

ENTRENAMIENTO VISUAL Y DEGENERACIÓN RETINIANA: MEJORAS EN LA FUNCIÓN VISUAL

Helena Chacón-López

Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación
Universidad de Granada (España)
E-mail para correspondencia: helenachacon@ugr.es

<https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n2.v2.1093>

Fecha de Recepción: 5 Octubre 2017
Fecha de Admisión: 1 Noviembre 2017

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio realizado con afectados de retinosis pigmentaria (RP), en el que se aplica un tratamiento durante tres meses con un programa específico de entrenamiento. Este programa fue diseñado con el objetivo de mejorar la función visual en personas con restricciones de campo visual y de sensibilidad al contraste, como es el caso de los afectados de RP. Se basa en un software que genera estímulos luminosos de distinta duración e intensidad, los visualiza en un dispositivo Head Mounted Display (HMD), y registra los estímulos que son percibidos por la persona. El programa ha sido aplicado por un periodo de 3 meses a un grupo de afectados de RP. Los resultados obtenidos revelan mejoras en la función visual de una parte considerable de los afectados y cuyo estado inicial posibilitaba el entrenamiento. Se ha comprobado cómo estas mejoras se mantienen parcialmente transcurrido otro periodo de tres meses tras el tratamiento con el entrenador. El estudio realizado comprende una fase previa de valoración del conjunto de pruebas a aplicar para evaluar las capacidades visuales de los afectados y su evolución con el entrenamiento; además, se ha realizado un estudio comparativo con un grupo control de visión normal.

Palabras clave: entrenamiento visual; sensibilidad al contraste; degeneración retiniana; retinosis pigmentaria; visual function.

ABSTRACT

Retinal degeneration and visual training: improvements in visual function

This paper presents the results of a study carried out on people with Retinitis Pigmentosa (RP), in which a treatment using a specific training program was applied during three months. The program was designed with the aim of improving visual function in people with restricted visual field and contrast sensitivity, as is the case of people with RP. It is based on software that generates lumi-

nous stimuli of varying duration and intensity, seen through a Head Mounted Display mechanism (HMD), and registers the stimuli perceived by the person. The results obtained show improvement in the visual function of a considerable number of those who attended the training sessions and whose initial visual deficit made the application of a training program possible. We have confirmed that these improvements continue, and in some cases increase, three months after completion of the treatment with the trainer. The study includes an initial phase in which the set of tests to be used were evaluated in order to assess the visual capacity of the subjects and their progress with the treatment; for which we did a comparative study with a control group with normal vision.

Keywords: visual training; contrast sensitivity; retinal degeneration; retinitis pigmentosa; visual function.

INTRODUCCIÓN

La Retinitis Pigmentosa (RP) pertenece a un grupo de enfermedades degenerativas de retina caracterizadas por una pérdida progresiva de la visión, que puede conducir a la ceguera. Concretamente, este trastorno implica ceguera nocturna, restricciones periféricas y/o escotomas del campo visual (Alexander, Barnes, y Fishman, 2003; Alexander, Derlacki, y Fishman, 1995; Alexander, Rajagolopalan, Seiple, Zemon, y Fishman, 2005); con frecuencia reducción de la agudeza visual (AV) (Alexander et al., 2003; Madreperla, Palmer, Massof, y Finkelstein, 1990), y alteraciones en la sensibilidad al contraste (SC) (Akeo, Hiida, Saga, Inoue, y Oguchi, 2002; Hyvärinen, Rovamo, Laurinen, y Peltomaa, 1981; Lindberg, Fishman, Anderson, y Vázquez, 1981; Sucks y Uvjijs, 1991); mostrando una significativa reducción en una amplia gama de frecuencias.

Hasta el momento no existen soluciones médicas o tratamientos farmacológicos para esta patología (Shintani, Shechtman y Gurwood, 2009), al igual que tampoco existen para otras problemáticas visuales con carácter degenerativo; si bien, hace ya algunos años, se empezaron a aplicar procedimientos de evaluación y de entrenamiento perceptivo-visual en adultos afectados por algunas de ellas (incluyendo la RP), para potenciar su funcionamiento visual y su desenvolvimiento en ciertas situaciones de la vida cotidiana. Más concretamente, estos procedimientos trataban de conocer, en primer lugar, el estado de la discriminación figura-fondo (considerado un buen predictor de la capacidad visual general en personas con baja visión), para tratar de potenciarla posteriormente, con el fin de mejorar la ejecución en este aspecto (Trudeau, Overbury y Conrod, 1990). Las conclusiones a las que llegaban los autores era que la práctica y el entrenamiento podía mejorar el uso funcional del resto visual, observándose igualmente que el aprovechamiento era mayor en el caso de personas que se implicaban más activamente en el entrenamiento (Conrod, Bross y White, 1986); de modo que tanto la práctica como la motivación parecen ser determinantes en la mejora. Estos resultados coinciden con puntos de vista que apoyan la hipótesis de que un ambiente enriquecido y el aprendizaje parecen influir sobre la capacidad de establecer conexiones cerebrales, ya que el uso contribuye al mantenimiento de la sinapsis entre neuronas (Bauer, 1996).

Partiendo de idéntica premisa, otros procedimientos se han centrado en la posibilidad de expandir el campo visual (CV) útil en personas con dificultades visuales provocadas por traumatismos o accidentes cerebro-vasculares. Durante mucho tiempo se ha creído que estos problemas no podían tener tratamiento, al considerar que la visión requiere de una alta organización neuronal, producida durante etapas tempranas de la vida. No obstante, a pesar de esta especificidad, se ha documentado un considerable grado de plasticidad en el sistema visual adulto dañado por una lesión, al producirse una reorganización del campo receptivo neuronal siguiente a lesiones en la retina o en el córtex, ya que los campos receptivos en la región lesionada de la retina adquieren nuevos campos en regiones cercanas a la lesión (Fahle y Poggio, 2002; Kaas, Krubitzer, Chino, Langston, Polley y Blair, 1990; Levi y Li, 2009; Polat, 2009; Zhou et al., 2006). Estas aportaciones han llevado a plan-

tear la posibilidad de entrenar el sistema visual de personas con déficit del CV, usando programas informáticos para estimular, mediante puntos luminosos, el borde de la región del CV situada entre una zona visualmente intacta y un sector dañado (Kasten, Wüst, Behrens-Baumann y Sabel, 1998), concluyendo que se producía un incremento significativo de la función visual. Otro estudio posterior (Kasten, Müller-Oehring y Sabel, 2001) observaba que no todos los pacientes aprenden igualmente a aplicar sus capacidades visuales entrenadas a tareas de la vida diaria, mostrando algunos de ellos una disminución de las funciones visuales entrenadas, transcurrido un tiempo de 3 meses tras la finalización del mismo; aunque sin llegar al estado previo al inicio del tratamiento. Algunas de las críticas dirigidas a estos procedimientos han señalado que el incremento del CV producido podía ser explicado por movimientos de los ojos hacia la zona afectada, al intentar compensar el déficit del CV; sin embargo, Kasten, Bunzenthal y Sabel (2006) han puesto de relieve que esta ganancia no era explicada por tal movimiento.

Dada la importancia para el ser humano del sentido de la visión, numerosos grupos de investigación de todo el mundo han intentado paliar, de alguna forma, el déficit de información sensorial asociado a las diferentes patologías visuales. La amplia mayoría de ayudas están diseñadas para su uso continuo, o en la realización de determinadas actividades, no para el entrenamiento de las capacidades visuales, como planteamos en este trabajo. Aunque hay muchos sistemas de ayuda en fase de desarrollo, el número de las disponibles para la baja visión es muy reducido, y su función se limita a la magnificación óptica y/o el realce del contraste, estando pensados para un uso puntual en determinadas actividades, como la lectura (LVES, 1994; JORDY, 2010).

El propósito último de este trabajo es favorecer el uso óptimo de la visión de personas afectadas por restricción del CV y/o del contraste, como las que presentan RP, incidiendo en el entrenamiento perceptivo-visual para mejorar su funcionamiento visual; e influir de este modo en su rendimiento educativo, social y laboral, contribuyendo a su salud y bienestar e independencia personal.

METODOLOGÍA

Programa de entrenamiento

Se ha desarrollado un entrenador que consta de un computador, un visor de tipo Head-Mounted-Display (HMD), y un software que genera los patrones de entrenamiento y registra las respuestas del usuario en cada sesión. Se generan estímulos visuales con intensidad, duración y posición variable dentro del campo visual que abarca el visor, para cada ojo en visión monocular y ambos en binocular.

El uso de un HMD permite un mayor control sobre las condiciones de iluminación en las que se realiza el entrenamiento, además de evitar otros posibles elementos distractores del entorno. El modelo de visor que se ha utilizado es el Cinemizer de Carl Zeiss, con una resolución de 800x600 píxeles en cada display, un campo de 32° (diagonal) y permiten un ajuste de ± 3.5 dioptrías independiente para cada ojo.

El software que incorpora el entrenador es el encargado de generar los estímulos visuales que se muestran en el HMD así como de registrar la respuesta del participante cuando los percibe, mediante la pulsación de una tecla. El campo visual que abarca el HMD se divide en una retícula regular de 8x8 zonas, en cada una de las cuales se sitúan de forma centrada los estímulos. Cada estímulo es un cuadrado de 8 píxeles de lado, y en todas las posiciones definidas se muestra con 3 niveles de intensidad distintos: 0.33, 0.66 y 1, correspondiendo el valor 1 al nivel de gris 255.

En cada fase del entrenamiento se lleva a cabo la estimulación de las 64 zonas definidas, con los 3 niveles de intensidad en cada posición, pero de forma aleatoria. En un momento dado, se selecciona aleatoriamente el siguiente estímulo de entre las posiciones que quedan por estimular,

ENTRENAMIENTO VISUAL Y DEGENERACIÓN RETINIANA: MEJORAS EN LA FUNCIÓN VISUAL

para dicha posición se selecciona, de forma aleatoria también, la intensidad del estímulo entre las que aún no se han presentado. Lo primero que se hace es mostrar la flecha indicando el cuadrante en el que aparecerá el estímulo durante un tiempo variable, seguido de la exposición del estímulo un tiempo fijo. En algunos casos, y de forma aleatoria, el estímulo no es presentado con la finalidad de detectar posibles falsos positivos que puedan ocurrir. Una vez que desaparece el estímulo comienza un periodo de tiempo, también variable, durante el cual el participante debe pulsar una tecla del ordenador si lo ha percibido para registrar dicho evento. Los tiempos pre y post estímulo se eligen de forma aleatoria en cada estimulación.

Una vez finalizada la sesión de entrenamiento se muestra al participante una valoración global del aprovechamiento de la sesión calculado en base al número de estímulos de cada intensidad que ha percibido el participante. El número de estímulos percibidos, su localización y nivel de contraste quedan almacenados en un archivo log para cada sesión. Estos archivos se utilizan para realizar un análisis completo de la evolución durante todo el proceso de entrenamiento y para poder comprobar el correcto seguimiento del proceso de entrenamiento.

Procedimiento

La duración del periodo de entrenamiento para cada participantes era de 3 meses, pero para comprobar el grado de estabilidad o mantenimiento a medio plazo de los efectos del entrenamiento, se realizó una evaluación de seguimiento, a todos los participantes, pasados tres meses de la finalización de éste, aplicando todas las pruebas contempladas en la primera y segunda evaluación. Tras analizar los resultados obtenidos, se organizó un encuentro informativo con las personas afectadas, para proporcionarles un informe que recogía los resultados obtenidos en cada caso y explicarles las conclusiones del trabajo llevado a cabo.

La fase de entrenamiento ha tenido una duración de tres meses, con sesiones diarias de 15 minutos y un día de descanso semanal. El tiempo de cada sesión se divide en tres fases, una para entrenar cada ojo por separado, y una tercera que se realiza de forma binocular. Entre cada una de las fases se obligaba al participante a realizar un descanso de al menos dos minutos para permitir una correcta adaptación a la siguiente fase de entrenamiento. No obstante, el comienzo de cada fase lo decide el participante, por lo que el tiempo de descanso podía ser mayor en caso de necesidad.

Para intentar convertir en un hábito este entrenamiento, nuestra recomendación fue que el participante realizase la tarea todos los días en la misma franja horaria, y que buscara un momento de máxima tranquilidad y concentración en el que no pudieran interferir otros factores.

Al inicio de cada sesión de entrenamiento, el software determina con qué ojo comienza la primera fase monocular, ya que se van alternando en sesiones consecutivas. Una vez determinado, muestra en la pantalla y reproduce un mensaje hablado en el que se indica al participante cómo debe proceder, cubriendo el ojo que no va a entrenar en dicha fase y pidiendo que pulse una tecla cuando esté preparado para empezar. Cuando se inicia la fase, un mensaje hablado indica la necesidad de mantener la mirada en un punto de fijación que se muestra en el centro de la pantalla. A partir de este momento empieza la estimulación visual mostrando secuencialmente puntos luminosos de distinta intensidad en diferentes zonas del campo visual. Antes de mostrar cada nuevo estímulo se indica con una flecha situada en el centro del campo visual el cuadrante en el que aparecerá el estímulo.

Evaluación

Se usaron dos medidas para evaluar los efectos del programa de entrenamiento: las puntuaciones de las sesiones diarias y las medidas de sensibilidad al contraste. Éstas últimas se realizaron antes del entrenamiento, cuando lo terminaron y tres meses después.

Una vez que la sesión se completaba, el software computaba la puntuación global obtenida, calculando el número de estímulos percibidos y su intensidad. Cada una de las áreas de estimulación (8x8), contribuía al cálculo de la puntuación de la sesión, asignándose puntuaciones de 1, 2 o 3 según la intensidad del estímulo percibido, 1, 0.66 y 0.33, respectivamente. De este modo, un incremento en la puntuación de las sesiones revelaba percepción de estímulos en nuevas áreas y/o la percepción de estímulos con un menor contraste.

Para evaluar la sensibilidad al contraste, se usó el Test de sensibilidad al contraste de Pelli-Robson (Pelli, Robson, y Wilkins, 1988). El procedimiento seguido consistía en que todos los participantes en el estudio leyeran las letras situadas sobre el optotipo, empezando por la fila superior, y continuando hasta que eran leídas incorrectamente dos de las tres letras de un mismo grupo.

Los participantes permanecieron sentados frente a la tabla, manteniendo el centro de ésta al nivel de sus ojos y a la distancia de un metro, evitando que hubiese reflejos en la superficie de la misma. Todos fueron evaluados en el mismo espacio y en idénticas condiciones, manteniendo constante la iluminación, cuidando que se ajustara a lo establecido por los autores. La medida de la iluminación se efectuó, según recomiendan en las instrucciones de la prueba, usando una cámara fotográfica Lumix DMC-L1 con objetivo Leica D Vario-Elmarit 14-50mm f/2.8-3.5, ajustada a 100 ASA, haciendo que la iluminación ambiente se correspondiera con la combinación de 1/15 de segundo y diafragma 5.6.

Para la aplicación del test identificación de caracteres, el tiempo empleado en la evaluación de cada participante no fue superior a los cinco minutos. La evaluación se llevó a cabo en la misma estancia en todos los casos, así como en las mismas condiciones de iluminación. Una vez situado el sujeto a la distancia de 50 cm de la pantalla del ordenador y colocándola de forma perpendicular a la dirección de su mirada, se dejaba la estancia totalmente a oscuras. Una vez aclimatados a la oscuridad daba comienzo la prueba.

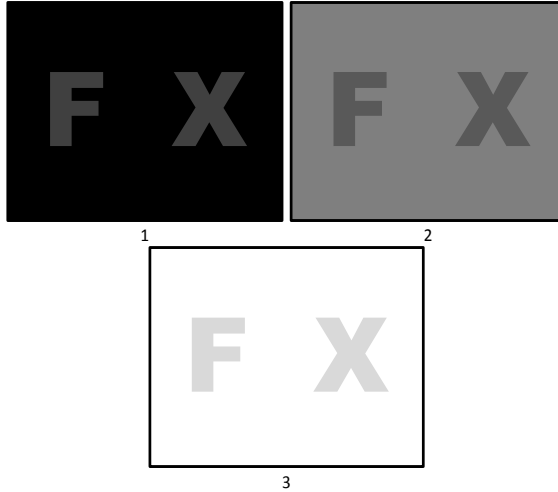
El procedimiento de medida trata de encontrar el nivel de gris más cercano al valor del fondo que permite al sujeto discriminar los caracteres alfabéticos del fondo sobre el que son presentados. Cuanto más cercano sea dicho valor al del fondo, mayor será su sensibilidad a la percepción del contraste.

El orden en que se realizaban las cuatro medidas es el que se muestra en la Figura 1. Para cada una de las situaciones a evaluar, una vez fijado el fondo, se trataba de aproximar el nivel de gris de las letras al del fondo, hasta que la persona indicaba que no podía discriminarlas. Una vez fijado el nivel de gris más cercano que le permitía discriminar los caracteres, éstos eran sustituidos por otros aleatoriamente, y se comprobaba si la percepción de los mismos era correcta. Una vez realizada esta comprobación, el computer registra el valor de intensidad de los caracteres y del fondo correspondiente, pasando a evaluar otro escenario hasta completar los cuatro que se han contemplado.

ENTRENAMIENTO VISUAL Y DEGENERACIÓN RETINIANA: MEJORAS EN LA FUNCIÓN VISUAL

Figura 1.

Los tres escenarios del test de discriminación de contraste basados en la identificación de caracteres con fondo negro (1), gris (2) y blanco (3)



Participantes

Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Universidad de Granada. Todos los participantes pertenecían a la Asociación Andaluza de Retinosis Pigmentaria (España).

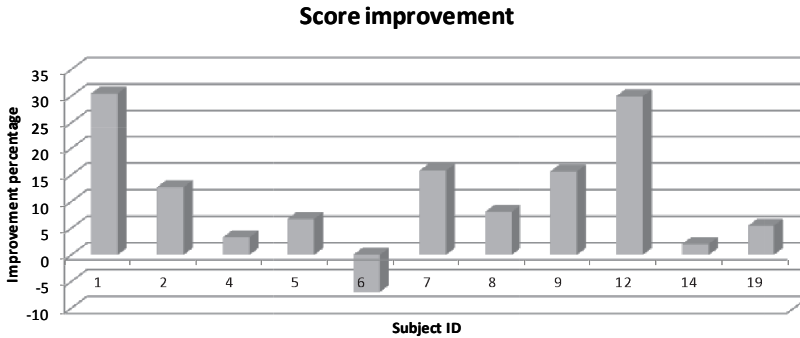
En primer lugar, se les informó de los objetivos y de las actividades que conllevaba el estudio. Aquellos que estuvieron de acuerdo en participar, rellenaron y firmaron el consentimiento informado. El grupo estaba formado por 19 personas afectadas por RP (15 mujeres y 4 hombres; media edad = 40 años, DT = 12). Tenían pérdida bilateral del campo visual, manteniéndolo entre los 5º y los 40º, medido con un Goldmann Perimeter (V4, III4, I4, II2). Su agudeza visual debía estar comprendida entre 20/20 (0.0 logMAR unit) y 20/200 (1.0 logMAR unit) en el mejor de sus ojos.

Después del entrenamiento, solamente 11 de los 19 participantes completaron el mínimo establecido de 50 sesiones, durante tres meses.

RESULTADOS

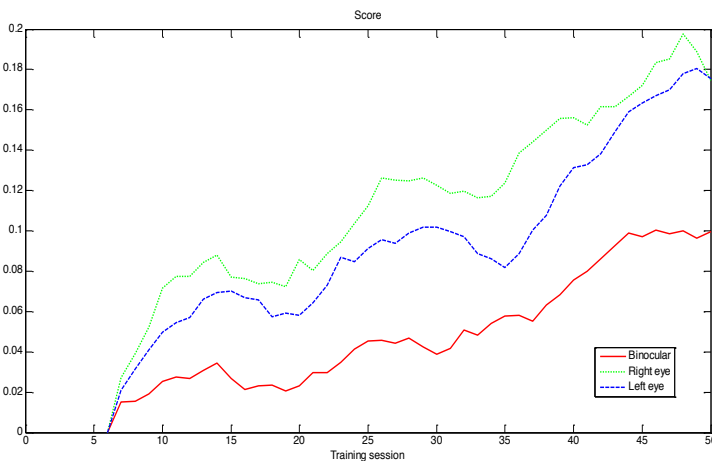
La Figura 2 muestra las mejoras, en puntuaciones, calculadas como porcentajes entre las puntuaciones totales de las sesiones de la última semana de entrenamiento, respecto de la primera. Se puede observar que los 11 participantes, excepto el número 6, obtienen cambios globales positivos en las puntuaciones, las cuales incluyen las obtenidas en monocular y binocular.

Figura 2.
Mejoras en los porcentajes de las puntuaciones de cada participante



La evolución del promedio de las puntuaciones diarias de los 11 participantes, de cada ojo por separado y en binocular, se muestra en la Figura 3. Las primeras cinco sesiones se excluyeron, considerando que éstas constituían la fase de adaptación al programa.

Figura 3.
Índice promedio de mejora de la puntuación global de los 11 participantes,
en cada ojo por separado y en binocular



Por otro lado, los cambios medidos en sensibilidad al contraste se muestran en la Tabla 1. Los valores de las medias y las desviaciones típicas se obtuvieron antes de empezar el periodo de entrenamiento (PRE), cuando se complete (POST) y tres meses después de la finalización (POST-3M). Las últimas columnas de la Tabla 1 hacen referencia a un grupo de personas con vision normal, una muestra de 11 personas, con características similares de edad y género, que los participantes del entrenamiento. Se observa una mejora entre las evaluaciones PRE- y POST-, así como la evaluación POST-3M muestra que las medidas se acercan a las obtenidas por las personas con vision normal.

ENTRENAMIENTO VISUAL Y DEGENERACIÓN RETINIANA: MEJORAS EN LA FUNCIÓN VISUAL

Tabla 1.

Medias y Desviaciones Típicas (DT) para el test P&R (OD: ojo derechos; OI: ojo izquierdo; B: binocular) y el test de indentificación digital de caracteres (binocular) (PB: fondo negro; NG: fondo gris; NW: fondo blanco)

| | Media | | | DT | | | Media | DT |
|--------|-------|------|---------|-------|-------|---------|---------------|---------------|
| | PRE | POST | POST-3M | PRE | POST | POST-3M | Visión Normal | Visión Normal |
| P&R-OD | 1.49 | 1.61 | 1.62 | 0.582 | 0.565 | 0.599 | 1.95 | 0.000 |
| P&R-OI | 1.65 | 1.72 | 1.79 | 0.189 | 0.169 | 0.236 | 1.95 | 0.000 |
| P&R-B | 1.77 | 1.85 | 1.85 | 0.220 | 0.168 | 0.168 | 1.95 | 0.000 |
| PB | 6.91 | 5.00 | 4.82 | 1.514 | 0.632 | 0.751 | 4.2 | 0.422 |
| NG | 5.27 | 2.36 | 2.18 | 2.328 | 0.505 | 0.751 | 1.5 | 0.665 |
| NW | 11.91 | 7.55 | 4.73 | 5.088 | 4.906 | 2.370 | 2.7 | 1.833 |

DISCUSIÓN

El estudio realizado viene a confirmar los beneficios que pueden aportar los programas de entrenamiento en la mejora de la función visual. En este caso, el programa se ha diseñado para facilitar el entrenamiento en casa, empleando dispositivos HMD de bajo coste. Pruebas preliminares con el entrenador confirmaron que la eficiencia era mayor con los HMD que con monitores convencionales, ya que permiten un mayor aislamiento y grado de inmersión en las sesiones de entrenamiento. La visualización de los estímulos mediante HMD hace también que se requiera menos esfuerzo para mantener la mirada en el punto de fijación durante la sesión de entrenamiento.

Es conocido que la atención encubierta (Posner, 1980) puede mejorar la eficiencia del entrenamiento. Así, el software de entrenamiento explota el mecanismo de atención encubierta, indicando con antelación la región del campo visual donde aparecerá cada estímulo.

La mayoría de los participantes que completaron el entrenamiento manifestó su satisfacción por haber participado en el mismo, y más de la mitad de ellos manifestó haber apreciado mejoras en su visual performance en las actividades de la vida cotidiana, apreciando detalles de la escena que antes no detectaban.

Además de las valoraciones subjetivas, durante y con posterioridad al entrenamiento hemos realizado medidas cuantitativas y tests de discriminación del contraste, que confirman una evolución positiva de la mayoría de los participantes. De una parte, la puntuación que mide el rendimiento de las sesiones entrenamiento reveló una mejora en el promedio de un 10% aproximadamente en binocular, y de un 18% aproximadamente en monocular cuando se completaron las sesiones de entrenamiento (ver Figura 3). Estas mejoras son considerablemente mayores si se considera el periodo completo de entrenamiento, con aquellos participantes que completaron todas las sesiones, que en algunos casos obtuvieron mejoras de cerca de un 30% (ver Figura 2). Igualmente, estas mejoras son más relevantes cuando el entrenamiento se ha seguido con regularidad, motivación e involucración, así como el control o ausencia de interferencias externas o problemas personales que

podrían afectar al desarrollo normal del entrenamiento. En este sentido, se puede observar cómo el participante número 6, el único que muestra un decrecimiento en las puntuaciones, expresó que había perdido interés y motivación, así como regularidad, teniendo hasta 10 días de inactividad, por problemas personales.

Para concluir, se debe resaltar que la versión del software de entrenamiento que se ha utilizado en este estudio piloto emplea siempre los mismos niveles de intensidad, tamaño y distribución de los estímulos, independientemente de las capacidades visuales del usuario y de su evolución. Se considera que puede obtenerse una mejora sustancial de los resultados haciendo que dichos parámetros sean adaptativos, ajustando el grado de dificultad de la detección de estímulos en función de la puntuación media que haya obtenido el usuario en las sesiones anteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akeo, K., Hiida, Y., Saga, M., Inoue, R., y Oguchi, Y. (2002). Correlation between Contrast Sensitivity and Visual Acuity in Retinitis Pigmentosa Patients. *Ophthalmologica*, 216, 185-191.
- Alexander, K.R., Barnes, C., y Fishman, G. (2003). Deficits in Temporal Integration for Contrast Processing in Retinitis Pigmentosa. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44, 3163-3169.
- Alexander, K.R., Derlacki, D.J., y Fishman, G.A. (1995). Visual acuity vs. letter contrast sensitivity in retinitis pigmentosa. *Vision Research*, 35, 1495-1499.
- Alexander, K.R., Rajagopalan, A.S., Seiple, W., Zemon, V.M., y Fishman, G.A. (2005). Contrast response properties of magnocellular and parvocellular pathways in retinitis pigmentosa assessed by the visual evoked potential. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46, 2967-2973.
- Bauer, J. (1996). Disturbed synaptic plasticity and the psychobiology of alzheimer disease. *Behavioural Brain Research*, 78, 1-2.
- Conrod, B., Bross, M., y White, Ch. (1986). Active and passive perceptual learning in the visually impaired. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 80, 528-531.
- Fahle, M., y Poggio, T. (2002). *Perceptual learning*. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press.
- Hyvärinen, L., Rovamo, J., Laurinen, P., y Peltomaa, A. (1981). Contrast sensitivity function in evaluation of visual impairment due to retinitis pigmentosa. *Acta Ophthalmologica*, 59, 763-773.
- JORDI. (2010). Enhanced Vision. <http://www.enhancedvision.com>
- Kaas, J.H., Krubitzer, L.A., Chino, Y.M., Langston, A.L., Polley, E.H., y Blair, N. (1990). Reorganization of retinotopic cortical maps in adult mammals after lesions of the retina. *Science*, 248(4952), 229-231.
- Kasten, E., Wüst, S., Behrens-Baumann, W., y Sabel, B.A. (1998). Computer-based training for the treatment of partial blindness. *Nature Medicine*, 4, 1083 – 1087.
- Kasten, E., Müller-Oehring, E., y Sabel, B. A.** (2001). Stability of Visual Field Enlargements Following Computer-Based Restitution Training. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23, 297-305.
- Kasten, E., Bunzenthal, U., y Sabel B.A. (2006). Visual field recovery after vision restoration therapy (VRT) is independent of eye movements: an eye tracker study. *Behavioral Brain Research*, 175(1), 18-26.
- Levi, D.M., y Li, R.W. (2009). Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: A mini-review. *Vision Research*, 49, 2535-2549.
- Lindberg, C.R., Fishman, G.A., Anderson, R.J., y Vázquez, V. (1981). Contrast sensitivity in retinitis pigmentosa. *British Journal of Ophthalmology*, 65, 855-858.
- LVES, University John Hopkins, Baltimore in collaboration with NASA. (1994). <http://www.hopkins-medicine.org/press/1994/JUNE/199421.HTM>

ENTRENAMIENTO VISUAL Y DEGENERACIÓN RETINIANA: MEJORAS EN LA FUNCIÓN VISUAL

- Madreperla, S.A., Palmer, R.W., Massof, R.W., y Finkelstein, D. (1990). Visual acuity loss in retinitis pigmentosa: relationship to visual field loss. *Archives of Ophthalmology*, 108, 358-361.
- Pelli, D.G., Robson, J.G., y Wilkins, A.J. (1988). The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clinical Vision Sciences*, 2(3), 187-199.
- Polat, U. (2009). Making perceptual learning practical to improve visual functions. *Vision research*, 49, 2566-2573.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Shintani, K., Shechtman, D.L., y Gurwood, A.S. (2009). Review and update: Current treatment trends for patients with retinitis pigmentosa. *Optometry*, 80 (7), 384-401.
- Sucks, F.E., y Uvijls, A. (1991). Contrast sensitivity in retinitis pigmentosa at different luminance levels. *Clinical Vision Science*, 7, 147-151.
- Trudeau, M., Overbury, O., y Conrod, B. (1990). Perceptual training and figure-ground performance in low vision. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 84, 204-206.
- Zhou, Y., Huang, C., Xu, P., Tao, L., Qiu, Z., Li, X., y Lu, Z.L. (2006). Perceptual learning improves contrast sensitivity and visual acuity in adults with anisometric amblyopia. *Vision Research*, 46(5), 739-750.