

EXPOSICIÓN A LA LUZ Y MIOPIA EN LA INFANCIA

Existen pruebas de que en muchos países del mundo la prevalencia de la miopía está aumentando. Los avances alcanzados en la tecnología de medición permiten obtener grandes cantidades de muestras y cuantificar de manera fiable numerosos factores ambientales potencialmente asociados con el desarrollo y el avance de la miopía. Recientemente, hemos realizado un estudio longitudinal prospectivo con niños australianos en edad escolar, para el que utilizamos tecnología de sensor portátil. Este estudio proporcionó las primeras pruebas directas de una relación significativa entre la exposición a luz ambiental y el desarrollo del ojo en la infancia, y demostró que una mayor exposición diaria a la luz está asociada con un crecimiento más lento del ojo. Estos descubrimientos respaldan el potencial de intervenciones dirigidas a aumentar la exposición diaria a la luz natural para reducir el desarrollo y el avance de la miopía en la infancia.



Profesor adjunto Scott A. Read

Director de Investigación, Laboratorio de Lentes de Contacto y Óptica Visual, Universidad Tecnológica de Queensland, Facultad de Optometría y Ciencias de la Visión, Australia

Scott Read es profesor adjunto de la Facultad de Optometría y Ciencias de la Visión de la Universidad Tecnológica de Queensland en Brisbane, Australia. Después de obtener su doctorado en 2006, Scott se desempeñó en una variedad de posiciones académicas y de investigación. Asimismo, ha publicado más de 60 trabajos de investigación, la mayoría de los cuales se concentran en el estudio de la miopía en seres humanos. Recientemente, recibió el "Premio Zeiss a investigadores jóvenes en el área de miopía" por sus aportes distinguidos en el campo de investigación de la miopía. También se ha desempeñado como editor adjunto de Optometría Clínica y Experimental y es editor adjunto especializado para Optometría y Ciencias de la Visión.

PALABRAS CLAVE

Miopía, exposición a la luz, crecimiento ocular, actividad al aire libre, error refractivo.

En décadas recientes, se ha observado un rápido aumento de la prevalencia de la miopía en muchos países desarrollados de todo el mundo, con registro de niveles de prevalencia de miopía mayores al 90 % en poblaciones jóvenes de algunas ciudades asiáticas desarrolladas.¹ Mediante el modelado basado en tendencias actuales de desarrollo y avance de la miopía, en un estudio reciente se predijo que aproximadamente la mitad de la población del mundo será miope y que aproximadamente mil millones de personas de todo el mundo tendrán miopía magna (5,00 D o más) para 2050.² Estos niveles de miopía en aumento (y el aumento asociado en los niveles elevados de miopía) podrían generar costos significativos para la salud pública, dada la asociación conocida entre la miopía y otras enfermedades oculares potencialmente devastadoras para la vista, como desprendimiento de retina, glaucoma y degeneraciones de la retina que se han relacionado con la gravedad de la miopía.³

Este "auge de la miopía"⁴, por lo tanto, proporciona un catalizador potente para el desarrollo de métodos fiables para reducir tanto el desarrollo como el avance de la miopía en la población y, de esta manera, limitar los efectos visuales y públicos perjudiciales sobre la salud del aumento de los niveles de miopía. El aumento rápido de la prevalencia de la miopía en décadas recientes indica que las influencias ambientales desempeñan una función en el desarrollo de la miopía.⁵ Sin embargo, los factores ambientales exactos que participan tanto en la regulación del crecimiento ocular como en el desarrollo y el avance de la miopía todavía no se conocen con certeza. Es probable que una comprensión más integral de los diversos factores que afectan al crecimiento



«Nuestros descubrimientos respaldan el potencial de las intervenciones dirigidas a aumentar la exposición diaria a la luz natural para reducir el desarrollo y el avance de la miopía en la infancia».

normal del ojo y, por lo tanto, al desarrollo y avance de la miopía en la infancia, sea fundamental para el desarrollo de intervenciones de control eficaces contra la miopía.

Un movimiento hacia el exterior

Con los años, se ha propuesto una variedad de distintos factores ambientales como potenciales causas del desarrollo de la miopía en seres humanos; de hecho, muchos estudios se han centrado principalmente en factores relacionados con el trabajo de cerca, la educación y el desarrollo académico.⁶ Más recientemente, tal vez a raíz de los descubrimientos —a veces equívocos— de los estudios que analizaban la asociación entre la miopía y el trabajo de cerca, se produjo un cambio en el enfoque de la investigación de errores refractivos y se comenzó a observar un alejamiento de las medidas de trabajo de cerca tradicionales para adoptar un enfoque más amplio y considerar potenciales factores ambientales adicionales (por ejemplo, actividades al aire libre).⁷ **Se han obtenido pruebas, tanto en estudios de epidemiología en seres humanos como en estudios de investigación en animales, que la exposición a la luz natural puede ser un factor ambiental adicional importante en el desarrollo de la miopía.** Los estudios con animales demuestran que el crecimiento normal del ojo parece estar afectado por los niveles de luz ambiental, dado que al criar pollitos en entornos con luz ambiente tenue, se ha demostrado que se produce un crecimiento más rápido del ojo y aumenta el desarrollo de errores refractivos, como la miopía, en comparación con la crianza de animales en condiciones de luz ambiente intensa.⁸ De manera similar, la exposición a condiciones de luz ambiente más intensa

parece bloquear el desarrollo de miopía experimental (privación de la forma) en pollitos⁹ y primates.¹⁰ En seres humanos, se ha realizado una serie de estudios epidemiológicos en los que se han obtenido pruebas de que la exposición a la luz podría desempeñar una función en el desarrollo de la miopía. En estos estudios, se ha demostrado que los niños que pasan más tiempo al aire libre también exhiben una prevalencia e incidencia marcadamente menores de miopía en comparación con niños que pasan menos tiempo al aire libre (consulte Sherwin *et al*¹¹ para ver una revisión de estudios recientes en los que se analiza la asociación entre la miopía y las actividades al aire libre). También se sabe que el crecimiento ocular y el avance de la miopía durante la niñez varían en función de la época del año, con un crecimiento más lento del ojo documentado en los meses de verano (cuando hay más luz ambiental y, por lo tanto, más oportunidades de pasar tiempo al aire libre) y un crecimiento más rápido del ojo documentado en los meses de invierno (cuando hay menos luz ambiental disponible).¹²

Dado que pasar tiempo al aire libre también significa una exposición a luz natural de alta intensidad (con frecuencia, más de 100 veces más intensa que los niveles de luz típicos en interiores), se ha llegado a la hipótesis de que las asociaciones encontradas entre una mayor cantidad de actividades al aire libre y una menor incidencia de la miopía respaldan la posible función de la exposición a la luz en el desarrollo de la miopía.¹³ Sin embargo, es importante observar que la mayoría de los estudios anteriores que analizaban el desarrollo de actividades al aire libre y la miopía en la niñez (y los estudios de las variaciones estacionales en el

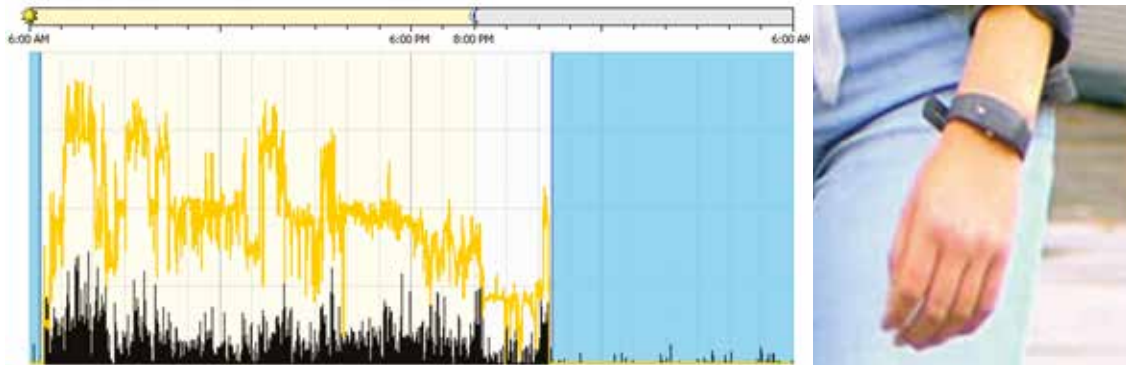


FIG.1 | Ejemplo de registros de exposición a la luz y actividad física de un participante representativo del estudio ROAM en un período de 24 horas (la línea amarilla representa la exposición a la luz, las barras negras representan la actividad física, el sombreado azul indica las horas de sueño durante la noche), obtenido de los dispositivos Actiwatch-2 utilizados en la muñeca no dominante y programados para registrar datos cada 30 segundos. Cada uno de los niños del estudio utilizó el dispositivo de manera continua durante dos períodos de 14 días (separados aproximadamente 6 meses uno de otro) durante los primeros 12 meses del estudio ROAM.

crecimiento ocular durante la niñez) no han evaluado, de manera objetiva, los niveles de luz natural habituales que experimentan los niños en sus estudios. En cambio, este trabajo previo ha utilizado cuestionarios para cuantificar las actividades de los niños y realizar estimaciones acerca de la cantidad de tiempo que pasan al aire libre por día, lo que no constituye una evaluación objetiva de la exposición a la luz. Es difícil saber de manera conclusiva, tomando como referencia estos trabajos previos, si el mecanismo subyacente de los efectos protectores de las actividades al aire libre se debe a la exposición a la luz o a algún otro factor relacionado con el hecho de estar al aire libre (por ejemplo, mayor actividad física o menor esfuerzo de la visión de cerca).

Ver la luz

Nuestra investigación reciente, aprovechando la tecnología de sensor de luz portátil, ha intentado aumentar el conocimiento de los factores que subyacen al crecimiento ocular y la miopía en la niñez. Para ello, **se analizó por primera vez la relación entre la exposición a la luz natural medida de manera objetiva y el crecimiento ocular en los niños.** El estudio ROAM (Role of Outdoor Activity in Myopia, La función de la actividad al aire libre en la miopía) fue un estudio longitudinal prospectivo de 18 meses de duración del crecimiento ocular en niños miopes y no miopes. Los procedimientos experimentales y los resultados del estudio ROAM se informaron detalladamente en una serie de publicaciones recientes.¹⁴⁻¹⁶ En el estudio, se inscribieron

101 niños de entre 10 y 15 años de edad, incluidos 41 niños miopes (refracción media de equivalente esférico $-2,39 \pm 1,51$ D) y 60 niños no miopes con errores refractivos cercanos a la emetropía (refracción media de equivalente esférico de $+0,35 \pm 0,31$ D). Cada participante del estudio se sometió a una serie de mediciones oculares, que incluyeron mediciones de la longitud axial del ojo cada 6 meses durante el período de 18 meses del estudio. Asimismo, en los primeros doce meses del estudio (aproximadamente cada 6 meses), también se hicieron mediciones objetivas de la exposición individual de cada niño a la luz natural y la actividad física realizada. Estas mediciones se hicieron con dispositivos Actiwatch-2 (Philips Respironics, EE. UU.) —un dispositivo del tamaño de un reloj pulsera que tiene un sensor de luz y un acelerómetro—, programados para recopilar mediciones simultáneas de exposición a la luz natural y actividad física cada 30 segundos durante cada uno de los dos períodos de 14 días en los que los niños utilizaron el sensor (figura 1). Esto representa más de 80 000 mediciones individuales de exposición a la luz y actividad física de cada niño durante el transcurso del estudio. Estas mediciones nos permitieron analizar la asociación potencial entre cambios de longitud en el crecimiento ocular y la exposición a luz natural y la actividad física habituales de los niños.

El análisis de estos datos densamente distribuidos de exposición a la luz y actividad física reveló diferencias en el patrón típico de actividades de los niños miopes y los no

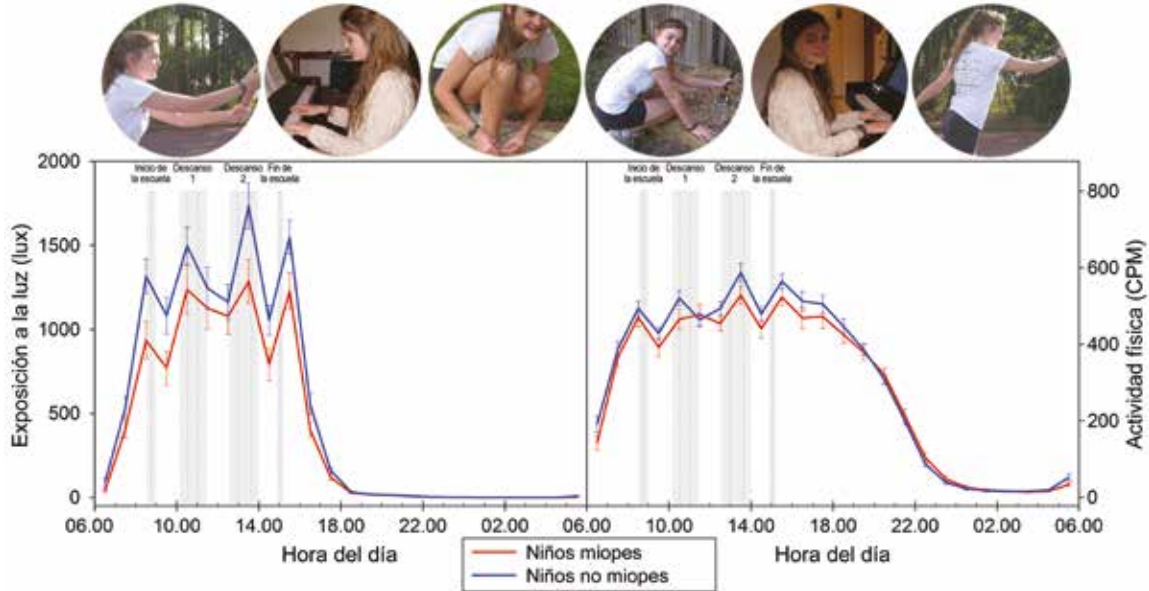


FIG.2| Exposición diaria promedio a la luz (izquierda) y actividad física (derecha), en promedio para cada período de 60 minutos del día, correspondiente a los niños miopes (línea roja) y a los niños no miopes (línea azul) del estudio ROAM. Las barras de error representan el error estándar del promedio. Las líneas de guiones verticales indican la hora promedio de los recreos escolares; el sombreado gris indica la desviación estándar de la hora de del recreo.¹⁶

miopes en el estudio.^{14,15} Si bien se observó que las variaciones diarias en la exposición a la luz natural y actividad física seguían estrechamente el patrón típico de un niño en edad escolar (con picos de actividad y exposición a la luz antes y después de la escuela y durante la hora del almuerzo durante el horario escolar), se descubrió que los niños miopes presentaban un promedio diario de exposición considerablemente menor a la luz frente a los niños no miopes, con las mayores diferencias registradas en horarios inmediatamente anteriores y posteriores a la escuela y durante el almuerzo (figura 2). Esto indica una menor cantidad de actividades al aire libre para los niños miopes en esos períodos. Si bien se observaron tendencias que muestran que los niños miopes también tienen niveles de actividad física diarios levemente menores, las diferencias asociadas con la actividad física no fueron estadísticamente significativas.

El crecimiento ocular axial promedio observado en los niños miopes y los no miopes durante el estudio se ilustra en la figura 3. El análisis de estos datos reveló una serie de predictores de crecimiento ocular estadísticamente significativos en esta población de niños, incluso la presencia de miopía (donde, como se esperaba, los niños miopes presentaron un crecimiento ocular más rápido, lo que indica un avance de la miopía en este grupo), menor edad (los niños de menor edad presentaron crecimiento ocular más rápido que los niños de mayor edad) y sexo (los niños presentaron un crecimiento ocular levemente más rápido que las niñas). Asimismo, el crecimiento ocular axial también estuvo asociado

significativamente con la exposición diaria promedio de los niños a la luz: una menor exposición diaria a la luz se asoció con un crecimiento ocular axial más rápido. Para analizar la relación entre la exposición a la luz y el crecimiento ocular en más detalle, los niños del estudio se dividieron en categorías (basadas en una división en terciles de los niveles promedio individuales de exposición diaria a la luz, independientemente del estado de refracción) que corresponden a una exposición habitual diaria baja, moderada o alta a niveles de luz natural (figura 4). Se descubrió que los niños con exposición habitual a niveles de luz natural diarios bajos (expuestos en promedio a solo 56 minutos de luz natural intensa por día) exhiben crecimiento ocular axial significativamente más rápido. Estos análisis incluyeron ajustes por estado de refracción, lo que sugiere que estos efectos de la exposición a la luz sobre el ojo ocurren independientemente del error refractivo. **Durante el transcurso de los 18 meses del estudio, los niños expuestos diariamente a niveles bajos de luz exhibieron un crecimiento ocular axial de aproximadamente 0,1 mm más que los niños habitualmente expuestos a niveles de luz natural moderados y altos**, lo que equivale a un avance clínicamente significativo de la miopía de ~0,3 D más en la refracción.

El uso de tecnología de sensor portátil en este estudio proporciona nueva información importante en cuanto a los mecanismos subyacentes de la relación documentada previamente entre un aumento de la miopía y una menor cantidad de actividades al aire libre. Nuestros descubrimientos

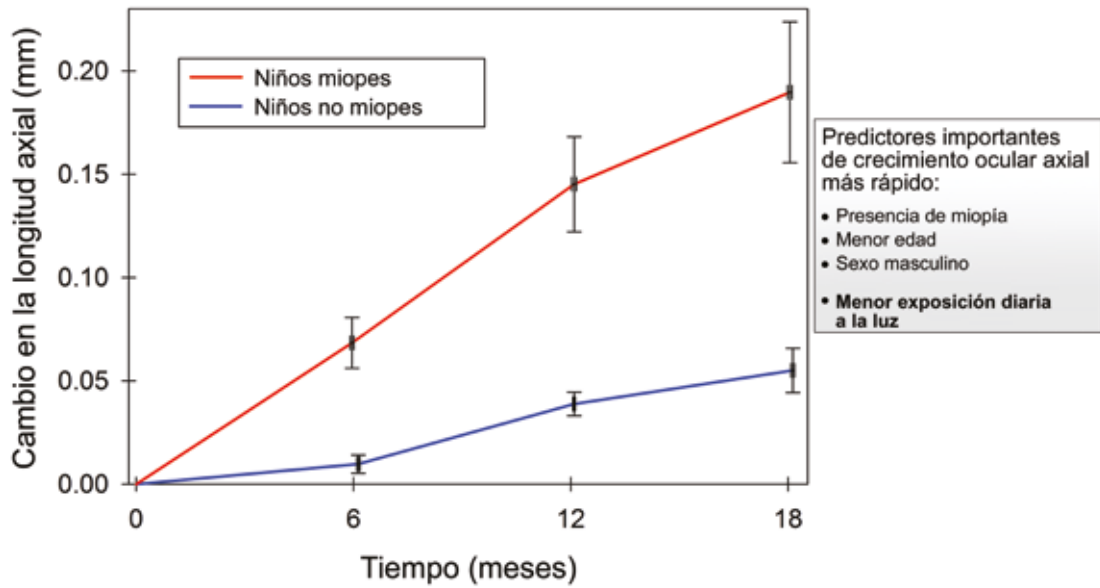


FIG.3| Crecimiento ocular axial promedio observado durante el transcurso del estudio realizado durante 18 meses en los niños miopes y no miopes. Las barras de error representan el error estándar de la media. Los análisis de modelos lineales mixtos revelaron que los factores de miopía, menor edad, sexo masculino y menor exposición diaria a la luz estuvieron asociados de manera significativa con la velocidad del crecimiento ocular axial.¹⁵

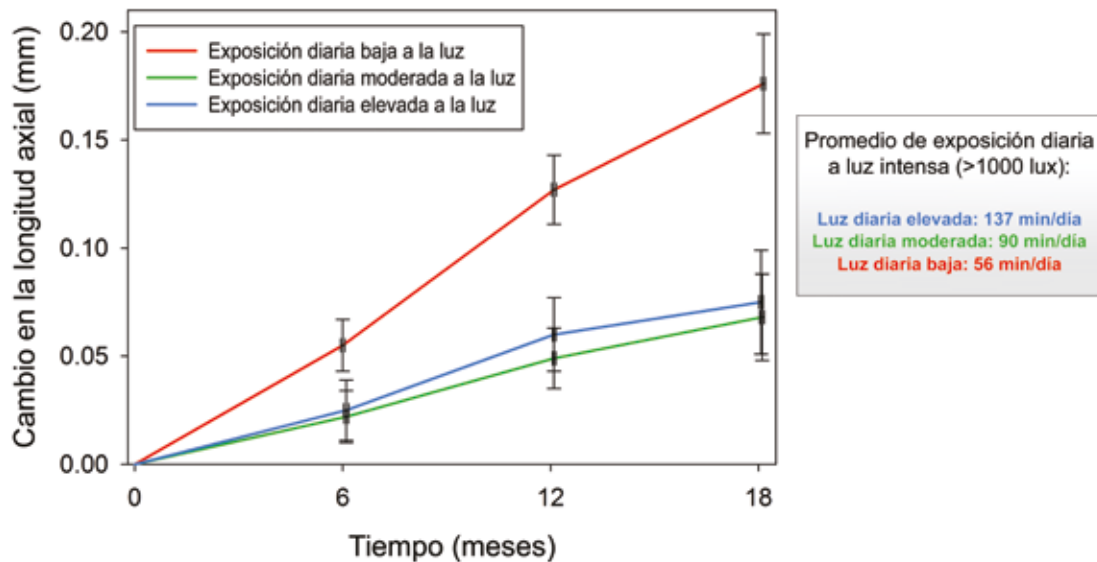


FIG.4| Crecimiento ocular axial promedio en el transcurso del estudio realizado durante 18 meses después de clasificar a los niños en categorías según la exposición diaria promedio a la luz como exposición habitual a niveles de luz natural elevados, moderados o bajos (independientemente del estado de refracción). Los niños expuestos a niveles diarios de luz bajos exhibieron un crecimiento ocular significativamente más rápido. Las barras de error representan el error estándar del promedio.¹⁵



«Estos resultados nos proporcionan la primera prueba de la existencia de una relación directa entre la exposición a la luz natural y la velocidad de crecimiento ocular en la infancia y sugieren que una exposición baja a la luz es un factor de riesgo para un crecimiento ocular mayor y, por lo tanto, el desarrollo y el avance de la miopía».

respaldan la existencia de una función clave de la exposición a la luz natural intensa en los efectos protectores de las actividades al aire libre y sugieren que una mayor cantidad de actividad física al aire libre no es un factor determinante. Estos resultados proporcionan la primera prueba directa de la existencia de una relación entre la exposición a la luz natural y la velocidad de crecimiento ocular en la infancia y sugieren que una exposición baja a la luz es un factor de riesgo para un crecimiento ocular más rápido y, por lo tanto, el desarrollo y el avance de la miopía. **Un aspecto importante de la exposición a la luz natural como factor de riesgo para la miopía es el hecho de que es un factor ambiental modificable.** Los niños pueden modificar sus actividades y su comportamiento para cambiar su exposición diaria a la luz y, potencialmente, tener un efecto sobre la velocidad de crecimiento ocular, lo que deriva en el riesgo de desarrollo y avance de la miopía. Estos descubrimientos respaldan el potencial de las intervenciones de la salud pública dirigidas a aumentar la exposición diaria a la luz natural para reducir el desarrollo y el avance de la miopía en la infancia.

Recomendaciones clínicas

Si bien el estudio ROAM ha proporcionado nueva información con respecto a los factores que afectan al crecimiento ocular en la infancia, el estudio también proporciona pruebas empíricas relacionadas con la exposición a la luz y el crecimiento ocular que se pueden utilizar para guiar las recomendaciones clínicas para los niños y para sus padres. Los niños del estudio clasificados en la categoría de exposición habitual diaria a la luz baja, pasaron un promedio de menos

de 60 minutos por día expuestos a niveles intensos de luz natural y también exhibieron un crecimiento ocular significativamente más rápido que los demás niños del estudio. Esto sugiere que menos de una hora de exposición a luz natural intensa por día parece predisponer a los niños a un crecimiento ocular más rápido y, por lo tanto, genera un riesgo de desarrollo y avance de la miopía. En los niños que pasaron en promedio ~120 minutos al día expuestos a niveles de luz natural intensa, se observó un crecimiento ocular significativamente más lento, **lo que sugiere que un aumento de 60 minutos adicionales por día del tiempo diario de exposición a luz natural intensa probablemente tenga un efecto de reducción de la velocidad de crecimiento ocular axial (y, por lo tanto, reducción del riesgo de desarrollo y avance de la miopía).** Esto está respaldado por dos estudios recientes^{17,18}, en los que se descubrió que el aumento del tiempo al aire libre de los niños (aumento de 40 minutos u 80 minutos por día) redujo significativamente la incidencia de la miopía en poblaciones de niños asiáticos orientales.

Conclusiones

El trabajo resumido en este artículo amplía nuestro conocimiento acerca de la función de la exposición a la luz en la regulación del crecimiento ocular humano y el desarrollo y el avance del error refractivo, y respalda el potencial de futuras intervenciones para el control de la miopía dirigidas a aumentar la exposición diaria a luz intensa. Sin embargo, se necesita seguir investigando para entender en más detalle una variedad de aspectos relacionados con la exposición a la luz y la miopía. Estos factores incluyen la importancia relativa de la composición del espectro de luz, el tiempo óptimo de exposición a la luz y la intensidad específica de luz que es más importante en la regulación del crecimiento ocular humano. La generación de conocimiento adicional a partir de nuevas investigaciones en este campo puede permitir el desarrollo de intervenciones más específicas para el control de la miopía, lo que, desde la perspectiva del control de la miopía, puede tener un futuro prometedor. •

Agradecimientos: Este trabajo recibió el apoyo de un subsidio para el descubrimiento de investigadores principiantes del Consejo de Investigación de Australia (DE120101434). Agradezco profundamente a mis coinvestigadores Michael Collins y Stephen Vincent por sus aportes en el trabajo presentado en este artículo.



INFORMACIÓN CLAVE

- Existen pruebas de un rápido aumento en la prevalencia de la miopía durante las últimas décadas en muchos países desarrollados.
- Es crucial entender mejor la función de los factores ambientales subyacentes que afectan al crecimiento ocular y a la miopía en niños, para poder desarrollar intervenciones eficaces en el control de la miopía.
- En trabajos realizados recientemente con sensores portátiles se ha demostrado la primera prueba de la existencia de una relación directa entre una menor exposición diaria a la luz y un crecimiento ocular axial más rápido.
- Menos de 60 minutos de exposición a luz natural intensa parece ser un factor de riesgo de crecimiento ocular más rápido y, por lo tanto, genera un riesgo de desarrollo y avance de la miopía en la infancia.
- Estos resultados respaldan el potencial del control de la miopía mediante un aumento de la exposición diaria a la luz solar (por ejemplo, intervenciones para aumentar el tiempo que se pasa por día al aire libre).

REFERENCIAS

- 2 Jung SK, Lee JH, Kakizaki H, Jee D. Prevalence of myopia and its association with body stature and educational level in 19-year-old male conscripts in Seoul, South Korea. (Prevalencia de la miopía y su asociación con la estatura y el nivel educativo en conscriptos varones de 19 años de edad en Seúl, Corea del Sur). Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53:5579-5583.
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. (Prevalencia global de miopía y miopía magna, y tendencias temporales de 2000 a 2050). Ophthalmology. 2016;123:1036-1042.
- Flitcroft DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. (Las interacciones complejas de los factores ambientales, ópticos y de la retina en la etiología de la miopía). Prog Retin Eye Res. 2012;31:622-660.
- Dolgin E. The myopia boom. (El auge de la miopía). Nature. 2015;519: 276-278.
- Morgan IG, Rose K. How genetic is school myopia? (¿Cuál es la participación de la genética en la miopía escolar?). Prog Retin Eye Res. 2005; 24:1-38.
- Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw S-M. Myopia. (Miopía). The Lancet. 2012;379:1739-1748.
- Mutti DO, Zadnik K. Has near work's star fallen? (¿Ha caído la estrella del trabajo de cerca?). Optom Vis Sci. 2009; 86:76-78.
- Cohen Y, Belkin M, Yehezkel O, Solomon AS, Polat U. Dependency between light intensity and refractive development under light-dark cycles. (Dependencia entre la intensidad de la luz y el desarrollo refractivo bajo ciclos de luz-oscuridad). Exp Eye Res. 2011;92:40-46.
- Ashby R, Ohlendorf A, Schaeffel F. The effect of ambient illumination on the development of deprivation myopia in chicks. (El efecto de la iluminación del ambiente en el desarrollo de miopía por privación en pollitos). Invest Ophthalmol Vis Sci. 2009;50:5348-5354.
- Smith EL, Hung L-F, Huang J. Protective effects of high ambient lighting on the development of form deprivation myopia in rhesus monkeys. (Efectos protectores de iluminación ambiente elevada sobre el desarrollo de miopía de privación de forma en monos Rhesus). Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53:421-428.
- Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, Khawaja AP, Mackey DA, Foster PJ. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. (Asociación entre el tiempo pasado al aire libre y la miopía en niños y adolescentes: revisión sistemática y metaanálisis). Ophthalmology. 2012;119:2141-2151.
- Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, Chen X, Lin Z, Thomas V, Smith EL, Ge J, Holden B. Myopia progression in Chinese children is slower in summer than in winter. (El avance de la miopía en niños chinos es más lento en verano que en invierno). Optom Vis Sci. 2012;89:1196-1202.
- Rose KA, Morgan IG, Ip J, Kifley A, Huynh S, Smith W, Mitchell P. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. (Las actividades al aire libre reducen la prevalencia de la miopía en niños). Ophthalmology. 2008;115: 1279-1285.
- Read SA, Collins MJ, Vincent SJ. Light exposure and physical activity in myopic and emmetropic children. (Exposición a la luz y actividad física en niños miopes y emétopes). Optom Vis Sci. 2014;91:330-341.
- Read SA, Collins MJ, Vincent SJ. Light exposure and eye growth in childhood. (Exposición a la luz y crecimiento ocular en la niñez). Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56:3103-3112.
- Read SA. Ocular and environmental factors associated with eye growth in childhood. (Factores oculares y ambientales asociados con el crecimiento ocular en la niñez). Optom Vis Sci. 2016; 93: 1031-1041.
- Wu P-C, Tsai C-L, Wu H-L, Yang Y-H, Kuo H-K. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in schoolchildren. (La actividad al aire libre durante el receso escolar reduce el inicio y el avance de la miopía en niños en edad escolar). Ophthalmology. 2013;120:1080-1085.
- He M, Xiang F, Zeng Y, Mai J, Chen Q, Zhang J, Smith W, Rose K, Morgan IG. Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China: A randomized clinical trial (Efecto del tiempo pasado al aire libre en la escuela sobre el desarrollo de miopía en niños en China: ensayo clínico aleatorizado). JAMA. 2015;15:1142-1148.