

Cómo afectan las pantallas electrónicas al sistema visual

Marc Argilés Sans, MSc, Coleg. 20.001
Genís Cardona, PhD, Coleg. 7.000
Elisabet Pérez-Cabré, PhD.

Departamento de Óptica y Optometría. Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa (FOOT).
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Actualmente las pantallas electrónicas se están usando para muchas tareas cotidianas, tanto en el entorno laboral como en el ocio. Ordenadores, tabletas gráficas y smartphones se convierten en la principal demanda visual en niños, jóvenes y adultos, llegando su uso, en algunos casos, a las 14 horas diarias. Las últimas investigaciones indican que los problemas visuales derivados de este uso excesivo son causados, en parte, por las pantallas electrónicas y no tanto por el mero sobreesfuerzo visual del trabajo prolongado en visión próxima. La tecnología va avanzando y nuestros hábitos visuales cambian, con lo que debemos conocer las posibles repercusiones de estos hábitos sobre el sistema visual y las soluciones actualmente en aplicación o en desarrollo para afrontar esta nueva demanda visual.

PALABRAS CLAVE

Parpadeo; ojo seco; síndrome visual informático; pantallas de visualización de datos.

INTRODUCCIÓN

El uso de las pantallas electrónicas se extiende a muchas actividades de la vida diaria, como la lectura y escritura de todo tipo de documentos, la visualización de películas, juegos electrónicos, transferencias bancarias, interacción social y otras. La ubicuidad de estos dispositivos electrónicos se evidencia en los datos de venta: por ejemplo, en el año 2013 a nivel mundial se vendieron 195 millones de tabletas gráficas, cerca de 967 millones de smartphones y unos 2200 millones de ordenadores¹. Además, estos dispositivos en muchos casos se utilizan durante la jornada laboral y también para las actividades sociales, con el consiguiente aumento de las horas de uso. Así, algunos estudios indican que llegamos a estar unas 14 horas al día mirando pantallas electrónicas². En este sentido, una encuesta reciente realizada por el Colegio Oficial de Ópticos Optometristas de Cataluña a 1.456 personas reveló que los menores de 30 años pasan alrededor de 10.5 horas de media delante de las pantallas, y los de entre

30 y 60 años unas 9 horas³. Este hecho, junto a los problemas visuales relacionados con el uso de estos dispositivos, nos plantea la necesidad de abrir nuevas y fértiles vías de estudio que repercutan en beneficio de nuestros pacientes.

SÍNDROME VISUAL INFORMÁTICO

Se encuentra ampliamente documentado que el uso prolongado del ordenador tiene consecuencias negativas en la salud, afectando psicológicamente⁴ y económicamente al rendimiento laboral⁵. La Asociación Americana de Optometría define el Síndrome Visual Informático (SVI) como el conjunto de problemas oculares y visuales relacionados con el uso del ordenador⁶, aunque actualmente esta definición debería incorporar las nuevas pantallas como tabletas gráficas o smartphones. Algunos estudios indican que un 75% de los usuarios que trabajan entre 6 y 9 horas delante del ordenador se quejan de problemas visuales⁷, si bien otros autores señalan que el porcentaje llega al 90% en aquellos usuarios que realizan tareas prolongadas por más de 3 horas⁸.

En una muestra de 795 estudiantes universitarios que utilizaban una media de 2 horas diarias el ordenador se observó que el 90% de ellos presentaba síntomas relacionados con el SVI⁹. Estos resultados son obvios para todo profesional de la salud visual que se enfrenta, periódicamente, a pacientes que, o bien refieren problemas visuales, o bien solicitan recomendaciones y tratamiento para mejorar su comodidad durante el uso de estos dispositivos.

En una primera clasificación, los problemas visuales o síntomas que se asocian con el SVI se podrían dividir en:

- Astenópicos: Dolor ocular, ojos cansados.
- Superficie ocular: Ojos llorosos, irritación, ojo seco.
- Visuales: Visión borrosa, visión doble.
- Extraoculares: Dolor cervical y dolor de espalda.

La aparición de alguno o varios de estos síntomas depende de un cúmulo de factores visuales y posturales. Por ejemplo, hay que tener en cuenta que factores como el diseño de la

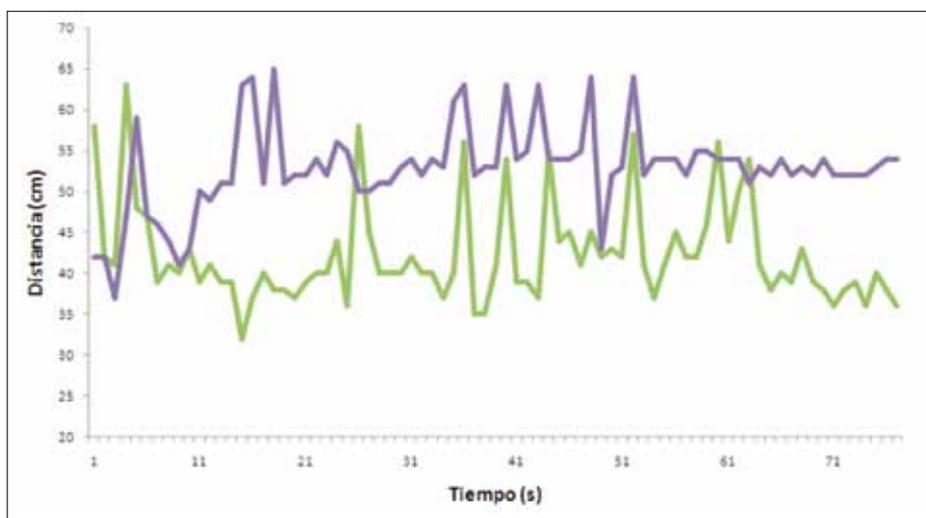


Figura 1. Distancia de observación de un mismo usuario mientras realiza dos tareas distintas: visualización de un vídeo (en morado) y realizando un trabajo académico (verde). Se aprecia la tendencia a acercarse a la pantalla mientras se realiza la tarea de mayor carga cognitiva (en verde). También se observa cómo, en ambas tareas, la distancia de trabajo varía notablemente en el tiempo.

mayoría de lentes progresivas (que obligan a girar el cuello para mirar a través de la adición correcta en función de la distancia de trabajo)⁵, la posición elevada de la pantalla (sobre los 20° del plano visual frontal)¹⁰, un bajo contraste de la pantalla, una baja resolución o los reflejos en la misma¹¹, elevan los síntomas durante y tras el trabajo prolongado frente a las pantallas. Esta nueva demanda visual requiere cambios en el diseño de lentes óptimas para trabajar en la oficina y también debe propiciar flexibilidad durante la realización del examen optométrico rutinario: por ejemplo, examinar la visión a 40 cm y en posición primaria de mirada puede ser inadecuado o insuficiente para evaluar estas nuevas demandas visuales. Por otra parte, la correcta distancia de trabajo frente a las pantallas es un tema de debate entre los profesionales que intentan definir la legislación relacionada con la seguridad en el trabajo, existiendo una gran discrepancia en la definición de lo que debe considerarse una distancia ideal. Si bien se sabe que una mayor distancia evita problemas de fatiga visual, hay estudios que indican valores correctos de visualización de 50 cm¹², mientras que otros apuntan que 67 cm se considera el “punto de foco oscuro”, estado de reposo acomodativo y vergencial¹³, por lo que el sistema visual debería estar más cómodo trabajando a esa distancia. Por regla general, existe un rango de distancias de trabajo que puede variar entre 30 y 100 cm según el observador, siendo difícil determinar un valor fijo para todas las situaciones y usuarios. Algunos estudios proponen mirar un objeto lejano dos veces cada hora para descansar la mirada y prevenir la fatiga visual¹⁴.

Por su parte, la distancia de trabajo dependerá de varios factores, como el lugar de trabajo, la resolución de la pantalla, el tamaño del estímulo o el tipo de tarea que se está realizando¹⁴. Recientemente, se realizó un estudio en la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa para evaluar la distancia de trabajo de distintos usuarios que realizaban un conjunto de tareas con distinta carga cognitiva. En este

estudio se empleó un sensor de ultrasonidos acoplado a la pantalla para detectar automáticamente la distancia de observación de cada usuario. Los participantes realizaron distintas tareas en su ordenador, como desarrollar un trabajo académico, jugar a un juego, navegar libremente en internet y visualizar un vídeo. La *Figura 1* muestra los resultados obtenidos para un mismo usuario al realizar dos tareas distintas. Como conclusiones del estudio se observó que la distancia de trabajo variaba según la demanda cognitiva de la tarea (en general, el usuario se acerca a la pantalla en actividades que requieren más concentración, por ejemplo en la realización de un trabajo académico, representado en verde en la *Figura 1*). Además, se registró una gran variabilidad de distancias a lo largo del tiempo en el que transcurría una determinada tarea, detectando posiciones excesivamente cercanas a la pantalla sin que realmente el usuario fuera consciente de ello (ver *Figura 1*).

PANTALLAS ELECTRÓNICAS VS TEXTO IMPRESO

Algunos estudios recientes investigan si los síntomas visuales son debidos específicamente a la utilización de pantallas o, por el contrario, se originan por el esfuerzo visual debido al trabajo prolongado en visión cercana. Los autores de uno de estos estudios evaluaron la respuesta acomodativa cuando los participantes leían un texto mostrado en la pantalla del ordenador y lo compararon con los resultados obtenidos al observar una copia en papel superpuesta a la pantalla. Los resultados mostraron un incremento del LAG acomodativo de 0,33 D durante la visualización de la pantalla¹⁵. Otros investigadores, sin embargo, han observado una variación de 0,13 D en las mismas condiciones anteriores¹⁶, siendo éste un cambio clínicamente no significativo. Además, se ha visto que, comparando la realización de una tarea de lectura en ordenador con la observación en las ➔

En las mismas condiciones de mirada de un texto en papel, los síntomas visuales son más evidentes en la tarea realizada delante de la pantalla, con el consiguiente aumento de la fatiga visual¹⁷. Otros estudios han determinado también que la lectura durante 20 minutos de un texto en una tableta origina síntomas de fatiga visual, al contrario que la lectura durante el mismo periodo de tiempo del texto en papel¹⁸. Por otro lado, algunos autores han apuntado que la comprensión lectora es mejor durante la lectura en papel que en la lectura electrónica¹⁹, y que la lectura en ordenador aumenta la necesidad de concentración si la comparamos con la misma tarea en papel²⁰.

Una diferencia sustancial entre la lectura de un texto en papel y en pantalla recae en la radiación que recibe el ojo por el hecho de situarse frente a un dispositivo con una fuente de iluminación propia. Los sistemas de iluminación de las pantallas han ido evolucionando con el desarrollo de la tecnología, y actualmente el sistema que se está extendiendo más corresponde a las pantallas LCD iluminadas por LEDs. Estas pantallas emiten en el visible y tienen un pico de emisión en la banda azul del espectro, con un máximo de emisión centrado en 450-460 nm (ver *Figura 2*). Esta franja del espectro coincide con la radiación a la que es más sensible la melanopsina retiniana que regula los ritmos circadianos. Así, existen publicaciones que documentan una alteración de los ritmos circadianos a las 2 horas de utilización de estos dispositivos²¹, y otros que afirman que, con una iluminación de 40 lux (valores similares a los de una tableta) ya se producen cambios significativos en el sueño²². Relacionado con estos hallazgos, se ha visto que la luz azul de las pantallas es capaz de suprimir la producción de melatonina nocturna²³, con un consiguiente menoscabo del rendimiento cognitivo²⁴.

Este efecto nocivo de la luz azul LED parece ser más importante cuando estos dispositivos se utilizan a oscuras y antes de ir a dormir. Además, podemos intuir que el uso de las pantallas en estas condiciones ha aumentado²⁵. A raíz de esto, actualmente se están comercializando productos que reducen esta luz azul emitida por las pantallas. Podemos encontrar, por ejemplo, filtros de absorción selectiva que se superponen delante de las pantallas (*Reticare*®) o software informático que al instalarlo en el ordenador controla a nivel de programación la emisión de la pantalla (*f.lux*®).

El estudio de los efectos de la luz azul sobre el sistema visual y su incidencia en la fatiga visual conforma un área de trabajo muy activa en la actualidad.

EL PARPADEO Y LAS PANTALLAS ELECTRÓNICAS

El parpadeo es un factor importante a tener en cuenta durante el uso de pantallas. Un parpadeo adecuado contribuye a la correcta distribución de la película lagrimal y a la secreción lipídica de las glándulas de Meibomio, protegiendo la superficie ocular. Pero también se ha visto que el parpadeo juega un papel importante en la cognición: así, las tareas que requieren mucha atención visual tienen tendencia a inhibir el parpadeo²⁶. Además, el parpadeo también facilita la interpretación de la percepción visual. Por ejemplo, cuando miramos una imagen ambigua, como el cubo de Necker (*Figura 3*), los cambios de interpretación espacial (pasar de ver el cubo con su cara más próxima hacia la izquierda y abajo o hacia la derecha y arriba) van casi siempre asociados a un parpadeo previo y/o un movimiento sacádico²⁷. Parece ser que el parpadeo puede tener un efecto de “reset atencional”

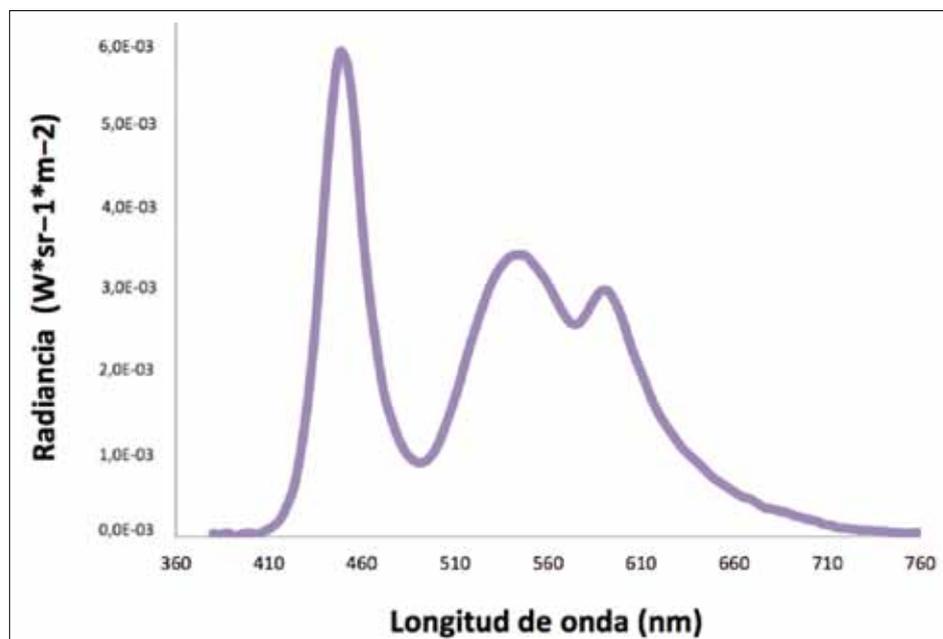


Figura 2. Gráfico de emisión (radiancia) de una pantalla LCD con iluminación LED donde se observa claramente el pico de emisión de luz azul con un máximo alrededor de los 450 nm.

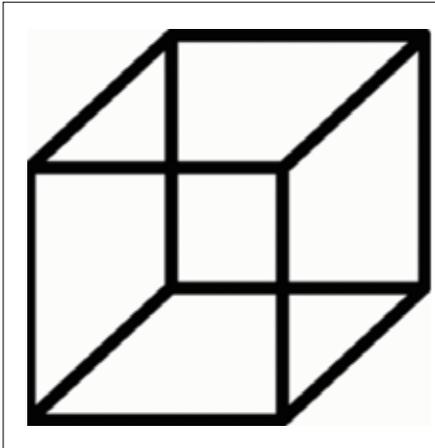


Figura 3. Cubo de Necker. Es generalmente necesario parpadear para cambiar la orientación espacial del cubo que percibimos. Sin parpadear el cambio perceptivo requiere un mayor esfuerzo.

en la percepción visual, que nos permite desconectar brevemente la atención y reestructurarla de manera diferente.

En condiciones normales de visión se considera como una frecuencia de parpadeo estándar la de unos 12-15 parp/min²⁸, aunque se ha documentado que el parpadeo varía según las condiciones cognitivas. Por ejemplo, durante la lectura el parpadeo se reduce a unos 7,9 ±3,3 parp/min y durante una conversación puede alcanzar valores de 21,5 ±5,6 parp/min²⁸. Por su parte, muchas investigaciones han demostrado que el parpadeo disminuye con el uso de pantallas²⁹: por ejemplo, se observaron diferencias de frecuencia de parpadeo leyendo un texto en papel (10 parp/min) y el mismo texto en pantalla (7 parp/min)³⁰. Además, no es únicamente la reducción de la frecuencia sino que también se ha documentado un aumento del porcentaje de parpadeos incompletos (un parpadeo en el que no llegan a tocarse los párpados superiores e inferiores, *Figura 4*) cuando se utilizan pantallas, comparado con la realización de la misma tarea de lectura en soporte papel³¹. De hecho, algunas investigaciones recientes apuntan que es precisamente el aumento en el porcentaje de parpadeos incompletos lo que conduce a muchos de los problemas de sequedad ocular asociados con la lectura electrónica³¹.

En un estudio realizado en la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa se corroboró un aumento del porcentaje de parpadeos incompletos durante la visualización de pantallas electrónicas, en comparación con la lectura de un mismo texto impreso en una copia en papel que se superponía sobre la pantalla del ordenador apagada, es decir, manteniendo las mismas condiciones de mirada en las dos tareas³². La *Tabla 1* muestra los resultados obtenidos: si bien la media de parpadeos es similar cuando se lee en pantalla o en el papel, el porcentaje de parpadeos incompletos casi se triplica al utilizar la pantalla electrónica en comparación con el soporte papel, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Otros autores compararon la lectura mediante una tableta, un



Figura 4. En las imágenes superiores podemos observar cómo se realiza un parpadeo completo, durante la fase de cierre el párpado superior baja más de 2/3 de la amplitud ocular. En cambio, en las imágenes inferiores el parpadeo incompleto no baja más de 2/3 de la amplitud ocular, y los párpados superior e inferior no llegan a tocarse, pudiendo generar problemas de sequedad ocular crónica en la parte inferior de la superficie ocular.

Tabla 1. Variación del parpadeo comparando la lectura de un texto en tableta versus un libro en las mismas condiciones. Se ve como existe un aumento del porcentaje de parpadeos incompletos durante la visualización de la pantalla, contribuyendo notablemente a los problemas de sequedad ocular y al SVI³².

Configuración experimental	Frecuencia de parpadeo (parpadeos/minuto)	Parpadeos incompletos (%)
Tableta gráfica	6	14.5
Papel	5	5

e-book y un libro³³, en las mismas condiciones experimentales, describiendo mayores alteraciones del parpadeo con la tableta, en comparación con las otras dos situaciones, aumentando, además, la fatiga visual. Por lo tanto, parece existir un factor en las pantallas electrónicas con un sistema de iluminación incrustado al dispositivo que altera el parpadeo y contribuye a los problemas de sequedad ocular, aspecto que se debería tener en cuenta para futuros tratamientos.

CONCLUSIÓN

En estudios recientes se ha puesto de manifiesto que las pantallas de visualización de datos pueden tener un impacto importante en el sistema visual, no sólo por las horas de uso en visión cercana, sino también por la propia emisión del sistema de iluminación contenido en las mismas, con una repercusión en los estados cognitivos y de vigilia del observador. Se ha comprobado que el uso de dispositivos como ordenadores, tabletas o *smartphones* durante la noche para ver la televisión, películas, series, juegos, interacción social, etc., puede generar insomnio y provocar sueño durante el día siguiente, con lo que se ➔

● aconseja limitar el uso de estos aparatos antes de ir a dormir. También hemos visto que la lectura y los síntomas visuales con el uso de pantallas electrónicas no son los mismos que durante la lectura en papel, siendo los problemas de sequedad ocular los de más prevalencia con el uso de pantallas. En general, si se usan tabletas gráficas, parece que leeremos en mejores condiciones y tendremos menos fatiga visual si aumentamos la iluminación ambiental, si controlamos la distancia de trabajo y si realizamos un parpadeo frecuente, regular y completo^{5,31,32}. Viendo el incremento mundial en el uso de pantallas electrónicas, es importante estudiar sus efectos en nuestro sistema visual, así como diseñar estrategias para minimizar los problemas de fatiga visual que generan. ●

BIBLIOGRAFIA

- Gartner.** <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>.
- Rideout VJ, Foehr UG, Roberts DF.** Generation M2. Media in the Lives of 8- to 18-Year Olds. A Kaiser Family Foundation Study. The Henry J. Kaiser Family Foundation: Menlo Park, CA. 2010.
- COOOC.** <http://www.victor3d.cat/pantalles/quees.html>
- Seghers J, Jochem A, Spaepen A.** Posture, muscle activity and muscle fatigue in prolonged VDT work at different screen height settings. *Ergonomics*, 2003; 46: 714–730.
- Rosenfield M.** Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiological Optics the Journal of the British College of Ophthalmic Opticians Optometrists*, 2011; 31:502–515.
- Yan Z, Hu L, Chen H, Lu F.** Computer Vision Syndrome: A widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. *Computers in Human Behavior*, 2008; 24: 2026-2042.
- Mutti D, Zadnik K.** Is computer use a risk factor for myopia? *Journal of American Optometry Association*, 1996; 67: 521-30.
- Hayes JR, Sheedy JE, Stelmack JA, Heaney CA.** Computer Use, Symptoms, and Quality of Life. *Optometry & Vision Science*, 2007; 84:728-744.
- Reddy et al.** Computer vision syndrome: a study of knowledge and practices in university students. *Nepal Journal of Ophthalmology*, 2013; 5:161–168.
- Jaschinski W.** The proximity-fixation-disparity curve and the preferred viewing distance at a visual display as an indicator of near vision fatigue. *Optometry & Vision Science*, 2002; 79:158–169.
- Anshel J.** Visual ergonomics handbook. New York: Taylor & Francis, 2005.
- Shieh K, Lee D.** Preferred viewing distance and screen angle of electronic paper displays. *Applied Ergonomics*, 2007; 38: 601-608.
- Jaschinski Kruza W.** Visual strain during VDU work: The effect of viewing distance and dark focus. *Ergonomics*, 1988; 31: 1449-1465.
- Cheu RA.** Good vision at work. *Occupational Health and Safety*, 1998; 67:20-4.
- Wick B, Morse S.** Accommodative accuracy to video display monitors. *Optometry and Vision Science*. 2002; 79s: 218.
- Penisten, et al.** Comparisons of dynamic retinoscopy measurements with a print card, a video display terminal, and a PRIO system tester as test targets. *Optometry*, 2004; 75: 231–240.
- Chu et al.** A comparison of symptoms after viewing text on a computer screen and hardcopy. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 2011; 31:29–32
- Polonen M, Järvenpää T, Häkkinen J.** Reading e-books on a near eye display: comparison between a small-sized multimedia display and a hard copy. *Displays*, 2012; 33, 157-167.
- Mangen A, Walgermo BR, Brönnick K.** Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*, 2013; 58:61-68.
- Wäslund E.** Experimental studies of human computer interaction: working memory and mental workload in complex cognition. Göteborg: Department of Psychology. Gothenburg University, 2007.
- Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG.** Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied Ergonomics*, 2013;44:237-240.
- Chellappa et al.** Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. *Journal of Sleep Research*, 2013; 22:573-580
- Figueiro M, Plitnick B, Wood B, Rea M.** The impact of light from computer monitors on melatonin levels in college students. *Neuro Endocrinology Letters*, 2011; 32:58-63.
- Gabel et al.** Effects of artificial dawn and morning blue light on daytime cognitive performance, well-being, cortisol and melatonin levels. *Chronobiology International*, 2013; 30:988–97.
- National Sleep Foundation.** Sleep in America Poll: Communications technology in the bedroom. Washington, DC, 2011.
- Cardona et al.** Blink rate, blink amplitude, and tear film integrity during dynamic visual display terminal tasks. *Current Eye Research*, 2011; 36:190-197.
- Nakatani H, Orlandi N, Leeuwen C.** Precisely timed oculomotor and parietal EEG activity in perceptual switching. *Cognitive Neurodynamics*, 2011; 5:399–409.
- Doughty MJ.** Consideration of three types of spontaneous eyeblink activity in normal humans: During reading and video display terminal use, in primary gaze, and while in conversation. *Optometry & Vision Science*, 2001; 78(10):712–725
- Chu C, Rosenfield M, Portello JK.** Blink patterns: reading from a computer screen versus hard copy. *Optometry & Vision Science*, 2014; 9:297–302.
- Tsubota K, Nakamori K.** Dry eyes and video display terminals. *New England Journal of Medicine*, 1993; 328(8): 584
- Hirota et al.** Effect of incomplete blinking on tear film stability. *Optometry & Vision Science*, 2013; 90(7):650–657.
- Argilés M, Cardona G, Pérez-Cabré E, Rodríguez M.** Blink rate and incomplete blinks in six different controlled hard-copy and electronic reading conditions. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2015 (In press).
- Benedetto et al.** E-readers and visual fatigue. *Public Library of Science One*, 2013; 8(12):e83676.