

El Hombre del Siglo XXI será más Miope?

Académico Eduardo Arenas Archila, MD, FACS, DOMS*

Resumen

Se hace una revisión de lo que ha sido la evolución del sistema ocular en la especie humana desde las formas más primitivas de visión. Se observa que los ojos han venido sufriendo un proceso de maduración y excelencia, en gran parte ligado a las necesidades de cada especie. La percepción de colores y ondas electromagnéticas, por ejemplo, varía en ciertos animales según los propósitos alimenticios.

El tamaño del ojo parece ir ligado al desarrollo del cerebro. La miopía que consiste en la presencia de un ojo más alargado, ha venido incrementándose en el último siglo. Aparentemente hay una asociación muy fuerte entre la presencia de miopía y el grado de culturización e inteligencia. Los pueblos más desarrollados presentan mayor incidencia de miopía, y ésta a su vez se incrementa con la escolaridad. Basados en estudios filogenéticos y epidemiológicos se esboza la hipótesis: «que el hombre del futuro será cada vez más miope y a su vez más inteligente».

Evolución del sistema ocular

El primer ser multicelular con «ojos» rudimentarios aparece en la mitad de la era proterozoica, es decir, hace 1500 millones de años y sólo hasta el

mesozoico, hace apenas 248 millones de años, se desarrollan los primeros animales con cerebro y ojos**. En los últimos 40 millones emergen los primates predecesores de los humanoides¹.

Al igual que para muchas especies animales, a lo largo de la historia de la evolución, la exposición a la luz marcó un cambio dramático en el ciclo vital. El hombre salió de las cavernas, para acostumbrarse a la luz: sin luz no hay visión. La tierra ha sido bombardeada por ondas electromagnéticas desde su creación. La luz, entre otros fenómenos, es la responsable de uno de las manifestaciones más primitivas de vida y se traduce en las escalas inferiores como un simple fototropismo. El anterior mecanismo da origen a los primeros esbozos de sistema ocular, que aparece, en especies primitivas como simples complejos celulares fotosensibles conectados a rudimentos locomotrices² más grandes. En forma paulatina el ojo comenzó a desarrollarse en la escala animal de manera que primero pasó de un elemento plano, a una depresión, mucho más tarde se fue trasformando en cavidad, la cual se fue cerrando en escalas superiores, para dar origen a un cristalino y un sistema de acomodación cuyo objetivo fue enfocar objetos a diferentes distancias³. El sistema visual de los insectos, medusas y otras especies desprovistas de corteza cerebral consistió en un mecanismo denominado «*copia de ambiente*» cuyo objeto principal era determinar movimiento de objetos⁴.

* Fundación Santafé de Bogotá - Departamento de Cirugía
Universidad Nacional de Colombia - Unidad de Oftalmología

** La proterozoica es la primera de las cuatro eras en que se divide la historia de la vida en la tierra y representa la "era de la vida primitiva", también llamada arcaica. En la cronología geológica corresponde al periodo precámbrico, que antecede al primer período de la era paleozoica y que a su vez se divide en superior, media e inferior. Se calcula que la era proterozoica va desde hace 2100 millones de años hasta hace 520 millones que comienza el paleozoico. En dicha era los animales y las plantas eran seres primitivos acuáticos y carentes de endoesqueletos o de cualquier concha protectora, de tal manera que ha sido muy difícil encontrar fósiles que definan bien sus características.

En la medida que fue necesitando la manera de archivar las características de los objetos para su supervivencia, fue apareciendo el cerebro como una extensión del ojo. Este a su vez, fue necesitando mejores, más numerosas y complejas interconexiones axonales que aparecieron en pájaros y animales más superiores, a fin de almacenar y procesar los cada vez más abundantes y múltiples estímulos visuales⁵.

Visión del color

El ojo humano sólo es capaz de percibir una pequeña franja del espectro electromagnético, la cual se extiende desde los 380 nanómetros (nm) de longitud de onda hasta los 780 nm. Las longitudes de onda más altas, es decir cercanas a los 780 nm, producen la visión del rojo, y las más pequeñas, el azul. Las ondas por encima del rojo, no percibidas por el ojo humano son las infrarrojas y en el otro extremo están las ultravioletas⁶.

Cada animal dentro de la escala zoológica percibe un rango diferente de ondas luminosas que va de acuerdo a sus necesidades alimenticias. Algunos insectos pueden percibir rayos ultravioletas, mientras que ciertas víboras captan franjas infrarrojas imperceptibles para el ojo humano⁷. Los mamíferos tuvieron un largo período de vida nocturna y por ello los pájaros desarrollaron unos mejores receptores de tipo conos y pigmentos capaces inclusive de ver los rayos ultravioleta⁸. Curiosamente la cantidad de conos en las aves no es muy abundante⁹. La capacidad de discernir colores se la debemos a los conos que son las células fotorreceptoras más abundantes en la región macular. Los conos son de tres tipos y cada grupo contiene un diferente pigmento sensible a los tres principales rangos de color (azul, verde, rojo).

La mayoría de los mamíferos posee una visión dicromática (azul, rojo)¹⁰, aunque los leones marinos al parecer distinguen sólo el azul y el verde¹¹.

Recientemente se encontró que ciertos simios del viejo continente, tenían una visión de colores de tipo tricromático (azul, verde, rojo), mientras que los del nuevo continente hasta ahora habían desarrollado pigmentos de tipo dicromático^{12, 13}. Este importante hallazgo podría interpretarse como una diferencia de estímulos entre los primates de los dos continentes, con períodos de más oscuridad en el hemisferio americano y de más desarrollo en el otro. Esta diferencia podría también atribuirse a diferentes hábitos alimenticios, que en una visión tricromática permite la diferencia entre hojas y frutos¹⁴.

Evolución de la visión del color

A partir de los siete colores fundamentales descritos por Newton a fines del siglo XVII, el número de gamas y matices se ha multiplicado exponencialmente. Hoy en día, las pantallas de computadora pueden discernir más de 4000 diferentes tipos de colores distintos¹⁵. Las tribus maorís en Nueva Zelanda poseen en su léxico más de 3000 nombres de colores según el objeto a que se refieran¹⁶. Al trasladar este concepto al arte, y en especial a la pintura, las posibilidades del artista son y han sido infinitas. Sin embargo, en las pinturas rupestres sólo encontramos el rojo y el negro. Homero, en la *Ilíada*, menciona solamente el rojo y el amarillo y emplea el término azul para describir los cabellos de Ulises¹⁷. Pitágoras describe solamente los colores rojo, amarillo, blanco y negro. El azul y el verde no aparecen descritos en el *Rig Veda* y Aristófanes no menciona el azul en el arco iris, reconociéndole solo el púrpura, el rojo y el amarillo verdoso¹⁶.

Aparentemente el ojo humano, a partir del Renacimiento, amplió su sensibilidad a los colores, quizá paralelo a la continua evolución del ser humano hacia una mejor y más amplia visión del espectro luminoso, y también al desarrollo de nuevas técnicas pictóricas. Con la aparición de la imprenta y la difusión de los conocimientos, vino el deseo de explorar el mundo y sus alrededores¹⁸. En la pintura apareció la perspectiva, que hasta entonces había sido de tipo bidimensional. En otras artes y en la ciencia se expandieron los conocimientos y comenzó un enriquecimiento cultural progresivo que amplió la memoria cerebral de imágenes¹⁶.

Cada individuo puede apreciar y distinguir los colores en distinta forma¹⁹. La distinción de los colores depende mucho de la cantidad y calidad de información previa almacenada en nuestro cerebro. Un óleo es visto y procesado en forma diferente por un profano con respecto a un experto o un artista; al igual que sucede en música con un concierto. En la década del 60 se desarrolló un método de registrar los sitios de atención de la mirada, conocido como "*scanpaths*"²⁰. En el arte se puede graficar la forma como diferentes tipos de personas observan una pintura determinada²¹. Cuando un individuo observa una escena o una obra de arte, los ojos hacen un rápido recorrido por los diferentes detalles, los movimientos oculares con este sistema, aparecen en forma de una gráfica secuencial^{22, 23}. Un experto en pintura seguirá cierto orden de observación muy distinto al de un ignorante²⁴.

En la retina se producen los estímulos visuales y en la corteza cerebral las mezclas e interconexiones que dan lugar a la percepción de la distinta gama de colores. Gracias a la resonancia magnética se han podido localizar en el cerebro de pacientes que sufren infartos occipitales y ceguera total a los colores o acromatopsia, áreas que podrían definirse como centros del color. Inicialmente se las ubicaba en el área V4 pero, recientemente, se puede hablar, casi de un centro del color que se sitúa en el girus fusiforme²⁵,²⁶, en su parte más posterior²⁷.

Anomalías en la percepción de los colores

Existen muchas teorías acerca de los mecanismos de la visión de colores. La más antigua fue esbozada por Goethe quien sostenía que el color se derivaba del contraste entre el blanco y el negro. Hering propuso la existencia de tres pares de colores primarios, y finalmente Young Von Helmholtz difundieron la teoría tricromática, que es la más aceptada en la actualidad, según la cual la retina humana está provista de tres tipos de conos, cada uno con pigmentos diferentes sensibles a los tres colores primarios o fundamentales²⁸. La población sin alteración de la visión cromática es definida como tricrómata o normal, los que no pueden percibir uno de los tres colores serán dicrómatas. El defecto más común es la confusión entre el verde y el rojo. Tradicionalmente se les llama daltónicos a todos los que padecen de problemas con los colores por haber sido John Dalton, el primero en descubrir en sí mismo y su hermano, ceguera a los colores. Hoy en día, daltónicos son las personas que confunden el rojo y el verde, pero en realidad los hermanos Dalton eran tritanopes, es decir no percibían bien el azul²⁹.

Genéricamente se denomina discromatopsia a cualquier alteración de la visión del color y acromatopsia a la ceguera total a los colores. Los ciegos al rojo serán protanopes y al verde deuteranopes. Algunos autores creen que la percepción de los colores se va perdiendo con la edad y se dice que puede ser debida a la disminución de los fotorreceptores³⁰. Otros estudios recientes muestran que restando las posibles opacidades de los medios y otras causas médicas, las personas por encima de los 80 años ven los mismos colores que los jóvenes, e incluso se ha encontrado una mayor sensibilidad en la periferia retiniana para la percepción de algunos colores^{31,32}. Con la introducción de la cibernética en la medición de los colores, es probable que se establezcan en forma más

clara estos parámetros^{33,34}. Las anomalías existentes en la percepción de los colores son muchísimo más frecuentes en los hombres: se encuentra en un 8% de ellos, mientras que en mujeres sólo en un 0.4%. No se ha podido dar una explicación científica satisfactoria a esta desproporción³⁵.

Para estudiar las anomalías del color se han diseñado múltiples pruebas. Las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara, por ejemplo, agrupan series de puntos de diferentes colores, de tal forma que las personas normales ven dibujado un número específico, mientras que los que tienen problemas de colores ven un número diferente³⁶. Posteriormente se introdujo la prueba de Farnsworth-Munsell, que consiste en una serie de fichas con colores de matices crecientes, que van desde el azul al rojo y la persona tiene que agrupar las fichas en un orden decreciente perfecto. Quienes padecen de discromatopsias lo harán en un orden inadecuado³⁷.

Nosotros realizamos un estudio prospectivo en 230 pacientes con catarata efectuándoles la prueba de colores de Farnsworth antes y después de realizar una extracción de cristalino con implante de lente intraocular³⁸. Encontramos que un 70% de los pacientes con opacidad nuclear del cristalino manifestó tritanopia, es decir una ceguera al azul y al púrpura, pero, dos meses después de operados, el 65% de estos ojos recuperó una visión de colores normal. El hecho de que los lentes intraoculares aún no han logrado tener la misma calidad óptica del cristalino normal, no interfirió en la recuperación de la normalidad de percepción cromática³⁹. Similares hallazgos han sido también encontrados recientemente en pacientes diabéticos en quienes el cristalino toma un color amarillento, al parecer responsable del trastorno en la percepción de los colores⁴⁰.

La presencia de tritanopia en personas con cataratas puede ser estudiada retrospectivamente en la historia del arte del siglo pasado, en aquellos artistas en los que se pudo constatar este tipo de alteración ocular; el caso específico, lo representan muchos de los pintores longevos del impresionismo que desarrollaron cataratas, comenzaron a manifestar cambios en el colorido de sus pinturas. Uno de los ejemplos más clásicos fue Claude Monet⁴¹. Pero también tuvieron problemas similares Mary Cassatt, Joseph Turner, George Roualt⁴². En la historia del arte se ha descrito repetidamente, cómo ciertas alteraciones sistémicas influyeron en los cambios de estilo de algunos pintores famosos⁴¹. El pintor colombiano, Fernando Dávila solucionó su *daltonismo*, colocando un filtro rojo especial

en un ojo, para darle a sus pinturas el color adecuado⁴³. El uso de filtros de longitud de onda amplia mejora mucho la percepción de colores en las personas con trastornos discromatopsicos⁴⁴.

Relación de la miopía con el arte

La lista de pintores consagrados, a quienes se le atribuye miopía es larga; muchos de los líderes del impresionismo fueron miopes y en parte, se atribuye a este movimiento la tendencia a dibujar en líneas vagas pero con gran juego de colores. A la explosión de colores de esta época se le conoce como el endocromismo o sea la expresión de la conciencia a través del color⁴⁵. Se encuentran documentadas las miopías de: Monet, Renoir, Cézanne, Degas y Matisse⁴⁶. En un estudio hecho en la Academia de Arte de París a principio del siglo XX, se encontró que un 48 % de los artistas eran miopes⁴⁷. Si analizamos cuidadosamente las diferentes pinturas a través de la historia del arte, podemos apreciar cómo en los últimos siglos la expresión de la pintura se ha hecho cada vez más policroma.

Prevalencia de la Miopía

La prevalencia de miopía varía según la edad en la que sea analizada. En los niños es menos frecuente ya que en parte su progresión se relaciona con el crecimiento estato-pondural, debido a que la miopía se relaciona con el tamaño del ojo y se manifiesta usualmente en la adolescencia. En muchos casos la miopía sólo comienza a manifestarse después de los ocho años, cuando aparentemente el ojo llega a su estado de madurez. En relación a la longitud axial el ojo puede seguir creciendo hasta la adolescencia tardía⁴⁸. Nosotros, realizamos un estudio, en el que revisamos 30.000 historias, seleccionando aquellos miopes que tuvieron un seguimiento mayor a cinco años y encontramos que el 7% de los miopes pueden seguir aumentando su poder dióptrico aún después de los 18 años de edad⁴⁹, lo cual estaría a favor de que algunos ojos continúan elongándose insidiosamente durante varias décadas. Posterior a nuestro estudio, otros autores encontraron hallazgos similares⁵⁰, cuando tradicionalmente se acepta que la miopía se detiene a partir de la segunda década de vida⁵¹. Este hallazgo tiene gran importancia hoy en día pues incide en el pronóstico de los pacientes que después de los 20 años se someten a cirugía refractiva.

Existen regiones como Taiwan en donde la miopía en los niños se encontró en el 56%⁵², en contraposición con la población africana de Monrovia y Dar en Salaam, en donde sólo se encuentra en el 1% de la

población⁵³ y en Madagascar que no alcanza ni el 1%⁵⁴. A medida que las estadísticas se hacen sobre grupos escolares de mayor edad, la prevalencia de la miopía tiende a aumentar. En Taiwan la miopía pasa del 56% en niños, al 84 % en adolescentes y en Omán (Arabia) del 0.56 % en niños a 5.16 % en mayores de 13 años⁵⁵.

Miopía e inteligencia

Aparentemente existe una relación directa entre la culturización de los pueblos y el grado de miopía. Después de los chinos de Taiwan con una frecuencia del 84%, le siguen en frecuencia Suecia con 49%⁵⁶ y Singapore con 44%^{57,58}. En los Estados Unidos la miopía en grupos raciales similares, sólo llega al 26%⁵⁹. Existen diversas evidencias que muestran una relación directa entre intelectualidad y grado de miopía. El estudio realizado por Sperduto y colaboradores en los Estados Unidos demostró que en los grupos de personas analizadas con menos de cinco años de escolaridad, la miopía era de solo 3%, ascendiendo al 28 % en personas con 9 a 12 años de estudios y pasando a 32% en aquellos con más de 12 años de educación universitaria⁵⁹.

Otros estudios hechos en diferentes países, han encontrado relaciones similares. En Singapore en donde la educación se ha facilitado cada vez más, la incidencia de miopía en la población general, pasó del 26 % en 1984 al 44% en 1992⁶⁰. Una investigación realizada en el Nepal, demostró una incidencia de miopía entre niños habitantes de las regiones rurales de Sherpa de 2.9%, mientras que en los sectores urbanos del Tíbet ascendió al 21%⁶¹. Estudios hechos en Dinamarca⁶², Checoslovaquia⁶³ e Israel⁶⁴ han sido consistentes con el mismo tipo de proporción estadística.

Por otra parte, durante diferentes pruebas para evaluar el rendimiento escolar en niños, se encuentra un menor rendimiento en aquellos que tienen hipermetropía^{65,66}. Teóricamente los hipermétropes tienen dificultad para la visión de cerca y a los miopes se les facilita, ya que tienen un punto focal mucho más cercano y cómodo⁶⁷.

En el grupo de los intelectuales encontraremos siempre más miopes que hipermétropes. Entre los poetas y escritores abundan también los miopes, como ejemplos mencionaremos a Goethe, Milton, Keats, Shelley, Shiller, Hesse⁶⁸. Entre los científicos los miopes siempre han abundado, algunos de ellos son: Koch, Ehrlich, Max Planck, Fiszcher, Ziegler⁶⁹. Algunos líderes importantes, sin embargo, fueron hipermétropes, como los Borgia, Hinderburg y Martín Lutero.

Miopía y herencia

Se ha especulado mucho acerca de la relación de la miopía y la inteligencia. Si nos atenemos a muchos de los estudios anteriormente mencionados, podríamos decir que el aumento de la miopía en grupos de población va en proporción directa con la oportunidad de culturizarse, lo cual podría asociarse al grado de intelectualidad más que a la inteligencia. Sin embargo, en pruebas realizadas en gemelos miopes, del mismo sexo, comparados con individuos no miopes similares, los primeros tuvieron ocho puntos más de coeficiente intelectual, en relación a los controles. Este mismo estudio, se comprobó, que las pruebas de intelectualidad superior precedieron a la aparición de la miopía⁷⁰. Esta gran predisposición genética, podría sostener la hipótesis según la cual el mismo gen que tiene la capacidad del desarrollo cerebral, tiene también el de la miopía, es decir hay una relación pleiotrópica^{71, 72}.

Una forma de explicar el fenómeno anterior, sería admitiendo que, así como se ha asociado el grado de inteligencia con el tamaño del cerebro, habría al mismo tiempo un mayor tamaño ocular, con longitud axial aumentada y consecuentemente miopía⁷³. Se ha demostrado alguna relación entre la circunferencia cerebral y los defectos refractivos⁷⁴. Otros estudios, sin embargo, han hallado poca relación entre el diámetro anteroposterior del cerebro y la inteligencia en gemelos⁷⁵. La introducción de la morfometría con resonancia magnética, ha facilitado la cuantificación de la corteza cerebral y el volumen neuronal, encontrándose mayores volúmenes en individuos con altos coeficientes intelectuales⁷⁶. Con este método se ha hallado una clara relación entre talento musical y el desarrollo de la corteza izquierda⁷⁷.

Además de la influencia del estudio sobre el desarrollo y el incremento de la miopía, existen otros factores de tipo racial y genético. Hemos visto que en países en donde predomina la raza negra, la prevalencia de miopía es muy baja, en Barbados es de sólo 2.5 %⁷⁸ y en Liberia del 3.7%⁵³. Una razón racial de tipo genético es la altísima incidencia de miopía entre los esquimales, que llega a un 67 % en la edad adulta⁷⁹. El factor genético desde luego juega un papel importante y es así que se ha comprobado que los defectos refractivos se heredan: un hijo de padres miopes tiene 6 veces más posibilidades de desarrollar miopía que uno de padres emétopes⁸⁰. Burgaff encontró en una serie de miopes, que en 35% había un factor hereditario dominante y en un 50% de tipo recesivo⁸¹. Otros autores al comparar grupos de gemelos

mono y dizigotes encontraron proporciones similares⁸². Algunos tipos de miopía muy alta pueden tener una herencia de tipo monogénico⁸³.

En la historia se han conocido familias muy clásicas de miopes como los Medicis⁸⁴. Entre los soberanos, heredaron la miopía la mayoría de los integrantes de los Capetos y los Valois como es fácil de diagnosticar a través de los múltiples retratos de pintores famosos de la época. Si la miopía se hereda y a la vez cada vez es más frecuente el número de miopes, el aumento de la misma será exponencial con el paso de los años.

Miopía racial

Se sabe que la proporción de miopes entre las personas de la raza negra es baja. La miopía varía de acuerdo con las razas y las regiones. Hemos visto que hay una distribución geográfica que va desde menos del 1% hasta el 86% de prevalencia^{85, 86, 87, 88, 89}. En Alaska, entre la población esquimal, se encuentran índices de hasta un 67% de miopes, entre la población adulta⁹⁰. Aunque históricamente esta raza ha permanecido en un grado muy primitivo de civilización con una tecnología limitada a la supervivencia y sin mayores documentos históricos o artísticos, esta alta proporción de miopes podría relacionarse con los efectos lumínicos tan especiales en esta región.

En Colombia hicimos una estadística comparativa entre Bogotá y Barranquilla, a fin de establecer la proporción de defectos refractivos entre las dos ciudades en una muestra consecutiva de 1000 historias clínicas. Encontramos que en Bogotá los miopes eran el 56% del grupo estudiado, mientras que en la costa Atlántica el 49%. Un estudio realizado en Tierrabomba sólo encontró un 5 % de miopes. Podríamos hablar de un factor racial, pero quizá también de uno de tipo educacional o una mezcla de los dos⁸⁴.

Miopía y otras asociaciones

Se ha documentado una serie de alteraciones físicas asociadas con la miopía, muchas de ellas, relacionadas una vez más, con coeficientes de inteligencia altos. Entre ellos personas con autismo infantil, gota, asma, alergias y la dominancia izquierda^{91, 92, 93}. Los zurdos a su vez, curiosamente han sido estrechamente relacionados con un mayor talento musical⁹⁴. Muchos de los músicos famosos han sido miopes. Entre los ejemplos bien establecidos están Beethoven, Schubert⁹⁵, Wagner, Bach⁹⁶, Bizet, Mahler, Schostakovitch y Stravinski⁹⁷.

Miopía y Personalidad

Los defectos de refracción se encuentran íntimamente ligados a la personalidad. Los miopes son personas que tienden a ser introvertidos y tímidos, mientras que los hipermetropes son extrovertidos y simpáticos⁹⁸. Estos patrones de personalidad han sido ligados a un balance del sistema autonómico: la introversión con el sistema parasimpático y la extroversión con un simpático dominante⁹⁹.

En un estudio vocacional que fuera realizado en la escuela de cadetes de Virginia en los Estados Unidos, entre 140 miopes y 118 no miopes; el primer grupo registró una fuerte predilección por profesiones de exigencia académica y de tipo creativo mientras que, el de los no miopes prefirió las actividades relacionadas con las ventas y profesiones realizadas a cielo abierto¹⁰⁰. Sin embargo, desde el punto de vista constitucional los miopes son más altos¹⁰¹, más magros y con mayor capacidad aeróbica que los hipermetropes¹⁰². Algunos autores piensan que esto puede ser debido a la forma en que se ocupa el tiempo libre¹⁰³.

Conclusión Hipotética

Se podría decir que con el incremento de las facilidades educativas, la introducción de los diversos medios audiovisuales y la educación masiva y a distancia, la humanidad tendría la tendencia a ser cada vez más miope y a su vez más inteligente⁷¹. Debemos descartar la teoría que los miopes se dedican más al estudio por preferir las ocupaciones de cerca que es donde mejor se desenvuelven. Esto no sería cierto si tenemos en cuenta que desde el siglo XIV se introdujeron los anteojos con Armato¹⁰⁴ y que en la última mitad del siglo XX, aparecieron los lentes de contacto¹⁰⁵ y más tarde la cirugía refractiva¹⁰⁶, que en teoría pone en igualdad de condiciones a los miopes, y las personas consideradas como normales desde el punto de vista refractivo, con muy buena visión tanto de lejos como de cerca.

Si nos atenemos a los diversos estudios filogenéticos, se ha comprobado que la corteza cerebral del *Homo Sapiens*, es cada vez más extensa y voluminosa, llegando a triplicar a la de nuestros predecesores primates^{107, 108}. Se ha comprobado también que el cráneo ha venido aumentando su capacidad volumétrica¹⁰⁹. Además el aumento de la longevidad puede estar en relación directa con el volumen cerebral y la disminución en la actividad metabólica¹¹⁰ por célula. Todos estos factores se suman al hecho reciente de una inusitada tendencia al incremento en la estatura en las últimas décadas. En Polonia, por ejemplo, se

encontró que en los últimos 30 años la estatura media ascendió de 170 a 176 cm en la población joven¹¹¹. En otros países se han comprobado hallazgos similares^{112, 113, 114}. No obstante, a pesar de este aumento, la estatura del hombre progresó proporcionalmente muy poco desde la época pleistocénica, hasta el siglo XX^{115, 116}.

Bajo el supuesto que el tamaño del cerebro tiene una relación directa con el tamaño del ojo⁷², podríamos deducir que el hombre del siglo XXI será más alto¹¹¹, más inteligente, más longevo y más miope, con una capacidad de percibir y disfrutar una gama casi infinita de colores.

Además, si aceptamos que la fovea de las aves evolucionó para ser capaz de discernir algunos rayos ultravioleta, al igual que algunos vertebrados¹¹⁷, en el futuro, el hombre estará acercándose a la visión de los rayos X, que son los que siguen a continuación de los ultravioleta en el espectro electromagnético.

Bibliografía

1. Holland D, Quinn N. Cultural models in language and thought. *New York Cambridge University Press*. 1987
2. Lawson MA; Satir P. Characterization of the eyespot regions of "blind" *Chlamydomonas* mutants after restoration of photophobic responses. *J Eukaryot Microbiol*, 1994;41: 593-601
3. Duke Elder E. System of Ophthalmology. The eye in evolution. *The CV Mosby Co. Saint Louis 1970 Vol 1:90-150*.
4. Nornes S; Clarkson M; Mikkola I; Pedersen M; Bardsley A; Martinez JP; Krauss S; Johansen T .Zebrafish contains two pax6 genes involved in eye development. *Mech Dev*, 1998;77: 185-96
5. Horridge GA .The evolution of visual processing and the construction of seeing systems. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, 1987; 230:279-92
6. Solso RL. Cognition and the visual arts. *A Bradford Book. The MIT Press. Cambridge Mass. 1999: 9-20*
7. Autrum H Das Farbensehen der Tiere Von Carl von Hess bis heute. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 1990;197:191-4
8. Goldsmith TH. Ultraviolet receptors and color vision: evolutionary implications and a dissonance of paradigms. *Vision Res* 1994; 34:1479-87
9. Goldsmith TH .Optimization, constraint, and history in the evolution of eyes. *Q Rev Biol*, 1990;65: 281-322
10. Jacobs GH .The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 1993; 68: 413-71
11. Griebel U; Schmid A .Color vision in the California sea lion (*Zalophus californianus*). *Vision Res*, 1992;32: 477-82
12. Jacobs GH .Primate photopigments and primate color vision. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 1996;93: 577-81
13. Nei M; Zhang J; Yokoyama S .Color vision of ancestral organisms of higher primates. *Mol Biol Evol*, 1997;14: 611-8
14. Osorio D, Vorobyev M. Colour vision as an adaptation to frugivory in primates. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1996;263:593-9

15. Garavelli JS. Molecular modeling on the Commodore Amiga. *J Mol Graph*; 1991;9: 24-36
16. Serrano H. El enigma del color. *Sociedad Venezolana de Oftalmología*. 1993;72-76
17. The Iliad of Homer, translation Lattimore R. Univ, Chicago 1987
18. Gelb MJ. Inteligencia Leonardo da Vinci. Editorial Norma SA. Bogotá. 1999:16-30
19. Halpern SD, Andrews TJ, Purves. Interindividual variation in human visual performance. *J Cogn Neurosci* 1999;11:521-34
20. O'Meara D, Fitton MH. Methods of measuring eye movements. *Am Orthopt J* 1966;16:50-6
21. Molnar F. Qués que ce nouveau en perception visual? *Annee Psychol*, 1980;80: 599-629
22. Zangemeister WH, Sherman K, Stark L. Evidence for a global scanpath strategy in viewing abstract compared with realistic images. *Neuropsychologia* 1995;33:1009-25
23. Noton D, Stark L. Scanpaths in eye movements during pattern perception. *J Neurol Sci* 2000;172:7-11
24. Nodine CF, Locher PJ, Kuprinski EA. *The role of formal art training on perception and aesthetic judgement on art composition*. *Leonardo* 1993;26:219-227
25. Zeki Semir. A vision of the brain. *Blackwell scientific publications Oxford*. 1993:136-138
26. Sakai K, Watanabe E, Onodera Y, Uchida I, Kato H, Yamamoto E, Koizumi H, Miyashita Y. Functional mapping of the human colour centre with echo-planar magnetic resonance imaging. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1995; 22:89-98
27. Beauchamp MS, Haxby JV, Jennings JE, DeYoe EA. An fMRI version of the Farnsworth-Munsell 100-Hue test reveals multiple color-selective areas in human ventral occipitotemporal cortex. *Cereb Cortex* 1999;9:257-63
28. Artigas JM, Capilla P, Felipe A, Pujol J. *Optica Fisiológica. Psicofísica de la Visión*. *Interamericana McGraw Hill*. 1995:220-240
29. Dickinson C Murray I, Carden D. John Dalton's Colour Vision Legacy: Selected Proceedings of the International Conference *Taylor & Francis* 1997;20-40
30. Kraft JM, Werner JS. Aging and the saturation of colors. 1. Colorimetric purity discrimination. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 1999;16:223-30
31. Enoch JM; Werner JS; Haegerstrom Portnoy G; Lakshminarayanan V; Rynders M. Forever young: visual functions not affected or minimally affected by aging: a review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 1999;54: B336-51
32. Berninger T; Drobner B; Hogg C; Rudolph G; Arden GB; Kampik A. Color vision in relation to age: a study of normal values. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 1999;215: 37-42
33. Nimsgerm C, Krastel H, Auffarth GU, Eggers I, Lang H. [Standardized evaluation of red, green and blue perception. Comparison between color arrangement and computer-assisted test procedures]. *Ophthalmologie* 1998; 95:559-63
34. Watanabe A, Pokorny J, Smith VC. Measuring short-wavelength-sensitive cone discrimination thresholds using pseudoisochromatic figures displayed on a color monitor. *Jpn J Ophthalmol* 1999;43:5-8
35. Hoepner JA, Shaffer DB. Genetic and chromosomal abnormalities of the eye. In Kelley VJ(ed) *Brennemann's Practice of Pediatrics*. Hagerstown MD, *Harper & Row* 1973, Vol 4 Chap 56, 1
36. Ishihara T. Test for colour blindness. 5th edition. Tokio 1925
37. Farnsworth T. Color disks for color abnormalities. *J. Opt Soc Amer* 1943;33:568-590
38. Arenas MC, Arenas E, Farnsworth D. 15 test for cataract patients. *Invest Ophthalmol & Visual Sciences*. 1996; S37:abs 3462
39. Mantyjarvi M, Syrjakoski J, Tuppurainen K, Honkonen V. Colour vision through intraocular lens. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75:166-9
40. Kessel L, Alsing A, Larsen. Diabetic versus non-diabetic colour vision after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 1999;83:1042-5
41. Marmor MF, Ravin JG. The eye of the artist. *The CV Mosby CO. Saint Louis* 1997:168-190
42. Lanthony P. Dyschromatopsias et pictorial art. *J Fr Ophtalmol* 1991;14:510-20
43. Davila F. Fernando Dávila. *Lerner Ltda*. 1993
44. Hovis JK. Long wavelength pass filters designed for the management of color vision deficiencies. *Optom Vis Sci*, 1997;74: 222-30
45. Canon-Aznar. Museo de los impresionistas-Librofilm *Aguilar. Editorial Aguilar* 1966:13-16
46. Mills L. Peripheral vision in art *Arch Ophthalmol* 1936;16:208-212
47. Patry A. Welchen Einfluss hat die Refraktion aus der Werk des Malers. *Kl. Mbl Augenheilk* 1917;58:597-601
48. Fledelius HC. Ophthalmic changes from age of 10 to 18 years. A longitudinal study of sequels to low birth weight. IV. Ultrasound ophthalmometry of vitreous and axial length. *Acta Ophthalmol (Copenh)*, 1982;60: 403-11
49. Arenas E, Arenas MC, Nader B. Myopia in young patients. *Invest Ophthalmol & Visual Sciences*, 1996; S37:abs 4614
50. Ellingsen KL; Nizam A; Ellingsen BA; Lynn MJ. Age-related refractive shifts in simple myopia. *J Refract Surg*, 1997;13: 223-8
51. Krause UH; Rantakallio PT; Koironen MJ; Möttönen JK. The development of myopia up to the age of twenty and a comparison of refraction in parents and children. *Arctic Med Res*, 1993; 52: 161-5
52. Lin LL; Shih YF; Tsai CB; Chen CJ; Lee LA; Hung PT; Hou PK. Epidemiologic study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995. *Optom Vis Sci*, 1999; 76: 275-81
53. Av Shalom A; Berson D; Blumenthal M; Gombos GM; Landau L; Zauberman H. Prevalence of myopia in Africans. Survey in Monrovia and Dar es Salaam. *Am J Ophthalmol*, 1967; 63: 1728-31
54. Auzemery A; Andriamanahaja R; Boisier P. *Une étude sur la prevalence et causes de les maladies des yeux entre le jeunes d'Antananarivo Antananarivo Sante*, 1995;5: 163-6
55. Lithander J. Prevalence of myopia in school children in the Sultanate of Oman: a nation-wide study of 6292 randomly selected children. *Acta Ophthalmol Scand*, 1999; 77: 306-9
56. Sterner B; Obleson J; Villareal M; Abrahamson A; Sjostron A; Sjostrand J. Myopia prevalence in 12-13 years old children in Sweden. *Invest Ophthalmol and Visual Sciences* 1999;40(abs 3664)
57. Tay MT; Au Eong KG; Ng CY; Lim MK. Myopia and educational attainment in 421,116 young Singaporean males. *Ann Acad Med Singapore*, 1992;21: 785-91
58. Au Eong KG; Tay TH; Lim MK. Race, Culture and Myopia in 110,236 young Singaporean males. *Singapore Med J*. 1993;34: 29-32
59. Sperduto RD; Seigel D; Roberts J; Rowland M. Prevalence of myopia in the United States. *Arch Ophthalmol*, 1983;101: 405-7

60. Tay MT; Au Eong KG; Ng CY; Lim MK. Myopia and educational attainment in 421,116 young Singaporean males. *Ann Acad Med Singapore*, 1992;21: 785-91
61. Garner LF; Owens H; Kinnear RF; Frith MJ. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal. *Optom Vis Sci*, 1999;76: 282-5
62. Teasdale TW; Fuchs J; Goldschmidt E. Degree of myopia in relation to intelligence and educational level. *Lancet*, 1988; 2:8624, 1351-4
63. Dolezalová V; Mottlová D. Relation between myopia and intelligence. *Cesk Oftalmol*, 1995;51: 235-9
64. Rosner M; Belkin M. Intelligence, education, and myopia in males. *Arch Ophthalmol*, 1987;105: 1508-11
65. Stewart Brown S; Haslum MN; Butler N. Educational attainment of 10-year-old children with treated and untreated visual defects. *Dev Med Child Neurol*, 1985;27: 504-13
66. Williams SM; Sanderson GF; Share DL; Silva PA. Refractive error, IQ and reading ability: a longitudinal study from age seven to 11. *Dev Med Child Neurol*, 1988;30: 735-42
67. Gawron VJ. Differences among myopes, emmetropes, and hyperopes. *Am J Optom Physiol Opt*. 1981;58: 753-60
68. Sorsby A. On the nature of Milton's blindness. *Br J Ophthalmol* 1930;14:339-341
69. Hermann A. Premios nobel Alemanes. *Sociedad Editora Heis Moos. Munich* 1968
70. Karlsson JL. Genetic factors in myopia. *Acta Genet Med Gemellol (Roma)*, 1976;25: 292-4
71. Karlsson JL. Influence of the myopia gene on brain development. *Clin Genet*, 1975;8: 314-8
72. Cohn SJ; Cohn CM; Jensen AR. Myopia and intelligence: a pleiotropic relationship? *Hum Genet*, 1988;80: 53-8
73. Miller EM. On the correlation of myopia and intelligence. *Genet Soc Gen Psychol Monogr*, 1992;118: 361-83
74. Rasooly R; Zauberman H. Correlations between ocular optical components, height and head circumference. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1988, 8: 351-2
75. Tramo MJ; Loftus WC; Stukel TA; Green RL; Weaver JB; Gazzaniga MS. Brain size, head size, and intelligence quotient in monozygotic twins. *Neurology*, 1998;50: 1246-52
76. Reiss AL, Abrams MT, Singer HS, Ross JL, Denckla M. Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain* 1996;119:1763-74
77. Schlaug G, Jancke L, Huang Y, Steinmetz H. In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science* 1995;267: 699-701
78. Wu SY; Nemesure B; Leske MC. Refractive errors in a black adult population: the Barbados Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1999;40: 2179-84
79. Van Rens GH; Arkel SM. Refractive errors and axial length among Alaskan Eskimos. *Acta Ophthalmol (Copenh)*, 1991;69: 27-32
80. Pacella R, Mc Lellan J, Grice K, Del Bono EA, Wiggs JL, Gwiazda JE. Role of genetic factors in the etiology of juvenile-onset myopia based on a longitudinal study of refractive error. *Optom Vis Sci* 1999;76:381-6
81. Burgaft MB. Role of heredity in myopia. *Oftalmol Zh*, 1990: 4, 231-5
82. Teikari JM; O'Donnell J; Kaprio J; Koskenvuo M. Impact of heredity in myopia. *Hum Hered*, 1991;41: 151-6
83. Goss DA; Hampton MJ; Wickham MG. Selected review on genetic factors in myopia. *J Am Optom Assoc*, 1988; 59: 875-84
84. Alaerts Lla myopie Héreditaire des Medicis. *Laboratories Cussie.Brusselles* 1957
85. Rosner M; Belkin M. A nation-wide study of myopia prevalence in Israel. Findings in a population of 312,149 young adults. *Metab Pediatr Syst Ophthalmol*, 1991; 14:2, 37-41
86. Wensor M; McCarty CA; Taylor HR. Prevalence and risk factors of myopia in Victoria, Australia. *Arch Ophthalmol*, 1999;117: 658-63
87. Kinge B; Midelfart A. Refractive errors among engineering students in Norway. *Ophthalmic Epidemiol*, 1994;1: 5-13
88. McCarty CA; Livingston PM; Taylor HR. Prevalence of myopia in adults: implications for refractive surgeons. *J Refract Surg*, 1997;13: 229-34
89. Lewallen S; Lowdon R; Courtright P; Mehl GL. A population-based survey of the prevalence of refractive error in Malawi. *Ophthalmic Epidemiol*, 1995;2: 145-9
90. Alward WL; Bender TR; Demske JA; Hall DB. High prevalence of myopia among young adult Yupik Eskimos. *Can J Ophthalmol*, 1985;20: 241-5
91. Sofaer JA; Emery AE. Genes for super-intelligence? *J Med Genet*, 1981;18: 410-3
92. Benbow CP. Physiological correlates of extreme intellectual precocity. *Neuropsychologia*, 1986;24: 719-25
93. Piven J; Arndt S; Bailey J; Haverkamp S; Andreasen NC; Palmer P. An MRI study of brain size in autism *Am J Psychiatry* 1995;152:1145-9
94. Hassler M; Gupta D. Functional brain organization, handedness, and immune vulnerability in musicians and non-musicians. *Neuropsychologia*, 1993; 31: 655-60
95. Bankl H. Unbeended symphony. Medical biographical history of Franz Schubert on the 200th anniversary of his birthday *Wien Klin Wochenschr* 1997;109:777-80
96. Trevor -Roper P. The world through the blunted sight. *Thames and Hudson. London*, 1971:31
97. Höweler C. Enciclopedia de la música guía del melómano y el discófilo. *Editorial Noguer Barcelona*, 1967
98. Beedle SL; Young FA. Values, personality, physical characteristics, and refractive error. *Am J Optom Physiol Opt*, 1976;53:735-9
99. Gawron VJ. Ocular accommodation, personality, and autonomic balance. *Am J Optom Physiol Opt*, 1983; 60:630-9
100. Young FA; Singer RM; Foster D. The psychological differentiation of male myopes and nonmyopes. *Am J Optom Physiol Opt*, 1975;52: 679-86
101. Teikari J. Myopia and stature. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1987 Dec;65(6):673-6
102. Gawron VJ. Differences among myopes, emmetropes, and hyperopes. *Am J Optom Physiol Opt*, 1981;58: 753-60
103. Parssinen O; Era P; Leskinen AL. Some physiological and psychological characteristics of myopic and non-myopic young men. *Acta Ophthalmol Suppl* 1985;173:85-7
104. Goldstein MJ. Eyeglasses. *Catolrhoda books, Inc. Minneapolis*, 1997
105. Nugent MS. The corneal lens. A new type of plastic lens: A preliminary report. *Ann West Med Surg* 1948;2:241-246
106. Barraquer JI. Method for cutting lamellar grafts in frozen corneas: New orientation for refractive surgery. *Arch Soc Am Ophthalmol* 1958;1: 237
107. Barton R. Neocortex size and behavioural ecology in primates. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1996; 22:173-7
108. Rilling JK, Insel T. The primate neocortex in comparative perspective using magnetic resonance imaging. *Hum Evol* 1999; 37:191-223
109. Leigh SR. Cranial capacity evolution in *Homo erectus* and early *Homo sapiens*. *Am J Phys Anthropol* 1992;87:1-13
110. Hofman M. Energy metabolism, brain size and longevity in mammals. *Q Rev Biol* 1983;58:495-512

111. Bielicki T; Szklarska A. Secular trends in stature in Poland: national and social class-specific. *Ann Hum Biol* 1999;26:251-8
112. Olivier G; Chamla MC; Devigne G; Jacquard A; Iagolnitzer E. Trend de l'stature en France C R. A. cad Sci Hebd Seances Acad Sci D 1977, 12: 343-5
113. Dubrova YE; Kurbatova OL; Kholod ON; Prokhorovskaya VD. Secular growth trend in two generations of the Russian population. *Hum Biol* 1995;67:755-67
114. Kac G. Secular trends in the stature of Brazilian Navy recruits born from 1940 and 1965. *Cad Saude Publica* 1998;14:565-73
115. Feldesman MR; Kleckner JG; Lundy JK. Femur/stature ratio and estimates of stature in mid- and late-Pleistocene fossil hominids. *Am J Phys Anthropol* 1990;83:359-72
116. Holliday TW. Body proportions in Late Pleistocene Europe and modern human origins. *J Hum Evol* 1997;32:423-48
117. Goldsmith TH. Ultraviolet receptors and color vision: evolutionary implications and a dissonance of paradigms. *Vision Res* 1994;34:1479-87