



COMUNICACIONES BREVES

Efectos de los dispositivos electrónicos sobre el sistema visual



Alejandro Arias Díaz^{a,*}, Neisy Bernal Reyes^b y Luis Eduardo Camacho Rangel^c

^a Especialista de I Grado en Oftalmología y Medicina General Integral, Diplomado en Oftalmología Pediátrica y Estrabismo, Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, Marianao, Habana, Cuba

^b Especialista de I Grado en Oftalmología y Medicina General Integral, Diplomado en Manejo Clínico-Quirúrgico de enfermedades Corneales y Cirugía Refractiva, Diplomado en Manejo Clínico-Quirúrgico de enfermedades del Cristalino, Máster en Longevidad Satisfactoria, Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, Marianao, Habana, Cuba

^c Médico General, Residente de III Año de Oftalmología, Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, Marianao, Habana, Cuba

Recibido el 13 de enero de 2016; aceptado el 22 de marzo de 2016

Disponible en Internet el 27 de mayo de 2016

PALABRAS CLAVE

Estereopsia;
Asthenopia;
Conflicto
acomodación-
convergencia

KEYWORDS

Stereopsis;
Asthenopia;
Accommodation-
convergence
conflict

Resumen

Objetivo: Se realiza una revisión bibliográfica de de los nuevos dispositivos electrónicos, sus principios de funcionamiento y cómo estos influyen en el sistema visual.

Conclusiones: Los dispositivos electrónicos para la visualización de imágenes no producen un daño orgánico en el sistema visual, pero sí influyen en la aparición de fatiga o síntomas astenóticos si se usan de manera inadecuada o sin tomar las medidas de protección recomendadas.

© 2016 Publicado por Masson Doyma México S.A. en nombre de Sociedad Mexicana de Oftalmología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effect of the electronic devices over the visual system

Abstract

Objective: A literature review on the new electronic devices, their operating principles and how these affect the visual system is performed.

Conclusions: Electronic devices for displaying images not produce an organic damage to the visual system, but can produce fatigue or asthenopia without recommended protective measures.

© 2016 Published by Masson Doyma México S.A. on behalf of Sociedad Mexicana de Oftalmología. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia. Instituto Cubano de Oftalmología «Ramón Pando Ferrer». Calle 76 # 3104 e/31 y 41. Marianao. Habana. Cuba. Teléfono: 0-53-72654800.

Correo electrónico: aarias@horpf.sld.cu (A. Arias Díaz).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mexoft.2016.03.008>

0187-4519/© 2016 Publicado por Masson Doyma México S.A. en nombre de Sociedad Mexicana de Oftalmología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Existe un mito popular entre la población acerca de los efectos perjudiciales que ejercen los nuevos dispositivos electrónicos sobre la visión. Nos propusimos hacer una revisión actualizada del tema basándonos en los principios de funcionamiento de estas nuevas tecnologías de los equipos tales como televisión (TV), videoconsolas o «Nintendos», tables, computadoras personales, móviles inteligentes o smartphones, etc.

Los dispositivos de tres dimensiones (3D) utilizan una tecnología que aunque aún le quedan muchas aristas e información que investigar es una tecnología que ha llegado y su futuro en el mercado es crecer, pues su aplicación es cada vez mayor, en programas de realidad virtual, como simuladores de conducción de vehículos, en el aprendizaje de técnicas quirúrgicas en la medicina, en Internet, en dispositivos móviles, TV, cine y otros.

Desde el surgimiento de la TV los padres y/o abuelos han creído que acercarse mucho a la TV daña los ojos, sobre todo para los niños porque son los que más se acercan, y esta creencia popular se ha transmitido de generación en generación. Para los niños su mundo transcurre sobre todo de cerca, por eso tienen hábito de ver la TV de cerca o acercarse mucho cuando leen. La Academia Americana de Oftalmología afirma que los niños enfocan de cerca mejor que los adultos sin desarrollar síntomas de fatiga visual y sin repercusiones nocivas para el sistema visual¹⁻³.

La fatiga visual o astenopia se explica porque cuando miramos objetos cercanos, nuestros ojos se acomodan para enfocarlos y esto requiere la contracción de los músculos oculares los cuales con el tiempo se fatigan y los síntomas se resuelven espontáneamente cuando descansamos⁴.

La TV convencional o TV de pantalla de tubo de rayos catódicos está basada en la sucesión de imágenes por segundos transcurridos para que el ojo la perciba como continua y real. Para que este principio funcione correctamente la frecuencia en la sucesión de imágenes por segundo debe ser de entre 25 y 30, pero si nos acercamos demasiado a la pantalla de la TV notaremos un pequeño salto o temblor fino formado por la matiz de puntos que conforma la imagen televisiva. Mientras más grande es la pantalla de la TV más distancia debemos guardar de la misma, pues los puntos entre sí establecen una mayor distancia. Este fenómeno es conocido como pixelización de la imagen. Si nos colocamos a una distancia en donde podamos apreciar estos finos puntos y se prolonga nuestra estancia allí entonces se pueden producir síntomas de fatiga visual. Además la imagen televisiva no es estática sino que se van trazando líneas horizontales sucesivas desde arriba hacia abajo hasta un total de 525 (en el sistema NTSC), y llegada la última línea se inicia de nuevo el proceso. El número de veces que pasa por segundo en la pantalla es la frecuencia de refresco. La misma debe ser mayor de 50 Hz para que el ojo no perciba la sensación de temblor en la pantalla. Este temblor de la imagen es otro de los factores que más fatiga visual produce, por lo que cuanto mayor sea la frecuencia de refresco más confortable será la visualización del televisor. En los televisores de plasma la permanencia de cada imagen es mayor pues el principio de funcionamiento es diferente, eliminando la sensación de temblor y por tanto evitando la aparición de síntomas por esta causa. Su funcionamiento es muy similar a los carteles de neones. Los 2 electrodos que tiene cada una de las celdas son cargados eléctricamente

y cuando la electricidad salta entre estos hace que el gas xenón o argón se ionice y se convierta en plasma⁵.

La diferencia de las pantallas de cristal líquido) es que necesitan una lámpara para iluminarse. En las pantallas de plasma la resolución por pulgada es menor que en las de cristal líquido, provocando también que al acercarnos a la pantalla podamos ver una cuadrícula cuando nos acercamos mucho⁵.

Esta fatiga es consecuencia del principio tecnológico de construcción de los televisores, pero además influye la proximidad del ojo a una imagen cercana de manera prolongada también desde el punto de vista de la física óptica por el fenómeno de acomodación. Si miramos a un objeto cercano los rayos llegan divergentes al ojo y los mismos ya no convergen en la retina, sino por detrás de ella. Para que se logre enfocar en la retina hay que aumentar la potencia en un proceso llamado acomodación. La acomodación se mide en dioptrías, que es la forma en que se mide la potencia de una lente y es el resultado de dividir uno entre la distancia focal (en metros). Por lo tanto, con una sencilla división podemos calcular las dioptrías que acomodamos. Para un objeto situado a 33 cm, que es la distancia habitual de lectura, necesitamos acomodar aproximadamente 3 dioptrías. Cuando miramos una pantalla de computadora aproximadamente a 65 cm acomodamos 1.5 dioptrías y cuando miramos la TV, con una distancia de 3 m necesitaríamos esforzarnos 0.33 dioptrías lo que se considera poca graduación teniendo escasa repercusión visual. Por tanto se sugiere que la distancia adecuada debe ser siempre mayor de 3 m, lo que no siempre ocurre en la infancia donde los niños normalmente se acercan más para ver la imagen más grande, para sentirse envueltos en esa realidad. Otra recomendación en el orden práctico es multiplicar por 3 la altura máxima de la pantalla del televisor para tener la distancia adecuada para su visualización, otra fórmula fácil de recordar es multiplicar las pulgadas de la pantalla por 10 y expresarlas en centímetros, resultando la distancia a guardar del equipo en particular⁶.

Otro factor importante es la iluminación de la habitación. Un televisor es una fuente emisora de luz directa por lo que hay más posibilidades de que el ojo se fatigue. Cuanto más iluminada esté la TV más nos cansaremos, ya que el ojo no se adapta adecuadamente a la iluminación directa de la pantalla. Si vamos bajando la intensidad de la pantalla tampoco solucionaremos el problema, porque siempre va a haber diferencia con el entorno y además disminuimos el contraste por lo que diferenciaremos menos las imágenes y nos producirá fatiga visual. Una solución aceptable es aumentar la luz de la habitación mediante iluminación indirecta⁶.

La visualización del detalle es otro aspecto a tener en cuenta. Si las letras son grandes y predominan los primeros planos nos fatigaremos menos, por el contrario con letras pequeñas o si predominan las escenas más generales (con más detalles que mirar) podremos tener mayor astenopia visual. Este aspecto repercute menos en la infancia por las características de los programas diseñados para esas edades⁶.

Las tecnologías anteriores tienen en común con relación a la visión que sus fuentes de funcionamiento y sus componentes no provocan daño visual directo, pero sí pueden producir, como de hecho ocurre, incomodidad por fatiga visual por diferentes motivos.

En la literatura especializada existen muchísimos artículos refiriéndose a los efectos nocivos de las computadoras, denominado síndrome visual de la computadora o síndrome de visión por computador¹⁻³, que engloba un grupo de problemas relacionados con la visión, provocados por el uso prolongado de la computadora, pero son efectos nocivos o síntomas no específicos como fatiga visual, dolores de cabeza, visión borrosa, ojo seco y dolor del cuello y hombro. La Academia Americana de Oftalmología ha explicado que cuando estamos frente a una computadora por largos periodos de tiempo los ojos parpadean menos que cuando realizamos otra actividad de cerca, aumentando así el tiempo de evaporación de la lágrima, produciéndose reseca ocular, provocando fatiga visual y ardor ocular¹⁻³. Recomendando descansar los ojos cada hora, mirar objetos lejanos y parpadear frecuentemente para evitar estos síntomas. Incluso se recomienda el uso de lágrimas artificiales¹⁻³.

La tecnología LED («light-emitting diode») es un tipo de iluminación utilizada principalmente en telefonía móvil y dispositivos de pantalla pequeña, que consta de diodos emisores de luz, reemplazando así las tradicionales luces fluorescentes, aumentando la eficiencia energética y prolongando la vida de la luz posterior de la pantalla. Con relación a esta última tecnología se encendió la polémica a partir de una publicación por parte de un equipo de reconocidos científicos de la Universidad Complutense de Madrid, mostrando el daño que causa la luz LED en la retina humana, en particular la parte tóxica de esta luz que es la parte azul del espectro. En sus experimentos exponían células del epitelio pigmentario de la retina de donantes humanos a luz LED directa de diferente intensidad, durante 72 h en ciclo circadiano. Los resultados impresionaron de manera rotunda pues el 93% de las células morían cuando no tenían protección⁷. Posteriormente a estas afirmaciones el mismo equipo de investigadores liderados por la Dra. Celia Sánchez-Ramos Roda publicó el desarrollo de una tecnología que permite la protección, logrando la supervivencia celular hasta el 90%^{8,9}.

La revolucionaria tecnología de 3D, aplicada en la TV, computadoras, cines, teatros, etc. produce más astenopia que la antigua tecnología de 2D. Los efectos que esta tecnología puede tener sobre el sistema visual no se conocen bien aún. Para disfrutarla, las personas deben tener una visión binocular o estereopsia normal¹⁰.

Para obtener una visión de 3D los dispositivos utilizan los fundamentos de la estereopsia, la cual consiste en que la imagen proveniente de cada ojo se produce en un plano horizontal. La distancia desde la pantalla al ojo se mantiene fija, proveyendo una distancia focal única, pero la introducción simultánea de disparidad entre las imágenes de los objetos localizados geoméricamente enfrente, o detrás de la pantalla es lo que produce esta visión con percepción de profundidad o de 3D^{11,12}.

Las vergencias fusionales son necesarias para percibir 2 imágenes horizontales dispares así como la estereopsia cuando se observan imágenes en 3D. La acomodación va acompañada de la convergencia de los ojos, la cual no es necesaria porque la distancia entre los ojos y las pantallas de 3D es fija. Este conflicto entre vergencia y acomodación se considera el factor más importante causante de la llamada fatiga 3D. Aunque este principio es utilizado beneficiosamente para tratamientos ortópticos en oftalmología¹⁰.

Emoto et al. demostraron que la amplitud de fusión muestra una mayor disminución cuando se mira la TV en 3D que cuando se mira la TV convencional debido a movimientos forzados de vergencias de los ojos¹³.

Los productores de tecnologías 3D proveen una imagen que se enfoca sobre una pantalla única, y su consecuencia es una imagen estereoscópica pero con enfoque nítido. El área fusional de Panum es dependiente de la frecuencia espacial^{4,12} y por esto las frecuencias espaciales altas presentes en la imagen de 3D estereoscópica proveen diferentes estímulos al sistema de fusión¹¹.

Un estudio realizado en el Departamento de Oftalmología de la Universidad de Medicina de Seúl en el 2013 evaluó la agudeza visual estereoscópica y el malestar sistémico y fatiga visual, en un grupo control de pacientes sanos con estereopsia normal y pacientes con anomalías de visión binocular tales como estrabismo, ambliopía y anisometropía. Los resultados arrojaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo con trastornos de visión binocular en cuanto a la fatiga visual y las molestias sistémicas, pero sí con relación a la percepción de las imágenes en 3D que se encontraba disminuida. Concluyeron que aquellos pacientes con anomalías de visión binocular que tenían mejor estereopsia tenían mayor cefalea y molestia visual, sugiriendo que este resultado se debe a que las personas con niveles normales de estereopsia o cercanos a lo normal deben hacer un mayor esfuerzo en las vergencias fusionales y la acomodación mientras miran imágenes en 3D para mantener la fusión¹⁰.

El conflicto acomodación-convergencia ha sido bien estudiado y documentado por numerosos autores¹⁴, estableciéndose el concepto de zona de visión binocular nítida y haplópica, la cual no es más que la unión de la vergencia y el estímulo focal con la cual el paciente puede ver claramente mientras mantiene la fusión binocular¹⁵. Percival y Sheard fueron los pioneros en las mediciones de esta zona, estableciendo sus criterios, los cuales se consideran los valores normales^{16,17}.

Existen investigaciones como la de Lambooj et al.¹⁸, la cual establece medidas de la distancia a la cual debe estar la pantalla de 3D para las zonas de comodidad nítida y haplópica en visión lejana y cercana. Este mismo estudio expresa que el conflicto en sí entre acomodación-convergencia que se creía era la causa más importante de astenopia 3D hasta ese momento era uno de los factores a tener en cuenta, pero no el único. Su artículo concluye que incluso en la zona de comodidad nítida y haplópica diferencias aun menores de un grado pueden producir astenopia 3D debido a factores como:

- Cambios temporales en la demanda en el conflicto acomodación-convergencia. Ejemplo: movimientos bruscos de profundidad.
- Los dispositivos electrónicos de 3D no ofrecen información suficiente en cuanto a: grados de profundidad de la señal, datos de rendimiento de la señal espacial de entrada y además presentan inconsistencias temporales.
- Desenfoque artificial: múltiples medidas objetivas y subjetivas que influyen en la fatiga visual como el tamaño de la imagen en la pantalla¹⁸.

Shibata et al.¹⁹ realizan un estudio donde demuestran que los conflictos de acomodación-convergencia que producen más astenopia en estereovisión son: en visión paralela, es decir a distancias de lejos más que de cerca; en imágenes proyectadas por detrás de la pantalla en visión lejana; en imágenes proyectadas por delante de la pantalla en visión cruzada. Además demuestran que la fatiga visual y la zona de visión binocular nítida y haplopica es dependiente del tipo de pantalla de 3D (cine, móvil, TV)¹⁹.

Yum et al. realizaron un estudio donde determinaron que el punto cercano de acomodación y el punto cercano de convergencia aumentaban luego de ver imágenes en 3D, incluso en pacientes de 40-50 años aumentó más que en pacientes de 20-30 años. El tiempo de recuperación del punto cercano de acomodación y el punto cercano de convergencia fue significativamente mayor luego de ver imágenes proyectadas con disparidad de 3 grados con respecto a imágenes con disparidad de un grado y en el grupo de 40-50 años fue mayor. También demostraron que el tiempo de rotura de la película lagrimal y la altura y profundidad del menisco lagrimal disminuyeron luego de ver imágenes estereoscópicas y disminuyeron más en este último grupo de edad²⁰.

Hands et al. publicaron un artículo recientemente donde expone que en la percepción de la estereovisión no solo influye la distancia a la que está la pantalla del observador sino también el tamaño físico de la imagen en la pantalla²¹.

Conclusiones

Los dispositivos electrónicos para la visualización de imágenes no producen un daño orgánico en el sistema visual, pero sí influyen en la aparición de fatiga o síntomas astenopicos si se usan de manera inadecuada o sin tomar las medidas de protección recomendadas.

Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- American Optometric Association. Computer vision syndrome [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://www.aoa.org>
- Computer Vision Syndrome. All about vision [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://www.allaboutvision.com:80/cvs/>
- Bedinghaus T. Ways to prevent computer vision syndrome in children [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: http://vision.about.com/od/childrensvision/tp/Computer_Vision
- Academia Americana de Oftalmología. Parte 6. Cap 4: Fisiología y patologías sensoriales. En: *Oftalmología pediátrica y estrabismo*. Amsterdam: Academia Americana de Oftalmología; 2012. p. 33-54 (Curso de Ciencias Básicas y Clínicas).
- Bosc E, Le Callet P, Morin L, et al. 3D-TV system with depth-image-based rendering. Architectures, techniques and challenges. New York: Publisher Springer; 2013. ISBN 978-1-4419-9963-4.
- Barraquer R, Picó A. Centro de Oftalmología Barraquer. ¿A qué distancia debe verse la televisión? [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://www.co-barraquer.es>
- Mahecha J. Luz azul ¿enemigo silencioso? [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://www.grupofranja.com/index.php/oftalmica/item/810-luz-azul-enemigo-silencioso>
- Pastor J Científicos españoles desarrollan Reticare, un protector de pantalla que cuida nuestra vista [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://www.xataka.com/moviles/cientificos-espanoles-desarrollan-reticare-un-protector-de-pantalla-que-cuida-nuestra-vista>
- Cuida tu vista.Com. Protector de pantalla Reticare para móviles, tablets y videoconsolas [consultado 4 Nov 2015]. Disponible en: <http://cuidatuvista.com/protector-pantalla-reticare-moviles-tablets/>
- Kim SH, Suh YW, Yoo EJ, et al. Influence of stereopsis and abnormal binocular vision on ocular and systemic discomfort while watching 3D television. *Eye*. 2013;27:1243-8.
- Howarth PA. Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: A review. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011;31:111-22.
- Martín Herranz R, Vecilla Antolínez G. Manual de optometría. Madrid: Médica Panamericana; 2011.
- Emoto M, Nojiri Y, Okano F. Changes in fusional vergence limit and its hysteresis after viewing stereoscopic TV. *Displays*. 2004;25:67-76.
- Kooi FL, Toet A. Visual comfort of binocular and 3D displays. *Displays*. 2004;25:99-108.
- Fry G. Further experiments on the accommodative convergence relationship. *Am J Optom*. 1939;16:325-34.
- Percival AS. The relation of convergence to accommodation and its practical bearing. *Ophthalmol Rev*. 1892;11:313-28.
- Sheard C. The prescription of prisms. *Am J Optom*. 1934;11:364-78.
- Lambooi M, Fortuin M, Heynderickx I, et al. Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: A review. *J Imaging Sci Technol*. 2009;53:30201-14.
- Shibata T, Kim J, Hoffman DM, et al. The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays. *J Vis*. 2011;11:1-29.
- Yum HR, Park SH, Kang HB, et al. Changes in ocular factors according to depth variation and viewer age after watching a three-dimensional display. *Br J Ophthalmol*. 2014;98:684-90.
- Hands P, Khushu A, Read J. The interaction between relative, familiar object size and binocular vision cues when perceiving stereoscopic 3D content. *J Vis*. 2015;15:1082.