

Todos los contenidos de EHP son accesibles para las personas con discapacidad. Puede encontrarse una versión en HTML totalmente accesible (en cumplimiento de la Sección 508) en <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.122-A12>.

Los factores ambientales de la miopía

La miopía ha alcanzado proporciones epidémicas en la juventud de muchos países asiáticos. Asimismo, los niños se están volviendo miopes a una edad más temprana, y la miopía severa es cada vez más común. © Asiaselects/Alamy

* Publicado originalmente en *Environmental Health Perspectives*, volumen 122, número 1, enero 2014, páginas A12-A19.

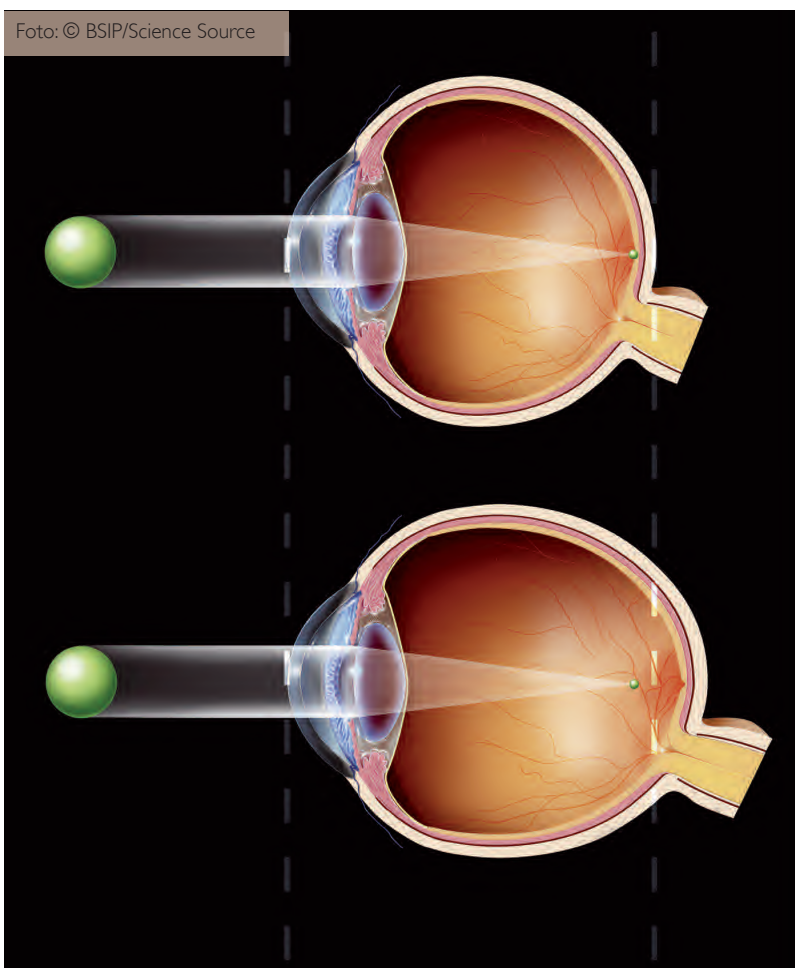
Es posible que hace siglos, los escribas monásticos dedicados o las costureras enclaustradas hayan culpado de su visión deteriorada al tipo particular de “trabajo de cerca” que realizaban, el cual requería mantener la mirada enfocada en un punto cercano. Para finales del siglo XX se culpaba también a las actividades recreativas con enfoque de cerca, como un sinnúmero de horas empleadas en estudiar, en estar sentados frente al televisor y, más recientemente, en mirar con los ojos entrecerrados frente a los monitores de alta resolución en toda suerte de aparatos, desde las consolas de juegos hasta los teléfonos celulares.

Sin embargo, pese a los constantes intentos de vincular estos comportamientos en los cuales interviene la visión de cerca con el inicio de la miopía, los investigadores no han logrado obtener resultados convincentes. Por otra parte, en ciertas poblaciones de Asia Oriental se realizan cada vez más investigaciones que vinculan la reducción progresiva de los niveles de exposición a la luz exterior con una prevalencia de la miopía que está alcanzando proporciones epidémicas.¹⁻³

“Si la miopía deseas evitar”, rezan los coloridos protectores y fondos de pantalla que ofrece el Consejo de Promoción de la Salud de Singapur, “sal a jugar”. La ironía de lanzar estos mensajes en un monitor de computadora con el objeto de lograr que los niños salgan a jugar al aire libre no escapa a los investigadores, quienes han estado registrando el incremento de la miopía crónica en las poblaciones de esa región.

Las autoridades sanitarias de Singapur lanzaron esa campaña de concientización como respuesta a un pronunciado incremento de los índices de miopía entre los niños y jóvenes que fue señalado por el ejército de ese país. El servicio militar es obligatorio en Singapur, y los exámenes de la vista que se realizan a los conscriptos entrantes proveen una encuesta efectiva a nivel de toda la población. Para finales de la década de los noventa estos exámenes apuntaban a una prevalencia que se aproximaba al 80%.⁴ Se han reportado hallazgos comparables en otros países de Asia, como Taiwán⁵ y, más recientemente, Corea del Sur.⁶

Foto: © BSIP/Science Source



Un ojo normal (arriba) enfoca la luz en la retina, la cual envía impulsos nerviosos al cerebro para su procesamiento. La miopía se deriva de una elongación del globo ocular a lo largo de su eje (abajo). Los rayos luminosos se enfocan entonces en un punto frente a las células fotosensibles de la retina, y no sobre la superficie de ésta. Un incremento de 1 mm en la longitud de un ojo de 25 mm da lugar a una miopía moderada, en la cual los objetos situados a una distancia mayor de 2–3 m se ven borrosos. Si el incremento es de 2 mm, la persona se sitúa en el rango elevado de la miopía, en el cual se ven borrosos los objetos situados a una distancia mayor de 20 cm.

Mientras tanto, muchos lugares de Asia Oriental han vivido un rápido desarrollo económico, y en las últimas dos décadas se han implementado en ellos regímenes educativos sumamente exigentes a fin de crear una fuerza de trabajo dedicada y calificada para seguir impulsando la economía.^{7,8} No sólo los niños pasan la mayor parte de

las horas de luz diurna en las aulas sino que en sus hogares permanecen igualmente reclusos haciendo tarea o en actividades recreativas que los mantienen pegados a algún tipo de pantalla.^{7,9}

“Me llevó bastante tiempo darme cuenta de cuán distorsionada es la experiencia que tienen los niños del mundo en China”, dice Ian Morgan,

un oftalmólogo australiano dedicado a la investigación que pasa cinco meses de cada año en Guangzhou estudiando la miopía. “En Guangzhou el clima es caliente y bochornoso durante la mayor parte del año, y la gente sale al exterior por las tardes. Pero no se ven niños en edad escolar, porque todos ellos están en casa haciendo la tarea”, dice.

Este estilo de vida parece estarles pasando la factura a sus jóvenes ojos. Las encuestas de población en Guangzhou, Singapur y Taiwán señalan esas áreas como zonas calientes donde los niños se vuelven miopes a una edad más temprana, y donde un número cada vez mayor sufre de miopía severa.^{4,5,10,11} Sin embargo, mientras se sigue discutiendo y explorando cuáles son precisamente los factores que causan este incremento, hay un creciente corpus de evidencia de que el tiempo que se pasa en los exteriores es crucial para el desarrollo saludable de los ojos.

La miopía prevalece cada vez más en todo el mundo, pero algunas áreas se ven más afectadas que otras. Las encuestas realizadas, por ejemplo, en Estados Unidos y especialmente en Australia arrojan para la población general cifras de prevalencia mucho más bajas que las de algunas partes del este y el sudeste de Asia.^{12,13}

La marcada disparidad entre las determinadas regiones parece afectar principalmente a la generación más joven. Entre las poblaciones adultas de todo el mundo, los índices de prevalencia varían menos de un país a otro (si bien es de esperar que en el futuro las encuestas muestren disparidades entre los adultos similares a las que se observan en la juventud y niñez actuales). Las investigaciones basadas en datos de las iteraciones de 1999–2004 de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES, en inglés) estiman que la prevalencia de la miopía en Estados Unidos puede oscilar entre 33.1% entre la población adulta y apenas 25.1% entre los mexicano-

Si bien la miopía prevalece cada vez más en todo el mundo, algunas áreas se ven más afectadas que otras. Las encuestas realizadas en Australia y en Estados Unidos, por ejemplo, arrojan cifras de prevalencia de miopía en la población general invariablemente más bajas que las de las encuestas realizadas en el sureste de Asia. El marcado incremento también parece afectar principalmente a las generaciones más jóvenes.

americanos.¹³ En comparación, un estudio de la miopía entre los adultos chinos de Singapur, Malasia e India reportó índices de 38.7, 26.2 y 28.0%, respectivamente.¹²

La miopía puede no ser un problema de salud tan grave como el cáncer o las enfermedades del corazón, pero sus consecuencias no se limitan a que la población tenga que incurrir en el gasto y la inconveniencia de usar anteojos o lentes de contacto. Los estudios sugieren que esta condición puede constituir un factor de riesgo para problemas oculares más graves como las cataratas¹⁴ y el glaucoma,¹⁵ aunque aún no está clara la relación entre la miopía y estos otros problemas (por otra parte, existe una asociación negativa entre la miopía y la degeneración macular relacionada con la edad).¹⁶ Los jóvenes afectados por la miopía en sus grados más graves presentan pocos síntomas adicionales, pero las personas de edad mediana y mayores que tienen una miopía “elevada (es decir, severa) presentan patologías oculares graves que amenazan su visión.”⁸

¿Una base genética?

La miopía tiene su origen en una deformidad física pequeña, aunque im-

portante al parecer: una elongación del globo ocular a lo largo de su eje. La miopía se presenta en grados diversos, dependiendo de la magnitud de esta distorsión. Según Morgan, un incremento de 1 mm en la longitud de un ojo de 25 mm provoca una miopía moderada, en la que los objetos que se encuentran a una distancia de más de 2–3 m se ven borrosos. Un incremento de 2 mm coloca a la persona en el rango de la miopía elevada, en la cual los objetos se ven borrosos a una distancia de más de 20 cm.

“Es muy sencillo”, explica Donald Mutti, miembro de la facultad

del Colegio de Optometría de la Universidad Estatal de Ohio. “Un ojo miope es un ojo demasiado elongado. Es demasiado grande, y sencillamente tenemos que frenarlo un poco sin afectar su función. Si realmente comprendemos la fisiología del crecimiento ocular, probablemente habrá muchas oportunidades de influir en la cadena de sucesos que controlan el crecimiento y el tamaño que llega a alcanzar el ojo.”

En Singapur, China, Corea del Sur y Japón, el prospecto de llegar a esa comprensión se ha vuelto algo más que un hito intelectual prometedor; el hacer frente a las causas de la miopía en lugar de simplemente corregir sus síntomas prepararía el camino para las estrategias de intervención. Mucha de la literatura de investigación en este ámbito se origina en el Asia Oriental, donde el debate público en torno a la miopía y sus implicaciones sociales y económicas supera por mucho al que se lleva a cabo en el mundo occidental.

En el corazón de esta empresa científica se encuentra la distinción entre lo heredado y lo adquirido. Las variaciones de la miopía prevalentes en las diversas etnias sugieren que el factor étnico desempeña cierto papel. Algunas pistas sobre éste provienen de estudios como la Evaluación

“Un ojo miope es... demasiado grande, y sencillamente tenemos que frenarlo un poco sin afectar su función. Si comprendemos realmente la fisiología del crecimiento del ojo, probablemente tendremos muchas oportunidades de influir en la cadena de sucesos que controlan el crecimiento, así como el tamaño que puede llegar a alcanzar el ojo.”

—Donald Mutti, Universidad Estatal de Ohio

Longitudinal Colaborativa de las Etnias y el Error Refractivo (CLEERE, en inglés), que incluyó a más de 4 000 niños de Estados Unidos provenientes de cuatro grupos étnicos distintos. Se encontró que había una mayor prevalencia de la miopía en los participantes asiáticos e hispanicos (18.5 y 13.2%, respectivamente) que en los niños negros y blancos (6.6 y 4.4%, respectivamente)¹⁷ –hallazgos inusuales dado que ningún otro estudio muestra la miopía en los niños negros y blancos, y que en general los hispanicos tienden a ser menos miopes que los blancos, dice Morgan.

Para Mutti, quien formó parte del Grupo de Estudio de la CLEERE, estos datos pueden sugerir vínculos genéticos con la miopía pero dicen poco acerca de la naturaleza de esos vínculos y de la forma en que determinan la prevalencia. Recomienda el escrutinio cuidadoso de cualquier cifra relacionada con cambios en la prevalencia que pueda verse exagerada por las muestras extraídas de poblaciones específicas sometidas a la influencia de otros factores.

De hecho, los cuatro grupos étnicos distintos incluidos en la CLEERE provienen de cuatro lugares diferentes en tres estados; así, las diferencias atribuidas a factores étnicos fácilmente podrían haber sido causadas por factores ambientales.

El Instituto Nacional de Oftalmología (NEI, en inglés), una dependencia de los Institutos Nacionales de Salud, realizó uno de los intentos más sofisticados de evaluar la prevalencia de la miopía en Estados Unidos. Susan Vitale, epidemióloga del NEI que además es profesora adjunta de oftalmología de la Escuela de Medicina de la Universidad Johns Hopkins, dirigió la comparación entre los datos de la encuesta NAHNES de principios de los setenta y la de principios de los años 2000.

Cada vez que se lleva a cabo, la encuesta NHANES capta a nivel nacional muestras de la población

de todo Estados Unidos. La conformación de esa población ha cambiado en las últimas tres décadas; la representación asiática e hispana era mucho más limitada en las encuestas anteriores que en las posteriores, de modo que no se incluyeron en la comparación datos de estos grupos de población.

Para complicar las cosas aun más, la metodología para medir la miopía también ha cambiado en esos años. En los setenta solamente se hacían mediciones detalladas de aquellos participantes que presentaban un error refractivo más severo y las mediciones se hacían mediante retinoscopia, una observación manual del modo en que las diversas potencias de los lentes correctivos afectan los reflejos que se refractan en la retina. Cuando se inició la segunda encuesta en 1999, se evaluó a todos los participantes con un autorefractor, un sistema controlado por computadora que mide qué tan bien puede el ojo enfocar imágenes en la retina.

Más de 5 000 personas participaron en la encuesta NHANES I, realizada en 1971-1972, y la gran mayoría de ellas estaba clasificada como negros o blancos; casi 10 000 participantes en la encuesta de 1999-2004 pertenecían a estas dos

categorías. Surgieron algunos incrementos notorios en la prevalencia: en la década de los setenta el índice era de sólo 12% para los participantes negros de entre 12 - 17 años de edad; pero para el año 2004 la proporción era de 31.2%. De manera similar, el índice para los participantes blancos del mismo grupo se incrementó de 25.8 a 34.5%. Los índices para los participantes de los grupos de mayor edad aumentaron aun más, de modo que el promedio total llegó a ser de 33.5% para los participantes negros y de 43.0% para los participantes blancos.¹⁸

Estas cifras están muy por debajo de las de encuestas similares realizadas en Asia; sin embargo, dice Vitale: “Dada esta evidencia, sumada a los hallazgos en otros países, resulta bastante claro que la prevalencia realmente aumentó.”

Según Mutti, este incremento suscita preguntas sobre el muestreo y las mediciones que dieron lugar a esos datos. Elogia la calidad de los datos de la encuesta NHANES, pero sostiene que el carácter diferente de los conjuntos de datos que abarcan tres décadas hace difícil llegar a cifras precisas. “Yo puedo aceptar que la prevalencia de la miopía no es fija”, dice. “Podría haber incrementos en Estados Unidos, pero en el fondo

Según un creciente corpus de evidencia, el tiempo pasado al aire libre es crucial para el desarrollo saludable de los ojos. “A la mayoría de los oftalmólogos y optometristas se les enseñó que la miopía era un trastorno [estrictamente] genético, pero se han acumulado evidencias sólidas que contradicen esta idea.”

—Ian Morgan, Universidad Nacional de Australia

Los datos de la encuesta NHANES indicaron que la prevalencia de la miopía entre los participantes negros de 12 a 17 años de edad se incrementó de 12% en la década de los setenta hasta 31.2% en 2004, y entre los participantes blancos del mismo grupo de edad se incrementó de 25.8 a 34.5%. “Dada esta evidencia, aunada a los tipos de hallazgos que se estaban observando en otros países, resultaba bastante claro que la prevalencia realmente había aumentado.”

—Susan Vitale, Instituto Nacional de Oftalmología

siento que esos incrementos no son tan severos –si es que están ocurriendo– como se afirma.”

Factores ambientales

La evidencia que sugiere que el tiempo pasado al aire libre protege contra el desarrollo de la miopía es menos controversial.^{2,19-22} “A la mayoría de los oftalmólogos y optometristas se les enseñó que la miopía era un trastorno [estrictamente] genético, pero se ha acumulado una sólida evidencia que contradice esta idea”, dice Morgan. Señala el ambicioso trabajo del Consorcio para la Refracción y la Miopía, que llevó a cabo un metaanálisis en más de 55 000 personas de cuatro continentes, el cual explica apenas una pequeña parte de la variación.²³ En cambio, agrega, los drásticos incrementos de la prevalencia de la miopía en Asia Oriental no pueden deberse a cambios genéticos sino que tienen que ser resultado de cambios ambientales o sociales.

Por el contrario, el trabajo de Morgan se ha enfocado en el papel que desempeña la luz ambiental en el desarrollo de la miopía, específicamente en el impacto del tiempo que se pasa en los exteriores.²⁴ Él y sus colegas propusieron que era probable que cualquier efecto protector del tiempo pasado al aire libre estuviera mediado por el estímulo de la luz brillante para liberar el transmisor dopamina en la retina; se sabe que la luz estimula la liberación de la dopamina, y los fármacos que imitan los efectos de la dopamina reducen el crecimiento ocular. Morgan fue uno de los directores del seminal Estudio de Miopía de Sydney. Como parte de ese estudio, Kathryn Rose, de la Universidad de Sydney, desarrolló un cuestionario exhaustivo para determinar con mayor precisión cuánto tiempo pasan los niños en los interiores y cuánto al aire libre, y qué tipos de actividades realizan en ambos entornos.

Morgan dice que su hipótesis se fundamenta en trabajos que demues-

tran que los animales experimentales criados en condiciones que normalmente conducen a la miopía pero con la adición de luces brillantes no se volvieron miopes.^{25,26} Además, se ha demostrado que los medicamentos que bloquean la dopamina bloquean el efecto protector de la luz.²⁷

Seang-Mei Saw, oftalmóloga investigadora de la Universidad Nacional de Singapur que dirigió el Estudio de Cohorte de Singapur sobre los Factores de Riesgo de la Miopía colaboró con Rose para realizar una comparación clave entre niños de 6 y 7 años de edad pertenecientes a la etnia china que vivían en Sydney y en Singapur.²⁸ Si bien era de suponerse que estos dos grupos compartirían una predisposición genética similar a la miopía, sus índices de prevalencia de este padecimiento contrastaban visiblemente: 3.3% de los que vivían en Sydney frente a 29.1% de los que vivían en Singapur.²⁸ Una comparación entre los estilos de vida de unos niños y otros reveló además que el grupo de Sydney realizaba tanto trabajo de cerca como los de Singapur, si no es que más.

El grupo de Sydney había detectado –valiéndose de un cuestionario detallado– los efectos protectores que ejerce el tiempo pasado al aire libre contra el desarrollo de la miopía. Por lo que respecta a Singapur, Saw recuerda que estos hallazgos representaron un parteaguas en su percepción de las influencias ambientales sobre la miopía. Mientras que ella y sus colegas buscaban activamente condiciones de trabajo de cerca que pudieran tener un efecto sobre el desarrollo ocular, los investigadores se sorprendieron ante el evidente punto de contraste entre ambos grupos: el tiempo pasado al aire libre. “Antes de realizar este estudio, no sabíamos que la diferencia principal radicaría en el tiempo pasado al aire libre”, admite. “Teníamos unas veinte preguntas sobre la lectura y la escritura, y tan



Desde el año 2001 el gobierno de Singapur ha llevado a cabo un programa de educación pública para la prevención de la miopía y la realización de exámenes de la vista a partir del ciclo preescolar. Otros países de Asia han probado intervenciones tales como el uso de gotas oftalmológicas de atropina y ejercicios oculares especiales en un intento de prevenir o aplazar la miopía en los niños; sin embargo, hasta ahora las intervenciones más exitosas han consistido en hacer que los niños pasen más tiempo al aire libre.

Arriba: © Consejo de Promoción de la Salud, Singapur;
Abajo: © Mijang Ka/Getty Images



sólo una sobre el tiempo empleado al aire libre, pero este último fue lo que marcó las diferencias más notables”.

Se halló que los niños que vivían en Sydney pasaban al aire libre un promedio de 14 horas cada semana fuera de su horario escolar, mientras que los de Singapur pasaban en los exteriores únicamente tres horas. Saw añade que los estudios más pormenorizados no han hecho distinciones entre ningún tipo específico de actividad al aire libre, desde el ejercicio rudo hasta el mero recostarse a tomar el sol. “Esto no es lo opuesto del trabajo de cerca”, subraya. “No fue porque pasaran más tiempo al aire libre y menos tiempo realizando trabajo de cerca. No sabemos exactamente qué actividad es la que los protege de la miopía; pero los estudios nos muestran que el tiempo total pasado al aire libre tuvo un efecto protector”.

Los ensayos clínicos apoyan el pasar tiempo al aire libre como una intervención eficaz. Un ensayo piloto realizado en Taiwán reportó una reducción de 50% en los casos nuevos de miopía simplemente por cerrar con llave las aulas durante el recreo escolar, evitando así que los niños permanecieran en su interior y que trabajaran durante ese tiempo.² En un ensayo mayor llevado a cabo en Guangzhou, se asoció la reducción de nuevos casos de miopía en 25% a la incorporación de 45 minutos diarios de actividades estructuradas al aire libre.²⁹ Este estudio incluyó también una campaña informativa dirigida a los padres de familia.³⁰

Morgan, uno de los directores del estudio de Guangzhou, dice: “La epidemiología indica que hay una relación dosis-respuesta entre el tiempo pasado al aire libre y la protección [contra el desarrollo de la miopía], de modo que cabe esperar que si lográramos elevar la cantidad de tiempo empleado en los exteriores a una cantidad más próxima a la norma australiana, entonces obtendríamos una mayor protección”. Añade

“[La baja prevalencia de la miopía reportada entre los niños australianos] no se debió a que estuvieran pasando más tiempo al aire libre y menos tiempo realizando trabajo de cerca. No sabemos exactamente qué actividad es la que brinda protección contra la miopía. Pero por los estudios sabemos que el tiempo total pasado al aire libre tuvo un efecto protector.”

—Seang-Mei Saw, Universidad Nacional de Singapur

que en Australia los niños pasan un promedio de 4.5 horas diarias al aire libre, realizando actividades generales así como actividades escolares, en comparación con los niños de Guangzhou y Taiwán, que pasan apenas 1.5 horas diarias en espacios exteriores.

Medidas a adoptar

La campaña “Sal a jugar” de Singapur habla de una creciente aceptación del hecho de que la luz exterior es protectora. Por otra parte, Taiwán ha adoptado una respuesta farmacológica: un uso cada vez mayor de la atropina, un agente que paraliza los músculos oculares y dilata la pupila. Los partidarios de la atropina defienden su uso como un medio de retardar el avance de la miopía una vez que ha sido diagnosticada en los niños; pero aún se desconocen los efectos a largo plazo de este tratamiento.³¹

Morgan considera que para los niños chinos el sistema educativo es la verdadera némesis de la visión saludable, porque el instar a los padres a que hagan que sus niños pasen tiempo al aire libre no traerá ningún beneficio si el trabajo escolar sigue teniendo prioridad sobre la salud. “La elección está entre alentar a la gente a que pase más tiempo al aire libre y obligar a

que se pase más tiempo al aire libre a través del sistema escolar”, dice Morgan. “En general, Singapur ha optado por la persuasión, pero todo tipo de consideraciones sugieren que puede ser más efectivo hacer que [el tiempo pasado al aire libre] sea parte de la impartición de la educación.”

Al pregonar la exposición a la luz solar como una medida preventiva, Morgan reconoce que ésta es un problema importante al que se debe hacer frente: “a saber, que el incrementar el tiempo que se pasa al aire libre también tiene el potencial de propiciar el cáncer de la piel —un problema del cual, como australiano, soy plenamente consciente.” (Australia y Nueva Zelanda tienen la incidencia y los índices de mortalidad por melanoma cutáneo más elevados del mundo).³² Aquí, dice, el mecanismo cobra importancia. Si lo que confiere la protección es la vitamina D, que se produce en la piel como consecuencia de la exposición a los rayos ultravioleta —una hipótesis que Mutti está estudiando—,^{33,34} entonces la prevención de la miopía sería incompatible con la protección de la piel. Pero Morgan señala hallazgos en estudios realizados en pollos que indican que tanto la luz del día como la luz interior intensa libre de rayos ultravioleta

tuvieron un efecto protector.³⁵ Esto, afirma, sugiere que la prevención de la miopía depende de la acción de la luz visible sobre el ojo.

Si bien hasta ahora se han hecho progresos considerables, resulta clara la importancia de esclarecer aun más la relación entre la miopía y el medio ambiente. “Pero aun si se hace posible la prevención exitosa, durante los próximos cien años el Asia Oriental tendrá que seguir lidiando con una población adulta con alto riesgo de desarrollar una miopía patológica”, dice Morgan. “Por ello es esencial que comprendamos la historia natural de la miopía patológica, y si bien ha habido algunos avances prometedores en cuanto a su tratamiento, aún se requieren tratamientos más eficaces.”

Tim Loughheed trabaja como escritor independiente en Ottawa, Canadá, desde 1991. Fue presidente de la Asociación Canadiense de Escritores Científicos, y sus artículos cubren una amplia gama de temas de ciencia, tecnología, medicina y educación.

Referencias

1. Morgan I, et al. Myopia. *Lancet* 379(9827):1739-1748 (2012); [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4).
2. Wu P-C, et al. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology* 120(5):1080-1085 (2013); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.11.009>.
3. Jones-Jordan L, et al. Time outdoors, visual activity, and myopia progression in juvenile-onset myopes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 53(11):7169-7175 (2012); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.11-8336>.
4. Wu HM, et al. Does education explain ethnic differences in myopia prevalence? A population-based study of young adult males in Singapore. *Optom Vis Sci* 78(4):234-239 (2001); http://journals.lww.com/optvissci/Fulltext/2001/04000/Does_Education_Explains_Ethnic_Differences_in.12.aspx.
5. Lin LLK, et al. Prevalence of myopia in Taiwanese schoolchildren: 1983 to 2000. *Ann Acad Med Singapore* 33(1):27-33 (2004); <http://www.annals.edu.sg/pdf200401/V33N1p27.pdf>.
6. Jung S-K, et al. Prevalence of myopia and its association with body stature and educational

- level in 19-year-old male conscripts in Seoul, South Korea. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 53(9):5579-5583 (2012); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.12-10106>.
7. Lam CS-Y, et al. Prevalence of myopia among Hong Kong Chinese schoolchildren: changes over two decades. *Ophthalmol Physiol Opt* 32(1):17-24 (2012); <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00886.x>.
8. Morgan I, et al. Myopia. *Lancet* 379(9827):1739-1748 (2012); [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4).
9. Mutti DO, et al. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43(12):3633-3640 (2002); <http://www.iovs.org/content/43/12/3633.long>.
10. He M, et al. Refractive error and visual impairment in urban children in southern China. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 45(3):793-799 (2004); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.03-1051>.
11. Xiang F, et al. Increases in the prevalence of reduced visual acuity and myopia in Chinese children in Guangzhou over the past 20 years. *Eye* 27(12):1353-1358 (2013); <http://dx.doi.org/10.1038/eye.2013.194>.
12. Pan C-W, et al. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 32(1):3-16 (2012); <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x>.
13. Vitale S, et al. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol* 126(8):1111-1119 (2008); <http://dx.doi.org/10.1001/archophth.126.8.1111>.
14. Leske MC, et al. The Lens Opacities Case-Control Study. Risk factors for cataract. *Arch Ophthalmol* 109(2):244-251 (1991); <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=638914>.
15. Marcus MV, et al. Myopia as a risk factor for open-angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 118(10):1989-1994 e2 (2011); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.03.012>.
16. Lavanya R, et al. Hyperopic refractive error and shorter axial length are associated with age-related macular degeneration: the Singapore Malay Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 51(12):6247-6252 (2010); <http://dx.doi.org/10.1167/iOVS.10-5229>.
17. Kleinsteijn RN, et al. Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol* 121(8):1141-1147 (2003); <http://dx.doi.org/10.1001/archophth.121.8.1141>.
18. Vitale S, et al. Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol* 127(12):1632-1639 (2009); <http://dx.doi.org/10.1001/archophth.127.12.1632>.
19. Jones LA, et al. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 48(8):3524-3532 (2007); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.06-1118>.
20. Sherwin JC, et al. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents. *Ophthalmology* 119(10):2141-2151 (2012); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.04.020>.
21. Sherwin JC, et al. The association between time spent outdoors and myopia using a novel biomarker of outdoor light exposure. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 53(8):4363-4370 (2012); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.11-8677>.
22. Cui D, et al. Effect of day length on eye growth, myopia progression, and change of corneal power in myopic children. *Ophthalmology* 120(5):1074-1079 (2013); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.10.022>.
23. Verhoeven VJM, et al. Large scale international replication and meta-analysis study confirms association of the 15q14 locus with myopia. The CREAM consortium. *Hum Genet* 131(9):1467-1480 (2012); <http://dx.doi.org/10.1007/s00439-012-1176-0>.
24. Rose KA, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology* 115(8):1279-1285 (2008); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.12.019>.
25. Smith EL III, et al. Protective effects of high ambient lighting on the development of form-deprivation myopia in rhesus monkeys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 53(1):421-428 (2012); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.11-8652>.
26. Smith EL III, et al. Effects of local myopic defocus on refractive development in monkeys. *Opt Vis Sci* 90(11):1176-1186 (2013); <http://dx.doi.org/10.1097/OPX.0000000000000038>.
27. Ashby RS, Schaeffel F. The effect of bright light on lens compensation in chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 51(10):5247-5253 (2010); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.09-4689>.
28. Rose KA, et al. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch Ophthalmol* 126(4):527-530 (2008); <http://dx.doi.org/10.1001/archophth.126.4.527>.
29. Morgan IG, et al. Two year results from the Guangzhou Outdoor Activity Longitudinal Study (GOALS). Abstract 2735. Presented at: The Association for Research in Vision and Ophthalmology 2012, Fort Lauderdale, FL, 6-9 May 2012; <http://bit.ly/19V9bUR>.
30. Drury VB, et al. A new community-based outdoor intervention to increase physical activity in Singapore children: findings from focus groups. *Ann Acad Med Singapore* 42(5):225-231 (2013); <http://www.annals.edu.sg/pdf/42VolNo5May2013/V42N5p225.pdf>.
31. Chua W-H, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology* 113(12):2285-2291 (2006); <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.05.062>.
32. Sneyd MJ, Cox B. A comparison of trends in melanoma mortality in New Zealand and Australia: the two countries with the highest melanoma incidence and mortality in the world. *BMC Cancer* 13:372 (2013); <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2407-13-372>.
33. Mutti DO, Marks AR. Blood levels of vitamin D in teens and young adults with myopia. *Optom Vis Sci* 88(3):377-382 (2011); <http://dx.doi.org/10.1097/OPX.0b013e31820b0385>.
34. Mutti DO. Time outdoors and myopia: a case for vitamin D? *Optometry Times* (23 July 2013); <http://optometrytimes.modernmedicine.com/optometrytimes/news/time-outdoors-and-myopia-case-vitamin-d>.
35. Ashby R, et al. The effect of ambient illuminance on the development of deprivation myopia in chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci* November 50(11):5348-5354 (2009); <http://dx.doi.org/10.1167/iovs.09-3419>.