



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

CONTROL DE MIOPIA. HERRAMIENTAS ACTUALES PARA SU MANEJO Y CONTROL

Presentado por: Marta Martín Recio

Tutelado por: Marisa Tesón Yudego
Irene Sánchez Pavón

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a, 25 de mayo 2022

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN	2
1.1. Definición de miopía.....	2
1.2. Factores de riesgo	3
1.2.1. Educación	3
1.2.2. Trabajo en cerca	3
1.2.3 Actividades al aire libre/ Exposición a la luz	4
1.2.4. Miopía parental	4
1.3. Historia de la investigación de la miopía	4
MATERIAL Y MÉTODO	6
RESULTADOS	7
3.1. Tratamientos farmacológicos	7
3.1.1. Atropina	7
3.1.2. Pirenzepina	8
3.2. Tratamientos mediante lentes de contacto	8
3.2.1. Lentes de contacto rígidas permeables al gas	8
3.2.2. Lentes de contacto blandas	8
3.2.3. Ortoqueratología	9
3.3. Tratamientos ópticos.....	10
3.3.1. Hipocorrección Vs Corrección total	10
3.3.2. Bifocales y lentes de adición progresiva	10
3.3.3. Lentes oftálmicas de desenfoque periférico	11
DISCUSIÓN	12
4.1. Tratamientos farmacológicos	12
4.2. Tratamientos mediante lentes de contacto	12
4.3. Tratamientos ópticos	13
CONCLUSIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	16

RESUMEN

La miopía es un defecto de refracción muy común que cada vez afecta a un mayor porcentaje de población, convirtiéndose en un importante problema de salud por su impacto socioeconómico y su afectación en la salud visual.

Puede deberse a un problema refractivo (miopía refractiva) o a un incremento de la longitud axial (miopía axial), pudiéndose diferenciar también entre miopía baja y alta. Esta última puede progresar a una miopía patológica que conlleva un mayor riesgo de patologías asociadas.

En los últimos años se ha despertado mucho el interés científico respecto a la miopía, sus factores desencadenantes y el desarrollo de mecanismos que ayuden a frenar su progreso. La extensa investigación al respecto señala a que no existe una única causa que justifique la evolución de la miopía, pero hay determinados factores de riesgo juegan un importante papel en la aparición y progresión de la miopía, como la educación, el trabajo continuado en visión próxima, las actividades al aire libre y exposición a la luz y determinados factores genéticos. Además, se han propuesto diversas teorías para tratar de explicar la etiología que hay detrás de la aparición y desarrollo de la miopía.

Actualmente existen ciertos tratamientos destinados al control de la miopía los cuáles pueden ser clasificados en tratamientos farmacológicos, tratamientos mediante lentes de contacto (LC) y lentes oftálmicas y que pueden emplearse de manera aislada o en combinación para intentar ejercer un mayor control en la progresión de la miopía.

ABSTRACT

Myopia is a very common refractive defect that increasingly affects a greater percentage of the population, becoming an important health problem due to its socioeconomic impact and its impact on visual health.

It can be due to a refractive problem (refractive myopia) or an increase in axial length (axial myopia), and it is also possible to differentiate between low and high myopia. The latter can progress to pathological myopia that carries an increased risk of associated pathologies.

In recent years, scientific interest has been aroused regarding myopia, its triggers and the development of mechanisms that help slow its progress. Extensive research in this regard indicates that there is no single cause that justifies the evolution of myopia, but certain risk factors play an important role in the appearance and progression of myopia, such as education, continuous work in near vision, outdoor activities and exposure to light and these genetic factors. In addition, various theories have been proposed to try to explain the etiology behind the appearance and development of myopia.

Currently there are certain treatments aimed at the control of myopia which can be classified into pharmacological treatments, contact lens treatments (CL) and ophthalmic lenses and that can be used in isolation or in combination to try to exert greater control in the progression of myopia.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición de miopía

La emetropía es la condición en la que los rayos de luz paralelos incidentes de objetos lejanos se enfocan sobre la retina sin poner en juego la acomodación. Cuando este proceso de emetropización se interrumpe aparecen los errores de refracción, en los que las imágenes se forman por delante de la retina (miopía) o por detrás de esta (hipermetropía).¹

La miopía es uno de los principales problemas de salud pública debido a que provoca una importante pérdida visual y es un factor de riesgo de múltiples afecciones oculares graves. Es un error refractivo en el que los rayos de luz que entran en el ojo paralelos al eje óptico se enfocan por delante de la retina en condiciones de relajación de la acomodación, de manera que, un sujeto miope refiere ver borroso cuando enfoca un objeto en visión lejana.²

La prevalencia global es de casi dos mil millones de personas (28,3% de la población mundial), que incluye 277 millones de personas (4% de la población mundial) con alta miopía. Además, se estima que la prevalencia de alta miopía aumentará al 49,8% de la población mundial para 2050. Por otro lado, varios estudios han demostrado que la prevalencia de miopía es más alta en ciudades asiáticas urbanas como Singapur, Hong Kong, Taiwán, Japón, ciudades de China Oriental y Corea del Sur.^{3,4}

Se puede clasificar en miopía axial y miopía refractiva, siendo la primera la más frecuente en la sociedad. La miopía axial generalmente se debe a que el globo ocular tiene una longitud axial excesiva.² Este incremento del alargamiento del globo ocular produce cambios estructurales en el segmento posterior del ojo como estafiloma posterior, maculopatía miópica y neuropatía óptica asociada a la alta miopía, y puede conducir a miopía patológica y a la pérdida de agudeza visual corregida.⁵ Por otro lado, la miopía refractiva se atribuye a una córnea muy curva, un cristalino con mayor poder óptico o ambas razones, siendo la longitud axial normal.²

The International Myopia Institute (IMI) considera miopía cuando el equivalente esférico (EE) es $\leq -0,50$ dioptrías (D), clasificándose como miopía baja cuando el EE está entre $\leq -0,50$ D y $> -6,0$ D y miopía alta cuando el EE es $\leq -6,0$ D en condiciones de relajación de la acomodación.² El punto de corte entre miopía alta y baja varía entre estudios.^{2,3,6-8}

Este defecto de refracción se desarrolla principalmente durante la infancia y la edad adulta temprana y progresa más rápidamente entre los 6 y los 13 años. Un inicio de miopía a una edad más temprana está vinculado a un aumento de la severidad de la miopía; es decir, cuanto más pronto se inicia la miopía más rápido progresa y más posibilidades de alta miopía.⁶

Los sujetos emétopes típicamente muestran una longitud axial de 22 - 24,5 mm, y la miopía generalmente se asocia a longitudes axiales mayores de 25 mm. Por otro lado, aumentos de aproximadamente 0,1 mm por año se asocian con un crecimiento ocular normal, mientras que 0,2 a 0,3 mm por año se asocia con un aumento de la miopía.⁹

1.2. Factores de riesgo

Los estudios realizados han identificado una serie de factores de riesgo relacionados con la prevalencia, progresión y prevención de la miopía. Los factores ambientales (actividades al aire libre), la educación intensa y su vínculo con la visión próxima, el inicio temprano de tareas en años preescolares, así como la genética juegan un importante papel en la aparición y progresión de la miopía.^{8,10-18}

1.2.1. Educación

La asociación entre la educación y la miopía ha sido ampliamente estudiada, arrojando tres líneas principales de evidencia:

- Pese a la escasez de datos históricos, se ha determinado que la prevalencia de la miopía es muy superior en las sociedades con altos niveles educativos en los que los niños completan más años de escolaridad, siendo muy poco frecuente en niños no escolarizados. Por ello, cabe pensar que existen factores propios de la actividad escolar que favorecen la aparición de la miopía.¹³
- Los niños que adquieren una orientación más académica o que obtienen calificaciones más altas tienden a ser más miopes.⁷ Los estudios demuestran que los países con mayor prevalencia de miopía destacan en las comparaciones internacionales de resultados educativos.¹³
- Se ha evidenciado un patrón de inicio temprano de la miopía en niños con mayores presiones educativas desde los años preescolares.⁷

1.2.2. Trabajo en cerca

El trabajo en cerca continuado sin descansos o pausas, así como la distancia de trabajo también se ha considerado como un factor de riesgo para la aparición de la miopía. Por ello, es importante realizar descansos durante el trabajo continuado en cerca, como la lectura.^{7,8,16} Una herramienta muy utilizada en la práctica clínica habitual sería la recomendación de la regla 20/20/20, la cual consiste en hacer un descanso de 20 segundos tras 20 minutos de trabajo en cerca mirando a 20 pies de distancia (6 metros).¹⁸

Existe evidencia científica de la influencia de la coroides en el desarrollo de la miopía durante la lectura. En un estudio realizado en personas jóvenes evidenciaron que la coroides se volvía más delgada en solo 1 hora en los pacientes cuando leían texto negro sobre fondo blanco, debido a la sobreestimulación de las vías OFF de la retina, mientras que esta se volvía más gruesa cuando leían texto blanco sobre fondo negro, por conducir la estimulación opuesta.¹⁰ Estudios previos han demostrado en condiciones experimentales que coroides más delgadas están asociadas con el desarrollo de la miopía y las coroides más gruesas con la inhibición de la misma.⁸

1.2.3. Actividades al aire libre/ Exposición a la luz

La luz exterior brillante durante las horas del día conduce a una mayor liberación de la dopamina en la retina, lo que a su vez inhibe el crecimiento del globo ocular y, por lo tanto, ralentizaría la progresión de la miopía. Se han observado además diferencias estacionales en la evolución de la miopía, siendo más lenta en verano que en invierno. Esto sugiere que la progresión puede estar regulada por factores ambientales.¹³

Algunos estudios han demostrado que la actividad al aire libre genera efecto protector para el inicio, pero no para la progresión de la miopía; siendo eficaz en la ralentización del cambio del error refractivo en ojos no miopes.^{8,14,15} Por ello, los estudios recomiendan un mínimo de 8 a 15 horas de actividad al aire libre por semana para que los niños en edad escolar logren una protección significativa contra los estímulos miopígenos.^{8,14,15}

1.2.4 Miopía parental

El riesgo de miopía en niños cuyos progenitores no son miopes es bajo. En cambio, es tres veces mayor si uno de los dos es miope y seis veces mayor en caso de que ambos progenitores sean miopes.¹⁷ Sin embargo, algunos estudios han mostrado que los antecedentes familiares de miopía son un factor predictivo más fuerte que la presencia de miopía en los progenitores.⁸ Si bien el efecto podría explicarse porque los padres miopes transmiten variantes genéticas que predisponen a sus hijos a la miopía, también podría deberse a que heredaron un estilo de vida miope¹³, y que no debe considerarse únicamente la contribución genética sino que también podría ser el resultado de un estilo de vida conjunto y una educación distinta.⁸

Por otro lado, hay que destacar que la tasa de progresión de la miopía varía según la etnia, siendo más elevada en niños asiáticos en comparación con poblaciones urbanas de carácter europeo.^{11,12}

1.3. Historia de la investigación de la miopía

Los actuales tratamientos se fundamentan en las teorías desarrolladas en las últimas décadas sobre los mecanismos de progresión de la miopía.

La teoría de la tensión mecánica justifica el incremento de la longitud axial por aumento de la tensión ciliar-coroidea que se produce durante la acomodación. Esta tensión provocaría un desplazamiento de la coroides hacia delante¹⁹⁻²¹ incrementando así la longitud axial, lo que podría inducir además un mayor retraso acomodativo (lag) que ha sido relacionado con un aumento de la miopía.²²⁻²⁶

La teoría del retraso acomodativo se basa en que los ojos miopes presentan una respuesta acomodativa menor en comparación con los ojos emétopes.²² Este elevado retraso acomodativo provocaría un desenfoque hipermetrópico periférico que induciría un aumento de la longitud axial.²⁷ Sin embargo, en la actualidad se cuestiona esta idea, ya que diversos estudios en niños encontraron que el retraso de la acomodación se desarrolla simultáneamente con la miopía, y no antes, reduciendo la probabilidad de una

relación causal.^{8,28,29} La investigación sobre esta teoría se basa en estudios experimentales realizados en pollos a los cuales les colocaban una lente negativa delante del ojo creando así un desenfoque hipermetrópico. Tras crear este desenfoque se observó una disminución del grosor coroidal y un alargamiento axial más rápido permitiendo que la retina retrocediera hacia el plano focal. En cambio, un desenfoque periférico miópico parecía inhibir el crecimiento de la longitud axial en combinación con un enfoque emetrópico en la retina central.¹

Los diferentes tratamientos para el control de la miopía desarrollados actualmente se centran en actuar en la acomodación y/o en el desenfoque hipermetrópico periférico, ralentizando el aumento de la longitud axial del ojo y, con ello, ralentizar el aumento de la miopía.

Historia de la ortoqueratología

En la china antigua, ya se usaban bolsas de arena con diferentes pesos que colocaban sobre sus ojos durante la noche para corregir la miopía. No es hasta mediados del siglo XX que aparecieron las LC geometría inversa para la compensación de la miopía de manera reversible.³⁰

La ortoqueratología aparece por primera vez en 1960. Su finalidad no era otra que la adaptación de LC rígidas que modificaran la curvatura corneal de manera reversible para corregir la miopía, de forma que el paciente tuviese una buena visión sin la necesidad de corrección óptica mediante gafas o LC durante el día. Sin embargo, se observó que los pacientes miopes más jóvenes que trataban su defecto refractivo mediante ortoqueratología manifestaban un menor incremento en su miopía en comparación con los miopes compensados con lente oftálmica o LC de polimetilmetacrilato (PMMA). Este hecho propició un aumento exponencial de las investigaciones sobre el uso de LC de ortoqueratología para el control de la miopía en niños y adolescentes.^{31,32}

Las lentes de ortoqueratología han evolucionado mucho, tanto en materiales como en diseños. Hoy en día, se utiliza un material ultra-permeable al oxígeno y diseño de doble geometría inversa haciendo que el tratamiento sea mucho más rápido y eficaz.³³ El objetivo de estas LC es aplanar la córnea durante la noche y proporcionar una visión clara durante el día sin necesidad de usar corrección. Por ello, tras su uso provocan un aplanamiento corneal central que corrige el error refractivo miópico central dejando borrosidad miope periférica, que puede actuar como una señal putativa para ralentizar la progresión de la miopía ya que, el desenfoque hipermetrópico periférico se asocia con una mayor elongación del globo ocular y con ello a un aumento de la miopía.³⁴

Los objetivos de este trabajo han sido:

1. Realizar un análisis bibliográfico exhaustivo de los conocimientos actuales sobre la miopía.
2. Analizar la eficacia de las herramientas y técnicas utilizadas para el control de la miopía, desde las más antiguas a las más recientes.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo está basado en una búsqueda bibliográfica exhaustiva de artículos de investigación científica, así como de revisiones bibliográficas sobre las herramientas actuales para el manejo y control de la miopía. También se han consultado libros y revistas científicas sobre el tema propuesto para este trabajo.

Con el objetivo de realizar el estudio de la manera más amplia y científica posible, se utilizó como principal impulsor de búsqueda la base de datos de PubMed, además de información proporcionada por el Instituto Internacional de Miopía (IMI), Elsevier y la biblioteca Cochrane.

La búsqueda bibliográfica ha sido diseñada para centrarse en la miopía, su manejo y su control, empleando palabras clave en la búsqueda bibliográfica para acotar los artículos de interés. Los términos clave de búsqueda fueron: myopia, control myopia, risk factors, orthokeratology, atropine, spectacles lens, contact lens myopia, así como separadores “and” y “of” para incluir ambos términos o diferenciar otros y obtener información con mayor precisión.

Los términos mencionados anteriormente se utilizaron tanto en inglés como en su traducción al castellano. Además, fueron combinados entre sí para obtener una mayor precisión en la búsqueda de información.

Debido a la gran cantidad de información obtenida, se determinaron una serie de criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los artículos más adecuados.

Criterios de inclusión:

- Publicaciones con fecha de 2012 en adelante.
- Estudios realizados únicamente en humanos.
- Publicaciones escritas en inglés o español.

Criterios de exclusión:

- Publicaciones con anterioridad a 2012, exceptuando diversos artículos que son anteriores a dicha fecha por su especial relevancia en el tema tratado.
- Estudios realizados en animales.
- Publicaciones escritas en cualquier otro idioma que no sea inglés o español.

La bibliografía utilizada ha sido clasificada atendiendo a la calidad de su evidencia científica en una escala de 1 a 9, constanding el documento realizado de la siguiente evidencia científica:

- Grado 1: metaanálisis: 4 referencias.
- Grado 2: revisiones sistemáticas: 9 referencias.
- Grado 3: literatura valorada críticamente/guías prácticas basadas en la evidencia: 29 referencias.
- Grado 4: ensayos controlados aleatorizados: 36 referencias.
- Grado 5: ensayos clínicos no aleatorizados: 1 referencia.
- Grado 6: estudios de cohorte: 2 referencias.

3. RESULTADOS

3.1. Tratamientos farmacológicos

3.1.1. Atropina

La atropina es un antagonista del receptor muscarínico no selectivo.⁸ Inicialmente, el uso de atropina para el control de miopía se basaba en la supuesta acción sobre el mecanismo de acomodación, ya que se pensaba que la acomodación era causante de la elongación del globo ocular.³⁵ Actualmente, no se conoce el mecanismo exacto de la atropina, pero se ha planteado la hipótesis de que la regulación de los receptores muscarínicos retinianos y esclerales tienen efecto sobre la matriz escleral.³⁶

La atropina tiene un efecto inhibitor sobre la progresión de la miopía dependiente de la dosis.⁸ Las primeras aplicaciones de atropina en altas dosis (1,0% y 0,5%) producían una ralentización en la progresión en más del 75%, sin embargo, no se apreciaban cambios estadísticamente significativos en la longitud axial en comparación con los ojos no tratados.⁸ Además, se describieron diversos efectos adversos significativos como fotofobia, midriasis, acomodación reducida, deslumbramiento y visión cercana borrosa que requirieron tratamiento óptico con bifocales y fotocromáticos.^{35,37,38}

Atropine in the Treatment of Myopia (ATOM) fue uno de los principales estudios realizados con este fármaco. Se llevó a cabo en 400 niños miopes de entre 6 y 12 años los cuales recibieron atropina al 1% o colirio placebo durante dos años siguiendo a los sujetos durante un año adicional.³⁹ La progresión media de la miopía y el alargamiento axial en los ojos tratados fue de -0,28 D y -0,02 mm, respectivamente en comparación con -1,20 D y -0,38 mm en los ojos control. El grupo tratado mostró una aceleración en la progresión, similar al cambio de dos años en los ojos de control por lo que el efecto del tratamiento disminuyó debido al efecto rebote.⁴⁰ El efecto rebote y los efectos secundarios encontrados determinaron el desarrollo de otros estudios para establecer la mejor dosis efectiva.

En un estudio denominado Atropine in the Treatment of Myopia (ATOM2) participaron 400 niños miopes de 6 a 12 años que fueron tratados con atropina a concentraciones más bajas (0,1%, 0,05% y 0,01%).³⁷ La progresión media de la miopía fue de -0,30, -0,38 y -0,49 D y el alargamiento axial 0,27, 0,28 y 0,41 mm, respectivamente, ralentizando la progresión de la miopía hasta en un 67% con menores efectos secundarios. El beneficio del tratamiento incluso para la concentración más baja se acercó al 1%. Es por esto que, los resultados obtenidos han llevado al uso generalizado de atropina al 0,01%.^{8,40} Por otra parte, se demostró en dicho estudio que, tras completar un año de tratamiento y posteriormente suspenderlo, se produjo un efecto rebote cuyo impacto se observó principalmente en niños más pequeños tratados con dosis más altas.⁸

El estudio LAMP, en el que se usaron concentraciones de atropina al 0,01%, 0,025% y 0,05% durante un período de un año, se observó una ralentización del EE del 27%, 43% y 67%, y una reducción de la progresión de la longitud axial del 12%, 29% y 51%, respectivamente. Además, se demostró una clara respuesta dependiente de la dosis, concluyendo que la concentración de atropina al 0,05% fue la más eficaz de todas las estudiadas para el control de miopía y la elongación de la longitud axial.^{8,41,42}

3.1.2. Pirenzepina

La pirenzepina es un antagonista del receptor muscarínico M1.⁸ Un beneficio distintivo de la pirenzepina en comparación con la atropina es que es menos probable que cause cicloplejía y midriasis, considerándose por tanto, un tratamiento alternativo en el control de miopía.⁴³

En un estudio de 12 meses en población asiática, el gel de pirenzepina al 2% aplicado dos veces al día en el ojo, ralentizó la progresión de la miopía en un 44% y la elongación axial en un 39% en comparación con el grupo control. Se observaron efectos adversos como visión borrosa, sensibilidad a la luz, algunas molestias y picazón, y residuos de medicamentos en los párpados en un 11%.^{8,44}

Otro ensayo clínico aleatorizado de 2 años en niños de 8 a 12 años que recibieron gel de pirenzepina al 2% dos veces al día mostró una reducción en la progresión de la miopía en los niños tratados en comparación con el grupo control. Los sujetos tratados con pirenzepina experimentaron efectos adversos que, en general, fueron leves o moderados, siendo los más frecuentes disfunción acomodativa, papilas y/o folículos y residuos del medicamento.^{43,45} Actualmente la pirenzepina no se puede obtener comercialmente, por lo que no es una opción disponible para el control de miopía.^{8,43}

3.2. Tratamientos mediante LC

3.2.1. Lentes de contacto rígidas permeables al gas (LCRPG)

En algunos estudios, se observó que las LCRPG ralentizaban la progresión de la miopía en niños, pero estudios más recientes demostraron que el uso de este tipo de LC no tuvo impacto en el alargamiento de la longitud axial y que el control aparente de la progresión de la miopía observado con LCRPG fue inducido por el aplanamiento temporal de la córnea.^{8,46,47}

3.2.2. LC hidrofílicas

Los diseños de LC hidrofílicas para el control de miopía se basan en crear un desenfoque periférico miópico en conjunción con un enfoque emetrópico en la retina central del sujeto. Existen diferentes diseños como las LC multifocales de doble foco⁴⁸, bifocales de anillos concéntricos⁴⁹ o las de gradiente periférico, caracterizadas por una adición progresiva que varía en función de la graduación. Esta última es una LC específica para cada usuario con un diseño especial que trata de inducir un adelanto de la imagen en la retina periférica.⁵⁰ Por otro lado, se encuentran también las LC de doble geometría directa-inversa, siendo la cara anterior de geometría directa y la cara posterior de geometría inversa de múltiples bandas para ejercer un suave efecto de moldeado corneal.⁵¹ Y por último, las LC de profundidad de foco extendido "EDOF".⁵²

Los diseños de LC bifocales se basan en un enfoque de distancia central y anillos periféricos con adición, creando un desenfoque miópico periférico en la retina del sujeto.⁸ En estos diseños, la región periférica de la LC tiene una potencia relativamente más positiva, incorpora un aumento gradual hacia la periferia (diseño progresivo) o se presenta en zonas diferentes (diseño de anillo

concéntrico).⁸ Los diseños de anillos concéntricos muestran un mejor control sobre el alargamiento axial que los diseños progresivos, mientras que sus efectos sobre los cambios de refracción fueron similares.^{8,49,53}

En un ensayo controlado aleatorizado, MiSight, una LC de diseño multizona produjo una menor progresión de la miopía (59%) y un menor crecimiento axial del globo ocular (52%) a los 3 años, en comparación con LC monofocales.^{8,54,55}

En un reciente estudio multicéntrico y aleatorizado de 3 años “Bifocal Lenses in Nearsighted Kids” (BLINK) llevado a cabo en 2020, se utilizaron LC con una corrección central para la miopía más una adición alta (+2,50 D) o media (+1,50 D) en comparación con LC de visión única convencionales. Observaron que las LC con una alta adición retrasaban la progresión de la miopía en 0,45 D y el alargamiento axial del ojo en 0,23 mm.^{8,56}

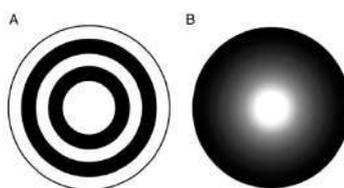


Figura 1. A: Anillo concéntrico y B: Diseño de lente multifocal de potencia progresiva donde el color blanco representa la corrección de lejos y el negro representa la zona de tratamiento de potencia positiva.⁴³

3.2.3. Ortoqueratología

En general, la ortoqueratología tiene un efecto alrededor del 50% en la reducción de la progresión de la miopía.^{8,57-60} El primer ensayo clínico que demostró que la ortoqueratología es eficaz para ralentizar la progresión de la miopía fue en 2005 e involucró a niños de entre 7 y 12 años, 35 en tratamiento de ortoqueratología y 35 en un grupo control de lentes monofocales. El aumento medio de la longitud axial fue significativamente menor para el grupo de ortoqueratología 0,29 mm frente a 0,54 mm en el grupo control.^{57,61}

Uno de los estudios más amplios llevados a cabo al respecto ha sido el “Corneal Reshaping Influences Myopic Prescription Stability” (CRIMPS), que comparó el tratamiento de lentes de ortoqueratología con la corrección de la miopía con lentes oftálmicas en un grupo de 56 niños menores de 16 años. Se evaluaron los cambios en la refracción miópica durante intervalos de seguimiento de 2 años hasta 8 años encontrando que los ojos corregidos mediante lentes oftálmicas monofocales tuvieron una progresión de la miopía durante el estudio, pero aproximadamente el 64% de los ojos tratados con ortoqueratología no experimentaron progresión de la misma.^{34,62}

Una de las mayores preocupaciones del tratamiento con ortoqueratología en niños es el uso nocturno de la lente y, por tanto, el incremento en el riesgo de queratitis microbiana. Sin embargo, solo una publicación ha proporcionado una tasa estimada de 7,7 casos de queratitis microbiana por 10.000 pacientes para lentes de ortoqueratología, similar a otras LC de uso nocturno.³⁴

3.3. Tratamientos ópticos

3.3.1. Hipocorrección Vs Corrección total

La hipocorrección de la miopía ha sido una práctica común durante muchos años para ralentizar su progresión.^{8,63-66} El objetivo era reducir la demanda de acomodación durante el trabajo cercano, pero la evidencia actual sugiere que dicha práctica no es beneficiosa y puede ser perjudicial puesto que, en lugar de ralentizar la progresión de la miopía, sucede lo contrario.^{8,64,65}

Un metanálisis mostró que la corrección total de la miopía podría reducir significativamente la progresión en comparación con el grupo hipocorregido. Se cree que es debido a que la corrección total previene la privación total y cualquier desenfoque inducido de la imagen retiniana. Además, los ojos hipocorregidos son estimulados continuamente por una imagen borrosa que podría causar una mayor tasa de progresión.⁶³ Un estudio observó que la medida de la longitud axial era mayor en el grupo hipocorregido en comparación con el grupo corregido completamente.⁶⁴ Por ello, la hipocorrección no puede considerarse como una intervención terapéutica eficaz para retrasar la progresión de la miopía.^{8,64-66}

3.3.2. Bifocales y lentes de adición progresiva (PAL)

La prescripción de lentes bifocales y progresivos como una opción para controlar la progresión de la miopía buscaba intentar reducir la demanda acomodativa durante el trabajo continuado en visión próxima.^{67,68} Un estudio llevado a cabo en 135 niños miopes corregidos con lentes monofocales o con bifocales ejecutivos +1,50 D con o sin prisma de 3 D base interna en la zona de cerca encontró que la progresión media de la miopía a los 3 años fue de -2,06 D, -1,25 D y -1,01 D para lentes monofocales, bifocales y prismas bifocales, respectivamente. En general, el cambio fue similar entre los dos grupos de bifocales, excepto para los niños con retrasos de acomodación bajos, pues los lentes bifocales prismáticos tuvieron un mayor efecto.^{67,69} Pese a que se demostró cierta efectividad en el control de la miopía, hoy en día los bifocales ejecutivos siguen siendo una opción estéticamente poco atractiva para llevar a cabo el control de la miopía en niños.

Posteriormente, se estudió el efecto de las lentes de adición progresiva en la ralentización de la progresión de la miopía.⁶⁷ Varias intervenciones llevadas a cabo con PAL han mostrado un efecto pequeño y clínicamente irrelevante en la desaceleración de la progresión de la miopía.^{8,40,70}

“The Correction of Myopia Evaluation Trial” (COMET), uno de los estudios más amplios llevados a cabo con este tipo de lentes, encontró una reducción en la progresión de la miopía de 0,20 D entre los usuarios de PAL en comparación con los usuarios corregidos con lentes monofocales a los 3 años de seguimiento. Sin embargo, el efecto del tratamiento PAL a los dos años de estudio fue de 0,13 D, no siendo este dato estadísticamente significativo respecto al del grupo control.^{40,71,72}

En la actualidad, no se lleva a cabo esta medida para controlar la progresión de la miopía puesto que, tras varios estudios realizados no se obtuvieron resultados significativos.^{70,73,74}

3.3.3. Lentes oftálmicas de desenfoque periférico

Recientemente, se han incorporado al mercado un nuevo modelo de lente oftálmica que incorpora una tecnología denominada DIMS (Defocus Incorporated Multiple Segments). El diseño de esta lente se basa en una zona central de 9 mm y una zona anular de 33 mm con múltiples segmentos de 1 mm que tienen una potencia positiva relativa de +3,50 D.⁴⁰

Un estudio publicado en 2020 de dos años de seguimiento llevado a cabo en 160 niños chinos miopes de 8 a 13 años corregidos con la tecnología DIMS o lentes monofocales mostró que la progresión miópica media fue de -0,41 D en el grupo DIMS y -0,85 D en el grupo control. El alargamiento axial medio fue de 0,21 y 0,55 mm en los grupos DIMS y control respectivamente siendo más significativa esta diferencia en los niños mayores.^{40,75} Este diseño es comercializado por la casa comercial de lente oftálmica Hoya como lente MiyoSmart.

Tecnologías más recientemente desarrolladas son las lentes altamente esféricas (HALT) y lentes ligeramente esféricas (SALT). La geometría de estas lentes genera un desenfoque miópico de 1,2 mm a 1,9 mm de la retina en cualquier excentricidad, sirviendo como una señal para controlar la progresión de la miopía. Esto es debido a la superficie frontal esférica que contiene 11 anillos concéntricos formados por lentes esféricas contiguas de 1,1 mm de diámetro. El área central de la lente proporciona la corrección del error refractivo del sujeto.⁷⁶

En un reciente estudio llevado a cabo en 2021 el cual abarca una población de 170 niños con miopía entre 8 y 13 años que fueron corregidos mediante lentes monofocales y HALT o SALT, se observaron diferencias significativas entre los grupos de tratamiento. Tanto los grupos HALT como SALT manifestaron una menor progresión en el equivalente esférico de la autorrefracción ciclopléjica (SER) en comparación con el grupo control, 0,53 D y 0,33 D, respectivamente. Además, el grupo HALT mostró una progresión SER menor que el grupo SALT por una diferencia de 0,21 D. Por otra parte, también se observó una diferencia significativa en cuanto al alargamiento de la longitud axial. En comparación con el grupo control, HALT y SALT redujeron el alargamiento axial en 0,23 mm y 0,11 mm, respectivamente. Asimismo, HAL resultó en un alargamiento axial menor que SAL con una diferencia de 0,12 mm.⁷⁶

Se pudo comprobar que las lentes esféricas reducen significativamente la progresión de la miopía y el alargamiento axial. Además, el grupo HALT consiguió el mayor efecto para llevar a dicha ralentización. Este diseño es comercializado por la casa comercial de lente oftálmica Essilor como lente Stellest.⁷⁶

Actualmente, existen otros diseños novedosos de SightGlass Vision que se encuentran en fase de ensayo clínico. Estos lentes utilizan la tecnología Diffusion Optics diseñada específicamente para reducir la señalización de contraste de la retina mediante la incorporación de miles de elementos que dispersan la luz. La hipótesis latente de este diseño es que las altas cantidades de contraste detectadas por la retina pueden provocar un alargamiento de la longitud axial.⁷⁷

4. DISCUSIÓN

4.1. Tratamientos farmacológicos

Los resultados obtenidos en el estudio ATOM 1 indicaron que una dosis nocturna de atropina al 1% logró una reducción en la progresión de la miopía de aproximadamente el 77% en comparación con el tratamiento placebo. Sin embargo, tras utilizar esta dosis se detectaron una serie de efectos secundarios significativos como midriasis, fotofobia, acomodación reducida y visión cercana borrosa.³⁹ En cambio, en el estudio ATOM 2 inicialmente se asumió que la atropina al 0,01% tenía un efecto mínimo y actuaba como un control potencial, pero contrariamente a lo esperado, la atropina al 0,01% también tuvo efectos clínicamente significativos en la progresión de la miopía y las diferencias encontradas entre las tres dosis utilizadas fueron muy pequeñas. Por tanto, aunque actualmente la atropina al 0,01% no está disponible comercialmente, se ha comprobado que mantiene la eficacia y es una concentración segura para ralentizar la progresión de la miopía puesto que, los efectos adversos fueron poco frecuentes.³⁷ Por otro lado, el estudio LAMP reflejó una clara respuesta dependiente de la dosis y es que la atropina al 0,05% fue la más eficaz para controlar la progresión de la miopía aun siendo las tres concentraciones bien toleradas por los sujetos.⁴¹

Una segunda opción de tratamiento farmacológico para la ralentización de la miopía es la pirenzepina, un antagonista del receptor muscarínico M1. Tan et al., 2005 y Siatkowski et al., 2008 en dos estudios llevados a cabo con pirenzepina al 2% durante uno y dos años encontraron resultados significativos sobre la progresión de la miopía; sin embargo, el efecto del segundo año no fue tan firme como el observado en el primero. Además, no se ha estudiado aún si al retirar el tratamiento existe efecto rebote. Por otra parte, su uso en el control de la miopía se ha dejado de estudiar ya que probablemente la atropina sea más eficaz. Asimismo, este medicamento no se puede obtener comercialmente, lo que restringe aún más su uso.⁴³⁻⁴⁵

4.2. Tratamientos mediante LC

También se han utilizado las LCRPG para controlar la progresión de la miopía, pero se ha visto que la mayor parte del efecto se debe al moldeo corneal que generan, ya que no frenan el aumento de la longitud axial. Esto puede ser debido a que anteriormente estas LC se adaptaban muy planas provocando este aplanamiento en la córnea.^{46,47}

Posteriormente, se estudiaron las LC multifocales con diferentes diseños los cuales se basan en crear un desenfoque miópico periférico para ralentizar el crecimiento del globo ocular. Este tipo de LC es una de las opciones de tratamiento para control de miopía más efectivo.⁷⁸

Un ensayo clínico de tres años publicado por Chamberlain et al., 2019 con la LC MiSight demostró el efecto de esta sobre la progresión de la miopía reduciendo la longitud axial en un 52% y el error refractivo en un 59% sin presencia de efectos secundarios oculares graves. Estos resultados fueron similares al ensayo publicado recientemente por Ruiz-Pomeda et al., 2018 de dos años de duración, aunque se utilizó un grupo control diferente. En este último estudio el grupo control usaba gafas monofocales y en el otro, LC monofocales,

por lo que los datos pueden no ser comparables entre sí. De acuerdo con otras investigaciones, la progresión de la miopía varía con la edad siendo más rápida en sujetos más jóvenes; sin embargo, con la lente MiSight el grado de control no se vio afectado por este factor, por lo que sugiere que el efecto de tratamiento es similar en sujetos jóvenes y más mayores.^{54,55}

A diferencia de la LC MiSight cuyo objetivo es crear un desenfoque periférico miópico con diseño de anillos concéntricos con una adición de +2,00 D también existen otras LC como Mylo la cual utiliza la tecnología de profundidad de foco extendido “EDOF”. Esta LC tiene un diseño que permite un cambio gradual de la potencia del centro de lejos a la periferia, proporcionando una mejora significativa de la visión intermedia y cercana sin afectar la visión de lejos. En un estudio realizado por Sankaridurg et al., 2017 se ha comprobado que esta lente con diseño EDOF tiene una efectividad estimada entre el 26% y 43% sobre el control de la miopía.^{52,55}

Al mismo tiempo, la incorporación de materiales con alta permeabilidad al oxígeno y los nuevos diseños de doble geometría inversa han hecho que el tratamiento de ortoqueratología sea rápido, seguro y eficaz. Mediante diversos estudios se ha demostrado que la ortoqueratología puede reducir la progresión de la miopía en un 50% aproximadamente.^{8,57-60}

Durante el uso nocturno, la lente de ortoqueratología provoca un moldeo corneal que corrige el error refractivo, pero para que esta corrección no sea transitoria, debido a la reversibilidad del tratamiento, la lente debe usarse todas las noches para continuar con el efecto. Una de las preocupaciones sobre el uso de ortoqueratología es la presencia de queratitis infecciosa pero actualmente, se asocia con una baja incidencia, similar al uso de otro tipo de LC.⁷⁸

4.3. Tratamientos ópticos

La hipocorrección de la miopía ha sido una práctica muy común que se ha empleado durante años para ralentizar su progresión. Sin embargo, esta técnica ha sido muy cuestionada ya que actualmente, diversos estudios han demostrado que no solo no es beneficiosa para los pacientes sino que puede ser perjudicial.^{8,64,65}

Aunque algunos estudios han demostrado la falta de efectividad de la hipocorrección en el control de la miopía⁶⁴⁻⁶⁶ debido a la presencia de una imagen retiniana borrosa, existen varios ensayos realizados por diferentes autores que demuestran lo contrario; es decir, la hipocorrección podría retardar la progresión de la miopía, lo que se correlaciona con el desenfoque miópico experimental en modelos animales. Por otro lado, Li et al., 2019 publicaron un estudio en el que la corrección total y la hipocorrección de la miopía no mostraron ninguna diferencia en la reducción del error refractivo o el alargamiento axial.⁷⁹

Además de la hipocorrección se han utilizado durante años las lentes bifocales y de adición progresiva (PAL). Actualmente, este tratamiento para control de miopía no se lleva a cabo en la práctica puesto que se ha comprobado que, aunque algunos estudios demuestran una cierta ralentización de la miopía, sobre todo en niños con endoforias, dicho control no es clínicamente significativo.^{40,70} Además, hoy en día, existen diversas técnicas más novedosas^{75,76} y con mayor eficacia demostrada en comparación con las lentes PAL.

En un estudio realizado con lentes bifocales en comparación con lentes monofocales se observó que con la lente bifocal en niños con una cierta endoforia en visión próxima parece reducir 0,25 D el avance de la miopía, pero este resultado fue estadísticamente significativo pero no clínicamente relevante.⁸⁰ Sin embargo, en otro estudio realizado por Cheng et al., 2008 en el cual había niños corregidos con monofocales, bifocales de adición +1,50 D y bifocales con prisma de 3 D base nasal y adición +1,50 D encontraron que el uso de prismas podría ser beneficioso en individuos con bajos retrasos de acomodación.⁶⁹

Si analizamos la eficacia de las lentes progresivas en el estudio COMET, uno de los más amplios realizado con usuarios utilizando una adición de +2,0 D durante tres años de seguimiento, se demostró que la progresión fue estadísticamente significativa pero clínicamente irrelevante. Además el efecto fue observado durante el primer año ya que durante el segundo y tercero no hubo apenas diferencias en los resultados del progresivo en comparación con el monofocal.^{40,71}

La corrección de la miopía con una lente monofocal tradicional produce una imagen nítida a nivel de la retina central, pero provoca un enfoque hipermetrópico en la retina periférica. Este hecho parece ser que es lo que produce un crecimiento de la longitud axial y con ello un aumento de la miopía. Por tanto, se han creado lentes oftálmicas con el objetivo de producir un desenfoque miópico en la retina periférica del sujeto para que esta longitud axial no crezca tan rápidamente.

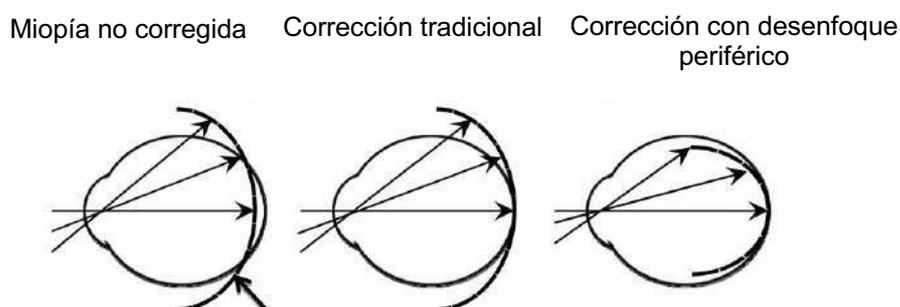


Figura 2. Comparación gráfica entre la corrección tradicional y el desenfoque periférico en la retina.⁸¹

Un estudio recientemente publicado (2020) ha demostrado la eficacia de la lente MyoSmart de Hoya, la cual utiliza una tecnología denominada DIMS para crear este desenfoque periférico miópico en la retina. La eficacia sobre la progresión de la miopía es aproximadamente del 50-60%.⁷⁵ Otro estudio desarrollado por Bao J et al., 2021, en el que se involucraron niños con lentes monofocales y otros con la lente Stellest de Essilor, mostraron una eficacia de la lente del 67% en la ralentización de la miopía.⁷⁶ Las lentes oftálmicas para el control de la miopía demuestran por tanto altas eficacias en su control; sin embargo, no debemos olvidar que su aparición y desarrollo es muy reciente, por lo que son necesarios más estudios y un mayor seguimiento de los pacientes en el tiempo para determinar su grado de eficacia real y los posibles efectos adversos que su uso pueda tener.

5. CONCLUSIONES

La miopía se ha convertido, debido a su incidencia, en uno de los principales problemas de salud pública. Si esta progresa a miopía patológica puede provocar múltiples afecciones oculares graves. Es por ello que, la investigación sobre el control de la progresión se ha desarrollado tanto en estos últimos años.

Tras diferentes estudios se ha comprobado que no existe una única causa que justifique la evolución de la miopía, pero sí determinados factores de riesgo que se encuentran involucrados en la progresión. Además, se han desarrollado diversas teorías para tratar de explicar la etiología que se encuentra detrás de la aparición y evolución de este error refractivo.

Las personas miopes corregidas con lentes oftálmicas tradicionales consiguen una imagen foveal enfocada, pero no corrigen la hipermetropía relativa que se produce en la retina periférica, lo que conlleva al crecimiento de la longitud axial del globo ocular. Por este motivo, se investiga continuamente acerca del papel que juega el desenfoque periférico en el control de la progresión de la miopía.

Por ello, la mayoría de los diseños ópticos que actualmente se están desarrollando se centran en producir un desenfoque miópico en la retina periférica del sujeto para frenar el progreso del defecto refractivo. La eficacia demostrada hasta el momento es muy alta; sin embargo, se necesita más investigación mediante estudios que abarquen mayores poblaciones, etnias y con mayores periodos de seguimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Chakraborty R, Read SA, Vincent SJ. Understanding Myopia: Pathogenesis and Mechanisms. En: Ang M, Wong TY, editores. Updates on Myopia: A Clinical Perspective [Internet]. Singapore: Springer; 2020 [citado 27 de abril de 2022]. p. 65-94.
2. Flitcroft DI, He M, Jonas JB, Jong M, Naidoo K, Ohno-Matsui K, et al. IMI – Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 28 de febrero de 2019;60(3):M20.
3. Baird PN, Saw SM, Lanca C, Guggenheim JA, Smith III EL, Zhou X, et al. Myopia. *Nat Rev Dis Primer*. 17 de diciembre de 2020;6(1):1-20.
4. Saw SM, Matsumura S, Hoang QV. Prevention and Management of Myopia and Myopic Pathology. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 de febrero de 2019;60(2):488-99.
5. Ohno-Matsui K, Wu PC, Yamashiro K, Vutipongsatorn K, Fang Y, Cheung CMG, et al. IMI Pathologic Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 28 de abril de 2021;62(5):5.
6. Chua SYL, Sabanayagam C, Cheung YB, Chia A, Valenzuela RK, Tan D, et al. Age of onset of myopia predicts risk of high myopia in later childhood in myopic Singapore children. *Ophthalmic Physiol Opt*. julio de 2016;36(4):388-94.
7. Morgan IG, French AN, Rose KA. Risk Factors for Myopia: Putting Causal Pathways into a Social Context. En: Ang M, Wong TY, editores. Updates on Myopia: A Clinical Perspective [Internet]. Singapore: Springer; 2020 [citado 28 de enero de 2022]. p. 133-70. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8491-2_6
8. Németh J, Tapasztó B, Aclimandos WA, Kestelyn P, Jonas JB, De Faber JTHN, et al. Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in cooperation with International Myopia Institute. *Eur J Ophthalmol*. mayo de 2021;31(3):853-83.
9. Gifford KL, Richdale K, Kang P, Aller TA, Lam CS, Liu YM, et al. IMI – Clinical Management Guidelines Report. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 de febrero de 2019;60(3):M184-203.
10. Aleman AC, Wang M, Schaeffel F. Reading and Myopia: Contrast Polarity Matters. *Sci Rep*. 18 de julio de 2018;8(1):10840.
11. Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, Naduvilath T, Smith EL, Holden BA. Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. enero de 2012;89(1):27-32.
12. Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? *Prog Retin Eye Res*. enero de 2005;24(1):1-38.
13. Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, Tideman JW, Yam JC, Lan W, et al. IMI Risk Factors for Myopia. *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 28 de abril de 2021;62(5):3.
14. Xiong S, Sankaridurg P, Naduvilath T, Zang J, Zou H, Zhu J, et al. Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. septiembre de 2017;95(6):551-66.
15. Wu PC, Chen CT, Lin KK, Sun CC, Kuo CN, Huang HM, et al. Myopia Prevention and Outdoor Light Intensity in a School-Based Cluster Randomized Trial. *Ophthalmology*. agosto de 2018;125(8):1239-50.
16. Li SM, Li SY, Kang MT, Zhou Y, Liu LR, Li H, et al. Near Work Related Parameters and Myopia in Chinese Children: the Anyang Childhood Eye Study. *PLoS ONE*. 5 de agosto de 2015;10(8):e0134514.
17. Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, Jones LA, Zadnik K. Parental Myopia, Near Work, School Achievement, and Children’s Refractive Error. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 de diciembre de 2002;43(12):3633-40.

18. Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. Management of digital eye strain. *Clin Exp Optom.* enero de 2019;102(1):18-29.
19. Woodman-Pieterse EC, Read SA, Collins MJ, Alonso-Caneiro D. Regional Changes in Choroidal Thickness Associated With Accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 7 de octubre de 2015;56(11):6414-22.
20. Ghosh A, Collins MJ, Read SA, Davis BA, Chatterjee P. Axial elongation associated with biomechanical factors during near work. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* marzo de 2014;91(3):322-9.
21. Drexler W, Findl O, Schmetterer L, Hitzemberger CK, Fercher AF. Eye elongation during accommodation in humans: differences between emmetropes and myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* octubre de 1998;39(11):2140-7.
22. Gwiazda JE, Hyman L, Norton TT, Hussein MEM, Marsh-Tootle W, Manny R, et al. Accommodation and Related Risk Factors Associated with Myopia Progression and Their Interaction with Treatment in COMET Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 de julio de 2004;45(7):2143-51.
23. Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, Held R. Myopic children show insufficient accommodative response to blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* marzo de 1993;34(3):690-4.
24. Abbott ML, Schmid KL, Strang NC. Differences in the accommodation stimulus response curves of adult myopes and emmetropes. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom.* enero de 1998;18(1):13-20.
25. Bullimore MA, Gilmartin B, Royston JM. Steady-state accommodation and ocular biometry in late-onset myopia. *Doc Ophthalmol Adv Ophthalmol.* 1992;80(2):143-55.
26. Gwiazda J, Thorn F, Held R. Accommodation, accommodative convergence, and response AC/A ratios before and at the onset of myopia in children. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* abril de 2005;82(4):273-8.
27. López-Gil N, Martin J, Liu T, Bradley A, Díaz-Muñoz D, Thibos L. Retinal Image Quality During Accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom.* julio de 2013;33(4):497-507.
28. Mutti DO, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, Cotter SA, Kleinstein RN, Manny RE, et al. The Response AC/A Ratio Before and After the Onset of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* marzo de 2017;58(3):1594-602.
29. Schaeffel F, Glasser A, Howland HC. Accommodation, refractive error and eye growth in chickens. *Vision Res.* 1988;28(5):639-57.
30. Saw SM, Gazzard G, Au Eong KG, Tan DTH. Myopia: attempts to arrest progression. *Br J Ophthalmol.* noviembre de 2002;86(11):1306-11.
31. Swarbrick HA. Orthokeratology review and update. *Clin Exp Optom.* mayo de 2006;89(3):124-43.
32. Lui WO, Edwards MH, Cho P. Contact lenses in myopia reduction - from orthofocus to accelerated orthokeratology. *Contact Lens Anterior Eye J Br Contact Lens Assoc.* 2000;23(3):68-76.
33. Bullimore MA, Johnson LA. Overnight orthokeratology. *Contact Lens Anterior Eye.* 1 de agosto de 2020;43(4):322-32.
34. VanderVeen DK, Kraker RT, Pineles SL, Hutchinson AK, Wilson LB, Galvin JA, et al. Use of Orthokeratology for the Prevention of Myopic Progression in Children: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 1 de abril de 2019;126(4):623-36.
35. Sankaridurg P, Conrad F, Tran H, Zhu J. Controlling Progression of Myopia: Optical and Pharmaceutical Strategies. *Asia-Pac J Ophthalmol.* diciembre de 2018;7(6):405-14.

36. Wu PC, Chuang MN, Choi J, Chen H, Wu G, Ohno-Matsui K, et al. Update in myopia and treatment strategy of atropine use in myopia control. *Eye*. enero de 2019;33(1):3-13.
37. Chia A, Chua WH, Cheung YB, Wong WL, Lingham A, Fong A, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% doses (Atropine for the Treatment of Myopia 2). *Ophthalmology*. febrero de 2012;119(2):347-54.
38. Yi S, Huang Y, Yu SZ, Chen XJ, Yi H, Zeng XL. Therapeutic effect of atropine 1% in children with low myopia. *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. octubre de 2015;19(5):426-9.
39. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, Tong L, Ling Y, Quah BL, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology*. diciembre de 2006;113(12):2285-91.
40. Bullimore MA, Richdale K. Myopia Control 2020: Where are we and where are we heading? *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom*. mayo de 2020;40(3):254-70.
41. Yam JC, Jiang Y, Tang SM, Law AKP, Chan JJ, Wong E, et al. Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% Atropine Eye Drops in Myopia Control. *Ophthalmology*. enero de 2019;126(1):113-24.
42. Li FF, Yam JC. Low-Concentration Atropine Eye Drops for Myopia Progression. *Asia-Pac J Ophthalmol Phila Pa*. 4 de octubre de 2019;8(5):360-5.
43. Kang P. Optical and pharmacological strategies of myopia control. *Clin Exp Optom*. mayo de 2018;101(3):321-32.
44. Tan DTH, Lam DS, Chua WH, Shu-Ping DF, Crockett RS, Asian Pirenzepine Study Group. One-year multicenter, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. *Ophthalmology*. enero de 2005;112(1):84-91.
45. Siatkowski RM, Cotter SA, Crockett RS, Miller JM, Novack GD, Zadnik K, et al. Two-year multicenter, randomized, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia. *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. agosto de 2008;12(4):332-9.
46. Katz J, Schein OD, Levy B, Cruiscullo T, Saw SM, Rajan U, et al. A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia. *Am J Ophthalmol*. julio de 2003;136(1):82-90.
47. Walline JJ, Jones LA, Mutti DO, Zadnik K. A randomized trial of the effects of rigid contact lenses on myopia progression. *Arch Ophthalmol Chic Ill 1960*. diciembre de 2004;122(12):1760-6.
48. Anstice NS, Phillips JR. Effect of dual-focus soft contact lens wear on axial myopia progression in children. *Ophthalmology*. junio de 2011;118(6):1152-61.
49. Aller TA, Liu M, Wildsoet CF. Myopia Control with Bifocal Contact Lenses: A Randomized Clinical Trial. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. abril de 2016;93(4):344-52.
50. Pauné J, Morales H, Armengol J, Quevedo L, Faria-Ribeiro M, González-Méijome JM. Myopia Control with a Novel Peripheral Gradient Soft Lens and Orthokeratology: A 2-Year Clinical Trial. *BioMed Res Int*. 2015;2015:507572.
51. Garcia-Del Valle AM, Blázquez V, Gros-Otero J, Infante M, Culebras A, Verdejo A, et al. Efficacy and safety of a soft contact lens to control myopia progression. *Clin Exp Optom*. enero de 2021;104(1):14-21.
52. Sankaridurg P, Bakaraju RC, Naduvilath T, Chen X, Weng R, Tilia D, et al. Myopia control

with novel central and peripheral plus contact lenses and extended depth of focus contact lenses: 2 year results from a randomised clinical trial. *Ophthalmic Physiol Opt.* julio de 2019;39(4):294-307.

53. Li SM, Kang MT, Wu SS, Meng B, Sun YY, Wei SF, et al. Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in school-aged children: a meta-analysis. *Ophthalmic Physiol Opt J Br Coll Ophthalmic Opt Optom.* enero de 2017;37(1):51-9.

54. Ruiz-Pomeda A, Pérez-Sánchez B, Valls I, Prieto-Garrido FL, Gutiérrez-Ortega R, Villa-Collar C. MiSight Assessment Study Spain (MASS). A 2-year randomized clinical trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol.* mayo de 2018;256(5):1011-21.

55. Chamberlain P, Peixoto-de-Matos SC, Logan NS, Ngo C, Jones D, Young G. A 3-year Randomized Clinical Trial of MiSight Lenses for Myopia Control. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* agosto de 2019;96(8):556-67.

56. Walline JJ, Walker MK, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Giannoni AG, et al. Effect of High Add Power, Medium Add Power, or Single-Vision Contact Lenses on Myopia Progression in Children: The BLINK Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 11 de agosto de 2020;324(6):571-80.

57. Cho P, Cheung SW, Edwards M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Curr Eye Res.* enero de 2005;30(1):71-80.

58. Walline JJ, Jones LA, Sinnott LT. Corneal reshaping and myopia progression. *Br J Ophthalmol.* septiembre de 2009;93(9):1181-5.

59. Zhu MJ, Feng HY, He XG, Zou HD, Zhu JF. The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia. *BMC Ophthalmol.* 24 de noviembre de 2014;14:141.

60. Na M, Yoo A. The effect of orthokeratology on axial length elongation in children with myopia: Contralateral comparison study. *Jpn J Ophthalmol.* mayo de 2018;62(3):327-34.

61. Cho P, Tan Q. Myopia and orthokeratology for myopia control. *Clin Exp Optom.* julio de 2019;102(4):364-77.

62. Downie LE, Lowe R. Corneal reshaping influences myopic prescription stability (CRIMPS): an analysis of the effect of orthokeratology on childhood myopic refractive stability. *Eye Contact Lens.* julio de 2013;39(4):303-10.

63. Yazdani N, Sadeghi R, Ehsaei A, Taghipour A, Hasanzadeh S, Zarifmahmoudi L, et al. Under-correction or full correction of myopia? A meta-analysis. *J Optom.* 1 de enero de 2021;14(1):11-9.

64. Chung K, Mohidin N, O’Leary DJ. Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression. *Vision Res.* octubre de 2002;42(22):2555-9.

65. Vasudevan B, Esposito C, Peterson C, Coronado C, Ciuffreda KJ. Under-correction of human myopia--is it myopigenic?: a retrospective analysis of clinical refraction data. *J Optom.* septiembre de 2014;7(3):147-52.

66. Adler D, Millodot M. The possible effect of undercorrection on myopic progression in children. *Clin Exp Optom.* 1 de septiembre de 2006;89(5):315-21.

67. Wildsoet CF, Chia A, Cho P, Guggenheim JA, Polling JR, Read S, et al. IMI – Interventions for Controlling Myopia Onset and Progression Report. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 de febrero de 2019;60(3):M106-31.

68. Cheng D, Schmid KL, Woo GC. The effect of positive-lens addition and base-in prism on

accommodation accuracy and near horizontal phoria in Chinese myopic children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008;28(3):225-37.

69. Cheng D, Woo GC, Drobe B, Schmid KL. Effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on myopia progression in children: three-year results of a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol.* marzo de 2014;132(3):258-64.

70. Edwards MH, Li RWH, Lam CSY, Lew JKF, Yu BSY. The Hong Kong progressive lens myopia control study: study design and main findings. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* septiembre de 2002;43(9):2852-8.

71. Hyman L, Gwiazda J, Marsh-Tootle WL, Norton TT, Hussein M, COMET Group. The Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET): design and general baseline characteristics. *Control Clin Trials.* octubre de 2001;22(5):573-92.

72. Koomson NY, Amedo AO, Opoku-Baah C, Ampeh PB, Ankamah E, Bonsu K. Relationship between Reduced Accommodative Lag and Myopia Progression. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* julio de 2016;93(7):683-91.

73. Correction of Myopia Evaluation Trial 2 Study Group for the Pediatric Eye Disease Investigator Group. Progressive-addition lenses versus single-vision lenses for slowing progression of myopia in children with high accommodative lag and near esophoria. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25 de abril de 2011;52(5):2749-57.

74. Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, et al. A Randomized Clinical Trial of Progressive Addition Lenses versus Single Vision Lenses on the Progression of Myopia in Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 de abril de 2003;44(4):1492-500.

75. Lam CSY, Tang WC, Tse DYY, Lee RPK, Chun RKM, Hasegawa K, et al. Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* marzo de 2020;104(3):363-8.

76. Bao J, Yang A, Huang Y, Li X, Pan Y, Ding C, et al. One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Br J Ophthalmol [Internet].* 2 de abril de 2021 [citado 11 de marzo de 2022]; Disponible en: <https://bjo.bmj.com/content/early/2021/04/01/bjophthalmol-2020-318367>

77. SightGlass Vision, Inc. Efficacy and Safety Study of Novel Spectacle Lens Designs to Control of Myopia [Internet]. clinicaltrials.gov; 2021 sep [citado 31 de marzo de 2022]. Report No.: NCT03623074. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03623074>

78. Sankaridurg P. Contact lenses to slow progression of myopia. *Clin Exp Optom.* 1 de septiembre de 2017;100(5):432-7.

79. Li SY, Li SM, Zhou YH, Liu LR, Li H, Kang MT, et al. Effect of undercorrection on myopia progression in 12-year-old children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1 de agosto de 2015;253(8):1363-8.

80. Fulk GW, Cyert LA, Parker DE. A randomized trial of the effect of single-vision vs. bifocal lenses on myopia progression in children with esophoria. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* agosto de 2000;77(8):395-401.

81. Smith EL. The Charles F. Prentice Award Lecture 2010: A Case for Peripheral Optical Treatment Strategies for Myopia. *Optom Vis Sci.* septiembre de 2011;88(9):1029-44.