

# Trabajo Fin de Grado

Revisión bibliográfica: Métodos actuales para  
frenar la miopía.

Stop myopia. Bibliographical review.

Autor

Sergio Liso Alastuey

Directoras

Olimpia Castillo Castejón  
María Teresa Pérez Roche

Facultad de ciencias  
2023

## RESUMEN

El gran aumento de la prevalencia de la miopía en los últimos años y el alto porcentaje de población miope que se estima para un futuro cercano es la causa por la que se estén realizando numerosos estudios enfocados en los métodos para frenar la progresión de la miopía. Este error refractivo preocupa tanto a padres de niños miopes como a profesionales ya que incrementa el riesgo de patologías visuales en edad adulta pudiendo causar una baja visión o en los casos más extremos ceguera que afectaría de forma importante a la calidad de vida del paciente.

Se ha realizado una revisión bibliográfica narrativa sobre la actualidad de los métodos de control de la miopía analizando su eficacia, valorando sus resultados y realizando una comparación entre ellos. Para realizar la revisión se han utilizado los buscadores PubMed y Google Académico y se han aplicado distintos filtros para seleccionar los artículos más adecuados.

La atropina y la ortoqueratología son los métodos con resultados más favorables para lograr frenar la progresión de la miopía, siendo mayor la eficacia en la combinación de ambos. Por otro lado, las lentes oftálmicas y lentes de contacto (LC) que se basan en provocar un desenfoque miópico en la zona de retina periférica también se ha demostrado ser una herramienta útil en el control de la miopía. Las lentes bifocales son otro de los métodos para el control de la miopía, pero sus resultados nos muestran que es un tratamiento poco eficaz y la hipocorrección es ineficaz por lo que no sería un método para frenar la miopía.

Además, la reducción de tiempo empleando la visión cercana y el aumento de realizar actividades al aire libre en la infancia es beneficioso para la prevención y el control de la miopía.

## ABSTRACT

The significant increase in the prevalence of myopia in recent years, and the high percentage of myopic population estimated for the near future, is the reason why numerous studies are being conducted on methods to slow down the progression of myopia. This refractive error concerns both parents of myopic children and professionals, as it increases the risk of visual pathologies in adulthood, which can cause low vision or, in more extreme cases, blindness that would significantly affect the patient's quality of life.

A narrative literature review has been carried out on the current state of myopia control methods, analyzing their effectiveness, evaluating their results, and making a comparison between them. To conduct the review, the search engines PubMed and Google Scholar were used, and various filters were applied to select the most appropriate articles.

Atropine and orthokeratology are the methods with the most favorable results in slowing down the progression of myopia, with greater efficacy in the combination of both. On the other hand, ophthalmic lenses and contact lenses (CL) that are based on inducing myopic defocus in the peripheral retina area have also been shown to be a useful tool in myopia control. Bifocal lenses are another method for myopia control, but their results show that they are an inefficient treatment and under-correction is ineffective, making it not a method for slowing down myopia. Furthermore, reducing time spent on near vision tasks and increasing outdoor activities in childhood is beneficial for the prevention and control of myopia.

## ABREVIATURAS

- DIMS: Defocus Incorporated Multiple Segments.
- LC: Lentes de Contacto.
- OK: Ortoqueratología.

## ÍNDICE

OBJETIVOS .....	5
INTRODUCCIÓN .....	5
MIOPÍA .....	5
CLASIFICACIÓN DE LA MIOPÍA .....	6
Miopía por gravedad.....	6
Miopía por origen .....	6
Miopía por valor .....	6
ETIOLOGÍA.....	7
SÍNTOMAS, SIGNOS y DETECCIÓN.....	7
PROGRESIÓN .....	8
EPIDEMIOLOGÍA.....	8
METODOLOGÍA.....	10
DISCUSIÓN.....	11
Métodos para el control de la miopía .....	11
Lentes oftálmicas.....	11
Lentes de Contacto (LC).....	13
Fármacos.....	16
Combinación de tratamientos .....	17
Terapia Visual.....	19
Actividades al aire libre .....	19
CONCLUSIÓN .....	20
BIBLIOGRAFÍA .....	21

## OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica narrativa sobre la actualidad en los métodos contra la progresión de la miopía. Para ello se seleccionarán los artículos científicos más adecuados explicando cada tratamiento existente, se analizarán los resultados obtenidos de cada técnica y se compararan entre ellos para conocer qué es más eficaz y beneficioso para el control de la miopía.

## INTRODUCCIÓN

Tener una buena visión es imprescindible para poder realizar las distintas actividades que desempeñamos cotidianamente a lo largo de nuestra vida. Esta visión se denomina visión funcional y podemos explorarla atendiendo a diferentes habilidades como la agudeza visual, campimetrías, sensibilidad al contraste, etc.

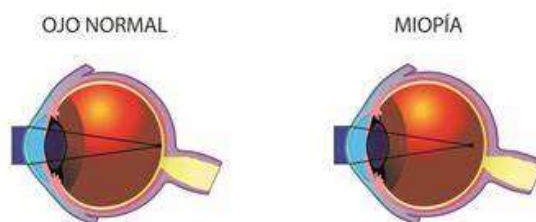
Las alteraciones visuales contribuyen a que disminuya la calidad de vida de una persona pudiendo derivar en graves problemas tanto físicos como mentales. La agudeza visual puede disminuir por diferentes motivos, ya bien por errores refractivos, patologías tanto del globo ocular como de cualquier parte de la vía visual que llega hasta el cerebro.

En este caso nos vamos a centrar en los errores refractivos como defecto de la visión, más concretamente en la miopía, la cual tiene una prevalencia muy alta.<sup>1</sup>

## MIOPÍA

La miopía es la enfermedad ocular más frecuente que encontramos en el mundo y consiste en un defecto visual en el que el poder refractivo del sistema visual es demasiado alto para su longitud axial, por lo cual la imagen de un objeto lejano se forma por delante de la retina y la imagen que llega a la fovea genera una visión borrosa.<sup>2-3</sup> Lo más frecuente es que la miopía se deba a un aumento en la longitud axial del ojo. Esto se conoce como miopía axial; aunque también puede ser producida por un cambio en la curvatura de la córnea, que condiciona una mayor curvatura aumentando el poder refractivo del globo ocular.<sup>4</sup>

La primera y principal consecuencia de la miopía es el déficit en la visión lejana. Además de ello, la miopía se relaciona con complicaciones graves como baja visión por miopía magna, desprendimiento de retina, membrana neovascular subretiniana o glaucoma.<sup>2</sup>



**Figura 1.** Dibujo explicativo de la miopía. Tomado del sitio web <https://oftalmedic.es>

## CLASIFICACIÓN DE LA MIOPÍA

Los tipos de miopía se pueden clasificar por tres factores: por la gravedad, por el origen y por su valor.

### Miopía por gravedad

- Miopía simple, es la más frecuente y se trata de una miopía baja, menor de 6 dioptrías, que aparece en la adolescencia y se estabiliza a partir de los 20 años de edad.
- Miopía magna o patológica es una miopía alta, mayor de 6 dioptrías, hereditaria, que aparece en la primera década de vida y puede progresar en la edad adulta. Esta miopía conlleva una gran pérdida de la agudeza visual y pueden aparecer cambios degenerativos del humor vítreo, coroides y retina.<sup>5</sup>

### Miopía por origen

- Miopía axial, aquella que ocurre cuando se produce una elongación axial. Se denomina miopía axial cuando la longitud axial es mayor a 25mm.
- Miopía refractiva, aparece cuando la potencia refractiva de la córnea o del cristalino es mayor y surge cuando cambia la estructura de la córnea, variando por ejemplo su curvatura, o la estructura del cristalino.
- Miopía mixta, consiste en la coexistencia de miopía axial y refractiva.<sup>6</sup>
- Miopía de índice, surge por una alteración en el índice de refracción tanto del humor acuoso como vítreo. Esta miopía es propia de una miopía adquirida senil.<sup>7</sup>

### Miopía por valor

- Miopía baja, de -0.25 dioptrías a -3.00 dioptrías.
- Miopía media, de -3.25 dioptrías a -6.00 dioptrías.
- Miopía alta, mayor de 6.00 dioptrías.<sup>8</sup>

## ETIOLOGÍA

Múltiples factores han sido investigados como causas del inicio y progresión de la miopía, entre ellos destaca el factor genético, ya que se transmite a los descendientes través de un gen dominante.

Sin embargo, también se puede iniciar la miopía en personas cuyos progenitores no sean miopes por distintos motivos como puede ser una patología, ya que ciertas enfermedades como algún tipo de catarata, queratocono o diabetes de tipo II pueden generar una miopía tanto temporal como fija.

Otra causa por la que aparece la miopía son los factores ambientales, un uso prolongado del trabajo de visión cercana requiere una alta demanda de la acomodación ya que en este caso la imagen formada por el sistema visual queda por detrás de la retina. Por tanto, en edad de formación existe la posibilidad de que la longitud axial del ojo aumente para así rebajar la demanda de acomodación.

Además, existe otra causa menos común que se trata del factor tóxico, consumir ciertas sustancias podría originar alteraciones en la visión.<sup>9-10</sup>

## SÍNTOMAS, SIGNOS y DETECCIÓN

Los síntomas más relevantes que puede mostrar un paciente con miopía son una disminución de la agudeza visual en visión lejana pero buena en visión próxima, presbicia tardía y posible presencia de estrabismos divergentes (mala convergencia). También surgen miodesopsias, que consisten en la visión de manchas suspendidas en el campo visual pero no son objetos externos reales, sino que se tratan de sobras producidas por opacidades del humor vítreo; e incluso pueden aparecer fopsias, que se trata de la percepción de destellos de luz que no han sido provocados por ningún estímulo, pueden aparecer tanto con los ojos abiertos como cerrados y es un síntoma indicativo de afectación de la retina.

Los signos que puede encontrarse un especialista ante un ojo miope son el alargamiento del globo ocular hacia el polo posterior, el aumento de la profundidad de la cámara anterior, la dilatación de la pupila (midriasis) y el adelgazamiento de la esclerótica en la zona posterior. Además, las alteraciones más importantes de la retina y coroides no son inflamatorias, sino que son degenerativas.

La miopía debe detectarse y corregirse a tiempo puesto que en caso contrario podría originar consecuencias emocionales y sociales además de afectar en su rendimiento académico o profesional.

Si la miopía aparece antes de los 4 años, independientemente de su valor, se considera potencialmente grave. Debe prestarse atención en los años de adolescencia hasta pasar los 21 años, si la ametropía ha variado poco durante ese plazo de tiempo significará un buen pronóstico. En cambio, si ha aumentado y se trata de una miopía alta debe prestarse atención especialmente en el fondo de ojo y en la agudeza visual después de cada corrección, siempre se debe estar pendiente de la posibilidad de que el paciente sufra un desprendimiento de retina o una hemorragia súbita.<sup>7</sup>

## PROGRESIÓN

La mayoría de los recién nacidos son hipermétropes, la miopía es muy poco común, y mientras van creciendo el ojo va desarrollando un proceso de emetropización que se consigue entorno a los 15 años de edad. Este proceso consiste en el crecimiento de la longitud axial del globo ocular y de la curvatura corneal.

Cuando ocurren casos de miopía congénita o el proceso de emetropización no es correcto se observa que la ametropía progresa de forma distinta según la edad y el grado de miopía. La miopía avanza de forma más rápida en niños menores de 15 años, cuando se trata de miopía elevada y cuando la miopía aparece en edades tempranas.<sup>11</sup>

La alta prevalencia de la miopía ha sido influida por el estilo de vida actual entre los jóvenes, ya que invierten delante de pantallas digitales entre 6 y 12 horas al día y entre 1 y 4 horas al estudio o lectura en papel, mientras que para actividades al aire libre invierten menos de una hora al día.<sup>12</sup>

## EPIDEMIOLOGÍA

En España:

Un estudio de la Dra. Aguirre et al<sup>12</sup> realizado en 2018 informa que, en España, 6 de cada 10 jóvenes en un intervalo de edad entre 17 y 27 años son miopes, siendo mayor la tasa en mujeres que en hombres. Esto puede ser debido a que las mujeres suelen llevar un estilo de vida más sedentario que los hombres en la infancia y tienen un mayor uso de visión cercana. Por otro lado, solo un cuarto de la población estudiada disfruta de una buena visión.

Si comparamos las nuevas generaciones (entre 7 y 12 años) con la generación mencionada anteriormente, los más jóvenes ya tienen una mayor graduación (-0.5 dioptrías más) que la otra generación tiene en la universidad. El incremento de la graduación de las nuevas generaciones es el doble al de la generación anterior por lo que, si estas miopías avanzan sin control, en muchos casos alcanzarán niveles de riesgo.<sup>12</sup>

En el mundo:

Se estima que, a nivel mundial en 2015, 312 millones de personas son miopes, y este dato lleva una pendiente ascendente que nos indica que para el 2025 podría llegar a haber 324 millones de miopía y seguiría aumentando, llegando hasta los 4758 millones de personas con miopía en el año 2050. La transcendencia del crecimiento de la prevalencia está relacionada con diversas patologías asociadas a la miopía como son las cataratas, glaucoma, degeneración macular miópica, desprendimiento de retina, estrabismos y sobre todo con la miopía magna.<sup>13-14</sup>

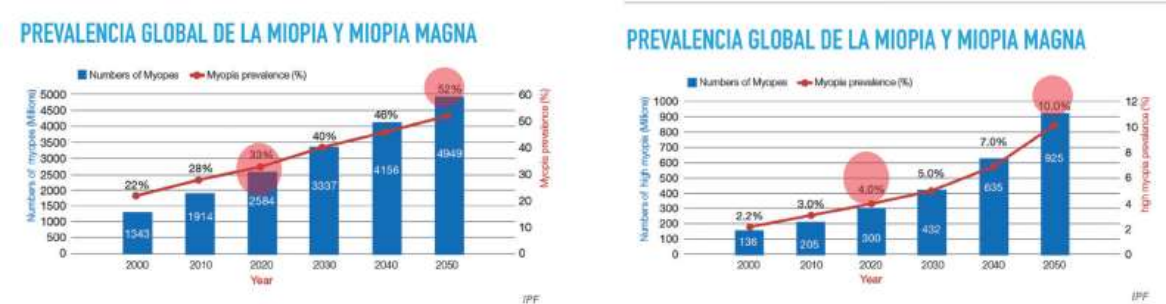
El notable crecimiento de dicha prevalencia ocurrió en occidente a principios del siglo XX, cuando tuvo lugar la revolución industrial y la expansión de la educación. Por otro lado, en Asia se produjo años más tarde, concretamente al finalizar la segunda Guerra Mundial.<sup>14</sup>



Si hablamos de porcentajes de población miope distinguiendo diversas regiones, el más alto lo encontramos en Asia, donde el 80% de la población sufre miopía, y de este continente, el país con mayor porcentaje se trata de Corea del Sur ya que se supera el 90%. En Europa ese dato disminuye a poco más del 40%, similar al de Estados Unidos. El continente con menor prevalencia se trata de África donde el porcentaje de personas con miopía es menor al 10%.<sup>13-14</sup>



**Figura 2.** Mapa de prevalencia mundial de la miopía. Tomado de Flores, I. P. (2018). Tratamiento médico de la miopía. *Acta estrabológica: publicación oficial de la Sociedad Española de Estrabología, Pleóptica, Ortóptica, Visión Binocular, Reeducción y Rehabilitación Visual*, 47(2), 79-94.



**Figura 3.** Proyección de prevalencia. A Miopía. B Miopía magna. Tomado de Flores, I. P. (2018). Tratamiento médico de la miopía. *Acta estrabológica: publicación oficial de la Sociedad Española de Estrabología, Pleóptica, Ortóptica, Visión Binocular, Reeducción y Rehabilitación Visual*, 47(2), 79-94.

## METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de artículos científicos sobre los métodos actuales para frenar la miopía a través de los buscadores *Google académico* y *PubMed*. Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta a la hora de seleccionar los artículos más útiles para el trabajo fueron artículos cuyo objetivo principal estuviese relacionado con la progresión o el control de la miopía, que fuesen estudios realizados en seres humanos cuya publicación fuese lo más reciente posible, para ello se escogieron artículos publicados en los últimos veinte años. La primera estrategia de búsqueda utilizada fue *“control myopia”* tras la que se obtuvieron más de 20.500 resultados. Ante la gran cantidad de resultados se aplicaron filtros en los que finalmente se escogieron aquellos artículos publicados del año 2.000 en adelante y que la accesibilidad a todo el texto fuese gratuita. A continuación se procedió a realizar la búsqueda de artículos directamente poniendo en el buscador el nombre de los distintos tratamientos para frenar la progresión de la miopía como comando de búsqueda: *“hipocorrección miopía”*, *“lentes bifocales para control de miopía”*, *“lentes de desenfoque periférico”*, *“lentes de contacto multifocales control miopía”*, *“lentes de contacto dual focus”*, *“ortoqueratología control miopía”*, *“atropina”*, *“pirenzepina”*, *“terapia visual control miopía”*, *“tiempo al aire libre progresión miopía”* y *“atropina y ortoqueratología control miopía”*.

De todos los artículos obtenidos con los filtros aplicados se leyeron un total de 115, de los cuales finalmente 37 han sido los definitivos que se han utilizado para realizar esta revisión bibliográfica.

Comando de búsqueda	Nº de resultados	Artículos leídos	Artículos seleccionados
Hipocorrección miopía.	61	7	2
Lentes bifocales para control de miopía.	33	5	1
Lentes de desenfoque periférico.	574	12	2
Lentes de contacto multifocales control miopía.	56	9	4
Lentes de contacto dual focus	13	8	4
Ortoqueratología control miopía.	1995	19	5
Atropina para miopía.	248	16	6
Pirenzepina para miopía.	17	6	3
Terapia visual control miopía.	351	11	2
Tiempo al aire libre progresión miopía.	96	8	4
Atropina y ortoqueratología control miopía.	45	14	4

**Tabla 1.** Selección de artículos sobre cada tratamiento.

# DISCUSIÓN

## Métodos para el control de la miopía

### Lentes oftálmicas

- **Hipocorrección**

Este tratamiento se basa en prescribir al paciente una corrección de la miopía menor a la que necesita.

Se pensaba que, como en otros animales con los que se realizaron estudios, el ojo responde modificando su longitud axial dependiendo del desenfoque que llega a la retina buscando ser emétrope. En el caso de un ojo hipermétrope, el ojo aumenta de tamaño y en caso del miope disminuye ya que en este caso la imagen queda por delante de la retina. Además, también nos serviría para reducir la demanda de la acomodación o disminuir el retraso acomodativo.<sup>15-16</sup>

Sin embargo, varios ensayos clínicos con niños miopes indican que este método produce un aumento leve de la miopía. En uno de ellos<sup>16</sup> se comparó en pacientes de 6 a 15 años la progresión de la miopía dividiéndolos en un grupo totalmente corregido y otro hipocorregido 0,50D. El resultado fue que al cabo de 18 meses la miopía aumentó 0,17D más en el grupo hipocorregido en comparación al grupo de corrección completa.

Por consiguiente, esta técnica no representa un tratamiento eficaz contra la progresión de la miopía.<sup>15-16</sup>

- **Lentes bifocales**

Se han prescrito durante muchos años gafas con lentes bifocales en niños con la finalidad de disminuir la progresión de la miopía, obteniendo menor demanda acomodativa y menor borrosidad ante una insuficiencia acomodativa.

Berntsen DA et al<sup>17</sup> realizaron un estudio con 84 niños en el que comparaban la progresión de la miopía con lentes con adición positiva y lentes monofocales. Al cabo de un año se observó que los niños que utilizaron lentes bifocales habían generado un desenfoque miópico en la zona superior de la retina y que con ello se había conseguido reducir la progresión de la ametropía.

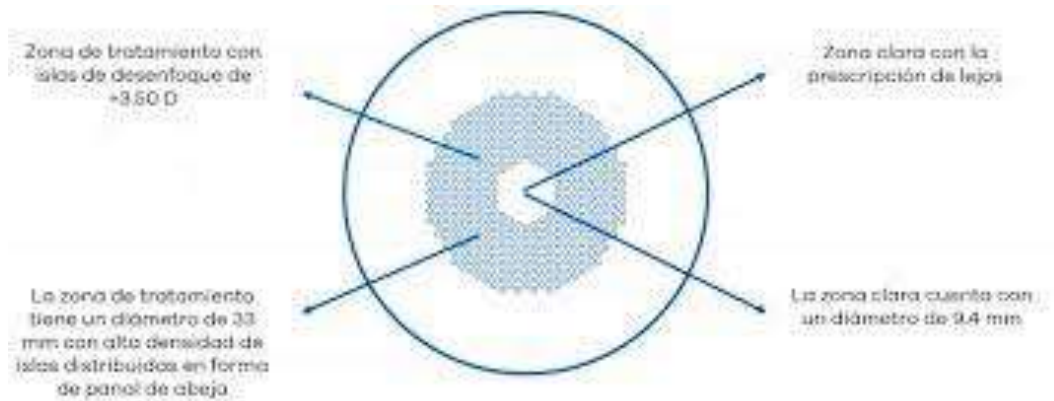
Los resultados obtenidos fueron que los niños que utilizaron lentes bifocales tuvieron un crecimiento de la miopía de -0,38D, mientras que los niños que utilizaron lentes monofocales su error refractivo aumentó -0,65D.<sup>17</sup>

Por tanto, las lentes bifocales son un tratamiento que frena la progresión de la miopía, pero se considera poco eficaz ya que la diferencia entre utilizar este método o no es escasa.

- **Lentes de desenfoque periférico**

Las lentes de desenfoque periférico se tratan de unas lentes que se caracterizan por tener una zona óptica la cual corrige el error refractivo en visión lejana y una zona anular con potencia positiva que generan un desenfoque.

Este tratamiento es un método reciente y eficaz en el control de la miopía. El diseño *Defocus Incorporated Multiple Segments* (DIMS) desarrollado por la Universidad Politécnica de Hong Kong han sido las primeras comercializadas en España, la lente se compone de una zona óptica de 9,4mm y zona anular de 33mm con microsegmentos de 1mm y potencia adicional de +3.50D.<sup>18</sup>



**Figura 4.** Diseño de lente DIMS. Tomado del sitio web <https://opticaestelevision.com/blogs/lentemiyosmart-control-miopia>.

Diversos estudios demuestran la eficacia de estas lentes con resultados en los que, en niños, tanto la miopía como la longitud axial dejan de avanzar tanto como avanza en casos en los que no se ha utilizado este tratamiento. Un estudio realizado en 2020 por Lam CSY et al<sup>19</sup> con 160 niños en los que dividieron en dos grupos, uno utilizó las lentes con diseño DIMS y el otro utilizó lentes monofocales, se obtuvieron unos resultados al cabo de dos años en los que las lentes con desenfoque periférico frenaban el aumento de la miopía 0,44D y su elongación axial era 0,34mm menor respecto al grupo de lentes monofocales.<sup>19</sup>

Este método para frenar la miopía se encuentra en pleno desarrollo, hay varios diseños nuevos en proceso para comercializarse y también se están realizando ensayos clínicos comparando estas lentes con el uso de atropina. Además, este método contra la progresión de la miopía puede ser prescrito por optometristas y oftalmólogos, que conlleva la complementación y la aportación de las dos profesiones.<sup>18</sup>

Las lentes oftálmicas de desenfoque periférico que se comercializan son: MiyoSmart de Hoya, Stellest de Essilor y SightGlass Vision de Cooper Vision.

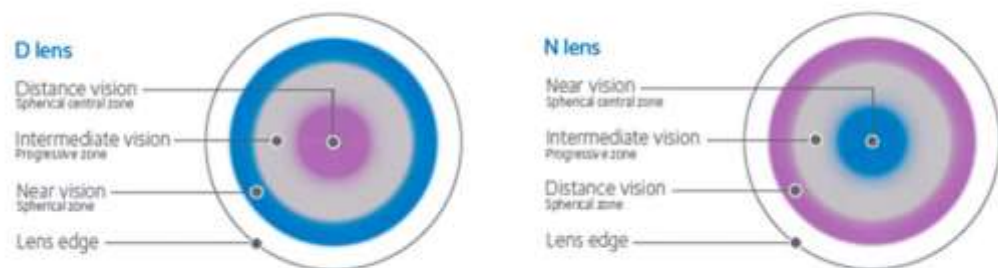
## Lentes de Contacto (LC)

- **LC blandas**

Existen varios tipos de LC blandas que se pueden diferenciar tanto por sus diseños, por el material con el que se ha fabricado la lente y el reemplazo.

Centrándonos en los diversos diseños, hay dos tipos de lente de contacto blanda eficaz contra la progresión de la miopía que son las multifocales y las Dual Focus.

Las LC blandas multifocales se tratan de lentes con una zona central donde se corrige el error refractivo de visión lejana y unos anillos concéntricos en los que aparece una adición de potencia positiva que aumenta progresivamente hacia la periferia de la lente.<sup>20</sup>

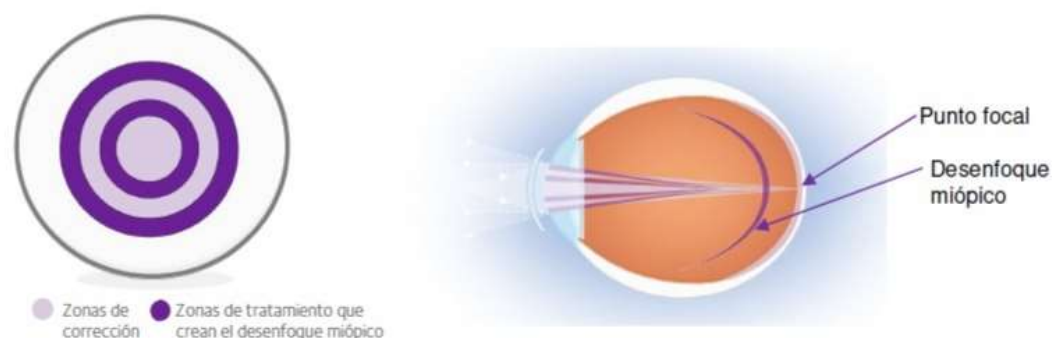


**Figura 5.** Diseño de LC multifocal. Tomado del sitio web <https://qvision.es/lentes-de-contacto-mayores-65>.

Se ha demostrado que con esta lente se ha reducido la miopía un 36.4% de media y, también, ha disminuido el crecimiento de la longitud axial un 37.9%. En un estudio<sup>20</sup> en el que se comparó la progresión de la miopía entre el uso de lentes multifocales y monofocales en el periodo de un año en 144 niños, se obtuvo un resultado de reducción de la progresión de la miopía del 59% en los pacientes que utilizaron las lentes multifocales.<sup>21-22</sup>

Además, se comparó si este diseño de LC es más eficaz con una adición alta (+2,50D), una adición media (+1,50D) o LC monofocal en un periodo de tiempo de tres años. El resultado de la comparación entre la LC multifocal con adición alta frente a LC monofocal es de disminución de la progresión de la miopía de -0,46D, mientras que la LC multifocal de adición media frente a LC monofocal solo se reduce en -0,16D. Por tanto, solo se alcanzaron datos significativos de eficacia en el grupo de alta adición.<sup>23</sup>

Por otro lado, las LC Dual Focus son unas lentes con una zona central en la que se corrige el error refractivo y en la zona periférica se crea un desenfoque retiniano durante la visión lejana y cercana. Los estudios realizados sobre esta lente se asemejan a los obtenidos con la LC multifocal y hoy en día no se conoce que existan estudios de la combinación de ambos diseños de LC blanda.<sup>24-25</sup>



**Figura 6.** Diseño de lente Dual Focus. Tomado del sitio web

[https://www.laopticodeantonio.es/blog\\_salud\\_visual/lentesdecontacto-para-frenar-avance-de-la-miopia-en-ninos-y-adolescentes](https://www.laopticodeantonio.es/blog_salud_visual/lentesdecontacto-para-frenar-avance-de-la-miopia-en-ninos-y-adolescentes).

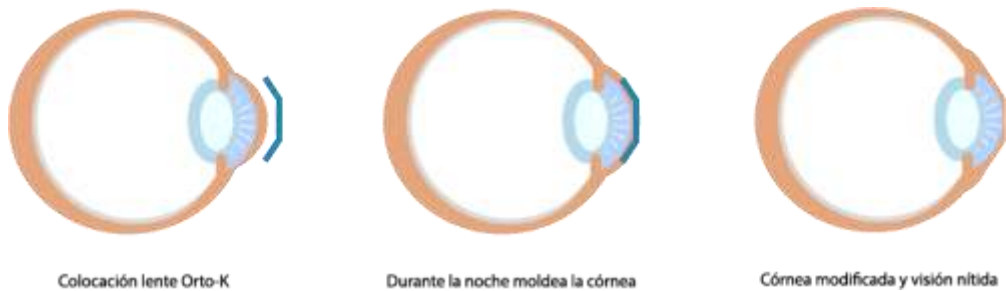
El diseño de esta lente consiste en una zona central con la potencia necesaria para la visión lejana rodeada de anillos concéntricos que alternan adición positiva con la potencia de la zona central. Se realizó un estudio sobre la eficacia de la lente MiSight en la que participaron 144 pacientes miopes de edad infantil, en el que los resultados fueron significativamente positivos a favor del control de la miopía puesto que, a los 3 años de uso, la progresión de la miopía fue de -0,50D de media y el grupo que utilizó LC monofocal su progresión fue de -1,25D. También se vieron reflejados los resultados en la elongación axial creciendo el doble en los pacientes que no utilizaron la lente MiSight. Pasados 3 años, los niños que portaron la LC diseñada para el control de la miopía tuvieron un crecimiento de la longitud axial de 0,3mm mientras que los del grupo de LC monofocal aumentó 0,6mm.<sup>26</sup>

El inconveniente de este tipo de LC es que aparece una disminución de la sensibilidad al contraste. Se realizaron pruebas a miopes jóvenes adultos en el que se les midió con LC Dual Focus y con LC monofocal la agudeza visual, estereopsis y sensibilidad al contraste, y realizaron un cuestionario subjetivo sobre su visión. Los resultados obtenidos fueron una agudeza visual y estereopsis sin diferencias significativas, pero sí una sensibilidad al contraste menor cuando se portan las lentes MiSight. En el cuestionario realizado los pacientes refirieron una sensación de peor calidad visual con las lentes de control de miopía.<sup>27</sup>

Las LC de desenfoque periférico que se comercializan hoy en día son: Mylo de Essilor, MiSight de Cooper Vision, Esencia de Tiedra y Acuvue abiliti de Johnson&Johnson.

- **Ortoqueratología**

La ortoqueratología (OK) se trata de un tratamiento que consiste en que el paciente se coloca una LC rígida de geometría inversa durante la noche cuya función será modificar la curvatura de la córnea aplanándola temporalmente para conseguir una visión nítida durante el día sin tener que utilizar otras LC o gafas. Este aplanamiento se consigue adelgazando el epitelio corneal central, el epitelio periférico medio y el estroma.<sup>28-29</sup>



**Figura 7.** Mecanismo de OK. Tomado del sitio web <https://opticauriel.com/index.php/lentillas-lentillas-orto-k>.

Diversos ensayos clínicos demuestran que la elongación axial es significativamente más lenta en niños portadores de OK que en niños que usaron lentes monofocales. La eficacia de este tratamiento es de una reducción del 50% de la progresión de la miopía en un periodo de dos años, aunque esta eficacia podría decrecer a lo largo del tiempo.<sup>30</sup>

El mecanismo que produce que la OK sea un método para el control de la miopía se sigue investigando, aunque la principal hipótesis es que se genera una disminución de la hipermetropía corneal producida por un aumento de la superficie corneal periférica media.<sup>31</sup>

Un inconveniente de la OK podría ser su efecto rebote, ya que puede aparecer al interrumpir el tratamiento o utilizar otro alternativo. Además, existe la posibilidad de que aparezcan complicaciones derivadas del tratamiento ya que la OK es un método invasivo, uno de ellos podría ser la queratitis bacteriana con un riesgo estimado de 13,9 pacientes de 10.000, un dato similar al mismo riesgo por uso prolongado de LC blandas.<sup>31-32</sup>

## Fármacos

- **Atropina**

La atropina es un fármaco que actúa como antagonista de los receptores muscarínicos, el cual ha sido estudiado ampliamente durante los últimos años como tratamiento para frenar la miopía.<sup>33</sup>

Estos receptores se encuentran en el músculo ciliar, retina y esclerótica y, aunque se desconoce el mecanismo exacto del fármaco, se cree que actúa sobre la retina y esclerótica impidiendo su adelgazamiento y estiramiento el cual produciría el crecimiento de la longitud axial del ojo.<sup>34</sup>

Dependiendo de la concentración de fármaco podemos distinguir entre dosis baja (0,01%), dosis media (>0,01% y <0,5%) y dosis alta (desde 0,5% hasta 1%).<sup>33</sup>

Se realizaron estudios en los que se aplicaban gotas de atropina durante dos años todas las noches dividiéndolos en grupos según la concentración de fármaco. Los resultados fueron los siguientes: los que utilizaron la dosis alta de 1% se redujo la miopía en un 77%, los de dosis de 0,5% se redujo en un 75%, el grupo de dosis media y baja de 0,1% y 0,01% se redujo en un 70% y 60% respectivamente. Sin embargo, cuando se suspendió el tratamiento surgió un efecto rebote en el que la miopía aumentaba más cuanto mayor fuese la dosis que se le proporcionó.<sup>35-36</sup>

Pasados los 5 años, la progresión se mantuvo más baja en aquellos pacientes a los que se le había aplicado la dosis más baja, ralentizándose la miopía al menos un 50% y sus efectos secundarios fueron menores ya que su dilatación pupilar fue menor, mantuvieron mejor su amplitud de acomodación, y no tuvieron dificultades en visión cercana.<sup>37</sup>

Los principales inconvenientes de la atropina son la fotofobia y la dificultad para la visión cercana. Además, debido a la dilatación de la pupila que produce el fármaco se produce una exposición mayor a la radiación UV.<sup>38</sup>

- **Pirenzepina**

La pirenzepina, al igual que la atropina, es un fármaco antimuscarínico en forma de colirio, pero, en este caso, solamente afecta a los receptores muscarínicos M1, los cuales están en menor cantidad en el iris y en el cuerpo ciliar, por lo que no se dilatará la pupila ni se reducirá la acomodación tanto como en el uso de atropina.<sup>39</sup>

Según un estudio<sup>40</sup> en el que se aplicó pirenzepina de 2% de concentración a 326 niños, los resultados fueron que menguó la progresión de la miopía respecto a niños que recibieron placebo. De media, la progresión de la miopía se redujo 0,31D, mientras que la elongación axial también disminuyó -0,13mm. Con estos resultados se observó que para obtener un control de la miopía se requieren unas dosis muy elevadas del fármaco, por lo que no se considera una técnica eficaz.<sup>40-41</sup>



## Combinación de tratamientos

Respecto a combinación de tratamientos nos encontramos con el uso de atropina junto con OK. Debido a la novedad de dicho método, encontramos escasez de estudios, pero, en todos ellos, sus resultados son satisfactorios.

En un meta-análisis de Formosan Medical Association<sup>42</sup> se analizaron ensayos clínicos con 3435 pacientes a los que dividieron en subgrupos dependiendo del tratamiento que se les proporcionó y compararon los resultados de la elongación axial y de la progresión de la miopía. Los tratamientos que se estudiaron fueron la atropina a distintos grados de concentración de fármaco, la OK, y la combinación de atropina 0,01% con OK. Los resultados de este análisis muestran que el uso de atropina 0,01% y OK fue el método más efectivo contra el crecimiento de la longitud axial y por tanto el más eficaz para frenar la progresión de la miopía.<sup>42</sup>

Otro estudio que realizaron Tan Q. et al<sup>43</sup> se comparó la elongación axial en pacientes que utilizaron OK con pacientes que utilizaron la combinación de atropina con OK. Pasado un año desde que se iniciaron los tratamientos, la longitud axial creció menos en los pacientes que combinaron tratamientos aumentando 0,07mm mientras que la longitud axial de los pacientes que solo utilizaron OK aumentó 0,16mm. También se les realizó medidas del diámetro pupilar de forma mesópica y fotópica, los resultados obtenidos son que los pacientes de tratamiento combinado tuvieron una dilatación de 0,64mm y 0,36mm respectivamente mientras que los pacientes de OK su incremento del diámetro pupilar fue de 0,10mm y 0,02mm.

Con el aumento de diámetro pupilar aparecieron niveles más altos de aberraciones de alto orden, las cuales pueden proporcionar una señal visual que, junto al efecto antimuscarínico de la atropina, ralentizan el crecimiento del globo ocular.<sup>44</sup>

En varios estudios se llegó a la conclusión que la miopía también puede estar relacionado con el adelgazamiento del espesor coroideo subfoveal, y en pacientes tratados con atropina 0.01% y OK, además de retrasar la elongación axial, aumenta dicho espesor y lo hace en mayor cantidad que utilizando estos métodos por separado.<sup>45</sup>

TRATAMIENTO		EFICACIA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Lentes oftálmicas	Lentes bifocales	Baja	No invasivo, fácil adaptación, menor coste económico.	Muy poco eficaz.
	Lentes desenfoque periférico	Media	Mayor eficacia de método no invasivo.	Visión menos nítida en la zona periférica de la lente.
LC	LC multifocales	Media	Facilidad de encontrar.	Invasivo.
	LC Dual Focus	Media	LC blanda más cómoda que las rígidas.	Invasivo, pequeña disminución de sensibilidad al contraste.
	Ortoqueratología	Alta	Alta eficacia, solo se utiliza para dormir, por el día sin corrección óptica.	Invasivo, molesto, posible efecto rebote, posibles patologías corneales.
Fármacos	Atropina	Alta	Alta eficacia	Fotofobia, dificultad visión próxima.
	Pirenzepina	No se considera método eficaz para el control de la miopía.	No existe dilatación pupilar y no genera problemas de acomodación.	Para que sea eficaz se necesitan dosis altas.
Combinación	OK+Atropina	Muy alta	Tratamiento de mayor eficacia para el control de la miopía.	Muy invasivo, mayor riesgo de abandono y de efectos adversos.

**Tabla 2.** Comparativa de tratamientos por eficacia, ventajas e inconvenientes.

## Terapia Visual

Antes de comenzar cualquier tratamiento preventivo ante el desarrollo de miopía es necesario realizar determinadas pruebas al paciente. Aparte de la refracción monocular y binocular, nos interesa conocer cuál es su amplitud de acomodación, su distancia de trabajo, su punto próximo de convergencia, flexibilidad acomodativa y posibles forias y tropias.

Numerosos estudios han concluido que existe una relación entre la acomodación y función binocular con la progresión de la miopía.<sup>46</sup>

Los niños que desarrollan miopía suelen tener un retraso acomodativo mayor que los niños emétopes. Además, los niños que tienen una mayor convergencia por dioptría de acomodación (AC/A) también suelen tener mayor probabilidad de desarrollar miopía. Por último, también se descubrió que los niños que presentan exoforia sufren riesgo de progresión de la miopía.<sup>47</sup>

## Actividades al aire libre

Se considera que pasar tiempo al aire libre disminuye la probabilidad de desarrollar miopía. Un análisis de dosis-respuesta demostró que cuanto mayor tiempo se esté al aire libre, menos probabilidad existe de que aparezca la miopía.

Sin embargo, no se encuentra una relación entre el tiempo al aire libre y la progresión de la miopía para personas que ya son miopes, no es eficaz para frenar la progresión en pacientes que ya padecen miopía. Pasar tiempo al aire libre solo es eficaz para prevenir la aparición de la miopía y para frenar el cambio miópico en el error refractivo. Por eso se recomienda que los niños pasen sus descansos al aire libre y también una hora adicional al salir de la escuela.<sup>48-49</sup>

Una de las teorías por las que se cree que es eficaz este método es por la exposición a los rayos ultravioleta ya que se genera un efecto protector de la luz azul y aumenta la vitamina D en sangre. Otra teoría sería que la dopamina, un neurotransmisor retiniano, está relacionado con la elongación axial del globo ocular, y la estimulación de la luz liberaría esa dopamina en la retina.<sup>50</sup>

Por otro lado, el tiempo que no se está al aire libre, por lo general, se está utilizando para tareas de visión cercana y estas actividades junto con el uso de dispositivos digitales se asocian con una mayor tasa de miopía.

Un estudio realizado con niños españoles nos muestra que el uso excesivo de estos dispositivos como las horas dedicadas a visión cercana tienen un impacto negativo en la visión. Esto demuestra la comparación de prevalencia de miopía en España y en el resto de países desarrollados de Europa, Asia central y América en el que es muy similar con países africanos en el que el porcentaje de población miope es mucho menor debido al menor acceso de los niños a dispositivos electrónicos y a pasar más tiempo realizando tareas de visión lejana al aire libre.<sup>51</sup>

## CONCLUSIÓN

Existe suficiente evidencia científica para concluir que existen métodos eficaces en la prevención y control de la miopía en niños. A pesar de que no tenemos suficientes datos en cuanto al mecanismo de acción en muchos de los casos o efectividad a largo plazo parece que el beneficio de algunos de estos tratamientos es mayor que el riesgo que se asume con ellos.

Analizados todos los tratamientos que existen hoy en día para frenar la progresión de la miopía, la primera conclusión que sacamos es que la hipocorrección no es un tratamiento eficaz, más bien es contraproducente ya que puede generar un efecto contrario al buscado.

Por otro lado, el resto de tratamientos sí que se ha demostrado ser eficaces en el control de la miopía. Clasificando los métodos de más eficaz a menos primero tenemos la combinación de la OK con atropina 0,01%, seguido del uso de atropina 0,01% que consigue mayor eficacia a largo plazo y menos efectos secundarios y efecto rebote que dosis más altas y después la OK. El uso únicamente de atropina 0,01% y la combinación de estos dos tratamientos se considerarían una buena opción como método para el control de la miopía.

A continuación, siguen las LC Dual Focus, las LC multifocales y las lentes orgánicas de desenfoque periférico. Y por último las lentes orgánicas bifocales y la pirenzepina.

La realización de terapia visual y aumentar el tiempo de actividades al aire libre no son considerados como tratamientos, pero son beneficiosos siempre para la visión y la salud ocular y son considerados como factores preventivos para el desarrollo de la miopía.

Los métodos contra la progresión de la miopía son utilizados por niños, ya que su organismo, junto a su sistema visual, se encuentran en desarrollo. La mayoría de estos tratamientos son fármacos y LC, por tanto, son métodos invasivos y existe la posibilidad de que siendo un método más eficaz no sea la mejor opción para el paciente. Por ejemplo, la OK que se trata de LC rígidas o la atropina son tratamientos incómodos para los niños y hay que tener en cuenta su disposición además de la de los padres y la responsabilidad de ambos, ya que existe una tasa de abandono mayor que en tratamientos no invasivos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez, M. S. (2012). La importancia de una buena visión. *Revista Eletrônica Gestão e Saúde*, (3), 942-952.
2. Fenollar, R. M. (2020). Tratamiento de la miopía. *PediatríaIntegral*, 407.
3. Schiefer, U., Kraus, C., Baumbach, P., Ungewiß, J., & Michels, R. (2016). Refractive errors. *Deutsches Arzteblatt international*, 113(41), 693–702.
4. Flitcroft, D. I., He, M., Jonas, J. B., Jong, M., Naidoo, K., Ohno-Matsui, K., Rahi, J., Resnikoff, S., Vitale, S., & Yannuzzi, L. (2019). IMI - Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Investigative ophthalmology & visual science*, 60(3), M20–M30.
5. Díaz, T. C., Li, F., Almaguer, M. G., & García, L. G. (2023). Perspectiva social del impacto de la miopía. *Revista Cubana de Oftalmología*, 36(1).
6. Mi, M. (2022). Medida de longitud axial. *Secoir.Org*.
7. Esteva, E. (2001). La miopía y las técnicas para combatirla. *Offarm: farmacia y sociedad*, 20(9), 138-142.
8. Borràs García, M. R., Gispets Parcerisas, J., & Ondategui Parra, J. C. (2004). *Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento* (Vol. 57). Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
9. Rodríguez-Ábrego, G., Sotelo Dueñas, H. M. (2009). Prevalencia de miopía en escolares de una zona suburbana. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 47(1), 39-44.
10. González Núñez, H. (2022). Miopía. *Revista de Salud y Bienestar*.
11. Verkicharla, P. K., Kammari, P., & Das, A. V. (2020). Myopia progression varies with age and severity of myopia. *PloS one*, 15(11), e0241759.
12. Dra. Aguirre, M. et al. (2018). Prevalencia de la miopía en los jóvenes en España. *Visión y Vida*.
13. Rey-Rodríguez, D. V., Álvarez-Peregrina, C., & Moreno-Montoya, J. (2017). Prevalencia y factores asociados a miopía en jóvenes. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 91(5), 223-228.

14. Flores, I. P. (2018). Tratamiento médico de la miopía. *Acta estrabológica: publicación oficial de la Sociedad Española de Estrabología, Pleóptica, Ortóptica, Visión Binocular, Reeducción y Rehabilitación Visual*, 47(2), 79-94.
15. Chung, K., Mohidin, N., & O'Leary, D. J. (2002). Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression. *Vision research*, 42(22), 2555–2559.
16. Adler, D., & Millodot, M. (2006). The possible effect of undercorrection on myopic progression in children. *Clinical & experimental optometry*, 89(5), 315–321.
17. Berntsen, D. A., Barr, C. D., Mutti, D. O., & Zadnik, K. (2013). Peripheral defocus and myopia progression in myopic children randomly assigned to wear single vision and progressive addition lenses. *Investigative ophthalmology & visual science*, 54(8), 5761–5770.
18. Batres L., Güemes N. (2022). Óptica oftálmica para el control de la miopía, Manejo multidisciplinar del control de la miopía (II). *Gaceta* 581.
19. Lam, C. S. Y., Tang, W. C., Tse, D. Y., Lee, R. P. K., Chun, R. K. M., Hasegawa, K., Qi, H., Hatanaka, T., & To, C. H. (2020). Defocus Incorporated Multiple Segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *The British journal of ophthalmology*, 104(3), 363–368.
20. Li, S. M., Kang, M. T., Wu, S. S., Meng, B., Sun, Y. Y., Wei, S. F., Liu, L., Peng, X., Chen, Z., Zhang, F., & Wang, N. (2017). Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in school-aged children: a meta-analysis. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 37(1), 51–59.
21. Pauné, J., Thivent, S., Armengol, J., Quevedo, L., Faria-Ribeiro, M., & González-Méijome, J. M. (2016). Changes in Peripheral Refraction, Higher-Order Aberrations, and Accommodative Lag With a Radial Refractive Gradient Contact Lens in Young Myopes. *Eye & contact lens*, 42(6), 380–387.
22. Ruiz-Pomeda, A., Pérez-Sánchez, B., Valls, I., Prieto-Garrido, F. L., Gutiérrez-Ortega, R., & Villa-Collar, C. (2018). MiSight Assessment Study Spain (MASS). A 2-year randomized clinical trial. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*, 256(5), 1011–1021.
23. Walline, J. J., Walker, M. K., Mutti, D. O., Jones-Jordan, L. A., Sinnott, L. T., Giannoni, A. G., Bickle, K. M., Schulle, K. L., Nixon, A., Pierce, G. E., Berntsen, D. A., & BLINK Study Group (2020). Effect of High Add Power, Medium Add Power, or Single-Vision Contact Lenses on Myopia Progression in Children: The BLINK Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 324(6), 571–580.

24. Anstice, N. S., & Phillips, J. R. (2011). Effect of dual-focus soft contact lens wear on axial myopia progression in children. *Ophthalmology*, 118(6), 1152–1161
25. Mallada, S. O., Gil, E. R., & GOO, L. R. M. (2023). Recomendaciones clínicas basadas en la evidencia científica para el control de la progresión de la miopía. *Revista OCCV*. 1(3). 9-14.
26. Chamberlain, P., Bradley, A., Arumugam, B., Hammond, D., McNally, J., Logan, N. S., Jones, D., Ngo, C., Peixoto-de-Matos, S. C., Hunt, C., & Young, G. (2022). Long-term Effect of Dual-focus Contact Lenses on Myopia Progression in Children: A 6-year Multicenter Clinical Trial. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*, 99(3), 204–212.
27. García-Marqués, J. V., Macedo-De-Araújo, R. J., Cerviño, A., García-Lázaro, S., McAlinden, C., & González-Méijome, J. M. (2020). Comparison of short-term light disturbance, optical and visual performance outcomes between a myopia control contact lens and a single-vision contact lens. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 40(6), 718–727.
28. Cho, P., Cheung, S. W., & Edwards, M. (2005). The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Current eye research*, 30(1), 71–80.
29. Lipson, M. J., Brooks, M. M., & Koffler, B. H. (2018). The Role of Orthokeratology in Myopia Control: A Review. *Eye & contact lens*, 44(4), 224–230.
30. Hiraoka, T., Kakita, T., Okamoto, F., Takahashi, H., & Oshika, T. (2012). Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Investigative ophthalmology & visual science*, 53(7), 3913–3919.
31. Wen, D., Huang, J., Chen, H., Bao, F., Savini, G., Calossi, A., Chen, H., Li, X., & Wang, Q. (2015). Efficacy and Acceptability of Orthokeratology for Slowing Myopic Progression in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of ophthalmology*, 2015, 360806.
32. Bullimore, M. A., Sinnott, L. T., & Jones-Jordan, L. A. (2013). The risk of microbial keratitis with overnight corneal reshaping lenses. *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*, 90(9), 937–944.
33. Gong, Q., Janowski, M., Luo, M., Wei, H., Chen, B., Yang, G., & Liu, L. (2017). Efficacy and Adverse Effects of Atropine in Childhood Myopia: A Meta-analysis. *JAMA ophthalmology*, 135(6), 624–630.
34. Chua, W. H., Balakrishnan, V., Chan, Y. H., Tong, L., Ling, Y., Quah, B. L., & Tan, D. (2006). Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology*, 113(12), 2285–2291.

35. Chia, A., Chua, W. H., Cheung, Y. B., Wong, W. L., Lingham, A., Fong, A., & Tan, D. (2012). 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*, 119(2), 347–354.
36. Chia, A., Chua, W. H., Wen, L., Fong, A., Goon, Y. Y., & Tan, D. (2014). Atropine for the treatment of childhood myopia: changes after stopping atropine 0.01%, 0.1% and 0.5%. *American journal of ophthalmology*, 157(2), 451–457.e1.
37. Chia, A., Lu, Q. S., & Tan, D. (2016). Five-Year Clinical Trial on Atropine for the Treatment of Myopia 2: Myopia Control with Atropine 0.01% Eyedrops. *Ophthalmology*, 123(2), 391–399.
38. Yi, S., Huang, Y., Yu, S. Z., Chen, X. J., Yi, H., & Zeng, X. L. (2015). Therapeutic effect of atropine 1% in children with low myopia. *Journal of AAPOS : the official publication of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 19(5), 426–429.
39. Smith, M. J., & Walline, J. J. (2015). Controlling myopia progression in children and adolescents. *Adolescent health, medicine and therapeutics*, 6, 133–140.
40. Walline, J. J., Lindsley, K. B., Vedula, S. S., Cotter, S. A., Mutti, D. O., Ng, S. M., & Twelker, J. D. (2020). Interventions to slow progression of myopia in children. *The Cochrane database of systematic reviews*, 1(1), CD004916.
41. Ganesan, P., & Wildsoet, C. F. (2010). Pharmaceutical intervention for myopia control. *Expert review of ophthalmology*, 5(6), 759–787.
42. Tsai, H. R., Wang, J. H., Huang, H. K., Chen, T. L., Chen, P. W., & Chiu, C. J. (2022). Efficacy of atropine, orthokeratology, and combined atropine with orthokeratology for childhood myopia: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi*, 121(12), 2490–2500.
43. Tan, Q., Ng, A. L., Choy, B. N., Cheng, G. P., Woo, V. C., & Cho, P. (2020). One-year results of 0.01% atropine with orthokeratology (AOK) study: a randomised clinical trial. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 40(5), 557–566.
44. Vincent, S. J., Tan, Q., Ng, A. L. K., Cheng, G. P. M., Woo, V. C. P., & Cho, P. (2020). Higher order aberrations and axial elongation in combined 0.01% atropine with orthokeratology for myopia control. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 40(6), 728–737.
45. Chuang, M. N., Fang, P. C., & Wu, P. C. (2021). Stepwise low concentration atropine for myopic control: a 10-year cohort study. *Scientific reports*, 11(1), 17344.



46. Mutti, D. O., Mitchell, G. L., Hayes, J. R., Jones, L. A., Moeschberger, M. L., Cotter, S. A., Kleinstein, R. N., Manny, R. E., Twelker, J. D., Zadnik, K., & CLEERE Study Group (2006). Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Investigative ophthalmology & visual science*, 47(3), 837–846.
47. Mutti, D. O., Mitchell, G. L., Jones-Jordan, L. A., Cotter, S. A., Kleinstein, R. N., Manny, R. E., Twelker, J. D., Zadnik, K., & CLEERE Study Group (2017). The Response AC/A Ratio Before and After the Onset of Myopia. *Investigative ophthalmology & visual science*, 58(3), 1594–1602.
48. Xiong, S., Sankaridurg, P., Naduvilath, T., Zang, J., Zou, H., Zhu, J., Lv, M., He, X., & Xu, X. (2017). Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. *Acta ophthalmologica*, 95(6), 551–566.
49. Ho, C. L., Wu, W. F., & Liou, Y. M. (2019). Dose-Response Relationship of Outdoor Exposure and Myopia Indicators: A Systematic Review and Meta-Analysis of Various Research Methods. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2595.
50. Feldkaemper, M., & Schaeffel, F. (2013). An updated view on the role of dopamine in myopia. *Experimental eye research*, 114, 106–119.
51. Alvarez-Peregrina, C., Sánchez-Tena, M. Á., Martínez-Perez, C., & Villa-Collar, C. (2020). The Relationship Between Screen and Outdoor Time With Rates of Myopia in Spanish Children. *Frontiers in public health*, 8, 560378.