la posibilidad de rechazo aunque puede haberlo de los injertos epiteliales, estromales o mixtos el cual varía entre un 8-10%.^{5,35} Junto a esto, la complicación más común en la cirugía DALK, es la perforación de la membrana de Descemet durante el procedimiento quirúrgico siendo el riesgo menor en los pacientes ancianos, ya que tienden a tener una mayor membrana de Descemet.⁵

2. INTERVENCIÓN OPTOMÉTRICA EN EL QUERATOCONO

2.1. EL ÓPTICO-OPTOMETRISTA

Un óptico-optometrista es un profesional de la salud ocular formado y autorizado legalmente para determinar el estado del sistema visual junto con la capacidad de ejercer una valoración funcional ocular, sensorial, motora y perceptual del aparato visual. Y, además, evalúa los componentes refractivos y acomodativos que lo componen.^{33,49} Por lo que, su principal función es proporcionar un cuidado completo de los ojos y la visión.

Como profesional sanitario de atención primaria, se encarga del sistema visual funcionalmente anómalo y por ello, tiene la aptitud de detectar, tratar e indicar prescripción óptica, terapia visual, tratamientos preventivos y correctores para la compensación de anomalías visuales, así como, de métodos de reeducación visual y de ayudar a utilizar la visión residual en casos de baja visión; junto con la detección de patologías oculares y sistémicas.⁴⁹

2.1.1. Integración en sanidad según los países y actividades que realiza

Actualmente en España, muchos ópticos-optometristas trabajan en centros de atención sanitaria tanto privados como públicos, pero únicamente son un pequeño porcentaje de todos los profesionales formados. La incorporación del cargo de óptico-optometrista en el sistema nacional de salud (SNS) en atención primaria, se debe a que con el paso de los años se han ido firmando acuerdos de colaboración entre las consejerías de sanidad de diferentes comunidades autónomas y el consejo general de colegios de ópticos-optometristas (CGCOO).^{32,49} El objetivo final de esta integración, es reducir las listas de espera de los pacientes ya que el servicio de oftalmología cuenta con las mayores.⁴⁹

Pese a todo lo conseguido hasta la fecha, la profesión sanitaria de óptico-optometrista no está incluida de forma oficial en el SNS, aunque tal y como se ha mencionado anteriormente, si están presentes los ópticos optometristas en algunos hospitales de España como técnicos sanitarios teniendo un proceso de contratación diferente en función de si el centro médico es público o es privado.⁴⁹ Las principales funciones que engloba dicho cargo, es atender a los pacientes con problemas visuales que no evidencien expresamente ninguna patología junto con la contribución de su formación en tareas de evaluación, de agudeza visual, tensión ocular, refracción y utilización de los diferentes dispositivos electrónicos diagnósticos.⁴⁹ De tal forma, se consigue disminuir las listas de espera mejorando la eficacia ya que se descarga a los oftalmólogos de carga laboral para que estos se centren en el diagnóstico de patologías e indicación y realización de cirugías.⁴⁹

En el resto del mundo, la práctica de la optometría difiere bruscamente entre países estando más aceptado el ámbito de la óptica.³³ El reconocimiento de la optometría se extiende entre cinco continentes, como es el caso de la mayoría de las regiones de los Estados Unidos, Canadá, Colombia, Nigeria, Tanzania y tres estados de Australia³³; donde los ópticos optometristas tienen acceso a medicamentos de diagnóstico y tratamiento junto con la

prescripción terapéutica.³³ En cambio, en Japón, no tienen aceptada la optometría como profesión y el diagnóstico no forman parte de la práctica habitual ya que los trabajadores sólo pueden sugerir una receta para gafas, aunque solo los oftalmólogos tienen los derechos de prescripción optométrica.³³ En Rusia se encuentran en una situación similar.³³ En Europa, progresó lentamente la aceptación e integración de esta profesión. Curiosamente, la optometría está apareciendo en muchos países en desarrollo como resultado de que los profesionales regresan de los estudios en el extranjero y de que los gobiernos reconocen el valor de la optometría como parte de la *Iniciativa Visión 2020* de la OMS.³³

2.2. EL OPTOMETRISTA Y EL QUERATOCONO

2.2.1. Intervención en el diagnóstico y detección precoz

La detección precoz del queratocono cobra mucha importancia ya que, un diagnóstico temprano puede ayudar a frenar la progresión de la ectasia y a un mejor manejo de la misma. El papel del óptico-optometrista, se basa en detectar las manifestaciones clínicas características de dicha ectasia corneal y asociarlo a los síntomas que presenta el paciente cuando este acude a nosotros debido a una anomalía, deterioro o incomodidad en la visión; y, por consiguiente, ante la firme sospecha de queratocono debe remitir al paciente al oftalmólogo consiguiendo así, un manejo interdisciplinario.

El óptico optometrista debe estar alerta si encuentra durante un examen visual, un reflejo retinoscópico que revela “sombra en tijera” y una refracción inestable que curse con miopía y astigmatismo, aunque este asociado a una buena agudeza visual. Estas evidencias halladas (características del queratocono subclínico) deben alertar al profesional y realizar una anamnesis adecuada para correlacionar hábitos como frotarse los ojos o síntomas que no han sido comentados por el paciente. Si el profesional dispone de otros medios diagnósticos como la topografía corneal, muy útil para detectar cambios en la cara anterior de la córnea siendo las primeras evidencias del queratocono, debería comprobar así sus sospechas.

2.2.2. Intervención en el tratamiento

Una vez se ha confirmado el diagnóstico de queratocono, el óptico-optometrista es el encargado de ejecutar las primeras alternativas de tratamiento siendo estas mucho menos invasivas que las alternativas quirúrgicas, más utilizadas para estados avanzados de queratocono.

En primer lugar, para un queratocono subclínico o fustre, la corrección con gafas o lentes de contacto blandas todavía es una opción si el paciente consigue buena agudeza visual. Para casos donde la ectasia corneal está más evolucionada, entran en juego las LC RGP que permiten compensar la irregularidad corneal gracias al menisco lagrimal que se forma entre la cara anterior de la lente de contacto y el epitelio corneal; consiguiendo así, compensar al mismo tiempo las aberraciones de alto orden y, por tanto, el paciente alcanza una aceptable agudeza visual. Cuando la protusión apical de la córnea es excesivamente notable, la

adaptación de las lentes RGP no es óptima, por lo que, se baraja el uso de otras lentes de contacto como pueden ser las RGP de apoyo escleral, las lentes híbridas o el sistema Piggy-back; aunque durante la práctica clínica la opción de elección común son las lentes esclerales.

El tratamiento de un paciente con queratocono, es un proceso interdisciplinar entre el oftalmólogo y el óptico-optometrista; por tanto, en función de la evolución de la ectasia, se pueden combinar tanto tratamientos quirúrgicos como no quirúrgicos. Gracias a las alternativas de tratamiento quirúrgicas, se consigue mejorar las propiedades biomecánicas de la córnea y regularizar la superficie corneal; traduciéndose en mayor facilidad para adaptar lentes de contacto y así conseguir la rehabilitación visual del paciente.

3. CONCLUSIÓN

El queratocono es una ectasia corneal, bilateral y de progresión generalmente asimétrica que se desarrolla más frecuentemente entre la adolescencia y la etapa adulta. Los cambios morfológicos que sufre la córnea en consecuencia del queratocono, provocan el aumento de las aberraciones de bajo y alto orden, sensibilidad al contraste anómala, fotofobia y pérdida de visión nocturna; dando lugar a la pérdida de la calidad visual.

La finalidad de este trabajo, es realizar una revisión bibliográfica de los actuales tratamientos del queratocono, los cuales dependen de los parámetros y características corneales del paciente y de la progresión de la ectasia corneal. En casos iniciales, la corrección óptica con gafas o LC blandas hidrofílicas, son capaces de conseguir una adecuada visión y comodidad para el paciente. Para casos moderados, las LC RGP son la elección de tratamiento ya que compensan las aberraciones de alto orden. Entre ellas, destacamos las LC RGP de apoyo corneal para conos suaves, y las LC RGP de apoyo escleral en caso de conos mucho más pronunciados. Otras alternativas de corrección óptica como las LC híbridas o el sistema Piggyback, resultan satisfactorias en caso de intolerancia a las LC o para queratoconos graves. Entre los tratamientos quirúrgicos encontramos el cross-linking, capaz de frenar la progresión del queratocono y los anillos intraestromales, capaces de regularizar la superficie corneal. Así mismo, las LIO fáquicas son útiles para reducir la miopía y el astigmatismo irregular, y para corregir el error refractivo residual tras la DALK; siendo esta, la última opción de tratamiento del queratocono. Todas estas alternativas de tratamiento, pueden ser ejecutadas de forma aislada o combinadas entre sí, pero siempre con el objetivo de conseguir la mejor corrección óptica posible y la mayor comodidad del paciente.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdalla, Y.F., Elsahn, A.F., Hammersmith, K.M. y Cohen, E.J. (2010). SynergEyes Lenses for Keratoconus. *The Journal of Cornea and External Disease*, 29,5-8.
2. Abu-Amro, K.K., Al-Muammar, A.M. y Kondkar, A.A. (2014). Genetics of Keratoconus: Where Do We Stand?. *Journal of Ophthalmology*, 2014, 1-11.
3. Alió, J.L., Vega, A., Sanz, P., Peña, P., Durán, M.L. y Maldonado, M. (2015). Keratoconus Management Guidelines. *International Journal of Keratoconus and Ecstatic Corneal Diseases*, 4, 1-39.
4. Alió, J.L., Vega, A., Peña, P., Durán. Mº. L., Sanz,P. y Maldonado,M. (2015, Marzo). *Guía de actuación en el Queratocono*. Pamplona, España: EUNSA.
5. Andreanos, K. D., Hashemi, K., Petrelli, M., Droutsas, K., Georgalas, I. y Kymionis, G. D. (2017). Keratoconus Treatment Algorithm. *Ophthalmology and Therapy*, 6, 245–262.
6. Badoza, D., Cosentino, M.J. y Benítez, M.E. (2019). Implante de lente intraocular fáquica de cámara posterior en ojos con queratocono: efecto a largo plazo sobre la agudeza visual. *Oftalmología clínica y experimental*, 12, 128-136.
7. Barnett, M. y Mannis, M.J. (2011). Contact lenses in the management of keratoconus. *Cornea*, 30, 1510-1516.
8. Benítez, M.C., López, N., Cárdenas, T., Guerra, M., Noriega, J.L. y Castillo, A.C. (2019). Topoaberrometría en pacientes con queratocono. *Revista cubana de oftalmología*, 32, 1-20.
9. Boxer, B. (2009). *Manejo moderno del queratocono*. Panamá, República de Panamá: Jaypee Highlights.
10. Bravo, S.M. (2009). Una revisión del queratocono. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 7, 95-106.
11. Carracedo, G., Serramito-Blanco, M., Martin-Gil, A., Wang, Z., Rodriguez-Pomar, C. y Pintor, J. (2017). Post-lens tear turbidity and visual quality after scleral lens wear. *Clinical & experimental optometry*, 100, 577–582.
12. Castillo, A. y Hernández, E. (2008) Aberraciones corneales de alto orden. ¿Un método para graduar al queratocono?. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 82, 369-375.
13. Cavas, F., De la cruz, E., Nieto, J., Fernández, F.J. y Fernández, D.G. (2016). Corneal topography in keratoconus: state of the art. *Eye and Vision*, 3, 1-12.
14. Cavas-Martínez, F., Bataille, L., Fernández-Pacheco, D. G., Cañavate, F. y Alio, J. L. (2017). Keratoconus Detection Based on a New Corneal Volumetric Analysis. *Scientific Reports*, 7, 1-10.

15. Díaz, M.E., López, S., Benítez, M.C., González, A., Cuevas, J. y Noriega, J.L. (2014). Diagnóstico del queratocono subclínico por topografía de elevación. *Revista cubana de oftalmología*, 27, 29-37.
16. García, P. (2009). Estudio retrospectivo sobre 290 casos de queratocono. *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica*, 441, 20-23.
17. Godefrooij, D.A., Ardine de Wit, G., Uiterwaal, C.S., Imhof, S.M. y Wisse, R.P.L. (2017). Age-specific Incidence and Prevalence of Keratoconus: A Nationwide Registration Study. *American Journal of Ophthalmology*, 175, 169-172.
18. Gokhale, N.S. (2013). Epidemiology of Keratoconus. *Indian journal of ophthalmology*, 61, 382-383.
19. Gomes, J.A., Tan, D., Rapuano, C.J., Belin, M.W., Ambrosio, R., Guell, J.L., Malecaze, F., Nishida, K. y Sangwan, V.S. (2015). Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Diseases. *The Journal of Cornea and External Disease*, 34, 359-369.
20. González-Méijome, J. M., Jorge, J., de Almeida, J. B. y Parafita, M. (2006). Soft Contact Lenses for Keratoconus: Case Report. *Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice*, 32, 143-147.
21. Gordon, A., Millodot, M., Shneor, E. y Liu, Y. (2015). The Genetic and Environmental Factors for Keratoconus. *BioMed Research International*, 2015, 1-19.
22. Juan, J.T. y Cornejo, L.M. (2014). Pruebas diagnósticas y tratamiento quirúrgico del queratocono. *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica*, 498, 16-24.
23. Kılıç, R., Cumurcu, T., Sancaktar, E., Evliyaoglu, O. y Sezer, H. (2015). Systemic Prolidase Activity and Oxidative Stress in Keratoconus. *Current Eye Research*, 41, 28-33.
24. Lawless, M., Coster, D.J., Phillips, A.J. y Loane, F. (1989). Keratoconus: diagnosis and management. *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology*, 17, 33-60.
25. Leung, K.K. (1999). RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clinical and Experimental Optometry*, 82, 230-235.
26. Li, X., Yang, H. y Rabinowitz, Y.S. (2009). Keratoconus: Classification scheme based on videokeratography and clinical signs. *Journal of Cataract & Refractive surgery*, 35, 1597-1603.
27. Li, Y., Meisler, D.M., Tang, M., Lu, A.T., Thakrar, V., Reiser, B.J. y Huang, D. (2008). Keratoconus Diagnosis with Optical Coherence Tomography Pachymetry Mapping. *American Academy of Ophthalmology*, 12, 2159-2166.
28. Lopes, B. T., Ramos, I. C., Dawson, D. G., Belin, M. W. y Ambrósio, R. (2016). Detection of ectatic corneal diseases based on pentacam. *Zeitschrift Für Medizinische Physik*, 26, 136-142.

29. Lotfy, M., Helwa,I., Drewry,M., Seremwe,M., Estes,A. y Liu,Y. (2017). Molecular and Histopathological Changes Associated with Keratoconus. *BioMed Research International*, 2017, 1-16.
30. Marrero, E., Sánchez, O., Barrera, B.R., Díaz, S. y Somoza, J.A. (2011). Caracterización de pacientes con queratocono. *Medisan*, 15, 1698-1704.
31. Martínez, A.M. y Urrea, T. (2015). Revisión de Queratocono y su Enfoque como Enfermedad Inflamatoria. *Sociedad Colombiana de Oftalmología*, 48, 246-255.
32. Martínez, J.C. (2014). El Óptico-Optometrista ante la Sanidad Pública. *Gaceta de optometría y óptica oftálmica*, 490.
33. Masnick, K. y Gavzey, R. What Is an Optometrist? (2004). *Optometry and Vision Science*, 81, 289-290.
34. Matalia, H. y Swarup, R. (2013). Imaging modalities in keratoconus. *Indian Journal of Ophthalmology*, 61, 394-400.
35. Mohammadpour, M., Heidari, Z. y Hashemi, H. (2018). Updates on Managements for Keratoconus. *Journal of Current Ophthalmology*, 30, 110–124.
36. Motlagh, M.N., Moshirfar, M., Murri, M.S., Skanchy, D.F., Momeni-Moghaddam, H., Ronquillo, Y.C. y Hoopes, P.C. (2019). Pentacam Corneal Tomography for Screening of Refractive Surgery Candidates: A Review of the Literature, Part I. *Medical Hypothesis, Discovery & Innovation Ophthalmology Journal*, 8, 177-203.
37. Ortiz-Torquero, S., Fernández, I. y Martín, R. (2020). Classification of Keratoconus Based on Anterior Corneal High-order Aberrations: A Cross-validation Study. *American Academy of Optometry*, 97, 169-177.
38. Ozbek, Z. y Cohen, E.J. (2006). Use of intralimbal rigid gas-permeable lenses for pellucid marginal degeneration, keratoconus, and after penetrating keratoplasty. *Eye Contact Lens*, 32, 33-36.
39. Ozkurt, Y., Oral, Y., Karaman, A., Ozgür, O. y Doğan, O. K. (2007). A retrospective case series: use of SoftPerm contact lenses in patients with keratoconus. *Eye & contact lens*, 33, 103–105.
40. Pauné, J. y Palomar, F. (2009). Índices actuales en la detección del queratocono por análisis de la topografía corneal. *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica*, 436, 22-26.
41. Pérez, Z., Ulloa, S., Escalona, E.T., Castillo, A.C. y Márquez, S. (2014). Caracterización clínica y epidemiológica del queratocono. *Revista Cubana de Oftalmología*, 27, 598-609.
42. Piñero, D. P., Alió, J. L., Alesón, A., Escaf, M., y Miranda, M. (2009). Pentacam posterior and anterior corneal aberrations in normal and keratoconic eyes. *Clinical and Experimental Optometry*, 92, 297–303.

43. Piñero, D.P., Alió, J.L., Barraquer, R.L., Michael, R. y Jiménez, R. (2010). Corneal Biomechanics, Refraction, and Corneal Aberrometry in Keratoconus: An Integrated Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51, 1948-1958.
44. Rathi, V.M., Mandathara, P.S. y Dumpati, S. (2013). Contact lens in keratoconus. *Indian Journal of Ophthalmology*, 61, 410-415.
45. Romero, M., Santodomingo, J. y Wolffsohn, J.S. (2010). Keratoconus: A review. *Contact Lens & Anterior Eye*, 33, 157-166.
46. Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., Flores-Rodríguez, P., y González-Méijome, J. M. (2013). Which soft contact lens power is better for piggyback fitting in keratoconus?. *Contact lens & anterior eye : the journal of the British Contact Lens Association*, 36, 45–48.
47. Romero-Jiménez, M., Santodomingo-Rubido, J., González-Mejóme, J. M., Flores-Rodriguez, P., y Villa-Collar, C. (2015). Which soft lens power is better for piggyback in keratoconus? Part II. *Contact lens & anterior eye: the journal of the British Contact Lens Association*, 38, 48–53.
48. Sánchez, L.S., Álvarez, P.R., Benavides, P.A., Sánchez, R. y Zambrano, D.R. (2018). El queratocono, su diagnóstico y manejo. Una revisión bibliográfica. *Enfermería investiga*, 3, 1-8.
49. Sánchez, M.A., Álvarez, C., Ruiz, J., Cañadas, P. y Villar, C. (2017). Estudio cualitativo sobre la presencia y rol del óptico-optometrista en los hospitales en España. *Gaceta de optometría y óptica oftálmica*, 524, 52-61.
50. Sandali, O., El Sanharawi, M., Temstet, C., Hamiche, T., Galan, A., Ghouali, W., Goemaere, I., Basli, E., Borderie, V. y Laroche, L. (2013). Fourier-Domain Optical Coherence Tomography Imaging in Keratoconus A Corneal Structural Classification. *American Academy of Ophthalmology*, 120, 1-10.
51. Sherwin, T.y Brookes, N. H. (2004). Morphological changes in keratoconus: pathology or pathogenesis. *Clinical and Experimental Ophthalmology*, 32, 211–217.
52. Song, P., Yang, K., Li, P., Liu, Y., Liang, D., Ren, S. y Zeng, Q. (2019). Assessment of Corneal Pachymetry Distribution and Morphologic Changes in Subclinical Keratoconus with Normal Biomechanics. *BioMed Research International*, 2019, 1-7.
53. Sugar, J. y Macsai, M. S. (2012). What Causes Keratoconus? *The Journal of Cornea and External Disease*, 31, 716–719.
54. Szczotka-Flynn, L. B. y Patel, S. (2008). Menicon Z rigid gas permeable lenses for keratoconus and irregular corneas: a retrospective case series. *Eye & contact lens*, 34, 254–260.

55. Tirado, O.M. y Hernández, A. (2011). Topógrafos de elevación en el diagnóstico del queratocono. *Revista cubana de oftalmología*, 24,364-373.
56. Tomás-Juan, J. (2014). Aberrometría ocular: aplicaciones clínicas y limitaciones de los sensores de frente de onda. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 12, 93-105.
57. Torquetti, L., Ferrara,G. y Ferrara, P. (2012). *Correlation of Anterior Segment Parameters in Keratoconus Patients*. *International Journal Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 1, 87-91.
58. Torres-Soriano, K.E., Ruiz-Quintero, N.C., Naranjo-Tackman, R. (2009). Aberraciones de alto orden en ojos con queratocono, medidas mediante análisis de frente de onda Hartmann-Shack. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 83, 100-105.
59. Villa, C. y González, J.M. (2009). El queratocono y su tratamiento. *Gaceta de Optometría y Óptica Oftálmica*, 435, 16-22.
60. Vivó, F.J. y Garrido, J.L. (2011). Topografía corneal mediante discos de Plácido. Estrategias de optimización de la estimación topográfica. *Gaceta de optometría y óptica oftálmica*, 457, 1-7.