

Revisión: Aspectos de los pacientes con queratocono que afectan el desarrollo de la visión binocular

Autores:

Dres. Luciana Román ^{1,2} y Vicente Antonio Fernández-Sánchez ²

¹ Óptica Román, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

² Escuela de Formación Superior SAERA (School of Advanced Education, Research and Accreditation)

Contacto: lucianaroman.lr@gmail.com

Recibido: 2/2/2024

Aceptado: 20/3/2024

Disponible en www.sao.org.ar

Arch. Argent. Oftalmol. 2024; 25: 36-48



Resumen

El Queratocono (QC) es una ectasia corneal asociada a astigmatismo irregular, refracción inestable, que deteriora significativamente la imagen retiniana, afectando la visión binocular.

Se realizó una revisión bibliográfica en PubMed con el propósito de describir los aspectos de los pacientes con QC que pudieran influir negativamente en el desarrollo de la visión binocular, que incluyó una selección de quince trabajos publicados.

Se analizó la *morfología corneal*: determinándose alta prevalencia de astigmatismos elevados, conos centrales, como principal manifestación. *Forias y tropías*: arrojó una alta frecuencia de estrabismos siendo mayor la exotropía. *Estado acomodativo y vergencial*: los resultados mostraron una disminución en las vergencias fusionales positivas. *Agudeza visual (AV) y anisometropía*: se determinó una reducción significativa de la AV, con una marcada diferencia de agudeza visual entre ambos ojos. *Aberraciones y sensibilidad al contraste*: se determinó gran cantidad de aberraciones de alto grado, debido a la irregularidad corneal y una pér-

dida en la AV de contraste a medida que la patología progresa. *Edad de inicio del QC*: el tiempo transcurrido hasta realizar la correcta corrección afectan el desempeño sensorial. *Visión binocular*: se encontró ausencia de estereopsis o estereopsis alteradas en la mayoría de los casos, con menor prevalencia de estereopsis fina, y respuestas reducidas ante el Test TNO.

Como conclusión, el QC es una patología que produce irregularidades y alteraciones tanto ópticas como sensoriales, asimétricas entre ambos ojos. Dificultándose la correspondencia en las imágenes de ambos ojos con deterioro de la estereopsis, siendo necesario un estudio detallado de la visión binocular en estos pacientes.

Abstract

Keratoconus (KC) is associated with irregular astigmatism, unstable refraction, significant deterioration of the retinal image, deteriorating the performance of binocular vision.

A bibliographic review was carried out with the purpose of describing the aspects of patients with KC that could negatively influence on the development of binocular vision, which included a selection of 15 articles.

Corneal morphology, determining a high prevalence of high astigmatisms, central cones as the main manifestation. Phorias and tropias showed a high frequency of strabismus, with exotropia being more prevalent. Accommodative and vergential state, showed a decrease in positive fusional vergences. Visual acuity (VA) and anisometropia determined a significant reduction in VA, with a marked difference in acuity between both eyes. Aberrations and contrast sensitivity determined a large number of high order aberrations due to corneal irregularity and a loss in contrast VA as the pathology progresses. Age of onset of KC was analyzed, showing that this and the time elapsed until the correct correction was made affect sensory performance. Binocular vision, altered or mostly absent stereopsis was found with a lower prevalence of fine stereopsis and reduced responses to the TNO Test.

In conclusion, KC produces both optical and sensorial irregularities and alterations, asymmetrical between both eyes. Making it difficult to match the

images of both eyes with deterioration of stereopsis. Being necessary to include a detailed study of binocular vision in these patients.

Palabras claves

Queratocono, ectasia corneal, visión binocular, estereopsis.

Key words

Keratoconus, corneal ectasia, binocular vision, stereopsis.

Introducción

El Queratocono (QC) es una ectasia corneal progresiva, caracterizada por el adelgazamiento progresivo y protusión de la córnea (Antunes-Foschini *et al.*, 2018¹). Esta ectasia es bilateral y asimétrica. Usualmente se manifiesta en la pubertad temprana y progresa hasta la tercera o cuarta década de vida (Rabinowitz, 1998²).

Esta condición afecta todas las etnias y a ambos géneros. Las tasas de prevalencia e incidencia del QC se estima que están entre 0,2 y 4790 por 100.000 personas y 1,5 y 25 casos por 100.000 personas/año (Santodomingo-Rubido *et al.*, 2021³).

En cuanto a la histopatología, la progresión se caracteriza en sus inicios por un adelgazamiento del tejido del estroma corneal central, protrusión apical con la consecuencia de un aumento de la curvatura corneal, así como diversos grados de cicatrizado. El ápice más adelgazado se desplaza hacia abajo, dando lugar a un astigmatismo irregular, característica de la condición, que resulta en una marcada disminución progresiva de la calidad visual (Sorbara, 2008⁴).

El diagnóstico se realiza por medio de la topografía corneal (Atalay *et al.*, 2021⁵).

La clínica también nos proporciona signos y síntomas a considerar; astigmatismos oblicuos asimétricos y progresivos, cambios constantes en la prescripción, valores elevados en las queratometrías,

trías, retinoscopías con imágenes en tijera, entre otros (Albertazzi *et al.*, 2021⁶). Antecedentes familiares de QC, frotamiento ocular, eccema, asma y alergia son factores de riesgo que favorecen el desarrollo de esta patología (Santodomingo-Rubido *et al.*, 2022).

Los efectos ópticos de esta patología incluyen refracción inestable, miopía, astigmatismo irregular, distorsión visual y un deterioro significativo de la calidad de la imagen retiniana debido al aumento de las aberraciones de alto orden (HOAs). Además, la naturaleza asimétrica de la patología podría resultar en anisometropía, aniseiconia, heteroforia y estrabismo (Dandapani *et al.*, 2020⁷; Sherafat *et al.*, 2001⁸). Estas características podrían en cierto modo afectar el rendimiento de la visión binocular. Todo esto constituye al QC en una causa de baja visión en pacientes jóvenes, interfiriendo en la calidad de vida de estos pacientes.

Entre los aspectos poco claros de la enfermedad, se encuentra el problema del mantenimiento de la binocularidad. Sabemos que la anisometropía y la aniseiconia están asociadas al rendimiento binocular, habiendo pocos estudios que describan el estado sensorial del paciente con queratocono. Este es un tema importante, ya que la colaboración entre ambos ojos mantiene la alineación y está directamente relacionada con la estereopsis (Antunes-Foschini *et al.*, 2018; Heron *et al.*, 2012⁹).

Podemos diferenciar tres grados de la visión binocular: Percepción simultánea (primer grado), fusión (segundo grado) y estereopsis (tercer grado). La estereopsis es la capacidad de percibir profundidad, es lo que comúnmente se conoce como visión en 3 dimensiones (Martin *et al.*, 2010¹⁰).

La estereopsis ocurre debido a la estimulación simultánea de elementos horizontales dispares en las retinas de ambos ojos, el resultado es una única impresión visual percibida en profundidad. La estereopsis puede ser fina o gruesa. Entre más fina sea la estereopsis menor será su valor (medido en segundos de arco), y mayor debe ser la agudeza visual requerida para lograrlo. La estereopsis gruesa es esencial para la orientación en el espacio mientras nos movemos, mientras que la estereopsis fina es importante para la precisión en tareas motoras (Khan *et al.*, 2022¹¹).

La mayoría de los estudios indican una pérdida de visión o sensibilidad de contraste a medida que la patología progresa (Davis *et al.*, 2006¹²).

En cuanto al tratamiento y corrección, los casos leves son tratados con gafas y los moderados y avanzados con lentes de contacto.

Para prevenir la progresión del QC, se recomienda Corneal Cross-Linking (CXL) para aumentar la estabilidad biomecánica y rigidez de la córnea. Otros tratamientos incluyen implantación de anillos intra corneales, cirugía de trasplante corneal, queratoplastia, y tratamientos combinados (Santodomingo-Rubido *et al.*, 2022; McGhee *et al.*, 2015¹³).

Por todo esto, es necesario describir en profundidad los aspectos ópticos y sensoriales de los pacientes con QC para conocer la afectación de la visión binocular de esta patología.

Objetivos

Describir los aspectos de los pacientes con Queratocono que pudieran influir negativamente en el desarrollo de la visión binocular.

Métodos

La presente revisión fue diseñada para obtener la información disponible referente al estado de la visión binocular en pacientes con queratocono. Se realizó búsqueda en la base de datos pública PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) utilizando criterios de búsqueda avanzada que permitieran obtener los artículos referentes al tema. Específicamente se buscó en idioma inglés en título y resumen la asociación del término “queratocono” con “estereopsis”, “binocular”, “estereoagudeza”, “aniseiconia”, “anisometropía”, “calidad de vida” o “estrabismo”.

Se obtuvo información directa tanto de artículos originales como revisiones, y referencias de estos a nuevos artículos a analizar.

Se seleccionaron artículos que se encontraran con el texto completo en español o inglés. Se analizó la relevancia de los artículos mediante un análisis inicial de título y resumen. En los artículos seleccionados se realizó una revisión completa del texto obteniendo información referente a los aspectos relacionados al desarrollo de la visión binocular de pacientes con queratocono y controles, y aspectos específicos relevantes.

La búsqueda realizada según parámetros citados arrojó un resultado inicial de 240 trabajos publicados e indexados al 7 de septiembre de 2023, sobre los cuales se realizó una lectura consciente de título y resumen analizando relevancia y adecuación de contenidos al objetivo del presente trabajo con la posterior selección de los trabajos a analizar. Sobre los trabajos seleccionados se realizó una lectura y análisis de texto completo, así como también los artículos referenciados en estos en temas relevantes, con un total de quince trabajos seleccionados.

Resultados

En su estudio, Dandapani y colaboradores (2020) evaluaron parámetros de la visión binocular en 84 pacientes con QC y 71 en el grupo control (GC), en dicho estudio 66 participantes de los 84 con QC tuvieron varias combinaciones de anomalías en la visión binocular; 48.8% tenían estereopsis alterada. 68 pacientes de 84 tuvieron fusión para lejos y 75, fusión en cerca. La supresión en lejos estuvo presente en 13 participantes y en 6, en cerca. La media de estereoagudeza fue 70" (50" a 550") en el grupo QC y 40" (30" a 50") en el GC ($P < 0,0001$).

Antunes-Foschini y otros (2018) realizaron un trabajo en el que participaron 54 pacientes con QC, 27 hombres (promedio 16 años de edad), y 29 en GC, 15 hombres (promedio 20 años edad). Según su estudio, solo 10 (18%) de los sujetos con QC demostraron estereopsis igual o menor a 60", cuando en el GC estuvo presente en 22 sujetos (76%).

Fasciani y otros (2022)¹⁴ estudiaron 30 pacientes con QC (edad $24,63 \pm 3,49$ años) en los que se llevó a cabo Corneal Cross-Linking (CXL, Standard Dressden protocol epi-off CXL). Antes del tratamiento CXL un 43,3% de la población estudio manifestó ausencia de respuesta en el test TNO (estereopsis), un 46,7% manifestó respuesta parcial (por debajo de 240").

En el estudio de Sherafat y otros (2001) se evaluaron las funciones binoculares en 20 pacientes con QC asimétrico de larga data. El total de pacientes (sin corrección) presentaron estrabismo manifiesto con ausencia de visión binocular, 19 demostraron supresión de su peor ojo y 1 tenía diplopía y una pequeña desviación vertical manifiesta.

Con el fin de clarificar los conceptos, se realizó revisión de los aspectos afectados en los pacientes con queratocono de forma individual (Tabla 1).

Morfología corneal

En el estudio realizado por Antunes-Foschini y otros (2018) en pacientes con QC, el astigmatismo manifiesto igual o mayor a 4.00 dioptrías (D) cilíndricas estuvo presente en 9 de 53 (17%) en el mejor ojo y en 11 de 51 (22%) en el peor ojo.

Dandapani y otros (2020) en su estudio reportaron en el grupo con QC, conos centrales (valor queratométrico máximo en los 3mm centrales) en ambos ojos en un 58.3% de los participantes, un 10.7% tenían conos paracentrales (definido como el valor queratométrico máximo que se encuentra en la periferia de zona central de 3mm) y un 31% tenían un cono central en un ojo y un cono paracentral en el otro.

En un estudio de 82 pacientes con QC y sus padres biológicos (n=164) desarrollado por Wang y colaboradores (2022) se evaluó la heredabilidad del espesor corneal en familias nucleares con QC, para explorar el componente hereditario para la determinación del grosor corneal en QC. Los resultados mostraron que la paquimetría en el vértice, pupila y el punto más delgado eran significativamente heredables en un 43,26%, 42,63% y 43,09%, respectivamente. La heredabilidad del valor queratométrico del meridiano más plano, el más curvo y la medida media entre ambos en la superficie anterior de la córnea fueron de 10,36%, 9,05% y 10,21%, respectivamente. La queratometría del meridiano más plano, el más curvo y la medida media en la superficie posterior de la córnea fue de un 8,44%, 9,67% y 9,06%, respectivamente. Mostrando que el radio de curvatura posterior tiene mayor heredabilidad en comparación con el anterior (19,16% vs 14,37%). Los hallazgos revelaron que los factores genéticos juegan un papel importante en los cambios de grosor corneal en pacientes con QC.

Kurna y colaboradores (2014)¹⁵, en su estudio sobre la calidad de vida relacionada a la visión en pacientes con QC, evaluaron 30 pacientes con QC y 30 sanos del GC usando NEI-VFQ-25 (Cuestionario de la función visual del Instituto Nacional del Ojo). Según sus resultados, una lectura quer-

atométrica pronunciada (promedio entre ambos ojos) $>52D$ se asoció con puntajes más bajos en las escalas de salud mental, dificultad de rol, conducción, dependencia y dolor ocular. La AV (agudeza visual) binocular inferior a 20/40 se asoció con puntuaciones más bajas de VR-QoL-25 (Vision Related Quality of Life) en todas las escalas, excepto en la salud general y en el dolor ocular.

Davis y otros (2006) llevaron a cabo el estudio de observación longitudinal de pacientes con QC, en el que se evaluaron por un período de 7 años 953 sujetos de la Evaluación Longitudinal Colaborativa de Queratocono (CLEK). Según sus resultados, cada dioptría de cambio en la curvatura corneal se asocia con una razón de probabilidad de pérdida de visión dentro de los 5 a 7 años (para un cambio de 10 letras) de 1,07 para AV de alto contraste y 1,04 para AV de bajo contraste. La AV se midió utilizando las tablas de Bailey-Lovie de alto y bajo contraste (Contraste de Michelson al 10%); la carta se situó a 4m del paciente, y el fondo blanco tenía una luminancia estándar (70-110 cd/m²).

Foria / Tropía

Según el estudio dirigido por Antunes-Foschini y otros (2018), 8 de 54 pacientes con QC presentaron estrabismo ante prueba con Cover Test, 7 con exotropía (1 con exotropía intermitente) y 1 con endotropía. Ninguno de los pacientes del GC presentó estrabismo. La heterotropía media horizontal en los sujetos estrábitos fue una exotropía de 18 dioptrías prismáticas (Dp) (n=8), mientras que el estado fórico en pacientes no estrábitos fue ortoforia (n=46). Dentro de los pacientes ortotrópicos en el grupo QC (n=44), se presentó supresión en 4 de ellos (9%). Dentro de aquellos con percepción simultánea (n=40), 29 tuvieron estereopsis gruesa, y 10 estereopsis fina. Sujetos del grupo QC, cuya agudeza visual mejor corregida (BCVA, por sus siglas en inglés) en el peor ojo fue $\log \text{MAR} \geq 0.7$ tuvieron una frecuencia significativamente mayor de estrabismo (P=0,0002) y a presentar ausencia de percepción simultánea (P=0,01).

Dandapani y otros (2020) reportaron en su estudio que mientras los participantes del GC eran predominantemente ortofóricos, 33 participantes (39.2%) del grupo QC tenían varios grados de exoforia en visión cercana (rango de 2 a 10 Dp); de estos, 25 participantes tenían exoforia de 2 a 6 Dp, lo que se consideró fisiológico, los 7 restantes

tenían exoforia mayor a 6 Dp. 24 pacientes (28.6%) tenían exotropía intermitente en visión cercana (8 a 25Dp).

En el reporte de caso presentado por Ciftci y otros (2013)¹⁶ se describe el caso de un niño de 17 años de edad con estrabismo sensorial por QC, con lesión homolateral nodular de la conjuntiva bulbar en el ojo desviado invadiendo córnea. El Cover Test presentó una exodesviación de 45 Dp, el ojo alineado fue el derecho y el QC en este ojo fue de inicio tardío. No hay reporte de cuándo comenzó el QC, pero la anamnesis sugiere la presencia de estrabismo en la infancia y conjuntivitis vernal con frotamiento de los ojos.

Según el estudio realizado por Fasciani y otros (2022), el Cover Test en cerca no reveló resultados estadísticamente significativos luego del tratamiento CXL (P=0,30) a pesar del incremento de pacientes ortofóricos de 43,3% a 66,6%. Similarmente, el Cover Test en lejos no mostró modificaciones significativas postratamiento CXL (P=0,15) aunque los pacientes ortofóricos aumentaron de 50% a un 80% y los pacientes exofóricos disminuyeron de un 30% a un 13,3%. El test de Lang mostró mejoras significativas luego del tratamiento. Antes del CXL, solo 6 pacientes (20%) mostraron un test de Lang positivo comparado con 16 pacientes (53,3%) luego del tratamiento, y la cantidad de resultados negativos decreció de 10 (33,3%) a 6 (20,0%) (P=0,027). El test TNO detectó una prevalencia de pacientes con estereopsis de 120" en un 26,7% post CXL, que fue significativamente mayor al 6,7% antes del tratamiento. Mostrando además reducción de las aberraciones de alto orden y mejoría en los radios de curvatura corneales.

En el estudio de Sherafat y otros (2001) se describen 20 pacientes con QC asimétrico de larga duración. En dicho estudio los 20 pacientes manifestaron estrabismo manifiesto con ausencia de visión binocular. 19 pacientes de 20 mostraron supresión de su ojo más pobre, 1 tenía diplopía y una pequeña desviación vertical manifiesta. Todos excepto uno eran exotrópicos.

Estado acomodativo y vergencial

Según el estudio de Dandapani y colaboradores (2020), las medidas de las vergencias fusionales, tanto positivas (convergencia) como negativas (divergencia), fueron significativamente diferentes

entre el grupo con QC y el GC. La amplitud de acomodación (AA) comparado mostró en el grupo con QC mayor dificultad en la acomodación, siendo esta más difícil ante flippers positivos tanto en monocular como binocular (AA en ambos ojos $13,3 \pm 10,5$ D vs. $15,8 \pm 4,1$ D; $p=0,01$). Vergencias fusionales positivas en cerca disminuidas en la mayoría de los pacientes con QC (ruptura QC $28 \pm 8,6$ Dp / recobró QC $22,2 \pm 7,7$ Dp; ruptura GC $32,6 \pm 6,3$ Dp / recobró GC $27,1 \pm 6,4$ Dp; ruptura $p < 0,005$ / recobró $p < 0,005$) y a la gran cantidad de exoforia y estrabismo intermitente. El punto próximo de convergencia (PPC) con factor acomodativo en el grupo QC fue de $7,1 \pm 3,3$ cm mientras que en el GC fue de $4,3 \pm 2,9$ cm ($P < 0,005$)

En el estudio de Antunes-Foschini y otros (2018), a 36 de los 40 pacientes con QC, con percepción simultánea, se les evaluó el punto de ruptura para las vergencias fusionales positivas. 19 de 36 (53%) mostraron una medida media de 18Dp (en un intervalo desde 1 a 22Dp). Para el GC se evaluaron 8 pacientes, con percepción simultánea, de los cuales 2 mostraron un punto de ruptura para convergencia fusional peor a 25Dp.

Agudeza visual y anisometropía

Según los datos aportados por el estudio dirigido por Antunes-Foschini y otros (2018), existe una diferencia de AV entre el mejor y el peor ojo de log MAR 0,35 en pacientes con QC (BCVA mejor ojo 0,1; BCVA peor ojo 0,4; $P=0,0001$).

La anisometropía para el equivalente esférico igual a 1,00D o mayor fue significativamente diferente para el grupo QC y el GC ($P=0,01$). En sujetos con anisometropía por equivalente esférico igual o mayor a 1,00D, 3 de 23 tuvieron estereopsis fina, y en aquellos con anisometropía menor a 1,00D, 7 de 17 tuvieron estereopsis fina.

Los valores de astigmatismo frontal en el grupo con QC también fueron significativamente diferentes entre ambos ojos: en los pacientes con QC con estereopsis fina la media fue de -3.00D (-8.2 a 4.3) y en el caso de estereopsis gruesa la media fue de -5.0D (11.3 a 7.9) ($P=0,03$).

Así mismo en el estudio de Dandapani y otros (2020), se observó una diferencia significativa entre los ojos contralaterales en el grupo con QC con respecto a la BCVA, la refracción en equivalente esférica, el astigmatismo y la queratometría máxima ($P \leq 0,05$). No hubo diferencia estadísticamente

significativa entre los parámetros de los ojos contralaterales del GC. En el grupo QC se observó una anisometropía esférica $>3,00$ D en 8 de 84 (9.5%) participantes, y se observó una diferencia de $>3,00$ D de astigmatismo entre los ojos contralaterales en 10 de 84 (11.9%) participantes.

Considerando cómo influye la asimetría en los pacientes con QC, se incluyó el trabajo de Jones-Jordan y colaboradores (2013)¹⁷, en el que se evalúan 961 sujetos del Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) que completaron información en al menos una escala del NEI VFQ (National Eye Institute Visual Function Questionnaire) para evaluar la calidad de vida relacionada con la visión.

En todas las escalas excepto en dolor ocular, hubo evidencia considerable de un decrecimiento en la calidad de vida relacionada a la visión a medida que la asimetría aumentaba, la AV del mejor ojo empeoraba y la curvatura corneal se hacía más pronunciada.

El promedio del equivalente esférico en el mejor ojo fue de -5,28D comparado con un promedio de -8,00D en el peor ojo. Esto representa una asimetría media de 2,75D. La asimetría promedio de base en las medidas queratométricas en el meridiano más curvo fue de 46,00D, con los valores del mejor ojo en un promedio de 48,40D.

Para la escala de actividad a la distancia, un incremento en la asimetría de 0,1 log MAR resulta en un decrecimiento de 0,33 unidades en esta escala. Siendo mayor el efecto producido por un decrecimiento en 0,1 log MAR en el mejor ojo, resultando en una caída de 0,99 unidades en la misma escala. Para el meridiano más curvo, 1,00D de incremento en la asimetría entre ambos ojos resulta en un decrecimiento en 0,23 unidades en la escala de actividad a la distancia, mientras que 1,00D de incremento en el resultado del mejor ojo resulta en un decrecimiento de 0,43 unidades.

Aberraciones y sensibilidad al contraste

Las aberraciones de alto orden (HOAs, por sus siglas en inglés) han demostrado afectar la AV y la estereopsis en pacientes con Queratocono (Fasciani *et al.*, 2022; Greenstein *et al.*, 2012¹⁸).

El estudio de Metlapally y colaboradores (2019)¹⁹ tuvo como objetivo modelar cómo las aberraciones, especialmente las HOAs, pueden influir en la pérdida de estereoagudeza vista con diferentes

correcciones ópticas para QC. Las HOAs y la estereoagudeza se midieron en 21 sujetos con QC con HOAs sin corregir (usando gafas) o minimizadas con lentes RGP, y en 5 sujetos sin QC.

Las reducciones de la estereoagudeza inducidas por HOAs son atribuibles a disparidad en las propiedades de la imagen. La distorsión de fase y la pérdida de contraste debido a HOAs son ambas responsables de la mayor pérdida de estereopsis observable con gafas en comparación con lentes RGP en QC.

Los umbrales empíricos de estereoagudeza, medidos con 6mm de diámetro pupilar en sujetos con QC corregidos con gafas fueron desde 180" a 635", en el mismo grupo de pacientes usando lentes RGP las medidas fueron entre 56" a 330", mientras que el rango en el GC fue de 29" a 134".

Para permitir comparaciones se utilizó un mecanismo estándar para reducir la complejidad en la descripción del frente de ondas reduciéndolo a un número en micras (μm), que representa la calidad óptica del ojo debida a sus HOAs, denominado HORMS o RMS (raíz cuadrática media de alto orden). El RMS calculado a partir de las aberraciones escaladas a pupilas de 6mm se promedió entre ambos ojos dando los siguientes resultados: para HOAs no corregidas el rango de RMS fue 0,58-3,40 μm en pacientes con QC (16 ojos); en GC (10 ojos), 0,20- 0,60 μm ; para las HOAs minimizadas el rango de RMS fue de 0,16-1,20 μm para el grupo QC (diferencia estadísticamente significativa en la comparación de HOAs no corregidas y HOAs corregidas; $p < 0,001$).

Analizando el estudio de Fasciani y otros (2022), la mejoría en los parámetros corneales y de AV, luego de CXL, mostró una disminución en la prevalencia de ausencia de estereopsis de un 43,3% al 20%, y un aumento en el porcentaje de pacientes del 6,7% al 26,7% que mostró una respuesta de entre 60" y 120" en el TNO test ($P = 0,043$). En el subgrupo de pacientes que mostraron una respuesta de al menos 250" ante el TNO test luego de CXL, la magnitud de las aberraciones decreció significativamente luego del tratamiento, pasando de un promedio preoperativo de $2,26 \pm 0,58\mu\text{m}$ a un promedio posoperativo de $1,69 \pm 0,29\mu\text{m}$ ($P < 0,001$). En contraste, pacientes que no manifestaron mejoras clínicas significativas en estereoagudeza tampoco mostraron una reducción estadísticamente significativa en las aberraciones totales luego del CXL ($P = 0,11$).

En el estudio de Davis y otros (2006), se evaluaron cambios longitudinales en la AV de pacientes con QC. De su base de datos de 1855 ojos de 951 sujetos, la curva de regresión para la AV de contraste mostró que se estima un decrecimiento en la BCVA de alto contraste de 2,03 letras en 7 años, y un decrecimiento de 4,06 letras en un periodo de 7 años para la BCVA de bajo contraste (AV medida mediante cartilla de Bailey-Lovie). La reducción en la BCVA de alto contraste se asoció con el número de ojos que poseen una cicatriz ($P = 0,005$), el número de ojos con estrías de Vogt ($P = 0,028$), y el número de ojos con anomalías en el fondo de ojo distintas de máculas anormales o periferia macular anormal ($P = 0,015$).

Edad de inicio del QC

Según Antunes-Foschini y otros (2018), la edad promedio en la que los pacientes con QC comenzaron a tener problemas visuales fue a los 12 años (5-28, $n = 48$); la edad promedio en la que comenzaron a usar gafas fue a los 12 años (7-29, $n = 45$), y la edad promedio en la que fueron diagnosticados de queratocono fue a los 14 años (9-38, $n = 48$). El promedio de edad entre los que manifestaron problemas visuales y la edad de diagnóstico de Queratocono fue de 2 años ($P < 0,0001$). La edad promedio entre los que comenzaron a usar gafas, y la edad de diagnóstico de Queratocono fue de 1 año ($P < 0,0001$).

En el caso reportado por Ciftci y colaboradores (2013), si bien no queda clara la edad en la que se presenta el QC, los problemas visuales comenzaron durante la infancia con estrabismo y conjuntivitis vernal con frotamiento ocular. El diagnóstico de QC fue a los 17 años de edad presentándose con estrabismo sensorial.

Tabla 1

Resumen de resultados según aspecto analizado en pacientes con Queratocono. (AA, Amplitud de acomodación. AV, Agudeza visual. BCVA, Agudeza visual mejor corregida. CXL, Cross-Linking. D, Dioptrías. Dp, Dioptrías prismáticas. GC, Grupo control. HOAs, Aberraciones de alto orden. K, valor queratométrico. N, Número. PPC, Punto próximo de convergencia. QC, Queratocono. RMS, Raíz cuadrática media de alto orden. VFP, Vergencias fusionales positivas.)

Morfología corneal						
Estudio	Tipo de Estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Grupo	Resultados
		QC	GC			Valores
Antunes-Foschini, <i>et al.</i> (2018)	Descriptivo. Caso/Control	54	29	Astigmatismo	QC	17% - Astigmatismo $\geq 4,00D$ en el mejor ojo 22% - Astigmatismo $\geq 4,00D$ en el peor ojo
Dandapani, <i>et al.</i> (2020)	Prospectivo. Observacional. Caso/Control	84	71	Curvatura corneal	QC	58,3% - conos centrales 10,7% tenían conos paracentrales
Wang, <i>et al.</i> (2022)	Descriptivo.	82		Curvatura corneal/ heredabilidad	QC	La heredabilidad del K plano, curvo y promedio cara anterior 10,36%, 9,05%, 10,2% La heredabilidad del K plano, curvo y promedio cara posterior 8,44%, 9,67%, 9,06%
Kurna, <i>et al.</i> (2014)	Descriptivo. Caso/Control	30	30	Curvatura Corneal/ calidad vida	QC	K > 52D se asocia a escalas bajas en los test de salud mental, conducción, dependencia...
Davis, <i>et al.</i> (2006)	Prospectivo. Observacional.	953		Curvatura Corneal/AV	QC	Cada D de cambio en la curvatura corneal se asocia con pérdida de visión dentro de los 5 a 7 años (para un cambio de 10 letras) de 1,07 para AV de alto contraste y 1,04 para AV de bajo contraste

Forias / Tropías						
Estudio	Tipo de Estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Grupo	Resultados
		QC	GC			Valores
Antunes-Foschini, <i>et al.</i> (2018)	Descriptivo. Caso/Control	54	29	Forias / Tropías	QC	7 exotropías - 1 endotropía
					GC	Ortofórico
Dandapani, <i>et al.</i> (2020)	Prospectivo. Observacional. Caso/Control	84	71	Forias/ Tropías	QC	39,2% exoforia en cerca (2-10DP)
					GC	Ortofórico
Ciftci <i>et al.</i> (2013)	Reporte de caso.	1			QC	Exotropía (45DP)
Fasciani, <i>et al.</i> (2022)	Prospectivo.	30		Forias post CXL	QC	Disminución de exoforia post CXL en un 30%-13,3% casos Aumento de ortoforia post CXL en un 50% - 88% casos
Sherafat, <i>et al.</i> (2001)	Descriptivo.	20		Forias/ Tropías	QC	19 exotropía

Tabla 1. (Continuación)

Acomodación y vergencias						
Estudio	Tipo de estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Grupo	Resultados
		QC	GC			Valores
Dandapani, <i>et al.</i> (2020)	Prospectivo. Observacional. Caso/Control	84	71	AA	QC	AA ambos ojos 13,3 ± 10,5 D
					GC	AA ambos ojos 15,8 ± 4,1 D
				VFP	QC	ruptura QC 28 ± 6 Dp / recobro QC 22,2 ± 7,7 Dp.
					GC	ruptura GC 32,6 ± 6,3 Dp / recobro GC 27,1 ± 6,4Dp.
				PPC	QC	7,1 ± 3,3 cm.
GC	4,3 ± 2,9 cm.					
Antunes-Foschini, <i>et al.</i> (2018)	Descriptivo. Caso/Control	54	29	VFP cerca	QC	19 de 36 (53%), medida media de 18 Dp.
					GC	2 peor a 25 Dp.

AV y Anisometropía						
Estudio	Tipo de Estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Grupo	Resultados
		QC	GC			Valores
Antunes-Foschini, <i>et al.</i> (2018)	Descriptivo. Caso/Control	54	29	Anisometropía	QC	Diferencia de AV entre el mejor y el peor ojo de log MAR 0,35 (BCVA mejor ojo 0,1; BCVA peor ojo 0,4).
Dandapani, <i>et al.</i> (2020)	Prospectivo. Observacional. Caso/Control	84	71	Anisometropía	QC	Anisometropía esférica > 3,00D en 8 de 84 (9.5%) /Diferencia de > 3,00D de astigmatismo entre ojos contralaterales en 10 de 84 (11.9%).
					GC	No hubo diferencia estadísticamente significativa
Jones-Jordan LA (2013)	Prospectivo. Observacional.	961		Anisometropía	QC	Equivalente esférico promedio en el mejor ojo fue de -5,28 D / Promedio de -8,00D en el peor ojo. (Asimetría media de 2,75D).

Aberraciones y sensibilidad al contraste						
Estudio	Tipo de Estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Grupo	Resultados
		QC	GC			Valores
Metlapally, <i>et al.</i> (2019)	Descriptivo. Caso/Control	21	5	HOAs	QC	HOAs no corregidas el rango de RMS fue 0,58-3,40 μm (16 ojos)
					GC	HOAs minimizadas el rango de RMS fue de 0,16-1,20 μm 0,20- 0,60 μm

Tabla 1. (Continuación)

Estudio	Tipo de Estudio	N Pacientes		Parámetro analizado	Resultados	
		QC	GC		Grupo	Valores
Fasciani, <i>et al.</i> (2022)	Prospectivo.	30		HOAs post CXL	QC	Promedio preoperatorio de $2,26 \pm 0,58\mu\text{m}$ / Promedio postoperatorio de $1,69 \pm 0,29\mu\text{m}$ Disminución en la prevalencia de ausencia de estereopsis de un 43,3% al 20%.
Davis, <i>et al.</i> (2006)	Prospectivo. Observacional.	951		Sensibilidad al contraste	QC	Se estima un decrecimiento en la BCVA de alto contraste de 2,03 letras en 7 años / decrecimiento de 4,06 letras en un periodo de 7 años para la BCVA de bajo contraste
Dandapani, <i>et al.</i>	Prospectivo. Observacional. Caso/Control	84	71	Estereopsis	QC	La media fue 70" (50" a 550")
					GC	40" (30" a 50")
Antunes-Foschini, <i>et al.</i> (2018)	Descriptivo. Caso/Control	54	29	Estereopsis	QC	10 (18%) demostraron estereopsis igual o menor a 60"
					GC	Presente en 22 sujetos (76%).
Fasciani, <i>et al.</i>	Prospectivo.	30		Estereopsis post CXL	QC	Pre CXL un 43,3%, manifestó ausencia de respuesta en TNO, un 46,7% manifestó respuesta parcial (por debajo de 240").
Sherafat, <i>et al.</i>	Descriptivo.	20		Estereopsis	QC	El total (sin corrección) manifestó ausencia de visión binocular.

Discusión

La prevalencia de astigmatismo manifiesto elevado igual o mayor a 4,00 D en pacientes con QC es alta. Lo que destaca la importancia de mantener un estado de sospecha de QC ante todo paciente con diagnóstico de astigmatismo mayor a 4,00D, tanto en el mejor como el peor ojo. La presencia de conos centrales es elevada (89,3%) constituyéndose como grupo mayoritario los que tienen conos centrales en ambos ojos y en segunda medida pacientes con cono central unilateral (Dandapani *et al.*, 2020). Esta asimetría corneal, tanto en el grado de protusión como en su localización, causaría gran cantidad de aberraciones de alto orden, ametropía y aniseiconia, pudiendo afectar en última instancia la fusión entre las imágenes de ambos ojos.

Los valores paquimétricos del espesor corneal tienen un alto grado de heredabilidad, siendo el radio de curvatura de la cara posterior de la córnea más heredable que el anterior (Wang *et al.*, 2022²⁰). Una correcta anamnesis y evaluación tanto del paciente como de sus familiares y sus patologías oculares es de gran importancia para el pronto diagnóstico y tratamiento de estos.

Por lo tanto, determinar la queratometría en la evaluación inicial es fundamental para poder establecer un pronóstico a largo plazo referente a la pérdida de visión potencial.

Estos valores queratométricos pronunciados afectarían el rendimiento y la calidad de vida de los pacientes. La distorsión causada por el elevado astigmatismo irregular en la superficie corneal podría explicar el efecto disruptivo en la visión binocular.

En los pacientes con QC existe una alta frecuencia a padecer estrabismo en comparación con la población general, siendo más frecuente la exotropía. La disminución de la AV afectaría negativamente el estado de percepción y por ende aumentaría la probabilidad de padecer estrabismo, con mayor frecuencia cuanto menor sea la BCVA. Siendo la alineación binocular y la percepción simultánea un requisito para el tercer grado de fusión, la prevalencia de estereopsis fina es menor en pacientes con QC.

Si el QC se presenta en edad temprana y la pérdida visual no es corregida, se puede desarrollar estrabismo sensorial. La presencia de cicatrices corneales podría contribuir a la disminución de la AV, generando privación visual e influyendo en el desarrollo de desviaciones. El diagnóstico temprano es de gran importancia en pacientes con QC.

En consonancia con la información que demuestra el potencial desarrollo de desviaciones en la evolución natural del QC, el accionar sobre la superficie corneal con disminución en los radios de curvatura de los tratamientos como el CXL, mejoría de la AV y disminución de aberraciones, mejorarían la alineación ocular y la estereopsis.

La disminución en las vergencias fusionales positivas en la mayoría de los pacientes con QC podría explicar la reducción en la habilidad acomodativa. Este hecho se ve agravado por la exoforia y el estrabismo intermitente presente en gran cantidad de estos pacientes, ya que también afectan las habilidades vergenciales. Esto podría fundamentar la queja en estos pacientes en cuanto a la rápida fatiga y dificultad en visión próxima. Debemos considerar además el constante esfuerzo por aclarar la imagen en cerca, distorsionada a causa del astigmatismo irregular y las aberraciones.

Uno de los factores asociados con mayor frecuencia a alteración en la visión binocular es la diferencia de AV entre ambos ojos. Los pacientes con QC demostraron una reducción en su AV, con una marcada diferencia en la AV de ambos ojos, dada tanto por el valor del equivalente esférico como del astigmatismo. Esta diferencia entre la AV de ambos ojos justificaría en parte la dificultad en la visión binocular de estos pacientes.

Cuanto mayor es la anisometropía, tanto en equivalente esférico como en astigmatismo, menor es la probabilidad de alcanzar estereopsis fina.

Tal como explican South y otros (2020)²¹, el enfoque desigual resultante de la anisometropía da una borrosidad persistente en la retina, lo que deriva en diplopía. La anisometropía afecta el tamaño de las imágenes en la retina derivando en aniseiconia. Esta diferencia en el tamaño de las imágenes afecta la visión binocular y puede estimular la supresión.

Según la revisión de South y colaboradores (2019)²², en la aniseiconia por anisometropía; una diferencia de 1,00D o más en la refracción equivalente esférica es suficiente para una potencial ambliopía en niños. La supresión crónica en la ambliopía anisométrica se desarrolla debido a la disminución en la claridad de la imagen y el contraste en un ojo durante el período crítico inicial del desarrollo visual.

La asociación entre anisometropía y reducción de la visión binocular está ampliamente demostrada en la literatura. Como se mencionó anteriormente, los pacientes con QC presentan una alta tasa de anisometropía siendo esto un terreno favorable al desarrollo de alteraciones en la visión binocular. Esto remarca la importancia de un diagnóstico en etapas iniciales de la patología.

A medida que aumenta la asimetría causada por la diferencia en el equivalente esférico y la curvatura corneal, se observa un deterioro de la calidad de vida relacionada a la visión. Esto es evidente ante la determinación de múltiples parámetros como son la actividad a la distancia, conducir, la salud mental, la actividad de cerca entre otras. Este efecto en deterioro de la calidad de vida relacionada a la visión se observa también, y con efecto aún mayor, ante cambios en los parámetros optométricos del mejor ojo.

Es sabido que los pacientes con QC presentan una alta cantidad de HOAs debido a la irregularidad corneal, que degradan la imagen de la retina afectando a esta de manera monocular y dificultando su posterior fusión. La medida objetiva de HOAs clarifica la relación de estas con la estereoagudeza. Es evidente que las HOAs en conjunto con la pérdida de contraste generan un deterioro en la calidad de la imagen de los pacientes con QC, siendo menor el efecto ante corrección con RGP y lentes especiales minimizando las aberraciones. La diferencia en la calidad de las imágenes de ambos ojos genera alteración en la correspondencia, derivando en pérdida de estereoagudeza (Matlapally *et al.*, 2019).

Por lo tanto, la disminución de las aberraciones ha demostrado una mejora significativa en los test de medición de la estereopsis, lo cual se ve reflejado tanto tras el tratamiento con CXL como con la minimización de las aberraciones por el uso de lentes RGP (Fasciani *et al.*, 2022).

La progresión del QC afecta la calidad de la imagen al reducirse la sensibilidad al contraste, siendo mayor la pérdida en la AV de bajo contraste frente a alto contraste. La presencia de cicatrices, estrías de Vogt y alteraciones de fondo de ojo, típicas de la progresión de esta patología, afectan aún más esta pérdida de sensibilidad al contraste.

La edad en la que fue diagnosticado el queratocono y el tiempo transcurrido hasta realizar una correcta corrección óptica de este afectan el desempeño del estado sensorial. Esto destaca la importancia de mantener un alto grado de sospecha de la patología en niños y adolescentes con el objetivo de disminuir y retrasar las complicaciones del QC como el no desarrollo de una correcta visión binocular.

Como fue mencionado anteriormente, las alteraciones corneales acarrearán cierto grado de heredabilidad, por lo cual ante la presencia de antecedentes familiares de QC es comprensible realizar un seguimiento más estrecho.

Todos los resultados descriptos con una evidencia de mayores alteraciones ópticas y sensoriales en pacientes con QC son coincidentes con los resultados derivados del análisis de la estereopsis como parámetro aislado, tal como lo demostraron los estudios de Dandapani y colaboradores (2020), Antunes-Foschini y colaboradores (2018), Fasciani y colaboradores (2022) y Sherfat y colaboradores (2001).

Conclusión

El QC es una patología compleja que produce irregularidades y alteraciones tanto ópticas como sensoriales, asimétricas entre ambos ojos. Los trabajos referidos demuestran que los múltiples aspectos analizados individualmente, como la morfología corneal, foria/tropía, estado acomodativo y vergencial, agudeza visual y anisometropía, aberraciones y sensibilidad al contraste y la edad de inicio del QC, en conjunto dificultan la correspondencia en las imágenes de ambos ojos, con deterioro de la estereopsis.

Los pacientes con QC presentan una alta incidencia de alteraciones ópticas y sensoriales que obligan a que durante su evaluación sea necesario incluir un estudio detallado de la visión binocular, incluyendo una toma de AV tanto con retinoscopio como estenopeico; esto permitirá abordar una correcta corrección óptica, reducir las HOAs, así como también mejorar la disparidad de las imágenes y la anisometropía entre ambos ojos. Como quedó demostrado, es de gran importancia el diagnóstico a edad temprana y el trabajo interdisciplinar para el control y tratamiento de esta patología, ya que el retraso en un tratamiento óptimo se asocia a mayor progresión de ella.

Ante la complejidad presente en el estado óptico y sensorial de los pacientes con QC y el mal pronóstico que presentan aquellos en los que no se realiza un correcto diagnóstico y corrección a edad temprana, es necesario abordar un tratamiento personalizado. Para alcanzar dicho objetivo es necesario realizar estudios que permitan determinar la utilidad de terapias y tratamientos individuales que puedan mejorar la binocularidad en este grupo de pacientes.

Los autores no tienen intereses comerciales en ningún material de los presentados en este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Antunes-Foschini, R.M.S, Coutinho, J.V.A.L., Rocha, E.M., y Bicas, H.E.A. (2018). Oculomotor status, binocular vision, and stereoacuity in a series of keratoconus subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 59, 1869-1877. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29677347/>.
2. Rabinowitz, Y.S. (1998). Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 42, 297-319. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9493273/>.
3. Santodomingo-Rubido, J., Carracedo, G., Suzaki, A., Villeda-Collar, C., Vincent, S.J., y Wolffsohn, J.S. (2022) Keratoconus: An updated review. *Contact Lens Anterior Eye*, 45(3), 101559. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34991971/>.
4. Sorbara L. (2008). Corrección del queratocono con lentes de contacto GP. Waterloo. *Centro de Investigación de Lentes de Contacto Universidad de Waterloo*.
5. Atalay, E., Özalp, O., Yildirim, O. (2021). Advances in the diagnosis and treatment of keratoconus. *Therapeutic Advances in Ophthalmology*, 13, 25158414211012796. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34263132/>.
6. Albertazzi, R. G., Arce, C. G., Arramberry Agesta, J., Carriazo, C., Cosentino, M. J., Cremona, F., *et al.* (2021). *Queratocono. Pautas para su diagnóstico y tratamiento*. Buenos Aires. Catálogo de la Biblioteca CAO.
7. Dandapani, S.A., Padmanabhan, P., y Hussaindeen, J.R. (2020). Spectrum of Binocular Vision Anomalies in Ker-

- atoconus Subjects. *Optometry and Vision Science*, 97(6), 424–428. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32511164/>.
8. Sherafat, H., White, J.E., Pullum, K.W., Adams, G. G., y Sloper, J. J. (2001). Anomalies of Binocular Function in Patients with Longstanding Asymmetric Keratoconus. *British Journal of Ophthalmology*, 85(9), 1057–1060. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11520756/>.
9. Heron, S., y Lages, M. (2012). Screening and sampling in studies of binocular vision. *Vision Research*, 62, 228–234. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22560956/>.
10. Martín R., y Vecilla G. (2010) *Manual de Optometría*. Madrid: Panamericana.
11. Khan, N., Zaka-Ur-Rab, S., Ashraf, M., Mishra, A. (2022) Comparison of stereoacuity in patients of anisometropia, isometropia and emmetropia. *Indian Journal of Ophthalmology*, 70(12), 4405–4409. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36453354/>.
12. Davis, L.J., Schechtman, K.B., Wilson, B.S., Rosenstiel, C.E., Riley, C.H., Libassi, D.P., et al. (2006) Longitudinal Changes in Visual Acuity in Keratoconus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 47(2), 489–500. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16431941/>.
13. McGhee, C.N, Kim, B.Z, Wilson PJ. (2015). Contemporary treatment paradigms in keratoconus. *Cornea*, 34 Suppl 10, S16–S23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26114829/>.
14. Fasciani, R., Crincoli, E., Fedeli, C., Rebecchi, M.T., Seneca, M., Mosca, L., et al. (2022). Binocular Visual Function Changes After Corneal Collagen Cross-linking in Patients with Keratoconus. *Cornea*, 42(2), 176–180. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35588393/>.
15. Kurna, S.A, Altun, A., Gencaga, T., Akkaya, S., y Sengor, T. (2014). Vision Related Quality of Life in Patients with Keratoconus. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Ophthalmology*, 2014, 694542. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24868455/>.
16. Ciftci S, Ciftci L, Dogan E, y Simsek A. (2013). Sensory exotropia associated with keratoconus and review of literature: strabismus and keratoconus. *Eye Science*, 28(2), 88–91. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24396962/>.
17. Jones-Jordan LA, Walline JJ, Sinnott LT, Kymes SM, Zadnik K. (2013) Asymmetry in keratoconus and vision-related quality of life. *Cornea*, 32(3), 267–72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22825402/>.
18. Greenstein, S.A, Fry, K.L, Hersh, M.J, et al. (2012). Higher-order aberrations after corneal collagen crosslinking for keratoconus and corneal ectasia. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 38(2), 292–302. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22322165/>.
19. Metlapally, S., Bharadwaj, S.R., Roorda, A., Nilagiri, V.K., Yu, T.T., y Schor, C.M. (2019). Binocular cross-correlation analyses of the effects of high-order aberrations on the stereoacuity of eyes with keratoconus. *Journal of Vision*, 19(6), 12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31185094/>.
20. Wang, Y., Xu, L., Wang, S., Yang, K., Gu, Y., Fan, Q., Wang, Q., Zhu, M., et al. (2022). Heritability of corneal parameters in nuclear families with keratoconus. *Translational Vision Science & Technology* 11(7), 13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35838491/>.
21. South, J., Gao, T., Collins, A., Lee, A., Turuwhenua, J., y Black, J. (2020). Clinical Aniseikonia in Anisometropia and Amblyopia. *British and Irish Orthoptic Journal*, 16(1), 44–54. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34278210/>.
22. South, J., Gao, T., Collins, A., Turuwhenua, J., Robertson, K., y Black, J. (2019). Aniseikonia and anisometropia: implications for suppression and amblyopia. *Clinical and Experimental Optometry*, 102, 556–565. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30791133/>.