



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Mecanismos de control de la miopía

Presentado por Laura Esteban González

Tutelado por: Cristina Valencia Sandonís
Laura Valencia Nieto

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a, 24 de mayo de 2022

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	5
3. OBJETIVOS.....	5
4. MATERIAL Y MÉTODOS	5
5. RESULTADOS	6
5.1. FÁRMACOS.....	6
5.1.1. ATROPINA	6
5.1.2. PIRENZEPINA.....	7
5.2. LENTES DE CONTACTO	8
5.2.1. ORTOQUERATOLOGÍA.....	8
5.2.2. LENTES DE CONTACTO HIDROFÍLICAS.....	9
5.3. LENTES OFTÁLMICAS	11
5.4. TRATAMIENTOS COMBINADOS.....	12
6. DISCUSIÓN.....	14
7. CONCLUSIONES	16
8. BIBLIOGRAFÍA.....	17

RESUMEN

La miopía es un problema cada vez más prevalente a nivel mundial y un tema de interés creciente porque las condiciones de vida actuales no ayudan a que no se imponga la ametropía. Es importante una rápida actuación para prevenir sus efectos a largo plazo, que pueden conducir en último término a la ceguera. La siguiente revisión bibliográfica pretende dar a conocer la importancia de los métodos existentes de control de la miopía actuales, desde los farmacológicos hasta los ópticos.

Existen estrategias como la utilización de atropina, ortoqueratología nocturna, lentes de contacto hidrofílicas y lentes oftálmicas, además de su utilización de manera simultánea para potenciar los efectos. Estos tratamientos se ofrecen con el objetivo de reducir la progresión miópica y no para que ésta desaparezca. El mecanismo de acción de la gran mayoría de estos métodos se basa en evitar el desenfoque hipermetrópico periférico producido en la retina y sustituirlo por uno miópico, mientras que la imagen central sí focaliza en la fovea para permitir al mismo tiempo la corrección del defecto refractivo. Al quedar la imagen por delante de la retina periféricamente, se evita que aumente la longitud axial del ojo.

ABSTRACT

Myopia is an increasingly prevalent problem worldwide and a topic of growing interest because current living conditions do not help to prevent the onset of this ametropia. Prompt action is important to prevent its long-term effects, which can ultimately lead to blindness. The following review aims to provide an insight into the importance of current methods of myopia control, ranging from pharmacological to optical.

Strategies such as the use of atropine, orthokeratology at night, soft contact lenses and spectacles are available, as well as their simultaneous use to enhance the effects. These treatments are offered with the aim of reducing myopic progression and not to make myopia disappear. The mechanism of action of most of these methods is based on avoiding the peripheral hypermetropic defocus produced in the retina and replacing it with a myopic one, while the central image is focused on the fovea to allow correction of the refractive defect at the same time. As the image remains peripherally in front of the retina, the axial length of the eye is prevented from increasing.

1. INTRODUCCIÓN

La miopía es un defecto refractivo ocular en el que el equivalente esférico es mayor o igual a -0,50 dioptrías (D) en cualquiera de los dos ojos según la Organización Mundial de la Salud (OMS) o una condición en la que se pueden ver los objetos cercanos nítidamente, pero los lejanos se observan borrosos de acuerdo con la definición de la Asociación Americana de Optometría (AOA por sus siglas en inglés, American Optometric Association).^{1,2}

La miopía puede producirse por dos razones, la primera es que la longitud axial (LA) del ojo sea mayor de la habitual, y la segunda es por poseer excesiva potencia corneal. En el primer caso se denomina miopía axial y en el segundo, miopía refractiva.³ Ambas razones hacen que la imagen no llegue a enfocarse justo en la retina, sino que lo hace delante de ella, proporcionando una imagen que no es nítida.

Numerosos estudios muestran el aumento de la prevalencia de la miopía en la población, siendo esta mayor en zonas como Asia.^{1,4,5} Los casos de miopía mundial en 2020 eran 2584 millones con una prevalencia del 33%, estimándose para 2050 un total de 4949 millones de casos a nivel mundial y una prevalencia del 52% (Figura 1).¹

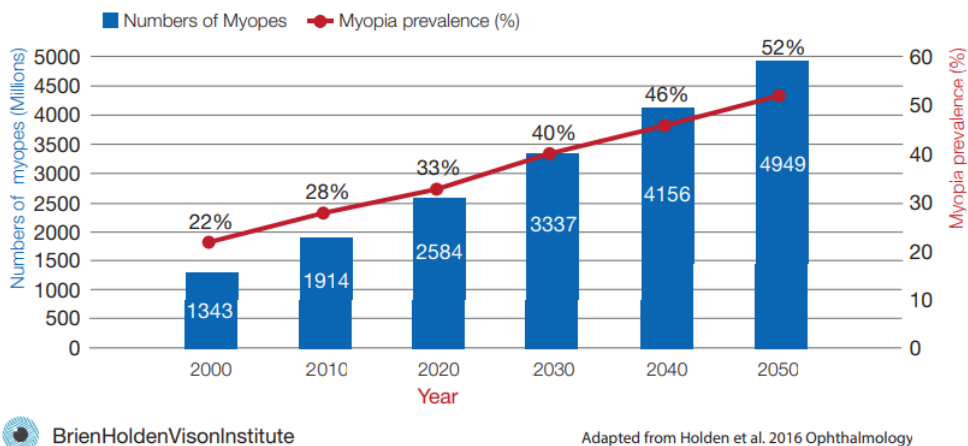


Figura 1. Datos de prevalencia mundial de la miopía y estimación de la prevalencia hasta el año 2050. Imagen obtenida de <https://www.who.int/blindness/causes/MyopiaReportforWeb.pdf>.

Es preocupante la cantidad de niños miopes que están en edad escolar y la velocidad a la que avanza la ametropía, concretamente 1,00 D por año en zonas del este de Asia y alrededores, y 0,50 D por año en caucásicos. Este rápido progreso implica el desarrollo de alteraciones como miopía patológica (> 5,00 D), estafilomas, ceguera irreversible, glaucoma, catarata, desprendimiento de retina y maculopatía miópica.⁵

En el caso de la miopía patológica, se calcula que en el año 2050 un 10% de la población mundial, equivalente a 925 millones de personas, estarán afectadas. Actualmente el 1% de personas de raza blanca y el 1-3% de asiáticos presentan esta patología.¹

Se sabe que las sociedades han ido evolucionando en términos de

ingresos, educación, entornos, estilos de vida, etc., lo que ha influido en la prevalencia de la miopía, es decir, existen factores de riesgo que predisponen a padecer esta condición. Los factores de riesgo de mayor importancia son: la educación intensa prolongada, la urbanización, factores prenatales, estatus socioeconómico y el trabajo excesivo en distancias cercanas.⁵

Al ser la miopía un problema de creciente importancia, entra en juego su control, el cual puede tomar dos caminos dependiendo de dónde se parta: el primero es ralentizar la progresión de la miopía en personas que ya cuentan con este error refractivo; y el segundo es la prevención de la miopía.^{4,5,6} Esta revisión explicará los tratamientos para el control de la miopía mediante fármacos, lentes de contacto (LC) y lentes oftálmicas.

2. JUSTIFICACIÓN

Es particularmente relevante la importancia de la educación al paciente para prevenir la miopía. Se ha demostrado que pasar tiempo al aire libre ralentiza la aparición de la ametropía, y en caso de ya sufrirla, es posible controlar su progresión a través de diferentes métodos. La actuación temprana en niños miopes es importante para su prevención y posibles complicaciones futuras. Por estos motivos, se estima necesario estudiar cuáles son los métodos existentes para controlar la miopía.

3. OBJETIVOS

Conocer las diferentes formas que existen actualmente para el control de la miopía, su mecanismo de acción, y sus ventajas y desventajas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio de revisión bibliográfica de los mecanismos disponibles en la actualidad para controlar la progresión de la miopía.

Se realizará una búsqueda bibliográfica a través de la biblioteca universitaria en las principales bases de datos como Google Scholar o PubMed. Se utilizarán las siguientes palabras clave para realizar la búsqueda en inglés: myopia, myopia control, atropine, pirenzepine, orthokeratology, dual-focus soft contact lenses, soft multifocal contact lenses, spectacles.

5. RESULTADOS

5.1. FÁRMACOS

5.1.1. ATROPINA

Este fármaco se usó por primera vez para el tratamiento de la miopía por Wells en el siglo XIX y más tarde se demostró su efecto clínico en la disminución de la progresión de este defecto refractivo.⁷

La atropina es un agente antimuscarínico, cuya función es la de bloquear los receptores muscarínicos de la estimulación producida por el neurotransmisor acetilcolina. Existen receptores de este tipo en el ojo, por lo que, tras su instilación en el ojo, tendrá lugar la dilatación de la pupila y a su vez, parálisis de la acomodación (conocida como cicloplejia).¹

No se sabe la forma exacta de actuación de la atropina, aunque se ha postulado su efecto directo en los fibroblastos de la esclera inhibiendo la síntesis de glucosaminoglicanos mediante un mecanismo no muscarínico.^{6, 7}

Los lugares donde más se ha estudiado el comportamiento de la atropina es en Asia, por su elevada prevalencia de la miopía. Sin embargo, cada vez más estudios están siendo realizados en población no asiática. En estas regiones menos prevalentes se conoce mucho menos cómo afecta la atropina a la población, al haber menor miopía y, en consecuencia, menores complicaciones relacionadas con este error refractivo.⁶ Hoy en día en lugares como Asia mayoritariamente, ha habido una implementación clínica de este fármaco para este uso.⁶

En el continente europeo está regulado el uso de atropina al 1% para la ambliopía, pero su uso para el control de la miopía aún no es tan habitual como ocurre en Asia. Hay que destacar que, aunque la prevalencia sea menor en Europa y EEUU, está creciendo rápidamente, y por ello se necesita más evidencia científica para que se estandarice su utilización.⁶

No obstante, la atropina se puede emplear en diferentes concentraciones. A lo largo del tiempo, varios estudios se han centrado en averiguar cuál es la concentración ideal para el control de la miopía. Se ha probado con dosis al 1%; 0,5%; 0,25%; 0,1%, 0,01%, etc. En los estudios se sugiere que las concentraciones bajas también son efectivas, y a veces, incluso más que las altas, como se sucedió en ATOM 2. Las altas concentraciones, como 1% o 0,5%, tienen alta tasa de efectos secundarios como fotofobia, y existe preocupación por si a largo plazo pudiera afectar sistémicamente. En altas dosis ocurre también que el efecto rebote es más notable al abandonar el tratamiento. Recientemente, varias publicaciones asiáticas han informado de que la utilización de la atropina al 0,01% presenta menores efectos secundarios.^{1, 6, 7-10}

Boca seca, rubor facial, dolor de cabeza, incremento de la presión arterial, estreñimiento, dificultad para miccionar, y alteraciones del sistema nervioso central son posibles efectos sistémicos secundarios del uso de atropina, pero son poco comunes. Los oculares más frecuentes son fotofobia, borrosidad en visión cercana y respuesta alérgica. De ellos, el más común es fotofobia.⁶

Se sugirió que la concentración más efectiva de control de miopía era al 1%,⁵ sin embargo, podría ser conveniente empezar por una baja, como 0,01%, por lo mencionado anteriormente sobre menores efectos secundarios.⁶

Es posible conseguir una graduación fiable a las 2-4 semanas de tratamiento. Si en las revisiones hay progresión superior o igual a 0,50 D en asiáticos tras 6 meses, o en caucásicos tras 1 año, la concentración que se ha utilizado no será la idónea probablemente.⁶

5.1.2. PIRENZEPINA

La pirenzepina es un receptor antagonista muscarínico específico M1.⁵ Al ser tan selectivo y estos receptores concentrarse en mayor número en la retina y en menor medida en el cuerpo ciliar o iris, produce menores efectos tanto de cicloplejia como de midriasis, comparándolo con la atropina.^{5, 11}

En Europa se utiliza desde hace tiempo, por vía oral, para tratar afecciones sistémicas como la dispepsia, una disfunción gastrointestinal común de la zona gastroduodenal caracterizada por saciedad precoz, dolor y ardor entre otros síntomas;^{12, 13} y problemas endocrinos pediátricos, con un amplio historial de seguridad tanto en adultos como en niños.¹¹

Stone et al. insinuaron que este fármaco podría ser útil en la disminución de la progresión de la miopía.¹⁴ Desde entonces se ha demostrado en otras investigaciones la reducción del desarrollo de la miopía inducida por privación y también la disminución de la LA en ojos de animales.^{15, 16, 17}

Diferentes estudios de investigación, tanto en población caucásica como en asiática, se han dedicado a conocer la concentración de pirenzepina ideal. Experimentaron con dosis al 2% en forma de gel y resultó ser efectiva y segura frente al placebo en la disminución de la evolución miópica.^{18, 19} Otro estudio en el que se prolongó más tiempo el tratamiento, demostró en cuanto al estado refractivo, que ambos grupos se volvieron más miopes, pero en mayor proporción en el grupo con placebo (0,99 D frente a 0,58 D de progresión). Ocurrió lo mismo con la LA, observándose un incremento de 0,28 mm en los tratados con pirenzepina y 0,40 mm en los que se instiló placebo. Se concluyó de esta forma que el gel oftálmico de pirenzepina al 2% era efectivo, bien tolerado y un método reciente de disminución de la progresión miópica durante 2 años en niños con miopía moderada. Una de las cosas que no quedó tan clara tras este estudio es si la pirenzepina retardaba el crecimiento de la LA, ya que tanto en tratados con placebo como en los del fármaco existió un crecimiento axial, siendo mayor en placebos. Sin embargo, este hecho puede deberse a que cuando se realizó el estudio aún no estaban disponibles aparatos de medida de LA tan precisos como los que existen en la actualidad.¹¹

Los efectos secundarios sistémicos advertidos más frecuentemente fueron dolor de cabeza, resfriado común y síndrome gripal; mientras que los oculares fueron papilas o folículos, residuos de medicación y disfunción acomodativa. Todos los efectos secundarios fueron de gravedad leve a moderada.¹¹

5.2. LENTES DE CONTACTO

5.2.1. ORTOQUERATOLOGÍA

La ortoqueratología, también conocida como orto-K, es una técnica que implica la utilización de lentes rígidas permeables al gas durante la noche, basándose en la producción de un moldeo de la córnea de manera temporal. Se trata de llevar LC de geometría inversa en las horas de sueño para mantener una visión nítida durante el resto del día sin ser necesaria la ayuda de ningún tipo de lentes.^{1, 7}

La propia forma de la LC induce un aplanamiento de la parte central de la córnea, ofreciendo así una imagen enfocada en la fovea, mientras que la periferia corneal produce un desenfoque miópico. Esto ocurre porque la zona óptica de la LC tiene una curvatura más plana que el centro de la córnea, haciendo posible la reducción de la potencia corneal central y creando una curva inversa más pronunciada en la medio-periferia, es decir, se genera buena visión gracias al moldeo corneal.²⁰

En la figura 2 se muestran las diferentes partes de las que consta una lente de orto-K.²¹

Aún se desconoce el mecanismo exacto por el cual se reduce la progresión de la ametropía.^{22, 23} El funcionamiento podría ser una reorganización de las células mediante un adelgazamiento corneal epitelial central y un engrosamiento estromal,⁷ haciendo que esta remodelación de la córnea aumente el desenfoque miópico periférico, el cual se cree que es el estímulo que produce la disminución de la LA ocular y la imposición de la miopía,²² puesto que la orto-K disminuye la progresión de la ametropía o reduce el crecimiento del ojo en un 40-43%.^{7, 23}

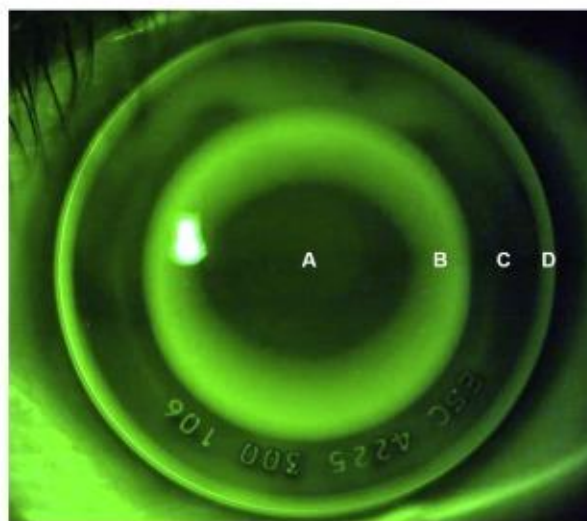
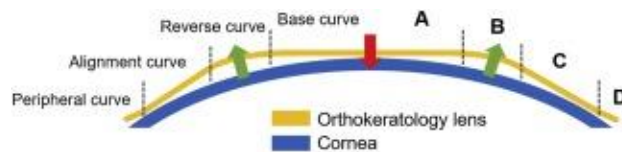


Figura 2. Fluorograma de una lente de orto-K. Se observa la zona de aplanamiento central (A), seguida de la curva inversa (B) y las bandas periféricas (C y D). Obtenida de Vincent SJ, Cho P, Chan KY, Fadel D, Ghorbani-Mojarrad

N, González-Méijome JM, et al. CLEAR - orthokeratology. Cont Lens Anterior Eye. 2021;44(2):240–69.

Aunque el uso de ortoqueratología es seguro, cabe la posibilidad de que genere complicaciones como queratitis infecciosa por organismos como pseudomonas, acanthamoeba, y cepas de staphylococcus resistentes a los antibacterianos, debido mayormente al uso nocturno de estas LC.²⁴ Entre otras posibles desventajas se pueden destacar la incomodidad, el coste, problemas de manejo en la inserción y extracción y el mantenimiento,²⁴ creación de astigmatismo corneal irregular y aberraciones de alto orden, todo dependiendo de la cantidad de defecto refractivo que presente el paciente,²⁵ y una reducción de la sensibilidad al contraste.²⁶ Por otro lado, las ventajas son la eliminación del uso de LC durante el día y que es un tratamiento reversible, ya que obtendremos resultados mientras estemos utilizando estas lentes, pero al cesar su uso, la superficie ocular volverá a su estado original.^{7, 24}

Por lo común, este método es considerado de los medios más eficaces para el control de la miopía, exceptuando a los fármacos, y eso sumado a las revisiones constantes con el fin de comprobar la evolución del tratamiento hacen de este procedimiento algo seguro.²²

Aún quedan muchas preguntas por responder sobre este método como: ¿Cuánto tiempo se debe seguir con el tratamiento? ¿Existe efecto rebote? ¿Debería incrementarse la cantidad de control de miopía? ¿A quién y cuándo ofrecer el tratamiento?²³

5.2.2. LENTES DE CONTACTO HIDROFÍLICAS

Las lentes de contacto hidrofílicas (LCH) de doble foco están formadas por potencias alternantes concéntricas, de las cuales unas poseen la graduación del sujeto y las otras proporcionan un desenfoque miópico; y al formarse la imagen antes de la retina se evita el crecimiento axial del ojo y, por tanto, un aumento de la miopía.²⁷

Un ejemplo de LCH de doble foco es la MiSight[®] 1 day (CooperVision, Pleasanton, California, EEUU), la cual tiene un diseño de 4 anillos con diferentes potencias, en la que la zona central proporciona una visión nítida, mientras que rodeando a esta zona se encuentra una parte que induce el desenfoque miópico (figura 3).

Se ha demostrado la eficacia de estas lentes en diferentes estudios en los que se redujo la progresión de la ametropía entre un 30-41% de los participantes, frente a un 4% de los que usaron otra LC. Además, las LC MiSight[®] proporcionaron una buena agudeza visual, sensibilidad al contraste y acomodación.^{27, 28} Y también podrían permitir la reducción del crecimiento de la LA.²⁸

Otro tipo de LCH son las multifocales, cuyo funcionamiento se basa en la visión simultánea. Este tipo de visión se consigue porque los focos de potencias diferentes están sobre la pupila, es decir, se obtienen imágenes superpuestas y cierta profundidad de foco. De tal forma que el cerebro tiene que suprimir la imagen borrosa y seleccionar la más nítida. Las multifocales tienen la transición

de potencias más degradada, en comparación con las bifocales, que son puramente dos focos.²⁹

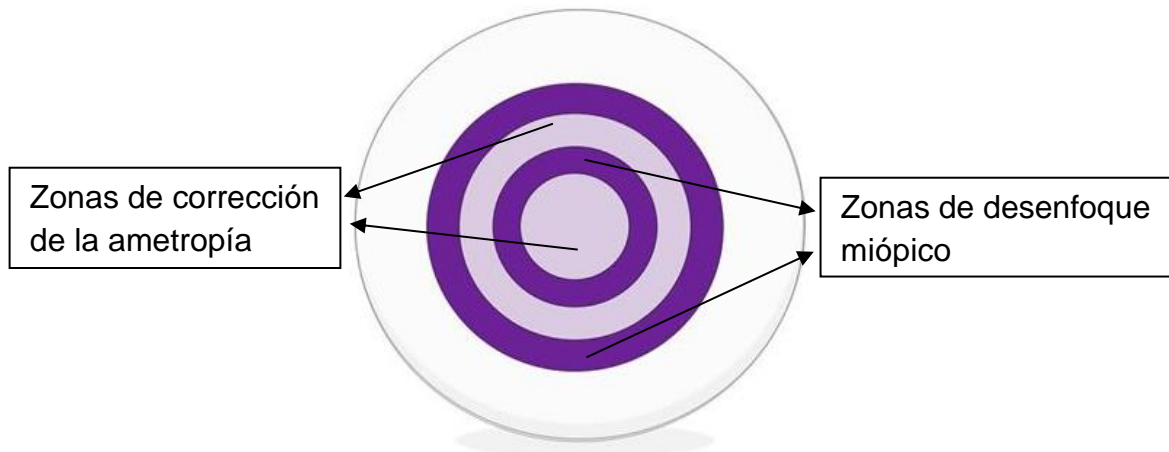


Figura 3. Representación de la alternancia de potencias de la lente de contacto hidrofílica MiSight® de CooperVision. Imagen modificada obtenida de <https://www.opticianonline.net/features/clinical-evaluation-of-misight-1-day-contact-lens-for-myopia-control-three-year-milestone-results>.

Para disminuir la progresión miópica, al igual que sucede en las lentes de doble foco, estas LC minimizan el desenfoque hipermetrópico periférico, que es el estímulo para el crecimiento axial. En la parte más periférica llevan mayor potencia positiva que en el centro, que es donde llevan la graduación del sujeto.³⁰

Son lentes que originariamente se crearon para corregir la presbicia, pero además su diseño permitiría inhibir el crecimiento de la LA.³¹

Dentro de este grupo de LC hay diferentes diseños que son: concéntricos o anulares (A), esféricos (B), y difractivos (C) (figura 4).²⁹

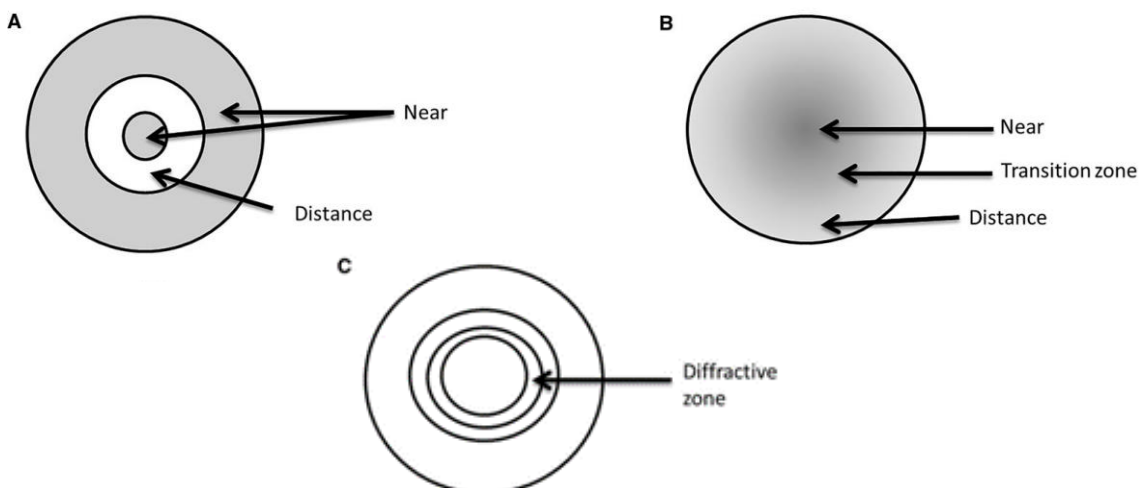


Figura 4. Representación de cada tipo de lente de contacto multifocal. Obtenida de Pérez-Prados R, Piñero DP, Pérez-Cambrodí RJ, Madrid-Costa D. Soft multifocal simultaneous image contact lenses: a review. Clin Exp Optom. 2017;100(2):107-27.

Un ejemplo comercial de LC multifocal utilizada en un estudio de control de miopía son las LC Proclear Multifocal “D”[®] (CooperVision, Pleasanton, California, EEUU). Estas lentes cuentan con la tecnología Balanced Progressive[®] para lograr buena visión en todas las distancias. Tienen una adición de +2,00 D y una zona central de corrección de la ametropía para permitir la visión lejana en ambos ojos. Tienen una zona central de unos 3 mm rodeada de anillos concéntricos que proporcionan el poder positivo de manera gradual (figura 5).³² Este tipo de lentes podrían reducir el crecimiento de la LA en un 29% y el efecto de las mismas podría ser similar al de un paciente que lleve LC de orto-K, porque mostraron un 50% de reducción de la progresión de la miopía.³³

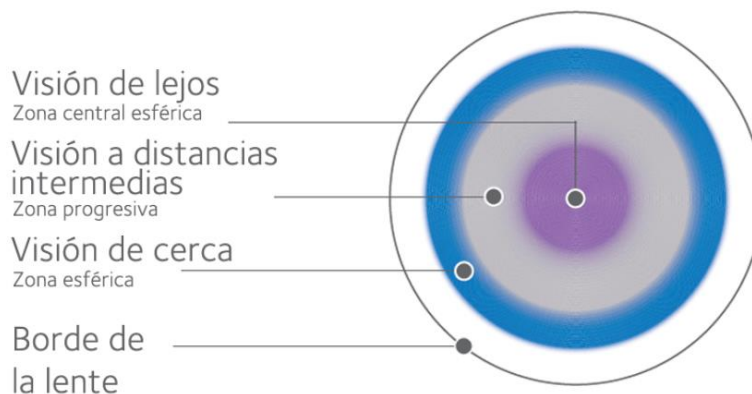


Figura 5. Diseño de la lente de contacto Proclear Multifocal “D”[®] donde se aprecia la utilidad de cada zona. Imagen obtenida de <https://coopervision.es/profesionales/nuestros-productos/tecnologia-lentesdecontacto/tecnologia-balanced-progressive>

Aunque son LC que pueden ofrecer resultados prometedores, aún se necesita más investigación sobre LC multifocales con medidas que incluyan el tamaño de la pupila, aumento de la profundidad de la cámara vítrea y refracción periférica; al igual que el efecto de una interrupción del tratamiento.³¹

5.3. LENTES OFTÁLMICAS

Las lentes oftálmicas también son otra ayuda para el control de la miopía. Los primeros estudios donde se emplearon ayudas ópticas para disminuir la progresión miópica estaban orientados a la hipocorrección y el uso de lentes bifocales. El hecho de hipocorregir o hipercorregir no ha demostrado pruebas sólidas de sus beneficios en el control de miopía.^{33,34} En cambio, diferentes estudios con niños y animales señalan la utilidad de las lentes oftálmicas que proporcionan desenfoque miópico como algo positivo en el control de la ametropía.³⁶⁻³⁹

Las lentes oftálmicas monofocales ofrecen una imagen focalizada en la fovea, y en la periferia existe un desenfoque hipermetrópico, que sería el promotor del crecimiento axial y del aumento de miopía. La principal diferencia, por tanto, entre las lentes oftálmicas para el control de miopía y éstas es que el

objetivo de las primeras es reducir ese desenfoque para ralentizar la evolución miópica.⁴⁰

Un ejemplo de lentes oftálmicas de control de miopía son las MIYOSMART del laboratorio HOYA (Coslada, Madrid). Lo característico es que tienen una tecnología llamada D.I.M.S. desarrollada en La Universidad Politécnica de Hong Kong (PolyU) en 2014. Es una lente de doble foco que centralmente corrige la ametropía y en la medio-periferia tiene el patrón mostrado en la figura 6, que tiene una potencia de +3,50 D, permitiendo el ya conocido desenfoque miópico.⁴¹

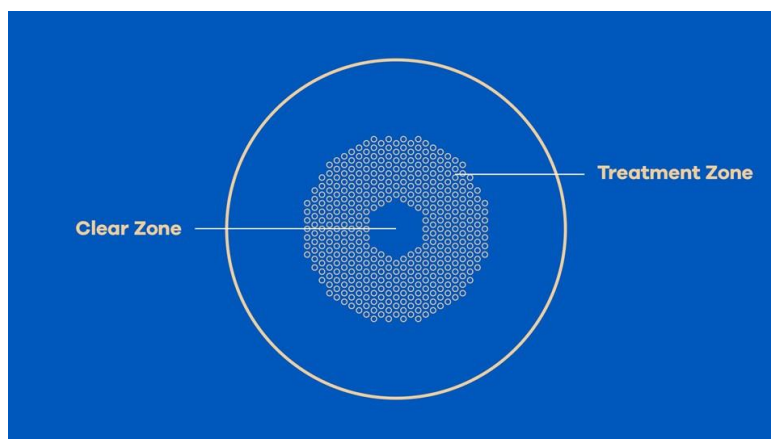


Figura 6. Representación de la lente MiYOSMART en la que se aprecia una zona central de corrección de la ametropía, y una zona periférica de desenfoque miópico. Imagen obtenida de <https://www.hoyavision.com/es/productos-de-visi%C3%B3n/miyosmart/>

Otro estudio de 3 años de duración con el mismo tipo de lentes evidenció que frenaron la evolución de la miopía y la LA en niños de entre 10 y 15 años, pero recalcaron que aún queda por establecer la edad óptima de inicio del procedimiento, además de estudiar su efecto en plazos de utilización más prolongados o si pudieran existir efectos rebote.⁴¹

Un ensayo de 2 años en el que se compararon estas lentes con lentes monofocales demostró que los niños que fueron corregidos con éstas redujeron su progresión miópica en un 52% y la LA en un 62%.⁴²

5.4. TRATAMIENTOS COMBINADOS

Los tratamientos combinados son también otra opción para el control de la miopía. Lo que se busca con ellos es disponer de un gran potencial para maximizar el efecto de las intervenciones utilizadas a día de hoy, pero sabemos que las posibilidades de combinación son limitadas porque algunos tratamientos ópticos son incompatibles entre sí.²³ Hay que destacar que todavía no se entiende muy bien cómo funcionan los mecanismos de las intervenciones ópticas y farmacéuticas.⁴³

Un estudio de 2 años de duración realizado en Hong Kong en niños de entre 8 y 11 años que eran miopes altos, combinó ortoqueratología con lentes oftálmicas monofocales para comprobar si podían frenar la progresión miópica.

Los pacientes que tenían un equivalente esférico de al menos 5,75 D fueron distribuidos en 2 grupos, uno en el que usaban simplemente lentes oftálmicas monofocales y otro en el que se combinó ortoqueratología con lentes oftálmicas monofocales durante el día. Hubo un crecimiento de LA de 0,51 mm en el grupo de control y en el grupo tratado de 0,19 mm. Por tanto, se señaló que el tratamiento fue efectivo en un 63%.⁴⁴

Otra opción de tratamiento es alternar atropina y ortoqueratología, esto se debe a que la atropina por sí misma, para que sea más potente, necesita de dosis altas, lo cual implica mayores efectos adversos; por eso se puede combinar con ortoqueratología.^{10, 45-47}

El solapamiento de los tratamientos farmacéuticos puede dar lugar a mayores efectos secundarios, siendo estos inviables de forma combinada. Por esta razón el combinar tratamientos farmacéuticos y ópticos, como puede ser atropina al 0,01% y orto-K puede producir mejores efectos que individualmente, como sugiere un estudio realizado en Japón.⁴⁸

Un estudio probó a combinar el tratamiento de 0,01% de atropina con LC hidrofílicas de adición +2,00 D, no obteniéndose un buen resultado del mismo, deduciéndose que las LCH por sí mismas ofrecían un mejor manejo de la miopía.⁴⁹

6. DISCUSIÓN

La miopía es un problema cada vez más prevalente y por ello se han ido desarrollando muchos métodos de control de miopía a lo largo del tiempo y gracias a la investigación se ha avanzado en su eficacia. Sin embargo, a día de hoy, no en todos los países se pueden prescribir todos los tratamientos por los ópticos-optometristas, como es el caso de España, donde no se pueden prescribir tratamientos farmacológicos.

La tabla 1 representa un resumen de los diferentes métodos utilizados para el control de la miopía.

Tabla 1. Métodos de control de miopía según su eficacia comparada con lentes monofocales. Obtenida y modificada a partir de Mak CY, Yam JC, Chen LJ, Lee SM, Young AL. Epidemiology of myopia and prevention of myopia progression in children in East Asia: a review. Hong Kong Med J. 2018;24(6):602–9. D: dioptrías; LC: lentes de contacto; LCH: lentes de contacto hidrofílicas.

Eficacia	Métodos	Puntualizaciones
Alta > 0,50 D/año	Atropina 1% Atropina 0,5% y 0,1% Atropina 0,05%, 0.025% y 0,01% Pirenzepina 2%	La atropina al 1% es la única concentración disponible en Hong Kong La pirenzepina no se comercializa en Hong Kong
Moderada > 0,25-0,50 D/año	Orto-K LC de desenfoque periférico	Riesgo de queratitis infecciosas con el uso nocturno Riesgo de queratitis infecciosas
Baja > 0-0,25 D/año	Lentes oftálmicas bifocales o progresivas Más actividades al aire libre	
No demostrado	Hipocorrección de la miopía LC monofocales (LCH o rígidas)	Podría acelerar la progresión miópica
Más evidencia	Reducción del trabajo en cerca Lentes oftálmicas de desenfoque periférico	Sin ensayos aleatorizados disponibles Ensayos aleatorizados todavía no publicados en revistas revisadas por pares y no disponibles en Hong Kong

En el grupo de los fármacos, a priori la atropina es el más efectivo. A su vez, es el método del que más evidencia científica existe y los riesgos son muy inferiores comparados con los beneficios obtenidos a largo plazo. Aun así, se desconocen aspectos de la misma como la duración óptima del tratamiento o la concentración óptima. En los casos de progresión miópica avanzada, aún no está claro cómo gestionar la situación. Se instilará de manera nocturna por mayor comodidad y para evitar los problemas de visión producidos por los efectos adversos conocidos de midriasis y cicloplejia.^{5, 6, 50} La pirenzepina, en cambio tiene menor trayectoria científica al haberse investigado en menor medida sobre ella y los estudios encontrados hablan de que al 2% fue efectiva. Sin embargo, una desventaja de este fármaco es que no está disponible en el mercado de algún país como Hong Kong. En la tabla 1 se puede apreciar que los fármacos son los métodos más efectivos de control miópico.⁵¹

La ortoqueratología promete ser eficaz controlando la LA. Williams et al. manifestaron que se debería proponer como método de control de miopía a niños que estén progresando como el método más seguro y efectivo para reducir esa evolución por sus inusuales efectos adversos. Este método es hasta lo que se conoce del que más evidencia se dispone dentro de los tratamientos ópticos. Aun así, quedan datos por determinar, como si existen efectos rebote tras la discontinuación y cuál debe ser la duración del tratamiento en diferentes poblaciones.^{29, 54}

Las LCH bifocales tienen evidencia de frenar la miopía en un 46%. Este porcentaje es similar al de orto-K, que es un 43%.⁵⁵ Las LCH multifocales también son efectivas y han sido probadas durante un periodo superior a 6 años. Además, en el mercado hay mucha variedad de potencias. Para evitar problemas de infecciones se podría optar por un uso diario; eso reduciría los riesgos de queratitis microbianas en 10 veces.⁵⁶ Existen dilemas sobre la distribución de las potencias en estas LC para que no afecte a la agudeza visual y el cese de los diseños destinados a presbitas.⁵⁷

Las lentes oftálmicas de control de miopía pueden ser una buena opción para estadios iniciales de tratamientos porque la visión será buena al focalizar la luz en la fovea, y aparentemente sin efectos secundarios, a diferencia de otros métodos de control.³⁴

La investigación se centra ahora en los tratamientos combinados que muchas veces pueden llegar a tener un potencial reductor importante de la progresión de la miopía, como ocurre en el caso de atropina y ortoqueratología, ya que actúan por mecanismos diferentes. Es por eso por lo que se piensa que la combinación de los mismos ofrece mayores resultados que cada uno por separado. Sin embargo, el porcentaje de éxito de la combinación de orto-K y atropina es inferior al 100%. A su vez, un estudio concluyó que eran tratamientos seguros utilizados conjuntamente.^{23, 58}

7. CONCLUSIONES

Existe evidencia científica de que todos los métodos de control de la miopía mencionados en esta revisión son efectivos en mayor o menor medida.

El mecanismo de acción de todos ellos se basa en proporcionar el estímulo necesario para evitar el crecimiento axial del ojo y que, por tanto, no aumente la miopía.

Las ventajas de los fármacos es que son los más eficaces en el control miópico. Los puntos más positivos de la orto-K son el uso nocturno y el no necesitar corrección durante el día. Las LCH ofrecen mucha variedad de potencias y se pueden utilizar en uso diario para evitar infecciones. Las lentes oftálmicas proporcionan buena visión y sin efectos adversos. Los tratamientos combinados tienen mucho más potencial de actuación.

Entre las desventajas, en primer lugar, de los fármacos se encuentran que no en todos los países se pueden instilar estas sustancias, bien sea porque no están comercializadas o los profesionales no pueden prescribirlas, además no hay consenso sobre la concentración ideal y sus efectos adversos. En cuanto a los métodos con lentes de contacto (orto-K y LCH), las infecciones y cumplir las revisiones serían las principales desventajas. Las lentes oftálmicas parecen no tener efectos adversos. Los tratamientos combinados aún están en investigación y sus inconvenientes serían los de cada método empleado por separado.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. The impact of myopia and high myopia: report of the Joint World Health Organization–Brien Holden Vision Institute Global Scientific Meeting on Myopia; Geneva:WHO Press; 2015. Pag. 2, 5-7, 13-17.
2. American Optometric Association. Myopia (nearsightedness). [https://www.aoa.org/healthy-eyes/eye-and-vision-conditions/myopia?sso=y#:~:text=Nearsightedness%2C%20or%20myopia%2C%20as%20it,the%20eye\)%20is%20too%20curved](https://www.aoa.org/healthy-eyes/eye-and-vision-conditions/myopia?sso=y#:~:text=Nearsightedness%2C%20or%20myopia%2C%20as%20it,the%20eye)%20is%20too%20curved) (Fecha de consulta: 5 de febrero de 2022).
3. 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. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60:M20–30.
4. Morgan IG, French AN, Ashby RS, Guo X, Ding X, He M, et al. The epidemics of myopia: Aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res* 2018;62:134–49.
5. Walline JJ. Myopia control: A review. *Eye Contact Lens* 2016;42:3–8.
6. Wu P-C, Chuang M-N, Choi J, Chen H, Wu G, Ohno-Matsui K, et al. Update in myopia and treatment strategy of atropine use in myopia control. *EYE*. 2019;33(1):3-13.
7. Leo SW, Scientific Bureau of World Society of Paediatric Ophthalmology and Strabismus (WSPOS). Current approaches to myopia control. *Curr Opin Ophthalmol*. 2017 ;28(3):267–75.
8. Shih YF, Chen CH, Chou AC, Ho TC, Lin LL, Hung PT. Effects of different concentrations of atropine on controlling myopia in myopic children. *J Ocul Pharmacol Ther*. 1999;15(1):85-90.
9. Chua W-H, Balakrishnan V, Chan Y-H, Tong L, Ling Y, Quah B-L, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology*. 2006;113(12):2285-91.
10. Chia A, Chua W-H, Cheung Y-B, Wong W-L, 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*. 2012;119(2):347-54.
11. 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*. 2008;12(4):332-9.
12. Sayuk GS, Gyawali CP. Functional dyspepsia: Diagnostic and therapeutic approaches. *Drugs*. 2020;80(13):1319–36.
13. Ford AC, Mahadeva S, Carbone MF, Lacy BE, Talley NJ. Functional dyspepsia. *Lancet*. 2020;396(10263):1689–702.
14. Stone RA, Lin T, Laties AM. Muscarinic antagonist effects on experimental chick myopia. *Exp Eye Res*. 1991;52(6):755–8.
15. Leech EM, Cottrill CL, McBrien NA. Pirenzepine prevents form deprivation myopia in a dose dependent manner. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1995 ;15(5):351–6.

16. Cottrill CL, McBrien NA. The M1 muscarinic antagonist pirenzepine reduces myopia and eye enlargement in the tree shrew. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1996;37(7):1368–79.
17. Tigges M, Iuvone PM, Fernandes A, Sugrue MF, Mallorga PJ, Laties AM, et al. Effects of muscarinic cholinergic receptor antagonists on postnatal eye growth of rhesus monkeys. *Optom Vis Sci.* 1999;76(6):397–407.
18. Siatkowski RM, Cotter S, Miller JM, Scher CA, Crockett RS, Novack GD, et al. Safety and efficacy of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia: a 1-year, multicenter, double-masked, placebo-controlled parallel study: A 1-year, multicenter, double-masked, placebo-controlled Parallel Study. *Arch Ophthalmol.* 2004;122(11):1667-74.
19. 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.* 2005;112(1):84-91.
20. Sankaridurg P, Conrad F, Tran H, Zhu J. Controlling progression of myopia: Optical and pharmaceutical strategies. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2018;7(6):405–14.
21. Vincent SJ, Cho P, Chan KY, Fadel D, Ghorbani-Mojarrad N, González-Méijome JM, et al. CLEAR - orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye.* 2021;44(2):240–69.
22. Li X, Friedman IB, Medow NB, Zhang C. Update on orthokeratology in managing progressive myopia in children: Efficacy, mechanisms, and concerns. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2017;54(3):142–8.
23. Cho P, Tan Q. Myopia and orthokeratology for myopia control: Review of myopia and orthokeratology. *Clin Exp Optom.* 2019;102(4):364–77.
24. Brennan NA, Toubouti YM, Cheng X, Bullimore MA. Efficacy in myopia control. *Prog Retin Eye Res.* 2021;83(100923):100923
25. Hiraoka T, Okamoto F, Kaji Y, Oshika T. Optical quality of the cornea after overnight orthokeratology. *Cornea.* 2006;25(10 Suppl 1):S59-63.
26. Hiraoka T, Okamoto C, Ishii Y, Kakita T, Oshika T. Contrast sensitivity function and ocular higher-order aberrations following overnight orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007;48(2):550-6.
27. Paul Chamberlain KD, Lumbss E. Clinical evaluation of MiSight 1 day contact lens for myopia control: Three-year milestone results - Optician. Opticianonline.net.
28. Anstice NS, Phillips JR. Effect of dual-focus soft contact lens wear on axial myopia progression in children. *Ophthalmology.* 2011;118(6):1152–61.
29. Pérez-Prados R, Piñero DP, Pérez-Cambrodí RJ, Madrid-Costa D. Soft multifocal simultaneous image contact lenses: a review: Soft multifocal contact lenses Pérez-Prados, Piñero, Pérez-Cambrodí and Madrid-Costa. *Clin Exp Optom.* 2017;100(2):107-27.
30. Walline JJ, Gaume Giannoni A, Sinnott LT, Chandler MA, Huang J, Mutti DO, et al. A randomized trial of soft multifocal contact lenses for myopia control: Baseline data and methods. *Optom Vis Sci.* 2017;94(9):856-66.

31. González-Méijome JM, Peixoto-de-Matos SC, Faria-Ribeiro M, Lopes-Ferreira DP, Jorge J, Legerton J, et al. Strategies to regulate myopia progression with contact lenses: A review. *Eye Contact Lens*. 2016;42(1):24–34.
32. Tecnología Balanced Progressive®. CooperVision Spain. 2017 [citado el 17 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://coopervision.es/profesionales/nuestros-productos/tecnologia-lentesdecontacto/tecnologia-balanced-progressive>
33. Walline JJ, Greiner KL, McVey ME, Jones-Jordan LA. Multifocal contact lens myopia control. *Optom Vis Sci*. 2013;90(11):1207–14.
34. Walline JJ, Lindsley K, Vedula SS, Cotter SA, Mutti DO, Twelker JD. Interventions to slow progression of myopia in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;(12):CD004916.
35. Logan NS, Wolffsohn JS. Role of un-correction, under-correction and over-correction of myopia as a strategy for slowing myopic progression. *Clin Exp Optom*. 2020;103(2):133–7.
36. 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*. 2003;44(4):1492–500.
37. 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: Three-year results of a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*. 2014;132(3):258-64.
38. Irving EL, Callender MG, Sivak JG. Inducing myopia, hyperopia, and astigmatism in chicks. *Optom Vis Sci*. 1991;68(5):364-8.
39. Smith EL 3rd, Hung LF. The role of optical defocus in regulating refractive development in infant monkeys. *Vision Res*. 1999;39(8):1415-35.
40. Mutti DO, Sinnott LT, Reuter KS, Walker MK, Berntsen DA, Jones-Jordan LA, et al. Peripheral refraction and eye lengths in myopic children in the bifocal lenses in nearsighted kids (BLINK) study. *Transl Vis Sci Technol*. 2019;8(2):17.
41. Lam CS, Tang WC, Lee PH, Zhang HY, Qi H, Hasegawa K, et al. Myopia control effect of defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lens in Chinese children: results of a 3-year follow-up study. *Br J Ophthalmol*. 2021;bjophthalmol-2020-317664.
42. Lam CSY, Tang WC, Tse DY-Y, 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*. 2020;104(3):363-8.
43. Galvis V, Tello A, Parra MM, Merayo-Llodes J, Larrea J, Julian Rodriguez C, et al. Topical atropine in the control of myopia. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. otoño de 2016;5(3):78-88.
44. Charm J, Cho P. High myopia–partial reduction ortho-k: A 2-year randomized study. *Optom Vis Sci*. 2013;90(6):530-9.
45. Loh K-L, Lu Q, Tan D, Chia A. Risk factors for progressive myopia in the atropine therapy for myopia study. *Am J Ophthalmol*. 2015;159(5):945-9.

46. Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ, Chang CW, Hung PT, Lin LL. An intervention trial on efficacy of atropine and multi-focal glasses in controlling myopic progression. *Acta Ophthalmol Scand.* 2001;79(3):233-6.
47. 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.* 2019;126(1):113-24.
48. Kinoshita N, Konno Y, Hamada N, Kanda Y, Shimmura-Tomita M, Kakehashi A. Additive effects of orthokeratology and atropine 0.01% ophthalmic solution in slowing axial elongation in children with myopia: first year results. *Jpn J Ophthalmol.* 2018;62(5):544-53.
49. Jones JH, Mutti DO, Jones-Jordan LA, Walline JJ. Effect of combining 0.01% atropine with soft multifocal contact lenses on myopia progression in children. *Optom Vis Sci.* 2022;99(5):434–42.
50. Kothari M, Rathod V. Efficacy of 1% atropine eye drops in retarding progressive axial myopia in Indian eyes. *Indian J Ophthalmol.* 2017;65(11):1178.
51. Mak CY, Yam JC, Chen LJ, Lee SM, Young AL. Epidemiology of myopia and prevention of myopia progression in children in East Asia: a review. *Hong Kong Med J.* 2018;24(6):602–9.
52. Liu YM, Xie P. The safety of orthokeratology--A systematic review. *Eye Contact Lens.* 2016;42(1):35-42.
53. Bullimore MA, Sinnott LT, Jones-Jordan LA. The risk of microbial keratitis with overnight corneal reshaping lenses. *Optom Vis Sci.* 2013;90(9):937-44.
54. Orthokeratology in clinical practice across the world. *Points de Vue | International Review of Ophthalmic Optics.*
55. Tay SA, Farzavandi S, Tan D. Interventions to reduce myopia progression in children. *Strabismus.* 2017;25(1):23–32.
56. Wolffsohn JS, Jong M, Smith EL 3rd, Resnikoff SR, Jonas JB, Logan NS, et al. IMI 2021 reports and digest - reflections on the implications for clinical practice. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(5):1.
57. Jonas JB, Ang M, Cho P, Guggenheim JA, He MG, Jong M, et al. IMI prevention of myopia and its progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(5):6.
58. Sánchez-González J-M, De-Hita-Cantalejo C, Baustita-Llamas M-J, Sánchez-González MC, Capote-Puente R. The combined effect of low-dose atropine with orthokeratology in pediatric myopia control: Review of the current treatment status for myopia. *J Clin Med.* 2020;9(8):2371.