

EFECTIVIDAD DE LA UTILIZACIÓN DE FILTROS DE ABSORCIÓN SELECTIVA EN PACIENTES CON BAJA VISIÓN

Revisión Bibliográfica

Trabajo Fin de Máster

2012-2013



Universidad de Valladolid

SOLICITUD DE DEFENSA Y EVALUACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Art. 10.3 del Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo Fin de Máster, aprobado en Consejo de Gobierno de 12 de junio de 2008. Modificado en Comisión Permanente de 20 de enero de 2012 (BOCyL de 20 de febrero de 2012)

D/D^a Eva Seco Rodríguez, con D.N.I. nº 39451034-P, matriculado en el Máster en Rehabilitación Visual solicita la presentación y evaluación del Trabajo Fin de Máster, una vez superados todos los créditos necesarios para la obtención del Título de Máster, salvo los correspondientes al propio trabajo.

El Trabajo Fin de Máster “Efectividad de la utilización de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión” ha sido tutelado por D/D^a Alberto López Miguel, con DNI nº 71121957-T, que autoriza la presentación del mismo al considerar que reúne los requisitos necesarios exigidos en la legislación vigente. (*)

En Valladolid, a 22/08/2013

Firma alumno/a

Vº Bº Tutor/a

(*) Junto con la solicitud deberán entregarse en formato electrónico, de acuerdo con los requisitos fijados por el Comité del Título correspondiente, tanto la memoria del trabajo como cualquier otro material relevante realizado en el marco del Trabajo Fin de Máster y necesario para su correcta evaluación.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
OBJETIVOS	9
METODOLOGÍA	11
INTRODUCCIÓN	13
BAJA VISIÓN (BV) Y CEGUERA.....	13
ESPECTRO ELECTROMAGÉTICO DE LA LUZ	14
TRANSMISIÓN, ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN	15
FILTROS	16
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
AGUDEZA VISUAL (AV)	22
SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC)	26
LECTURA.....	32
VISIÓN DEL COLOR	37
OTROS: FOTOFOBIA, ESTEREOPSIS, ACOMODACIÓN, CAMPO VISUAL, ADAPTACIÓN A LA OSCURIDAD, FATIGA VISUAL, MOVILIDAD, MANIPULACIÓN.....	41
BENEFICIO SUBJETIVO Y PREFERENCIAS.....	44
PROTECCIÓN DE LA RETINA.....	48
PRESCRIPCIÓN	49
DISCUSIÓN	52
CONCLUSIÓN	54
BIBLIOGRAFÍA	56

RESUMEN

Los filtros de absorción selectiva son lentes tintadas que alteran la intensidad y distribución espectral de la luz que pasa a su través, eliminando generalmente de forma más eficaz las longitudes de onda corta. De esta manera, se cree posible que puedan mejorar la función visual mediante la reducción de la dispersión de luz intraocular y la disminución de la aberración cromática, además de proteger la retina frente a la progresión de enfermedades gracias al filtrado de la luz más dañina.

Se han revisado diversos estudios en cuanto a los efectos de este tipo de filtros en los diferentes aspectos de la función visual (agudeza visual, sensibilidad al contraste, deslumbramiento, lectura, visión del color, etc.) en varias patologías causantes de baja visión.

Finalmente, no se han encontrado resultados concluyentes que demuestren un beneficio objetivo consistente del uso de los filtros de absorción selectiva en la visión de las personas con discapacidad visual, pero es posible encontrar ciertas mejorías en algunos pacientes que, junto con una valoración subjetiva positiva, pueden contribuir sustancialmente a su rehabilitación.

Palabras clave: filtros de absorción selectiva, función visual, discapacidad visual, rehabilitación visual

ABSTRACT

Selective absorption filters are tinted lenses that modify the spectral distribution and intensity of the light that passes through them, usually eliminating short wavelengths more effectively. This way, it might be possible that they can improve the visual function through the reduction of the intraocular light scattering and the decrease of the chromatic aberration, in addition to protecting retina from progression of diseases thanks to the filtering of the most harmful light.

Several studies on the effects of this type of filters in the different aspects of the visual function (visual acuity, contrast sensitivity, glare, reading, color vision, etc.) have been reviewed in various pathologies that cause low vision.

Finally, no conclusive results that show a consistent objective benefit of the use of selective absorption filters in the vision of people with visual disabilities were found; however, it is possible to find several improvements in some patients that, together with a positive subjective evaluation, can substantially contribute to their rehabilitation.

Keywords: selective absorption filters, visual function, visual disability, visual rehabilitation

OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica sobre la efectividad de la utilización de los filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión.

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es determinar si los distintos filtros de absorción selectiva son efectivos para la mejora de la función visual (AV, SC, deslumbramiento, lectura, visión del color, etc.) así como conocer las preferencias subjetivas y el papel en la protección de la retina de las personas con discapacidad visual.

El objetivo final de este nuevo conocimiento es mejorar la calidad de atención a los pacientes con baja visión mediante la prescripción más adecuada de aquel filtro de absorción selectiva que ha mostrado un mejor ajuste a cada una de las necesidades.

METODOLOGÍA

La recopilación de artículos relacionados con el tema de este trabajo se ha basado en una búsqueda principalmente en la base de datos bibliográfica MEDLINE, a través del sistema de búsqueda PUBMED (National Center for Biotechnology Information (NCBI), National Library of Medicine (NLM), National Institutes of Health (NIH), Estados Unidos).

Se ha buscado también en el catálogo Almena de la Biblioteca de la Universidad de Valladolid y en el catálogo mundial en línea de registros bibliográficos WorldCat (gestionado por Online Computer Library Center (OCLC), Estados Unidos) desde la Universidad de Valladolid, a través de los cuales también se ha accedido a las versiones electrónicas de algunas de las principales revistas de investigación en Optometría, Oftalmología y Rehabilitación Visual. De forma secundaria, se han utilizado otras bases de datos como La Biblioteca Cochrane Plus, ResearchGate, Wiley Online Library, ScienceDirect, Google Scholar...

En todos los buscadores se han empleado combinaciones de los siguientes descriptores: low vision, visual impairment, eye disease, ocular pathology, age-related macular degeneration, retinitis pigmentosa, cataract, diabetic retinopathy, cone dystrophy, glaucoma, filter, tinted lens, coloured lens, visual function, visual performance, visual acuity, contrast sensibility, glare, reading rate, color vision, photophobia, visual field, dark adaptation, retinal protection, subjective benefit...y sus correspondientes traducciones al español.

La selección de los artículos de investigación en este área ha generado un número total de 35 artículos completos revisados, en idioma inglés principalmente y en lengua española de forma minoritaria, comprendidos en un período que abarca aproximadamente los últimos 30 años, desde los años 80 hasta la actualidad.

INTRODUCCIÓN

BAJA VISIÓN (BV) Y CEGUERA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece unos criterios, que revisa periódicamente, para la definición y clasificación de las personas con deficiencia visual. Según la Clasificación Internacional de Enfermedades, CIE-10¹ (International Classification of Diseases, ICD-10):

-Una persona con baja visión es aquella que presenta, en su mejor ojo y tras la corrección refractiva adecuada, una agudeza visual (AV), en visión lejana, inferior a 6/18 (notación Snellen) pero mayor o igual a 6/120 y/o un campo visual (CV) menor a 20⁰ desde el punto de fijación central (ICD-10, Categorías 1 y 2, deficiencia visual moderada y severa, respectivamente).

-La ceguera se corresponde a aquella condición en la que, igualmente en el mejor ojo y tras la corrección refractiva adecuada, se presenta una AV, en visión lejana, por debajo de 6/120 (hasta la no percepción de luz) y/o un CV inferior a 10⁰ desde el punto de fijación central (ICD-10, Categorías 3, 4 y 5, ceguera).

El concepto de ceguera legal en España se atribuye a una persona con una AV menor o igual a 0'1 (notación decimal) y/o un CV menor o igual a 10⁰ desde el punto de fijación central, ambas condiciones en el mejor ojo y tras la mejor corrección refractiva. Estos son los requisitos, además de poseer la nacionalidad española, necesarios para la afiliación en la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE)².

A nivel mundial, la OMS cifra en 285 millones el número de personas con deficiencia visual, de las cuales 39 millones tienen ceguera³. Las principales causas de deficiencia visual en el mundo son³: defectos refractivos no corregidos (43%), cataratas (33%) y glaucoma (2%). Las principales patologías causantes de baja visión en los países desarrollados son: degeneración macular asociada a la edad, retinopatía diabética, glaucoma, cataratas, retinosis pigmentaria, miopía degenerativa, patologías del nervio óptico, desprendimiento de retina, distrofias...

Ser perteneciente al grupo de baja visión implica un deterioro de la función visual que, aun utilizando los medios ópticos convencionales, limita o incluso incapacita la realización, de la forma común, de las tareas propias de la vida diaria. Desde el ámbito de la Rehabilitación Visual, desde una atención multidisciplinar, se pretende proporcionar a este colectivo una serie de ayudas ópticas, no ópticas y electrónicas que junto con su entrenamiento y el desarrollo de programas de autonomía personal y de orientación y movilidad doten a estas personas de las técnicas, estrategias y recursos que potencien las capacidades de uso del resto visual y les permitan realizar las actividades cotidianas de forma independiente y conseguir su plena integración en la sociedad⁴.

Algunas de las ayudas que se proporcionan son:

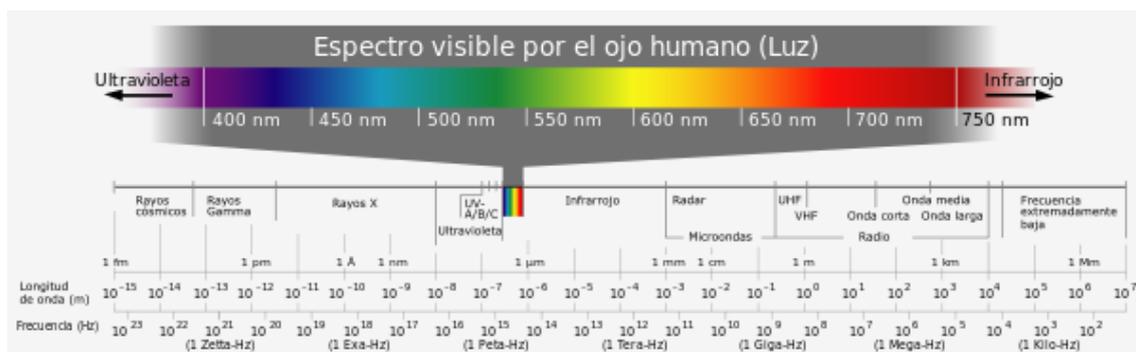
-Ayudas ópticas: lupa, microscopio, telescopio, telemicroscopio...

-Ayudas electrónicas: lupa electrónica, lupa-TV, magnificador de pantalla, lector de libros...

-Ayudas no ópticas: filtros, tiposcopio, atril, flexo, bastón...

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LA LUZ

La luz está compuesta por radiaciones electromagnéticas que, aunque viajan en el espacio vacío a la misma velocidad (350.000 km/s), difieren en su longitud de onda y en su frecuencia. De todas estas radiaciones, el ojo humano únicamente es sensible a una pequeña porción de la luz, llamada **espectro electromagnético visible**, desde aproximadamente una longitud de onda de 390nm a 760nm⁵.



*Figura 1: Espectro electromagnético visible de la luz

Sin embargo, aunque invisibles, muchas otras radiaciones llegan a nuestro ojo, aunque estas son absorbidas por los distintos medios oculares antes de llegar a la retina, que quedaría finalmente expuesta al componente visible del espectro, a la luz ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) de longitudes de onda más cercanas al espectro visible. Por este motivo, una exposición intensa y/o prolongada a la luz puede dañar los diferentes tejidos de los ojos, especialmente si estos sufren alguna patología^{5 6}.

TRANSMISIÓN, ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN

Cuando la luz que viaja por un medio incide sobre una superficie, una parte de ella es reflejada sin pasar por el segundo medio, otra parte es absorbida por este o transformada en otra forma de energía y finalmente una parte de luz es transmitida⁵. Estos tres efectos ocurren siempre, pero generalmente uno de ellos predomina sobre los otros. Este hecho es el objetivo de los filtros, que generalmente absorben gran parte de la luz por las sustancias que llevan inmersas.

- La **transmisión (T)**⁶ de un material se define como el cociente entre la intensidad de luz que se transmite y la que incide sobre el mismo. El valor estará siempre, por tanto, entre 0 (absorción total) y 1 (transmisión total), aunque a menudo se dan los resultados en porcentajes (%).
- La **absorción (A)**⁶ de un material se define como el cociente entre la intensidad de luz que se absorbe y la que incide sobre el mismo. Valor entre 0 y 1, generalmente en %.
- La **reflexión (R)**⁶ de un material se define como el cociente entre la intensidad de la luz que se refleja y la que incide sobre el mismo. Valor entre 0 y 1, generalmente en %.

La relación entre estas tres propiedades es la siguiente:

$$\mathbf{T+A+R=1}$$

El **factor de transmisión espectral**⁵ del medio se refiere a la intensidad de la energía inicial que es transmitida finalmente por el medio para cada longitud de

onda específica. Si este es trazado en un plano, de forma gráfica, se obtiene la **curva de transmisión espectral** de un material.

La técnica más habitual para la caracterización de los filtros es la **espectrofotometría**⁶, que mide la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda.

FILTROS

Un filtro es una lente que altera la intensidad y la distribución espectral de la luz cuando pasa a su través.

En cuanto a su uso en la visión, pueden establecerse dos grandes categorias de agrupamiento: filtros de densidad neutra (convencionales) y filtros absorbentes⁷.

-Los **filtros de densidad neutra**^{6 7} reducen la intensidad luminosa uniformemente, eliminando porcentajes iguales de todas las longitudes de onda del espectro visible. De esta forma, no se produce ningún cambio en el color aparente de la imagen ni en las propiedades espectrales de la luz, dándose una disminución proporcional de la curva de transmisión, es decir, reducen el brillo de la imagen pero no modifican el tono.

Se clasifican por los fabricantes en base a su transmitancia, respetándose, generalmente, cuatro saltos en la gama que varían dentro de un rango, relacionado con la capacidad perceptiva del ser humano para diferenciarlos⁷. Por ejemplo, Zeiss establece cuatro intervalos de niveles de absorción: 0-20%, 20-57%, 57-82%, 82-92% ofreciendo filtros comprendidos en alguno de esos intervalos.

Habitualmente, se catalogan por el número ND que corresponde a la densidad óptica del filtro neutro, que sigue la siguiente fórmula⁸:

$$ND = -\log_{10}(T)$$

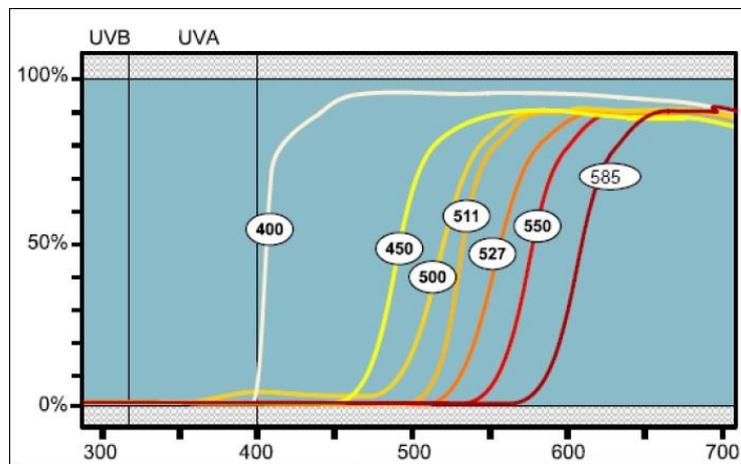
Así, por ejemplo, si un filtro tiene una transmitancia del 50%, su número ND será 0'3. (10%-1; 1%-2)

Este tipo de filtros tiene un uso limitado en baja visión, reducido a patologías que afectan a los medios de transmisión del ojo y aquellas que derivan en una

alta sensibilidad a la luz o producen deslumbramiento⁷. Por otra parte, debe advertirse que estos filtros producen una disminución de la AV al reducirse el nivel general de luminancia.

-Los **filtros absorbentes**⁷ actúan de forma selectiva sobre determinadas longitudes de onda. Debido a esto, cambian las propiedades espectrales de la luz que los atraviesa y es posible que se produzca un cambio en el color aparente de la imagen.

Se caracterizan por un número de tres dígitos que se corresponde con la longitud de onda (en nanómetros) hasta la cual el filtro absorbe la mayor parte de la luz, que puede complementarse por la curva de transmisión o absorción espectral.



****Figura 2. Curvas de transmisión espectral de diferentes filtros de absorción selectiva, medidos por espectrofotometría.**

Este tipo de filtros se puede prescribir para todo tipo de patologías oftalmológicas de base, resultando especialmente indicados para aquellas que se sustentan en alteraciones de la retina⁷.

Hay varios métodos de fabricación de estas lentes de color, entre ellos:

-Tintes **“through and through”**: lentes a las que en el momento de su fabricación se le introducen ciertos aditivos, como sales de ciertos metales⁸. Las sustancias más comúnmente utilizadas para obtener absorción y la coloración que producen son⁵:

COLOR	ADITIVO
Gris oscuro	Óxido de manganeso, cobalto, hierro, cobre o selenio
Azul	Óxido de cromo, cobalto
Verde	Óxido de cromo y hierro
Rojo	Óxido de cobre hidratado
Amarillo	Óxido de uranio y plata, antimoniato de potasio
Violeta	Óxido de manganeso y cobalto
Marrón	Óxido de cerio

El uso de estas sustancias absorben de forma selectiva ciertas partes del espectro electromagnético, el óxido de cerio aumenta la absorción del ultravioleta y el óxido de hierro la del infrarrojo. Aunque la coloración del material pueda no indicar su composición, puede servir de base ante la falta de otra información.

-Revestimiento⁸: cubierta mediante evaporación de sustancias inorgánicas que se depositan en la lente al vacío. De esta forma, la densidad óptica de la cubierta será uniforme en toda la lente a pesar de la prescripción.

En todos los casos, se puede añadir una lámina polarizada sobre la lente base. Un polarizador tiene la propiedad de sólo permitir el paso de la luz que posea un plano de oscilación paralelo a la estructura microscópica del material⁶. De esta forma, la transmisión de la luz se hará en un único plano (se filtra la luz horizontal) evitándose así el deslumbramiento por la luz reflejada por los objetos^{7 8}.

Cabe la posibilidad, además, de que un filtro sea fotocromático^{5 8}. Este tipo de filtros son capaces de variar su densidad óptica debido a una reacción química del haluro de plata sensible a la luz que contienen en su composición. Se ajustan automáticamente a todas las condiciones de luz cambiantes; el oscurecimiento de la lente y por tanto la disminución de transmitancia es mayor en condiciones de más intensidad lumínica. Por tanto, reducen la transmisión fotópica, pero sin embargo, permiten un alto nivel de transmisión escotópica, es decir, se oscurecen en el exterior y son más claros en el interior. Este proceso es siempre reversible, pero factores como la temperatura, la exposición a determinada luz o la memoria de exposición pueden variar sus propiedades de cambio.

Con el mismo objetivo, se puede usar un sistema de filtros doble que consiste en la combinación de dos filtros, uno en base y otro en suplemento elevable, que permite ajustarse a los cambios de luz de una manera rápida accionando el sencillo sistema.

Los filtros pueden ser fabricados, al igual que las lentes convencionales, en formato mineral u orgánico, con las mismas ventajas y desventajas. Por otro lado, se encuentran disponibles de varias formas: incorporados en una gafa convencional que puede ser graduada, en una montura envolvente con protección superior y lateral para superponer encima de la gafa graduada, o simplemente dos lentes unidas con un clip (formato clip-on) para utilizar adherido a la gafa común en los momentos que se necesite.

En general, estos dispositivos cubren la función de proteger al ojo de la energía radiante nociva o no deseada y han sido prescritos bajo la creencia de que pueden llegar a controlar el progreso de una enfermedad o realizar algunas funciones visuales gracias a su absorción selectiva de ciertas longitudes de onda, aunque sobre esto existe cierta controversia y es precisamente el motivo de discusión en este trabajo. Además de analizar los beneficios o preferencias subjetivas y el papel del uso de este tipo de filtros en la protección de la retina, se han estudiado los distintos efectos bajo medidas objetivas en personas con baja visión, en cuanto a funciones visuales como la agudeza visual, sensibilidad al contraste, deslumbramiento, visión del color, lectura y otras.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los fabricantes de los tintes disponibles actualmente indican que los beneficios se pueden obtener en un amplio rango de condiciones oculares que abarcan casi todas las grandes causas de baja visión, pero el mecanismo por el que se consiguen las mejorías en estos casos no está claro⁹.

En los humanos, la retina está protegida de la radiación de luz de longitud de onda corta, que es particularmente dañina, mediante un filtro químico producido metabólicamente en los medios del ojo^{10 11}.

Los cambios químicos producidos en los medios oculares por lesiones oxidativas asociados al proceso de envejecimiento o el desarrollo de patologías oculares resultan en un aumento de la absorción, dispersión de la luz intraocular y autofluorescencia de la lente, que se ven maximizadas en respuesta a la luz de longitud de onda corta (azul y UV), por lo que la calidad visual se deteriora¹⁰.

La dispersión de luz intraocular (scattering o straylight) es tipo Rayleigh, es decir, ocurre debido a partículas (imperfecciones del ojo) cuyo tamaño es menor que la longitud de onda de la luz que dispersan. El grado de dispersión de Rayleigh depende de esos dos factores, el tamaño de la partícula y la longitud de onda de la luz, en concreto, del coeficiente de dispersión. De acuerdo con la fórmula (Ley de Rayleigh), la luz se dispersa con una intensidad que varía inversamente a un cuarto del poder de la longitud de onda.

Esta dispersión de la luz, sobre todo la longitud de onda corta (azul y UV) que selectivamente se dispersa más, produce un deslumbramiento en forma de velo que provoca una pérdida de la calidad visual relacionada sobre todo con una reducción del contraste de la imagen retiniana¹², ya que la parte de esta luz que alcanza la retina no contribuye a la formación de la imagen. Para un ojo normal, esto resulta en alguna molestia, pero en un ojo patológico se compromete más seriamente la función visual, se produce una pérdida funcional de la visión.

Por otro lado, el ojo tiene una sustancial aberración cromática longitudinal.

Cuando la luz blanca es refractada por una superficie ocular, se dispersa en sus longitudes de onda componentes (o colores); cuanto más corta la longitud de onda, mayor es el índice refractivo del ojo. Un ojo emétrope o corregido focaliza en la porción amarilla-verde del espectro visible, por tanto la luz de longitud de onda corta (azules) focalizan en un punto anterior a la retina, mientras que la de longitud de onda larga (rojos) lo hace después^{13 14 15}. La diferencia de refracción desde la imagen azul a la roja es aproximadamente 1'5-2D¹⁴; para un ojo acomodando 3D, las longitudes de onda corta pueden resultar en una borrosidad en la retina alrededor de -1'6D y las largas sobre +0'4 comparado con las longitudes medias¹³.

Aunque hay varios mecanismos para tratar de minimizar este efecto (los 20' centrales de la fóvea no contienen conos sensibles al azul, la mácula lútea amarilla absorbe la luz azul desviada y hay 10 veces menos conos sensibles a la luz azul que a la roja o verde, lo que hace que el canal azul tenga una resolución espacial y temporal mucho más pobre)¹⁵, estos pueden verse afectados o contrarrestados por otros defectos en un ojo que sufre una patología, por lo que la formación de imágenes coloreadas en la retina también va a influir en la calidad visual percibida.

Por tanto, según Zigman (1989, 1992)^{11 16} y otros autores^{9 17 18 19} (16,6,8,9) la eliminación de la parte azul del espectro con el uso del filtro adecuado que absorba de forma eficaz la longitud de onda corta mejora la calidad de visión mediante la disminución de aberración cromática y la reducción de la dispersión de luz y fluorescencia de la lente con el consecuente aumento de contraste y mejora de la imagen retiniana y claridad visual en aquellas personas con patologías oculares que afectan a la visión.

Aquellos pacientes con deficiencia visual que comúnmente se quejan de sensibilidad incrementada a la luz y los pacientes con opacidades en los medios oculares son los más propensos a sufrir una cantidad anormal de dispersión de luz intraocular y por tanto se espera que en ellos se obtenga un beneficio mayor de los filtros, especialmente en condiciones de deslumbramiento^{9 17}.

Además de afectar a la SC y a la AV en menor medida, mediante otros mecanismos que veremos en los apartados correspondientes se espera que los filtros también tengan influencia en la visión del color, eficacia lectora, fotofobia, tiempos de adaptación a la oscuridad, fatiga visual, movilidad, etc.

Aunque son aquellos pacientes con alguna patología ocular causante de baja visión la parte de la población que nos interesa, los efectos de los filtros también han sido evaluados en sujetos con visión normal y se han incluido estos resultados de un modo comparativo.

Toda la revisión bibliográfica está estructurada según las diferentes funciones visuales en las que los filtros pueden tomar parte. En cada uno de los apartados, se presentarán inicialmente los resultados positivos, seguidos de los neutros y los negativos. Además, dentro de cada grupo se ha intentado comparar aquellos estudios con las mismas patologías oculares, o bien similares.

AGUDEZA VISUAL (AV)

En las investigaciones sobre el papel de los filtros en la AV de los pacientes con BV se han encontrado efectos muy dispares. En esta búsqueda concreta de artículos se han encontrado 6 resultados positivos, 5 neutros y 2 negativos.

Rosenblum et al. (2000)¹⁷ probaron la eficacia de varios filtros en diferentes condiciones oculares: en 15 adultos con cataratas se eligió un filtro amarillo con el 50% de transmisión en 490nm con la intención de reducir la dispersión de luz en los medios oculares, para 13 niños con afaquia se escogió otro filtro amarillo con el 50% de transmisión en 445nm (0% en 390nm y 100% en 500nm) con el fin de asemejarse a las características espectrales del cristalino, para 42 sujetos con albinismo se eligió un filtro ámbar con el 17% de transmisión en 560 que se pareciera a las características espectrales de los pigmentos naturales del ojo y para las 27 personas con hipoplasia macular, un filtro naranja con transmitancia en el área de 520nm para reducir la fotofobia y reducir la luz sensible de los bastones. La AV fue medida con el test de Landolt, y resultó que esta aumentó con el uso de los filtros en todos los pacientes, un 43% en los que tenían cataratas, 12% para los albinos, 19% para los afáquicos y 11% para los que padecían hipoplasia macular.

Se comprobó también el efecto del deslumbramiento con el test denominado "Brightness Acuity Test". En condiciones de deslumbramiento disminuía la AV hasta un 50% (en distrofia macular), pero con el uso del filtro aumentaba significativamente, aunque la AV conseguida siempre era menor que sin deslumbramiento (de un 64% sin filtro a un 85% de la AV sin deslumbramiento en el caso de los albinos). Se concluye en este artículo, que con la elección apropiada del filtro específico (con una curva espectral individual) para cada patología este puede contribuir sustancialmente a la rehabilitación visual de los pacientes con baja visión.

Naidu et al. (2003)²⁰ también encontraron efectos positivos con un filtro amarillo en pacientes con cataratas. Estos autores probaron 6 filtros de transmisión 50% (claro, gris, marrón, amarillo, verde y púrpura) en 25 pacientes con cataratas de diferentes tipos. Se midió la AV en condiciones normales y bajo deslumbramiento provocado por una lámpara fluorescente colocada a 15cm del sujeto. Bajo condiciones de deslumbramiento, la AV disminuyó con todos los filtros, el efecto fue menor para el filtro marrón y mayor para el gris. Aun así, la AV con filtros era mejor que con la lente convencional, excepto para el gris. Se determinó finalmente que los filtros marrón y amarillo podrían ser útiles en condiciones de deslumbramiento para las personas con cataratas.

Por otra parte, Valentincic et al. (2007)²¹ investigaron el efecto de 3 filtros (CPF 450, ZF 560 y filtro amarillo 489) en la visión de 14 individuos con edema macular cistoide inflamatorio y 16 con otros desórdenes maculares. Para la AV, medida con el test de Snellen, los resultados obtenidos fueron: una mejoría significativa con todos los filtros en el grupo con edema macular cistoide y sólo con el filtro ZF 560 para el otro grupo, aunque ninguna era clínicamente significativa.

Zigman (1990)¹⁶ en una parte de su estudio comprobó que la AV (test Snellen) de 5 sujetos de BV (4 con degeneración macular, 2 de ellos además con cataratas, y uno con esclerosis múltiple) mejoraba en todos ellos con el uso de un filtro 480 (lente See More).

En 24 sujetos con diferentes distrofias retinianas congénitas, se probaron dos filtros, uno rojo (PLS 550) y uno marrón (gafas de sol 750), y su efecto en la AV

con el test Sheridan-Gardiner²². De 14 sujetos con distrofia de conos y bastones aumentó la AV en 12 con el filtro rojo y en 8 con el filtro marrón. En aquellos pacientes con monocromatismo de bastones (5) aumentó la AV en 3 con el filtro rojo y uno con el marrón. El resto de sujetos, 2 con distrofia de bastones y conos y 3 con distrofia central areolar, no mostraron incremento de AV con ningún filtro. Por tanto, este estudio concluye que el filtro rojo, a pesar de tener ciertas limitaciones (discriminación de colores azules, no posibilidad de uso en condiciones escotópicas a no ser que sean fotocromáticos, antiestéticos...) estas son menores que los beneficios que podrían aportar a determinados pacientes con distrofias retinianas.

En 20 niños con ambliopía binocular se probó la influencia de unos filtros amarillos (el color que estos eligieron en una prueba subjetiva de lectura con láminas de varios colores) en la función visual¹⁵. Respecto a la AV con el uso de estos filtros hubo una mejora estadísticamente significativa, de una media de AV de 6/10'5 hasta 6/5. Además, en las revisiones hechas 3 y 6 meses después del inicio del uso continuo de los filtros, se mantenía esta mejoría, y para los 6 más jóvenes incluso cuando el filtro no estaba puesto. A los 6 meses siguientes, 13 niños ya no necesitaban las gafas con filtro ya que su visión había llegado a un nivel normal. Se cree que este progreso es debido a que el filtro corta el paso de la luz azul y reduce la borrosidad por aberración cromática, que de alguna manera estos niños no desarrollaron los mecanismos capaces de compensarla. Se concluyó, por tanto, que el uso continuo de un filtro amarillo en niños con ambliopía podría conducir a una mejora permanente de la visión.

Barron y Waiss (1987)²³ evaluaron la AV en 103 sujetos (50 con visión normal y 53 con baja visión) en 3 condiciones diferentes en un orden aleatorio: con un filtro claro (lente transparente), un filtro fotocromático (CPF 527) y un filtro neutro similar (T=40%). Se utilizó para las medidas el test de Lighthouse en 3 versiones diferentes. En este estudio, no se encontró para ningún grupo una diferencia significativa en la AV con el filtro claro y el fotocromático (en el 45% de los pacientes con baja visión no se encontró ninguna diferencia, en el 26% un aumento mayor o igual a una línea con el CPF y en el 28% un descenso de la misma proporción). Sin embargo, en ambos, el filtro fotocromático daba un

resultado significativamente mejor que el neutro. Además, no se mostró un efecto selectivo de ningún filtro en ninguna patología ocular.

En otro estudio¹⁸ con 20 sujetos jóvenes sanos, de nuevo se encontró un efecto neutro. Se probó la influencia de 4 filtros (claro 380 T=94'9%, amarillo 450 T=64'7%, amarillo oscuro 551 T=54'9 y naranja 527 T=46'2%) en la AV medida con el test Bailey-Lovie. Se descubrió que no hubo una diferencia significativa entre los filtros, pero la AV binocular con cada filtro era significativamente mejor que la monocular.

Van den Berg (1989)²⁴ escogió para su estudio a 18 sujetos con retinitis pigmentosa (RP) con una experiencia previa positiva del uso de un filtro rojo. Entre otros test, examinó la AV con el test de Landolt TNO sin el uso de ningún filtro, con un filtro CPF 527 o el preferido por los pacientes, con un filtro neutro de transmisión similar y de nuevo sin filtro, para comprobar los efectos de la fatiga o del aprendizaje. Se observó que los filtros no resultaban en una mejora sustancial ni provocaban diferencia en los resultados. Con un sistema de medida entóptico de la difusión de luz, se comprobó que el nivel de dispersión de luz era considerablemente mayor en estos pacientes comparados con los sujetos control y que este aumento era el mismo para la luz roja, verde o blanca.

Un estudio²⁵ (del que se hablará con más detalle en el siguiente apartado) en 17 pacientes con DMAE con escotoma absoluto central y fijación excéntrica encontró una AV objetiva exactamente igual para todos sus sujetos tanto sin filtro como con un filtro amarillo (CPF 511) o naranja (CPF 527).

De una manera similar, Langagergaard et al. (2003)¹⁴ encontraron en 32 sujetos con DMAE seca y fijación central, que la AV disminuía ligeramente pero no significativamente con un filtro CPF 527 respecto a sin filtro y aumentaba ligeramente pero no significativamente con un filtro LVI 527.

En otro estudio¹⁹ con 10 sujetos con DMAE seca y 5 controles, se usaron los siguientes filtros NoIR: amarillo T=29'7%, naranja T=22'9%, rojo T=16'8% y gris T=10'3%. Cada filtro se le daba al paciente durante una semana para su valoración subjetiva y tras ese periodo se realizaban los test de las diferentes

funciones visuales. Respecto a la AV, medida con el test Bailey-Lovie, disminuyó (significativamente en el grupo con DMAE) con el filtro gris y se encontraba un mayor descenso en la AV según el corte de transmisión del filtro se desplazaba hacia las longitudes de onda largas. Los sujetos con BV fueron más afectados por la pérdida de luz en la retina. Sin embargo, para los filtros amarillo y naranja apenas se encontró empeoramiento porque parece ser que sus propiedades son capaces de realzar la resolución visual contrastando su menor transmisión.

Eperjesi y Agelis (2005)²⁶ examinaron en 55 sujetos jóvenes sanos con catarata simulada mediante una lente esmerilada el efecto de 3 filtros CPF (450, 511 y 527, con transmitancias 67%, 44% y 32% respectivamente). Se midió la AV en visión lejana (con el test Bailey-Lovie) bajo condiciones normales y de deslumbramiento provocado por un filamento de tungsteno incandescente a 40cm. Al igual que en el estudio anterior, se halló un descenso gradual del rendimiento visual según la cantidad de absorción del filtro, con una diferencia máxima en la AV entre cada filtro (bajo condiciones de luz normal) de 0'04 LogMAR. Con todos los filtros, tanto en condiciones normales de luz como con deslumbramiento, la AV se redujo respecto al no uso de filtro. Sin embargo, los resultados no podían considerarse clínicamente significativos.

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE (SC)

Al igual que en el apartado anterior, para esta parte de la función visual los resultados de los estudios difieren unos de otros en gran medida, aunque ambos parámetros varían de forma independiente.

Es importante evaluar este aspecto ya que aunque la AV no varíe significativamente con la ayuda de un filtro de absorción selectiva, este puede influir sin embargo en la SC, lo que podría dar lugar a una gran mejoría visual.

Si bien la clasificación de los resultados en este sentido se hace más complicada, de los resultados encontrados en estos artículos se han clasificado como positivos a 9, 5 como neutros y uno negativo, aunque en cada estudio se mezclan resultados diferentes según los filtros utilizados.

Con 46 personas con deficiencia visual por diferentes causas, se hizo un estudio de la influencia de varios filtros CPF y neutros en la SC en condiciones de luz normal y bajo deslumbramiento por una lámpara de tungsteno⁹. Se midieron dos frecuencias (2 y 12 ciclos/grado) en 5 niveles de contraste (90, 77, 55, 33 y 11%). Bajo luz normal, se utilizaron los filtros neutros 0'5, 1 y 1'5 y CPF 511, 527 y 550; bajo deslumbramiento, los filtros neutro 0'3 y los mismos CPF.

Sin deslumbramiento (en 44 sujetos), los resultados fueron los siguientes: el 48% no mejoraba la SC con ningún filtro, el 20% con ambos, el 27% sólo con los filtros CPF y el 4'5 sólo con los neutros. En general, el 41% mejoraba sólo o más con los filtros CPF y de los que mostraban alguna mejoría, el 78%. Se descubrió, además, que la retinopatía diabética (RD) y el nistagmus no mejoraban con ningún filtro, la RP era la que menos mejoría encontraba y los sujetos con componentes afectados en el segmento anterior o prerretinal obtenían el mejor porcentaje de mejoría con filtros CPF, probablemente por la reducción de la dispersión anormal de la luz en las longitudes de onda corta.

En comparación con las medidas con deslumbramiento (26 sujetos) se muestran los siguientes resultados: el 27% no mejoraba bajo ninguna condición y el 73% en alguna de ellas (con o sin deslumbramiento), de estos últimos, el 58% mejoraba en ambas y de estas el 37% más bajo deslumbramiento, el 21% sólo bajo deslumbramiento y el otro 21% sólo sin deslumbramiento. De nuevo, los filtros CPF fueron más efectivos que los neutros y las condiciones que más se beneficiaron fueron aquellas con alteraciones prerretinales o en el segmento anterior.

Para las dos condiciones, de los filtros CPF el que mejor resultados daba era el 511. En total, sin deslumbramiento mejoraba el 52% de los pacientes y con deslumbramiento mejoraba el 73%. Por tanto, es más probable encontrar un beneficio en los filtros en aquellas situaciones de intensa luz.

En otro estudio²⁷ con 12 sujetos con degeneración de la retina y 9 sujetos control, se examinó la SC con el test denominado "Vision Contrast Test System (VCTS) 6500" en presencia de una fuente de luz fluorescente con y sin el uso de varios filtros: gafas de sol con una absorción del 95% en UV (T=16'9%),

filtro neutro 0'6 (T=25'6%), NoIR 111 (T=35'2), CPF 527 (T=43'6%) y un filtro amarillo (T=86%). Para los sujetos control se encontró una disminución de la SC global con todos los filtros, particularmente en las frecuencias más altas. Además, se encontró que la SC estaba correlacionada significativamente con la transmitancia fotópica de los filtros. Para aquellos con degeneración de la retina, aumentó levemente la SC con filtros en las frecuencias altas, aunque se encontraba poco cambio en la SC global. Se concluyó que el beneficio para estos pacientes se encontraba en la reducción global de la luminancia fotópica.

Valentincic et al. (2007)²¹ investigaron el efecto de 3 filtros (CPF 450, ZF 560 y filtro amarillo 489) en la visión de 14 individuos con edema macular cistoide inflamatorio y 16 con otros desórdenes maculares. La SC estática se midió mediante un programa de ordenador con rejillas sinusoidales en las frecuencias 2, 4, 6, 12 y 18 ciclos/grado. Para el grupo con edema macular cistoide, la SC mejoró significativamente con el filtro CPF 450 en la frecuencia 6 y para el grupo con otros desórdenes maculares disminuyó significativamente con el filtro ZF 560 en la frecuencia 12 (posiblemente por tener una menor transmisión), aunque cualquier resultado no fue clínicamente significativo.

Por otro lado, Langagergard (2003)¹⁴ en su estudio con 32 sujetos con DMAE seca y fijación central midió la SC mediante test de AV con diferentes niveles de contraste (100%, 10%, 5%, 2'5% y 1'25%) y el uso de dos filtros en orden aleatorio: CPF 527 y LVI 527. Para el contraste 10% aumentaba la sensibilidad significativamente con el filtro LVI y disminuía ligeramente con el filtro CPF. El contraste del 5% solo pudo ser leído por 4 personas, en 3 de ellas aumentó la SC con el filtro LVI y disminuyó en 2 sujetos con el CPF. Ambos filtros tienen el mismo corte de transmisión en el espectro, sin embargo, los diferentes resultados pueden deberse a una diferente curva de transmisión (el CPF es más oscuro).

Resultados también positivos en pacientes con DMAE se encontraron en el estudio de Zigman (1990)¹⁶ en 8 pacientes con DMAE y 21 con cataratas. Se examinó la SC con y sin un filtro 480 de plástico (lente See More) en dos test diferentes. El primero se trataba de una pantalla de TV en la que las letras se iban haciendo progresivamente más pequeñas a la vez que disminuían de

contraste (EyeCON 5 System), el segundo, un test denominado “VisTech Vision Contrast Test System”. En la primera prueba, con el uso del filtro aumentaba la AV al menos una línea y en las regiones de menos contraste varias líneas; con el segundo test, el uso del filtro mejoraba marcadamente la SC en las regiones de mayor frecuencia.

Este mismo autor¹¹, realiza 2 años después un examen de la SC (test VisTech) con el uso y sin el uso del filtro 480 en varios pacientes: 14 ancianos sin anomalías oculares, 15 con catarata, 10 con degeneración macular y 9 pseudofáquicos. Para los primeros, el filtro aumentó significativamente la SC en un área de frecuencias de 3 a 12 ciclos/grado, de forma similar que para los sujetos con pseudofaquia pero en estos en todas las frecuencias; para los sujetos con catarata, sin embargo, se aumentó más significativamente en el área de mayor frecuencia, al igual que su estudio anterior; para las personas con degeneración macular, con el filtro se aumentó la SC principalmente en el área de menores frecuencias, con cambios menos significativos en las mayores, al contrario que en su estudio previo.

Rosenblum et al. (2000)¹⁷ probaron la eficacia de varios filtros en diferentes condiciones oculares: 15 adultos con cataratas con filtro amarillo (T= 50% en 490nm), 13 niños afáquicos con otro filtro amarillo (T= 50% en 445nm), 42 albinos con filtro ámbar (T=17% en 560) y 27 con hipoplasia macular con filtro naranja con transmitancia en el área de 520nm. Para todos los pacientes la SC (medida con un test de Shelepin) aumentó con el uso de los filtros, con una mejoría del 27% al 34%. Para todos los pacientes, excepto los que tenían cataratas (resultado diferente a los otros dos estudios con cataratas), la mejoría era mayor para las altas frecuencias.

Naidu et al. (2003)²⁰ probaron 6 filtros con el 50% de transmisión (claro, gris, marrón, amarillo, verde y púrpura) en 25 pacientes con cataratas de diferentes tipos. Se midió la SC en tres frecuencias (0'4, 1 y 4 ciclos/grado) y bajo condiciones de deslumbramiento provocado por una bombilla fluorescente colocada a 15cm de los ojos. Los resultados obtenidos fueron: al igual que en el resto de estudios, todos los filtros aumentaron la SC respecto a la lente convencional, el efecto fue mayor para los filtros marrón y amarillo y menor

para el gris; con todos los filtros (incluida la lente clara) la SC con deslumbramiento era menor que en condiciones normales, pero el efecto era menor para los filtros marrón y amarillo y mayor para el gris. Se concluye, por tanto, que los filtros marrón y amarillo ofrecen una mejor protección frente al deslumbramiento.

En el estudio de Fowler et al. (1991)¹⁵ con 20 niños con ambliopía binocular también se examinó la SC (test VisTech y monitor Joyce) con el uso de filtros amarillos. En todos ellos, mejoró la SC significativamente para todas las frecuencias y se mantuvo a los 3 y 9 meses siguientes incluso sin el uso de los filtros en los más jóvenes.

En 18 sujetos con RP con una experiencia previa positiva del uso de un filtro rojo, Van den Berg (1989)²⁴ examinó la SC con el test VisTech con un filtro CPF 527 y uno neutro de transmisión similar, pero en cambio, no encontró una mejora sustancial ni una diferencia significativa en los resultados. Únicamente un paciente lograba un mejor resultado con el filtro coloreado.

Frennesson y Nilsson (1993)²⁵ estudiaron los efectos de dos filtros (CPF 511 amarillo y CPF 527 naranja) en la SC periférica a un escotoma central absoluto en 17 sujetos con DMAE entrenados en fijación excéntrica. Se determinó la SC con una rejilla sinusoidal vertical estática y dinámica para las frecuencias 0'5, 1'0 y 2'0 ciclos/grado en las 3 condiciones (sin filtro y con los dos filtros).

Entre los resultados se destaca: una SC significativamente menor en los pacientes con DMAE en todas las frecuencias respecto al grupo control en una excentricidad similar (17 sujetos) lo que indica que la lesión afecta fuera del área central, además de una gran variabilidad interindividual, aunque no había una tendencia sistemática a correlacionarse con la edad, AV o excentricidad de la fijación; la SC dinámica era mayor en la frecuencia de 0'5 ciclos/grado, pero no significativamente diferente en las otras frecuencias; la SC ni estática ni dinámica aumentaba con el uso de un telescopio (TS). Por último, para todas las frecuencias en la SC estática no se encontró una diferencia estadísticamente significativa con ningún filtro; en cambio, la SC dinámica aumentó significativamente en la frecuencia de 2 ciclos/grado con el filtro CPF

511 y en 0'5 y 1'0 ciclos/grado con el CPF 527, aunque esto se traduce en una mejoría limitada ya que de 12 posibles situaciones mejoraron solo 3.

En 10 sujetos también con DMAE seca y 5 controles, se evaluó el efecto de varios filtros NoIR (amarillo T=29'7%, naranja T=22'9%, rojo T=16'8% y gris T=10'3%)¹⁹. Cada filtro se le daba al paciente durante una semana para su valoración subjetiva y tras ese periodo se realizaban los test de las diferentes funciones visuales. La SC se midió con dos test: "Melbourne Edge Test" y software informático, en fondo negro y en azul. En el primer test tampoco se halló una diferencia significativa con ningún filtro en ningún grupo. En el segundo, la SC tampoco fue afectada significativamente, pero se encontró una tendencia a una mejoría con los filtros amarillo y naranja y un empeoramiento con el filtro gris para ambos grupos, y además, con el filtro rojo para el grupo con DMAE. La razón por la que no se encontró apenas beneficio en la SC con el fondo azul parece ser el amarilleamiento (envejecimiento) de los medios oculares.

Además, se evaluó el efecto de una fuente deslumbrante a 1'5m frente a los sujetos en la SC de una letra de 0'9logMAR en varios contrastes (test Medmont AT-20). Cuando la fuente se añadió, la SC fue reducida significativamente con cada filtro. De nuevo, la SC era menor con el filtro gris. Sin embargo, aunque no hubo una diferencia significativa entre los filtros en su habilidad de proteger contra el efecto del deslumbramiento, el filtro gris redujo la pérdida de SC con la fuente deslumbrante comparado con el uso de una lente transparente.

En otro estudio realizado por el mismo autor 2 años después¹⁸, en 20 sujetos jóvenes sanos se probó la influencia de 4 filtros (claro 380 T=94'9%, amarillo 450 T=64'7%, amarillo oscuro 551 T=54'9 y naranja 527 T=46'2%) en la SC medida con varios test: Melbourne Edge Test, Australian Vision Chart nº5 y software informático con fondo negro y fondo azul para la mitad de los pacientes. Para el primer test, no hubo una diferencia significativa con ningún filtro, el segundo test todos los sujetos excepto uno lo identificaron completamente con todos los filtros. En la rejilla en blanco y negro no se encontró una diferencia significativa con los filtros en ninguna frecuencia, excepto una disminución de la SC con el filtro naranja en las frecuencias 2 y 6

ciclos/grado. Con el fondo azul, en cambio, con el filtro amarillo aumentó significativamente la SC en las frecuencias bajas y medias. Esto es debido a que el filtro absorbe la longitud de onda corta, por lo que reduce la luminancia del fondo azul y realza el contraste aparente del objeto más brillante superpuesto.

En otros 10 sujetos sanos a los que se les probaron dos filtros (525 y neutro 0'76, con 5 minutos de adaptación a cada uno)²⁸ respecto a la condición de sin filtro se hallaron resultados similares para ambos (aunque muy variables entre sujetos) con un aumento de la SC en las frecuencias bajas (resultado calificado de inesperado), disminución en las frecuencias altas y sin alteraciones para las medias. En la discusión de este trabajo se comenta que la SC para bajas y medias frecuencias debería ser idéntica en las 3 condiciones puesto que si el filtro disminuye la luminancia del fondo, también se disminuye por el mismo factor el incremento de luminancia requerido para detectar un estímulo, y que la detección de las frecuencias altas está mediada por un mecanismo acromático.

Eperjesi y Agelis (2005)²⁶ examinaron el efecto en la SC de 3 filtros CPF (450, 511 y 527, con transmitancias 67%, 44% y 32% respectivamente) en 55 sujetos jóvenes sanos con catarata simulada mediante una lente esmerilada. La SC se evaluó con el test Pelli-Robson bajo condiciones de luz normal y bajo deslumbramiento provocado por un filamento de tungsteno incandescente a 40cm. Se encontró un descenso gradual del rendimiento visual según la absorción del filtro, con una diferencia máxima de 0'10 log SC entre cada uno. Al contrario que el resto de estudios con cataratas incluidos en este trabajo, la SC resultó ser reducida por los filtros en todas las condiciones excepto para el filtro CPF 450 con deslumbramiento. De todas formas, se determinó que los resultados tenían poco significado clínico.

LECTURA

Algunas personas encuentran una lectura más cómoda mediante el uso de lentes coloreadas, aunque el mecanismo por el que se produce esta mejoría no está claro²⁹. En individuos con dificultades en la lectura debido a problemas de dislexia, autismo, epilepsia, esclerosis múltiple, migraña, síndrome de Meares-Irlen y otros, parece ser que el beneficio está relacionado con la

hiperexcitabilidad focal en la corteza visual, ya que algunas áreas de esta tienen sensibilidad espectral^{29 30 31 32}. En estos sujetos se presentan síntomas de estrés visual como astenopía, distorsión de la percepción o el denominado “pattern glare”, que consiste en una sensibilidad anormal a los patrones rayados (como las líneas de un texto) que provoca borrosidad y duplicación de la imagen, contornos coloreados e imágenes fantasma alrededor de las letras, sensación de movimiento de palabras y apariencia ondulada de las líneas^{13 33}.

Para este tipo de pacientes, Wilkins (1992, 1994) diseñó un conjunto de filtros en forma de láminas de plástico coloreadas (Intuitive Coloured Overlays) que se colocan encima del material para usar como ayuda en la lectura³⁴ y el Colorímetro Intuitivo para la prescripción individual de forma precisa del color que más se ajusta a las necesidades del paciente³⁵, que ha sido demostrado en establecer la diferencia entre aquellos estudios que resultan en un beneficio de los filtros y aquellos que no^{31 32}.

De todas formas, los estudios realizados con láminas de colores no son comparables a aquellos hechos con filtros en gafa, puesto que, además de necesitarse un color diferente en cada uno de los casos en la misma persona, con las láminas solo disponemos de una pequeña superficie filtrada en vez de todo el campo visual y el ojo estará adaptado a la luz blanca y no al color de la lámina¹³.

Entre los artículos encontrados se clasificaron como resultados positivos a 4 estudios, 3 como neutros y ninguno como negativo.

Newman et al. (2007)³⁰ investigaron el uso de las láminas coloreadas en la velocidad lectora (Rate of Reading test) y búsqueda visual (Circles Search test) en 26 sujetos con esclerosis múltiple y 26 sujetos control, tras escoger aquel filtro que subjetivamente mejoraba más los síntomas. En el grupo control no se encontró un efecto significativo, pero en el otro grupo hubo una mejoría global del 16% en la velocidad lectora y 14 de 26 personas omitieron al menos el 60% menos de círculos en la búsqueda visual, aunque se realizó a una velocidad similar. Para conocer el efecto del uso regular de estas láminas, se repartieron a 13 personas el color escogido y a los 13 restantes una lámina gris para su uso durante 14 días. Se encontró que para el grupo de la lámina gris ninguna

de las pruebas había mejorado, mientras que para el grupo de la lámina de color, sí. Posteriormente, se repartieron láminas del color elegido a todos los pacientes durante 14 días más y se encontró para todos una mejoría en la velocidad lectora (una media de un 21% más respecto a la primera prueba) y en la búsqueda visual, tanto con el uso de la lámina como sin ella (aunque menor). Todos los sujetos, además, después del uso regular de las láminas experimentaron un descenso de los síntomas visuales.

En un estudio previo³¹ se examinó el efecto de unos filtros en gafa en 17 pacientes con migraña (12 de ellos con aura) que padecían varios síntomas visuales. Todos ellos fueron evaluados con el Colorímetro Intuitivo para elegir la lámina óptima subjetivamente y probarla durante un mes. Aquellos que declararon un beneficio realizaron las siguientes pruebas, 3 semanas después, con un filtro en gafa. A la mitad de ellos se les dio el filtro óptimo con el color escogido y a la otra mitad un color similar con una cromaticidad similar (filtro control). Se llevó puesto el primer filtro durante 6 semanas, se descansó 2 más y se llevó puesto el segundo filtro durante otras 6 semanas, tiempo durante el cual se completó un diario de síntomas visuales. En los resultados se descubrió que había una reducción significativa del fenómeno pattern glare con ambos filtros (óptimo y control) pero menor frecuencia del dolor de cabeza con el filtro óptimo.

En una segunda parte de ese mismo estudio³² se compararon las características optométricas de los sujetos en las tres condiciones (sin filtro y con filtro óptimo y control) y se compararon con 11 sujetos control. Casi todos los test optométricos ofrecían resultados similares en ambos grupos, pero los individuos con migraña tendían a ser más exofóricos en cerca y esta condición no variaba con los filtros. Aunque en todo caso eran capaces de compensar la exoforia, la reserva fusional convergente era significativamente mejor sin filtro. Se concluyó, entonces, que el mecanismo de beneficio de los filtros en migraña no era debido a la corrección del motor ocular sino a la disminución del fenómeno pattern glare por el alivio de la hiperexcitabilidad cortical.

Eperjesi et al. (2004)³³ investigaron el efecto de 4 filtros en la velocidad lectora en 12 sujetos con DMAE seca con pérdida de campo central y 12 individuos

con visión normal. Las lentes utilizadas, en orden aleatorio, fueron: un filtro fotocromático amarillo CPF 450 (T=68%), un filtro de densidad neutra (T=50%), un filtro de plástico tintado por la superficie elegido individualmente mediante el Colorímetro Intuitivo (con el test Rate of Reading Test) y una lente transparente convencional. El test utilizado para medir la velocidad lectora fueron las cartas de lectura en cerca de Bailey-Lovie en cinco versiones diferentes y en varios tamaños de letra. Se encontró para el grupo control, de nuevo, que no había un efecto estadísticamente significativo de los filtros, y que con todos ellos la velocidad de lectura era menor. Sin embargo, para el grupo con DMAE se encontró una mejoría significativa: el filtro CPF 450 producía una velocidad de lectura mayor que con los otros 2 filtros y sólo con este se superaba (en un 5% de media) la que se conseguía sin el uso de ningún filtro. Aunque es cuestionable que este porcentaje sea clínicamente significativo teniendo en cuenta la variedad intragrupo, algunos sujetos con una mejoría de hasta el 10-15% comprueban su beneficio. Se demostró en este estudio, además, que el filtro escogido personalmente mediante el Colorímetro Intuitivo era el que peor funcionaba.

Este mismo autor, en el mismo año, investigó también el efecto de las láminas coloreadas en la velocidad lectora de 12 sujetos con DMAE seca con escotoma relativo y fijación central¹³. Las 10 láminas utilizadas fueron las siguientes: dos tipos de rosa (T=78%), púrpura (T=67%), aguamarina (T=81%), azul (T=74%), verde-lima (T=86%), verde-menta (T=85%), amarillo (T=93%), naranja (T=83%), gris (T=71%) y un lámina transparente como control (T=100%). El test utilizado en este caso fue el Rate of Reading Test, pero modificado, y usando un tamaño de letra, para cada sujeto, un punto mayor que el determinado con el test de visión próxima Bailey-Lovie. Se leyó cada bloque de texto, en el mismo orden para todos, con un filtro diferente, en orden aleatorio. Los resultados obtenidos indicaron que no existía una diferencia estadísticamente significativa en la velocidad lectora con las láminas coloreadas en comparación con la transparente, al contrario que en su estudio anterior con los filtros. Y, a parte, que las láminas de color rosa, púrpura y azul daban una velocidad lectora significativamente peor comparada con el resto de filtros de color y transparente. Se concluye en este estudio que este tipo de

filtros es poco probable que aporte un beneficio en la velocidad lectora en este tipo de población, comprobándose la hipótesis nula de la que partía.

Otro estudio³⁶ sobre el efecto de la longitud de onda en la lectura fue realizado en 4 sujetos con visión normal, 2 dicrómatas y 25 personas con baja visión, de los cuales 7 tenían opacidades en los medios oculares, 7 anomalías en los fotorreceptores, 5 con pérdidas de campo central y 6 con pérdidas de campo periférico. Se comparó la eficacia de 4 filtros: azul oscuro, verde combinado con uno neutro 1'0, rojo oscuro y neutro 1'6 (todos Kodak Wratten) situados delante de un monitor de un circuito cerrado de TV por el que se deslizaba el texto de derecha a izquierda sobre un fondo oscuro, ajustando la velocidad de escaneo hasta un número mínimo de errores y apuntando el resultado en palabras por minuto (ppm) en un tamaño de letra que subtendía 6^0 para todos.

En general, para los sujetos sanos, el color no ejercía un efecto importante sobre la lectura. La inversión de polaridad y el cambio a un texto estático en cartilla con filtro puesto en gafa tampoco tuvieron efecto. Sin embargo, en un tamaño de letra próximo a la AV límite disminuyó la velocidad global con cualquier filtro en ambos casos (TV y cartilla). Además, se investigó el efecto de la iluminancia con varios filtros neutros y se comprobó que la velocidad lectora disminuía lentamente (pero más rápido con el filtro rojo debido al cambio de sensibilidad espectral de fotópica a escotópica). Para los sujetos con pérdidas de campo central o periférico tampoco se encontró un efecto notable de ningún color, en contra de lo que se podría predecir debido a la mayor sensibilidad espectral de la retina periférica a las bajas longitudes de onda.

En los sujetos con opacidades en los medios oculares el color no afectaba al rendimiento en la lectura, excepto una persona que leía peor con el azul debido a la mayor absorción de los medios en las longitudes de onda corta. En los afectados de anomalías en los fotorreceptores, aquellos con las formas más avanzadas de degeneración leían más rápido el texto azul que el rojo, al igual que el protanope debido a la afectación en los conos sensibles a ese color. De un modo general, se encontró que los filtros gris y verde daban una menor desviación del máximo rendimiento lector.

Eperjesi y Agelis (2005)²⁶ examinaron la visión cercana en términos de la velocidad lectora (test MNRead) y el tamaño mínimo de letra capaz de leerse en 55 sujetos jóvenes sanos con catarata simulada mediante una lente esmerilada, con el uso de 3 filtros CPF (450, 511 y 527, con transmitancias 67%, 44% y 32% respectivamente). Comparado con la AV en visión cercana sin filtro, ninguno de ellos tuvo un efecto significativo ni en la velocidad lectora ni el tamaño de letra. Sin embargo, los resultados no podían considerarse de significado clínico.

VISIÓN DEL COLOR

Una de las primeras técnicas propuestas para corregir las deficiencias en la visión del color fue el uso de lentes tintadas. Los filtros realzan la discriminación de los colores mediante la modificación del tono, saturación y brillo de los estímulos a través de la absorción selectiva de ciertas longitudes de onda, haciendo que los cambios en la apariencia ayuden a su diferenciación³⁷.

Sin embargo, el éxito de los filtros como ayuda visual en individuos tanto con una visión del color normal como deficiente es muy variado, aunque suelen darse ciertas tendencias.

Algunos estudios han demostrado que el uso de lentes tintadas afecta a la discriminación del color de los sujetos normales, especialmente si tienen un punto de corte en la transmisión por encima de 455nm^{18 19}. La disminución general de la iluminancia retiniana a un nivel mesópico con la absorción de los filtros causa una pérdida de la visión del color inespecífica^{18 19}. Debido a las características de transmisión de los filtros, que normalmente absorben más las longitudes de onda corta, el error que se produce en la mayoría de los casos es un defecto en el eje tritán (discriminación de los azules), ya que los conos sensibles al azul no se estimulan al no llegarles este color¹⁹. Por lo general, el efecto de los filtros en la visión del color es más pronunciado en aquellas personas que ya tenían una deficiencia subyacente, (es decir, aumenta el número de errores) aunque en este caso no resulta tan crucial, pues ya evitaban las tareas críticas de color. De todas formas, la adaptación cromática en un periodo de prueba neutraliza algunos de los cambios de color provocados por los filtros, por lo que los colores de la escena tienden a parecer

naturales, aunque la luminosidad relativa aparente de los objetos coloreados de la escena no es restaurada¹⁸.

Los 27 sujetos con RP del estudio de Silver y Lyness (1985)³⁸ anteriormente mencionado, encontraron dificultades en la identificación de los colores con el uso de un filtro rojo, aunque esta sensación se reducía tras su uso después de varios días, o era considerado un efecto no importante en comparación con los beneficios subjetivos.

Van den Berg (1989)²⁴ examinó también el uso de un filtro rojo en la visión del color de 12 sujetos con RP mediante el test Farnsworth-Munsell de 15 tonos (D-15). Un paciente realizó el test perfectamente; 3 pacientes no cometieron errores sin filtro pero cometieron 3, 6 y 7 errores (eje tritán) con el uso del filtro; 2 tuvieron un comportamiento errático y 6 individuos con errores tritanopes cometieron un mayor número de errores con el filtro puesto. Por tanto, el uso del filtro provocó un deterioro de la visión del color ya deficiente, generalmente en el eje tritán.

En una prueba con 22 sujetos pseudofáquicos con DMAE y el uso de un filtro NoIR 751H en gafas envolventes se les pedía la clasificación en dos grupos de 16 calcetines de colores negro y azul marino, sin límite de tiempo y apuntando el número de fallos³⁹. Los resultados fueron los siguientes: el 9% identificó el azul marino como negro sin el uso del filtro, en cambio, el 77% lo hizo así con el filtro puesto, lo que se considera un aumento altamente significativo; el 36% identificó el negro como azul marino sin filtro, 41% con filtro (aumento no significativo). Dos personas identificaron mal los mismos calcetines con y sin el filtro, y otros dos no cometieron ningún error. El motivo de elección de esta tarea en lugar de un test estandarizado, era simular una actividad que se pudiera realizar en la vida real y comprobar la discriminación entre estímulos de un color de baja longitud de onda frente a otros acromáticos, en vez de diferencias entre diferentes tonalidades.

En otra investigación¹⁹, de nuevo con 10 pacientes con DMAE seca y 5 controles, se evaluó la visión del color con el test Farnsworth-Munsell de 100 tonos (FM-100), con varios filtros NoIR: amarillo T=29'7%, naranja T=22'9%, rojo T=16'8% y gris T=10'3%. Cada uno de ellos se llevaba puesto una semana

de prueba para su valoración subjetiva, periodo tras el cual se realizaban las medidas clínicas de diferentes funciones visuales. Para aquellos pacientes con DMAE, en contraposición con el estudio anterior, no se halló una diferencia significativa en el error total ni un cambio en el ángulo de confusión; para los sujetos sanos, la discriminación era peor significativamente con el filtro rojo, con un desplazamiento hacia el eje tritán.

En un estudio del mismo autor¹⁸, se encontraron resultados similares en 20 sujetos jóvenes sanos a los que se les examinó la visión del color con el test FM-100 y la influencia de 4 filtros (claro 380 T=94'9%, amarillo 450 T=64'7%, amarillo oscuro 551 T=54'9 y naranja 527 T=46'2%). El error total cometido y el índice de confusión fueron mayores con los filtros (sobre todo el naranja) que con la lente clara; el ángulo de confusión con el filtro amarillo y el naranja se corresponde con el eje tritán, pero con el filtro amarillo oscuro se produce una depresión global o pérdida escotópica.

Aunque no pertenecientes al colectivo de baja visión, Hovis et al. (1989)²⁸ aplicaron el test FM-100 con y sin el uso de un filtro 525 a 5 sujetos normales (2 de ellos repitieron la prueba con un filtro neutro 0'7), un protanope y un deuteranope.

Para los sujetos normales, se encontró con el filtro 525, de nuevo, una menor discriminación del color, con un gran aumento en el número de errores en el test y una deficiencia en el eje tritán; sin embargo, con el filtro neutro se notaba una ligera mejoría. Para determinar el efecto de la adaptación en la visión al color, un sujeto llevó puesto el filtro durante 45 minutos antes del test pero los resultados fueron idénticos.

Los sujetos dicrómatas ordenaron aleatoriamente todos los colores del test, por lo que se concluye que no discriminan los colores y su mecanismo está basado en la diferencia de brillo de los estímulos, ya que uno de los conos está afectado y al otro no llegan los estímulos de las bajas longitudes de onda, que son absorbidas. Por tanto, este tipo de filtros no son apropiados para dicrómatas, se recomienda más el uso de uno neutro.

Este mismo autor, Hovis (1997)³⁷, investigó posteriormente el efecto de varios filtros en la visión del color de 29 sujetos con deficiencias congénitas: 8 deuteranopes, 8 protanopes, 11 deuteranómalos y 2 protanómalos. Se escogió para cada paciente el filtro más apropiado mediante un procedimiento con una serie de test clínicos, aunque lo apropiado sería con un anomaloscopio. Entre los filtros utilizados presentaban los siguientes cortes de transmisión: 540, 560, 565, 570 y 580. Los test que se llevaron a cabo (en la primera sesión y tras una semana de prueba) fueron: Ishihara de 38 láminas, el test denominado “Standard Pseudoisochromatic Plates” parte 1 y parte 2 (SPP1, SPP2), D-15 y FM-100. Entre los resultados obtenidos, pueden destacarse los siguientes: tanto en el test de Ishihara como el SPP1 hubo una disminución de los errores estadísticamente significativa con el uso del filtro en ambas sesiones; en el test D-15 el grupo con una deficiencia severa (aquel que no había pasado la prueba) disminuyó de nuevo significativamente los errores además de sufrir un cambio en el ángulo de confusión hacia el eje tritán; en el test SPP2 respecto al error rojo-verde, el grupo con deficiencia moderada (el que había pasado la prueba D-15) obtuvo una mejoría significativa con el filtro en la segunda sesión pero, en cambio, en el error amarillo-azul ambos grupos aumentaron significativamente la cantidad de errores en las dos sesiones; por último, en el test FM-100, como en el resto de estudios, ambos grupos cometieron un mayor número de errores con el filtro, aumento mayor en el eje tritán. De una manera global puede decirse que los filtros mejoraron la visión del color en los test que requieren una discriminación entre tonos muy diferentes debido a artefactos de brillo en los estímulos inducidos por los filtros, pero la hacía más difícil a la hora de diferenciar tonalidades semejantes o colores en el eje de confusión tritán.

Además de la aplicación de los test, se les hizo una encuesta a los pacientes. El 56% calificó a los filtros como moderada o altamente efectivos, pero sólo el 17% tenía interés en su compra, debido a diversos problemas como su molesta apariencia roja, aparición de dolores de cabeza o porque realmente se percibían menos colores.

OTROS: FOTOFOBIA, ESTEREOPSIS, ACOMODACIÓN, CAMPO VISUAL, ADAPTACIÓN A LA OSCURIDAD, FATIGA VISUAL, MOVILIDAD, MANIPULACIÓN.

En 24 sujetos con diferentes distrofias retinianas congénitas, se probaron los efectos en la fotofobia de dos filtros, uno rojo (PLS 550) y uno marrón (750 en gafas de sol)²². De los 14 sujetos con distrofia de conos y bastones, 10 padecían una gran fotofobia sin filtros, pero en 10 esta desaparecía con el filtro rojo. Sin embargo, en 9 sujetos la fotofobia permanecía con el filtro marrón. De los 5 individuos con monocromatismo de bastones, en 3 la fotofobia mejoró mucho con el filtro rojo pero en 4 permaneció con el filtro marrón. Aquellos con distrofia de bastones y conos (2) y con distrofia central areolar (3) no mostraron ningún cambio con el uso de los filtros.

La influencia de unos filtros amarillos en la estereopsis de 20 niños con ambliopía binocular, entre otras cosas, fue medida por Fowler et al. (1991)¹⁵. Medida con el test de Randot esta aumentó inmediatamente de 171" a 55" con el uso de los filtros. Además, esta mejoría se mantuvo a los 3 y 9 meses siguientes del uso continuo de los filtros, incluso, para los más jóvenes, cuando estos no se llevaban puestos.

Con un aparato Howard-Dolman, se examinó la influencia de un filtro 525 en la estereopsis de 10 sujetos sanos (para objetos supraumbrales y luminancia fotópica)²⁸ y hallaron para estos, al contrario que en el caso anterior, que el umbral estéreo tanto con filtro como sin él era el mismo (12") y que por lo tanto la estereopsis ni mejoraba ni empeoraba con el uso del filtro. Eso sí, los sujetos expresaron que los objetos se veían más claros y parecían más cercanos, se supone que por la reducción de la luz dispersada.

En el mismo estudio de Fowler et al. (1991)¹⁵ con los filtros amarillos en 20 niños con ambliopía binocular se evaluó también la acomodación. Se encontró que el punto próximo de convergencia se reducía, de 18cm a 9cm con el uso de los filtros y que esta mejoría también se mantenía los 3 y 9 meses de seguimiento del uso de los filtros, incluso cuando estos no se llevaban puestos en el caso de los más jóvenes.

En 20 sujetos jóvenes sanos se probó la influencia de 4 filtros (claro 380 T=94'9%, amarillo 450 T=64'7%, amarillo oscuro 551 T=54'9 y naranja 527 T=46'2%) en la relación AC/A con el método gradiente, pero no se encontró una diferencia significativa entre los filtros, excepto una disminución con el naranja¹⁸.

Wolffsohn et al. (2002)¹⁹ evaluaron el efecto de varios filtros NoIR (amarillo T=29'7%, naranja T=22'9%, rojo T=16'8% y gris T=10'3%) en la sensibilidad extrafoveal de 10 sujetos con DMAE y 5 sanos, estableciendo los umbrales estáticos en 4 puntos de 3 excentricidades (3⁰, 6⁰ y 12⁰). En el primer grupo, disminuyó la sensibilidad significativamente en 12⁰ de excentricidad con los filtros rojo y gris; en el grupo sano, en cambio, disminuyó en las excentricidades 3⁰ y 6⁰ significativamente con el filtro rojo. Esto es debido a que los sujetos con DMAE ya tienen una marcada pérdida en la sensibilidad foveal, por lo que se encuentra un mayor efecto del filtro en la función de la retina periférica. En los sujetos sanos, la retina periférica necesita un umbral de luz menor, por lo que la reducción en la transmisión de los filtros es poco probable que caiga bajo este.

Van den Berg (1989)²⁴ analizó los efectos en el campo visual (CV) de un filtro rojo CPF 527 en 18 pacientes con RP. Dependiendo de la progresión de la enfermedad, se eligió un programa diferente: para 6 pacientes y 3 controles el programa 30-2 (mide los 30⁰ centrales), para 2 sujetos el 10-2 (10⁰) y para 5 el programa de mácula (3⁰). No se encontró ningún efecto importante del uso del filtro. Para aquellos con visión relativamente preservada no hubo diferencia o un leve empeoramiento, para el resto con un CV restringido se encontró una leve mejoría.

En el mismo estudio, se examinó la alteración producida por un filtro rojo (CPF 527) en los tiempos de adaptación a la oscuridad en 7 pacientes con RP en 4 condiciones diferentes: visión central con filtraje continuado, visión extrafoveal con el filtro puesto en la preadaptación (en casos de pérdida completa de la función de los bastones), visión extrafoveal con filtraje continuado (en casos de alguna función de los bastones) y visión extrafoveal con el filtro puesto sólo en la preadaptación (en casos de alguna función de los bastones). En las 3

primeras condiciones, no hubo diferencia alguna con el uso del filtro, pero en la última condición el tiempo de adaptación se aceleraba. Este resultado se explica porque los bastones son insensibles a la luz roja, por tanto el filtro rojo previene que los bastones se adapten a la luz, a la vez que los conos siguen funcionando. Al encontrarse en un ambiente con poca iluminación y quitar los filtros, los bastones pueden funcionar rápidamente ya que no están blanqueados por la luz.

En un estudio⁴⁰ sobre 36 sujetos con varios desórdenes del nervio óptico se examinó el efecto de varios filtros (con transmisiones totales de 80, 55, 45, 10 y 1%) en la disminución de la AV debido a la fatiga visual, realizando dos medidas separadas 5 minutos con y sin los filtros. Se sabe que las personas con lesiones en el nervio óptico sufren de fatiga visual, alcanzan su máxima AV en bajos niveles de iluminación y con la adaptación a la luz decae rápidamente la sensibilidad. En los resultados se demostró que gracias a la reducción de luz provocada por el filtro, se reducía la fatiga visual y las quejas de los pacientes disminuían. En un paciente, el filtro con transmisión 55% redujo la disminución de AV en la segunda medida y con el filtro con transmisión 2% se eliminaba al completo la fatiga visual. Por tanto, con la ayuda de un filtro estos sujetos pudieron conseguir una visión sostenida más confortable.

En una parte de su estudio, Kiser et al. (2008)³⁹ prepararon para 22 sujetos pseudofáquicos con DMAE varios recorridos con objetos ordenados formando obstáculos recreando situaciones propensas a tropezar. Se trataba de dos habitaciones en oscuridad en la que los sujetos tenían que recorrer dos veces una ruta en el menor tiempo posible y evitando tropiezos, con y sin un filtro NoIR 751H. Se observó que con el uso del filtro el tiempo invertido en recorrer el curso aumentaba en 11 segundos, con un incremento del 4% en el número de tropiezos, aunque se encontró que estas diferencias no eran significativas. Por tanto, el uso de un filtro con atenuación de la luz azul apenas tuvo un efecto mínimo en la movilidad.

En el mismo estudio, se llevó también a cabo en 17 sujetos una prueba de habilidad en la manipulación de bloques con el Test de Velocidad de Manipulación de Minnesota (MRMT), con el uso y sin el uso del mismo filtro. Se

incrementó el tiempo de manipulación en un 13% (22 segundos) con el filtro, un aumento significativo. De todos los pacientes, 10 no cometieron ningún error y 6 cometieron errores, menores con el uso del filtro. De todas formas, se determinó que el factor influyente en esta prueba no era visual si no cognitivo o físico: poca concentración, memoria o destreza, fatiga...

BENEFICIO SUBJETIVO Y PREFERENCIAS

Este apartado se reserva para los estudios en los que se ha investigado el beneficio subjetivo de los filtros en la visión y para aquellos donde se han inspeccionado las preferencias por determinados tipos de filtros en grupos homogeneizados según algún criterio.

De los estudios encontrados, 10 incorporan medidas subjetivas del uso de los filtros.

Es de interés también tener una base objetiva sobre estas preferencias, por lo que se comparará el beneficio subjetivo con el efecto del filtro en la función visual de los pacientes en el caso de que se haya estudiado.

En una investigación llevada a cabo por Maino y McMahon (1986)⁴¹ se buscaron las preferencias según patología ocular o nivel de AV en 318 sujetos de baja visión (24 patologías diferentes) aquejados de sensibilidad a la luz, en cuanto a 5 filtros NoIR -#101 ámbar claro (10%), #102 gris-verde claro (2%), #107 ámbar oscuro (18%), #108 gris-verde oscuro (1%) y #109 verde oscuro (2%)- mediante pruebas en exteriores o en condiciones de deslumbramiento simuladas en interiores. El filtro escogido se probó posteriormente en un periodo de unas horas hasta 3 días antes de la decisión final. Entre los resultados más relevantes pueden destacarse los siguientes: el orden de preferencia de los filtros fue #101, #102, #107, #109 y #108, más de la mitad (54%) escogieron el #101 y más de un tercio (35%) el #102. De los pacientes con una AV comprendida entre 0'6 y 0'125 ninguno escogió el filtro #108 y aquellos con una AV menor de 0'04 ni el #108 ni el #109, los más oscuros. De los pacientes con RD el 91% prefirió los filtros #101 y #102, y aquellos con RP los filtros ámbar en un 85% (55% #101 y 30% #107). Tanto los pacientes con glaucoma de ángulo abierto (69%, 24 sujetos) como los de DMAE seca (63%, 44) preferían el filtro #101 sobre el #102. Sin embargo, en combinación en

todos los pacientes con DMAE tanto seca como húmeda no se encontró preferencias entre #101 y #102 (33% y 34%).

Estos resultados son comparables con los de otro estudio⁴² con 100 pacientes de BV en el que se encontró también en los primeros puestos a los filtros #101, #102 y #107, además de la preferencia marcada de los sujetos con RD por los filtros #101 y #102. Sin embargo, sólo el 38% de los que padecían glaucoma escogió el filtro #101, los que tenían RP aumentaron hasta el 50% en su preferencia por el #107 y de los sujetos con DMAE preferían el #102 en un 55%.

Silver y Lyness (1985)³⁸ hicieron un estudio comparativo de un filtro fotocromático rojo y uno marrón para examinar la preferencia subjetiva y comprobar los supuestos mejores beneficios de este en 27 pacientes con RP con serios problemas de visión en condiciones de mucha luz. Se anotaron las preferencias iniciales y la respuesta subjetiva después de un periodo de prueba de 2 semanas con cada uno. Todos los sujetos, menos uno, preferían usar un filtro y su preferencia, excepto en uno, era muy marcada, aunque no en todos los casos la inicial coincidía con la final ni se correlacionaba con las características clínicas de la enfermedad. La mitad de los encuestados preferían el filtro rojo y la otra mitad el marrón. Ambos grupos se mostraban entusiasmados, los del filtro rojo afirmaban estar cómodos en interior y exterior, disminuir en el tiempo de adaptación y mejorar en sensibilidad al contraste pero tenían dificultades en la visión del color, aunque esto se reducía después de unos días; los del filtro marrón, sin embargo, no notaron un cambio significativo en la visión del color y se sentían más cómodos por su apariencia más normal. Sin embargo, la AV objetiva no había mejorado con el uso de los filtros.

En una segunda parte de este estudio, se comparó el filtro fotocromático rojo con una lente plástica tintada en su superficie con una apariencia muy similar y se aplicó un cuestionario a 53 pacientes con RP. De estos, a 14 no les gustaba ningún filtro, a 2 le gustaban ambos, 12 preferían el filtro fotocromático (aunque 4 de ellos no eran capaces de portarlos en interiores) y 25 preferían la lente plástica (aunque algunos en exteriores estaban más cómodos con el otro filtro). De nuevo, las preferencias eran muy marcadas. Con esto, se concluyó que no

había evidencia para sugerir que el filtro fotocromático tuviera ventajas subjetivas marcadas sobre otro tipo de filtros en RP.

Jalili (1994)²² también analizó la preferencia subjetiva de un filtro rojo (PLS 550) y uno marrón (750 en gafas de sol) en 24 sujetos con diferentes distrofias retinianas congénitas. Este encontró para la mayoría, en cambio, una preferencia mayor por el filtro rojo. De 14 sujetos con distrofia de conos y bastones, 12 se encontraban más confortables con el filtro rojo y 2 con el marrón; de los 5 pacientes con monocromatismo de bastones, todos prefirieron el filtro rojo. Aquellos con distrofia de bastones y conos (2 personas) y distrofia central areolar (3) no se sentían más cómodos con ningún filtro. Además, era este filtro rojo el que producía mayor mejoría en la mayor parte de los pacientes en cuanto a AV y fotofobia.

Por otra parte, Valentincic et al. (2007)²¹ probaron los filtros CPF 450, ZF 560 y amarillo 489 en 14 sujetos con edema macular cistoide inflamatorio y 16 con otros desórdenes maculares. Los del primer grupo calificaron como mejor filtro el CPF 450, el cual mejoraba la AV significativamente al igual que el resto de filtros pero aumentaba la SC significativamente en la frecuencia 6 ciclos/grado. Los del segundo, no encontraron ninguna diferencia con los filtros, a pesar de que el ZF 560 era el único que aumentaba la AV, aunque disminuía la SC significativamente en la frecuencia 12 ciclos/grado. Se barajó que es posible que el filtro CPF 450 tuviera un mejor efecto gracias a la eliminación eficiente de la luz azul y la alta transmisión del resto del espectro.

Los filtros CPF 511 y 527 se probaron en 17 sujetos con DMAE con escotoma central absoluto entrenados en fijación excéntrica²⁵. En cuanto a la opinión subjetiva del rendimiento de estos filtros, los resultados fueron: para el filtro CPF 511, 6 sujetos encontraron mejoría, uno empeoramiento y 10 no notaron la diferencia; para el CPF 527, 4 encontraron mejoría, 3 empeoramiento y 10 individuos no notaron diferencia. Ninguna opinión, sin embargo, pudo ser verificada objetivamente. La SC estática no cambió con ningún filtro y la dinámica aumentó significativamente en la frecuencia de 2 ciclos/grado con el filtro CPF 511 y en 0'5 y 1'0 ciclos/grado con el CPF 527.

Wolffsohn et al. (2002)¹⁹ valoraron las preferencias subjetivas de varios filtros NoIR (amarillo T=29'7%, naranja T=22'9%, rojo T=16'8% y gris T=10'3%) también en 10 sujetos con DMAE seca y 5 personas sanas, tras el uso de cada uno de ellos durante una semana, registrando cada día el tiempo de porte en interiores y exteriores. La valoración se hizo en términos de brillo de la imagen, distinción, visión del color y rendimiento global. Ambos grupos notaron que el filtro gris reducía notablemente el brillo aparente de la escena comparado con el filtro naranja, pero no notaron diferencias en cuanto a distinción de la imagen (a pesar de la disminución de AV con la absorción) o visión del color. Aunque el grupo control no encontró una diferencia global, el grupo con DMAE calificó significativamente mejor el filtro amarillo y el naranja que el rojo. En este estudio hubo poca asociación entre la valoración subjetiva y las medidas de la función visual.

En 20 sujetos jóvenes sanos se probó la influencia de 4 filtros (claro 380 T=94'9%, amarillo 450 T=64'7%, amarillo oscuro 551 T=54'9 y naranja 527 T=46'2%) en varias funciones visuales (AV, SC, AC/A y visión del color) y se les hizo un cuestionario para valorar subjetivamente los filtros mediante su uso en exteriores en un día soleado¹⁸. El filtro amarillo produjo un aumento significativo del brillo aparente de la escena comparado con los otros dos filtros, que lo reducen por disminuir la luminancia retiniana. La degradación de la percepción del color era mayor cuando el corte del filtro estaba desplazado a longitudes de onda más largas, aunque la diferencia entre el amarillo y amarillo oscuro no fue significativa. Por último, al igual que en el estudio anterior, no hubo diferencia significativa en la valoración de la distinción de la escena para cada filtro ni en la valoración global de su rendimiento. Además, al contrario que en el anterior caso, la evaluación subjetiva de estos filtros en este estudio resultó estar altamente correlacionada con las medidas clínicas.

En 20 niños con ambliopía binocular se le dio a elegir subjetivamente entre varias láminas de colores en una tarea de lectura¹⁵. Se les probaron láminas de color amarillo, verde, rojo, azul (Wratten 4, 58, 25 y 47, respectivamente) y neutro con una transmisión del 50%. De todos ellos, todos los niños eligieron la lámina amarilla y calificaron como peor la azul, mientras que con el resto la diferencia era mínima. Después se examinó la visión de estos niños

objetivamente con un filtro amarillo y se encontró que todas las funciones visuales (AV, SC, acomodación y estereopsis) habían mejorado significativamente.

PROTECCIÓN DE LA RETINA

Margrain et al. (2004)¹⁰ realizan una revisión bibliográfica sobre el papel de la luz azul en la patogénesis de la DMAE y la ayuda que puede proporcionar el uso de un filtro.

La evidencia en laboratorio ha demostrado que las reacciones fotoquímicas en el ambiente rico en oxígeno de la retina externa conduce a la liberación de especies reactivas de oxígeno (ROS) citotóxicas que causan estrés oxidativo mediante su interacción con los cromóforos de la retina, contribuyendo al desarrollo de la DMAE (por afectación del DNA mitocondrial del EPR), confirmado por el descubrimiento de que la terapia antioxidante tiene un efecto protector. Aunque los fotorreceptores producen un continuo cambio de constituyentes celulares, este es un proceso imperfecto, y aunque el EPR está protegido por la melanina, se vuelve vulnerable con la edad. Por tanto, la reducción de exposición a la luz azul se espera razonablemente que produzca una reducción en la progresión de la DMAE.

El cromóforo preciso envuelto en la patogénesis de la DMAE no está claro, pero la lipofuscina, el pigmento del envejecimiento, que ha estado asociado continuamente con la DMAE, es un candidato probable. Su fotorreactividad aeróbica y sus efectos adversos en la actividad antioxidante junto con su acumulación gradual con el tiempo implica que la fototoxicidad de la retina aumenta substancialmente con la edad a pesar de los cambios en las características de absorción del cristalino.

Sin embargo, esta revisión concluye que sería precipitado recomendar el uso generalizado de filtros que bloquean la luz azul en los ancianos porque aunque la evidencia lo sugiere, no confirma que la luz azul ambiental cause daño en la retina y sea un factor de riesgo para la DMAE.

Respecto al papel de los filtros en la protección de la retina y la prevención de la aparición de ciertas enfermedades, no existen investigaciones que hayan

llevado a cabo un ensayo clínico a gran escala para proporcionar una evidencia concluyente, aunque las hipótesis que se manejan sugieren un cierto beneficio.

Un número de investigadores han propuesto el uso de gafas de sol que atenúan las longitudes de onda corta para reducir el daño fototóxico potencial de la luz. Sin embargo, aparte de dos ensayos a pequeña escala en 3 personas con RP^{43 44} el posible efecto terapéutico de esta privación no ha sido evaluado.

Berson (1980)⁴³ para comprobar la idea de que la privación de luz podía tener un beneficio terapéutico ralentizando la progresión de la RP, probó una lente escleral opaca en un solo ojo en dos pacientes con RP durante 5 años, de 6 a 8 horas al día. Pero finalmente, halló que para los dos ojos la RP había progresado de la misma forma, comprobado en términos de AV, CV, electroretinograma (ERG) y fondo de ojo.

Las características de absorción ideal de gafas de sol o lentes intraoculares no ha sido establecida aun. Sin embargo, unas que reduzcan la cantidad de luz de longitud de onda corta que alcance la retina y que tengan una apariencia amarilla/naranja o bronce, podrían reducir la fotorreactividad aeróbica de la lipofucsina aproximadamente un 90% y ofrecer probablemente un efecto beneficioso en términos de fotoprotección de la retina¹⁰.

PRESCRIPCIÓN

Seguir un método apropiado para la prescripción del filtro espectral específico que mejor se ajusta a las características de cada sujeto es clave para llegar a obtener un resultado positivo de su uso.

Los propios fabricantes de los filtros proporcionan tablas en las que se relaciona una gama de filtros con la conveniencia de prescripción para patologías concretas⁷, pero la consideración de la patología visual como núcleo central de la toma de decisiones no es un método fiable, ya que cada individuo puede tener diferentes manifestaciones y por tanto distintas necesidades.

La prescripción final de un filtro debe ser determinada por el análisis de datos provenientes de la evaluación clínica de la visión, su evaluación funcional en diferentes condiciones y las preferencias del interesado⁷. Este parece ser el procedimiento más completo.

Cantalejo (2001)⁷ propone procedimientos sistemáticos de observación y registro mediante la selección de muestras de conducta representativas y suficientes que permitan obtener referencias del comportamiento del sujeto ante diferentes circunstancias lumínicas que se producen durante el desplazamiento.

Debido a la gran variabilidad de las condiciones de luz y su influencia en la funcionalidad y desplazamiento en los sujetos de baja visión, resulta necesario un listado de situaciones significativas de cara a seleccionar un filtro efectivo. Entre las muestras de conducta que se deberían considerar están, por ejemplo: respuesta a las condiciones de luz en el desplazamiento por interiores, adaptación a condiciones de luz cambiantes al pasar de un ambiente interior a uno exterior y viceversa o desde un lugar a la sombra a uno de luz solar intensa o de frecuentes claroscuros, respuesta a la luz cuando esta se encuentra de frente, a un lado o detrás del sujeto, etc.

Todas estas muestras deben contemplarse en un recorrido cuidadosamente diseñado, con el objetivo de incluir la mayor cantidad de componentes posible en el periodo más corto de tiempo y disminuir así los costes del proceso evaluativo. Una vez establecidas las rutas de evaluación, debe elaborarse un instrumento sistemático de registro que permita recoger de forma estructurada las respuestas del individuo.

Otro factor a tener en cuenta para la prescripción de un filtro es la tarea que se necesita realizar y determinar si su uso es adecuado.

En cuanto a la lectura, un protocolo clínico que se propone para la prescripción de filtros por parte de los optometristas es²⁹: una vez corregido el error refractivo y evaluada la función binocular y la acomodación, se evalúa el efecto de un filtro de color en forma de lámina sobre el material de lectura. Si existe algún beneficio, se llevará a cabo una prueba sistemática de gran variedad de colores con el Colorímetro Intuitivo para la prescripción individual y precisa de unas gafas con lentes de color.

Como todo el resto de ayudas utilizadas en la rehabilitación visual, la utilización correcta de los filtros de absorción selectiva requiere del adiestramiento del

individuo mediante un entrenamiento por parte del técnico rehabilitador, en cuanto a la forma correcta de colocación de la montura, la identificación de las situaciones en las que se recomienda su uso, el proceso de adaptación a situaciones de luz cambiantes, el efecto en la visión del color etc.

DISCUSIÓN

En esta revisión se han encontrado investigaciones con resultados diferentes y ambiguos que, en conjunto, no han demostrado un beneficio objetivo consistente por parte de los filtros ópticos en la visión.

La variabilidad de resultados puede deberse a varios factores como la diferencia en los filtros y test de medida utilizados (distancias, contrastes, colores o métodos llevados a cabo), iluminación de la sala o fuente de luz, forma de presentación de las lentes, patologías examinadas...que hacen imposible una comparación entre estudios con condiciones semejantes que nos permitan llegar a una conclusión.

En resumen, no existe una evidencia concluyente de que el uso de filtros de absorción selectiva proporcione una mejoría objetiva en la función visual de las personas con discapacidad visual, y tampoco está claro si estas lentes con características espectrales particulares son más efectivas que un filtro neutro o convencional⁴⁵.

De un modo global, podría decirse que se ha hallado un descenso gradual de la efectividad del filtro según el corte de transmisión se desplaza a longitudes de onda más largas, es decir, aumenta su absorción en una mayor área del espectro. Entre las medidas objetivas, se han hallado algunos aspectos que parecen tener mayor consistencia. Entre ellas se encuentra: un empeoramiento de la visión del color generalmente en el eje tritán por la absorción de las longitudes de onda corta y con un efecto más pronunciado en aquellos que ya mostraban una deficiencia; una mejoría en la eficacia lectora por la reducción del estrés visual que ayuda al paciente a leer más claro, más cómodo y más tiempo aunque no se encuentre un beneficio objetivo y un mejor efecto del filtro bajo condiciones de deslumbramiento por la reducción de la dispersión anormal de la luz de longitud de onda corta.

Además, los beneficios subjetivos percibidos no han sido siempre demostrados con una mejoría visual objetiva. Esto puede ser debido a que los test clínicos que son utilizados para evaluar la función visual no son capaces de detectar

cambios sutiles en la visión⁴⁵ que sin embargo un paciente de BV, debido a la severidad de su deficiencia visual, puede valorar como una alta mejoría aunque el efecto no sea estadísticamente significativo. También es posible que muchas declaraciones subjetivas tengan un componente psicológico influenciado por un previo conocimiento del supuesto beneficio de los filtros, o bien al contrario, son reacios a su uso por la apariencia estética. Por otra parte, las condiciones que se encuentran en el mundo real (mayoría de bajo a medio contraste, frecuencias bajas, iluminación solar...) no son reproducibles en clínica⁴⁵.

Tampoco se han podido encontrar tendencias en los efectos de los filtros sobre una determinada patología, de modo que esta no tiene un efecto homogéneo en todos los pacientes y se hace importante la evaluación individual aparte del análisis grupal. Con esto se refuerza, además, la idea de que no es conveniente confiar en las tablas que se proporcionan para prescribir una determinada gama de filtros según la enfermedad ocular.

CONCLUSIÓN

Por tanto, se concluye que aunque no se ha demostrado claramente la efectividad de los filtros en la función visual, se pueden encontrar mejorías en la visión de algunos sujetos, que junto con una valoración subjetiva positiva y la única desventaja de la reducción de la discriminación de los colores, pueden contribuir sustancialmente a la rehabilitación de los pacientes con baja visión mediante una prescripción apropiada.

BIBLIOGRAFÍA

1. WHO. International Classification of Diseases (ICD). <<http://www.who.int/classifications/icd/en/>>
2. ONCE. Requisitos para la afiliación a la ONCE. <<http://www.once.es/new/afiliacion/requisitos>>
3. Pascolini, D. & Mariotti, S. P. Global estimates of visual impairment: 2010. *Br. J. Ophthalmol.* **96**, 614–618 (2012).
4. Ortiz, P. Discapacidad visual y autonomía personal. Enfoque práctico de la rehabilitación. *ONCE* (2012).
5. Prunera, M. Prescripción de filtros. *Integración. Revista sobre ceguera y deficiencia visual.* **7**, 13-22 (1991).
6. Sánchez-Ramos, C. Filtros ópticos contra el efecto fototóxico del espectro visible en la retina: Experimentación animal (2010).
7. Cantalejo, J.J. Prescripción de filtros: procedimientos de observación sistemática y proceso de toma de decisiones. *Integración. Revista sobre ceguera y deficiencia visual.* **37**, 26-34 (2001).
8. Long, W.F. Tinted lenses. (1992).
9. Leat, S. J., North, R. V. & Bryson, H. Do long wavelength pass filters improve low vision performance? *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **10**, 219–224 (1990).
10. Margrain, T. H., Boulton, M., Marshall, J. & Sliney, D. H. Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? *Prog. Retin. Eye Res.* **23**, 523–531 (2004).
11. Zigman, S. Light filters to improve vision. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **69**, 325–328 (1992).

12. Barraquer, R. I., Montenegro, G. y Michael, R. Medición de la luz dispersa (straylight) como parámetro de calidad visual. *Monografía anual del SECOIR "Métodos diagnósticos de segmento anterior"*. (2011).
13. Eperjesi, F., Fowler, C. W. & Evans, B. J. W. The effects of coloured light filter overlays on reading rates in age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol. Scand.* **82**, 695–700 (2004).
14. Langagergaard, U., Ganer, H. J. & Baggesen, K. Age-related macular degeneration: filter lenses help in certain situations. *Acta Ophthalmol. Scand.* **81**, 455–458 (2003).
15. Fowler, M. S., Mason, A. J., Richardson, A. & Stein, J. F. Yellow spectacles to improve vision in children with binocular amblyopia. *Lancet* **338**, 1109–1110 (1991).
16. Zigman, S. Vision enhancement using a short wavelength light-absorbing filter. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **67**, 100–104 (1990).
17. Rosenblum, Y. Z. *et al.* Spectral filters in low-vision correction. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **20**, 335–341 (2000).
18. Wolffsohn, J. S., Cochrane, A. L., Khoo, H., Yoshimitsu, Y. & Wu, S. Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **77**, 73–81 (2000).
19. Wolffsohn, J. S., Dinardo, C. & Vingrys, A. J. Benefit of coloured lenses for age-related macular degeneration. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **22**, 300–311 (2002).
20. Naidu, S. *et al.* The effect of variably tinted spectacle lenses on visual performance in cataract subjects. *Eye Contact Lens* **29**, 17–20 (2003).
21. Valentincic, N. V., Berendschot, T. T. J. M., Hawlina, M., Kraut, A. & Rothova, A. Effect of tinted optical filters on visual acuity and contrast sensitivity

in patients with inflammatory cystoid macular edema. *Retina Phila. Pa* **27**, 483–489 (2007).

22. Jalili, I.K. The Efficacy of Tinted Red Glasses in Retinal Dystrophies. *Oxford Ophthalmological Congress*. (1994).

23. Barron, C. & Waiss, B. An evaluation of visual acuity with the Corning CPF 527 lens. *J. Am. Optom. Assoc.* **58**, 50–54 (1987).

24. Van den Berg, T. J. Red glasses and visual function in retinitis pigmentosa. *Doc. Ophthalmol. Adv. Ophthalmol.* **73**, 255–274 (1989).

25. Frennesson, I. C. & Nilsson, U. L. Contrast sensitivity peripheral to an absolute central scotoma in age-related macular degeneration and the influence of a yellow or an orange filter. *Doc. Ophthalmol. Adv. Ophthalmol.* **84**, 135–144 (1993).

26. Eperjesi, F. & Agelis, L.-E. Effect of short wavelength filters on visual function in simulated cataract. *Int. Congr. Ser.* **1282**, 517–520 (2005).

27. Leguire, L. E. & Suh, S. Effect of light filters on contrast sensitivity function in normal and retinal degeneration subjects. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **13**, 124–128 (1993).

28. Hovis, J. K., Lovasik, J. V., Cullen, A. P. & Kothe, A. C. Physical characteristics and perceptual effects of 'blue-blocking' lenses. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **66**, 682–689 (1989).

29. Evans, B. J. Colored filters and reading difficulties: a continuing controversy. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **74**, 239–240 (1997).

30. Newman Wright, B., Wilkins, A. J. & Zoukos, Y. Spectral filters can improve reading and visual search in patients with multiple sclerosis. *J. Neurol.* **254**, 1729–1735 (2007).

31. Wilkins, A. J., Patel, R., Adjadian, P. & Evans, B. J. W. Tinted spectacles and visually sensitive migraine. *Cephalalgia Int. J. Headache* **22**, 711–719 (2002).

32. Evans, B. J. W., Patel, R. & Wilkins, A. J. Optometric function in visually sensitive migraine before and after treatment with tinted spectacles. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **22**, 130–142 (2002).
33. Eperjesi, F., Fowler, C. W. & Evans, B. J. W. Effect of light filters on reading speed in normal and low vision due to age-related macular degeneration. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **24**, 17–25 (2004).
34. Wilkins, A. Overlays for classroom and optometric use. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **14**, 97–99 (1994).
35. Wilkins, A. J., Nimmo-Smith, I. & Jansons, J. E. Colorimeter for the intuitive manipulation of hue and saturation and its role in the study of perceptual distortion. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **12**, 381–385 (1992).
36. Legge, G. E. & Rubin, G. S. Psychophysics of reading. IV. Wavelength effects in normal and low vision. *J. Opt. Soc. Am. A* **3**, 40–51 (1986).
37. Hovis, J. K. Long wavelength pass filters designed for the management of color vision deficiencies. *Optom. Vis. Sci. Off. Publ. Am. Acad. Optom.* **74**, 222–230 (1997).
38. Silver, J. H. & Lyness, A. L. Do retinitis pigmentosa patients prefer red photochromic lenses? *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **5**, 87–89 (1985).
39. Kiser, A. K., Deschler, E. K. & Dagnelie, G. Visual function and performance with blue-light blocking filters in age-related macular degeneration. *Clin. Experiment. Ophthalmol.* **36**, 514–520 (2008).
40. Tagami, Y., Ohnuma, T. & Isayama, Y. Visual fatigue phenomenon and prescribing tinted lenses in patients with optic neuritis. *Br. J. Ophthalmol.* **68**, 208–211 (1984).
41. Maino, J. H. & McMahon, T. T. NoIRs and low vision. *J. Am. Optom. Assoc.* **57**, 532–535 (1986).

42. Hoefft, W. W. & Hughes, M. K. A comparative study of low-vision patients: Their ocular disease and preference for one specific series of light transmission filters. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* **58**, 841–845 (1981).

43. Berson, E. L. Light deprivation and retinitis pigmentosa. *Vision Res.* **20**, 1179–1184 (1980).

44. Werner, A. & Schmidt, I. Photic damage in retinitis pigmentosa and a suggestion for a protective device. *J. Ame. Optom. Assoc.* **46**, 380–386 (1975).

45. Eperjesi, F., Fowler, C. W. & Evans, B. J. W. Do tinted lenses or filters improve visual performance in low vision? A review of the literature. *Ophthalmic Physiol. Opt. J. Br. Coll. Ophthalmic Opt. Optom.* **22**, 68–77 (2002).

*Imagen de Wikipedia

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-es.svg>

**Imagen de Recoletos Baja Visión

<http://www.bajavision.es/Fichas%20tecnicas/1_Ficha%20tecnica%20ML%20Filter%202008.pdf>

