



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

## **FIJACIÓN EN PACIENTES CON BAJA VISIÓN**

Presentado por LAURA RAMOS CABEZA.

Tutelado por: JOSE ALBERTO DE LÁZARO YAGÜE.

Tipo de TFG: Revisión

En Valladolid a, 24 de mayo de 2022

**ANEXO I: ÍNDICE****ÍNDICE**

RESUMEN .....	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS .....	8
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS .....	9
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	10
4.1. Funcionamiento de la fijación en el sistema visual .....	10
4.2. Cambios que se producen en la fijación de los pacientes con baja visión.	11
4.1. Evidencia científica de la rehabilitación visual que ayude a mejorar la estabilidad de fijación en pacientes de baja visión .....	14
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....	18
CONCLUSIONES .....	19
BIBLIOGRAFÍA .....	20

## RESUMEN

La fijación es un proceso que engloba el control, la estabilidad de la imagen retiniana y los movimientos oculares asociados. Para que se lleve a cabo de forma correcta, las imágenes de interés tienen que recaer sobre la fóvea. Los ojos no se encuentran completamente estáticos, realizan continuos movimientos involuntarios orientando la mirada hacia la escena y mejorando la visión al reubicar la fóvea. Este trabajo es una revisión bibliográfica sobre la fijación del sistema visual y su rehabilitación para mejorar la estabilidad en pacientes de baja visión. El objetivo principal es estudiar la evidencia científica para determinar si se puede establecer el entrenamiento visual como posible tratamiento de determinadas patologías.

La ubicación adaptada para la fijación es el centro fóveal, por lo que la estabilidad de fijación se ve normalmente afectada en personas que presentan pérdida de visión central. Como compensación, se establece una zona excéntrica de la retina para llevar a cabo la fijación denominada Locus Retiniano Preferencial (LRP). Al emplear un área parafoveal, los pacientes muestran inestabilidad de fijación, y con ello, movimientos más distantes de la fóvea durante la fijación de la imagen deseada.

Numerosos estudios han demostrado que los pacientes con pérdida de visión central y/o ambliopía presentan inestabilidad de fijación y alteración en los movimientos oculares. Para paliar este problema, se han propuesto programas de rehabilitación visual que pretenden mejorar el control y la coordinación de los movimientos oculares, siendo una posible opción eficaz para acelerar la recuperación y mejorar la calidad de vida.

## ABSTRACT

Fixation is a process that encompasses control, retinal image stability, and associated eye movements. In order to be carried out correctly, the images of interest must fall within the fovea. Eyes are not completely static; they make continuous involuntary movements orienting the gaze towards the scene and improving vision by relocating the image to the fovea. This work is a literature review on the fixation of the visual system and its rehabilitation to improve stability in patients with low vision. The main objective is to study the scientific evidence to determine if visual training can be established as a possible treatment for certain pathologies.

The adapted location for fixation is the foveal center, so the stability of fixation is normally affected in people who have loss of central vision. As compensation, an eccentric area of the retina is established to carry out the fixation called Preferential Retinal Locus (PRL). By employing a parafoveal area,

patients show instability of fixation, and with it, more distant movements of the fovea during the fixation of the desired image.

Numerous studies have shown that patients with amblyopia and loss of central vision have fixation instability and alteration in eye movements. To alleviate this problem, visual rehabilitation programs have been proposed that aim to improve the control and coordination of eye movements, being a possible effective option to accelerate recovery and improve quality of life.

## 1. INTRODUCCIÓN

La función visual se compone de distintas características, una de ellas es la fijación, responsable del control y estabilidad de las imágenes retinianas y de los movimientos oculares asociados. Para que se procese correctamente la información visual, la fijación consigue que las imágenes producidas en el fondo de ojo recaigan sobre la fóvea para poder resolver con nitidez los objetos y las escenas. Durante el proceso visual, los ojos se mueven constantemente para estabilizar la imagen, evitando así el desvanecimiento visual de las escenas. Para ello, existen movimientos de fijación (microsacadas, derivas oculares) y movimientos oculares rápidos (sacadas y de seguimiento). Algunos trastornos en los movimientos oculares pueden causar síntomas como diplopía, dificultades para enfocar, visión borrosa, etc.<sup>1-3</sup>

La fijación ocular es un proceso dinámico, que no se realiza de forma aislada, forma parte de un amplio repertorio oculomotor controlado por estructuras cerebrales involucradas en el control de los movimientos oculares, como el colículo superior (importante en el control de los movimientos sacádicos), cerebelo y la formación reticular (estructura del tallo encefálico). La posición del ojo durante la fijación depende de la actividad bilateral en los colículos superiores y el cerebelo medio-posterior. Además, las respuestas neuronales a los movimientos oculares de fijación se han estudiado recientemente en la retina, núcleo geniculado lateral, área V1 y corteza extraestriada.<sup>2,4</sup>

Los movimientos sacádicos y de seguimiento están controlados por áreas cerebrales corticales y subcorticales.<sup>2</sup>

Los movimientos sacádicos son movimientos oculares rápidos, de cientos de grados por segundos, breves, duran decenas de milisegundos, y se producen simultáneamente en ambos ojos. Permiten cambiar la imagen foveal, y así captar la máxima información posible. Los movimientos sacádicos implican una ruptura en la fijación.<sup>2</sup>

Los movimientos de seguimientos suaves son lentos y continuos. El papel principal de estos movimientos es mantener un objeto de interés, generalmente en movimiento, en la fóvea. Evitando así que el posible desenfoque de este produzca una disminución de la agudeza espacial.<sup>2,5</sup>

Los científicos coinciden actualmente en la existencia de tres tipos principales de movimientos oculares durante el proceso de fijación visual: temblores, microsacadas y derivas.<sup>4</sup>

El temblor, llamado fisiológicamente nistagmus, es un movimiento ondulatorio de los ojos, de pequeña amplitud y alta frecuencia. Es el menor de todos los movimientos oculares. Es imposible distinguir estos movimientos empleando el eye-tracker, por lo que no son considerados en numerosos estudios.<sup>4,5</sup>

Los ojos nunca se encuentran completamente estáticos ya que las imágenes se desvanecerían después de unos segundos de estabilización. Es por ello que se llevan a cabo continuos micromovimientos, conocidos con el nombre de microsacadas (controladas por los mismos mecanismos neuronales que los movimientos sacádicos; pues la relación entre la velocidad y la amplitud de las microsacadas es similar a los grandes movimientos sacádicos).

Interrumpen temporalmente el proceso visual, pero ayudan a unir la percepción visual en cada movimiento sacádico. Además, pueden mejorar la visión al reubicar la fovea y la foveola. Uno de los posibles roles de las microsacadas es corregir los desplazamientos producidos por las derivas.<sup>2,5</sup>

Durante la fijación, la deriva ocular (desplazamientos de la mirada a pequeña velocidad que tienen lugar durante las microsacadas) es importante para resolver detalles finos. Mejora la capacidad de discriminar visualmente altas frecuencias espaciales, aumentando así la agudeza espacial. En estímulos con frecuencias bajas, el efecto es mínimo.<sup>2,4,5</sup>

Las patologías que afectan a la zona central de la retina producen un escotoma en el campo visual central, es el caso de las degeneraciones maculares, distrofias maculares y el edema macular diabético. Provocan una alteración de la función oculomotora además de una disminución de la agudeza visual. Para hacer frente a la pérdida de visión central, se desarrolla una nueva área de fijación en la retina denominada Locus Retiniano Preferencial (LRP), ya que en estos casos la retina periférica no se ve afectada.<sup>6,7</sup>

La fovea, es la responsable de la visión detallada, la fijación. Los pacientes con DMAE presentan un trastorno degenerativo común, crónico y progresivo de la mácula, es decir, una pérdida de visión central. Similar son los problemas que presentan los pacientes con Enfermedad de Stargadt, pues se caracteriza por ser una distrofia macular hereditaria asociada a la pérdida severa de la visión central durante la primera o segunda década de la vida. Para resolver la pérdida de visión realizan la fijación con una zona excéntrica de la retina conocida como Locus Retiniano Preferencial (LRP). Los ojos con fijación excéntrica muestran habitualmente una fijación inestable, que se puede mejorar con ejercicios oculomotores conocidos como entrenamiento de fijación con biorretroalimentación.<sup>8-11</sup>

Para llevar a cabo la fijación en esta nueva área, el sujeto ha de ser consciente de la ubicación, tamaño y forma del escotoma, y realizar movimientos oculares de una manera adecuada. Además, la agudeza visual y la estabilidad de fijación son más pobres comparadas con la visión central. Es por ello por lo que se tiene que llevar a cabo un entrenamiento de la visión excéntrica, una rehabilitación no invasiva, siendo el principal fin maximizar la función de la visión residual de los pacientes con baja visión en sus actividades de la vida diaria (como puede ser la lectura, reconocer rostros, etc).<sup>6,7</sup>

El glaucoma es una neuropatía óptica progresiva caracterizada por la excavación del nervio óptico, que también provoca una pérdida campo visual, en este caso periférica, que puede progresar a discapacidad visual y, ocasionalmente, en ceguera sin un tratamiento adecuado. Posee una progresión lenta, lo que produce la no sintomatología de los pacientes en estadios incipientes.<sup>12,13</sup>

La inestabilidad de fijación se ha cuantificado en la mayoría de los estudios utilizando el área de elipse de contorno bivariado (BCEA). Se considera la medida estándar actual de la estabilidad de fijación. Se define como una elipse que abarca los puntos de fijación para una posición ocular determinada. Cabe destacar que un BCEA pequeño indica una fijación más estable.<sup>14-16</sup>

La microperimetría mide con precisión la sensibilidad retiniana dentro del campo central, incluso en pacientes con fijación inestable o extrafoveal; a diferencia de los perímetros estándar. Se obtiene mediante el seguimiento de los movimientos oculares mientras el paciente se fija en un objetivo. Por ello, la microperimetría es clínicamente útil en diversas patologías de la retina central.  
17,18

## **2. OBJETIVOS**

1. Describir el funcionamiento de la fijación en el sistema visual.
2. Determinar los cambios que se producen en la fijación de los pacientes con baja visión.
3. Evaluar la evidencia científica de la rehabilitación visual que ayude a mejorar la estabilidad de fijación en pacientes de baja visión.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo consiste en una revisión bibliográfica; se ha llevado a cabo mediante una búsqueda exhaustiva en bases de datos: Google, Google Scholar, PubMed, y UvaDoc.

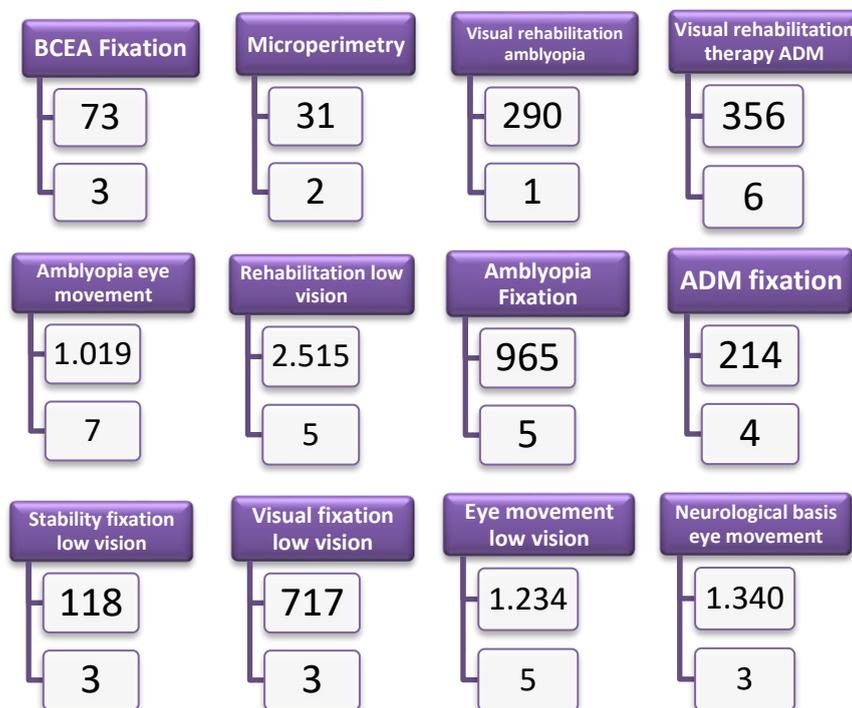
#### Criterios de inclusión:

- Publicaciones cuyo contenido está orientado al sistema visual.
- Publicaciones que tratan sobre la fijación del sistema visual.
- Publicaciones que traten sobre rehabilitación y terapia visual para el tratamiento de pérdida de campo visual central.
- Publicaciones que traten sobre fijación visual, así como estabilidad de fijación.

#### Criterios de exclusión:

- Publicaciones cuya fecha de publicación sea anterior a los últimos 10 años.
- Publicaciones que estén escritas en otro idioma distinto del inglés o el castellano.

Los artículos obtenidos se muestran en el siguiente diagrama, donde aparecen los términos de búsqueda y los artículos encontrados para cada uno, y tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, los artículos que han sido seleccionados. La búsqueda se realizó entre los meses de diciembre y marzo del 2.022.



**Figura 1.** Diagrama de selección de las publicaciones. BCEA: Área de Elipse de Contorno Bivariado. ADM: Age-related Macular Degeneration.

La búsqueda se ejecutó con operadores booleanos como 'and' y 'or', comillas para obtener una búsqueda exacta y el empleo de la virgulilla (~) para realizar la búsqueda de la palabra deseada y otras relacionadas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Funcionamiento de la fijación en el sistema visual

Sobre la base de estudios anatómicos, fisiológicos y de comportamiento, se cree que al menos 32 áreas corticales separadas están involucradas en el procesamiento visual. A medida que se asciende por el sistema visual, desde la retina hasta el núcleo geniculado lateral, y posteriormente, a las áreas corticales sucesivas, las neuronas visuales responden a estímulos cada vez más complejos.<sup>19</sup>

Las neuronas de varias regiones del cerebro muestran estar involucradas en el control de la fijación, pues se observan tasas de disparo elevadas durante la fijación mantenida y pausas durante los movimientos sacádicos, independientemente de su amplitud. La mejor estructura sensoriomotora que proporciona entradas a estas neuronas es, posiblemente, el colículo superior. Está compuesto de múltiples capas situadas en el techo del mesencéfalo; y es importante para el control de los movimientos sacádicos y en las conductas de orientación, entre otros.<sup>2</sup>

La estabilidad de fijación consiste en mantener la fijación en un estímulo durante un breve periodo de tiempo, suprimiendo movimientos sacádicos (y microsacádicos) no deseados. Éstos dependen del funcionamiento de los campos oculares frontales y el colículo superior, y, por lo tanto, debería estar relacionado con las habilidades de control de la atención.<sup>20</sup>

Los seres humanos recopilan información visual de un campo de visión amplio, 180° aproximadamente. Para monitorizar un área tan amplia, existe una gran variedad de funciones visuales, entre las que se encuentra la agudeza visual. Éstas no son uniformes en todo el campo visual, pues empeoran progresivamente a medida que aumenta la distancia. Por lo tanto, para examinar de manera eficiente una escena visual, los humanos deben llevar a cabo una serie de movimientos oculares.<sup>21</sup>

La función principal de los movimientos oculares es orientar la mirada hacia la escena de interés. Para lograr este objetivo, el sistema oculomotor genera una amplia variedad de movimientos que se pueden clasificar en función de su amplitud, velocidad y aceleración.<sup>5</sup>

Los movimientos oculares permiten mantener en la fovea los objetos de interés. Requieren un sistema oculomotor preciso y eficiente. Los seres humanos no nacen con un sistema oculomotor completamente funcional, pues se caracteriza por un desarrollo prolongado. Cuando los niños tienen déficits visuales y/o oculomotores, el diagnóstico precoz es fundamental para la rehabilitación. El sistema oculomotor no se desarrolla correctamente cuando existe una ausencia total (como es el caso, por ejemplo, de cataratas congénitas, densas, totales y bilaterales) o parcial de información visual.<sup>22,23</sup>

RJ Leigh et al., y Nau A et al., realizaron estudios con personas con pérdida de visión central, encontrando que, durante la fijación, la visión es inestable debido a la desviación de los ojos. Además, las personas con pérdida de visión monolateral muestran una disminución de la visión estable en el ojo afectado debido a pequeñas oscilaciones irregulares.<sup>3</sup>

Durante la fijación, cuando se alcanza el nivel más alto de agudeza visual, los ojos no están inmóviles, realizan movimientos de fijación involuntarios en

miniatura como los sacádicos de fijación, microsacádicos, deriva intersacádica y temblor para mantener la fijación en el objetivo deseado. Éstos provocan cambios sutiles en la posición foveal de la imagen y contrarrestan el desvanecimiento.<sup>16,24,25</sup>

Los movimientos sacádicos (movimientos oculares microscópicos constantes durante la fijación) permiten reconocer los objetos de interés. Poseen, habitualmente, una frecuencia de 2-3 veces por segundos. Entre los breves intervalos de fijación que se llevan a cabo durante estos movimientos, se adquiere la información visual deseada. Los movimientos sacádicos aparecen durante el primer mes de vida. Normalmente, no somos conscientes de estos movimientos.<sup>21,22</sup>

Las microsacadas, también llamadas “movimientos rápidos”, son pequeños movimientos sacádicos involuntarios, de 1-3 veces por segundo durante la fijación. Numerosos estudios coinciden en que las microsacadas son generalmente conjugadas, es decir, ambos ojos poseen la misma dirección y magnitud. Una de las posibles funciones de las microsacadas es corregir los desplazamientos de los ojos producidos por las derivas; mejorando así la agudeza visual al reubicar con precisión la fóvea.<sup>4,26,27</sup>

La deriva hace referencia a los movimientos oculares lentos y son la consecuencia de un sistema de control lento de la posición del ojo. Las derivas poseen un papel compensatorio en el mantenimiento de la fijación visual en ausencia de las microsacadas, o en momentos donde la compensación por éstas era relativamente pobre.<sup>4,5</sup>

El temblor, en ocasiones también llamado nistagmus fisiológico, es un movimiento ondulatorio rápido. Pocos estudios se han propuesto examinar las implicaciones del temblor en la visión, en gran parte debido a las dificultades técnicas de medirlo con precisión con los rastreadores oculares convencionales.<sup>4,28</sup>

La clasificación establecida para los movimientos oculares de fijación se convierte en un desafío ya que los límites no están tan marcados como se podría suponer. Concretamente en los movimientos con las amplitudes más pequeñas, como es el caso de la deriva y el temblor.<sup>21</sup>

#### **4.2. Cambios que se producen en la fijación de los pacientes con baja visión.**

La discapacidad es una condición que pone en diálogo y continua interacción lo corporal (déficits), lo individual (limitaciones en la actividad y factores personales) y lo social (restricciones en la participación y factores ambientales). En este contexto se recomienda comprender la discapacidad visual, que a partir del déficit visual se clasifica en baja visión o ceguera, y las personas pueden tener un amplio rango de limitaciones en la actividad, restricciones en la participación, barreras, etc.<sup>29</sup>

Las etiologías más frecuentes que conducen a una condición de baja visión o ceguera son, en general, de origen oftalmológico. Sin embargo, también existen múltiples etiologías no oftalmológicas que pueden instaurar deficiencias

visuales permanentes, causantes también de discapacidad visual.<sup>29</sup>

Generalmente, se asume que la ubicación retiniana adoptada para la fijación corresponde al centro foveal. Es por ello por lo que la estabilidad de fijación se ve normalmente afectada en personas con pérdida de visión central. Estos pacientes, usan un área retiniana mayor para llevar a cabo la fijación, provocando inestabilidad de fijación, y con ello, movimientos más distantes de la fovea durante la fijación el objetivo deseado, lo que reduce la visibilidad. Uno de los principales objetivos para mejorar la estabilidad de fijación es establecer un programa de entrenamiento o rehabilitación visual adecuado para cada paciente.<sup>25</sup>

La ambliopía es una de las principales causas de discapacidad visual en niños. Se trata de una anomalía del desarrollo que resulta de alteraciones fisiológica en la corteza visual que deteriora la visión. Afecta al 2-4% de la población y suele asociarse a anisometropía, estrabismo o ambas condiciones al mismo tiempo. Menos común es la ambliopía por privación; causada por una patología que evita la estimulación ocular durante la infancia y provoca un déficit visual severo. Entre las posibles causas de ambliopía residual, la fijación excéntrica puede ser un factor contribuyente, especialmente en la ambliopía estrábica.<sup>27,30,31</sup>

La ambliopía es un fenómeno cortical, causado por la desigualdad en la influencia competitiva de los dos ojos en el área 17 de la corteza visual primaria. La experiencia postnatal es fundamental para el desarrollo correcto del sistema visual. Cualquier obstáculo en la estimulación de las foveas, y que, por lo tanto, interfiera en el aprendizaje visual del cerebro, provoca detención de desarrollo de la agudeza visual. Es decir, uno de los ojos posee peor agudeza visual y no se puede atribuir a ninguna anomalía estructural.<sup>16,32</sup>

Los primeros cambios funcionales y anatómicos ocurren en el área V1. Se produce un deterioro de la agudeza y la resolución espacial, con pérdida de las conexiones axonales en V1 entre las columnas de dominancia.<sup>33</sup>

Estudios de exploración visual y psicofísica en pacientes con ambliopía han demostrado que la ambliopía afecta la función tanto del ojo ambliope como del otro. Actualmente se conoce cada vez más como un trastorno de la visión binocular, en el que ambos ojos se ven afectados, no únicamente el ojo ambliope.<sup>16</sup>

Otros autores como Chung, Raveendran y Shaikh, han observado una fijación menos estable en ojos ambliopes. Una fijación inestable se asocia con una mayor diferencia de agudeza entre ambos ojos y una esteroagudeza inferior. Cuando se consigue alinear bifovealmente los objetos deseados, se produce mejoras en la estabilidad de la fijación.<sup>34</sup>

Además, las personas con ambliopía, especialmente aquellas con estrabismo, pueden manifestar una fijación excéntrica en la que la fovea funcional se desplaza hacia un área de la retina periférica como consecuencia de los mecanismos de supresión durante el periodo decisivo del desarrollo. Exhiben movimientos oculares de fijación anormales: anomalías oculomotoras que incluyen fijación excéntrica e inestable, baja ganancia de seguimiento y movimientos sacádicos anormales.<sup>27,35</sup>

Estos sujetos poseen un aumento en la inestabilidad de fijación y

dificultades para iniciar y ejecutar movimientos sacádicos, principalmente en el ojo ambliópico. Esta inestabilidad podría surgir por la presencia de nistagmus o debido a una mayor amplitud de movimientos sacádicos involuntarios y derivas intersacádicas provocadas durante la fijación. Es común que los pacientes ambliopes que han experimentado una interrupción en la binocularidad durante los seis primeros meses de vida desarrollen nistagmus de mal desarrollo de fusión, lo que antes se conocía como nistagmus latente. <sup>16,24,36</sup>

Varios estudios han evaluado las sacadas de fijación en pacientes con ambliopía y han demostrado que las microsacadas son menos frecuentes y tienen mayor amplitud en el ojo ambliope. En niños ambliopes, por lo tanto, el principal contribuyente de la inestabilidad de fijación son las anomalías en los movimientos sacádicos. Además, la gravedad de la ambliopía se correlaciona con un aumento en la amplitud de los movimientos sacádicos de fijación se correlaciona con gravedad en la ambliopía. La variación y la velocidad de las derivas oculares son superiores, sobre todo en los pacientes sin nistagmus. Existe, por lo tanto, un deterioro en los movimientos oculares de fijación incluso cuando el otro ojo fija el objetivo. <sup>16,37</sup>

La evaluación de los movimientos oculares de fijación en la ambliopía podría ser importante para diagnosticar estas enfermedades comunes y predecir la efectividad del tratamiento, estableciendo, por lo tanto, los movimientos oculares de fijación como biomarcadores que reflejen la gravedad y el tipo de ambliopía. <sup>16</sup>

Otra de las patologías más frecuentes que conducen a una condición de baja visión o ceguera es la degeneración macular asociada a la edad (DMAE). Es un trastorno degenerativo común, crónico y progresivo de la mácula que afecta a personas mayores y se caracteriza por la pérdida de la visión central. Afecta principalmente a la mácula provocando cambios destructivos en el epitelio pigmentario de la retina (EPR), la formación de drusas (depósitos extracelulares entre la membrana de Bruch y el EPR y neovascularización retiniana; produciendo pérdida de visión central. La pérdida de campo visual provoca efectos nocivos en tareas cotidianas como leer, reconocer rostros, etc; provocando un deterioro en la calidad de vida de estos pacientes. <sup>7,9,38,39</sup>

A nivel mundial, la degeneración macular asociada a la edad ocupa el tercer lugar como causa de ceguera después de las cataratas y el glaucoma, afectando a millones de personas en todo el mundo. <sup>9,38</sup>

Para paliar la pérdida de visión central, los sujetos con DMAE fomentan estrategias compensatorias, como la fijación excéntrica. Utilizarán LLRP, que actúa como una fovea sustituta, localizada en una región retiniana periférica, que le permita la visión; a pesar de que la agudeza visual y la estabilidad de fijación sean más pobres. Lo desarrollan debido a la presencia de un escotoma central, mediante la experiencia visual, sin entramiento. <sup>7,25</sup>

No todos los sujetos logran desarrollar un LRP. Son varios los aspectos que determinan la formación del LRP: la agudeza visual, el tamaño residual del campo visual, la dimensión del escotoma y la proximidad de la fovea. Además, los escotomas se desarrollan de manera relativamente independiente entre los dos ojos, y rara vez son simétricos, lo que puede llegar a comprometer la coordinación binocular. <sup>7,39</sup>

Algunos sujetos pueden emplear múltiples y distintos LRP. Por ejemplo, el superior normalmente se emplea para una visualización global, y el derecho y el izquierdo para mejorar la discriminación de letras. Así pues, la función del LRP no depende únicamente de la posición del escotoma.<sup>25</sup>

La pérdida de visión bilateral no solo afecta a la AV, sino también presenta un reto para los movimientos oculares debido a la pérdida de referencia oculomotora foveal. Los escotomas centrales también afectan al control de los movimientos suaves, cuya razón principal suele asociarse con la pérdida de la fovea, pero también, que las regiones de la retina tienden a tener mayores excentricidades, lo que dificulta el seguimiento continuo. Además, la inestabilidad de fijación se asocia con un déficit visual, que disminuye con la progresión de la enfermedad y se correlaciona con una velocidad de lectura lenta.<sup>14,35,40</sup>

Hasta la fecha, los enfoques no invasivos para la rehabilitación de la baja visión provienen de los campos de la ciencia de la visión y la optometría, y por lo general, son de dos tipos: oculomotores (enseñando a los pacientes a mejorar el control y la coordinación de sus movimientos oculares. En ocasiones entrenando una zona retiniana periférica diferente y más apropiada) y perceptivos (mejorando las capacidades visuales periféricas o la visión dentro del LRP). Por lo tanto, la información sobre la ubicación y a estabilidad del LRP es muy útil para la planificación del tratamiento futuro.<sup>7,41</sup>

La microperimetría puede ser una herramienta clínica útil para evaluar la ubicación y la estabilidad de fijación; detectando cambios funcionales sutiles en la DMAE que no pueden detectarse mediante pruebas de agudeza visual. Proporciona información sobre la evolución de la enfermedad y la eficacia del tratamiento. Además, los estudios microperimétricos sobre la estabilidad de fijación después del tratamiento han demostrado una elevada mejoría en la estabilidad de fijación y en la agudeza visual de estos pacientes<sup>41</sup>

#### **4.3. Evidencia científica de la rehabilitación visual que ayude a mejorar la estabilidad de fijación en pacientes de baja visión**

La rehabilitación visual es un término que abarca diferentes técnicas empleadas para ayudar a mejorar el rendimiento visual de pacientes con una función residual disminuida, y, en consecuencia, la calidad de vida.<sup>25</sup>

En los últimos años, se ha observado que la terapia visual puede tratarse de una opción eficaz para promover la rehabilitación visual e incluso para acelerar la recuperación de la función visual.<sup>31</sup>

El objetivo principal de la rehabilitación visual en pacientes con baja visión es emplear su visión residual de la manera más eficaz y eficiente posible para permitir ser personas autosuficientes, independientes e intentar mejorar su calidad de vida. La rehabilitación involucra muchos grupos profesionales, como terapeutas, psicólogos, trabajadores sociales, optometristas y oftalmólogos.<sup>42</sup>

Cuando se ve interrumpida la visión binocular, en una etapa temprana de la vida, por estrabismo, anisometropía o ambliopía, puede producirse déficits motores oculares, que incluyen inestabilidad de la fijación y movimientos sacádicos anormales. Además, no solo se presentan en el ojo ambliope, pues

también ocurre en el ojo contralateral.<sup>43</sup>

El éxito en el tratamiento de la ambliopía disminuye con la edad, y si no es tratado en la infancia puede dar lugar a una discapacidad visual. Sin embargo, estudios recientes sugieren que la AV de los niños ambliopes puede mejorar hasta los 15 años debido a la plasticidad cerebral. El tratamiento convencional de la ambliopía es aumentar la estimulación visual del ojo ambliope cubriendo temporalmente el ojo dominante, mediante terapia de oclusión (parches) o con atropina y penalización óptica. Actualmente, se están llevando a cabo investigaciones sobre rehabilitación visual como posible tratamiento para la ambliopía. Éstas estudian el aprendizaje perceptivo y el entrenamiento dicóptico, demostrando que el tratamiento binocular produce mejoras más sólidas en la AV en adultos con ambliopía.<sup>44</sup>

Recientemente, ha evolucionado el planteamiento del tratamiento de la ambliopía de forma binocular, empleando el entrenamiento dicóptico; teniendo como objetivo, no solo mejorar la AV del ojo ambliope, si no también, promover la visión binocular y la estereoaagudeza. Las investigaciones sobre los sistemas de binocularidad en adultos y niños han arrojado resultados prometedores, pero han demostrado efectos pequeños sobre la AV y no han podido explicar la no inferioridad sobre los tratamientos convencionales.<sup>44</sup>

En sujetos con degeneración macular, se propone la rehabilitación (Estudillo et al.,<sup>45</sup> y Morales et al.,<sup>8</sup>) mediante el entrenamiento de un lugar retiniano adyacente a la lesión macular que permita mejorar la función visual. Esta área se denomina Locus Retiniano Entrenado. Este nuevo Locus, generalmente, se selecciona para situarse en un área lo suficientemente extensa como para visualizar múltiples caracteres y conseguir una AV relativamente elevada.<sup>7</sup>

Estudillo et al. realizaron un estudio donde el objetivo principal fue determinar si un proceso de rehabilitación con entrenamiento de fijación excéntrica a través de microperimetría, provocaba una mejora de la función visual en pacientes con atrofia geográfica relacionada con la DMAE. Para realizar la investigación, se empleó el microperímetro de evaluación de la integridad macular (MAIA), y así evaluar la fijación y la sensibilidad retiniana de estos pacientes. Se llevó a cabo el estudio con un total de 18 pacientes, 15 mujeres; con edad promedio de 77 años. La rehabilitación visual fue desarrollada para que el paciente pudiera establecer la mejor fijación posible en la mejor zona de sensibilidad retiniana. Se obtuvo como conclusión que el entrenamiento visual a través de microperimetría en pacientes con DMAE es eficaz para mejorar la estabilidad de fijación, la velocidad de lectura y la AV. Cabe destacar que no todos los casos mostraron mejoría en las variables estudiadas; por ello, son necesarias más investigaciones para determinar qué características predicen un resultado favorable en el paciente con este tipo de tratamiento.<sup>45</sup>

Morales et al. estudiaron si la estabilidad de fijación del LRP puede mejorarse mediante entrenamiento con biorretroalimentación con microperimetría. Dicho entrenamiento se puede realizar en el LRP del paciente o en diferentes Locus con mejores características funcionales. Fueron seleccionados 90 pacientes que se dividieron en dos grupos dependiendo de los criterios de inclusión establecidos. Completaron el estudio un total de 67 pacientes. Los ojos que poseen fijación excéntrica muestran, habitualmente,

fijación inestable asociada con baja visión. La estabilidad de fijación se puede mejorar con ejercicios oculomotores como el entrenamiento de fijación con biorretroalimentación, la alineación de un objetivo con el LRP seleccionado se orienta mediante señales acústicas durante el entrenamiento. Los resultados indicaron que la fijación en pacientes con visión excéntrica puede mejorar mediante terapia de biorretroalimentación, afirmando así que puede aumentar la plasticidad de forma más eficiente que cuando el entrenamiento se lleva a cabo en el LRP que ha desarrollado el individuo tras la pérdida de la función foveal. Se necesitan más estudios para validar la eficacia en las tareas visuales cotidianas; así como investigar las diferentes etapas de adaptación de la secuencia motora durante el entrenamiento de biorretroalimentación ya que puede ser clave para determinar las estrategias terapéuticas individuales y lograr cambios de plasticidad a largo plazo.<sup>8</sup>

Janssen et al. entrenaron a personas con pérdida de campo central para que dirijiesen su fijación actual hacia la dirección de su escotoma en búsqueda de información oculta. Idealmente, dicho movimiento ocular se realiza con un único sacádico; por lo que se intentó que los pacientes ejecutaran movimientos sacádicos en la dirección de su escotoma, ayudando a que sean más conscientes de la relación entre su LRP y el escotoma. 9 individuos, 4 hombres y 5 mujeres, participaron en el estudio. Se presentaban dos estímulos, uno de los cuales se situaba en el escotoma. La mayoría de los participantes realizaron movimientos sacádicos más rápidos con el entrenamiento. Los autores descubrieron que los sujetos que más se favorecían del entrenamiento eran los que presentaban los escotomas en los campos visuales superiores. El beneficio para los participantes fue que se les capacitó para dirigir su LRP a lugares que no inspeccionan de forma rutinaria. Dos tercios de los participantes parecieron beneficiarse del entrenamiento, aunque el estudio admite que su principal limitación es que incluye únicamente 6h de entrenamiento. A pesar de que hubo consenso entre los autores de que no existiera una transferencia significativa de beneficios del entrenamiento a otra tarea, los resultados proporcionan información para futuros estudios, y así ayudar a personas con pérdida de visión debido a DMAE, mejorando la visión funcional en las tareas de la vida diaria.<sup>46</sup>

El entrenamiento de los movimientos oculares tiene como objetivo rehabilitar a los pacientes con DMAE para localizar y emplear una zona retiniana periférica como sustitución de la mácula dañada; con el fin de obtener una imagen más clara. Si no se lleva a cabo un entrenamiento consecutivo para estabilizar el LRP en el punto más fijo posible, los ojos volverían a realizar movimientos sacádicos provocando inestabilidad de fijación. No únicamente se emplea la microperimetría en pacientes con baja visión debido a la DMAE, sino también se utiliza para llevar a cabo la rehabilitación visual en pacientes con retinosis pigmentaria, enfermedad de Stargardt, retinopatía diabética y glaucoma.<sup>42,47</sup>

Actualmente, la enfermedad de Stargardt es objeto de más ensayos clínicos que cualquier otra enfermedad hereditaria de la retina, incluyendo la terapia génica y el trasplante de células madre<sup>48,49</sup>. Una mejor fijación en estos pacientes conduciría a un mejor rendimiento visual. Ratra et al. valoran un entrenamiento con videojuegos de acción en pacientes con enfermedad de Stargardt, para estimular el LRP, y conseguir mejorar así las funciones visuales. Se llevó a cabo con un total de 15 pacientes con un rango de edad de 13 a 30

años. 8 pacientes completaron el estudio y acudieron a las pruebas de seguimiento. La ubicación del LRP y la estabilidad de fijación pueden mejorar con el entramiento visual. En este proyecto, se emplea un videojuego de acción para ejercer un propósito similar que, con el microperímetro, estimular el LRP en la enfermedad de Stargadt. Una vez realizado el estudio, se observaron mejoras en la AV, estereopsis, sensibilidad al contraste y estabilidad de fijación. Debido a los buenos resultados obtenidos, creen que los videojuegos pueden ser útiles como herramienta de rehabilitación en baja visión en pacientes con degeneración macular mejorando el desempeño de las tareas relacionadas con la visión. <sup>11</sup>

La pérdida de AV y los defectos del campo visual en los pacientes con glaucoma no tiene tratamiento. Sin embargo, estudios recientes han informado que el sistema nervioso posee una plasticidad neuronal significativa, mostrando que la capacidad de los pacientes para percibir estímulos visuales mejora considerablemente. Li B et al. realizaron un estudio con un total de 21 pacientes; de ellos, 12 no lo completaron y 2 no lo cumplieron debido a síntomas de ojo seco. Analizaron los datos de 7 pacientes. En dicho estudio, se utilizó por primera vez el examen de percepción visual y el sistema de entrenamiento para evaluar la función de percepción visual de pacientes con glaucoma. Se realizó una comparación entre la AV y del campo visual tanto antes como después del entrenamiento. Se desarrolló un sistema de examen de percepción visual para la visión binocular empleando una estrategia individualizada con gafas polarizadas empleadas en casa para completar 20 minutos de entramiento, dos veces al día. Además, el entrenamiento tiene como objetivo la estimulación de ambos ojos utilizando la plasticidad y la movilidad del sistema nervioso del cerebro, activando la señal visual a través de la estimulación visual personalizada y el aprendizaje visual. A pesar de la pequeña muestra de este estudio se obtuvieron resultados prometedores. Puede mejorar la AV y el defecto del campo visual hasta un cierto punto, lo que proporciona una nueva idea para el tratamiento del glaucoma. Tanto estudios previos como el presente sugieren que el entrenamiento individualizado proporciona la esperanza de mejorar la AV y el defecto de campo de los pacientes con glaucoma, por lo que se necesita un estudio de gran tamaño de muestra para evaluar más a fondo el valor de este nuevo tratamiento. <sup>47</sup>

## 5. DISCUSIÓN

Actualmente, la rehabilitación visual se está empleando para mejorar la función y las alteraciones visuales producidas por la ambliopía, DMAE y otras enfermedades que causan baja visión y discapacidad visual.<sup>8,11,44,45</sup>

La investigación sobre la ambliopía ha experimentado un progreso creciente en las últimas décadas. Actualmente el tratamiento para la ambliopía sigue siendo un desafío. Hoy se sugiere la terapia visual como una opción eficaz para promover la rehabilitación visual e incluso para acelerar la recuperación cuando es combinada con parches.<sup>31</sup>

La terapia visual con aprendizaje perceptivo y entrenamiento dicóptico parece una opción prometedora para promover la rehabilitación visual en la ambliopía. A pesar de que se han encontrado evidencias significativas en estudios recientes que proponen nuevas formas para tratar la ambliopía, se necesitan más ensayos clínicos sólidos con el fin de superar las discrepancias que surgen del uso de diferentes protocolos de prueba, pequeños tamaños de muestra, participantes de distintos grupos de edad y diferentes tipos de ambliopía, etc. Además, varias investigaciones han demostrado que incluso tras el periodo crítico, la visión puede mejorar en adultos con ambliopía. Es necesario estructurar estas nuevas ideas para establecer su posible papel en el tratamiento de la ambliopía.<sup>11,31,44</sup>

La mayor parte de los estudios que han sido realizados para rehabilitar la pérdida de visión central, parecen estar de acuerdo en que los pacientes con escotoma central, para llevar a cabo las tareas de fijación, establecen un área fuera de la región foveal que recibe el nombre de LRP. Actualmente no existen soluciones definitivas para restaurar la visión foveal. La mayoría de las intervenciones rehabilitadoras se centran en optimizar la visión residual mediante entrenamiento visual dirigido a mejorar las funciones perceptivas o la coordinación motora.<sup>6,7</sup>

Una investigación más exhaustiva de los movimientos oculares, teniendo en cuenta la fijación, podría arrojar luz sobre los mecanismos de estrategias oculomotoras compensatorias y guiar el entrenamiento individualizado. Además, el entrenamiento del movimiento ocular se ha mostrado prometedor en pacientes con DMAE y personas con pérdida de visión central en general. Por lo tanto, la exploración futura y la estandarización del entrenamiento de movimiento ocular podría ser de gran utilidad para la rehabilitación de la visión e implantarla en el entorno clínico.<sup>7,39</sup>

A pesar de que otras patologías como retinosis pigmentaria, enfermedad de Stargadt, retinoptía diabética y glaucoma afectan también a la AV y al campo visual, se han llevado a cabo programas de rehabilitación visual para tratar los déficits visuales que ocasionan; pero no se han encontrado publicaciones que cumplan con los criterios de inclusión que han sido establecidos para realizar este trabajo de revisión.

A pesar de que se obtengan resultados prometedores, la poca cantidad de pacientes que participan en los estudios, provoca una baja calidad de la evidencia en los trabajos evaluados. Asimismo, las investigaciones sobre entrenamiento visual presentan diseños deficientes y diferentes entre sí, lo que no permite llevar a cabo una comparación fiable entre los resultados de estos.

## CONCLUSIONES

La estabilidad de fijación es un factor determinante para mantener en la fóvea los objetos de interés y obtener así la información deseada de nuestro entorno. Para ello, se llevan a cabo una serie de movimientos oculares involuntarios que permiten mantener la imagen estable en la fóvea y evitar el desvanecimiento.

La pérdida de visión central produce inestabilidad de fijación, y con ello, movimientos distantes de la fóvea durante el proceso de fijación. La fijación excéntrica, además, provoca movimientos sacádicos anormales; en la mayoría de los casos, con un aumento de amplitud. Además, también se ven afectados los movimientos suaves y de seguimiento.

La rehabilitación visual puede ser una opción eficaz para mejorar la fijación en ciertas patologías. El tratamiento de la ambliopía empleando el aprendizaje perceptivo y el entrenamiento dicóptico, ha conseguido mejorar la función visual una vez transcurrido el periodo crítico de edad. La rehabilitación visual, para los pacientes con pérdida de visión central, muestra resultados favorables. Para otras enfermedades como la retinosis pigmentaria, glaucoma, enfermedad de Stargardt y retinopatía diabética existe poca evidencia científica que plantee la rehabilitación visual como posible tratamiento. La calidad de los trabajos evaluados, el diseño de estos estudios y la muestra empleada es deficiente. A pesar de ello, se han obtenido resultados prometedores en los estudios analizados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Nij Bijvank JA, Petzold A, Coric D, Tan HS, Uitdehaag BMJ, Balk LJ, et al. Quantification of Visual Fixation in Multiple Sclerosis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1 de abril de 2019;60(5):1372-83.
2. Krauzlis RJ, Goffart L, Hafed ZM. Neuronal control of fixation and fixational eye movements. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 19 de abril de 2017;372(1718):20160205.
3. Schneider RM, Thurtell MJ, Eisele S, Lincoff N, Bala E, Leigh RJ. Neurological Basis for Eye Movements of the Blind. *PLOS ONE.* 18 de febrero de 2013;8(2):e56556.
4. Martinez-Conde S, Macknik SL, Hubel DH. The role of fixational eye movements in visual perception. *Nat Rev Neurosci.* marzo de 2004;5(3):229-40.
5. Parisot K, Zozor S, Guérin-Dugué A, Phlypo R, Chauvin A. Micro-pursuit: A class of fixational eye movements correlating with smooth, predictable, small-scale target trajectories. *J Vis.* 14 de enero de 2021;21(1):9.
6. TFM-M511.pdf [Internet]. [citado 28 de enero de 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42499/TFM-M511.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Maniglia M, Visscher KM, Seitz AR. Perspective on Vision Science-Informed Interventions for Central Vision Loss. *Front Neurosci* [Internet]. 2021 [citado 19 de abril de 2022];15. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2021.734970>
8. Morales MU, Saker S, Wilde C, Rubinstein M, Limoli P, Amoaku WM. Biofeedback fixation training method for improving eccentric vision in patients with loss of foveal function secondary to different maculopathies. *Int Ophthalmol.* 1 de febrero de 2020;40(2):305-12.
9. Gheorghe A, Mahdi L, Musat O. AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION. *Romanian J Ophthalmol.* 2015;59(2):74-7.
10. Scuderi G, Verboschi F, Domanico D, Spadea L. Fixation Improvement through Biofeedback Rehabilitation in Stargardt Disease. *Case Rep Med.* 2016;2016:4264829.
11. Ratra D, Rakshit A, Ratra V. Visual rehabilitation using video game stimulation for Stargardt disease. *Ther Adv Ophthalmol.* 9 de marzo de 2019;11:2515841419831158.
12. Kang JM, Tanna AP. Glaucoma. *Med Clin North Am.* mayo de 2021;105(3):493-510.
13. Giannaccare G, Sebastiani S, Campos EC. Ultrasound Cyclo Plasty in Eyes with Glaucoma. *J Vis Exp JoVE.* 26 de enero de 2018;(131):56192.
14. Subramanian V, Jost RM, Birch EE. A Quantitative Study of Fixation Stability in Amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* marzo de 2013;54(3):1998-2003.
15. Montesano G, Crabb DP, Jones PR, Fogagnolo P, Digiuni M, Rossetti LM. Evidence for alterations in fixational eye movements in glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 3 de agosto de 2018;18(1):191.
16. Kang SL, Beylergil SB, Otero-Millan J, Shaikh AG, Ghasia FF. Fixational Eye Movement Waveforms in Amblyopia: Characteristics of Fast and Slow Eye Movements. *J Eye Mov Res.* 12(6):10.16910/jemr.12.6.9.
17. Ismail SA, Sharanjeet-Kaur, Mutalib HA, Ngah NF. Macular retinal sensitivity using MP-1 in healthy Malaysian subjects of different ages. *J Optom.* 2015;8(4):266-72.
18. Huang WY, Chen YJ. Changes in retinal sensitivity following inverted internal limiting

- membrane flap technique for large macular holes. *Taiwan J Ophthalmol.* 17 de abril de 2021;11(3):273-9.
19. Tovee MJ. *An Introduction to the Visual System* [Internet]. 2.<sup>a</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2008 [citado 7 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9780511801556>
  20. Unsworth N, Robison MK, Miller AL. Individual differences in baseline oculometrics: Examining variation in baseline pupil diameter, spontaneous eye blink rate, and fixation stability. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 1 de agosto de 2019;19(4):1074-93.
  21. Rucci M, Poletti M. Control and Functions of Fixational Eye Movements. *Annu Rev Vis Sci.* noviembre de 2015;1:499-518.
  22. Zerr P, Ossandón JP, Shareef I, Van der Stigchel S, Kekunnaya R, Röder B. Successful visually guided eye movements following sight restoration after congenital cataracts. *J Vis.* 6 de julio de 2020;20(7):3.
  23. Tanke N, Barsingerhorn AD, Boonstra FN, Goossens J. Visual fixations rather than saccades dominate the developmental eye movement test. *Sci Rep.* 13 de enero de 2021;11:1162.
  24. Scaramuzzi M, Murray J, Otero-Millan J, Nucci P, Shaikh AG, Ghasia FF. Part time patching treatment outcomes in children with amblyopia with and without fusion maldevelopment nystagmus: An eye movement study. *PLOS ONE.* 13 de agosto de 2020;15(8):e0237346.
  25. Vingolo EM, Napolitano G, Fragiotta S. Microperimetric biofeedback training: fundamentals, strategies and perspectives. *Front Biosci-Sch.* 1 de enero de 2018;10(1):48-64.
  26. Otero-Millan J, Macknik SL, Martinez-Conde S. Fixational eye movements and binocular vision. *Front Integr Neurosci* [Internet]. 2014 [citado 5 de marzo de 2022];8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnint.2014.00052>
  27. Chung STL, Kumar G, Li RW, Levi DM. Characteristics of fixational eye movements in amblyopia: Limitations on fixation stability and acuity? *Vision Res.* 1 de septiembre de 2015;114:87-99.
  28. Bowers NR, Boehm AE, Roorda A. The effects of fixational tremor on the retinal image. *J Vis.* 18 de septiembre de 2019;19(11):8.
  29. Arias-Uribe J, Llano Y, Astudillo-Valverde E, Suárez Escudero J. Caracterización clínica y etiología de baja visión y ceguera en una población adulta con discapacidad visual. *Rev Mex Oftalmol.* 5 de julio de 2018;92.
  30. Jin J, Apple A, Friess A, Lehman S, Salvin J, Hendricks D, et al. Using OCT Fixation Shift to Assess Eccentric Fixation in Children With Residual Amblyopia. *Transl Vis Sci Technol.* 24 de noviembre de 2020;9(12):30.
  31. Hernández-Rodríguez CJ, Piñero DP, Molina-Martín A, Morales-Quezada L, de Fez D, Leal-Vega L, et al. Stimuli Characteristics and Psychophysical Requirements for Visual Training in Amblyopia: A Narrative Review. *J Clin Med.* diciembre de 2020;9(12):3985.
  32. Tamayo Lamothe E, Díaz González M, Chang Velásquez J, Pineda Durán G. Resultados clínicos en niños ambliopes de cuarto grado de la Escuela de rehabilitación visual. *Correo Científico Méd.* junio de 2017;21(2):479-86.
  33. Murray J, Gupta P, Dulaney C, Garg K, Shaikh AG, Ghasia FF. Effect of Viewing Conditions on Fixation Eye Movements and Eye Alignment in Amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 25 de febrero de 2022;63(2):33.

34. Raveendran RN, Bobier WR, Thompson B. Binocular vision and fixational eye movements. *J Vis.* 3 de abril de 2019;19(4):9.
35. Maneschg OA, Barboni MTS, Nagy ZZ, Németh J. Fixation stability after surgical treatment of strabismus and biofeedback fixation training in amblyopic eyes. *BMC Ophthalmol.* 24 de junio de 2021;21:264.
36. Chen D, Otero-Millan J, Kumar P, Shaikh AG, Ghasia FF. Visual Search in Amblyopia: Abnormal Fixational Eye Movements and Suboptimal Sampling Strategies. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 12 de septiembre de 2018;59(11):4506-17.
37. Shaikh AG, Otero-Millan J, Kumar P, Ghasia FF. Abnormal Fixational Eye Movements in Amblyopia. *PLoS ONE.* 1 de marzo de 2016;11(3):e0149953.
38. Thomas CJ, Mirza RG, Gill MK. Age-Related Macular Degeneration. *Med Clin North Am.* 1 de mayo de 2021;105(3):473-91.
39. Hilal A, Bazarah M, Kapoula Z. Benefits of Implementing Eye-Movement Training in the Rehabilitation of Patients with Age-Related Macular Degeneration: A Review. *Brain Sci.* 28 de diciembre de 2021;12(1):36.
40. Verghese P, Vullings C, Shanidze N. Eye Movements in Macular Degeneration. *Annu Rev Vis Sci.* 15 de septiembre de 2021;7:773-91.
41. Chiang WY, Lee JJ, Chen YH, Chen CH, Chen YJ, Wu PC, et al. Fixation behavior in macular dystrophy assessed by microperimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256(8):1403-10.
42. Altınbay D, İdil ŞA. Current Approaches to Low Vision (Re)Habilitation. *Turk J Ophthalmol.* junio de 2019;49(3):154-63.
43. Birch EE, Kelly KR, Giaschi DE. Fellow Eye Deficits in Amblyopia. *J Binocul Vis Ocul Motil.* 2019;69(3):116-25.
44. Papageorgiou E, Asproudis I, Maconachie G, Tsironi EE, Gottlob I. The treatment of amblyopia: current practice and emerging trends. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1 de junio de 2019;257(6):1061-78.
45. Ramírez Estudillo JA, León Higuera MI, Rojas Juárez S, Ordaz Vera M de L, Pablo Santana Y, Celis Suazo B. Visual rehabilitation via microperimetry in patients with geographic atrophy: a pilot study. *Int J Retina Vitreol.* 22 de mayo de 2017;3(1):21.
46. Janssen CP, Verghese P. Training eye movements for visual search in individuals with macular degeneration. *J Vis.* 27 de diciembre de 2016;16(15):29.
47. Li B, Chu H, Yan L, Wiederhold BK, Wiederhold M, Lu Y. Individualized Visual Reality Training Improves Visual Acuity and Visual Field Defects in Patients with Glaucoma: A Preliminary Study Report. *Cyberpsychology Behav Soc Netw.* marzo de 2020;23(3):179-84.
48. Tanna P, Strauss RW, Fujinami K, Michaelides M. Stargardt disease: clinical features, molecular genetics, animal models and therapeutic options. *Br J Ophthalmol.* enero de 2017;101(1):25-30.
49. Moore NA, Morral N, Ciulla TA, Bracha P. Gene therapy for inherited retinal and optic nerve degenerations. *Expert Opin Biol Ther.* enero de 2018;18(1):37-49.