



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE MEDICINA

# **Máster en Rehabilitación Visual**

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

Metodologías de Rehabilitación visual para  
pacientes con campo visual reducido.  
Revisión Bibliográfica.

Presentado por: Guillermo Concha Jara

Tutelado por: Dra. Laura Mena García.

En Valladolid, año 2022

# ÍNDICE

## ÍNDICE

RESUMEN .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1. JUSTIFICACIÓN .....	5
2. OBJETIVOS .....	6
2.1. OBJETIVOS GENERALES .....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4.1. TERAPIA SUSTITUIVA.....	8
4.1.1. PRISMAS .....	8
4.1.2. PRISMAS PERIFÉRICOS .....	9
4.1.3. PRISMAS MULTIPERISCÓPICOS .....	11
4.1.4. CONTROVERSIAS EN PRISMAS .....	12
4.1.5. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	12
4.2. TERAPIA RESTITUTIVA.....	14
4.2.1. METODOLOGÍA .....	15
4.2.2. VRT .....	15
4.2.3. CONTROVERSIAS .....	16
4.3. TERAPIA COMPENSATORIA .....	18
4.3.1. ENTRENAMIENTO OCULOMOTOR .....	19
4.3.2. SISTEMAS DE ORDENADOR.....	20
4.3.3. SISTEMATIZACIÓN DE ENTRENAMIENTO .....	22
4.3.3. CONTROVERSIAS .....	23
5. CONCLUSIONES .....	25
6. BIBLIOGRAFÍA .....	26

## **RESUMEN:**

La pérdida de campo visual periférico limita la orientación en el espacio, la estimación de movimiento y la capacidad de evitar obstáculos periféricos. Todos estos factores conllevan a un deterioro de la calidad de vida. En relación a las alternativas de rehabilitación que existen para estos pacientes, estas son limitadas y han variado a lo largo del tiempo. Por ello, esta revisión bibliográfica tiene como objetivo principal describir las principales metodologías de rehabilitación visual existentes en esta área y determinar las que tienen más evidencia científica en la actualidad.

Como principal resultado se encontró que los programas de rehabilitación visual para pacientes con alteraciones de campo visual periférico se pueden categorizar principalmente en la siguientes metodologías, la terapia sustitutiva, la terapia restitutiva y la terapia compensatoria.

De la comparación entre las distintas publicaciones en relación a estas tres metodologías, se observa que la que menos evidencia científica presenta en la actualidad es la terapia restitutiva, mientras que la terapia compensatoria es la que presenta mayor evidencia y ofrece mayor versatilidad de programas de rehabilitación.

## **ABSTRACT:**

Peripheral visual field loss limits orientation in space, motion estimation, and the ability to avoid peripheral obstacles. All these factors lead to a deterioration of the quality of life. In relation to the rehabilitation alternatives that exist for these patients, these are limited and have varied over time. For this reason, this bibliographical review has as its main objective to describe the main existing visual rehabilitation methodologies in this area and to determine those that currently have the most scientific evidence. As a main result, it was found that visual rehabilitation programs for patients with peripheral visual field alterations can be categorized mainly in the following methodologies, substitutive therapy, restorative therapy and compensatory therapy. From the comparison between the different publications in relation to these three methodologies, it is observed that the one that currently presents the least scientific evidence is restorative therapy, while compensatory therapy is the one that presents the most evidence and offers greater versatility of rehabilitation programs.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una causa de baja visión es la pérdida del campo visual periférico, esta puede ser causada por varias enfermedades, tales como el glaucoma, la retinosis pigmentaria, la retinopatía diabética y el daño cerebral adquirido. (Sayed, Kashem, et al., 2020a)

En cuanto al glaucoma, se estima que al año 2020, más de 75 millones de pacientes habían sufrido una pérdida de campo visual irreversible producto de ello. (Sayed, Kashem, et al., 2020a). Tanto en el glaucoma como en la retinitis pigmentaria se generará una alteración periférica de tipo concéntrica, provocando una visión de túnel menor a 20°. (Choi et al., 2020)

Por otro lado, las lesiones supraquiasmáticas de las vías visuales conducen a defectos homónimos del campo visual, generalmente hemianópsicas o en forma de cuadrante. (Trauzettel-Klosinski, 2011). La causa más común de la hemianopsia homónima en adultos es el accidente cerebrovascular (Goodwin, 2014), estando estas presentes en el 72 % de estas lesiones. (Sayed, Kashem, et al., 2020a). Otras causas comunes con consecuencia de hemianopsia son las lesiones cerebrales traumáticas (14 % de los casos) y los tumores (11 % de los casos). (Goodwin, 2014)

La pérdida de campo visual periférico afectará de forma diversa, las actividades que estarán limitadas serán la orientación en el espacio, la estimación de movimiento y la capacidad de evitar obstáculos periféricos peligrosos. A medida que los campos visuales se hacen más estrechos empeorará el rendimiento de movilidad. (Sayed, Kashem, et al., 2020a). Las personas con esta pérdida informan de colisiones con otros peatones u objetos y tropezar con obstáculos, comúnmente además estarán inhabilitados para conducir. Todos estos factores restringen severamente su movilidad y calidad de vida. (Choi et al., 2020)

El campo de la rehabilitación ha buscado diversas alternativas para mejorar el rendimiento de esta población, entre esas opciones tenemos el uso de ayudas táctiles como el bastón para desplazamiento, así como capacitaciones en

orientación y movilidad. Un recurso descrito como útil para la orientación, es el uso de ayudas acústicas incorporadas en sistemas electrónicos tecnológicos. (Trauzettel-Klosinski, 2011) El uso de movimientos sacádicos compensatorios también será relevante para estos pacientes, sin embargo su efectividad es controversial. (Qiu et al., 2018).

Las ayudas visuales también serán una opción para pacientes con suficiente campo residual, entre ellas se describe el uso de telescopios de bajo aumento para advertir señales de tráfico, números de autobús, etc; al igual que se recomienda el uso de filtros de absorción selectiva a fin de aumentar el contraste. (Trauzettel-Klosinski, 2011)

Otras ayudas visuales se usan bajo el principio de minimización, buscando introducir las escenas capturadas dentro del Campo Visual remanente. Para lograr estos objetivos, se han utilizado soluciones ópticas o electrónicas digitales. (Sayed, Kashem, et al., 2020a)

Otros enfoques ópticos utilizan prismas o componentes de aumento para expandir el campo de visión. Estas estrategias no han sido ampliamente aceptadas porque producen una imagen de baja resolución, con efectos de superposición de imagen y demandan que el paciente escanee el entorno con movimientos de cabeza en lugar de con movimientos oculares. (Sayed, Kashem, et al., 2020a)

A pesar de los avances, ningún tratamiento médico o quirúrgico puede revertir el daño de campo visual reducido. Si bien, las ayudas visuales intentan maximizar la funcionalidad del paciente, a menudo no logran este objetivo. Por otro lado, las investigaciones para evaluar la efectividad de las ayudas visuales en este área aún son limitadas. (Sayed, Kashem, et al., 2020a)

### **1.1 JUSTIFICACIÓN:**

Actualmente, existe una carencia de orientación a nivel médico de cómo enfocar los tratamientos de rehabilitación para estas personas. (Pollock et al., 2019)

Las alternativas para los pacientes con reducción de campo visual son limitadas y han variado a lo largo del tiempo, es por eso que se propone realizar una revisión bibliográfica en busca de las principales metodologías de rehabilitación visual existentes y las que tienen más evidencia científica en la actualidad.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Analizar y describir la bibliografía existente respecto a las principales metodologías de rehabilitación visual para pacientes con campo visual reducido.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Describir las principales metodologías de rehabilitación visual para pacientes con campo visual reducido.
- Comparar los resultados publicados en revistas indexadas sobre las principales metodologías de rehabilitación visual para estos pacientes.
- Determinar la metodología de rehabilitación visual para pacientes con campo visual reducido que mayor evidencia científica tiene en la actualidad.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS:**

Diseño: Se desarrollará una revisión narrativa enfocada a sintetizar la evidencia científica reportada sobre el tema de interés:

Fuentes de información: Se realizará la búsqueda de evidencia científica en los buscadores: PubMed y Google scholar, usando los términos claves: “Peripheral Visual Field rehabilitation”, “expansion peripheral Visual Field”, “low vision rehabilitation in visual field defects”, “visual therapy for hemianopia”, “rehabilitation of cortically induced visual field loss”. Los cuales se conectaron mediante el operador booleano “OR”, se ha determinado realizar búsqueda de documentos públicos completos y con una antigüedad máxima de 15 años.

De la primera búsqueda se encontraron 290 artículos, de los cuales se analizó y se realizó una selección de los que estuviesen directamente relacionados con enfoques de rehabilitación para alteraciones de campo visual periférico, del análisis se seleccionaron 47 artículos, de las cuales se han utilizado 40 para esta revisión bibliográfica, y se han empleado más concretamente en los resultados y la discusión 39 de estas 40.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Entre las principales intervenciones que tenemos desde el área de la rehabilitación visual para las alteraciones de campo visual periférico encontramos las siguientes: (Goodwin, 2014)

- **Terapia sustitutivas:** Busca reemplazar parte del campo visual intacto por parte del campo visual dañado por medio de prismas, aumento, iluminación adaptada y modificación ambiental. (Pouget et al., 2012)
- **Terapia reitutiva:** Se enfoca en el entrenamiento del campo visual, de la sensibilidad al contraste, y visión binocular buscando restaurar parcialmente la región del campo visual perdido. (Pouget et al., 2012)
- **Terapia compensatorias:** Se enfoca en el entrenamiento de movimientos oculares sacádicos (rápidos, simultáneos), entrenamiento en estrategias de búsqueda visual, entrenamiento de movimientos oculares para la lectura, uso de señales de color y entrenamiento en actividades de la vida diaria. (Pollock et al., 2019)

Se procederá a describir cada una.

### 4.1 TERAPIA SUSTITUTIVA:

#### 4.1.1 PRISMAS:

El uso de prismas para ampliar el campo visual se ha propuesto desde inicios del siglo XX, haciéndose más popular en la década de 1970 con la aparición de los prismas Fresnel Press-On. (Peli, 2020). Los prismas en yugo, fueron los primeros en usarse, estos corresponden a prismas ópticos colocados delante de cada ojo, con la misma potencia y dirección de base, por ejemplo, bases a la derecha o a la izquierda. (Peli, Bowers, et al., 2016). Sin embargo, el incorporar un prisma completo en el lado hemianópsico no expande realmente el campo visual, debido a que la línea principal de visión queda libre y es el usuario quien

debe mover los ojos hacia el lado ciego y ver a través del prisma. En los últimos años se ha demostrado que no existe diferencia en la medición de perimetría con o sin prismas incorporado (Peli, 2020). Además, el uso de prismas afecta la visión central disminuyendo la agudeza visual y sensibilidad al contraste. (Peli, 2020). Producto de la disminución de la calidad visual a través del prisma, se debe limitar su uso a potencias moderadas, dando no más de  $10^\circ$  de extensión hacia el lado ciego, siendo un inconveniente el grosor y peso de los prismas. Si bien los prismas de Fresnel son livianos, estos tienen peor calidad óptica, lo cual limita su uso a no más de  $20 \Delta$  (Peli, 2020). El uso del prisma incorporado producirá además alteraciones al mirar por él, tal como el escotoma apical y la diplopía central. (H. L. Apfelbaum et al., 2013)

#### **4.1.2 PRISMAS PERIFÉRICOS**

En el año 2000, Peli propuso el uso de prismas periféricos para ampliar el campo visual de los pacientes con hemianopsia homónima. (Peli, Bowers, et al., 2016). El principio busca la expansión del campo visual en la zona periférica superior e inferior. Con este método, la diplopía y la confusión no se eliminan; sólo se transfiere hacia la periferia verticalmente, la cual, gracias a la diplopía fisiológica, se presupone que será fácil de aceptar por parte de los pacientes. El diseño adecuado de la anchura y la posición de los segmentos de prisma, harán que la diplopía se pueda eliminar en la posición primaria de la mirada. El sistema permitirá usar la zona central para la visión binocular clara y usar el ojo libre de prisma para compensar los escotomas ópticos. El primer beneficio de los prismas periféricos que se encontró fue la capacidad de utilizar prismas de alta potencia de  $40\Delta$  en Fresnel, lo que proporcionó  $20^\circ$  de expansión del campo visual a la perimetría. (Peli, 2020)

Se han probado distintos sistemas que permitieran usar potencias prismáticas mayores, uno de estos sistemas consiste en usar prismas en yugo portando prismas periféricos rígidos con base en dirección opuesta a los prismas yugo, esto provoca que el efecto prismático total sea mayor, por ejemplo, si se usa prisma base derecha  $10\Delta$  ( expansión  $6^\circ$  ), combinada con prismas periféricos

horizontales Fresnel base izquierda  $36\Delta$  (expansión  $20^\circ$ ), el resultando será una expansión total lateral de  $46\Delta$  ( $26^\circ$ ). (Peli, Bowers, et al., 2016)

Otro sistema es el doble Fresnel, este buscaba aumentar la potencia prismática apilando dos segmentos de Fresnel paralelos con un ángulo entre sí. El inconveniente principal es la calidad óptica resultante, porque implica una doble pasada de la luz a través de los prismas. Además su diseño sobresale de la lente portadora haciéndolo poco estético y delicado. (Peli, Bowers, et al., 2016)

En la búsqueda de una expansión mayor de campo, fue finalmente la empresa Chadwick Optical, que logró desarrollar un sistema de prisma permanente de  $57\Delta$ , lo que logra proporcionar una expansión de campo de  $30^\circ$ . (Peli, 2020)

En cuanto a las pruebas realizadas, dos tercios de los pacientes que han probado el uso de gafas de prisma periférico, las han evaluado como beneficiosas, reportando mejor capacidad para evitar obstáculos en el lado hemianópsico, siendo aceptados para su uso posterior, hasta por un 50% de los participantes. (Bowers et al., 2008). Otros estudios han demostrado mejoras en la detección de obstáculos del lado hemianópsico incluso sin entrenamiento ni explicación previa. (Houston et al., 2018)

En el año 2009, un estudio encontró que de 21 pacientes hemianópsicos analizados con el sistema de prisma, el 71% informaron de un beneficio percibido en "caminar", el 21%, informaron de un beneficio en situaciones de "multitud", y un 21% encontraron que eran útiles en "supermercados" y "centros comerciales". (Giorgi et al., 2009)

Muchos estados permiten que las personas con hemianopsia conduzcan, en cuyo caso los prismas pueden ser de ayuda. Sin embargo, como la extensión vertical del parabrisas de un automóvil es limitada, el área de expansión proporcionada por los prismas periféricos horizontales cae principalmente fuera del campo visual que se utiliza normalmente al conducir. Esto llevó a realizar un diseño "oblicuo" de los prismas, el cual da acceso periférico a las regiones pericentrales críticas para conducir y sin bloquear la vista central, manteniendo

la fusión foveal binocular y evitando la confusión central. (H. L. Apfelbaum et al., 2013).

Para lograrlo, los dos segmentos de prisma deben ser puestos con una separación de 9 mm por encima y por debajo de la línea de visión, en la lente que se corresponde con el lado de la hemianopsia. El prisma superior se coloca con la base hacia fuera y hacia abajo en un ángulo de 30°. El prisma inferior se coloca con la base hacia fuera y hacia arriba en un ángulo de 30°. (Goodwin, 2014)

Sin embargo, esta expansión de campo en el área central tiene un coste de una reducción en la expansión del campo lateral. Por lo tanto, para compensarlo, serían ideal el uso de prismas de mayor potencia, pero con consecuente mayor efecto secundario de escotoma apical. (Peli, Bowers, et al., 2016). Este sistema de prismas oblicuos, puede permitir a los pacientes con hemianopsia homónima conducir legalmente en algunos estados de EEUU. Se han reportado casos de aumentos de campo binocular desde 95° a 115° en un paciente y en otro de 82° a 112°. (Goodwin, 2014)

Estudios también demuestran que los peli lens pueden usarse en la expansión de campo reducido concéntricamente, un estudio de simulación realizado, encontró que los prismas aumentaron la tasa de detección de peatones, disminuyeron el tiempo de detección y no afectaron negativamente el juicio de colisión. (Qiu et al., 2018).

#### **4.1.3 PRISMAS MULTIPERISCÓPICOS**

Recientemente, se ha descrito que el riesgo de colisión con otros peatones caminantes aumenta con la excentricidad y es máximo a 45°. Por lo tanto, la expansión del campo visual a 45° es necesaria para reducir el riesgo de colisión. Sin embargo, las gafas de prisma actuales proporcionan sólo una expansión de hasta 30° con prismas Fresnel de 57Δ. (Choi et al., 2020)

El prisma multiperiscópico es una cascada de prismas que proporcionan un desplazamiento de 45° (100Δ). Con el escaneo ocular hacia la "base", permite además 15° adicionales de expansión del campo de visión. Dado que el prisma multiperiscópico utiliza reflejos dobles, está libre de problemas de calidad de

imagen refractiva, como distorsión, atenuación de imagen y reducción del contrastes. (Peli, 2020)

Esta estructura similar al prisma de Fresnel se puede cortar según lo requerido, ya sea horizontal u oblicuo en cualquier inclinación. (Peli, Bowers, et al., 2016)

#### **4.1.4 CONTROVERSIAS EN PRISMAS**

Entre los problemas existentes con el uso de prismas se encuentra la localización incorrecta de los objetos vistos por medio de los prismas. Por lo que estudios han demostrado la necesidad de entrenamiento para mejorar la precisión táctil. (Houston et al., 2016). Otros estudios cuestionan las tasas de detección en el área de expansión del prisma, lo que hace referencia a una reducción de la percepción de la imagen prismática durante la visualización binocular, producto de una supresión parcial. Para ello, en casos de fuerte dominancia ocular, se debe considerar la posibilidad de colocar prismas ante el ojo dominante. (Shen et al., 2015)

Otros estudios han concluido que las distorsiones y reflexiones generalmente se han ignorado al prescribir prismas para la expansión del campo, siendo estas sustanciales y significativas en prismas Fresnel periféricos de alta potencia ( $57\Delta$ ). (Jung & Peli, 2014)

Los resultados de la terapia sustitutiva por medio de los Peli Lens son ambiguos, mientras que algunos pacientes son capaces de adaptarse a las lentes prismáticas con éxito, con mejoras en el funcionamiento visual y la calidad de vida, otros nunca son capaces de procesar adecuadamente la información visual periférica presentada, presentando dolores de cabeza y diplopía. (Saionz et al., 2021)

#### **4.1.5. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

La incorporación del uso de prismas, llevó a introducir el concepto de multiplexación. (Peli, 2020). La multiplexación propone evitar los inconvenientes encontrados en la minimización, el cuál es un mecanismo óptico propuesto

inicialmente para la reducción de campo, consistente en introducir mayor cantidad de imagen en un campo visual reducido, lo que tiene como consecuencia una importante pérdida de resolución visual y distorsiones espaciales. (Peli et al., 2009)

La multiplexación por dispositivos electrónicos busca combinar el campo de visión remanente, con las capacidades de alta resolución de los dispositivos electrónicos, de manera que permitan que estas funcionalidades sean separables y útiles. (Peli et al., 2009). Los dispositivos más nuevos bajo investigación incluyen la tecnología portátil digital que crea una ventana flotante donde se proyecta una imagen en tiempo real del campo ciego en una pequeña región del campo intacto. (Saionz et al., 2021).

Las técnicas de diseño de procesamiento informático de imágenes para utilizar en dispositivos electrónico en pacientes con campo visual reducido, se desarrollaron por primera vez por Loshin y Juday en 1989, quienes describieron un algoritmo de reasignación de imagen basado en la deformación de estas, a fin de incorporarlas en el campo visual funcional. Sin embargo, no se realizó ninguna prueba con pacientes debido a las barreras tecnológicas de aquel entonces. (Sayed, Abdel-Mottaleb, et al., 2020). Los primeros prototipos de expansión de campo por medio de dispositivos montados en la cabeza, fueron evaluados por 2 pacientes con retinitis pigmentaria. Por medio de ello, se demostró que el uso de esta tecnología podría ser útil para la navegación, la evitación de obstáculos y la prevención de peligros, sin embargo para un mejor manejo de esto era necesario que esta visión no fuera restringida a una pantalla tradicional, siendo preferente el uso de una pantalla transparente, debido a que con el uso de la minificación digital, los pacientes no tendrán una correcta apreciación espacial, chocando con obstáculos. (Peli et al., 2009). Una serie de estudios también sugirieron que este sistema podría ayudar con la búsqueda visual, la evitación de obstáculos y la movilidad nocturna. (Peli et al., 2007)

Las imágenes detectadas por una cámara y proyectadas digitalmente minificadas en pantallas transparentes de alta resolución, permiten a los pacientes ver y detectar posibles obstáculos y localizar otros objetos que, sin este sistema, caerían fuera de su campo visual residual. (Peli et al., 2007). El

desarrollo de estos dispositivos, ha llevado a que estas ayudas visuales electrónicas apliquen técnicas de mejora de imagen, ajustando el contraste, el brillo, el color y demarcación de relieves. (Sayed, Kashem, et al., 2020).

Ejemplos de esta tecnología incluye dispositivos como Esight, Jordy, Flipperport y Oxsigh, entre otros. (Sayed, Kashem, et al., 2020).

Sin embargo, el uso de estos sistemas podría afectar a los movimientos de las manos y el cuerpo mientras se realizan las tareas diarias. (Sayed, Abdel-Mottaleb, et al., 2020). Por ello, se estima que es necesario un entrenamiento en conjunto para lograr una buena coordinación oculo-motora con la perspectiva visual de estos dispositivos. (Sayed, Shousha, et al., 2020)

#### **4.2 TERAPIA RESTITUTIVA.**

La Restitución, es una estrategia diseñada en base a un software para aumentar el campo visual mejorando las áreas que están parcialmente dañadas producto de una patología. Los primeros trabajos en esta área se desarrollaron en 1980, creándose 5 años más tarde una terapia informática estandarizada. El fundamento se basaba en trabajar las zonas de transición entre un área dañada y un área intacta de la retina, considerándolas como zonas parcialmente dañadas y que con una estimulación repetitiva es posible activarla. (Ajina & Kennard, 2012). Este tratamiento restaurador se basa en conceptos de la corteza visual primaria, considerando que esta posee cierta resistencia y una plasticidad suficiente para poder reorganizarse después de un daño cerebral adquirido. (Matteo et al., 2016)

Entre la década de 1990 y el 2000, se desarrollaron una serie de técnicas de restitución basadas en la estimulación sistemática. Entre ellas se describieron la utilización de la estimulación mediante repeticiones de canales de flujo de luz hacia la retina en búsqueda de su activación. (Sahraie et al., 2020). En este mismo periodo, los estudios realizados para esta técnica, mostraron que los

pacientes sometidos a esta terapia podían tener una expansión de hasta 5° medidos con perimetría de alta resolución. (Ajina & Kennard, 2012)

#### **4.2.1 METODOLOGÍA:**

El enfoque de esta terapia se ha basado principalmente en el entrenamiento en casa durante una hora al día, 6 días a la semana y por un periodo de 6 meses, utilizando un software cargado en un ordenador. Para llevar a cabo la terapia de manera correcta, se dispone además de un soporte para la barbilla, con el fin de lograr estabilidad de la cabeza, estando situado a 30 cms del monitor. Los estímulos presentados corresponden a luces blancas de umbral de 0,15° de diámetro que se muestran sobre un fondo oscuro. Los protocolos utilizados son modificables dependiendo de las características de cada paciente, siendo su principal finalidad el presentar la mayoría de los estímulos en el área de transición entre la retina dañada y la intacta. (Horton, 2005). Durante la sesión se le pide al pacientes que mantenga la fijación central, mientras se les presentan estímulos correspondientes, indicándose la detección de ellos pulsando un botón o una tecla. (Matteo et al., 2016). Estos programas tendrán un aumento progresivo de la dificultad a medida que avanza la cantidad de sesiones, para ello, se reducirá la visibilidad del estímulo a medida que mejora el rendimiento del participante. (Saionz et al., 2021)

#### **4.2.2. VRT:**

Este sistema fue estandarizado por la empresa NovaVision, y se le denominó programa VRT. (Horton, 2005). El programa VRT, ha sido objeto de mucha controversia, principalmente por el descontento en cuanto a sus aspectos científicos y técnicos en los estudios que lo respaldan, siendo criticado también por los importantes compromisos económicos y de tiempo para los pacientes.

Es importante destacar que los autores propusieron inicialmente que el cambio fuera una "restauración" del campo visual perdido, pero no se han demostrado esto efectos en investigaciones posteriores. (Gold & Grover, 2012). Hay que considerar que los estudios respaldados por la empresa han prometido hasta una recuperación de 30° de campo visual. (Horton, 2005)

Durante el entrenamiento VRT, se considera que el paciente pueda mantener estable la fijación central, haciendo que el punto de fijación cambie de color constantemente para mantener la atención del paciente, mientras responde a los demás estímulos. Sin embargo, el tamaño, la intensidad y el cambio de color del objetivo central, son lo suficientemente llamativos como para que a pesar de perder la fijación foveal con movimientos sacádicos de 5°, aun así el paciente pueda percibirla, por lo tanto, no se garantiza la fijación. (Gold & Grover, 2012)

Debido a que los movimientos sacádicos exploratorios hacia una zona perdida de visión se convierten en una estrategia compensatoria común, garantizar una fijación adecuada durante el entrenamiento es poco probable, considerándose que probablemente fueron estos movimientos exploratorios los responsables de la mejora significativa en los resultados. (Gold & Grover, 2012)

Esta terapia no sólo ha sido aplicada en hemianopsias, sino que también en pacientes con alteración concéntrica, como en la retinosis pigmentaria. Los estudios en estos pacientes, concluyeron que con este entrenamiento podían mejorar el uso funcional de la visión residual, aunque también se observó que las personas que participaban más activamente en el entrenamiento tenían finalmente un mejor uso de su visión residual, por lo que se considera que, tanto la práctica como la motivación parecen ser factores fundamentales para estimar una mejor visión residual. Sin embargo, se evidenciaron objetivamente mejorías en la medición de la sensibilidad al contraste en estos pacientes. (Chacón-López et al., 2013)

#### **4.2.3. CONTROVERSIAS:**

En general, los resultados entregados por este sistema han sido criticados por razones técnicas, principalmente por no realizar un control adecuado de los movimientos oculares, así como por la falta de un grupo control adecuado para excluir los posibles efectos placebo o de recuperación espontánea. (Elshout et al., 2016). Así también, otros estudios realizados sometiendo a pacientes a entrenamiento durante 6 meses, no han logrado determinar mediante microperimetría mejoras en el tamaño del campo visual post tratamiento. (Ajina & Kennard, 2012)

Metanálisis realizados en los últimos años en este tema, han demostrado una baja evidencia acerca de la efectividad de la terapia de restitución visual, encontrándose nulo efecto en los resultados del campo visual, y limitaciones en los datos que demuestran que no hay evidencia suficientes para concluir acerca de la eficacia con este sistema. (Pollock et al., 2019)

A pesar de las controversias en este tema, el principio en el que se basa, acerca de activar zonas de transición es interesante, por lo que se debe mantener la posibilidad de desarrollar estrategias a futuro con esta finalidad. (Ajina & Kennard, 2012)

#### **4.3 TERAPIA COMPENSATORIA:**

La función de los movimientos oculares sacádicos son el colocar la imagen de un objeto directamente sobre la fóvea. Sin embargo, cuando existe una alteración de campo visual por hemianopsia homónima, esta tarea será compleja por la falta de visión periférica del sujeto. (Reinhard et al., 2014b)

En el caso de sufrir una lesión cerebral con pérdida de hemicampo visual, se produce una fase crónica, donde se ha descrito que los pacientes tienden a adoptar estrategias de movimiento de cabeza para compensar la alteración.

Además, estos pacientes adoptan estrategias de fijación entre puntos de interés, realizando una serie de sacadas hipométricas antes de alcanzar el objetivo, pudiendo ocurrir también que se excedan unos pocos grados del punto de interés y luego deban realizar una corta sacada correctiva o antisacada. Estos mecanismos no son ideales, ya que al producirse un mayor número de refijaciones y un escaneo desorganizado, se producen mayores tiempos de búsqueda, e incluso una posible omisión de puntos de interés. (Ajina & Kennard, 2012).

La adaptación espontánea y el desarrollo de un patrón de movimiento ocular efectivo solo se observa en el 40 % de los pacientes que han padecido hemianopsia, siendo estos movimientos ineficientes y desorganizados, manteniéndose sin variación años después de la lesión. (Sahraie et al., 2020)

La precisión en los desplazamientos de mirada hacia el lado ciego, será mayor en aquellos casos que se presenten alteraciones de campo con respeto macular, ya que el área de visión parafoveal favorece mecanismos de atención que son importantes para un correcto y certero movimiento sacádico. (Reinhard et al., 2014a)

Las alteraciones hemianópsicas producirán también alteraciones en la capacidad de lectura, esto no sólo dependerá del si hay o no respeto macular en la lesión. La capacidad de lectura normal requiere la percepción de un grupo de letras simultáneamente, para lograr el reconocimiento de una palabra y el campo visual mínimo debe ser de 2° a la derecha y a la izquierda del punto de fijación. Sin embargo, para lograr una percepción total durante una lectura, la fijación debe extenderse hasta 5° en la dirección de lectura, lo que comprende el área de unas 15 letras, y no sólo eso, sino que para una lectura fluida existirá la influencia de la velocidad y la distancia de la sacada. Por esto mismo, será importante la ubicación de la hemianopsia; es decir, si es derecha, esta influirá de manera importante en la dirección de lectura, mientras que si la hemianopsia es izquierda, no se alterará la lectura, pero si existirá alteración para regresar a la siguiente línea. (Gold & Grover, 2012)

Se ha descrito que en pacientes con pérdida de campo visual periférico, como en la retinitis pigmentosa, se producen también dificultades de coordinación visuomotora durante la locomoción. Estudios en este grupo de pacientes han mostrado que durante el desplazamiento tenderán a realizar exploraciones más extensas antes de caminar y gran cantidad de fijaciones hacia el suelo, para evitar tropezar con posibles obstáculos. En general, tendrán movimientos oculares más rápidos, más frecuentes, y más grandes. (Authié et al., 2017)

Si bien, tras la pérdida de una sección del campo visual, aunque lo lógico sería que los pacientes tendieran a realizar automáticamente más movimientos de los ojos y de la cabeza hacia su campo ciego, la mayoría de estos pacientes no desarrollan este comportamiento si no es por medio de instrucciones específicas. (Saionz et al., 2021).

#### **4.3.1. ENTRENAMIENTO OCULOMOTOR.**

Estudios desde 1988 han demostrado que la realización de un entrenamiento visual por parte de pacientes con alteración de campo visual por accidente cerebrovascular, producirá mejoría en los tiempos de búsqueda, en este sentido, es relevante considerar también que estos pacientes tendrán asociados trastornos de lectura, por lo que parte de estas terapias también deberán conducir a mejorar esta actividad. (Sahraie et al., 2020)

El entrenamiento de escaneo visual es uno de los enfoques de compensación para la rehabilitación de la disminución de campo visual periférico por daño neurológico que más ha demostrado conducir a mejoras significativas en la calidad de vida de los afectados. (Alwashmi et al., 2022). En su respaldo, incluso se han realizado estudios mediante resonancia magnética, analizando los efectos en la corteza cerebral en la zona de control de los movimientos sacádicos, encontrando que después de 4 semanas de entrenamiento de movimientos oculares en pacientes que padecieron hemianopsia homónima asociada a una lesión cortical occipital , existen cambios significativos en las actividades neuronales de la corteza extraestriada contralesional. (Nelles et al., 2009).

Este tipo de entrenamiento intenta manipular las estrategias compensatorias propias de estos pacientes, optimizándolas para un resultado ventajoso. Trabajos en esta área, han mostrado que con el entrenamiento de movimientos sacádicos hacia el lado ciego, se pueden obtener excelentes resultados después de un período de rehabilitación, mostrando incluso que la mejora obtenida en los tiempos de respuesta de búsqueda visual, persisten sin problemas durante un mes después del entrenamiento. (Ajina & Kennard, 2012). El entrenamiento sacádico incluye estrategias para maximizar la capacidad visual del paciente, funciona a través de varias técnicas de escaneo y detección, con el fin de mejorar la movilidad al maximizar la orientación y minimizar los movimientos excesivos de la cabeza y los ojos. (Gold & Grover, 2012)

A partir de 1995, la idea de estos ejercicios fue incorporada a sistemas computarizados con lo cual se ha logrado desarrollar distintos programas para ello (Sahraie et al., 2020). La mayoría de los ejercicios destinados para la rehabilitación en estos programas, se pueden clasificar en tres categorías:

- 1) Búsqueda visual, donde los pacientes deben encontrar uno o más objetivos entre los distractores.
- 2) Encontrar un objetivo único, que aparece en posiciones impredecibles, sin el uso de distractores.
- 3) El paciente debe realizar sacadas rápidas y grandes hacia objetivos presentados específicamente en el eje horizontal.

Algunos de estos programas combinan estas 3 categorías o incorporan otros adicionales, tal como copiar dibujos complejos. (de Haan et al., 2015). En general, estos programas de rehabilitación se basan principalmente en el objetivo de búsqueda visual y pueden ser adaptables según el nivel de discapacidad que tenga el paciente. Las variaciones que tendrán será su grado de dificultad por medio de una combinación de factores sistematizados, como el tamaño del objetivo y su similitud con distractores. (Sahraie et al., 2020)

#### **4.3.2. SISTEMAS DE ORDENADOR:**

A continuación, se describirán sistemas desarrollados en ordenador destinados a este entrenamiento, de los cuales se cuenta con respaldo científico.

Visiocoach: Es un programa de entrenamiento sacádico exploratorio basado en computadora para uso clínico y entrenamiento domiciliario. Un ensayo controlado aleatorizado respalda este sistema, evidenciando beneficio a las 6 semanas de entrenamiento. (Gold & Grover, 2012)

Dynavision: Es un dispositivo electrónico computarizado de entrenamiento, consta de un tablero grande con luces, y está destinado a entrenar movimientos eficientes de cabeza y de ojos hacia las luces en el hemicampo afectado. Su desarrollo fue originalmente pensado para mejorar las habilidades visomotoras de los atletas.. A pesar de un protocolo estandarizado, la evidencia de apoyo para su uso en hemianopsias es bajo. (Gold & Grover, 2012)

NeuroEyeCoach™ (NEC): Es un sistema de entrenamiento sistematizado en ordenador que contiene 12 niveles, con distinto grado de dificultad. Los entrenamientos de búsqueda consisten en la detección de una letra específica entre otras, considerando también la variable del color para estas. Para este sistema se recomendó su realización por 15 minutos, durante 3 veces al día y por al menos 5 días a la semana. Un estudio realizado para este entrenamiento, evaluó el tiempo de reacción y la precisión en la tarea de búsqueda visual, lo que mostró que su uso condujo a un mejor tiempo de reacción y puntuación de precisión, demostrando que la mejoría no sólo se produce hacia el lado ciego, sino que también al de visión. (Sahraie et al., 2020)

Otro estudio desarrollado para entrenamiento en ordenador, creó un sistema de búsqueda creciente en niveles de dificultad, donde el estímulo tiene un movimiento continuo desde zonas laterales de la pantalla hacia la línea media, otra fase de seguimiento donde el objetivo aparece en forma aleatoria en la pantalla y otra fase de búsqueda con distractores. Los resultados tras el entrenamiento mostraron mejorías en los tiempos de búsqueda visual desde 25% hasta un 45% mayor, además de mejorías en la calidad de vida según la evaluación de cuestionario. (Szalados et al., 2021)

Para poder, llevar a cabo correctamente los ejercicios de entrenamiento en ordenador, se deben tener ciertas consideraciones para su correcto uso, la mayoría necesita patrones similares, por ejemplo, el que se describe a continuación, requiere estar ubicado a 30 cms del portátil, esto genera un campo visual de  $35^{\circ} \times 47,7^{\circ}$ , se dispondrá generalmente un software personalizado, con estímulos y distractores distribuidos con igual probabilidad en el campo ciego y el no ciego. Los pacientes deben encontrar y mover el ratón con el puntero sobre el dígito predefinido. (Roth et al., 2009)

Por otra parte, pocas pruebas incluyen la transferencia de los efectos del entrenamiento en ordenador a las actividades de la vida diaria. Es por ello, que se realizó un estudio donde se buscó evaluar la eficacia que tenía el entrenamiento visual en ordenador, sobre la movilidad y la participación en la vida diaria. En él se incluyó pruebas de escaneo visual, como el recuento de

puntos y la búsqueda visual y la lectura. Para el estudio se comparó el rendimiento en la exploración y las medidas relacionadas con la movilidad entre pacientes con hemianopsia y un grupo de control sin alteraciones de campo. Los resultados mostraron mejoras auto notificadas después del entrenamiento, acompañadas de mejoras en la detección de estímulos periféricos y la evitación de obstáculos al caminar, especialmente en situaciones con distractores. Sin embargo, no se encontró mejora en las pruebas de otras habilidades visuales, como la lectura, el recuento visual y la búsqueda visual. (de Haan et al., 2015)

#### **4.3.3. SISTEMATIZACIÓN DE ENTRENAMIENTO.**

Uno de los aspectos a considerar es el desarrollo de la sistematización del entrenamiento de rehabilitación, es por ello que un estudio reciente se ha basado en confirmar las dificultades existentes en las personas con alteración de campo por hemianopsia a fin de poder compararlas pre y post entrenamiento, para ello diseñó un nuevo software para evaluar la búsqueda de estímulo visual del paciente y los tiempos de reacción medidos en segundos. El software consiste en la presentación de 32 estímulos visuales cotidianos diferentes, divididos en 4 grupos de complejidad y presentados en 8 posiciones del campo visual y en 3 excentricidades diferentes, 10°, 20° y 30°. Las variables medidas fueron los errores de la coordinación ojo mano, la precisión ojo mano y los grados de movimiento de la cabeza necesarios. El estudio incorporó 30 pacientes con hemianopsia y un grupo control de 30 pacientes sanos, tras una sesión, se comprobó que el grupo de pacientes con alteración de campo fue hasta un 73% más lento, tuvo un 335,6° más errores de errores de coordinación ojo mano, un 41,3% de menos precisión en coordinación ojo mano y 189% más movimientos de cabeza que los controles. (Mena-Garcia et al., 2020)

En relación a la realización de sesiones de rehabilitación en programas de ordenador en la casa y sin supervisión, se realizó un estudio a 70 pacientes con hemianopsia, el que buscó desarrollar y evaluar la eficacia y viabilidad de un sistema de entrenamiento de lectura y exploración bajo estas características. Para ello, se asignó aleatoriamente un grupo de intervención, el cual recibió 35

horas de formación en lectura y exploración, y un grupo control que recibió 35 horas de formación de control. Tras evaluar las habilidades visuales antes y después del entrenamiento, los individuos del grupo de intervención demostraron mejoras significativas en los resultados primarios de la exploración y de lectura, los cuales fueron significativamente mayores que los observados después de la intervención de control. Esto llevó a concluir que la formación compensatoria en el hogar es una alternativa efectiva y una opción de rehabilitación accesible. (Aimola et al., 2014)

En busca de mayores alternativas a las existentes, un estudio reciente, ha desarrollado un sistema de entrenamiento en el hogar en base al uso de sistemas tridimensionales (3D-MCSTP). Este consiste en un programa de entrenamiento sacádico compensatorio multitarea y no computarizado que contiene un régimen de lectura y ocho ejercicios que recrean actividades visomotoras cotidianas utilizando objetos tridimensionales del mundo real. El programa incluye también un mínimo de 10 minutos de lectura diaria en el hogar de textos de interés y con un tamaño de letra de 12 puntos o más. Los 8 tipos diferentes de ejercicios multitarea, se basan principalmente en búsqueda y alcance de objetos dentro del menor tiempo posible, sin movimientos de la cabeza y sólo fijaciones oculares. Los principales objetos 3D usados fueron juegos de mesa internacionales.

El programa cuenta con 12 niveles de dificultad para cada ejercicio, con las siguientes variables; primero, el número total de objetos 3D; segundo, el número de grados horizontales de distribución de los estímulos; y tercero, el total de estímulos de distracción visual.

Un estudio realizado con este programa, analizó sus datos en base a un grupo intervención y un grupo control, donde se obtuvieron resultados prometedores que sugieren fuertemente que el 3D-MCSTP facilita la mejora del pronóstico funcional de pacientes con hemianopsia, además de demostrar ser una terapia motivadora y con un alto nivel de cumplimiento. Los pacientes del grupo de intervención tuvieron mejoras significativas al mejorar su velocidad de procesamiento visual un 57 %, en comparación a los pacientes del grupo control. También hubo una mejoría de un 29% más que en el grupo control en la variable retención de atención. Acerca del rendimiento lector, el grupo intervención tuvo

una mejora de alrededor de un 13% superior al grupo control. Los resultados descritos presentan evidentes ventajas en comparación a estudios previos basados en programas computarizados como los realizados por Aimola et al. y Roth et al. (Mena-Garcia et al., 2021)

#### **4.3.4. CONTROVERSIAS:**

Si bien es discutible, hay estudios que indican que existe un beneficio adicional si el entrenamiento sacádico se utiliza en conjunto con sistemas ópticos de prisma prescritos para la movilidad y la evitación de obstáculos. Cuando se combina el uso de movimientos sacádicos con prismas, el objetivo es minimizar los movimientos innecesarios de la cabeza y los ojos y maximizar la orientación. (Gold & Grover, 2012)

En general, la evidencia ha mostrado que la exploración sacádica es el entrenamiento más efectivo para mejorar vías atencionales y la habilidad de exploración del campo visual ciego. (Gold & Grover, 2012). Actualmente, la terapia compensatoria es la más aceptada porque tiene una mayor efectividad clínica en comparación con la reitutiva y sustitutiva. La base de esta se corresponde con las teorías de la neuroplasticidad cerebral, y lo que busca es mejorar la calidad de los movimientos oculares en pacientes, con tratamientos enfocados en aumentar la amplitud de los movimientos oculares sacádicos y disminuir la cantidad de movimientos de cabeza. (Mena-Garcia et al., 2020)

## **5. CONCLUSIONES:**

El análisis de la bibliografía existente respecto a las principales metodologías de rehabilitación visual para pacientes con campo visual reducido, lleva a describir tres grandes grupos principales de terapias sobre las cuales se cimienta la información científica en esta área. Estas son la terapia sustitutiva, la restitutiva y la compensatoria.

Estas tres principales metodologías difieren entre ellas, basándose cada una en principios distintos. La terapia sustitutiva incorpora el uso de ayudas ópticas para complementar el campo visual remanente, principalmente se basa en el uso de prismas y actualmente también incorpora el uso de ayudas tecnológicas de realidad aumentada. La terapia restitutiva se basa en los principios de la plasticidad cortical, considerando que posterior a una lesión neurológica con afectación de campo visual, existen zonas anatómicas de transición entre las áreas sanas y dañadas, que se encuentran susceptibles de restauración por medio de un programa sistematizado de estimulación con programas de computador. Por último, la terapia compensatoria se basa en el entrenamiento de las sacadas oculares, que permitan mejorar las habilidades exploratorias y disminuir los tiempos de reacción de los pacientes.

De la comparación entre los distintos resultados publicados en cuanto a estas metodologías, se encuentra que la metodología que menos evidencia presenta en la actualidad es la terapia restitutiva, sin embargo, el principio que la justifica es interesante y será necesario realizar estudios de mayor profundidad en esta área. Por otro lado, la terapia compensatoria, es la metodología que presenta mayor evidencia científica en la actualidad y ofrece mayor versatilidad de programas de rehabilitación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA:

1. Aimola, L., Lane, A. R., Smith, D. T., Kerkhoff, G., Ford, G. A., & Schenk, T. (2014). Efficacy and feasibility of home-based training for individuals with homonymous visual field defects. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 28(3), 207–218. <https://doi.org/10.1177/1545968313503219>
2. Ajina, S., & Kennard, C. (2012). Rehabilitation of damage to the visual brain. *Revue Neurologique*, 168(10), 754–761. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2012.07.015>
3. Alwashmi, K., Meyer, G., & Rowe, F. J. (2022). Audio-visual stimulation for visual compensatory functions in stroke survivors with visual field defect: a systematic review. In *Neurological Sciences* (Vol. 43, Issue 4, pp. 2299–2321). Springer-Verlag Italia s.r.l. <https://doi.org/10.1007/s10072-022-05926-y>
4. Apfelbaum, H. L., Ross, N. C., Bowers, A. R., & Peli, E. (2013). Considering Apical Scotomas, Confusion, and Diplopia When Prescribing Prisms for Homonymous Hemianopia. *Translational Vision Science & Technology*, 2(4), 2. <https://doi.org/10.1167/tvst.2.4.2>
5. Authié, C. N., Berthoz, A., Sahel, J. A., & Safran, A. (2017). Adaptive gaze strategies for locomotion with constricted visual field. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00387>
6. Bowers, A. R., Keeney, K., & Peli, E. (2008). *Community-Based Trial of Peripheral Prism Visual Field Expansion Device for Hemianopia*. <http://www.eri.harvard.edu/faculty/peli/index.html>
7. Chacón-López, H., Pelayo, F. J., López-Justicia, M. D., Morillas, C. A., Ureña, R., Chacón-Medina, A., & Pino, B. (2013). Visual training and emotional state of people with retinitis pigmentosa. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 50(8), 1157–1167. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2012.06.0113>
8. Choi, H. J., Peli, E., Park, M., & Jung, J. H. (2020). Design of 45° periscopic visual field expansion device for peripheral field loss. *Optics Communications*, 454. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2019.124364>
9. de Haan, G. A., Melis-Dankers, B. J. M., Brouwer, W. H., Tucha, O., & Heutink, J. (2015). The effects of compensatory scanning training on mobility in patients with homonymous visual field defects: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 10(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134459>
10. Elshout, J. A., van Asten, F., Hoyng, C. B., Bergsma, D. P., & van den Berg, A. v. (2016). Visual rehabilitation in chronic cerebral blindness: A randomized controlled crossover study. *Frontiers in Neurology*, 7(JUN). <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00092>
11. Giorgi, R. G., Woods, R. L., & Peli, E. (2009). Clinical and laboratory evaluation of peripheral prism glasses for hemianopia. *Optometry and Vision Science*, 86(5), 492–502. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e31819f9e4d>
12. Gold, D. R., & Grover, L. L. (2012). Treatment of homonymous visual field defects. *Current Treatment Options in Neurology*, 14(1), 73–83. <https://doi.org/10.1007/s11940-011-0160-7>
13. Goodwin, D. (2014). Homonymous hemianopia: Challenges and solutions. In *Clinical Ophthalmology* (Vol. 8, pp. 1919–1927). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S59452>
14. Horton, J. C. (2005). Disappointing results from Nova Vision’s visual restoration therapy. In *British Journal of Ophthalmology* (Vol. 89, Issue 1, pp. 1–2). <https://doi.org/10.1136/bjo.2004.058214>

15. Houston, K. E., Bowers, A. R., Fu, X., Liu, R., Goldstein, R. B., Churchill, J., Wiegand, J. P., Soo, T., Tang, Q., & Peli, E. (2016). A pilot study of perceptual-motor training for peripheral prisms. *Translational Vision Science and Technology*, 5(1). <https://doi.org/10.1167/tvst.5.1.9>
16. Houston, K. E., Bowers, A. R., Peli, E., & Woods, R. L. (2018). Peripheral Prisms Improve Obstacle Detection during Simulated Walking for Patients with Left Hemispatial Neglect and Hemianopia. *Optometry and Vision Science*, 95(9), 795–804. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001280>
17. Jung, J.-H., & Peli, E. (2014). Impact of high power and angle of incidence on prism corrections for visual field loss. *Optical Engineering*, 53(6), 061707. <https://doi.org/10.1117/1.oe.53.6.061707>
18. Matteo, B. M., Vigano, B., Cerri, C. G., & Perin, C. (2016). Visual field restorative rehabilitation after brain injury. *Journal of Vision*, 16(9). <https://doi.org/10.1167/16.9.11>
19. Mena-Garcia, L., Maldonado-Lopez, M. J., Fernandez, I., Coco-Martin, M. B., Finat-Saez, J., Martinez-Jimenez, J. L., Pastor-Jimeno, J. C., & Arenillas, J. F. (2020). Visual processing speed in hemianopia patients secondary to acquired brain injury: A new assessment methodology. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-020-0650-5>
20. Mena-Garcia, L., Pastor-Jimeno, J. C., Maldonado, M. J., Coco-Martin, M. B., Fernandez, I., & Arenillas, J. F. (2021). Multitasking compensatory saccadic training program for hemianopia patients: A new approach with 3-dimensional real-world objects. *Translational Vision Science and Technology*, 10(2), 1–19. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.2.3>
21. Nelles, G., Pscherer, A., de Greiff, A., Forsting, M., Gerhard, H., Esser, J., & Diener, H. C. (2009). Eye-movement training-induced plasticity in patients with post-stroke hemianopia. *Journal of Neurology*, 256(5), 726–733. <https://doi.org/10.1007/s00415-009-5005-x>
22. Peli, E. (2020). 2017 Charles F. Prentice Award Lecture: Peripheral Prisms for Visual Field Expansion: A Translational Journey. *Optometry and Vision Science*, 97(10), 833–846. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001590>
23. Peli, E., Bowers, A. R., Keeney, K., & Jung, J.-H. (2016). *High-Power Prismatic Devices for Oblique Peripheral Prisms*.
24. Peli, E., Luo, G., Bowers, A., & Rensing, N. (2007). *Applications of Augmented Vision Head-Mounted Systems in Vision Rehabilitation*.
25. Peli, E., Luo, G., Bowers, A., & Rensing, N. (2009). Development and evaluation of vision multiplexing devices for vision impairments. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 18(3), 365–378. <https://doi.org/10.1142/S0218213009000184>
26. Pollock, A., Hazelton, C., Rowe, F. J., Jonuscheit, S., Kernohan, A., Angilley, J., Henderson, C. A., Langhorne, P., & Campbell, P. (2019). Interventions for visual field defects in people with stroke. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2019, Issue 5). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008388.pub3>
27. Pouget, M. C., Lévy-Bencheton, D., Prost, M., Tilikete, C., Husain, M., & Jacquin-Courtois, S. (2012). Acquired visual field defects rehabilitation: Critical review and perspectives. In *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* (Vol. 55, Issue 1, pp. 53–74). <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2011.05.006>
28. Qiu, C., Jung, J. H., Tuccar-Burak, M., Spano, L., Goldstein, R., & Peli, E. (2018). Measuring pedestrian collision detection with peripheral field loss and the impact of

- peripheral prisms. *Translational Vision Science and Technology*, 7(5).  
<https://doi.org/10.1167/tvst.7.5.1>
29. Reinhard, J. I., Damm, I., Ivanov, I. v., & Trauzettel-Klosinski, S. (2014a). Eye movements during saccadic and fixation tasks in patients with homonymous hemianopia. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 34(4), 354–361.  
<https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000146>
  30. Reinhard, J. I., Damm, I., Ivanov, I. v., & Trauzettel-Klosinski, S. (2014b). Eye movements during saccadic and fixation tasks in patients with homonymous hemianopia. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 34(4), 354–361.  
<https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000146>
  31. Roth, T., Sokolov, A. N., Messias, A., Roth, P., Weller, M., & Trauzettel-Klosinski, S. (2009). Comparing explorative saccade and flicker training in hemianopia: A randomized controlled study. *Neurology*, 72(4), 324–331.  
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000341276.65721.f2>
  32. Sahraie, A., Cederblad, A. M. H., Kenkel, S., & Romano, J. G. (2020). Efficacy and predictors of recovery of function after eye movement training in 296 hemianopic patients. *Cortex*, 125, 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.12.005>
  33. Saionz, E. L., Feldon, S. E., & Huxlin, K. R. (2021). Rehabilitation of cortically induced visual field loss. In *Current Opinion in Neurology* (Vol. 34, Issue 1, pp. 67–74). Lippincott Williams and Wilkins.  
<https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000884>
  34. Sayed, A. M., Abdel-Mottaleb, M., Kashem, R., Roongpoovapatr, V., Elsayy, A., Abdel-Mottaleb, M., Parrish, R. K., & Abou Shousha, M. (2020). Expansion of Peripheral Visual Field with Novel Virtual Reality Digital Spectacles. *American Journal of Ophthalmology*, 210, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.10.006>
  35. Sayed, A. M., Kashem, R., Abdel-Mottaleb, M., Roongpoovapatr, V., Eleiwa, T. K., Abdel-Mottaleb, M., Parrish, R. K., & Abou Shousha, M. (2020a). Toward Improving the Mobility of Patients with Peripheral Visual Field Defects with Novel Digital Spectacles. *American Journal of Ophthalmology*, 210, 136–145.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.10.005>
  36. Sayed, A. M., Kashem, R., Abdel-Mottaleb, M., Roongpoovapatr, V., Eleiwa, T. K., Abdel-Mottaleb, M., Parrish, R. K., & Abou Shousha, M. (2020b). Toward Improving the Mobility of Patients with Peripheral Visual Field Defects with Novel Digital Spectacles. *American Journal of Ophthalmology*, 210, 136–145.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.10.005>
  37. Sayed, A. M., Shousha, M. A., Baharul Islam, Eleiwa, T. K., Kashem, R., Abdel-Mottaleb, M., Ozcan, E., Tolba, M., Cook, J. C., & Parrish, R. K. (2020). Mobility improvement of patients with peripheral visual field losses using novel see-through digital spectacles. *PLoS ONE*, 15(10 October).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240509>
  38. Shen, J., Peli, E., & Bowers, A. R. (2015). Peripheral prism glasses: Effects of moving and stationary backgrounds. *Optometry and Vision Science*, 92(4), 412–420.  
<https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000552>
  39. Szalados, R., Leff, A. P., & Doogan, C. E. (2021). The clinical effectiveness of Eye-Search therapy for patients with hemianopia, neglect or hemianopia and neglect. *Neuropsychological Rehabilitation*, 31(6), 971–982.  
<https://doi.org/10.1080/09602011.2020.1751662>
  40. Trauzettel-Klosinski, S. (2011). Current Methods of Visual Rehabilitation. *Deutsches Ärzteblatt International*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0871>