

Cada dioptría cuenta: revisión narrativa sobre evidencias y experiencias en la prevención de la progresión de la miopía

Carlos A. Kotlik

Jefe del Servicio Oftalmología, Hospital Materno-Infantil Dr. Humberto Notti Mendoza, Argentina.

Recibido: 7 de agosto de 2024.

Aprobado: 12 de noviembre de 2024.

Contacto

Prof. Dr. Carlos A. Kotlik
Servicio Oftalmología Hospital Materno-Infantil Notti
(5500) Mendoza
Argentina
kotlikc@yahoo.com

Oftalmol Clin Exp (ISSNe 1851-2658)

2024; 17(4): e492-e502.

<https://doi.org/10.70313/2718.7446.v17.n04.377>

Resumen

Dentro del campo de la disciplina oftalmológica, el conocimiento que tenemos sobre la enfermedad de la miopía se ha ido incrementando en gran medida en las últimas cuatro a cinco décadas. La miopía está aumentando en el mundo por diversos factores, sobre todo aquellos relacionados con el estilo de vida y el medio ambiente, factores de riesgo que son modificables. En la actualidad se pueden responder diferentes preguntas que encuentran su respuesta en las nuevas investigaciones que se hacen y a la vez se están logrando terapias que tienden a prevenir o enlentecer la progresión de la miopía. Tener más miopía a lo largo de la vida significa también tener más riesgo de perder la visión por patologías secundarias. Por eso, cada dioptría cuenta y en este trabajo de revisión se hará un breve repaso de las evidencias y experiencias desarrolladas en la práctica asistencial en Mendoza, Argentina.

Palabras clave: miopía, medio ambiente, estilo de vida, retina, prevención de la ceguera.

Every diopter counts: a narrative review of evidence and experience in preventing myopia progression

Abstract

In the field of ophthalmology, the knowledge we have about myopia disease has been greatly increasing in the last four to five decades. Myopia is

increasing in the world due to several factors, especially those related to lifestyle and environment, risk factors that are modifiable. At present, different questions can be answered in new research and therapies are being developed that tend to prevent or slow the progression of myopia. Having more myopia throughout life also means having more risk of losing vision due to secondary pathologies. Therefore, every diopter counts and this review paper will briefly review the evidence and experiences developed in the practice in Mendoza, Argentina.

Keywords: myopia, environment, lifestyle, retina, prevention of blindness.

Cada dioptria conta: revisão narrativa de evidências e experiências na prevenção da progressão da miopia

Resumo

No campo da disciplina oftalmológica, o conhecimento que temos sobre a causa da miopia aumentou significativamente nas últimas quatro a cinco décadas. A miopia está aumentando em todo o mundo devido a diversos fatores, principalmente aqueles relacionados ao estilo de vida e ao meio ambiente, fatores de risco que mudam.

Atualmente, podem ser respondidas diversas questões que encontram sua resposta nas novas pesquisas que estão sendo feitas e ao mesmo tempo estão sendo alcançadas terapias que tendem a prevenir ou retardar a progressão da miopia. Ter mais miopia ao longo da vida também significa ter maior risco de perder a visão devido a patologias secundárias. Portanto, cada dioptria conta e neste trabalho de revisão será feita uma breve revisão das evidências e experiências desenvolvidas na prática assistencial em Mendoza, Argentina.

Palavras-chave: miopia, meio ambiente, estilo de vida, retina, prevenção da cegueira.

Introducción

A lo largo de más de 30 años de ejercer la profesión de médico oftalmólogo he podido estudiar y ser parte de los grandes cambios relacionados

con el conocimiento de la miopía. Cambios de los que he logrado ser protagonista, desarrollando evidencias durante el recorrido de la experiencia, propia y de la comunidad. Comprender cómo progresa la miopía se asocia a comprender y descubrir muchos mecanismos neurológicos, la importancia del estilo de vida y el medio ambiente, e incluye diversos procesos orgánicos que determinarán cambios en los ojos, así como también se aprende sólo lo que sucede específicamente en el globo ocular, en respuesta a varios factores. La progresión de la miopía ha sido un interesante enigma en el pasado para el cual hoy tenemos muchas respuestas y nuevas preguntas.

El objetivo del presente trabajo es la realización de una revisión narrativa que aporte información acerca de cómo erradicar las altas miopías degenerativas que causan ceguera y recorrer evidencias y experiencias sobre alguno de los puntos más interesantes que nos permiten saber por qué cada dioptría cuenta en el desafío de modular la progresión de la miopía.

Nivel de educación, refracción y miopía

Debemos trabajar para enlentecer (e hipotéticamente detener) la progresión de la elongación ocular en la etapa de la miopía infantil y por ende, es fundamental comprender qué le sucede a la persona en el contexto de su vida a esta edad. Claramente en la infancia uno de los hechos que ocurre se relaciona con su educación. ¿Es mito o realidad de que la miopía tiene relación con el grado de educación? El futuro de la humanidad necesita personas educadas, pero sin altas miopías, aunque hoy sabemos —según varios estudios— que las personas con miopía tienen mayor nivel de educación en cuanto a su nivel académico de formación y son también los que a su vez tienen más riesgo de desarrollar altas miopías¹⁻⁵.

A inicios de la década del 90 se conocieron datos de un estudio poblacional en Singapur que fue disruptivo¹ y comenzó a estimular otros similares en diferentes partes del mundo, que continuaban realizándose hasta la actualidad²⁻⁶. En 2001 se publicó un estudio en el que se vio que la prevalencia de miopía en los conscriptos de Singapur

venía ascendiendo en una generación, por lo que obviamente había causas ambientales y no genéticas, mostrando también que había un 26% de soldados miopes en la década del 70; 43% en la del 80; 66% a comienzos de los 90; y 83% a fines de los 90². Estamos ante una verdadera epidemia de miopía del sudeste asiático⁷, con una tendencia que prevé la existencia de más de 1 miope cada 2 adultos para el 2050⁸. Sin embargo, hoy tenemos herramientas en nuestras manos para intentar lograr que en 2030 tengamos cada vez menos personas con miopías menores a las 6,00 D. Es un desafío complejo si consideramos nuestro entorno digital y los modernos estilos de vida, pero es posible.

Emetropización

A partir de los aportes del Dr. Manuel Straub, en Holanda en 1909, sabemos que las refracciones oculares no se distribuyen según la curva campana normal gaussiana⁹. Sabemos que la distribución de una variable puede tener una “curtosis”, un desvío respecto de lo previsto, que en este caso es “leptocúrtica”, indicando que son muchos más los datos centrales —que llamaríamos promedio— de las personas emétopes, que los miopes o hipermétropes, esperables según el azar¹⁰. Los perímetros cefálicos, los pesos y las alturas de los seres humanos son gaussianos, pero las refracciones no¹⁰. Por lo tanto, no podemos hablar de promedios ni de desvíos estándar ya que son parámetros gaussianos. Hay distribuciones “platicúrticas” también que son aquellas en que los del medio, los promedio, son menos de lo esperado. La distribución normal gaussiana es al azar, si no se sigue esta distribución y se aumentan los datos centrales (leptocúrtica como en las refracciones de los ojos humanos) o se disminuyen (distribuciones platicúrticas) debe haber un mecanismo activo de selección (no azaroso) para que eso ocurra¹⁰. A este mecanismo activo que ocurre en la infancia lo llamamos “emetropización”, que no es más que decir que la refracción ocular sigue una distribución (leptocúrtica) parecida a la “normal” pero con un pico mucho más alto y no sigue una distribución al azar¹⁰⁻¹². Hace más de 100 años que

sabemos esto, pero no conocíamos sus mecanismos ni cómo funcionaba.

Al estudiar el proceso de emetropización y el desarrollo de la miopía en modelos animales se observó cómo los pollitos cuando nacen tienen una dispersión en sus refracciones y que al ir creciendo se van emetropizando¹³. Se descubrieron entonces mecanismos activos observando que desde que rompen el cascarón, la dispersión de refracciones es menor hasta ser leptocúrtica hacia las 8 semanas de vida¹⁴⁻¹⁵. En 2005 Mutti y colaboradores estudiaron y publicaron esto pero aplicado a seres humanos sobre la emetropización en la infancia¹⁶.

¿Una o varias formas de miopías?

Cuando hablamos de miopía debemos mencionar que existen muchas formas de miopía, que pueden ser muy diferentes en varios aspectos, como veremos a continuación. Existen miopías por glaucomas congénitos (bftalmías)¹⁷; miopías en relación con neurocristopatías (enfermedades de las crestas neurales-esclera anterior)¹⁸; la miopía que ocurre en contexto del síndrome fetal alcohólico o FAS (*fetal alcoholic syndrome*)¹⁹; aquellas miopías relacionadas con enfermedades mesodérmicas (esclera posterior)²⁰; las miopías hereditarias polisómicas que se manifiestan con miopía magna, ligada a las miopías que se observan junto a colagenopatías (Ehlers-Danlos, Marfan, Stickler, homocistinuria, etc.)²¹⁻²⁵; la miopía relacionada con el albinismo²⁶; miopías en contexto de ectasias corneales (queratocono, degeneración marginal pelúcida, etc.)²⁷⁻²⁸; miopías en contexto de enfermedades vitreoretinarias (Wagner, Criswick Schepens, etc.)²⁹; y por último las miopías relacionadas con el estilo de vida y medioambiente, como la ambiental, la ocupacional, la del estudiante, la miopía relacionada a la estación del año (falta de luz) o también la miopía deprivacional³⁰⁻³⁴. Las miopías relacionadas con el medioambiente y el estilo de vida son las que podemos y debemos contrarrestar gracias a los nuevos conocimientos y desarrollos terapéuticos, apuntando a lograr que para el año 2030 se puedan disminuir al máximo los ojos que no alcancen las

6,00 D de miopía. De acuerdo con una proyección mundial del Instituto Internacional de Miopía, para 2050 el 60% de la población mundial será miope si no hacemos nada⁸. En Latinoamérica y en particular en la Argentina estamos a tiempo para evitar que la epidemia de miopía del sudeste asiático llegue a nuestra región. Por ello se hace énfasis, a modo de eslógan, que “cada dioptría cuenta”, porque cada dioptría aumenta el riesgo de maculopatía y otras complicaciones que llevan a la ceguera³⁶.

Algunas de evidencias locales

En 1994, siguiendo un trabajo presentado por Tokoro y colaboradores³⁷, realizamos a nivel local un estudio donde tratamos con carteolol al 1% (Elebloc®, Poenglaucol®, Glauteolol®) a un grupo de 95 ojos miopes de niños de entre 5 y 12 años, los comparamos contra un grupo control sin tratamiento y los medimos al cabo de 1 y 3 años. Vimos que la tasa de crecimiento como largo final (largo inicial todo, dividido largo inicial y miopía final, menos miopía inicial todo dividido sobre miopía inicial) y encontramos diferencias significativas que fueron presentadas en el año 2000 en Dallas (Texas, USA) durante el congreso de la American Society of Ophthalmic Ultrasound, y posteriormetne en el año 2001, en el XXII Congreso Panamericano de Oftalmología, en Buenos Aires. Se nos discutió en ese entonces que podría no ser el efecto hipotensor el que enlentecía la progresión de la miopía, por lo que repetimos el mismo esquema utilizando dorzolamida 2% (Dorlamida® y Trusopt®) y lo presentamos en 2010 en Buenos Aires durante las Jornadas Argentinas de Oftalmología del Consejo Argentino de Oftalmología (CAO) con resultados similares. Posteriormente, de nuevo en las Jornadas CAO pero de 2015, presentamos un meta estudio de tres trabajos publicados sobre el tema, donde consideramos los mismos datos que habían usado timolol para enlentecer la progresión de la miopía y que no les daba significativo³⁸⁻⁴⁰; pero nosotros usamos nuestra tasa de crecimiento en vez de utilizar valores absolutos (largo final menos inicial en milímetros, o mio-

pía final menos inicial en dioptrías, en vez de tasa, dividiendo esos valores sobre el valor inicial) como habían usado en esos trabajos y nos daba significativo. Por lo tanto, concluimos que era significativo usar nuestra tasa, que habíamos creado para el estudio con carteolol y dorzolamida, la “tasa de crecimiento ocular” (terminología conocida como *eyeball growing ratio* en inglés) o como $Gr = (L2-L1) / L1^{41}$. El concepto es relevante, ya que no es lo mismo que un ojo crezca de 18 mm a 20 mm a que lo haga de 28 mm a 30 mm, aunque en ambos casos crece 2 mm. Asimismo, no es lo mismo que un ojo de 29 mm crezca 0,3 mm a que si un ojo de 18 mm crece la misma cantidad, es decir, 0,3 mm, porque el porcentaje de crecimiento en el segundo caso es muy superior al primero (1,66% contra 1%). Al utilizar la “tasa de progresión de la miopía” o *myopia progression ratio* como $Mp = (R2-R1)/R1^{41}$, ocurría lo mismo. Tampoco es lo mismo que progrese 2 D si lo hace de -2.00 D a -4.00 D que si pasa de -8.00 D a -10.00 D. En el primer caso aumentó el doble, pero en el segundo caso sólo la cuarta parte. Además, hicimos otro cambio en el meta estudio mencionado y en vez de utilizar el test de “chi cuadrado”, al ver que se trataba de dos variables (tiempo y uso del hipotensor), usamos el test de ANOVA. Este estudio fue publicado años más tarde, en marzo de 2020, en la *Revista Argentina de Oftalmología Infantil (RAOI)*⁴².

¿Qué ha sucedido con los tratamientos para modular la miopía y nuestras evidencias?

Aparecieron las publicaciones de los estudios “Atropine Treatment of Myopia” (ATOM), donde en el ATOM 1 se utilizó la atropina sin diluir⁴³, en el ATOM 2 se usó superdiluida⁴⁴, y posteriormente con el mismo producto se planteó también su utilidad en premiopes⁴⁵. Actualmente todavía persisten los estudios LAMP (*Low Atropine concentration for Myopia Progression*)⁴⁶ y CHAMP (*Childhood Atropine for Myopia Progression*)⁴⁷. En marzo de 2018 publicamos una nota en la revista *Médico Oftalmólogo (MO)* sobre la prevención de la progresión de la miopía en niños justamente apuntando a este tema⁴⁸, revis-

tando lo publicado previamente en la revista *Ophthalmology*⁴⁹.

En 2017 hicimos el mismo trabajo con atropina al 0,01% y nos dio un poco más significativo luego de tres años de seguimiento. Ese estudio había sido aceptado para ser presentado en el 5th World Congress of Pediatric Ophthalmology and Strabismus, en Amsterdam, Holanda, pero debido a la pandemia se suspendió el evento. Posteriormente, publicamos en junio de 2020 estos resultados a nivel local⁵⁰. En noviembre de ese mismo año (2020) hicimos un simposio en formato de webinar con científicos de todo el mundo para discutir lo que conocíamos y lo que podría venir en relación con la miopía, donde además estábamos viviendo en plena pandemia⁵¹.

Posteriormente en mayo de 2021 publicamos un estudio sobre la miopía en los alumnos de la Universidad Nacional de Cuyo y su relación con los deportes al aire libre⁵². En 2022 empezamos a probar lentes de defocus periférico cuyos resultados iniciales también publicamos⁵³ junto con el “Consenso argentino sobre el manejo de la miopía en edad de progresión”⁵⁴.

En junio de 2023 publicamos un trabajo sobre lentes con difusión periférica en vez de desenfoque⁵⁵. Algo importante en relación con el avance de la tecnología es que ya no necesitamos esperar años para evaluar resultados, porque con los nuevos equipos que miden largo axial con sensibilidad de micrones (como por ejemplo el Lenstar o el Iol Master, sólo por mencionar algunos) se marcan grandes diferencias respecto de los viejos ecómetros ultrasónicos, especialmente porque podemos ver resultados casi de inmediato. En línea con los anteriores trabajos y continuando con la acción de divulgar estos nuevos conocimientos, en 2023 presentamos dos trabajos sobre tratamiento farmacológico de la miopía⁵⁶ y prevención de la miopía⁵⁷.

Al ser conscientes de los grandes cambios que se estaban produciendo sobre el manejo de la miopía, en julio de 2023 publicamos una nota sobre controversias con respecto de la luz azul y la progresión de la miopía⁵⁸ y ese mismo año publicamos los resultados de un estudio titulado “Short-term axial length changes in myopic eyes induced by defocus spectacles for myopia”, donde

medimos el espesor coroideo después de media hora de lectura con los lentes defocus⁵⁹. Además de estas presentaciones y publicaciones, cuya divulgación se concentra en el ámbito científico, se fueron realizando actividades de divulgación continua y constante para comunicar a la población general sobre estos nuevos conceptos y conocimientos mediante la participación en programas de radio y televisión. Asimismo, en Argentina, varios colegas venimos estudiando en profundidad este apasionante tema de la miopía, como en el Grupo de Estudio de la Miopía Infantil Argentino de la Sociedad Argentina de Oftalmología Infantil (SAOI) o a partir de campañas de concientización, como la realizada en junio de 2024 en la Semana nacional de la miopía de Argentina.

¿Qué sabemos realmente acerca de la prevención de la miopía?

El mecanismo de elongación ocular es local, de la unidad funcional retina/coroides/esclera, donde es muy interesante y actual la revisión publicada en este año 2024 por Schaeffel¹². Este mecanismo está mediado por la dopamina y por una proteína de crecimiento temprano (*early growth protein*) concida como zenk⁶⁰. Todo esto mediado por la dopamina, el óxido nítrico, el glucagón y donde aparentemente esa unidad funcional decodifica a través del índice de refracción del rojo y el azul^{12, 60}.

Sabemos que con lentes negativos, desenfoque hipermetrópico (la luz enfoca detrás de la retina, los azules más cerca y los rojos más lejos), la coroides se adelgaza, afinándose entre 25 y 30 micrones alargando el largo axial que es lo que desencadena el proceso antes mencionado con todos los mediadores para alargar retina y esclera¹². Lo contrario ocurre con lentes positivos, desenfoque miópico (cuando la luz enfoca delante de la retina): la coroides se engorda aumentando entre 25 y 30 micrones acortando el largo axial y evitando el alargamiento y la miopización¹². Sin suficiente iluminación u ocluyendo los ojos, ocurre lo mismo que con los lentes negativos y el ojo se alarga⁶².

También conocemos que es posible utilizar hipotensores oculares o atropina diluida al 0,01%, 0,025% hasta 0,05% y ésta no actúa por su efecto parasimpaticolítico, ya que lo hace en dosis tan mínimas superdiluidas que no afectan la pupila ni la acomodación, y que actúa igual en reptiles y aves que tienen músculo ciliar estriado, es decir, no tienen receptores muscarínicos. Además, en estas últimas especies (recordemos que las aves evolucionaron de los dinosaurios), la esclera no es de colágeno sino de cartílago, y para elongarse (al contrario que en los mamíferos que tenemos escleras de colágeno) deben posicionarse más moléculas de cartílago ya que no es distensible. En el caso del colágeno con menos moléculas, más se alarga por ser un material distensible y mientras menos moléculas, más delgado y más se estira. La atropina estimularía los mediadores antes mencionados, donde es captada directamente en dosis bajísimas por las células amácrinas de la retina⁶³.

Desde los estudios de Ian Morgan en Australia sabemos de la importancia del aire libre, y con Yuval Cohen conocemos las diferentes iluminaciones, ya que se necesitan por lo menos entre 2500 a 3000 lux para que no se miopicen los pollitos recién nacidos y los niños en ambientes escolares y preescolares⁶⁴. Por eso aparecieron en el sudeste asiático escuelas con paredes de vidrio, se popularizaron las recomendaciones de estar 2 horas al aire libre por día y se divulgó entre las madres la importancia de que los niños no estén todo el día encerrados con la computadora, el celular u otro tipo de dispositivos digitales mediados por pantallas⁶⁶.

La ortoqueratología con lentes de contacto, que usándolos de noche y aplanando la córnea central lograban detener la progresión de la miopía, nos permitió comprender que los anteojos comunes para la miopía al enfocar la fóvea dejan (por la forma de la pantalla retinal) los rayos periféricos con defocus hipermetrópico (que promueve la elongación del ojo), mientras que la ortoqueratología hacía lo contrario (defocus periférico miópico, previniendo la elongación del ojo)⁶⁷. También, los viejos estudios con multifocales (en aquel momento diseñados para evitar la acomodación) habían demostrado alguna eficacia; hicie-

ron pensar que si desenfocábamos la periferia podíamos lograr buena agudeza visual en 9 mm centrales y evitar la elongación del ojo. De este modo, el Dr. Rafael Iribarren junto con Martín de Tomás de nuestro equipo diseñaron un ante-ojo multifocal con una add +2,50 periférica en anillo alrededor de esos 9 mm centrales y otro con puntos de difusión que ocluyen la imagen (al estilo de los filtros de Bangerter)⁶⁷, que probamos desde 2022 su tolerancia y desde entonces seguimos evaluando su eficacia en un estudio a nivel nacional.

Paralelamente a esto, hoy sabemos que leer en fondo blanco con letras negras a través del mecanismo de las células *on/off* de la vía visual (que arranca en la inhibición lateral de las capas internas de la retina por las células horizontales de Cajal) también obstruyen el mecanismo normal de la emetropización y miopizan⁶⁸. Por lo cual debemos recomendar en la infancia el poco o nada uso de las pantallas (especialmente no al dormir con luz apagada) y en caso de ser imprescindible para tareas escolares, por ejemplo, hacerlo en el modo oscuro o *dark mode*, es decir, fondo negro y letras blancas, como eran los antiguos pizarrones con tiza blanca. Asimismo, se ha estudiado que la luz azul sería beneficiosa para estimular la emetropización⁶⁹, motivo por el cual se venden marcos para niños miopes con una luz led azul periférica o juegos de realidad virtual donde los niños son estimulados con este color: pero esto es muy controvertido, ya que muchos estudios anteriores hablan de la nocividad de la luz azul y aparecieron los filtros *blue light cut* o *blue light protect* que no deberíamos recetar en niños miopes⁷⁰. De cualquier manera, aparentemente la luz que bloqueamos con los filtros anteriormente nombrados es la que está en el rango de los 410 a los 450 nanómetros y que denominamos *hev (high energy visible) blue* o azul de alta energía visible. La que sería beneficiosa es la azul-turquesa de 480 nanómetros y que a su vez sería la responsable de evitar tanto la llamada depresión invernal (SAD, *seasonal affective disorder*) como la progresión de la miopía estimulando el proceso normal de emetropización⁶⁹.

En esto de las diferentes longitudes de onda tan discutidas todavía existen algunos tratamientos

con luz pulsada roja que actuaría opuestamente a la azul. Aunque no hay definiciones todavía, esto podría deberse a que en estudios experimentales en animales con esclera de cartilago —como relatamos más arriba— es necesario para no alargarse que no haya nueva aposición de moléculas cartilaginosas y eso es lo que hace el rojo, mientras que en nosotros, mamíferos, con esclera de colágeno para no alargarse conviene el azul que estimula la aposición de nuevas moléculas de colágeno y dificultar la distensibilidad y por ende, la elongación.

¿Control del crecimiento de segmentos corporales de forma selectiva?

Para entrar a una escuela de geishas en Japón hace centurias que se usan en las niñas unos zapatos de madera que les impide el crecimiento del pie más allá de lo que el calzado permite⁷¹. En una región de Myanmar a las mujeres (Kayan Lawmi) les colocan en la pubertad unos anillos que alargan el cuello⁷². Más cerca de nuestro entorno, a los bebés de los indios Paracas de Perú les colocan unas maderas para conseguir que el cráneo se estire hacia arriba⁷³.

El conocimiento y las evidencias científicas nos permiten saber que podemos tener un control del crecimiento de algunos segmentos corporales de manera selectiva e independiente con fines médicos como sucede con los ojos. En la actualidad es factible modular el crecimiento ocular para que se desarrollen dentro de parámetros saludables. Esto nos pone en la posición de deber buscar que los ojos de nuestros pacientes en edad de crecimiento, miopes (o incluso pre-miopes), no elonguen más sus ojos. Hoy contamos con tratamiento farmacológico, con claras recomendaciones en relación con el estilo de vida y el medioambiente, además de nuevas tecnologías ópticas, de la mano de anteojos con defocus periférico (dime, dome, care, myofix, majestic, etc.). A modo de aporte lúdico-educativo, en las referencias podrán encontrar un juego desarrollado al estilo de *Pasapalabra* para jugar y aprender lo que llamamos “Pasamiopía”⁷⁴.

Finalmente, a partir de este año de 2024 se ha propuesto en la Argentina que el 14 de junio

se conmemore el *día de la miopía* en honor a la muerte de nuestro miope ciego más famoso e ilustre: Jorge Luis Borges⁷⁵. Si gracias a Jenner un 9 de diciembre de 1979 la OMS declaró erradicada la viruela, en 2030 tenemos el desafío de erradicar la miopía, al menos la relacionada con el factor ambiental.

Conclusión

El recorrido realizado en este trabajo señaló brevemente un camino de 30 años de experiencias enriquecidas con evidencias, que nos subraya la importancia del rol del médico oftalmólogo en la sociedad en general, para cuidar uno de los sentidos más preciados por el ser humano: la visión. Sabemos que cada dioptría cuenta y hoy conocemos cómo debemos intentar detener la progresión de la miopía. No sólo debemos dar lentes para que nuestros pacientes vean bien y evitar la ambliopía, sino que además debemos evitar que los ojos tengan un crecimiento inadecuado, que devenga en la miopía o su progresión.

Referencias

1. Au Eong KG, Tay TH, Lim MK. Education and myopia in 110,236 young Singaporean males. *Singapore Med J* 1993; 34(6): 489-492.
2. Saw SM, Wu HM, Seet B, *et al.* Academic achievement, close up work parameters, and myopia in Singapore military conscripts. *Br J Ophthalmol* 2001; 85(7): 855-860. doi:10.1136/bjo.85.7.855.
3. Martínez-Pérez C, Alvarez-Peregrina C, Brito R, Sánchez-Tena MA, Grupo de Investigação Optovisão Isec Lisboa. The evolution and the impact of refractive errors on academic performance: a pilot study of Portuguese school-aged children. *Children (Basel)* 2022; 9(6): 840. doi:10.3390/children9060840.
4. Zhang C, Li L, Jan C, Li X, Qu J. Association of school education with eyesight among children and adolescents [published correction appears in *JAMA Netw Open* 2022; 5(6):e2219315. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.19315]. *JAMA*

- Netw Open* 2022; 5(4): e229545. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.9545.
5. Kai JY, Li DL, Hu HH, Zhang XF, Pan CW. Impact of area-level socioeconomic and environmental measures on reduced visual acuity among children and adolescents. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2023; 64(7): 23. doi:10.1167/iovs.64.7.23.
 6. Ding X, Morgan IG, Hu Y, *et al.* The causal effect of education on myopia: evidence that more exposure to schooling, rather than increased age, causes the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2023; 64(4): 25. doi:10.1167/iovs.64.4.25.
 7. Wu PC, Huang HM, Yu HJ, Fang PC, Chen CT. Epidemiology of myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2016; 5(6): 386-393. doi:10.1097/APO.0000000000000236.
 8. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, *et al.* Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016; 123(5): 1036-1042. doi:10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
 9. Crone RA. Manuel Straub and the Amsterdam School of Ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 1996; 41(1): 90-95. doi:10.1016/s0039-6257(97)81998-4.
 10. Flitcroft DI. Emmetropisation and the aetiology of refractive errors. *Eye (Lond)* 2014; 28(2): 169-179. doi:10.1038/eye.2013.276.
 11. Rozema J, Dankert S, Iribarren R. Emmetropization and nonmyopic eye growth. *Surv Ophthalmol* 2023; 68(4): 759-783. doi:10.1016/j.survophthal.2023.02.002.
 12. Schaeffel F, Swiatczak B. Mechanisms of emmetropization and what might go wrong in myopia. *Vision Res* 2024; 220: 108402. doi:10.1016/j.visres.2024.108402.
 13. Troilo D. Experimental studies of emmetropization in the chick. *Ciba Found Symp* 1990; 155: 89-114. doi:10.1002/9780470514023.ch6.
 14. Schaeffel F, Howland HC. Mathematical model of emmetropization in the chicken. *J Opt Soc Am A* 1988; 5(12): 2080-2086. doi:10.1364/josaa.5.002080.
 15. Schaeffel F, Howland HC. Properties of the feedback loops controlling eye growth and refractive state in the chicken. *Vision Res* 1991; 31(4): 717-734. doi:10.1016/0042-6989(91)90011-s.
 16. Mutti DO, Mitchell GL, Jones LA, *et al.* Axial growth and changes in lenticular and corneal power during emmetropization in infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46(9): 3074-3080. doi:10.1167/iovs.04-1040.
 17. Jonas JB, Holbach L, Panda-Jonas S. Histologic differences between primary high myopia and secondary high myopia due to congenital glaucoma. *Acta Ophthalmol* 2016; 94(2): 147-153. doi:10.1111/aos.12937.
 18. Bolande RP. Neurocristopathy: its growth and development in 20 years. *Pediatr Pathol Lab Med* 1997; 17(1): 1-25.
 19. Ribeiro IM, Vale PJ, Tenedorio PA, Rodrigues PA, Bilhoto MA, Pereira HC. Ocular manifestations in fetal alcohol syndrome. *Eur J Ophthalmol* 2007; 17(1): 104-109. doi:10.1177/112067210701700114.
 20. Seko Y, Azuma N, Takahashi Y, *et al.* Human sclera maintains common characteristics with cartilage throughout evolution. *PLoS One* 2008; 3(11): e3709. doi:10.1371/journal.pone.0003709.
 21. Whitmore WG. Congenital and developmental myopia. *Eye (Lond)* 1992; 6 (Pt 4): 361-365. doi:10.1038/eye.1992.74.
 22. Salik I, Rawla P. Marfan syndrome. En: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Jan 23, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537339/>
 23. Haarman AEG, Klaver CCW, Tedja MS, *et al.* Identification of rare variants involved in high myopia unraveled by whole genome sequencing. *Ophthalmol Sci* 2023; 3(4): 100303. Published 2023 Apr 6. doi:10.1016/j.xops.2023.100303.
 24. Gharbiya M, Moramarco A, Castori M, *et al.* Ocular features in joint hypermobility syndrome/ehlers-danlos syndrome hypermobility type: a clinical and in vivo confocal microscopy study. *Am J Ophthalmol* 2012; 154(3): 593-600. e1. doi:10.1016/j.ajo.2012.03.023.
 25. Nixon TRW, Richards AJ, Martin H, Alexander P, Snead MP. Autosomal recessive Stickler syndrome. *Genes (Basel)* 2022; 13(7): 1135. doi:10.3390/genes13071135.
 26. Verkicharla P, Thakur S, Kammari P, Dhakal R, Das AV. Refractive development in indi-

- viduals with ocular and oculocutaneous albinism. *Int Ophthalmol* 2022; 42(7): 2007-2015. doi:10.1007/s10792-021-02165-6.
27. Rada JA, Shelton S, Norton TT. The sclera and myopia. *Exp Eye Res* 2006; 82(2): 185-200. doi:10.1016/j.exer.2005.08.009.
28. Salomão MQ, Hofling-Lima AL, Gomes Esporcatte LP, et al. Ectatic diseases. *Exp Eye Res* 2021; 202: 108347. doi:10.1016/j.exer.2020.108347.
29. Nicholson DH, Galvis V. Criswick-Schepens syndrome (familial exudative vitreoretinopathy): study of a Colombian kindred. *Arch Ophthalmol* 1984; 102(10): 1519-1522. doi:10.1001/archophth.1984.01040031239027.
30. Limwattanayingyong J, Amornpetchsathaporn A, Chainakul M, Grzybowski A, Ruamvi-boonsuk P. The association between environmental and social factors and myopia: a review of evidence from COVID-19 pandemic. *Front Public Health* 2022; 10: 918182. doi:10.3389/fpubh.2022.918182.
31. Dutheil F, Oueslati T, Delamarre L, et al. Myopia and near work: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2023; 20(1): 875. doi:10.3390/ijerph20010875.
32. Li X, Li L, Qin W, et al. Urban living environment and myopia in children. *JAMA Netw Open* 2023; 6(12): e2346999. Published 2023 Dec 1. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.46999.
33. Biswas S, El Kareh A, Qureshi M, et al. The influence of the environment and lifestyle on myopia. *J Physiol Anthropol* 2024; 43(1): 7. doi:10.1186/s40101-024-00354-7.
34. Yang Y, Liao H, Zhao L, et al. Green space morphology and school myopia in China [published correction appears in *JAMA Ophthalmol* 2024; 142(4):393. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2024.0081]. *JAMA Ophthalmol* 2024; 142(2): 115-122. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.6015.
35. Ohno-Matsui K, Wu PC, Yamashiro K, et al. IMI Pathologic Myopia [published correction appears in *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(7): 17. doi: 10.1167/iovs.62.7.17]. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(5): 5. doi:10.1167/iovs.62.5.5.
36. Jiang F, Wang D, Xiao O, et al. Four-year progression of myopic maculopathy in children and adolescents with high myopia. *JAMA Ophthalmol* 2024; 142(3): 180-186. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.6319.
37. Tokoro T, Funata M, Akazawa Y. Influence of intraocular pressure on axial elongation. *J Ocul Pharmacol* 1990; 6(4): 285-291. doi:10.1089/jop.1990.6.285.
38. Jensen H. Myopia progression in young school children: a prospective study of myopia progression and the effect of a trial with bifocal lenses and beta blocker eye drops. *Acta Ophthalmol Suppl (1985)* 1991; (200): 1-79.
39. Hosaka A. Myopia prevention and therapy. The role of pharmaceutical agents. Japanese studies. *Acta Ophthalmol Suppl (1985)* 1988; 185: 130-131. doi:10.1111/j.1755-3768.1988.tb02687.x.
40. Goldschmidt E. Myopia in humans: can progression be arrested? *Ciba Found Symp* 1990; 155: 222-234. doi:10.1002/9780470514023.ch13.
41. Ohno-Matsui K, Scholl HPN. Having one of the fastest growing unmet needs in ophthalmology reflected in editorial activities: myopia. *Ophthalmic Res* 2022; 65(1): 1-3. doi:10.1159/000521194.
42. Kotlik CA. Oftalmología basada en evidencia: ciencia versus Industria y pseudociencia. *Rev Arg Oftalmol Infant* 2020; 1(1): 23-27. <https://saoi.org.ar/raoi/>.
43. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology* 2006; 113(12): 2285-2291. doi:10.1016/j.ophtha.2006.05.062.
44. Chia A, Chua WH, Cheung YB, 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): 347-354. doi:10.1016/j.ophtha.2011.07.031.
45. Ha A, Kim SJ, Shim SR, Kim YK, Jung JH. Efficacy and safety of 8 atropine concentrations for myopia control in children: a network meta-analysis. *Ophthalmology* 2022; 129(3): 322-333. doi:10.1016/j.ophtha.2021.10.016.
46. Yam JC, Jiang Y, Tang SM, et al. Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: a randomized, double-blind-

- ded, placebo-controlled trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% atropine eye drops in myopia control. *Ophthalmology* 2019; 126(1): 113-124. doi:10.1016/j.ophtha.2018.05.029.
47. Zadnik K, Schulman E, Flitcroft I, et al. Efficacy and safety of 0.01% and 0.02% atropine for the treatment of pediatric myopia progression over 3 years: a randomized clinical trial [published correction appears in *JAMA Ophthalmol* 2023; 141(10): 1005. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.4206]. *JAMA Ophthalmol* 2023; 141(10): 990-999. doi:10.1001/jamaophthalmol.2023.2097.
48. Kotlik CA. Mi paper favorito. *MO: Médico Oftalmólogo* 2018; 31(1): 38. https://issuu.com/caoarg/docs/revista_mo__8_print
49. Chia A, Lu QS, Tan D. Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01% eyedrops. *Ophthalmology* 2016; 123(2): 391-399. doi:10.1016/j.ophtha.2015.07.004.
50. Kotlik CA. La disminución de la progresión de la miopía en niños. *Oftalmonews* 2020; 7(27): 30-37. https://issuu.com/fibertel23/docs/_oftalmonews_n_27-
51. Myopia Symposium Argentina 2020: What do we know about myopia? An update on basic and clinical research (2020, Nov. 7). English: https://www.youtube.com/watch?v=rRV_OVefUuQ Spanish: <https://www.youtube.com/watch?v=VD7WiR91Q8c> (español)
52. Kotlik CA, Zaldivar R, Szeps A, De Tomas M, Impagliazzo R, Iribarren R. Myopia and outdoor sports in university students of Mendoza, Argentina. *Oftalmol Clín Exp* 2021; 14(2): 96-101. <https://doi.org/10.70313/2718.7446.v14.n2.56>
53. Iribarren R, De Tomas M, Kotlik CA, Szeps A, Impagliazzo R. Nuevos anteojos para control de la miopía. *Oftalmol Clín Exp* 2022; 15(2): e240-e243. <https://doi.org/10.70313/2718.7446.v15.n2.156>.
54. Iribarren R, Galán MM, Szeps A, Fernández Irigaray L, Kotlik CA, Rodríguez G, Aguirre R. Consenso sobre el manejo de la miopía en la edad de progresión. *Oftalmol Clín Exp* 2022; 15(2): e115-e136. <https://doi.org/10.70313/2718.7446.v15.n2.142>.
55. Szeps A, De Tomas M, Kotlik CA, Iribarren R. Axial length changes with diffusion optics multiple segments (DOMS) spectacles for myopia control. *Oftalmol Clín Exp* 2023; 16(2): e148-e154. <https://revistaoce.com/index.php/revista/article/view/228/383>
56. Kotlik CA, Rodríguez G, Szeps A, Fernández Irigaray L, Iribarren R, Aguirre R, Galán MM. Tratamiento farmacológico de la miopía. *RAOI: Rev Arg Oftalmol Infant* 2023; 4(2): 24-27.
57. Kotlik CA, Rodríguez G, Szeps A, Fernández Irigaray L, Iribarren R, Aguirre R, Galán MM. Prevención de la miopía. *RAOI: Rev Arg Oftalmol Infant* 2023; 4(1): 24-26.
58. Iribarren R, Szeps A, Kotlik CA, Laurencio L, De Tomas M, Impagliazzo R, Martin G. Short-term axial length changes in myopic eyes induced by defocus spectacles for myopia control. *Photonics* 2023; 10(6): 668.
59. Kotlik CA, Iribarren R, De Tomas, M. Controversias en progresión de la miopía. *Oftalmonews* 2022; 9(38): 34-36
60. Brown DM, Mazade R, Clarkson-Townsend D, Hogan K, Datta Roy PM, Pardue MT. Candidate pathways for retina to scleral signaling in refractive eye growth. *Exp Eye Res* 2022; 219: 109071. doi:10.1016/j.exer.2022.109071.
61. Muralidharan AR, Lança C, Biswas S, et al. Light and myopia: from epidemiological studies to neurobiological mechanisms. *Ther Adv Ophthalmol* 2021; 13: 25158414211059246. doi:10.1177/25158414211059246.
62. Zhang P, Zhu H. Light signaling and myopia development: a review. *Ophthalmol Ther* 2022; 11(3): 939-957. doi:10.1007/s40123-022-00490-2.
63. Jawaid I, Saunders K, Hammond CJ, Dahmann-Noor A, Bullimore MA. Low concentration atropine and myopia: a narrative review of the evidence for United Kingdom based practitioners. *Eye (Lond)* 2024; 38(3): 434-441. doi:10.1038/s41433-023-02718-2.
64. Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, et al. IMI risk factors for myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(5): 3. doi:10.1167/iovs.62.5.3.
65. Zhu Z, Chen Y, Tan Z, Xiong R, McGuinness MB, Müller A. Interventions recommended for myopia prevention and control among

- children and adolescents in China: a systematic review. *Br J Ophthalmol* 2023; 107(2): 160-166. doi:10.1136/bjophthalmol-2021-319306.
66. Hiraoka T. Myopia Control With Orthokeratology: A Review. *Eye Contact Lens* 2022; 48(3): 100-104. doi:10.1097/ICL.0000000000000867.
67. De Tomas M, Szeps A, Martín G, *et al.* Retinal shadows produced by myopia control spectacles. *Ophthalmic Physiol Opt* 2024; 44(1): 214-218. doi:10.1111/opo.13228.
68. Aleman AC, Wang M, Schaeffel F. Reading and myopia: contrast polarity matters. *Sci Rep* 2018; 8(1): 10840. doi:10.1038/s41598-018-28904-x.
69. Amorim-de-Sousa A, Chakraborty R, Collins MJ, *et al.* Blue light stimulation of the blind spot in human: from melanopsin to clinically relevant biomarkers of myopia. *Bioelectron Med* 2024; 10(1): 26. doi:10.1186/s42234-024-00159-0.
70. Cougnard-Gregoire A, Merle BMJ, Aslam T, *et al.* Blue light exposure: ocular hazards and prevention-a narrative review. *Ophthalmol Ther* 2023; 12(2): 755-788. doi:10.1007/s40123-023-00675-3.
71. JungSG, HwangK, HwangYJ. Beautypageants in the Japanese colonial era of Korea (1931 and 1940). *J Craniofac Surg* 2024; 35(7): e618-e620. doi:10.1097/SCS.00000000000010226.
72. Lapo P, Inmutto N, Tanaka H, Suksom D. Cardiorespiratory burden of brass neck coils placed on Kayan Karen long-neck women of Thailand. *Appl Physiol Nutr Metab* 2019; 44(8): 894-901. doi:10.1139/apnm-2019-0083.
73. Tantaleán H, Stanish C, Rodríguez A, Pérez K. The final days of Paracas in Cerro del Gentil, Chincha Valley, Peru. *PLoS One* 2016; 11(5): e0153465. doi:10.1371/journal.pone.0153465.
74. Kotlik CA. *Progresión de la miopía*. Educaplay, 2024. https://www.educaplay.com/learning-resources/9272371-progresion_de_la_miopia.html
75. Gutiérrez García AA. Todo lo cercano se aleja: revisión sobre el impacto de la miopía de Borges y otras alteraciones oculares en su obra literaria. *Oftalmol Clín Exp* 2024; 17(2): e180-e188. <https://doi.org/10.70313/2718.7446.v17.n02.320>